



Laboratorio Nacional de Materiales
y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE

Programa de Infraestructura del Transporte PITRA

Informe: INF – PI – UGERVN – 14 – 2014

Informe de Evaluación del Proyecto San José – Caldera Ruta Nacional 27 Año 2014 - 2015

Informe Final

Preparado por:

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

San José, Costa Rica

Marzo, 2015

1. Informe INF-PI-UGERVN-14-2014		2. Copia No.1	
3. Título Informe de Evaluación del Proyecto San José – Caldera Ruta Nacional 27, Año 2014 - 2015		4. Fecha del Informe Marzo 2015	
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440			
6. Notas complementarias No aplica			
7. Resumen <i>El presente informe muestra los resultados del trabajo de evaluación de la Ruta Nacional 27 Carretera San José – Caldera, el cual es administrado bajo la modalidad de Concesión de Obra Pública. Este estudio se hace con base en los postulados del Artículo 6 Inciso D de la Ley 8114, el cual otorga al LanammeUCR la competencia de evaluar “de manera anual las carreteras y puentes en concesión”. Con base en esto, se realiza una evaluación del estado de la ruta y cuatro radiales en parámetros funcionales, estructurales, de mantenimiento y de seguridad vial, tanto de la carretera como de las obras afines a la misma, como cunetas, taludes y terraplenes alledaños. Los resultados obtenidos se comparan con aquellos de las campañas, 2013 y 2014, 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, deterioros, PSI		9. Nivel de seguridad: Alto	10. Núm. de páginas 221
11. Preparado por:			
Ing. Cristian Valverde C. UGERVN	Ing. José Francisco Garro M., M.Sc UGERVN	Ing. Ronald Naranjo U. UGERVN	Geólogo Paulo Ruiz C., Ph.D. UGERVN
Fecha: / /	Fecha: / /	Fecha: / /	Fecha: / /
12. Revisado por:		13. Aprobado por:	
Ing. Esteban Villalobos Unidad de Puentes	Lic. Miguel Chacón A. Asesor Legal	Ing. Roy Barrantes Jiménez Coordinador UGERVN	Ing. Guillermo Loría Salazar, Ph.D. Coordinador PITRA
Fecha: / /	Fecha: / /	Fecha: / /	Fecha: / /

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	12
1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	13
2. OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO EN CONCESIÓN SAN JOSÉ – CALDERA, AÑO 2014	15
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN, AÑO 2014	16
3.1 CAPACIDAD ESTRUCTURAL, DEFLEXIONES OBTENIDAS MEDIANTE EL FWD TRONCAL PRINCIPAL.....	16
3.1a. <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>16</i>
3.1b. <i>Resultados obtenidos, mes de octubre del 2014</i>	<i>16</i>
3.1c. <i>Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad estructural con el ensayo de deflectometría FWD. Mes de octubre del 2014</i>	<i>18</i>
3.2 CAPACIDAD FUNCIONAL, CONDICIÓN DEL PROYECTO SEGÚN REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI).....	18
3.2a. <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>18</i>
3.2b. <i>Resultados de regularidad superficial (IRI).....</i>	<i>19</i>
3.2c. <i>Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad funcional con el Perfilómetro Láser (IRI), mes de agosto del 2014.</i>	<i>21</i>
3.3 RESULTADOS OBTENIDOS DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DE PAVIMENTOS, AGOSTO DEL 2014	21
3.3a. <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>21</i>
3.3b. <i>Resultados de coeficiente de rozamiento con el ensayo de GRIP</i>	<i>22</i>
3.3.b.1 <i>Análisis general de resultados de la evaluación de la resistencia al deslizamiento. Mes de agosto del 2014</i>	<i>23</i>
3.4 ANÁLISIS DE NOTAS Q PARA AÑO 2014	24
3.5 COMPARACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA RUTA 27, CAMPAÑAS DE EVALUACIÓN 2013 Y 2014	26
3.5a. <i>Evaluación con el deflectómetro de impacto.....</i>	<i>26</i>
3.5b. <i>Evaluación con el perfilómetro láser superficial</i>	<i>27</i>
3.5c. <i>Evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial</i>	<i>28</i>
3.6 COMPARACIÓN DE LAS NOTAS Q OBTENIDAS PARA LA RUTA 27, AÑOS 2010 AL 2014	29
3.7 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 2014	33
3.7a. <i>Equipo utilizado y criterios de clasificación</i>	<i>33</i>
3.7b. <i>Resumen de resultados de la evaluación visual de deterioros superficiales.....</i>	<i>35</i>
4. EVALUACIÓN DE LAS RADIALES	38
4.1 ASPECTOS GENERALES	38
4.2 RESULTADOS OBTENIDOS: DEFLEXIONES DEL PAVIMENTO	39
4.3 RESULTADOS OBTENIDOS: REGULARIDAD SUPERFICIAL.....	40
4.4 RESULTADOS OBTENIDOS: DESLIZAMIENTO SUPERFICIAL	40
4.5 NOTAS Q PARA LAS RADIALES	41
4.6 RESULTADOS OBTENIDOS: ANÁLISIS DE DETERIOROS SUPERFICIALES	43
4.7 COMPARACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LAS RADIALES, CAMPAÑAS DE EVALUACIÓN 2013 Y 2014	44
4.7a. <i>Evaluación con el deflectómetro de impacto.....</i>	<i>44</i>
4.7b. <i>Evaluación con el perfilómetro láser superficial</i>	<i>45</i>
4.7c. <i>Evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial.</i>	<i>46</i>
4.7d. <i>Evaluación visual de Deterioro Superficial.....</i>	<i>47</i>



5.	MODELOS DE DETERIORO	49
5.1	TÉCNICAS PARA DESARROLLAR MODELOS.	49
5.1a.	<i>Extrapolación Lineal.</i>	49
5.1b.	<i>Regresión</i>	50
5.1c.	<i>Mecanicista - empírico</i>	50
5.1d.	<i>Distribución de probabilidad</i>	51
5.1e.	<i>Markoviano</i>	51
5.2	APLICACIÓN DE MODELO DE DETERIORO	51
5.3	METODOLOGÍA DE MODELOS DE DETERIORO	52
5.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	55
6.	ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS PUENTES MAYORES DE LA RUTA NACIONAL 27	58
6.1	ESTADO DE CONSERVACIÓN Y RESUMEN DE LOS DAÑOS PRINCIPALES	59
6.1a.	<i>Puente sobre el Río Virilla, est. 16+300 (Informe LM-PI-UP-PC08- 2011)</i>	59
6.1b.	<i>Puente sobre el Río Ciruelas, est. 21+800 (Informe LM-PI-UP-PC01-2012)</i>	62
6.1c.	<i>Puente sobre el Río Grande, est. 30+200 (Informe LM-PI-UP-PC10-2013)</i>	65
6.1d.	<i>Puente sobre el Río Concepción, est. 45+460 (Informe LM-PI-UP-PC03-2012)</i>	67
6.1e.	<i>Puente sobre la Quebrada Salitral, est. 48+050 (Informe LM-PI-UP-PC05-2013)</i>	71
7.	CONDICIONES GEOTÉNICAS Y SISTEMAS DE DRENAJE	76
7.1	PUNTO 1. ESTACIONAMIENTO 18+000.	77
7.2	PUNTO 2. ESTACIONAMIENTO 21+400.	78
7.3	PUNTO 3. ESTACIONAMIENTO 34+600	79
7.4	PUNTO 4. ESTACIONAMIENTO 36+400	79
7.5	PUNTO 5. ESTACIONAMIENTO 30+500	81
7.6	PUNTO 6. ESTACIONAMIENTO 37+500.	82
7.7	PUNTO 7. ESTACIONAMIENTO 38+700	83
7.8	PUNTO 8. ESTACIONAMIENTO 40+800	84
7.9	PUNTO 9. ESTACIONAMIENTO 45+300	84
7.10	PUNTO 10. ESTACIONAMIENTO 47+800	85
7.11	PUNTO 11. ESTACIONAMIENTO 48+000	86
8.	CONCLUSIONES.....	88
8.1	CONCLUSIÓN GENERAL	88
8.2	CONCLUSIONES ESPECÍFICAS.....	89
8.2a.	<i>Sobre la condición estructural</i>	89
8.2b.	<i>Sobre la condición funcional</i>	89
8.2c.	<i>Sobre la resistencia al deslizamiento como parámetro de seguridad vial</i>	90
8.2d.	<i>Sobre los deterioros superficiales de la mezcla asfáltica</i>	91
8.2e.	<i>Sobre el estado de las radiales.</i>	91
8.2f.	<i>Sobre los Modelos de Deterioro</i>	91
8.2g.	<i>Sobre el estado de los taludes y terraplenes adyacentes a la ruta</i>	92
8.2h.	<i>Sobre la evaluación de puentes mayores ubicados en la troncal principal</i>	92
9.	RECOMENDACIONES	93
9.1a.	<i>Sobre la evaluación funcional, estructural, resistencia al deslizamiento y de deterioro superficial del proyecto</i>	93
9.1b.	<i>Sobre la evaluación de las radiales</i>	93
9.1c.	<i>Sobre los Modelos de Deterioro</i>	93



9.1d. Sobre el estado de los taludes y terraplenes adyacentes a la ruta.....	94
9.1e. Sobre la evaluación de puentes mayores ubicados en la troncal principal.....	94
BIBLIOGRAFÍA	95
ANEXO I: RESULTADOS OBTENIDOS DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO.....	97
ANEXO II: RESULTADOS OBTENIDOS PERFILÓMETRO LÁSER.....	124
ANEXO III: RESULTADOS OBTENIDOS MEDIDOR DE AGARRE SUPERFICIAL.....	153
ANEXO IV: SITIOS DETECTADOS CON PROBLEMAS EN LOS GUARDAVÍAS.....	181
ANEXO V RESULTADOS OBTENIDOS PARA CADA UNO DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS EN LAS RADIALES	185
ANEXO VI MODELO DE DETERIORO PARA LA RUTA NACIONAL 27 SAN JOSÉ - CALDERA.....	208

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 DIAGRAMA DE LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO SAN JOSÉ – CALDERA RUTA 27, AÑO 2014	14
FIGURA 2 ESTADO GENERAL DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA SEGÚN LOS VALORES DE DEFLEXIÓN FWD OBTENIDOS, CAMPAÑA 2014	17
FIGURA 3 ESTADO GENERAL DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, SEGÚN LOS VALORES DE DEFLEXIÓN FWD OBTENIDOS, CAMPAÑA 2014	18
FIGURA 4: RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PARÁMETRO IRI, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA	20
FIGURA 5 RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PARÁMETRO IRI, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ	20
FIGURA 6 RESULTADOS OBTENIDOS DE GRIP, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA.....	23
FIGURA 7 RESULTADOS OBTENIDOS DE GRIP, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ.....	23
FIGURA 8 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LAS DEFLEXIONES DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2013 Y 2014, 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 2013 Y 2014, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ DE LA RUTA NACIONAL 27	26
FIGURA 10 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LAS REGULARIDADES SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2013 Y 2014, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA DE LA RUTA NACIONAL 27	27
FIGURA 11 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LAS REGULARIDADES SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2013 Y 2014, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ DE LA RUTA NACIONAL 27.....	27
FIGURA 12 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DESLIZAMIENTO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2013 Y 2014, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA DE LA RUTA NACIONAL 27.....	28
FIGURA 13 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DESLIZAMIENTO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO PARA LAS CAMPAÑAS 2013 Y 2014, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ DE LA RUTA NACIONAL 27.....	28
FIGURA 14 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE DETERIOROS / (SEVERIDAD), CAMPAÑAS 2011, 2012, 2013 Y 2014, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA	35
FIGURA 15 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE DETERIOROS / (SEVERIDAD), CAMPAÑAS 2001, 2012, 2013 Y 2014 SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ	36
FIGURA 16 DAÑOS A LA BARRERA, ESTACIONAMIENTO 71+476, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ	37
FIGURA 17 AUSENCIA DE UNA SECCIÓN DE LA BARRERA LATERAL, ESTACIONAMIENTO 39+205, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ ..	37
FIGURA 18: UBICACIÓN DE LAS RADIALES EN LA RUTA NACIONAL 27.....	38
FIGURA 19 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO, PARA LAS RADIALES DE LA RUTA 27, EN PORCENTAJES PARA CADA RANGO.....	39
FIGURA 20 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PERFILÓMETRO LÁSER, PARA LAS RADIALES DE LA RUTA 27, EN PORCENTAJES PARA CADA RANGO.	40
FIGURA 21 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL MEDIDOR DE AGARRE SUPERFICIAL, PARA LAS RADIALES DE LA RUTA 27, EN PORCENTAJES PARA CADA RANGO.....	41
FIGURA 22 CONDICIÓN SUPERFICIAL EN RADIALES	43
FIGURA 23 COMPARATIVO DEFLEXIONES DE RADIALES AÑOS 2013-2014	45
FIGURA 24 COMPARATIVO REGULARIDAD SUPERFICIAL DE RADIALES AÑOS 2013-2014	46
FIGURA 25 COMPARATIVO COEFICIENTE DE ROZAMIENTO SUPERFICIAL AÑOS 2013-2014	47
FIGURA 26 COMPARATIVO DETERIORO SUPERFICIAL AÑOS 2013-2014	47
FIGURA 27 EXTRAPOLACIÓN LINEAL.....	50
FIGURA 28 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES (SOLMINIHAC, 1998.....	51
FIGURA 29. GRÁFICA DE UNA ECUACIÓN CUADRÁTICA	53
FIGURA 30. GRÁFICO EJEMPLO, OBTENIDO DE DATOS DE PSI	54
FIGURA 31. GRÁFICA EJEMPLO PSI VS AÑO Y IRI VS AÑO.....	54
FIGURA 33 CONCEPTO DE PSI CON RANGOS DE ACEPTACIÓN	55
FIGURA 33 MODELO DE DETERIORO TRAMO 1, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ.....	56
FIGURA 39 MODELO DE DETERIORO TRAMO 2, SENTIDO CALDERA - SAN JOSÉ.....	57
FIGURA 42: ESTADO DE LA SUPERFICIE INFERIOR DE LA LOSA DE CONCRETO.....	60
FIGURA 43 ACERO DE REFUERZO EXPUESTO EN LA LOSA DE CONCRETO Y CON RECUBRIMIENTO INSUFICIENTE.....	60

FIGURA 44: DESGASTE DE LA SUPERFICIE SUPERIOR DE JUNTAS CONSTRUCTIVAS.....	61
FIGURA 45: CORROSIÓN Y DETERIORO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DE LOS APOYOS EN EL BASTIÓN SURESTE. IZQUIERDA: APOYO NORTE; DERECHA: APOYO SUR.	61
FIGURA 46: ACUMULACIÓN DE SEDIMENTO EN LOS APOYOS DEL BASTIÓN NOROESTE. IZQUIERDA: APOYO SUR; DERECHA: APOYO NORTE.	62
FIGURA 47: IZQUIERDA, PÉRDIDA DEL SELLO DE PROTECCIÓN DE LOS PERNOS, ASÍ COMO DE ALGUNAS TUERCAS DE FIJACIÓN EN AMBAS JUNTAS. DERECHA, DETALLE.	63
FIGURA 48: ACUMULACIÓN DE SEDIMENTO Y CORROSIÓN ANORMAL EN VIGAS PRINCIPALES EN LAS ZONAS DE LOS APOYOS.	64
FIGURA 49: ACUMULACIÓN DE SEDIMENTO Y CORROSIÓN ANORMAL EN VIGAS PRINCIPALES EN LAS ZONAS DE LOS APOYOS.	64
FIGURA 50: CONDICIÓN DE DETERIORO DE LOS AMORTIGUADORES O DISPOSITIVOS DE BLOQUEO SÍSMICO. IZQUIERDA: CORROSIÓN; CENTRO: PÉRDIDA DE RESERVORIOS; DERECHA: DETERIORO DEL HULE. ABAJO: UBICACIÓN RESPECTIVA DE LOS ELEMENTOS. 65	65
FIGURA 51: ESTADO DE LA JUNTA DE EXPANSIÓN EN EL ACCESO OESTE (IZQUIERDA; ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS EN EL DRENAJE DE LA JUNTA (DERECHA).	66
FIGURA 52: ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS, CORROSIÓN Y DETERIORO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DE LOS APOYOS EN BASTIONES. DERECHA, DETALLE DE RECUADRO.....	67
FIGURA 53: ESTADO DE LA LOSA DE CONCRETO, CON ACERO DE REFUERZO EXPUESTO (IZQUIERDA) Y AGRIETAMIENTO EN 2 DIRECCIONES (DERECHA)	67
FIGURA 54: ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS, CORROSIÓN Y DETERIORO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DE LOS APOYOS EN BASTIÓN ESTE: IZQUIERDA, APOYO NORTE; DERECHA, APOYO SUR.	68
FIGURA 55: CORROSIÓN Y DETERIORO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN EN EL BASTIÓN OESTE (LADO DE SAN JOSÉ), APOYO SUR.....	69
FIGURA 56: ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS EN JUNTAS DE EXPANSIÓN: IZQUIERDA, BASTIÓN ESTE; DERECHA, BASTIÓN OESTE. .	69
FIGURA 57: ESTADO DE LA JUNTA DE LA LOSA DE APROXIMACIÓN EN LOS ACCESOS.	70
FIGURA 58: IZQUIERDA, TERMINAL PELIGROSA DEL GUARDAVÍAS UBICADO EN LA SECCIÓN NORTE DEL ACCESO ESTE; DERECHA, PERFORACIONES EN EL CONCRETO Y ACERO DE REFUERZO EXPUESTO EN CARA NORTE DE EXTREMO OESTE (LADO DE SAN JOSÉ) DE LA SUPERESTRUCTURA.	70
FIGURA 59: IZQUIERDA, AGRIETAMIENTO EN LOSA ADYACENTE A LA JUNTA DE EXPANSIÓN SOBRE EL BASTIÓN ESTE; DERECHA, AGRIETAMIENTO EN DOS DIRECCIONES DE UNA SECCIÓN DE LOSA UBICADA A 70M DE LA MISMA JUNTA.....	72
FIGURA 60: ESTADO DE LAS JUNTAS CONSTRUCTIVAS EN LA LOSA; DERECHA, DETALLE DE UNA FRACTURA.	72
FIGURA 61: DESPRENDIMIENTO DE CONCRETO Y ACERO DE REFUERZO EXPUESTO EN JUNTA DE CONSTRUCCIÓN. DERECHA, DETALLE.	73
FIGURA 62: DESPRENDIMIENTO DE CONCRETO Y EVIDENCIA DE FALLA TRANSVERSAL DE ACERO EN LA JUNTA DE CONSTRUCCIÓN. DERECHA, DETALLE.	73
FIGURA 63: ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS, CORROSIÓN Y DETERIORO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DE LOS APOYOS EN BASTIÓN ESTE.....	74
FIGURA 64: ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS, DETERIORO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DE PINTURA Y DESPRENDIMIENTO DE LOS RESERVORIOS DE LOS AMORTIGUADORES O DISPOSITIVOS DE BLOQUEO SÍSMICO	74
FIGURA 65: DAÑO EN SECCIÓN DE LA JUNTA DE EXPANSIÓN SOBRE EL BASTIÓN OESTE.....	75
FIGURA 66: IZQUIERDA, PÉRDIDA DEL SELLO DE PROTECCIÓN DE ALGUNOS DE LOS PERNOS DE ANCLAJE DE LA JUNTA DE EXPANSIÓN SOBRE EL BASTIÓN ESTE; DERECHA, PÉRDIDA DEL RÓTULO DE IDENTIFICACIÓN EN EL ACCESO ESTE	75
FIGURA 67 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.....	76
FIGURA 68 IZQUIERDA: MURO DE GAVIONES Y TALUD DETERIORADO SOBRE EL CUAL SE DESBORDA EL AGUA. DERECHA: CANAL DONDE SE ORIGINA EL PROBLEMA.....	77
FIGURA 69 ZONA VULNERABLE EN EL TALUD DEL KILÓMETRO 21+400.....	78
FIGURA 70 MURO MECÁNICAMENTE ESTABILIZADO EN LA INTERSECCIÓN HACIA Balsa	79
FIGURA 71 VISTA AÉREA DEL TALUD EN PK 36+400. SE INDICA LA ZONA Y LA DIRECCIÓN DEL DESLIZAMIENTO OBSERVADO.....	79
FIGURA 72 DETALLE DEL DETERIORO DE LA CUNETAS PRODUCTO DEL MOVIMIENTO DEL TALUD.....	80
FIGURA 73 DETERIORO DEL TALUD EN EL KILÓMETRO 30+500.....	81
FIGURA 74 DETERIOROS EN LA PROTECCIÓN SUPERFICIAL DEL TALUD EN EL KILÓMETRO 37+500.	82
FIGURA 75 PROTECCIÓN SUPERFICIAL EN TALUD DE CORTE, ESTACIONAMIENTO 40+800	83



FIGURA 76 PROTECCIÓN SUPERFICIAL EN TALUD DE CORTE, ESTACIONAMIENTO 40+800	84
FIGURA 77 TALUD DE CORTE, ACTUALMENTE ESTÁ SIENDO INTERVENIDO CON MOVIMIENTO DE TIERRAS EN LA PARTE SUPERIOR. EN LA FIGURA DE LA DERECHA UN DETALLE DE LAS DISCONTINUIDADES DEL MACIZO	84
FIGURA 78 VISTA DE LOS MATERIALES EN LOS TALUDES DE CORTE (LÍNEA AMARILLA) Y RELLENO (LÍNEA ROJA) AFECTADOS POR LA ALTERACIÓN HIDROTERMAL EN EL ESTACIONAMIENTO 47+800.....	85
FIGURA 79 IZQUIERDO: TALUD DE CORTE, SE DESTACA LA CORONA ACTUAL DEL DESLIZAMIENTO. DERECHO: EN EL MISMO SITIO LA CUNETAS ESTÁ PARCIALMENTE DESTRUIDA, AFECTANDO EL CONTROL DEL AGUA SUPERFICIAL	85
FIGURA 80 VISTA AÉREA DE LA ZONA CERCANA AL KILÓMETRO 47+800. SE OBSERVAN LOS RELLENOS DE MATERIAL DEPOSITADO EN EL COSTADO SUR DE LA CARRETERA, SIN MEDIDAS PARA EL CONTROL DE EROSIÓN. EL RÍO GRANDE DE TÁRCOLES SE OBSERVA EN LA ZONA INFERIOR DERECHA DE LA FOTOGRAFÍA.....	86
FIGURA 81 ALTERACIÓN HIDROTERMAL EN LOS TALUDES DE CORTE DERECHO E IZQUIERDO DEL ESTACIONAMIENTO 48+000.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 RANGOS DE DEFLEXIÓN, UTILIZADOS PARA CLASIFICAR RESULTADOS DE DEFLECTOMETRÍA.....	16
TABLA 2 DEFLEXIONES FWD OBTENIDAS PARA EL SENTIDO SAN JOSÉ - CALDERA, CAMPAÑA 2014	17
TABLA 3 DEFLEXIONES FWD OBTENIDAS PARA EL SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, CAMPAÑA 2014.....	17
TABLA 4 RANGOS DE CLASIFICACIÓN DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI).....	19
TABLA 5 RESULTADOS OBTENIDOS EN REGULARIDAD SUPERFICIAL, RUTA 27	20
TABLA 6 CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO SEGÚN EL GN	22
TABLA 7 RESULTADOS OBTENIDOS, COEFICIENTE ROZAMIENTO SUPERFICIAL DEL PROYECTO	22
TABLA 8 NOTAS Q PARA LA TRONCAL PRINCIPAL RUTA 27	25
TABLA 9 COMPARACIÓN DE LAS NOTAS Q OBTENIDAS POR TRAMO Y AÑO DE CAMPAÑA DE EVALUACIÓN, RUTA NACIONAL 27 CARRETERA SAN JOSÉ – CALDERA.	30
TABLA 10: POSIBILIDADES DE INTERVENCIÓN POR TRAMO Y AÑO DE EVALUACIÓN, CON BASE EN LAS NOTAS Q OBTENIDAS	32
TABLA 11 TIPOS DE DETERIOROS TÍPICOS EN CARRETERAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE.....	34
TABLA 12 NOTAS Q Y RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN	42
TABLA 13. RANGO DE APLICACIÓN DEL MODELO 1 PARA EL CÁLCULO DEL PSI COSTA RICA	52
TABLA 14 SECCIONES DE CONTROL	52
TABLA 15 AÑO EN EL QUE EL PSI ES IGUAL A 3	58
TABLA 16 INFORMES EMITIDOS POR LA UP DEL PITRA - LANAMMEUCR CON RESPECTO A LOS PUENTES MAYORES DE LA RUTA 27	58
TABLA 17 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 HIDROTHERMAL.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS ANEXO

FIGURA A1 1 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 0+000 - 06+000.....	100
FIGURA A1 2 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 06+000 - 12+000.....	101
FIGURA A1 3 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 12+000 - 18+000.....	102
FIGURA A1 4 : RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 18+000 - 24+000.....	103
FIGURA A1 5 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 24+000 - 30+000.....	104
FIGURA A1 6 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 30+000 - 38+000.....	105
FIGURA A1 7 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 38+000 - 44+000.....	106
FIGURA A1 8 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 44+000 - 50+000.....	107
FIGURA A1 9 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 50+000 - 56+000.....	108
FIGURA A1 10 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 56+000 - 62+000.....	109
FIGURA A1 11 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 62+000 - 68+000.....	110
FIGURA A1 12 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 70+000 - 76+000.....	111
FIGURA A1 13 RESULTADOS FWD,. RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 06+000.....	112
FIGURA A1 14 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 06+000 - 12+000.....	113
FIGURA A1 15 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 12+000 - 18+000.....	114
FIGURA A1 16 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 18+000 - 24+000.....	115
FIGURA A1 17 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 24+000 - 30+000.....	116
FIGURA A1 18 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 30+000 - 38+000.....	117
FIGURA A1 19 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 38+000 - 44+000.....	118
FIGURA A1 20 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 44+000 - 50+000.....	119
FIGURA A1 21 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA 0– SAN JOSÉ EST. 50+000 - 56+000.....	120
FIGURA A1 22 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 56+000 - 62+000.....	121
FIGURA A1 23 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 62+000 - 68+000.....	122
FIGURA A1 24 RESULTADOS FWD, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 70+000 - 76+000.....	123



FIGURA A2 1 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 0+000 - 06+000	129
FIGURA A2 2 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 06+000 - 12+000.....	130
FIGURA A2 3 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 12+000 - 18+000.....	131
FIGURA A2 4 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 18+000 - 24+000.....	132
FIGURA A2 5 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA 24+000 - 30+000.....	133
FIGURA A2 6 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 30+000 - 38+000.....	134
FIGURA A2 7 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 38+000 - 44+000.....	135
FIGURA A2 8 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 44+000 - 50+000	136
FIGURA A2 9 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 50+000 - 56+000	137
FIGURA A2 10 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 56+000 - 62+000	138
FIGURA A2 11 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 62+000 - 68+000	139
FIGURA A2 12 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 70+000 - 76+000	140
FIGURA A2 13 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 06+000	141
FIGURA A2 14 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 06+000 - 12+000	142
FIGURA A2 15 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 12+000 - 18+000	143
FIGURA A2 16 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 18+000 - 24+000.....	144
FIGURA A2 17 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 24+000 - 30+000	145
FIGURA A2 18 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 30+000 - 36+000	146
FIGURA A2 19 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 38+000 - 44+000	147
FIGURA A2 20 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 44+000 - 50+000	148
FIGURA A2 21 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 50+000 - 56+000.....	149
FIGURA A2 22 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 56+000 - 62+000.....	150
FIGURA A2 23 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 62+000 - 68+000.....	151
FIGURA A2 24 RESULTADOS IRI, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 70+000 - 76+000.....	152

FIGURA A3 1 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 0+000 -06+000.....	157
FIGURA A3 2 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 06+000 - 12+000.....	158
FIGURA A3 3 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 12+000 - 18+000.....	159
FIGURA A3 4 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 18+000 - 24+000.....	160
FIGURA A3 5 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 24+000 - 30+000.....	161
FIGURA A3 6 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 30+000 - 38+000.....	162
FIGURA A3 7 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 38+000 - 42+000.....	163
FIGURA A3 8 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 44+000 - 50+000.....	164
FIGURA A3 9 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 50+000 - 56+000.....	165
FIGURA A3 10 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 56+000 - 62+000.....	166
FIGURA A3 11 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 62+000 - 68+000.....	167
FIGURA A3 12 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA EST. 70+000 - 76+000.....	168
FIGURA A3 13 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 0+000 - 06+000.....	169
FIGURA A3 14 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 06+000 - 12+000.....	170
FIGURA A3 15 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 12+000 - 18+000.....	171
FIGURA A3 16 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 18+000 -24+000	172
FIGURA A3 17 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 24+000 - 30+000.....	173
FIGURA A3 18 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 30+000 - 38+000.....	174
FIGURA A3 19 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 38+000 - 44+000.....	175
FIGURA A3 20 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 44+000 - 50+000.....	176
FIGURA A3 21 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 50+000 - 56+000.....	177
FIGURA A3 22 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 56+000 - 62+000.....	178
FIGURA A3 23 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 62+000 - 68+000.....	179
FIGURA A3 24 RESULTADOS GRIP, RUTA NACIONAL 27, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ EST. 70+000 - 76+000.....	180



FIGURA A5 1 RESULTADOS FWD, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL.....	186
FIGURA A5 2 RESULTADOS FWD, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27.....	187
FIGURA A5 3 RESULTADOS IRI, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL	188
FIGURA A5 4 RESULTADOS IRI, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27	189
FIGURA A5 5 RESULTADOS GRIP, RADIAL EL COYOL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - EL COYOL.....	190
FIGURA A5 6 RESULTADOS GIRIP, RADIAL EL COYOL, SENTIDO EL COYOL - RUTA NACIONAL 27.....	191
FIGURA A5 7 RESULTADOS FWD, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS.....	192
FIGURA A5 8 RESULTADOS FWD, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27.....	193
FIGURA A5 9 RESULTADOS IRI, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS	194
FIGURA A5 10 RESULTADOS IRI, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27	195
FIGURA A5 11 RESULTADOS GIRIP, RADIAL ATENAS, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ATENAS.....	196
FIGURA A5 12 RESULTADOS GIRIP, RADIAL ATENAS, SENTIDO ATENAS - RUTA NACIONAL 27.....	197
FIGURA A5 13 RESULTADOS FWD, RADIAL TURRUCARES, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - TURRUCARES.....	197
FIGURA A5 14 RESULTADOS FWD, RADIAL TURRUCARES, SENTIDO TURRUCARES - RUTA NACIONAL 27.....	198
FIGURA A5 15 RESULTADOS IRI, RADIAL TURRUCARES, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - TURRUCARES	198
FIGURA A5 16 RESULTADOS IRI, RADIAL TURRUCARES, SENTIDO TURRUCARES - RUTA NACIONAL 27	199
FIGURA A5 17 RESULTADOS GRIP, RADIAL TURRUCARES, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - TURRUCARES.....	200
FIGURA A5 18 RESULTADOS GRIP, RADIAL TURRUCARES, SENTIDO TURRUCARES - RUTA NACIONAL 27.....	201
FIGURA A5 19 RESULTADOS FWD, RADIAL ESCOBAL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ESCOBAL.....	202
FIGURA A5 20 RESULTADOS FWD, RADIAL ESCOBAL, SENTIDO ESCOBAL - RUTA NACIONAL 27.....	203
FIGURA A5 21 RESULTADOS IRI, RADIAL ESCOBAL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ESCOBAL	204
FIGURA A5 22 RESULTADOS IRI, RADIAL ESCOBAL, SENTIDO ESCOBAL - RUTA NACIONAL 27	205
FIGURA A5 23 RESULTADOS GRIP, RADIAL ESCOBAL, SENTIDO RUTA NACIONAL 27 - ESCOBAL.....	206
FIGURA A5 24 RESULTADOS GRIP, RADIAL ESCOBAL, SENTIDO ESCOBAL - RUTA NACIONAL 27	207

ÍNDICE DE TABLAS ANEXOS

TABLA A1 1 ESTACIONAMIENTOS CON DEFLEXIONES MODERADAS, ALTAS Y MUY ALTAS, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA, RUTA NACIONAL 27	98
TABLA A1 2 ESTACIONAMIENTOS CON DEFLEXIONES MODERADAS, ALTAS Y MUY ALTAS, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, RUTA NACIONAL 27	99
TABLA A2 1 ESTACIONAMIENTOS CON REGULARIDADES MODERADAS, BAJAS Y MUY BAJAS, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA, RUTA NACIONAL 27	125
TABLA A2 2 ESTACIONAMIENTOS CON REGULARIDADES MODERADAS, BAJAS Y MUY BAJAS, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ, RUTA NACIONAL 27	127
TABLA A3 1 ESTACIONAMIENTOS DESLIZANTES IDENTIFICADOS, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA RUTA NACIONAL 27	154
TABLA A4 1 UBICACIÓN DE LOS SITIOS CON PROBLEMAS EN EL GUARDAVÍA, SENTIDO SAN JOSÉ – CALDERA	182
TABLA A4 2 UBICACIÓN DE LOS SITIOS CON PROBLEMAS EN EL GUARDAVÍA, SENTIDO CALDERA – SAN JOSÉ	183



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 2014 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 760 km analizados hasta el año 2014, 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, sumando 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:

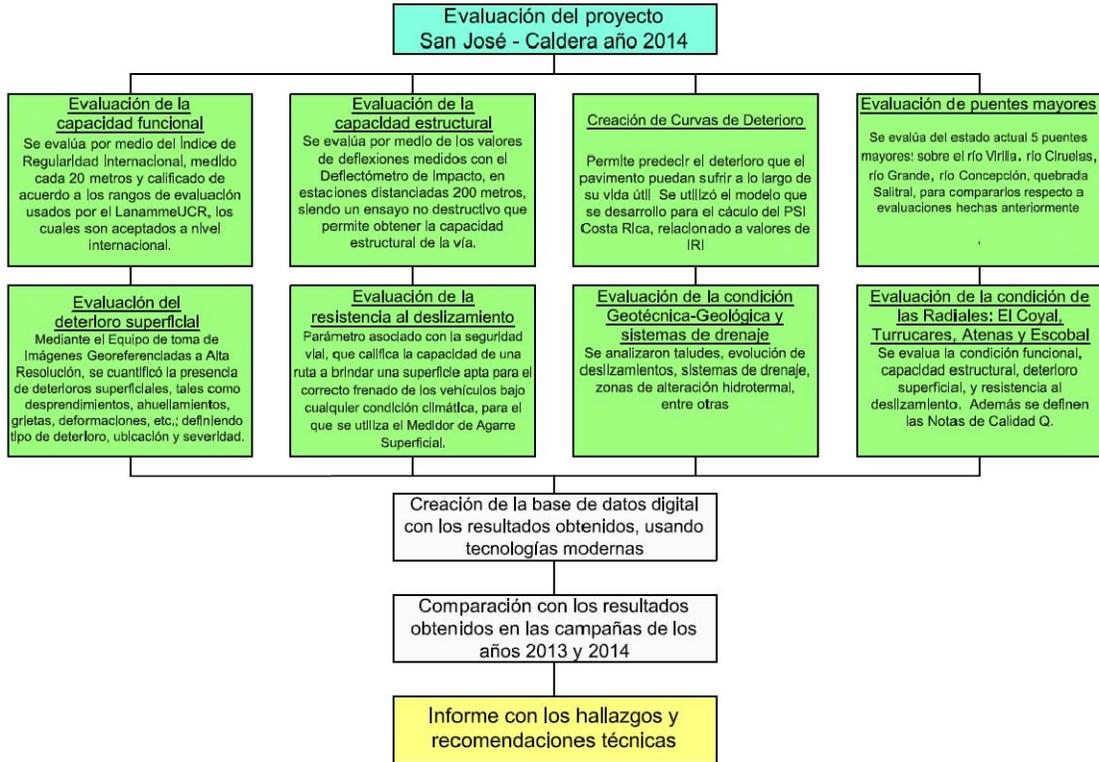


Figura 1 Diagrama de la evaluación del proyecto San José – Caldera Ruta 27, año 2014.

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 la evaluación del estado en que se encuentran estas radiales desde el punto de vista estructural, funcional, de seguridad vial y condición superficial.

Para poder aplicar rangos de estado de estas radiales, se utilizó la estructura de la sección de carretera más próximo a cada radial, siendo en este caso la sección Ciudad Colón - Orotina. Esto debido a que no se cuenta con información detallada sobre cada paquete estructural

Además, como parte de la evaluación hecha a esta ruta, se realizará un análisis geotécnico y geológico a los taludes aledaños. Se estudiará si hay evolución en



deslizamientos detectados anteriormente, evaluación de sistemas de drenaje y zonas con drenaje ácido.

2. OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO EN CONCESIÓN SAN JOSÉ – CALDERA, AÑO 2014

2.1 Objetivo General

Evaluar la condición del pavimento del proyecto en Concesión San José – Caldera, Ruta Nacional 27 en el año 2014, 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 del pavimento del proyecto concesionado, con el Perfilómetro Láser, y clasificarlo en rangos de estado.
- Evaluar el coeficiente de rozamiento de la superficie de los pavimentos en el proyecto concesionado, con el Medidor de Coeficiente de Rozamiento.
- Hacer una evaluación del deterioro superficial de la superficie de ruedo, por medio de equipo de cámaras digitales georreferenciadas, alertando de la presencia de deterioros que pueden poner en peligro la seguridad del usuario, así como el confort y durabilidad del proyecto.
- Comparar las condiciones actuales con las obtenidas en los año 2013, para establecer la evolución del estado de la infraestructura como tal.
- Elaborar curvas de deterioro que permitan predecir la condición en que podría llegar a estar la carretera en años futuros según las condiciones que presenta en la evaluación actual y anteriores
- Evaluar la condición de los puentes presentes en la ruta.
- Evaluar la condición de taludes, deslizamientos y sistemas de drenaje desde el punto de vista geológico y geotécnico.
- Mantener una base de datos actualizada de los parámetros técnicos del proyecto, que sea útil para la planificación de obras destinada al mejoramiento de la vía.
- 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 2014

3.1 Capacidad estructural, deflexiones obtenidas mediante el FWD Troncal Principal

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 76,6 km en cada sentido)¹ de carretera pavimentada, con mediciones cada 50 metros. En aquellos tramos con sólo un carril por sentido, fueron evaluados ambos carriles; mientras que en aquellos tramos con dos 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 mm²)			
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 2014

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos en el parámetro de deflexiones superficiales, para la campaña de evaluación 2014; 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 2014

Tipo de Deflexiones	Longitud (km)	Porcentajes (%)
Bajas	67,50	90,91
Moderadas	1,90	2,56
Altas	2,80	3,77
Muy Altas	2,05	2,76
Total	74,25	

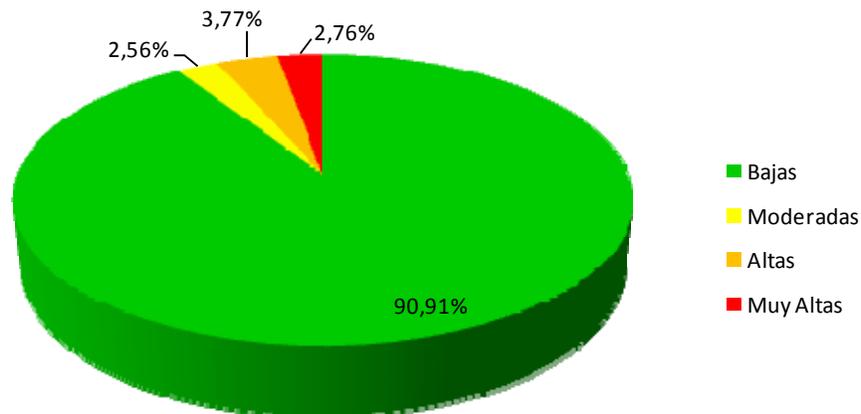


Figura 2 Estado general de la capacidad estructural sentido San José – Caldera según los valores de deflexión FWD obtenidos, campaña 2014

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 2014

Tipo de Deflexiones	Longitud (km)	Porcentajes (%)
Bajas	66,25	88,75
Moderadas	2,95	3,95
Altas	3,60	4,82
Muy Altas	1,85	2,48
Total	76,70	

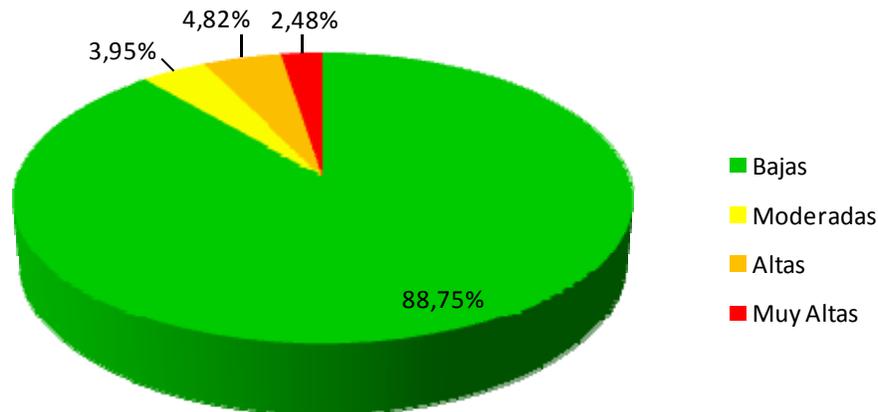


Figura 3 Estado general de la capacidad estructural sentido Caldera – San José, según los valores de deflexión FWD obtenidos, campaña 2014

3.1c. Análisis general de resultados de la evaluación de la capacidad estructural con el ensayo de deflectometría FWD. Mes de octubre del 2014

Los resultados de la deflectometría de impacto revelan un pavimento con muy buena capacidad estructural en la mayor parte del ramal principal del proyecto. Esta valoración estructural representa la condición de soporte del pavimento hasta el momento de la medición, es decir hasta el mes de octubre del 2014. Estos valores pueden variar posteriormente en magnitudes significativas con los cambios de temperatura durante épocas muy cálidas, así como con los cambios en los niveles de humedad de las capas de base, subbase y subrasante. Las mediciones que se realicen durante el año 2015 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 con la ubicación de esos puntos de forma gráfica para cada sentido.

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. 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 su clasificación, 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 se utiliza el MRI que es 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 registran los datos sobre las huellas de rodamiento de los vehículos en la carretera. 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

3.2b. 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 2014; las Figuras 4 y 5 muestran en forma gráfica la evaluación para este periodo, para cada sentido.

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

Tabla 5 Resultados obtenidos en regularidad superficial, Ruta 27

Rango IRI (^m /km)	Sentido			
	San José – Caldera		Caldera – San José	
menor a 1,0	1.9 km	2.60 %	1.53 km	2.07 %
entre 1,0 y 1,9	52.99 km	72.58 %	52.75 km	71.15 %
entre 1,9 y 3,6	17.06 km	23.37 %	19.66 km	26.52 %
entre 3,6 y 6,4	1.06 km	1.45 %	0.20 km	0.27 %
mayor a 6,4	0 km	0%	0 km	0%
Total	73.01	km	74.15	km

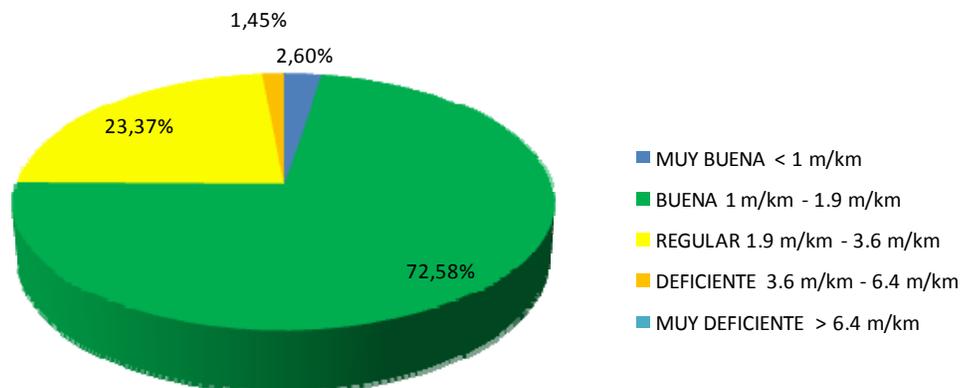


Figura 4: Resultados obtenidos en el parámetro IRI, sentido San José – Caldera

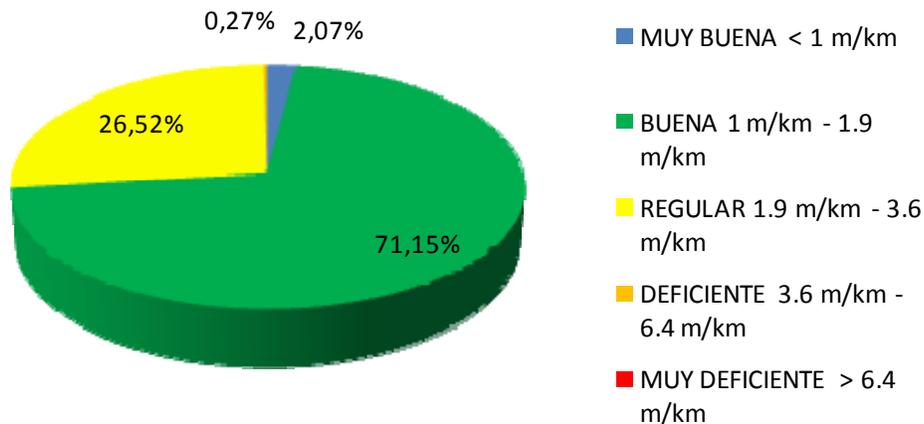


Figura 5 Resultados obtenidos en el parámetro IRI, sentido Caldera – San José



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 2014.

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 menos de un 3% presenta el estado muy bueno. Por su parte, más de 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 las imperfecciones son notadas con mayor facilidad; además de incrementar los costos de operación de la flota vehicular y disminuir la durabilidad del proyecto al aumentar las cargas dinámicas.

Como es de esperarse, el carril en el sentido Caldera – San José, presenta valores mayores de IRI que el carril en el sentido San José - Caldera; esto porque hay presencia de una cantidad mayor de tránsito con carga pesada que proviene del Pacífico.

3.3 Resultados obtenidos del coeficiente de rozamiento de pavimentos, agosto del 2014

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 se obtiene con 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 micro textura
0,60 – 0,78	Bueno	Poco deslizante	Moderado	10 a 16	Pavimento rígido y flexible con buena textura
> 0,78	Muy Bueno	No deslizante	Seguro	menor a 10	Pavimento nuevo o sobrecapas con buen agarre

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

3.3b. 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 Tabla 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	15.82	21.33%	12.67	17.09%	41.04	55.35%	4.62	6.23%	74.15
Caldera – San José	17.15	23.30%	22.01	29.91%	34.2	46.49%	0.22	0.30%	73.57

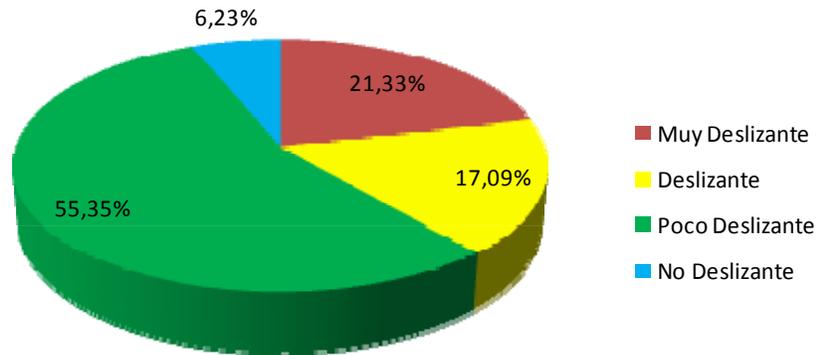


Figura 6 Resultados obtenidos de Grip, sentido San José – Caldera

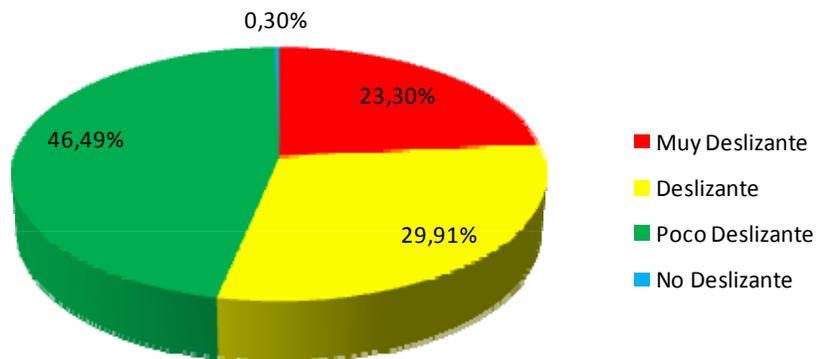


Figura 7 Resultados obtenidos de Grip, sentido Caldera – San José

En el Anexo 3 se muestran las tablas donde se indican los estacionamientos con valores de agarre superficial deslizando a muy deslizando, 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 2014*

Los resultados de la evaluación de la resistencia al deslizamiento revelan zonas de alta probabilidad de ser deslizando por los bajos coeficientes de agarre. En varios estudios de accidentes a nivel internacional, se ha llegado a demostrar que las rutas con pavimento deslizando 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 “deslizando” o “muy deslizando” 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 sentido Caldera – San José. Varios tramos de la ruta se encuentran sucios 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 Análisis de Notas Q para año 2014

Con la obtención de los parámetros medidos desde el punto de vista estructural, funcional y de seguridad vial, se puede realizar el cálculo de las notas de calidad Q, las cuales permiten determinar una estrategia de intervención que permita mantener o mejorar su condición actual.

En la Tabla 8 se presenta el análisis realizado para cada tramo a lo largo de la troncal principal para ambos sentidos. Para cada uno de estos tramos se utiliza el promedio de cada parámetro, los que al combinarlos, permite definir la calificación correspondiente.

Del análisis realizado, se desprende que desde el punto de vista estructural y funcional, todos los tramos se encuentran en muy buena condición, requiriendo solamente intervenciones de tipo mantenimiento preventivo de bajo costo, enfocadas en corregir la pérdida de capacidad funcional (éste último para el caso de los tramos 1, 3 y 4 que cuenta con una nota Q2), prestando especial atención al aspecto de seguridad vial, ya que presentan una alta probabilidad al deslizamiento.

Donde la nota Q1 se refiere a la condición ideal de un pavimento desde el punto de vista estructural y funcional. A pesar de esta condición estos deben ser evaluados para identificar la presencia de deterioros que puedan afectar la seguridad vial tales como desprendimientos, desnudamiento o exudaciones, los cuales no constituyen deterioros estructurales o de regularidad que puedan ser percibidos por el perfilógrafo (IRI) o por la deflectometría de campo.

La nota Q2 son pavimentos que cuentan con una capacidad estructural muy buena, pero su capacidad funcional se ha desplazado a una condición regular donde la calidad del manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y se pueden presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir deformaciones en la mezcla asfáltica, baches reparados y agrietamientos de severidad baja

Tabla 8 Notas Q para la troncal principal Ruta 27

Tramo	Sentido	Parámetro	2014
1 <i>(desde 0+000 hasta 3+605)</i>	San José a Caldera	FWD	<i>Baja</i>
		IRI	<i>Regular</i>
		Grip	<i>Muy Deslizante</i>
		Nota Q	Q2
	Caldera a San José	FWD	<i>Baja</i>
		IRI	<i>Bueno</i>
		Grip	<i>Deslizante</i>
		Nota Q	Q1
2 <i>(desde 3+605 hasta 14+025)</i>	San José a Caldera	FWD	<i>Baja</i>
		IRI	<i>Bueno</i>
		Grip	<i>Deslizante</i>
		Nota Q	Q1
	Caldera a San José	FWD	<i>Baja</i>
		IRI	<i>Bueno</i>
		Grip	<i>Deslizante</i>
		Nota Q	Q1
3 <i>(desde 14+025 hasta 51+720)</i>	San José a Caldera	FWD	<i>Baja</i>
		IRI	<i>Regular</i>
		Grip	<i>Deslizante</i>
		Nota Q	Q2
	Caldera a San José	FWD	<i>Baja</i>
		IRI	<i>Regular</i>
		Grip	<i>Deslizante</i>
		Nota Q	Q2
4 <i>(desde 51+720 hasta 76+310)</i>	San José a Caldera	FWD	<i>Baja</i>
		IRI	<i>Regular</i>
		Grip	<i>Poco Deslizante</i>
		Nota Q	Q2
	Caldera a San José	FWD	<i>Baja</i>
		IRI	<i>Regular</i>
		Grip	<i>Deslizante</i>
		Nota Q	Q2

3.5 Comparación de la condición de la ruta 27, campañas de evaluación 2013 y 2014

3.5a. 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.

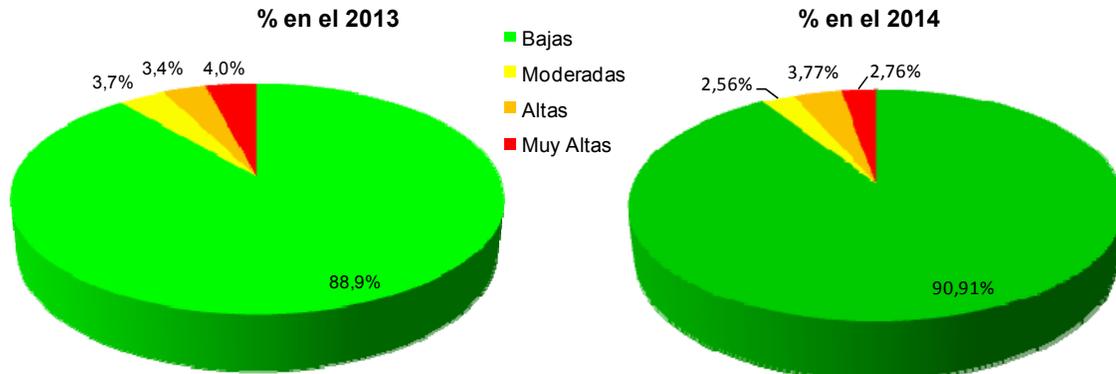


Figura 8 Resultados obtenidos en la evaluación de las deflexiones del pavimento para las campañas 2013 y 2014, sentido San José – Caldera de la Ruta Nacional 27

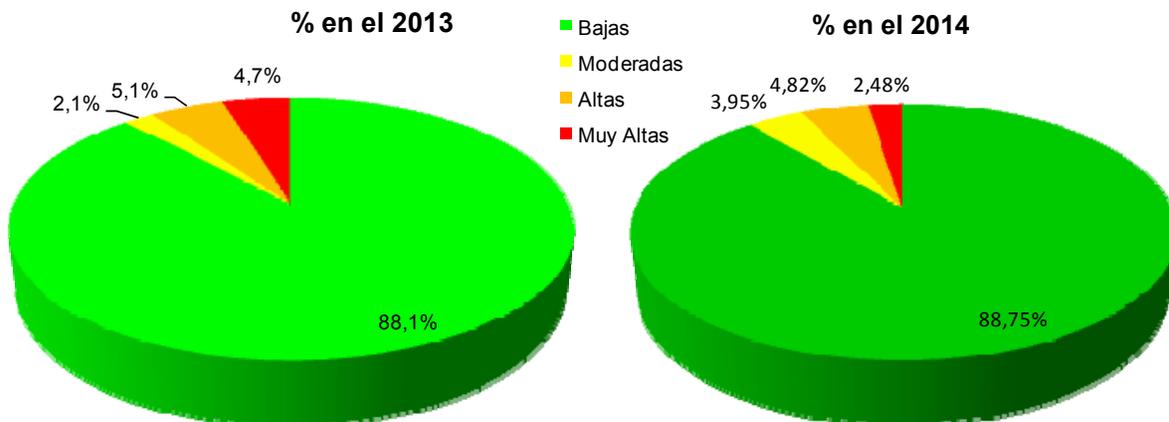


Figura 9 Resultados obtenidos en la evaluación de las deflexiones del pavimento para las campañas 2013 y 2014, sentido Caldera – San José de la Ruta Nacional 27

De las figuras anteriores, se observa que la ruta muestra un decremento en la longitud con deflexiones Moderadas y Muy Altas en ambos sentidos, lo que representa el efecto de posibles intervenciones al pavimento que ayudó a mejorar la condición estructural. Es importante mencionar que el deterioro que se puede presentar en lo referente a capacidad estructural es normal en cualquier pavimento, debido a que conforme pasan vehículos cargados, la estructura va perdiendo resistencia producto de fenómenos conocidos como fatiga o pérdida de capacidad de soporte de las capas subyacentes. 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. Para esta evaluación se puede observar una disminución de estas dos condición debido probablemente a intervenciones que refuerzan la estructura del pavimento, siendo evidente que este parámetro 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.

3.5b. 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.

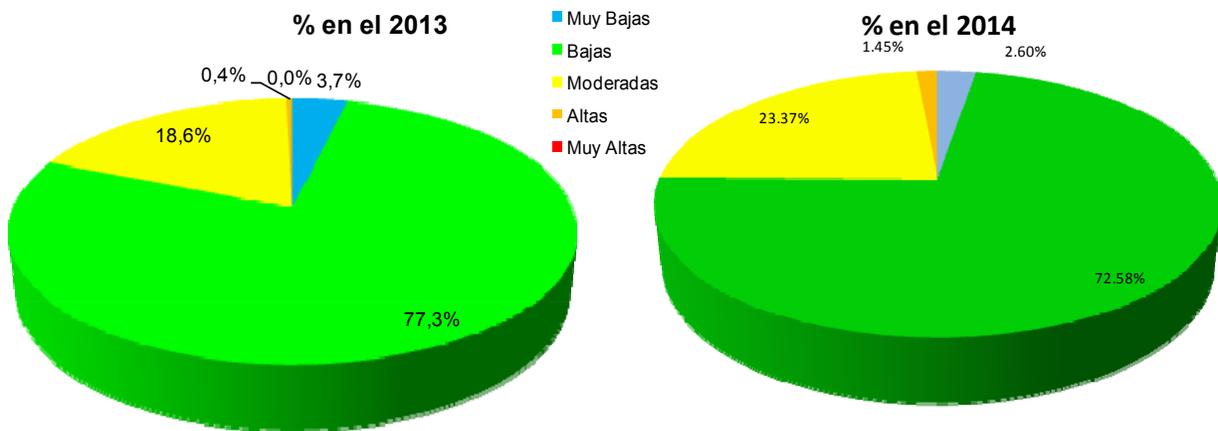


Figura 10 Resultados obtenidos en la evaluación de las regularidades superficiales del pavimento para las campañas 2013 y 20134, sentido San José – Caldera de la Ruta Nacional 27

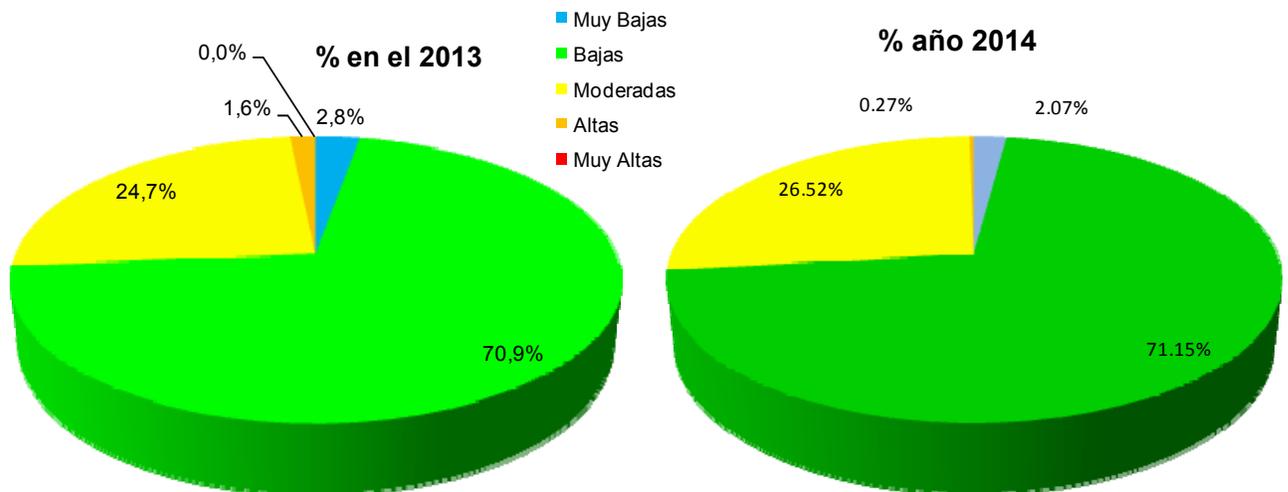


Figura 11 Resultados obtenidos en la evaluación de las regularidades superficiales del pavimento para las campañas 2013 y 2014, sentido Caldera – San José de la Ruta Nacional 27

En las figuras anteriores se nota que, mientras el sentido Caldera – San José 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 vehicular más altos.

3.5c. *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 2013 y 2014 para cada uno de los sentidos de la Ruta Nacional 27.

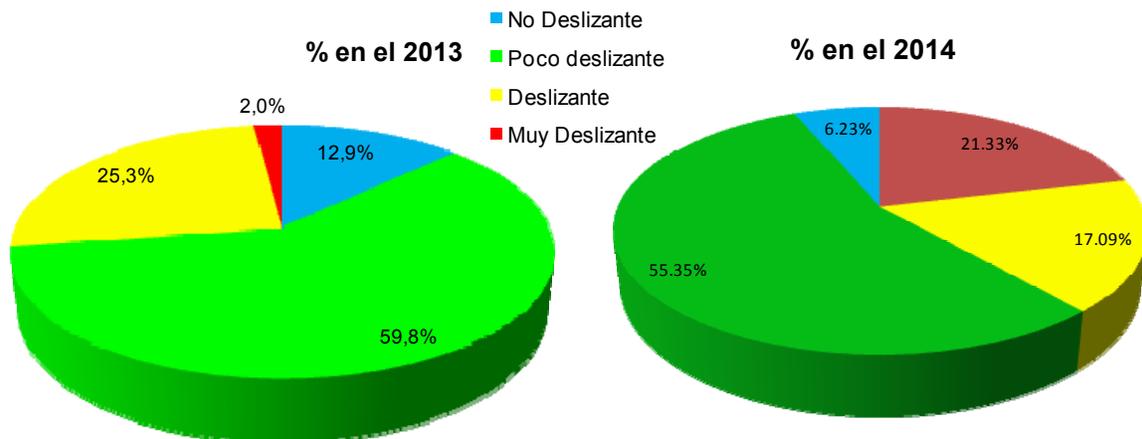


Figura 12 Resultados obtenidos en la evaluación del nivel de deslizamiento superficial del pavimento para las campañas 2013 y 2014, sentido San José – Caldera de la Ruta Nacional 27

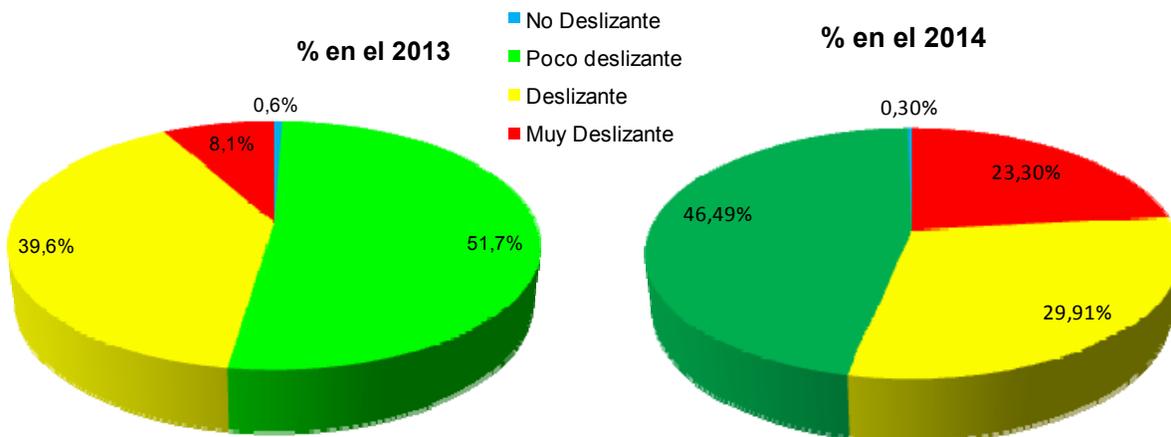


Figura 13 Resultados obtenidos en la evaluación del nivel de deslizamiento superficial del pavimento para las campañas 2013 y 2014, sentido Caldera – San José de la Ruta Nacional 27

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 esta campañas, los sitios que presentan mayores niveles de deslizamiento se encuentran en la Sección 1 y parte de la Sección 2, entre los estacionamientos 0+000 al 4+000, 6+000 al 10+000 y en la zona montañosa entre los estacionamientos 43+000 al 49+000, además entre los el 75+000 al 76+000 en las cercanías de Puerto Caldera en la Sección 3.

3.6 Comparación de las notas Q obtenidas para la Ruta 27, años 2010 al 2014

Por medio de la utilización de la metodología para el cálculo de las notas de calidad Q, el LanammeUCR introduce un indicador de condición del proyecto que permite evaluar la evolución del deterioro del corredor de forma integral.

Las notas de calidad Q ponderan la condición estructural y la condición funcional en un único indicador y correlaciona esta nota con niveles de intervención, es decir, intervenciones que van desde el mantenimiento hasta la reconstrucción total de una vía.

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

Los resultados obtenidos se ilustran en la Tabla 9.

Tabla 9 Comparación de las notas Q obtenidas por tramo y año de campaña de evaluación, Ruta Nacional 27 Carretera San José – Caldera.

Tramo	Sentido	Parámetro	Categoría por año de campaña de evaluación				
			2010	2011	2012	2013	2014
1 (desde 0+000 hasta 3+605)	San José a Caldera	FWD	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
		IRI	Bueno	Regular	Regular	Bueno	Regular
		Grip	Deslizante	Deslizante	Deslizante	Deslizante	Muy Deslizante
		Nota Q	Q1	Q2	Q2	Q1	Q2
	Caldera a San José	FWD	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
		IRI	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
		Grip	Poco Deslizante	Deslizante	Deslizante	Deslizante	Deslizante
		Nota Q	Q1	Q1	Q1	Q1	Q1
2 (desde 3+605 hasta 14+025)	San José a Caldera	FWD	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
		IRI	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
		Grip	Poco Deslizante	Poco Deslizante	Deslizante	Deslizante	Deslizante
		Nota Q	Q1	Q1	Q1	Q1	Q1
	Caldera a San José	FWD	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
		IRI	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
		Grip	Poco Deslizante	Deslizante	Deslizante	Deslizante	Deslizante
		Nota Q	Q1	Q1	Q1	Q1	Q1
3 (desde 14+025 hasta 51+720)	San José a Caldera	FWD	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
		IRI	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Regular
		Grip	Poco Deslizante	Poco Deslizante	Poco Deslizante	Deslizante	Deslizante
		Nota Q	Q1	Q1	Q1	Q1	Q2
	Caldera a San José	FWD	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
		IRI	Bueno	Bueno	Regular	Regular	Regular
		Grip	Poco Deslizante	Poco Deslizante	Deslizante	Deslizante	Deslizante
		Nota Q	Q1	Q1	Q2	Q2	Q2
4 (desde 51+720 hasta 76+310)	San José a Caldera	FWD	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
		IRI	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Regular
		Grip	Deslizante	Poco Deslizante	Poco Deslizante	Deslizante	Poco Deslizante
		Nota Q	Q1	Q1	Q1	Q1	Q2
	Caldera a San José	FWD	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
		IRI	Bueno	Bueno	Regular	Regular	Regular
		Grip	Deslizante	Deslizante	Deslizante	Deslizante	Deslizante
		Nota Q	Q1	Q1	Q2	Q2	Q2



En la totalidad de los tramos la condición del pavimento se ha mantenido entre las categorías Q1 y Q2, lo cual indica que su capacidad estructural es muy buena, pero su capacidad funcional se ha desplazado a una condición regular donde la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y se pueden presentar problemas para altas velocidades de tránsito. En términos generales las estrategias de intervención para este tipo de pavimentos se mantienen en el rango de intervenciones de tipo "mantenimiento de preservación", lo cual indica intervenciones baratas y de poco impacto para los usuarios.

Sin embargo, en la Tabla 9, se observa también que varios tramos presentan un deterioro significativo, con base en los resultados del parámetro *IRI*, y especialmente del parámetro *Grip* o agarre superficial. Estos resultados concuerdan con aquellos obtenidos mediante el uso del Equipo de Auscultación Visual, para cada una de las campañas de evaluación realizadas.

Lo anterior denota una ruta cuyos tramos se están deteriorando desde el punto de vista de condición superficial, con problemas puntuales que ya pueden ser sentidos por los usuarios (agrietamientos, bacheos mal realizados) en varios segmentos. Desde el punto de vista de seguridad vial, los tramos de la ruta han venido disminuyendo sus niveles de agarre superficial, lo que aumenta la probabilidad de accidentes cuando se presentan condiciones adversas de conducción, tales como exudación, contaminación de la superficie o agua superficial presente en la superficie de ruedo, producto principalmente de las lluvias. Es importante recalcar que esto último no es un problema reciente, dado que los bajos niveles de resistencia al deslizamiento han sido detectados por el LanammeUCR desde la primera campaña de evaluación de la ruta, a finales del año 2010.

Con base en las Notas Q y los niveles de agarre superficial obtenidos, se pueden establecer propuestas generales de intervención, para devolverle a los tramos el nivel de servicio correcto. Del análisis realizado para cada año, en la Tabla 10 se muestran, para cada tramo y año de evaluación, las posibilidades de intervención.

Tabla 10: Posibilidades de intervención por tramo y año de evaluación, con base en las notas Q obtenidas

Tramo	Sentido	Posibilidad de intervención, por año				
		2010	2011	2012	2013	2014
1	Ida	<i>N.I.</i>	<i>ChS2(TS2)</i> <i>ChS3(TS3)</i>	<i>ChS2(TS2)</i> <i>ChS3(TS3)</i>	<i>SS</i> <i>ChS1(TS1)</i>	<i>ChS2(TS2)</i> <i>ChS3(TS3)</i>
	Venida	<i>N.I.</i>	<i>SS</i> <i>ChS1(TS1)</i>	<i>SS</i> <i>ChS1(TS1)</i>	<i>SS</i> <i>ChS1(TS1)</i>	<i>SS</i> <i>ChS1(TS1)</i>
2	Ida	<i>N.I.</i>	<i>N.I.</i>	<i>SS</i> <i>ChS1(TS1)</i>	<i>SS</i> <i>ChS1(TS1)</i>	<i>SS</i> <i>ChS1(TS1)</i>
	Venida	<i>N.I.</i>	<i>SS</i> <i>ChS1(TS1)</i>	<i>SS</i> <i>ChS1(TS1)</i>	<i>SS</i> <i>ChS1(TS1)</i>	<i>SS</i> <i>ChS1(TS1)</i>
3	Ida	<i>N.I.</i>	<i>N.I.</i>	<i>N.I.</i>	<i>SS</i> <i>ChS1(TS1)</i>	<i>ChS2(TS2)</i> <i>ChS3(TS3)</i>
	Venida	<i>N.I.</i>	<i>N.I.</i>	<i>ChS2(TS2)</i> <i>ChS3(TS3)</i>	<i>ChS2(TS2)</i> <i>ChS3(TS3)</i>	<i>ChS2(TS2)</i> <i>ChS3(TS3)</i>
4	Ida	<i>SS</i> <i>ChS1(TS1)</i>	<i>N.I.</i>	<i>N.I.</i>	<i>SS</i> <i>ChS1(TS1)</i>	<i>SS</i> <i>ChS1(TS1)</i>
	Venida	<i>SS</i> <i>ChS1(TS1)</i>	<i>SS</i> <i>ChS1(TS1)</i>	<i>ChS2(TS2)</i> <i>ChS3(TS3)</i>	<i>ChS2(TS2)</i> <i>ChS3(TS3)</i>	<i>ChS2(TS2)</i> <i>ChS3(TS3)</i>

Acorde a los resultados obtenidos, para el año 2014 las posibilidades de intervención necesarias para devolver la ruta a su nivel de servicio original, deben ser del tipo de tratamiento superficial para todos y cada uno de los tramos, tanto en el sentido San José a Caldera, como en el sentido contrario. De no realizarse este tipo de acciones, es de esperar para la campaña de evaluación del año 2015, resultados peores tanto en IRI como en Grip, afectando tanto los costos de operación de la flota vehicular que por dicha ruta circula, como sus niveles de seguridad vial.



3.7 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 2014

3.7a. Equipo utilizado y criterios de clasificación

Los detalles del equipo de Toma de Imágenes Georreferenciadas 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 11 muestra los tipos de deterioros comunes en carreteras de asfalto, y que fueron localizados en la Ruta 27. Al contar con la información obtenida en los años 2011, 2012, 2013 y 2014 referente a deterioros presentes en la misma, se pudo hacer un análisis comparativo por sentido de circulación, que permitió conocer si hubo un aumento o disminución de cada deterioro, lo que se vio reflejado también en el análisis realizado del 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 la carretera, como por ejemplo árboles, postes de tendidos eléctricos, pilas de puentes, postes de señales de tránsito y terraplenes altos, entre otros 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 las 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 relleno 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 2013 y 2014.

Tabla 11 Tipos de deterioros típicos en carreteras de pavimento flexible

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

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

3.7b. 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, 2013 y 2014

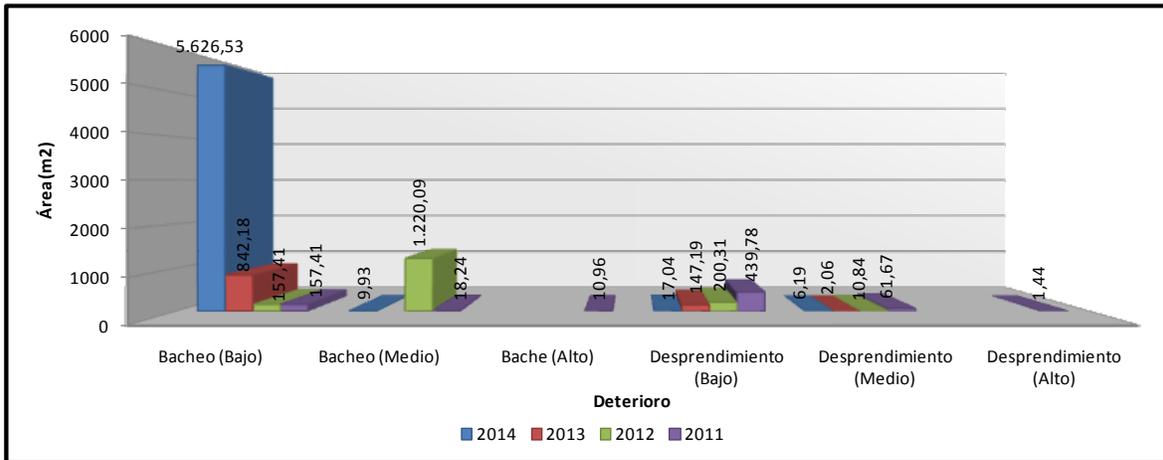


Figura 14 Comparación de resultados de deterioros / (severidad), campañas 2011, 2012, 2013 y 2014, sentido San José – Caldera

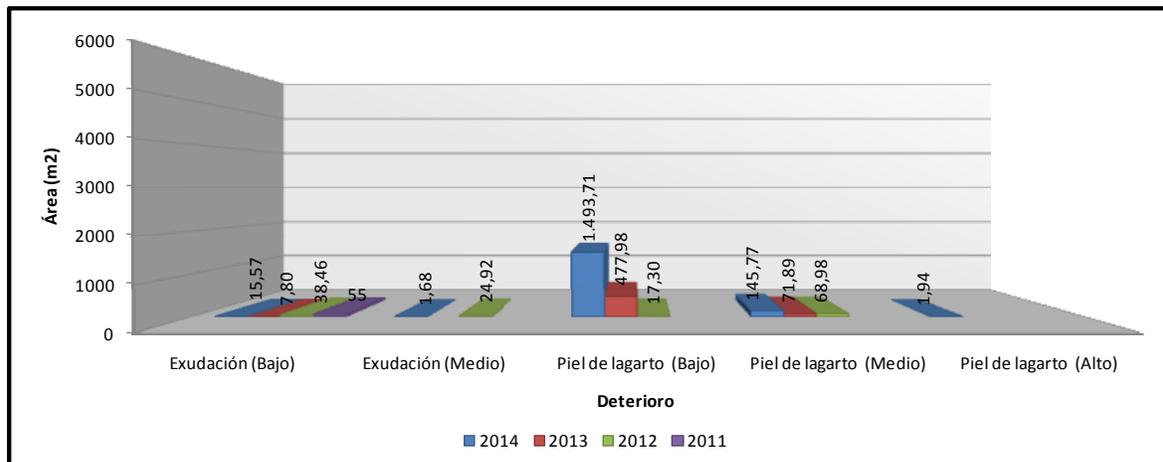


Figura 14 (Continuación) Comparación de resultados de deterioros / (severidad), campañas 2011, 2012, 2013 y 2014, sentido San José – Caldera

En la figura anterior se muestra un incremento de alrededor un 670% respecto al 2013 en el área que corresponde a Bacheo, correspondiendo en su mayoría a bacheos con severidad baja, un comportamiento similar se observa con el deterioro tipo "Piel de Lagarto" que ha presentado un incremento importante desde el 2012 llegando alrededor de un 300% respecto al deterioro presente en el año 2013. Contrario a estos dos deterioros, el desprendimiento de agregados a disminuido notablemente según lo registrado en el año 2011, 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.

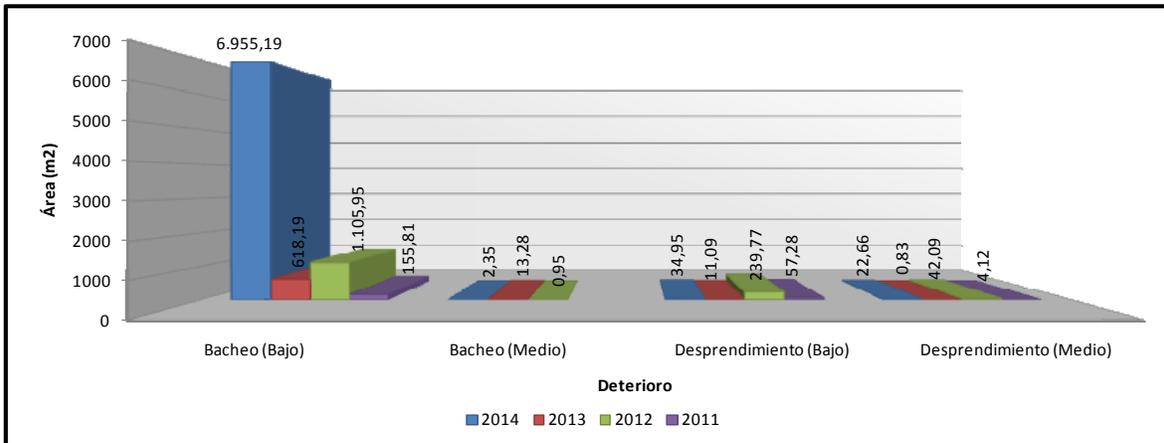


Figura 15 Comparación de resultados de deterioros / (severidad), campañas 2001, 2012, 2013 y 2014 sentido Caldera – San José

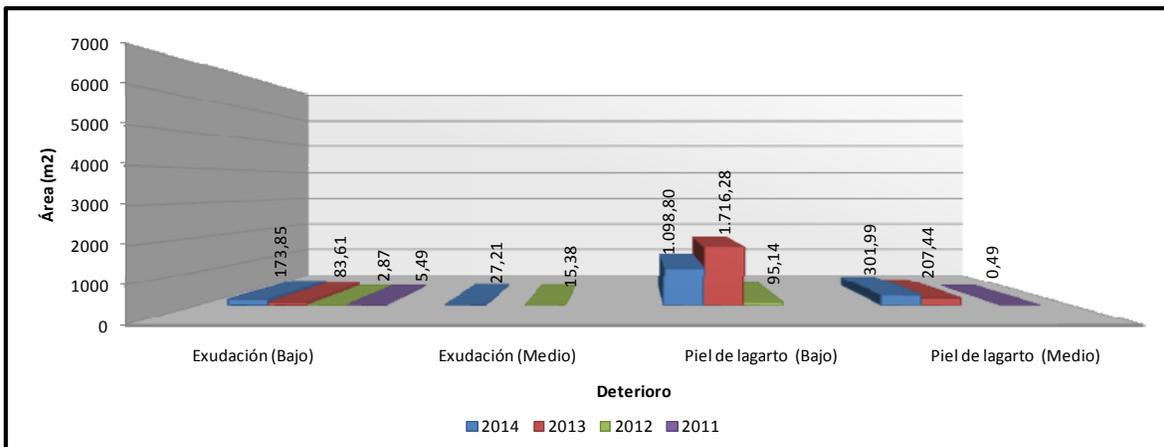


Figura 15 (continuación) Comparación de resultados de deterioros / (severidad), campañas 2001, 2012, 2013 y 2014 sentido Caldera – San José

Al igual que en el caso anterior, se ha dado un incremento importante en la cantidad de área con Bacheo respecto a los años anteriores, además presenta una disminución en el área afectada con Piel de Lagarto.

Con respecto al estado de las barreras laterales (*Flex Beam*), en la evaluación realizada en el 2014 se encontraron 7 puntos donde estas estructuras se encuentran deformadas debido a impactos vehiculares y en un punto hay un tramo sin la viga. Con respecto a la evaluación del año 2013, se detectó un punto en el que la barrera lateral se mantiene impactada, como se muestra en la Figura 16.

Por otro lado, se ha detectado una disminución de Flex Beam deformadas en ambos sentidos, ya que en el sentido San José - Caldera solamente se detectaron 2 puntos, disminuyendo en uno respecto al año anterior, y en el sentido Caldera - San José se

presenta una disminución considerable, ya que en el año 2013 se habían detectado 11 sitios con guardavías impactados y para el 2014 solo se evidenciaron cuatro. En todos los sitios encontrados con barreras deformadas hay presencia de la categoría "Deslizante" con respecto al coeficiente de agarre superficial, lo que indica la importancia de atender las zonas deslizantes para mejorar el aspecto seguridad vial al conductor.

En la Figura 17, se muestran un punto en la que hay ausencia de una parte de la sección del guardavía.

En el Anexo 4 se presenta la ubicación de los puntos en los que se encontraron problemas en dichas obras.



Año 2014

Año 2013

Figura 16 Daños a la barrera, estacionamiento 71+476, sentido Caldera - San José



Figura 17 Ausencia de una sección de la barrera lateral, estacionamiento 39+205, sentido Caldera – San José

4. Evaluación de las Radiales

4.1 Aspectos Generales

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

- Radial de El Coyol: conecta la ruta en el estacionamiento 22+450 con la Ruta Nacional 1 Carretera Interamericana Norte, en las cercanías de El Coyol de Alajuela. Es la radial más reciente 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. 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.

La longitud presentada arriba es del recorrido principal de cada radial, sin incluir las rampas o rotondas de acceso. En la Figura 18 se muestra la ubicación de dichas radiales.

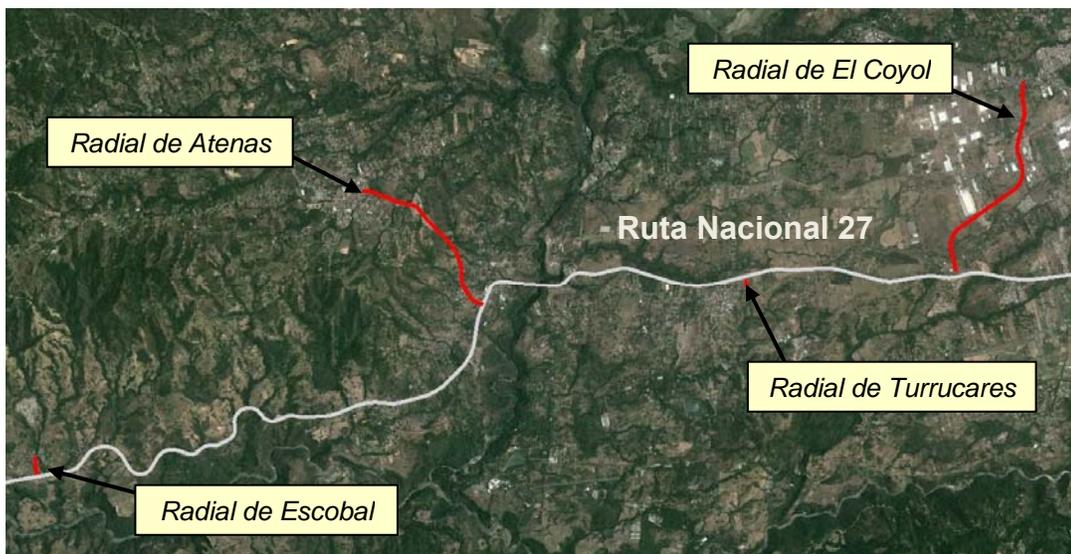


Figura 18: Ubicación de las radiales en la Ruta Nacional 27.

Como parte de la Campaña de Evaluación 2014 – 2015 de la Ruta Nacional 27, se evaluaron las radiales en los parámetros de capacidad estructural con el Deflectómetro de Impacto, capacidad funcional con el Perfilómetro Láser, seguridad vial con el Medidor de Agarre Superficial y nivel de deterioros en la superficie del pavimento con el Equipo de Imágenes Digitales Georreferenciadas.

4.2 Resultados obtenidos: Deflexiones del pavimento

La Figura 19 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 en la sección 2.3.2.1.5 *Diseño Geométrico*, el concesionario debe considerar como mínimo las velocidades de diseño y las secciones transversales típicas, contenidos en los diseños, planos y anteproyectos proporcionados por el Concejo Nacional de Concesiones (CNC) y dar mantenimiento y rehabilitación a las radiales especificadas en el contrato.

Al momento de realizar este análisis no se contó con la información referente a la estructura de cada radial, por lo que se considera un espesor de capa asfáltica igual a la estructura de la sección a la cual pertenecen: dado que todas las radiales se encuentran en la Sección 2 de la ruta, se asumirá su estructura para el cálculo de las deflexiones.

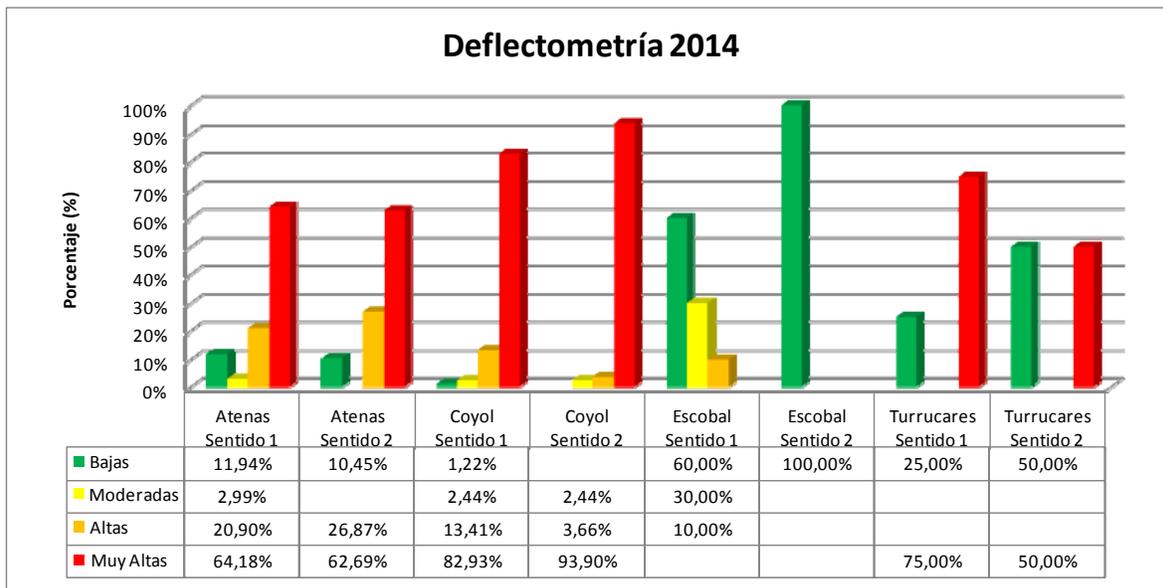


Figura 19 Resultados obtenidos con el Deflectómetro de Impacto, para las radiales de la Ruta 27, en porcentajes para cada rango.

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. La radial Atenas presenta también deflexiones predominantemente muy altas; mientras que la Radial a Escobal es la que presenta la mejor condición estructural de las 4.

4.3 Resultados obtenidos: Regularidad superficial

En la Figura 20 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.

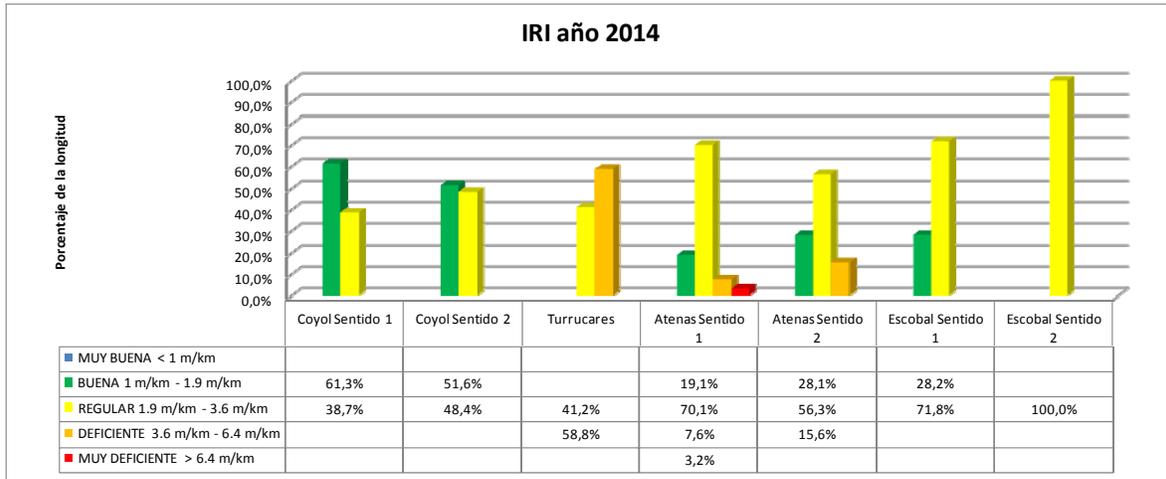


Figura 20 Resultados obtenidos con el Perfilómetro Láser, para las radiales de la Ruta 27, en porcentajes para cada rango.

En general, todas las radiales exhiben un porcentaje importante de su longitud en la categoría Regular. La radial de El Coyoil, al ser la más recientemente construida, presenta regularidades Buenas; 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 21 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.

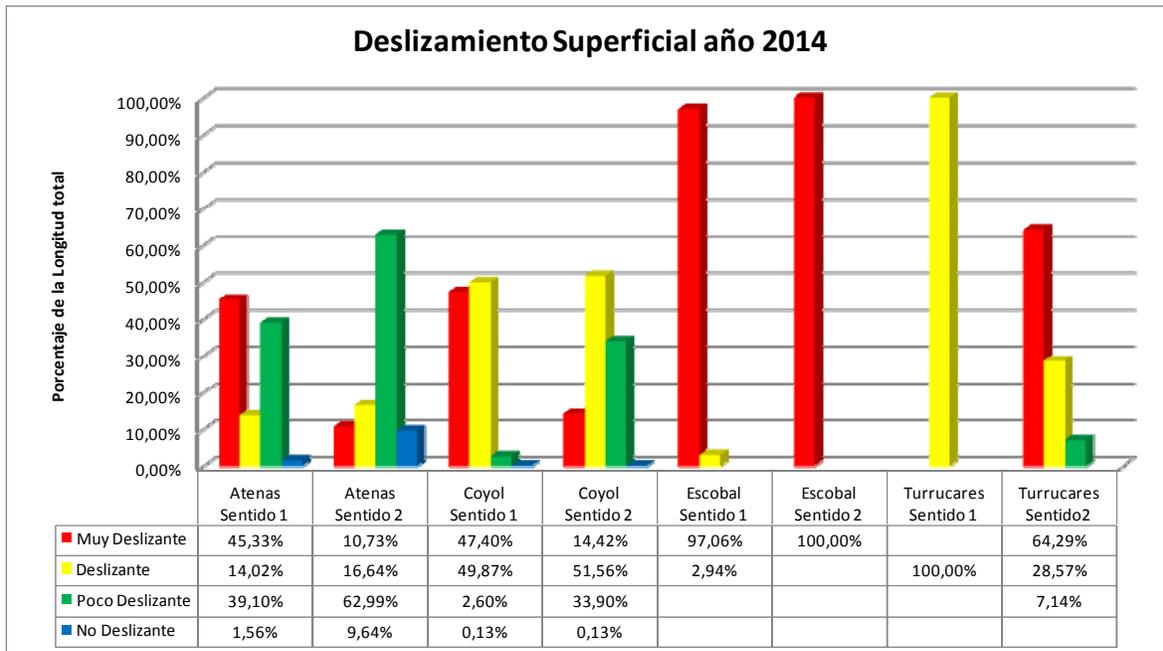


Figura 21 Resultados obtenidos con el Medidor de Agarre superficial, para las radiales de la Ruta 27, en porcentajes para cada rango.

Un gran porcentaje de la longitud en la mayoría de las radiales se encuentra entre los rangos Muy Deslizante y Deslizante, lo cual no es una condición que favorezca a la ruta desde el punto de vista de seguridad vial, puesto que aumenta la posibilidad de la ocurrencia de accidentes por la baja fricción entre la llanta de vehículo y la superficie de ruedo. Destaca el caso de la radial a Escobal, puesto que presenta niveles muy deslizantes en casi toda su longitud.

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

El sentido de evaluación de las radiales se definen a partir de su intersección con la Ruta Nacional 27.

Tabla 12 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	Regular	Desliz	R2	Rehab. Mayor
		0+900 a 1+650	Muy Alto	Regular	Desliz	R2	Rehab. Mayor
		1+700 a 2+300	Muy Alto	Bajo	Desliz	R1	Rehab. Mayor
		2+350 a 3+100	Muy Alto	Bajo	Desliz	R1	Rehab. Mayor
		3+150 a 3+650	Muy Alto	Regular	Desliz	R2	Rehab. Mayor
		3+700 a 4+000	Muy Alto	Regular	Muy Desliz	R2	Rehab. Mayor
	Venida	0+000 a 0+250	Muy Alto	Bajo	Desliz	R1	Rehab. Mayor
		0+300 a 0+500	Muy Alto	Bajo	Poco desliz	R1	Rehab. Mayor
		0+550 a 1+100	Muy Alto	Regular	Desliz	R2	Rehab. Mayor
		1+150 a 1+900	Muy Alto	Bajo	Desliz	R1	Rehab. Mayor
		1+950 a 2+500	Muy Alto	Regular	Desliz	R2	Rehab. Mayor
		2+550 a 3+200	Muy Alto	Bajo	Desliz	R1	Rehab. Mayor
		3+250 a 4+000	Muy Alto	Regular	Desliz	R2	Rehab. Mayor
Turrucares	Ida	0+000 a 0+150	Bajo	Alta	Desliz	Q4	CHS1 (TS1)
		0+200 a 0+250	Muy Alto	Regular	Desliz	R2	Rehab. Mayor
	Venida	0+000 a 0+100	Bajo	Regular	Muy Desliz	Q2	TS2, TS3
		0+150 a 0+250	Muy Alto	Alta	Desliz	R3	Reconstrucción
Atenas	Ida	0+000 a 1+250	Muy Alto	Regular	Desliz	R2	Rehab. Mayor
		1+300 a 2+000	Muy Alto	Regular	Desliz	R2	Rehab. Mayor
		2+050 a 3+270	Muy Alto	Regular	Poco desliz	R2	Rehab. Mayor
	Venida	0+000 a 0+750	Muy Alto	Regular	Desliz	R2	Rehab. Mayor
		0+800 a 1+050	Moderado	Bajo	Poco desliz	Q3	Rehab. Menor
		1+100 a 1+900	Muy Alto	Regular	Poco desliz	R2	Rehab. Mayor
		1+950 a 2+850	Muy Alto	Regular	Poco desliz	R2	Rehab. Mayor
2+900 a 3+250	Muy Alto	Regular	Desliz	R2	Rehab. Mayor		
Escobal	Ida	0+000 a 0+050	Bajo	Malo	Muy desliz	Q4	CHS1 (TS1)
		0+100 a 0+150	Alto	Regular	Muy desliz	Q8	Rehab. Mayor
		0+200 a 0+320	Bajo	Regular	Muy desliz	Q2	TS2, TS3
	Venida	0+000 a 0+150	Bajo	Regular	Muy desliz	Q2	TS2, TS3
		0+200 a 0+300	Bajo	Regular	Muy desliz	Q2	TS2, TS3

La mayor parte de tramos en que quedaron divididas las radiales, presentan notas que las hacen candidatas a labores de rehabilitación mayor; esto porque a pesar de contar con niveles de regular 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 22 se muestra los resultados para la evaluación de la condición superficial de las radiales.

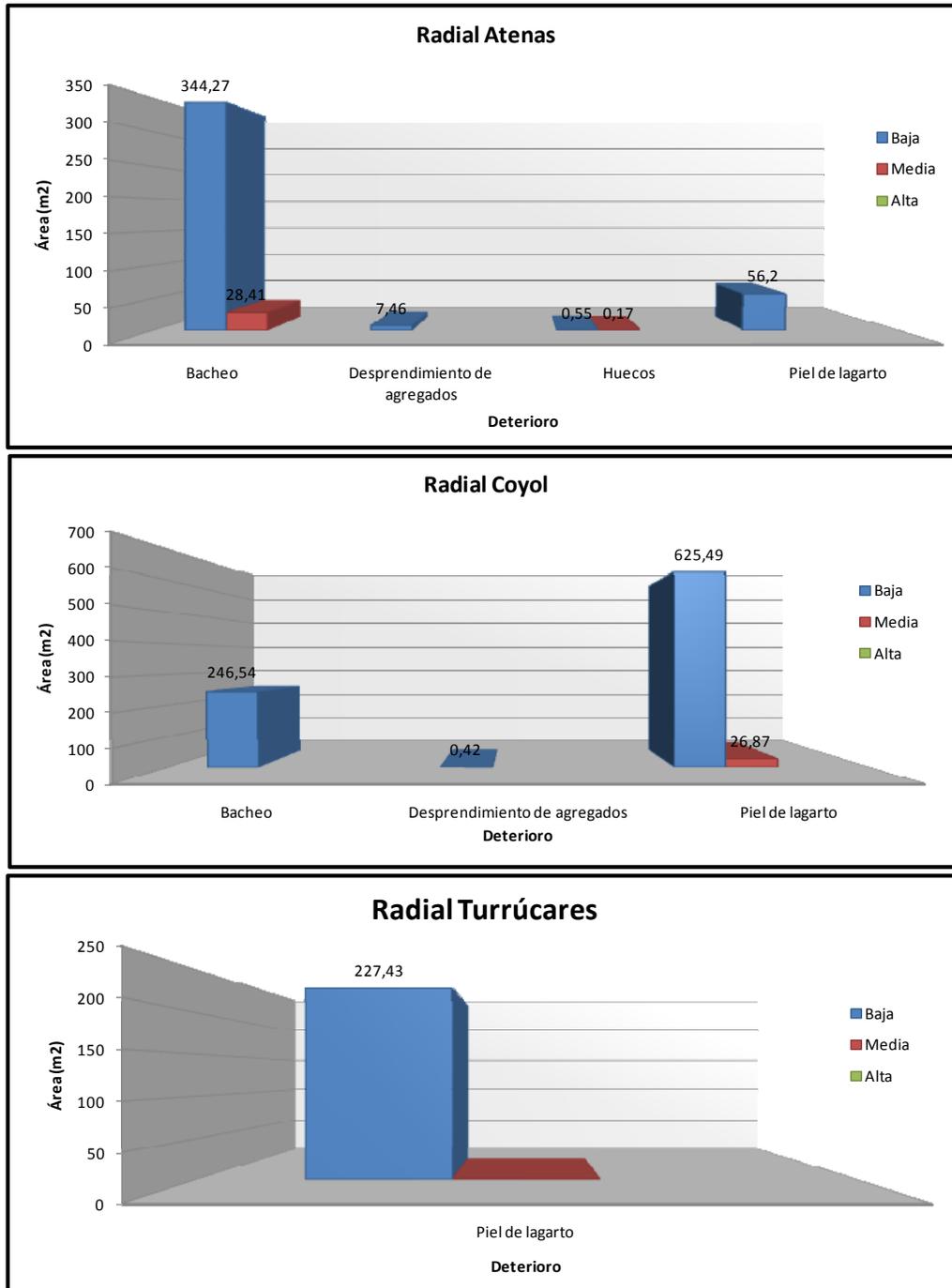


Figura 22 Condición superficial en Radiales

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

4.7 Comparación de la condición de las radiales, campañas de evaluación 2013 y 2014

Es importante recalcar que, exceptuando la Radial a Escobal, en la campaña de evaluación del año 2013 las demás radiales mostraron resultados de regulares a malos para los parámetros de Deflectometría y Regularidad Superficial. Se formularon, a partir de las Notas Q obtenidas, las estrategias de intervención para devolver a estos tramos de un nivel de servicio adecuado para los usuarios. Sin embargo, con base en los resultados obtenidos en la presente campaña de evaluación, estas recomendaciones no se siguieron, ya que las rutas exhiben resultados ligeramente peores: incluso la citada Radial a Escobal muestra señales claras de deterioro acelerado, al tener valores más altos tanto en deflexiones, como en regularidad superficial.

Sin embargo, el parámetro más preocupante es el relacionado con la seguridad vial: sin excepción, todas las radiales muestran valores menores de agarre superficial cuando se comparan con los obtenidos en el año 2013, lo cual aumenta la probabilidad de accidentes en condiciones lluviosas o de bajas temperaturas. Al realizar un “recorrido virtual” con las imágenes obtenidas con el Equipo de Auscultación Visual, la causa resulta clara: la mayor parte de las radiales presenta suciedad sobre su superficie, lo cual reduce drásticamente el nivel de agarre que puede brindar y la falta de mantenimiento correctivo para esta condición.

4.7a. Evaluación con el deflectómetro de impacto

En la Figura 23 se observa que en las radiales a Atenas y El Coyol hay una leve disminución en la presencia de deflexiones Altas y Muy Altas, lo que evidencia el debilitamiento en la estructura disminuyendo su capacidad de soportar adecuadamente el paso de las cargas vehiculares, lo que las hace propensas a mostrar un acelerado deterioro del pavimento.

Para el caso de la radial a Escobal sentido 1, presenta una variación muy importante en el soporte estructural, puesto que pasó de tener un 100% de deflexiones Bajas (buen soporte) en el 2013 a un 10% para el año 2014 con un 60% de deflexiones Moderadas y un 30% Altas. Mientras que en el sentido dos todo el tramo bajó de Alta a Moderada,

siendo esta la radial que presenta un cambio de condición más drástico, aunque sin la presencia de deterioro superficial en el momento en que se realizó la inspección visual.

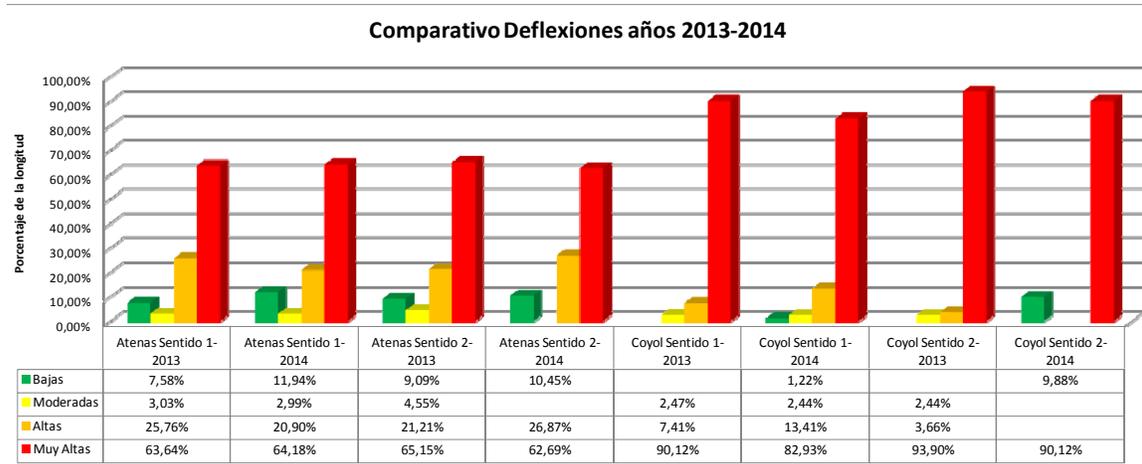


Figura 23 Comparativo Deflexiones de Radiales años 2013-2014

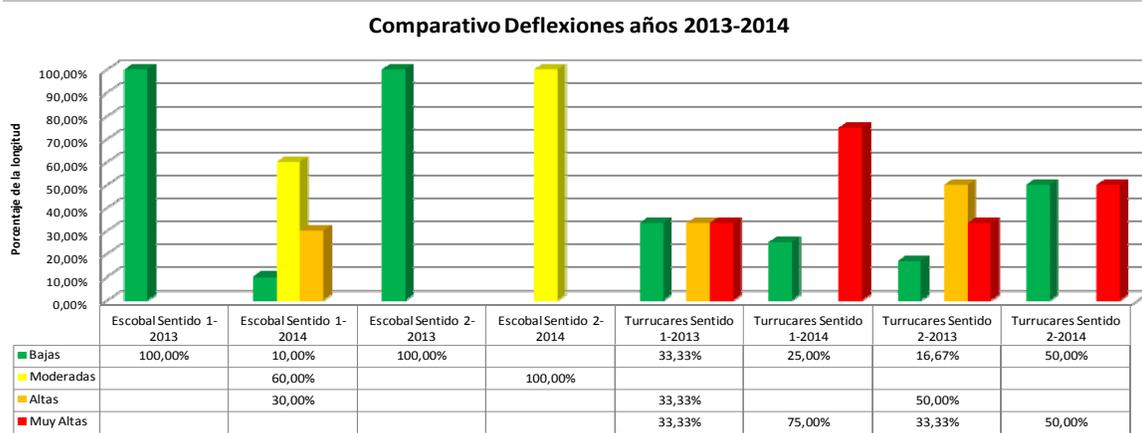


Figura 23 Comparativo Deflexiones de Radiales años 2013-2014 (continuación)

4.7b. Evaluación con el perfilómetro láser superficial

En la Figura 24 se puede notar la pérdida de capacidad funcional de un año a otro.

En el caso de la Radial a Escobal se mantiene un comportamiento similar al del año anterior con porcentajes de Buena y Regular muy similares, lo que se ve reflejado en las Notas Q (sección 4.5)

Comparación IRI 2013-2014

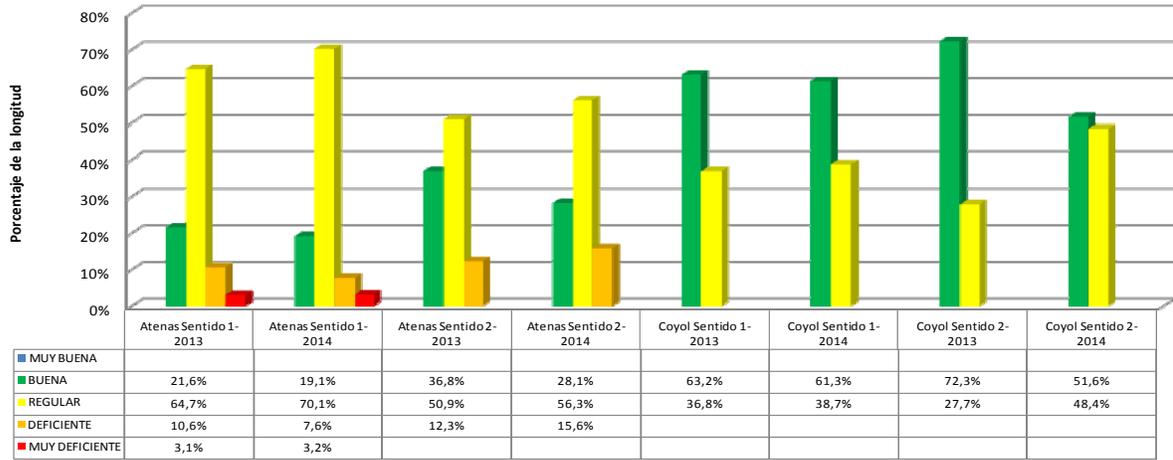


Figura 24 Comparativo Regularidad Superficial de Radiales años 2013-2014

Comparación IRI 2013-2014

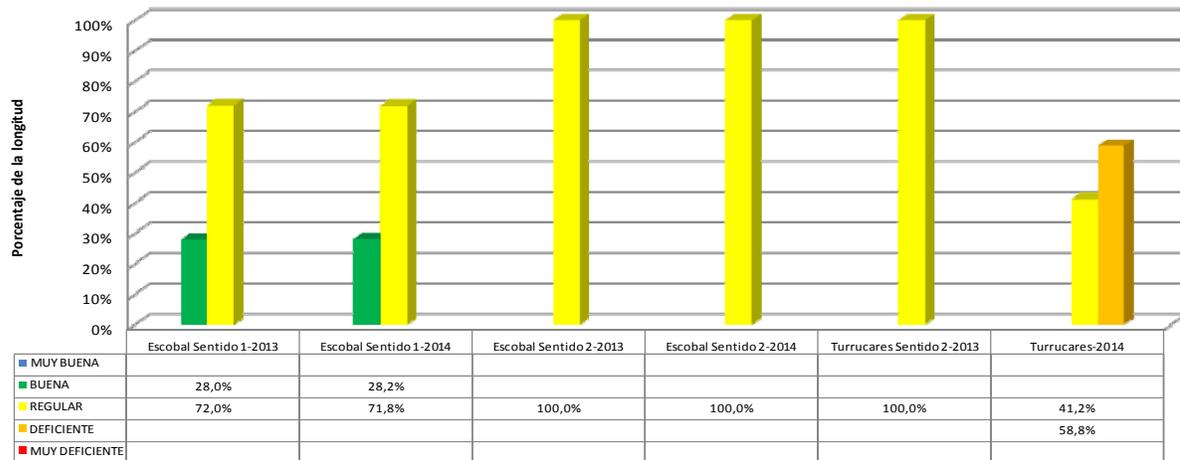


Figura 24 Comparativo Regularidad Superficial de Radiales años 2013-2014 (continuación)

4.7c. Evaluación con el medidor del coeficiente de rozamiento superficial.

Este coeficiente permite conocer la condición en que se encuentra la ruta desde el punto de vista de seguridad vial, específicamente a la posibilidad de que ocurra un accidente por falta de fricción entre la superficie de rueda y la llanta del vehículo. Se puede notar que hubo un gran incremento del deterioro de esta condición en la evaluación de este año respecto a la del año anterior, ya que en todos los casos la condición de Poco o No Deslizante disminuyó considerablemente (Figura 25).

Comparación GRIP años 2013-2014

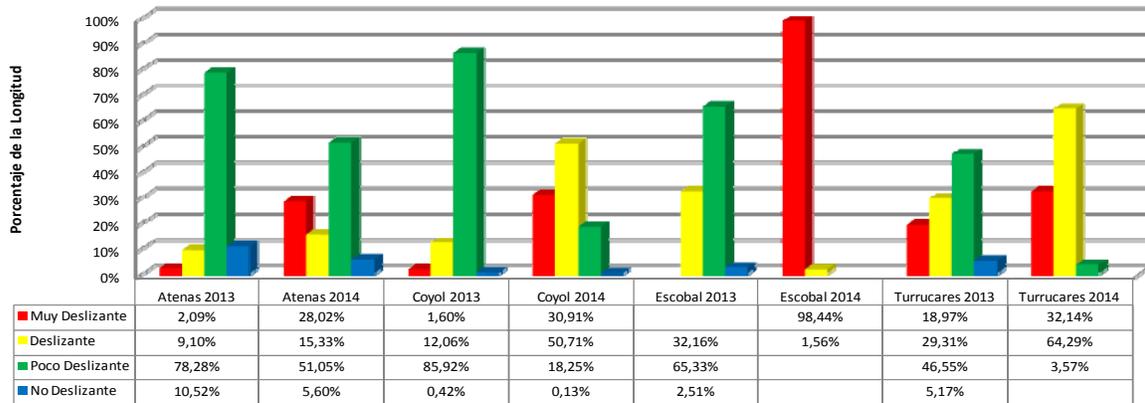


Figura 25 Comparativo Coeficiente de Rozamiento Superficial años 2013-2014

4.7d. Evaluación visual de Deterioro Superficial.

De las cuatro radiales analizadas, solamente tres de ellas presentan deterioro superficial. Dos de ellas (Atenas y Coyol) ya presentaban deterioro en la campaña de evaluación anterior, mostrando para la evaluación del 2014 un incremento en el área afectada con deterioro superficial, principalmente Bacheo y Piel de Lagarto. En la Radial a Turrucare se detectó la presencia del deterioro Piel de Lagarto evidenciando posibles problemas en la estructura del pavimento (reflejado en los análisis de las Notas Q, hecho en la sección 4.5).

En la Figura 26 se muestra la distribución de deterioro por Radial y año de evaluación.

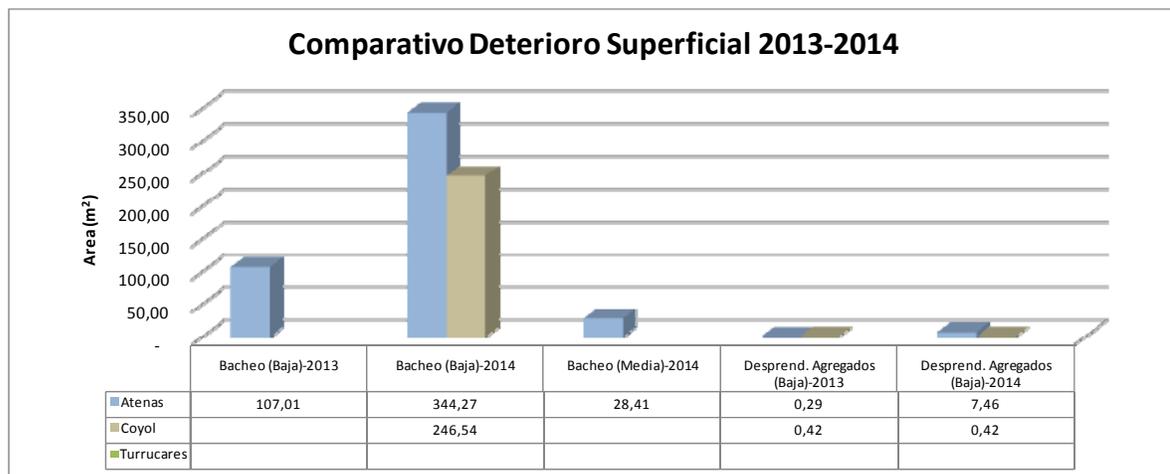


Figura 26 Comparativo Deterioro superficial años 2013-2014

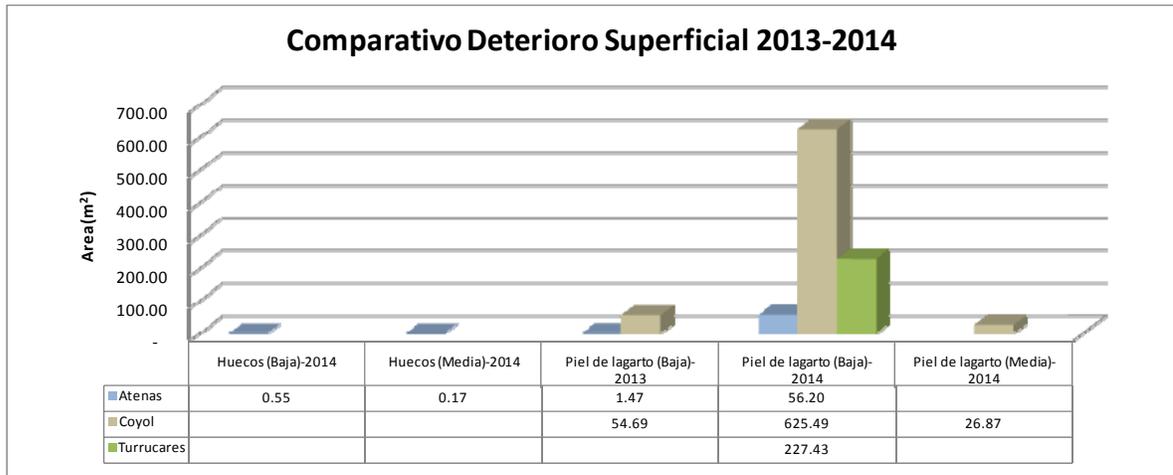


Figura 26 Comparativo Deterioro superficial años 2013-2014 (continuación)

5. MODELOS DE DETERIORO

Los modelos de deterioro son una herramienta que, dentro del marco de la administración de pavimentos, permite predecir el deterioro que éstos puedan sufrir a lo largo de su vida útil; para este fin se pueden usar varios tipos de modelos, los cuales corresponden generalmente a modelos matemáticos que permiten predecir la evolución del estado del pavimento en el tiempo.

Los modelos de deterioro pueden surgir a partir de desarrollos empíricos, los cuales se originan en bases de datos reales de pavimentos existentes, donde se registra gran cantidad de información relacionada con diseño, información general, datos de tránsito, entre otros. Una vez que se seleccionan las variables más relevantes, se realiza un análisis estadístico que permite generar el modelo para predecir el comportamiento futuro del pavimento. Otro tipo de modelo que se usa es el mecanicista, el cual no sólo se basa en datos de pavimentos existentes, sino que además hace uso de características del comportamiento de las diversas capas y materiales que conforman el pavimento, específicamente en las propiedades físicas y mecánicas de la subbase, la base granular o estabilizada y el pavimento propiamente.

5.1 Técnicas para desarrollar modelos.

Se puede hacer uso de muchas técnicas para el desarrollo de estos modelos. Entre las principales están: extrapolación lineal, regresión (empírico), mecanicista-empírico, distribución probabilística y markoviano. La precisión que tenga cada modelo está en función del uso que se le dé a los resultados, puesto que el análisis a nivel de proyecto requiere de mayor precisión que un análisis a nivel de red.

A continuación se describe brevemente las principales técnicas para el desarrollo de modelos.

5.1a. *Extrapolación Lineal.*

Es el método más simple para hacer la predicción, basándose en la extrapolación lineal tomando como base los dos últimos puntos de la condición de un pavimento. Este método puede usarse para una sección sin la posibilidad de usarlo en secciones diferentes a la que se utilizó para generar el modelo.

Las principales características de este modelo son:

- Es aplicable sólo a secciones individuales y no puede usarse en otras secciones.
- Se requiere al menos una medición de la condición del pavimento además de la realizada al final de la etapa de construcción (Figura 27)
- Asume que las cargas de tránsito, mantenimiento y tasas de deterioro se mantienen en el tiempo, por lo tanto, no es precisa para periodos largos.

- No es aplicable predecir tasas de deterioro de pavimentos recién construidos o que hayan sufrido recientemente una rehabilitación mayor.
- Para una sección de pavimento específica, los factores de suelo de fundación, clima, estructura de pavimento y tránsito están considerados explícitamente en este análisis.

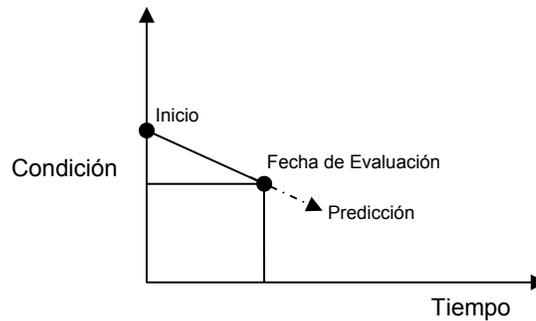


Figura 27 Extrapolación Lineal

5.1b. Regresión

Se utiliza para establecer una relación empírica entre dos o más variables. Cada variable es descrita en términos de su media y su variación.

Se pueden utilizar distintas formas de regresión, tales como:

- Regresión Lineal entre dos variables que se describe en la siguiente ecuación:

$$Y_i = a + bX_i + error$$

- Regresión lineal múltiple, en este caso se asume que la variable dependiente es una función lineal de las variables independientes, se describe de la siguiente manera:

$$Y = a + b_1 * X_1 + b_2 * X_2 + \dots + error$$

- Regresión no lineal que se utiliza cuando la relación entre la variable dependiente y la independiente es no lineal. Una relación no lineal puede ser analizada como un modelo lineal, transformando la variable dependiente.

5.1c. Mecanicista - empírico

Los modelos mecanicistas puros se utilizan para calcular la respuesta de un pavimento: tensiones, deformaciones unitarias, y deflexiones. Este tipo de modelos no pueden clasificar como modelos de predicción de pavimentos, pero las tensiones y deformaciones que se obtienen con este modelo pueden usarse como parámetros de entrada de modelos empíricos de regresión lineal.

5.1d. Distribución de probabilidad.

La condición de un pavimento, como PCI, IRI, etc. puede ser tratada como una variable aleatoria con una probabilidad asociada a sus valores. Una distribución de probabilidades describe la probabilidad asociada con todos los valores de la variable aleatoria. Por ejemplo: si la variable aleatoria es PCI, entonces la distribución de probabilidad puede ser descrita como la función de distribución acumulada. En la Figura 28, el eje vertical es la probabilidad de que el PCI sea igual o menor que un determinado valor de PCI. Además presenta distribuciones acumuladas en diferentes puntos de la vida del pavimento, por lo que esta figura podría presentarse como la probabilidad en el tiempo de obtener un valor de PCI determinado, lo que se conoce como curvas de supervivencia.

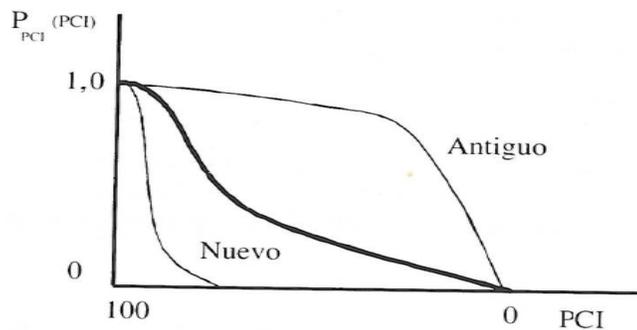


Figura 28 Distribución de probabilidades (Solminihac, 1998).

5.1e. Markoviano

Esta técnica se basa en determinar la probabilidad asociada con una sección de pavimento en un determinado estado de condición, ya sea que se mantienen en ese determinado estado o que se deteriora para pasar al siguiente estado, después de un determinado ciclo. Un ciclo puede describirse como el efecto de un año de las solicitaciones de clima y tránsito. Un vector de estado indica la probabilidad de una sección de pavimento de estar en cada estado en un determinado ciclo.

5.2 Aplicación de Modelo de Deterioro

En el informe de investigación LM-PI-UMP-010-R1 desarrollado por la Unidad de Materiales y Pavimentos del LanammeUCR, el cual se orientó principalmente en determinar la relación entre los parámetros subjetivos (percepción humana) de serviciabilidad de un pavimento y los parámetros objetivos (IRI) para Costa Rica, utilizando la metodología aplicada por el AASHTO.

Considerado que el modelo se desarrolló para valores de IRI de 1 a 9 m/km y utilizando la zona de tendencia lineal es que se define el rango de aplicación, según lo establecido en la Tabla 13. Por lo tanto, utilizar las ecuaciones para valores de IRI mayores a 10 no es aconsejable ya que las ecuaciones se indefinen a partir de este punto.

Tabla 13. Rango de aplicación del Modelo para el cálculo del PSI Costa Rica

Modelo	Rango de Aplicación (Valores de IRI)
1. $PSI_{CR} = 0,015 * IRI^2 - 0,470 * IRI + 4,989$	0 - 10

Para el análisis de curvas de deterioro en la Ruta Nacional 27, se utilizó los valores del IRI medidos a partir del año 2011 en ambos sentidos de la vía con una frecuencia de cada 100 m, sin considerar las singularidades de la carretera que puedan alterar el valor del IRI.

Se segmentó la ruta en cuatro secciones homogéneas estructuralmente, según información proporcionada por el concesionario, los cuales se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14 Secciones de control

Tramo	Estacionamiento
1	00+000 - 03+605
2	03+605 - 14+025
3	14+025 - 51+720
4	51+720 - 76+310

5.3 Metodología de Modelos de Deterioro

Para el desarrollo de los modelos de deterioro se recopilieron datos de IRI de los tramos a lo largo del proyecto para procesarlos haciendo un análisis estadístico.

El PSI asociado a cada valor de IRI se obtiene usando la fórmula indicada en la Tabla 13, permitiendo posteriormente generar las curvas de deterioro para cada tramo.

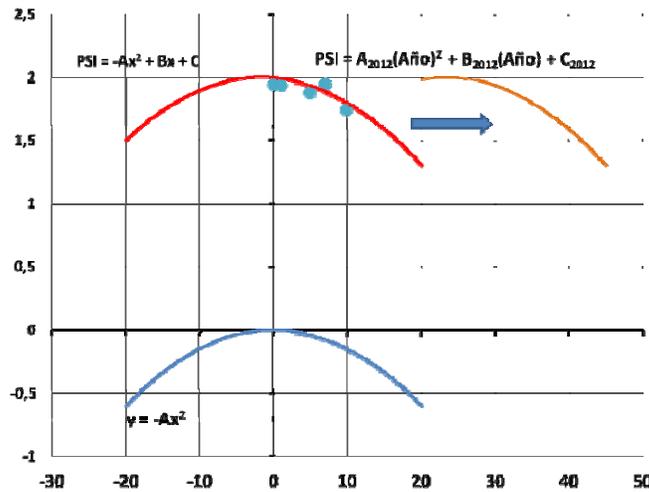


Figura 29. Gráfica de una ecuación cuadrática

Se puede apreciar en la Figura 29 dos tipos de ecuaciones polinomiales de tipo cuadrática, donde el punto máximo de la gráfica es el valor de PSI inicial del pavimento, antes de las evaluaciones sufriendo un descenso con el tiempo, esto partiendo del supuesto que no se ha realizado algún mantenimiento o mejora.

La parte creciente no se toma en cuenta, ya que se considera que la ecuación modela el deterioro de la sección a partir del valor máximo de PSI.

También en algunos casos se da un desplazamiento de la curva de deterioro en el eje horizontal (tiempo en años), esto con tal de proyectar el comportamiento a futuro, tal como se muestra en la figura anterior representada con la curva naranja.

La ecuación que describe la gráfica está definida de la siguiente manera:

$$AX^2 + BX + C$$

Donde los coeficientes “A”, “B” y “C” se obtienen de la gráfica trazada por los datos de PSI, que presenten decrecimiento, de la Figura 29.

A continuación se muestra un ejemplo de una gráfica obtenida a partir de los datos de PSI decrecientes:

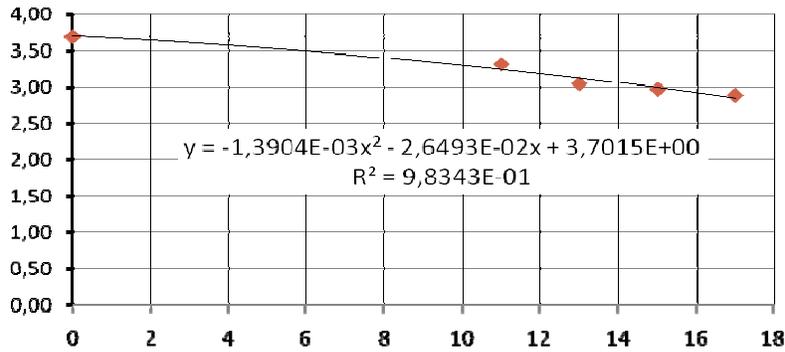


Figura 30. Gráfico ejemplo, obtenido de datos de PSI

En la Figura 31 se muestra como una ecuación cuadrática característica de un tramo evaluado permite proyectar la condición funcional de una sección en años posteriores (curva verde).

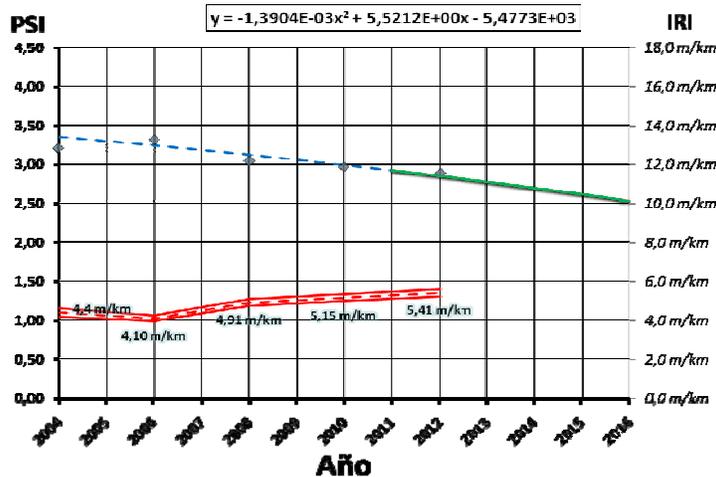


Figura 31. Gráfica ejemplo PSI vs Año y IRI vs Año

El R^2 obtenido de la gráfica de la Figura 30, no es el más acertado ni se ajusta a este modelo, por lo que se utilizó un coeficiente de determinación ajustado, definido de la siguiente forma:

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

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

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

Y SST es la suma total de los cuadrados corregida, esta representa la variación en los valores de respuesta que idealmente serían explicados en el modelo, como:

$$SST = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \sum_{i=1}^n 2y_i\bar{y}_i + n \sum_{i=1}^n \bar{y}_i$$

Los valores teóricos obtenidos del análisis están representados por \hat{y}_i y los valores reales, los de la base de datos de las evaluaciones, están representados por y_i y n el numero de datos usados para determinar la envolvente de la curva de deterioro.

Luego de obtener el análisis completo del tramo analizado, se procede a realizar una ficha representativa donde se muestran los elementos más importantes y destacados, en la sección 5.4 se muestra un ejemplo de la forma en que se presenta la información.

5.4 Análisis de Resultados

Para el caso de Costa Rica, se desarrolló un modelo determinístico, que permite predecir el deterioro del pavimento en el tiempo.

La importancia de un modelo de deterioro radica en la posibilidad de proyectar la condición de una sección en el tiempo y de esta forma poder planificar de manera más eficiente las actividades de intervención y la inversión a realizar.

En este caso se desarrollaron 8 modelos de deterioro basados en la variable IRI para calcular el indicador de serviciabilidad presente por medio del Índice de Serviciabilidad o PSI por sus siglas en inglés.

Los modelos se utilizaron para proyectar un valor de PSI igual a 3 siendo este momento en el que el pavimento requiere de una rehabilitación mayor para llevarlo a su condición inicial, es decir un valor de PSI que puede oscilar entre 4.5 a 5

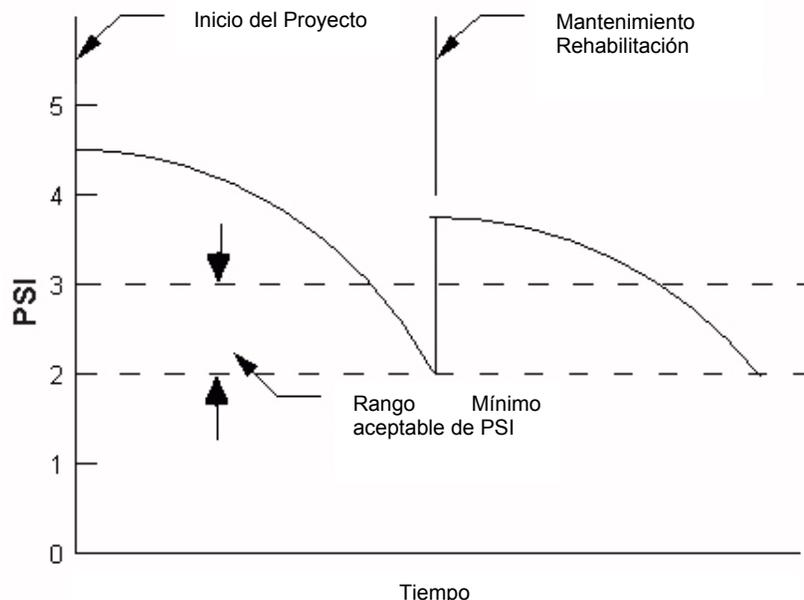


Figura 32 Concepto de PSI con rangos de aceptación

A continuación se presenta el modelo de deterioro que representa los principales tramos.

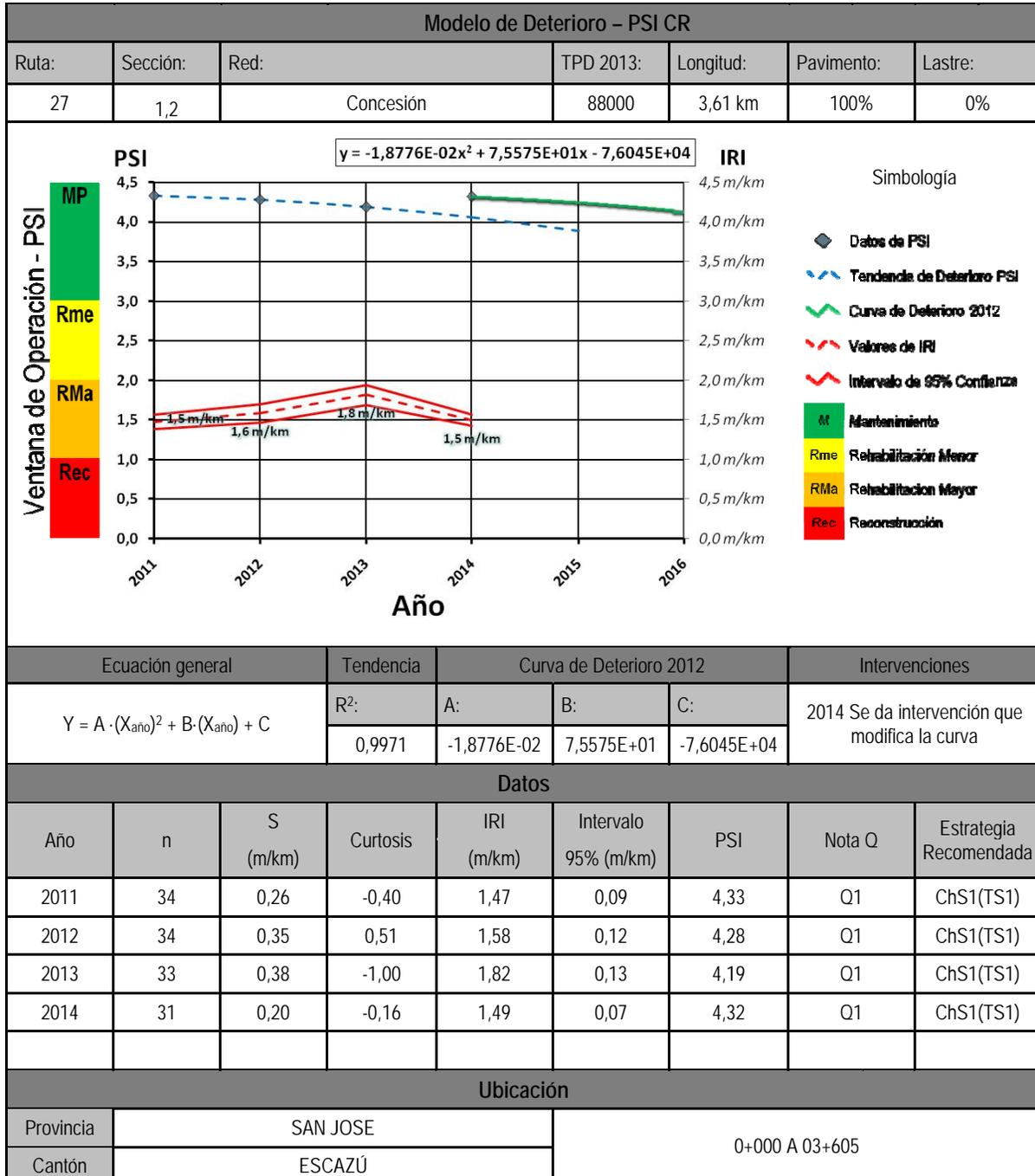


Figura 33 Modelo De Deterioro tramo 1, sentido Caldera - San José.

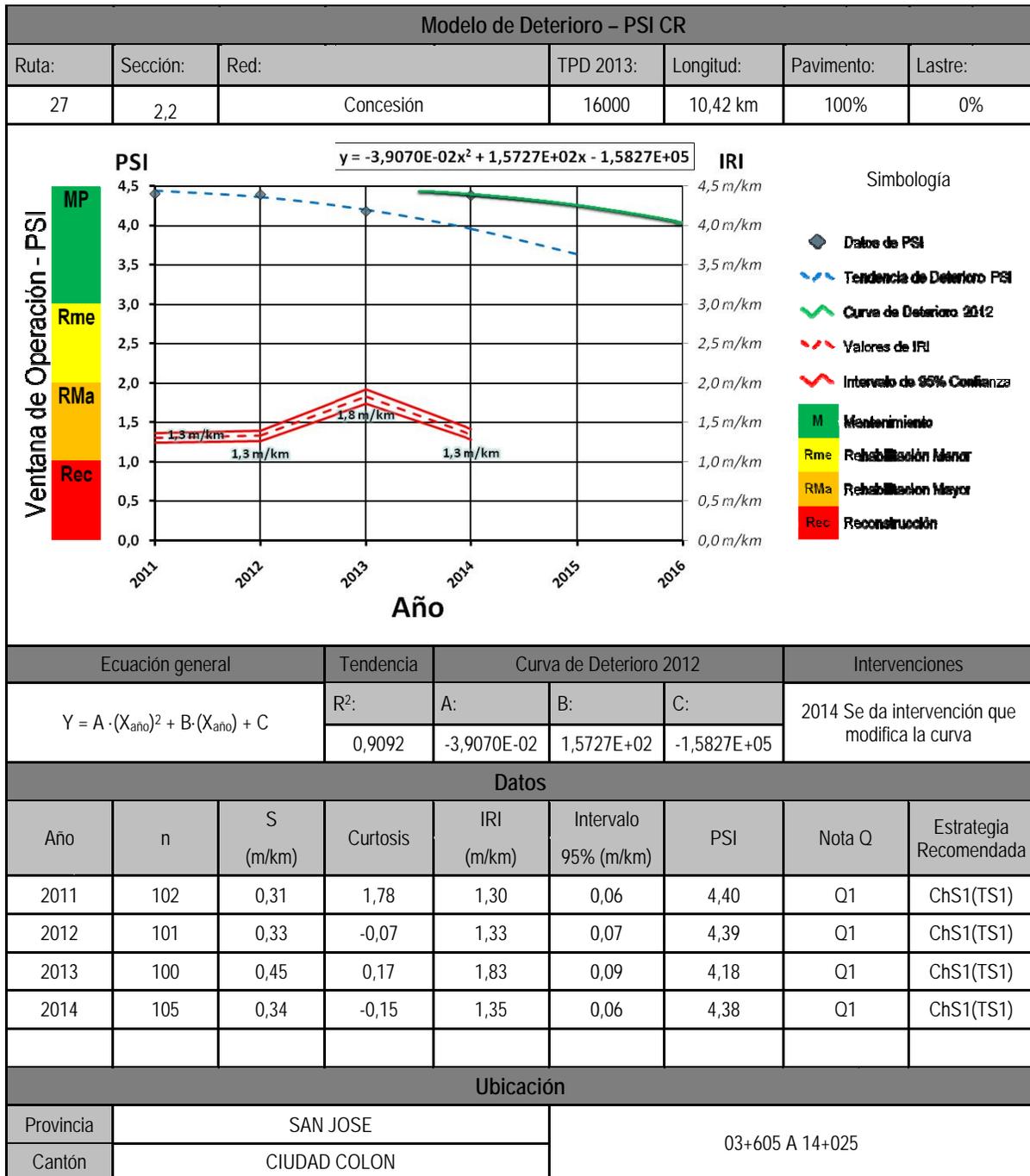


Figura 34 Modelo De Deterioro tramo 2, sentido Caldera - San José.

Como se indicó anteriormente, a partir de estos modelos se puede predecir el momento en el tiempo en el que la percepción del usuario y la condición del pavimento ha llegado al punto de necesitar una rehabilitación mayor en cada tramo.

En la Tabla 15 se muestra un cuadro resumen donde se indica el año en el que cada tramo llegará a tener esa condición.

Tabla 15 Año en el que el PSI es igual a 3

Tramo	SENTIDO	LONGITUD (km)	UBICACIÓN	TPD 2012	Nota Q 2014	Estrategia 2014	PSI 2014	PSI=3	Años
1	San José - Caldera	3.61	0+000 A 03+605	88000	Q2	Mantenimiento Preservacion	4.25	2028	14
2	San José - Caldera	10.42	03+605 A 14+025	16000	Q1	Mantenimiento Preservacion	4.34	2031	17
3	San José - Caldera	37.70	14+025 A 51+720	3000	Q2	Mantenimiento Preservacion	4.23	2029	15
4	San José - Caldera	24.91	51+720 A 76+310	15300	Q2	Mantenimiento Preservacion	4.23	2030	16
1	Caldera - San José	3.61	0+000 A 03+605	88000	Q1	Mantenimiento Preservacion	4.32	2021	7
2	Caldera - San José	10.42	03+605 A 14+025	16000	Q1	Mantenimiento Preservacion	4.38	2019	5
3	Caldera - San José	37.70	14+025 A 51+720	3000	Q2	Mantenimiento Preservacion	4.26	2026	12
4	Caldera - San José	24.91	51+720 A 76+310	15300	Q2	Mantenimiento Preservacion	4.18	2041	27

En la tabla anterior se puede observar que dos de los tramos existentes tendrán un valor de PSI igual a 3 en un periodo entre 5 y 7 años. En este momento la calidad del ruedo del pavimento podría ser significativamente menor a los estándares mínimos aceptables en proyectos de concesión de obra pública. La longitud de estos tramos ronda los 14.03 km o bien un 19% de la longitud del proyecto y esta condición se alcanzaría de forma muy acelerada con tan solo un 47% del plazo total de la concesión proyectada a finalizar en el año 2033.

Tal como se amplía en las conclusiones de este informe, las proyecciones realizadas y los modelos calculados corresponden a una herramienta de gestión importante para la Administración y de suma utilidad para evaluar las labores de mantenimiento programadas por el concesionario.

6. Estado de conservación de los puentes mayores de la Ruta Nacional 27

La Ruta Nacional 27 presenta 5 puentes mayores, evaluados por el LanammeUCR y cuyos informes de resultados se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16 Informes emitidos por la UP del PITRA - LanammeUCR con respecto a los puentes mayores de la Ruta 27

TÍTULO DEL INFORME	INFORME	FECHA
Inspección del puente sobre el río Virilla	LM-PI-UP-PC08-2011	27/10/2011
Inspección del puente sobre el río Ciruelas	LM-PI-UP-PC01-2012	17/01/2012
Inspección del puente sobre el río Grande	LM-PI-UP-PC10-2013	26/11/2013
Inspección del puente sobre el río Concepción	LM-PI-UP-PC03-2012	07/01/2012
Inspección del puente sobre la quebrada Salitral	LM-PI-UP-PC05-2013	29/04/2013

Estos informes de fiscalización y evaluación son un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes (UP) del PITRA – LanammeUCR para evaluar la



condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional Concesionada, en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la ley 8114. Se presenta una imagen en el tiempo del estado real del puente, y se dan recomendaciones generales de mejoras, mantenimiento y reparación de la estructura principal y de los elementos conexos, con base en inspecciones detalladas realizadas en el sitio.

Se entiende por inspección estructural el reconocimiento de todos los elementos estructurales y no estructurales del puente a los cuales se tiene acceso por parte de un ingeniero calificado, con el fin de evaluar el estado de deterioro al día de la inspección. Se utiliza como referencia el *Manual de Inspección de Puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT)*. En el caso que se quisiera verificar la capacidad estructural o hidráulica de la obra, o bien la capacidad soportante del suelo, se recomienda complementar dicha inspección con ensayos no destructivos, análisis hidrológico e hidráulico y un estudio geotécnico detallado.

Para cada uno de los puentes presentados en la Tabla 16, se presenta a continuación un resumen de los resultados obtenidos. Debido a que estos informes presentan de 2 a 4 años de la fecha en que fueron publicados, el pasado 12 de enero del presente año se realizó una gira de comprobación, para actualizar los hallazgos de cada uno de dichos informes.

6.1 Estado de conservación y resumen de los daños principales

6.1a. Puente sobre el Río Virilla, est. 16+300 (Informe LM-PI-UP-PC08- 2011)

El estado de conservación del puente fue considerado como regular debido a los agujeros y agrietamiento observados en la losa de concreto y a problemas que presenta la junta de expansión sobre el bastión del acceso noroeste (lado de San José). Adicionalmente, se observó acumulación de sedimentos y agua filtrada alrededor de los apoyos, así como inicios de oxidación en las superficies metálicas de los mismos.

Con base en la visita realizada en enero, se evidencia:

1. La junta de expansión sobre el bastión del acceso noroeste fue sustituida en la longitud en que se encontraba dañada por una junta de otro tipo cuyo estado visual es aceptable.
2. Los agujeros y agrietamientos observados en la losa de concreto no han sido reparados. La superficie inferior de la losa de concreto en el lado del bastión sureste evidencia filtración de agua a través de los agujeros en la losa dejados en la etapa constructiva o por extracción de núcleos y que luego fueron rellenados (Figura 35). Además, se observó acero de refuerzo expuesto en la superficie superior de la losa de concreto y con evidencia de recubrimiento insuficiente (Figura 36). También se observó desgaste de la superficie superior de las juntas constructivas, lo cual con el tiempo puede inducir daño progresivo (Figura 37).



Figura 35: Estado de la superficie inferior de la losa de concreto.



Figura 36 Acero de refuerzo expuesto en la losa de concreto y con recubrimiento insuficiente.

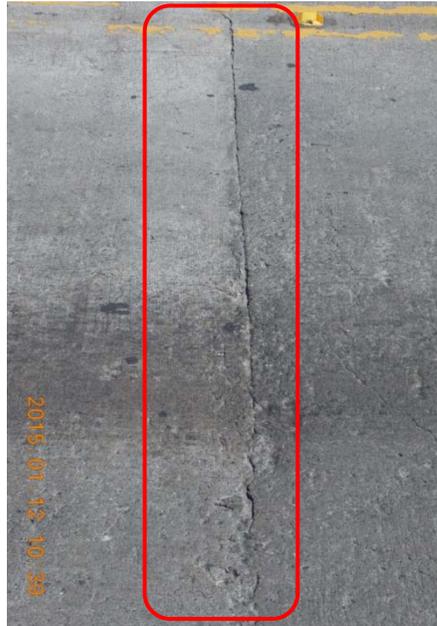


Figura 37: Desgaste de la superficie superior de juntas constructivas.

3. Los apoyos del lado del bastión sureste evidencian falta de mantenimiento, acumulación de sedimentos e indicios de corrosión en los pernos de anclaje así como deterioro del sistema de protección de pintura (Figura 38). En el caso de los apoyos del bastión noroeste, existe una tubería que vierte agua directamente sobre el mismo, esto a pesar de que el día de la visita no llovió. Debido a esto, uno de los bastiones se encuentra parcialmente cubierto de agua, mientras que el otro presenta gran cantidad de sedimentación que prácticamente cubre dicha obra (Figura 39).



Figura 38: Corrosión y deterioro del sistema de protección de los apoyos en el bastión sureste. Izquierda: apoyo norte; derecha: apoyo sur.

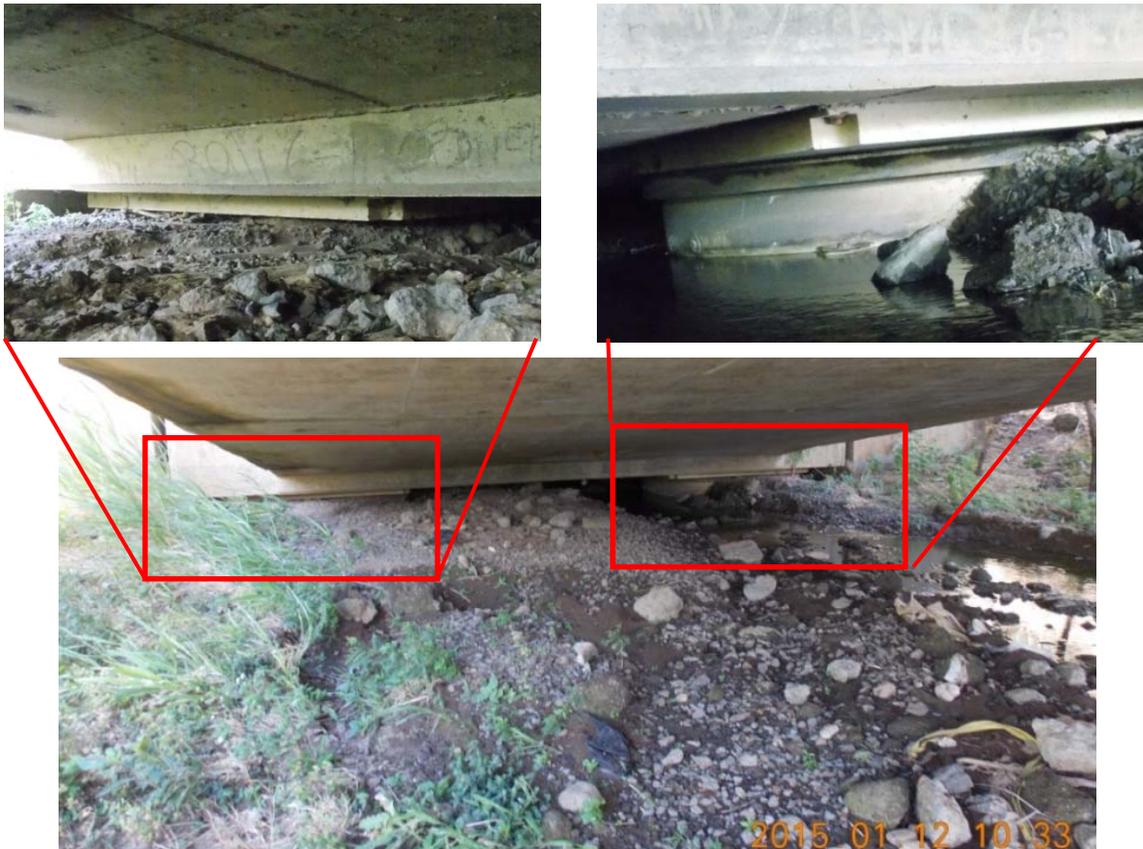


Figura 39: Acumulación de sedimento en los apoyos del bastión noroeste. Izquierda: apoyo sur; derecha: apoyo norte.

6.1b. *Puente sobre el Río Ciruelas, est. 21+800 (Informe LM-PI-UP-PC01-2012)*

El estado de conservación del puente fue considerado como *regular* debido a la corrosión en algunos sectores de las vigas, los daños en las juntas de expansión y los amortiguadores y la erosión del suelo de los taludes junto a los bastiones en ambos accesos. Con respecto a los amortiguadores, se encontró que tres de los amortiguadores entre cada viga principal y el bastión habían perdido su caja de protección, todos tenían sus protectores de hule rotos, dos habían perdido los reservorios que tenían adosados y tres mostraban oxidación, tanto en su cuerpo principal como en sus conexiones con las vigas y el bastión.

Con base en la visita realizada en enero del presente año:

1. Ambas juntas de expansión fueron sustituidas en la longitud en que se encontraban dañadas. Sin embargo, las nuevas juntas presentan pérdida de parte de los sellos de protección de los pernos de anclaje, y éstos a su vez evidencian en algunos casos pérdida de las tuercas de fijación, lo cual puede inducir daño progresivo (Figura 40).



Figura 40: Izquierda, pérdida del sello de protección de los pernos, así como de algunas tuercas de fijación en ambas juntas. Derecha, detalle.

2. El material erosionado y acumulado en los taludes junto a los bastiones fue eliminado. Sin embargo, no se observó evidencia de cambios o trabajos en los taludes con el objetivo de prevenir que de nuevo se presente este daño.
3. Las vigas principales muestran acumulación de sedimentos en las zonas de los apoyos, así como niveles de corrosión anormales para el tipo de acero utilizado (Figura 41).
4. Los apoyos móviles de ambos bastiones evidenciaban falta de mantenimiento, acumulación de sedimentos e indicios de corrosión en los pernos de anclaje, así como deterioro del sistema de protección de pintura (Figura 42). En el caso de los amortiguadores o dispositivos de bloqueo sísmico, estos evidenciaban falta de mantenimiento, aumento en el deterioro del sistema de protección de pintura así como corrosión, y pérdida de otro de los reservorios que tenían adosados (Ver figura 43).



Figura 41: Acumulación de sedimento y corrosión anormal en vigas principales en las zonas de los apoyos.



Figura 42: Acumulación de sedimento y corrosión anormal en vigas principales en las zonas de los apoyos.



Figura 43: Condición de deterioro de los amortiguadores o dispositivos de bloqueo sísmico. Izquierda: corrosión; centro: pérdida de reservorios; derecha: deterioro del hule. Abajo: ubicación respectiva de los elementos.

6.1c. *Puente sobre el Río Grande, est. 30+200 (Informe LM-PI-UP-PC10-2013)*

El estado del puente según este informe es regular, debido a varios problemas encontrados como la acumulación de sedimentos en el bastión del acceso este (lado de San José) y sus apoyos, la falta de elementos verticales y pernos en los guardavías, la falta de marcadores de objetos en los accesos, y el mal estado de los ductos de drenaje. Además, se observó acumulación de sedimentos y vegetación en la junta de expansión del acceso oeste (lado de Caldera), falta de obras para evitar la erosión en los taludes de los accesos, así como agrietamiento de la losa de concreto que actúa como superficie de ruedo.

Con base en la visita realizada en enero, se tiene que:

1. La junta de expansión presenta inicios de daño por pérdida de material en la zona de anclaje de las placas de acero dentado (Figura 44), así como acumulación de sedimentos y vegetación sobre la junta del lado oeste (lado de Caldera).

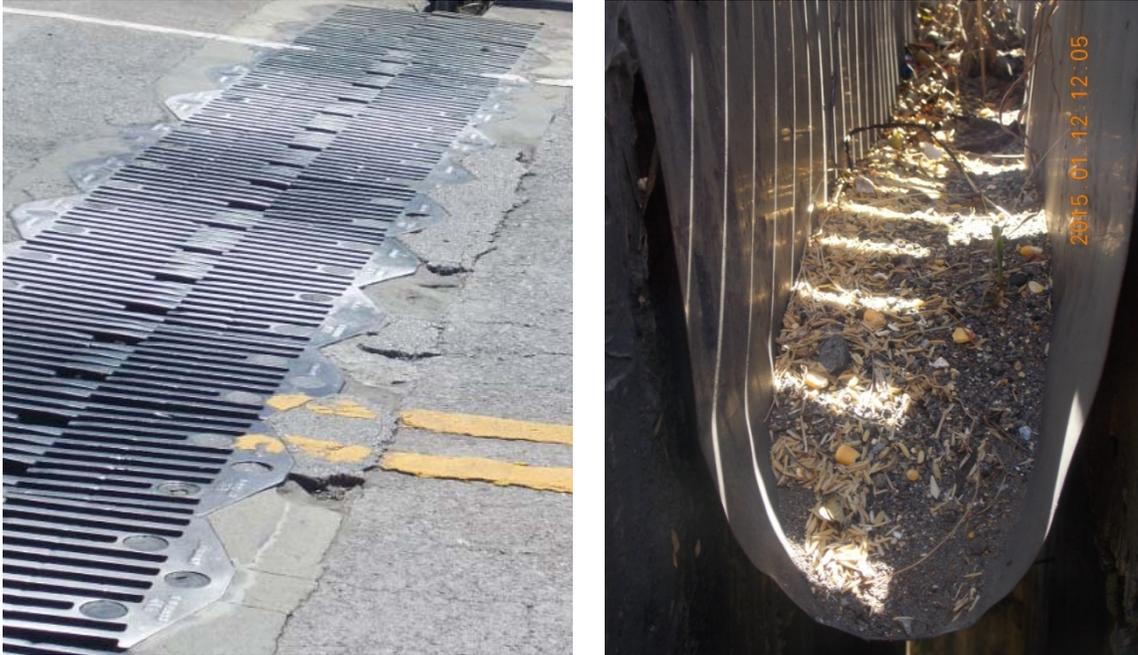


Figura 44: Estado de la junta de expansión en el acceso oeste (izquierda; acumulación de sedimentos en el drenaje de la junta (derecha).

2. No se tuvo acceso a los apoyos del bastión del lado este (lado de San José), por lo cual no fue posible identificar su estado actual, y si los problemas encontrados en el informe del año 2013 fueron corregidos (sedimentación, inicios de corrosión, deterioro de la pintura) (Figura 45).
3. Se observó que el agrietamiento de varias de las zonas de la superficie superior de la losa de concreto aún no se ha arreglado. Además, se observó acero de refuerzo expuesto en la superficie superior de la losa de concreto con evidencia de recubrimiento insuficiente (Figura 46).



Figura 45: Acumulación de sedimentos, corrosión y deterioro del sistema de protección de los apoyos en bastiones. Derecha, detalle de recuadro.



Figura 46: Estado de la losa de concreto, con acero de refuerzo expuesto (izquierda) y agrietamiento en 2 direcciones (derecha)

6.1d. *Puente sobre el Río Concepción, est. 45+460 (Informe LM-PI-UP-PC03-2012)*

El estado de conservación del puente fue considerado como regular debido a los defectos encontrados en el sistema de drenaje de las juntas de expansión dentadas, la oxidación en los apoyos, el desprendimiento y pérdida de secciones de los angulares de protección de la losa de aproximación del bastión este (lado de San José).

Con base en la gira realizada en enero, se tiene que:

1. Los apoyos móviles de ambos bastiones evidencian falta de mantenimiento, acumulación de sedimentos e indicios de corrosión en los pernos de anclaje así como deterioro del sistema de protección de pintura (Figuras 47 y 48)
2. Las juntas de expansión de ambos bastiones se encuentran obstruidos por acumulación de sedimentos (Figura 49).
3. En el caso de los accesos, los angulares de protección de la losa de aproximación dañados o faltantes no fueron repuestos según el detallado original, sino que se colocó un material de relleno en apariencia bituminoso, cuyo estado se recomienda verificar en las siguientes inspecciones (Figura 50).
4. El guardavías norte del acceso fue interrumpido para crear un acceso lateral, generando una terminación peligrosa que se encuentra de frente a la dirección del tránsito sin abatimiento. Se recomienda colocar una terminal que se encuentre abatida y desviada del flujo vehicular (Figura 51).
5. En la pared norte del extremo oeste de la superestructura se observan perforaciones en el concreto con acero de refuerzo expuesto. Se recomienda restituir el recubrimiento a la mayor brevedad, utilizando un método adecuado para el tipo de daño (Figura 51).



Figura 47: Acumulación de sedimentos, corrosión y deterioro del sistema de protección de los apoyos en bastión este: izquierda, apoyo norte; derecha, apoyo sur.



Figura 48: Corrosión y deterioro del sistema de protección en el bastión oeste (lado de San José), apoyo sur



Figura 49: Acumulación de sedimentos en juntas de expansión: izquierda, bastión este; derecha, bastión oeste.



Figura 50: Estado de la junta de la losa de aproximación en los accesos.



Figura 51: Izquierda, terminal peligrosa del guardavías ubicado en la sección norte del acceso este; derecha, perforaciones en el concreto y acero de refuerzo expuesto en cara norte de extremo oeste (lado de San José) de la superestructura.



6.1e. *Puente sobre la Quebrada Salitral, est. 48+050 (Informe LM-PI-UP-PC05-2013)*

Se concluyó que el estado de conservación del puente era deficiente, debido a que la losa exhibía agrietamiento en una dirección, con grietas mayores de 0,2 mm de ancho, así como deterioros y desprendimientos localizados en el concreto de las juntas de construcción. A su vez, se percibió un movimiento vertical importante con el tránsito de vehículos pesados, especialmente en la zona sobre el bastión este (lado de San José), y una evidente falta de mantenimiento en los sistemas de apoyo de la superestructura del puente.

Con respecto a la visita realizada en enero del presente año:

1. Varias zonas con agrietamiento de la losa de concreto no han sido tratadas (Figura 52).
2. Las zonas que presentan deterioro y desprendimiento localizado del concreto no han sido tratadas. En total, son 5 lugares donde incluso se observa acero de refuerzo expuesto (Figuras 53 y 54). En un punto específico, el acero de refuerzo presenta una falla transversal con movimiento relativo entre secciones adyacentes de la losa (Figura 55).
3. Los apoyos móviles de ambos bastiones evidencian falta de mantenimiento, acumulación de sedimentos e indicios de corrosión en los pernos de anclaje, así como deterioro del sistema de protección de pintura (Figura 56). En el caso de los amortiguadores o dispositivos de bloqueo sísmico, se evidencia falta de mantenimiento, aumento en el deterioro del sistema de protección de pintura, así como corrosión y desprendimiento de algunos de los reservorios que tienen adosados (Figura 57).
4. La junta de expansión ubicada en el bastión oeste presenta daño en una sección de su longitud, que puede representar un riesgo para los usuarios además de que aumenta la vulnerabilidad al daño progresivo. Asimismo se evidencia un sonido fuerte en la junta con el paso de vehículos pesados (Figura 58). Adicionalmente, en la junta sobre el bastión este (lado de San José) se observa pérdida del sello de protección de los pernos de anclaje, lo cual puede inducir daño progresivo (Figura 59).
5. El rótulo de identificación del puente sobre el acceso Este no se encuentra (Figura 59).



Figura 52: Izquierda, agrietamiento en losa adyacente a la junta de expansión sobre el bastión este; derecha, agrietamiento en dos direcciones de una sección de losa ubicada a 70m de la misma junta.



Figura 53: Estado de las juntas constructivas en la losa; derecha, detalle de una fractura.

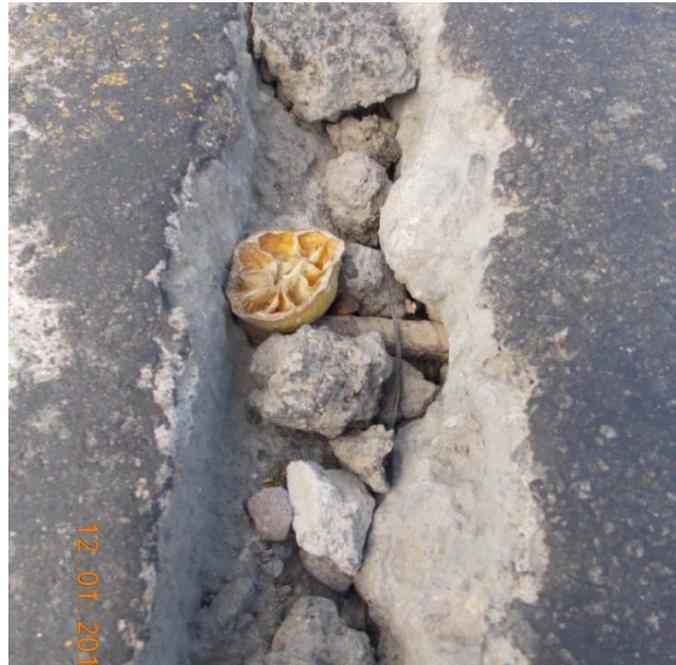


Figura 54: Desprendimiento de concreto y acero de refuerzo expuesto en junta de construcción. Derecha, detalle.

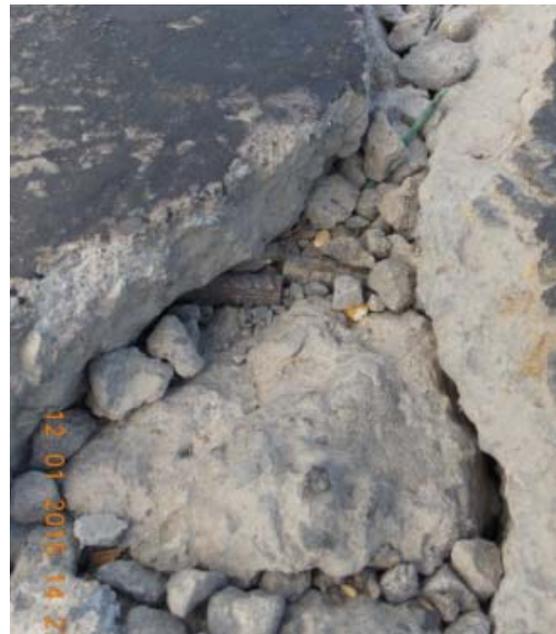


Figura 55: Desprendimiento de concreto y evidencia de falla transversal de acero en la junta de construcción. Derecha, detalle.



Figura 56: Acumulación de sedimentos, corrosión y deterioro del sistema de protección de los apoyos en bastión este



Figura 57: Acumulación de sedimentos, deterioro del sistema de protección de pintura y desprendimiento de los reservorios de los amortiguadores o dispositivos de bloqueo sísmico



Figura 58: Daño en sección de la junta de expansión sobre el bastión oeste



Figura 59: Izquierda, pérdida del sello de protección de algunos de los pernos de anclaje de la junta de expansión sobre el bastión este; derecha, pérdida del rótulo de identificación en el acceso Este

7. CONDICIONES GEOTÉNICAS Y SISTEMAS DE DRENAJE

Se visitaron y analizaron en detalle 11 sitios sobre la Ruta Nacional No. 27. 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. Se presenta también los principales resultados del estudio sobre presencia de drenaje ácido de rocas, presentando en el informe LM-PIUGERVN-3-2015. En la siguiente figura se muestra la ubicación de cada uno de los sitios analizados y en la Tabla 17 los datos de sus coordenadas y valores de los estacionamientos.

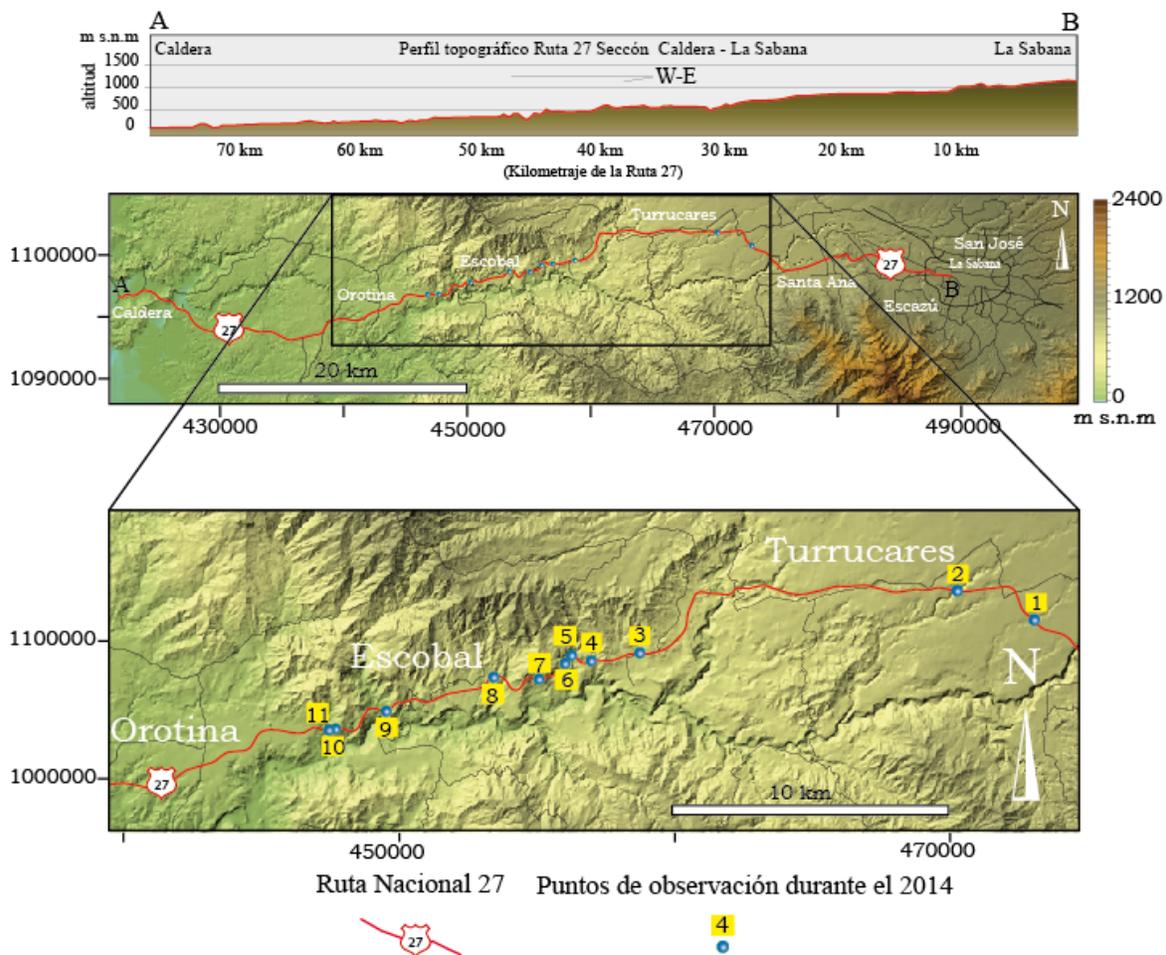


Figura 60 Perfil topográfico de la Ruta No. 27 y modelo de elevación digital donde se denota la zona evaluada y un detalle de la ubicación de puntos visitados para análisis de taludes.

Tabla 17 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	458789,869	1099570,281	34+600
4	457029,650	1099280,501	36+400
5	461502.863	1101721.909	30+500
6	456079,066	1099182,970	37+500
7	455135,174	1098615,886	38+700
8	453491,287	1098689,522	40+800
9	449588,807	1097452,229	45+300
10	447756,150	1096589,058	47+800
11	446880,298	1096806,700	48+000

7.1 Punto 1. Estacionamiento 18+000.



Figura 61 Derecha: Muro de gaviones y talud deteriorado sobre el cual se desborda el agua. Izquierda: Canal donde se origina el problema.

En este punto se localiza 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.

En el informe INF-PI-UGERVN-05-2014, emitido en marzo del año 2014, esta situación es analizada en detalle mediante el estudio de fotografías aéreas, en las cuales se aprecia el efecto que han tenido los cambios realizados en el terreno por la construcción de la carretera y su influencia en el patrón de drenaje superficial.

A la fecha de emisión de este informe el sistema de drenaje no ha sido intervenido para prevenir el desbordamiento del agua hacia la carretera.

7.2 Punto 2. Estacionamiento 21+400.



Figura 62 Zona vulnerable en el talud del kilómetro 21+400.

En la figura anterior se muestra un talud de corte que continúa expuesto a 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 ante los elementos erosivos. La zona que presenta mayor problemática y que podría llegar a afectar la radial ubicada en la parte superior, está ubicada a menos de 2 m de distancia de la superficie de rueda.

7.3 Punto 3. Estacionamiento 34+600



Figura 63 Muro mecánicamente estabilizado en la intersección hacia Balsa

En este punto se presenta un 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.

La geomalla biaxial que se observa en la fachada es un polímero que no está diseñado para soportar las condiciones de intemperie, por lo que actualmente está siendo degradado por la radiación solar y las altas temperaturas a las que está expuesto.

7.4 Punto 4. Estacionamiento 36+400



Figura 64 Vista aérea del talud en PK 36+400. Se indica la zona y la dirección del deslizamiento observado



Figura 65 Detalle del deterioro de la cuneta producto del movimiento del talud

En la Figura 64 se presenta un talud de corte al lado derecho, en el sentido San José - Caldera con una 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 ha sido intervenido con movimiento de tierras y drenajes horizontales, pero sigue estando expuesto a agentes erosivos, a pesar de que hubo siembra de pasto vetiver, no fue suficiente para disminuir de manera efectiva el lavado de suelos finos. En la Figura 65 se observa la cuneta con sedimentación y en muy mal estado, provocado por una grieta y un deslizamiento del talud. Este movimiento ha desplazado la cuneta, provocando que en este tramo haya perdido su capacidad de conducir el agua de manera efectiva.

7.5 Punto 5. Estacionamiento 30+500



Figura 66 Deterioro del talud en el kilómetro 30+500

En este sitio se realizó un movimiento de tierras con el fin de cortar un talud de aproximadamente 150 m de longitud y 20 m de altura. Recientemente se concluyó la construcción de cunetas para el manejo del agua de escorrentía.

El material del talud es un suelo muy susceptible a la erosión y alto contenido de arcilla que ya muestra cárcavas y agrietamientos por cambios de humedad.

7.6 Punto 6. Estacionamiento 37+500.



Figura 67 Deterioros en la protección superficial del talud en el kilómetro 37+500.

En la evaluación de este punto se puede detectar que 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 tal como se observa en la figura anterior. 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 puede provocar la caída de rocas en la carretera, con el peligro que esto conlleva hacia los usuarios.

7.7 Punto 7. Estacionamiento 38+700



Figura 68 Protección superficial en talud de corte, estacionamiento 40+800

En noviembre del año 2014 se presentó un deslizamiento en este punto de la vía que obligó al cierre temporal de la misma.

Los trabajos de intervención han consistido principalmente en la remoción del material suelto, la colocación de drenajes y mallas para control de erosión con pernos de anclaje, tal como se aprecia en la figura anterior.

En informes anteriores se ha recalcado la necesidad de monitorear el comportamiento de estos taludes, ya que el tipo de material con la altura y pendiente actuales lo hacen susceptible a sufrir deslizamientos como el registrado el año anterior.

7.8 Punto 8. Estacionamiento 40+800



Figura 69 Protección superficial en talud de corte, estacionamiento 40+800

En noviembre del año 2014 se presentó un deslizamiento, el cual se está tratando con las técnicas descritas en el punto anterior

7.9 Punto 9. Estacionamiento 45+300



Figura 70 Talud de corte, actualmente está siendo intervenido con movimiento de tierras en la parte superior. En la figura de la derecha un detalle de las discontinuidades del macizo

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, se observan zonas manchadas por óxidos de hierro y manganeso. También se observó en varios puntos que el concreto perdió su resistencia y ahora se desgrana fácilmente. Las mallas de acero utilizadas

presentan oxidación, es muy probable que en esta zona se esté dando drenaje ácido de rocas y que este proceso sea el responsable de la degradación de los materiales.

Actualmente se realizan trabajos de remoción de materiales en la parte alta de este talud.

7.10 Punto 10. Estacionamiento 47+800



Figura 71 Vista de los materiales en los taludes de corte (línea amarilla) y relleno (línea roja) afectados por la alteración hidrotermal en el estacionamiento 47+800



Figura 72 Izquierdo: Talud de corte, se destaca la corona actual del deslizamiento. Derecho: En el mismo sitio la cuneta está parcialmente destruida, afectando el control del agua superficial

En el talud de corte en lado derecho 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, con zonas que favorecen la infiltración del agua de escorrentía, lo que recarga el material y afecta la estabilidad.



Figura 73 Vista aérea de la zona cercana al kilómetro 47+800. Se observan los rellenos de material depositado en el costado sur de la carretera, sin medidas para el control de erosión. El río Grande de Tárcoles se observa en la zona inferior derecha de la fotografía

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. Este deslizamiento podría generar afectación por depósito de sedimentos en el río Grande de Tárcoles, el cual se localiza a aproximadamente 300m del pie del relleno.

7.11 Punto 11. Estacionamiento 48+000

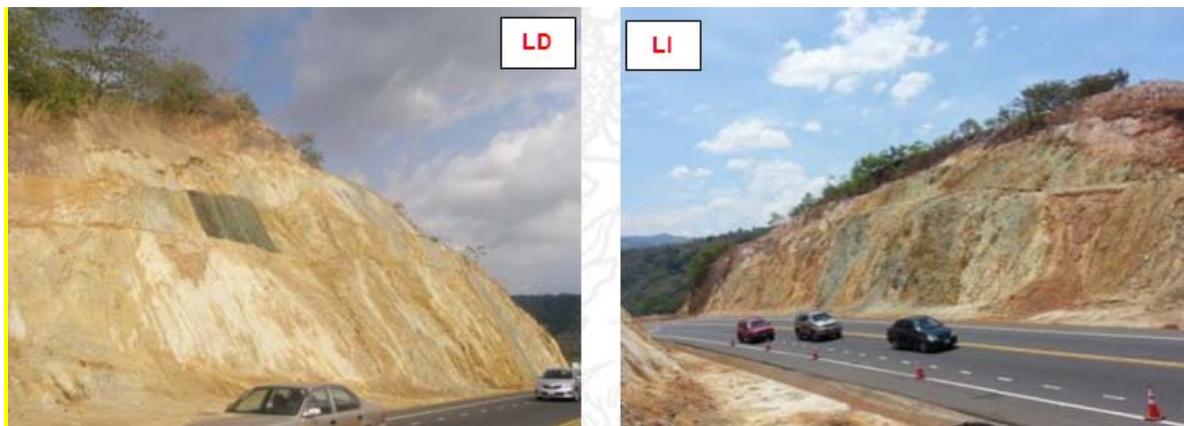


Figura 74 Alteración hidrotermal en los taludes de corte derecho e izquierdo del estacionamiento 48+000.



Se observa un sitio que está afectado fuertemente por drenaje ácido en rocas. En la zona existe un fuerte olor a azufre (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.

Los taludes a ambos lados de la carretera, han sido intervenidos con movimiento de tierras 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.



8. CONCLUSIONES

8.1 Conclusión General

Según se establece en el artículo 5 de la Ley No. 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributaria, “para garantizar la máxima eficiencia de la inversión pública de reconstrucción y conservación óptima de la red vial costarricense...”, la Universidad de Costa Rica, a través del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (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, con un incremento de un 8.6% de la longitud en relación con los resultados obtenidos en el año 2014, mientras que en el 2013 el proyecto presentaba un 7,2%, en promedio.

Asimismo, la capacidad funcional (IRI) mostró en esta quinta evaluación anual del proyecto, leve mejoría en el sentido Caldera - San José, y un aumento de las regularidades moderadas a altas en ambos sentidos, lo cual indica una pérdida de capacidad funcional.

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 en esas dos categorías, 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 se presenta como candidata a mantenimiento preventivo.

En términos generales, el proyecto presenta una leve mejora en su capacidad estructural, ya que con respecto al año anterior, en promedio ha mejorado cerca de un 1.5%, así mismo, se ha detectado un aumento, en relación con el año 2013, de hasta 5.8% de tramos con irregularidades entre Moderadas y Muy altas. Los niveles de deterioro mostrados en el año 2014, tanto en la parte estructural como funcional, aún mantienen al proyecto en una condición aceptable, sin embargo, deben procurarse mantener planes de mantenimiento y refuerzo, tomando en consideración la tasa con que ha venido aumentando el deterioro, lo cual se ve reflejado en los modelos de deterioros presentados en este informe.

En relación a los puentes evaluados en la visita realizada el pasado mes de enero se identificaron 2 daños comunes en todos los puentes mayores, agrietamiento generalizado en una y dos direcciones en la superficie superior de las losas de concreto y falta de mantenimiento en los apoyos móviles.

8.2 Conclusiones Específicas

8.2a. 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 como es de esperarse. 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%, presentando 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. A pesar de que presentan una leve mejora, el mantenimiento que se les ha dado no ha representado una mejora significativa a la condición estructural de las radiales analizadas.

8.2b. Sobre la condición funcional

Entre un 25% y 27% 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.



Se midió un incremento de un 5% en el Sentido San José - Caldera en las categorías de Moderadas y Altas respecto al año anterior y un leve aumento en estas mismas categorías en el sentido Caldera - San José.

Es notable como el nivel de la capacidad funcional es inferior en el sentido Caldera – San José, condición que debe valorarse para prever adecuadamente una disminución acelerada en la calidad del proyecto.

Las radiales a Turrucare, Atenas y Escobal presentan los valores más altos en su condición funcional, ubicándolos entre en la categoría de Regular (1.9 y 3.6 m/km), condición que requiere atención por parte del concesionario para brindar mantenimiento preventivo. Presentando de forma general una desmejora en tres radiales, siendo la radial a Escobal la que mantiene la condición del año anterior.

8.2c. Sobre la resistencia al deslizamiento como parámetro de seguridad vial

Los resultados de la evaluación de la resistencia al deslizamiento revelan que existe 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, incrementando en un 6% las zonas con condición de Deslizante y Muy Deslizante en comparación con el 2013, presentando un incremento muy importante en la categoría Muy Deslizante, ya que pasó de un 8.1% en el 2013 a un 23.3% en el 2014. En el sentido San José - Caldera se presentó un incremento de alrededor de un 11% en las dos categorías más críticas, siendo la categoría de Muy Deslizante la que presenta un incremento cercano al 19%. 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 riegos de derrape de los vehículos son altas y muy altas. Dentro de las alternativas de intervención recomendadas para mitigar los efectos de la microtextura en rutas deslizantes podemos encontrar la colocación de tratamientos de preservación tales como lechadas asfálticas tipo *slurry seals*, o tratamientos como *chip seals*, micropavimentos, *cape seals*, entre otros y la incorporación de restricciones de velocidad mayores en aquellas secciones identificadas como susceptibles de accidentes detectadas en este informe.

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



8.2d. *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.

La exudación es otro deterioro que ha disminuido respecto a la evaluación del año 2013. Contrario a estos dos casos, el área afectada por Bacheo ha incrementado considerablemente respecto a los años anteriores, de igual forma a ocurrido con Piel de Lagarto presente a partir del año 2012, siendo muy prematuro considerando que el inicio de operaciones se dio en el año 2010.

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. En uno de los casos hay ausencia de una parte de la viga en una zona que presenta un obstáculo que puede poner en riesgo la seguridad de los usuarios en caso de salirse de la vía.

8.2e. *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 mayor.

Desde el punto de vista funcional, todas las radiales presentan condición entre baja y regular, lo que brinda mayor confort y seguridad al usuario, mientras que desde el punto de vista de agarre superficial, todas presentan en su mayoría una condición deslizante, aumentando la probabilidad de accidentes.

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.

Con respecto a la presencia de deterioro superficial en la radial a Atenas y el Coyol se detectó un incremento del área con Bacheo y Piel de Lagarto en comparación con el año anterior y en Turrúcares se evidenció la presencia de Piel de Lagarto que no estuvo presente en el año 2013.

8.2f. *Sobre los Modelos de Deterioro*

Los resultados obtenidos del análisis hecho al PSI para determinar la envolvente de la curva de deterioro de la troncal principal mostraron que el sentido San José - Caldera presenta un deterioro progresivo pero de forma leve en los primeros 4 años de



evaluación, siendo un comportamiento esperado para proyectos de este tipo. En su contraparte, en el sentido Caldera - San José se observa un deterioro más acelerado, pero con intervenciones oportunas que mejoran la condición de cada tramo, siendo el tramo 2 el que presentaba una condición de mayor deterioro en comparación con los demás. El tramo 4 a pesar de que se le realizó una mejora en el año 2013, para el año 2014 la curva de deterioro siguió la tendencia de los años 2011 y 2012

Se desarrollaron 8 modelos de deterioro basados en la variable IRI para calcular el índice de serviciabilidad presente, de donde se desprende que en los tramos 1 y 2 en el sentido Caldera - San José, los cuales representan un 19% de la longitud total de la ruta, tendrán un valor de PSI igual a 3 en un periodo de 7 y 5 años respectivamente, lo que implica que a tan solo un 47% del plazo total de la concesión sea necesario que se realicen labores de rehabilitación para mejorar su capacidad estructural y funcional, alargando su vida útil. En los demás casos, se proyecta que se requiere de un plazo mayor a 10 años para que se requiera de una intervención mayor.

8.2g. Sobre el estado de los taludes y terraplenes adyacentes a la ruta

En las inspecciones realizadas se identificaron varios taludes de la Ruta Nacional No.27 con condiciones de estabilidad y erosión 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.

8.2h. Sobre la evaluación de puentes mayores ubicados en la troncal principal

Se identifican 2 daños comunes a todos los puentes mayores de la Ruta 27, los cuales son:

- a. Agrietamiento generalizado en una y dos direcciones en la superficie superior de las losas de concreto, con desprendimientos en algunos casos y en otros incluso con acero de refuerzo expuesto. Sin embargo, no se observaron medidas de mantenimiento o correctivas tendientes a evitar el deterioro progresivo de estas losas.
- b. Falta de mantenimiento en los apoyos móviles, también conocidos como amortiguadores o dispositivos de bloqueo sísmico; esto por la cantidad de sedimentos acumulados e indicios de corrosión en los pernos de anclaje, y deterioro general del sistema de protección de pintura. El adecuado funcionamiento de estos mecanismos es esencial para el desempeño estructural en condiciones de servicio y condiciones

extremas de los puentes, por lo que el estado actual de los mismos puede provocar daños en los otros componentes de estas obras.

Varias de las observaciones señaladas en los informes del LanammeUCR fueron atendidas, especialmente en aquellos casos donde se comprometía la seguridad de los usuarios. Por ejemplo, las juntas de expansión en los puentes sobre los ríos Virilla, Ciruelas y Grande. Sin embargo, en otros casos las recomendaciones no fueron tomadas. Un ejemplo claro lo representa el puente sobre la Quebrada Salitral, el cual evidencia un deterioro acelerado al punto que es posible sentir movimientos anormales al paso de vehículos pasados, un aspecto que no se encontró al realizarse su primera evaluación en el año 2013.

9. 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:

9.1a. *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.
- Revisar los estándares de calidad y mantenimiento del proyecto, puesto que al realizar el análisis de modelos de deterioro se detectó que en algunos casos se refleja la realización de intervenciones importantes para mejorar el índice de condición superficial (IRI) por la presencia de deterioro acelerado, por lo que se debe considerar exigir al concesionario las acciones preventivas correspondientes que garanticen al Estado Costarricense obtener un proyecto de altos estándares al final del periodo de concesión.

9.1b. *Sobre la evaluación de las radiales*

- Realizar una intervención mayor (Rehabilitación) 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.

9.1c. *Sobre los Modelos de Deterioro*

Dado que el tiempo de la concesión es por 25.5 años y que la mayoría de los tramos llegarían a una condición donde requerirá de una rehabilitación mayor entre los 10 y 17 años a partir del presente año, se recomienda solicitar a la concesionaria implementar políticas de mantenimiento que garanticen al final del periodo de la concesión una



carretera con índices de serviciabilidad entre 4 y 4.5, garantizando un excelente Nivel de servicio en lo que resta del periodo

9.1d. 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.

9.1e. Sobre la evaluación de puentes mayores ubicados en la troncal principal

- Es necesaria una evaluación estructural y funcional más profunda que determine el origen y la extensión del deterioro detectado en el puente sobre la Quebrada Salitral, y sus posibles consecuencias, para efectuar la reparación más efectiva que necesite dicha obra.
- Implementar un plan sistemático de operación, mantenimiento y rehabilitación de los puentes por parte de la concesionaria; dado que se evidencia la reparación de aquellos aspectos que ponen en riesgo inmediato al usuario y a la obra (actitud pasiva). Por lo que se recomienda tomar una actitud proactiva de tal manera que los deterioros sean localizados en un tiempo corto, para evitar su propagación y así minimizar el costo de las reparaciones de estos puentes en una ruta tan importante para la economía nacional, como lo es la Ruta Nacional 27.



Bibliografía

- AASHO. (1961). *The AASHO Road Test: History and Description of Project. Highway Research Board*, Vol. 61, No. 1. Washington, DC.
- AASHTO. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. Washington, DC.
- AASHTO. (2008). *Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide, Interim Edition: A Manual of Practice. Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales de Transporte (AASHTO por sus siglas en inglés)*. Washington, DC. Estados Unidos de America.
- Al-Omari & Darter. (1994). *Relationships between international roughness index and Present serviceability ratings*. Transportation Research Council, Washington D.C. Estados Unidos de América.
- Arriaga, P. & C. Mario. (1998). *Índice de Rugosidad Internacional en la red carretera de México*. Publicación Técnica No 108. Sanfandila, Qro. México.
- ASTM E 867. (2006). *Standard Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems*.
- Sociedad América para Ensayos y Materiales (ASTM por sus siglas en inglés). Estados Unidos de América.
- Badilla, G. (2009). *Determinación de la regularidad superficial de pavimento mediante el cálculo del índice regularidad internacional (IRI): Aspectos y consideraciones importantes*. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Badilla, G., Elizondo, F. & Barrantes, R. (2008). *Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI*. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Carey, W. & Irick, P. (1960). *The Pavement Serviceability Performance Concept. Highway Research Board*. Record 250. Estados Unidos de América.
- De Solminihac, H., Salsilli, R., Kohler, E. & Bengoa, E. (2003). *Analysis of Pavement Serviceability for the AASHTO Design Method: The Chilean Case*. Santiago, Chile.
- Dujisin, D. & Arroyo, A. (1995). *Desarrollo de una Relación Índice de Serviciabilidad Índice de Rugosidad Internacional (IRI)*. Comisión de Diseño y Evaluación De Pavimentos, Corporación de Desarrollo Técnico (CDT), Cámara Chilena de la Construcción. Santiago, Chile.
- Hall, K. T. & Correa Muñoz, C. E. (2007). *Estimation of present serviceability index from International Roughness Index*. Transportation Research Record 1655, TRB. Consejo de Investigación Nacional. Paper No. 99-1508 Washington, D. C, Estados Unidos de América.
- Huang, Y. (1998) *Pavement Analysis and Design Prentice-Hall, Inc.* Englewood Cliffs, New Jersey. Estados Unidos de América.
- Hveem, F M. & Carmany R. M. (1948). *The Factors Underlying the Rational Design of Pavements*. Highway Research Board, Vol 28, pp 101-136. Estados



- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2010, PITRA.
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2011, PITRA.
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2012, PITRA.
- LanammeUCR, *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27*, año 2013, PITRA.
- LanammeUCR, Informe Proyecto N° UI-PE-03-08, *Variaciones a los rangos de clasificación de la red vial nacional de Costa Rica*, Unidad de Investigación, Año 2008.
- LanammeUCR. (2000). *Metodologías para la evaluación del riesgo asociado con eventos sísmicos*. Memorias de taller: Metodologías de análisis de vulnerabilidad de corredores viales ante sismo y lluvias intensas. San José, Costa Rica: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica.
- Palacios, C. (2011). *Análisis sobre la Guía Mecánico Empírica AASHTO 2011*. Laboratorio GEOLAB & VialTech. Ecuador.
- Paterson, W. (1986). *Road Deterioration and Maintenance Effects*. Banco Mundial. Washington, D.C., Estados Unidos de America.
- Piedra Rodríguez, Jonathan. *Coefficiente de fricción de las carreteras nacionales en Costa Rica*, Proyecto final de graduación, año 2007, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica
- Porras, H., Cascante, M., Granados, R., y Alvarado, G.E., 2012: *Volcano-Estratigrafía y tectónica del Valle Central occidental y las estribaciones de los Montes del aguacate a lo largo de la Ruta 27*, Costa Rica. Rev. Geol. Amér. Central, 47: 69-93.
- Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional. (2011). Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica LM-PI-UE-05-2011. LanammeUCR.
- UMTRI Research Review. The Shape of Roads to Come: Measuring and Interpreting Road Roughness Profiles. Volumen 33. Número 1, 2002.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA) Office Of Solid Waste Special Waste Branch. 1994: Technical Document Acid Mine Drainage Prediction. Epa530-R94-036 Ntis Pb94-201829. 52 pp.
- Vargas, W. "Guía para elaborar perfiles de vulnerabilidad de infraestructura vial ante amenazas naturales" LANAMME. UCR. 2002.
- Vargas, W.; Garro, J. "Gestión de riesgos naturales en infraestructura vial" LANAMME. UCR. 2003.
- Vargas, W.; Garro, J. "Relación entre las características geométricas y la vulnerabilidad de algunas rutas de montaña en Costa Rica" I Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial (I CISEV). Costa Rica. 2008.
- 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	1+950 2+250 2+900 3+200 3+500 3+900 9+300
	10+250 10+450 10+900 10+950 11+150 13+900
	14+100 15+100 15+900 17+600 17+650 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+050 69+300 69+950 70+150 74+100 75+850
	76+400
Alta	2+350 3+150 3+450 10+800 11+050 15+200 15+550
	17+700 17+850 18+250 18+350 20+100 20+350
	20+650 20+700 20+950 21+200 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	2+005 2+750 3+400 3+550 3+600 3+950 4+000
	4+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	1+300 3+050 6+950 7+300 7+700 8+850 12+750
	13+050 14+900 16+600 16+864 20+900 35+200
	39+550 40+800 41+900 42+500 46+800 47+100
	47+750 50+900 51+650 52+450 53+750 56+650
	59+500 60+750 60+900 61+000 61+250
Alta	0+250 0+650 1+100 1+250 2+450 5+600 5+650
	8+950 9+000 9+050 9+200 15+950 16+300
	16+350 20+800 21+550 33+250 38+650 39+350
	39+400 39+450 39+650 39+850 39+950 40+100
	40+700 40+750 41+250 41+700 41+955 42+550
	42+650 44+400 45+400 46+000 46+100 48+050
	48+200 48+500 48+850 48+900 48+950 49+450
	50+150 51+000 52+500 54+800 55+050 55+150
	55+200 55+300 55+450 55+700 56+250 56+400
	56+550 58+150 58+250 58+350 58+450 58+550
	58+600 58+900 59+200 60+700 61+450 61+500
	61+550 61+650 61+950 62+000 62+600 64+550
	72+350 72+500 74+550
Muy alta	9+100 33+900 39+500 39+900 40+050 40+550 40+600
	40+650 41+850 42+150 43+950 44+050 46+150
	47+000 47+600 48+100 48+150 48+600 48+650
	48+700 48+750 48+800 49+000 49+150 49+200
	49+350 49+400 49+600 49+900 50+100 50+450 53+700
	53+800 53+850 54+100 54+250 54+300 54+350
	54+400 54+700 54+750 55+350 55+400 55+500
	55+600 56+350 56+450 56+600 56+750 56+850
	56+950 58+200 58+300 58+500 58+650 58+700
	58+750 58+950 59+000 59+050 59+100 59+150
	59+250 59+350 61+600 61+700 61+750 61+900
	72+450 74+450

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.

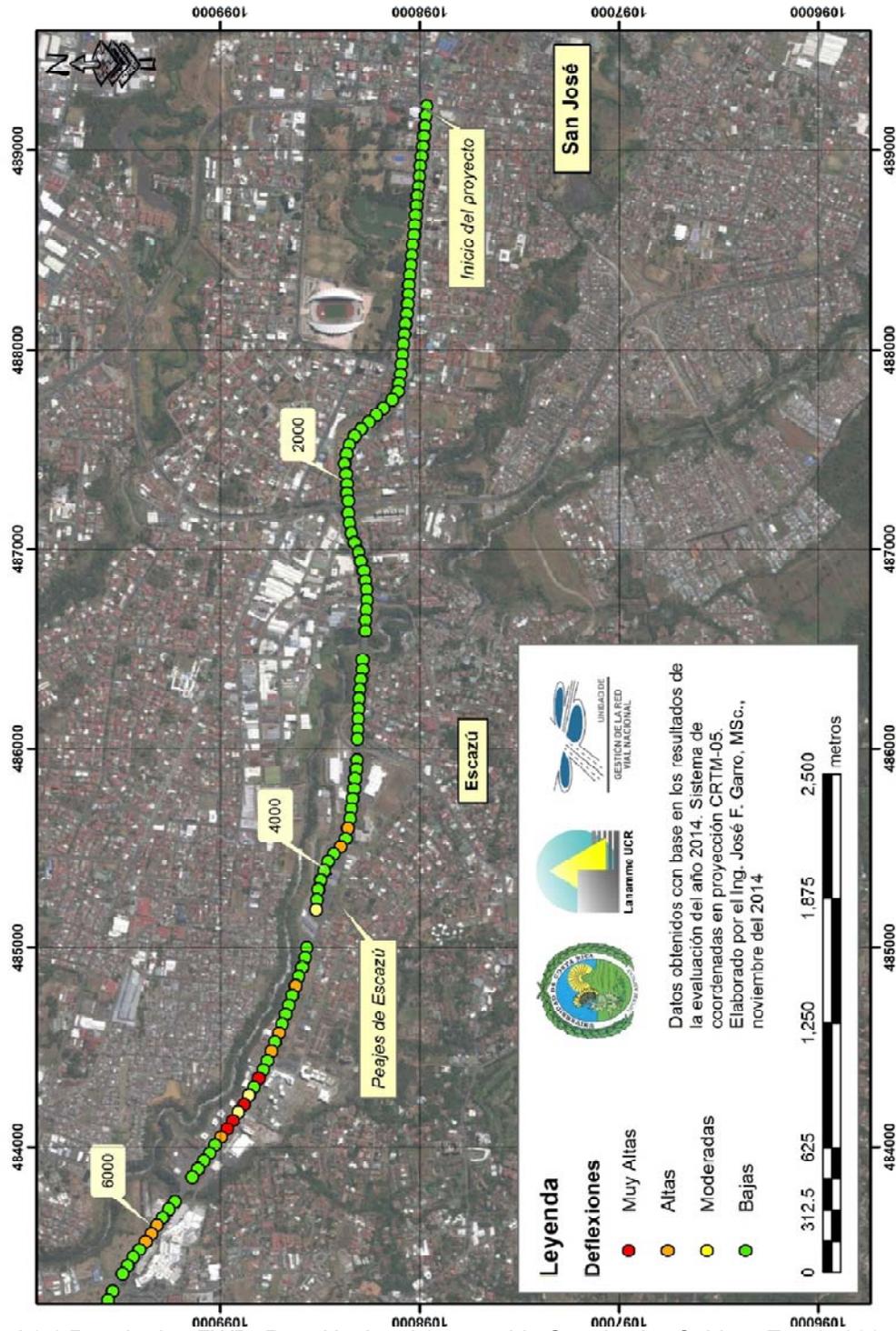


Figura A1 1 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 0+000 - 06+000

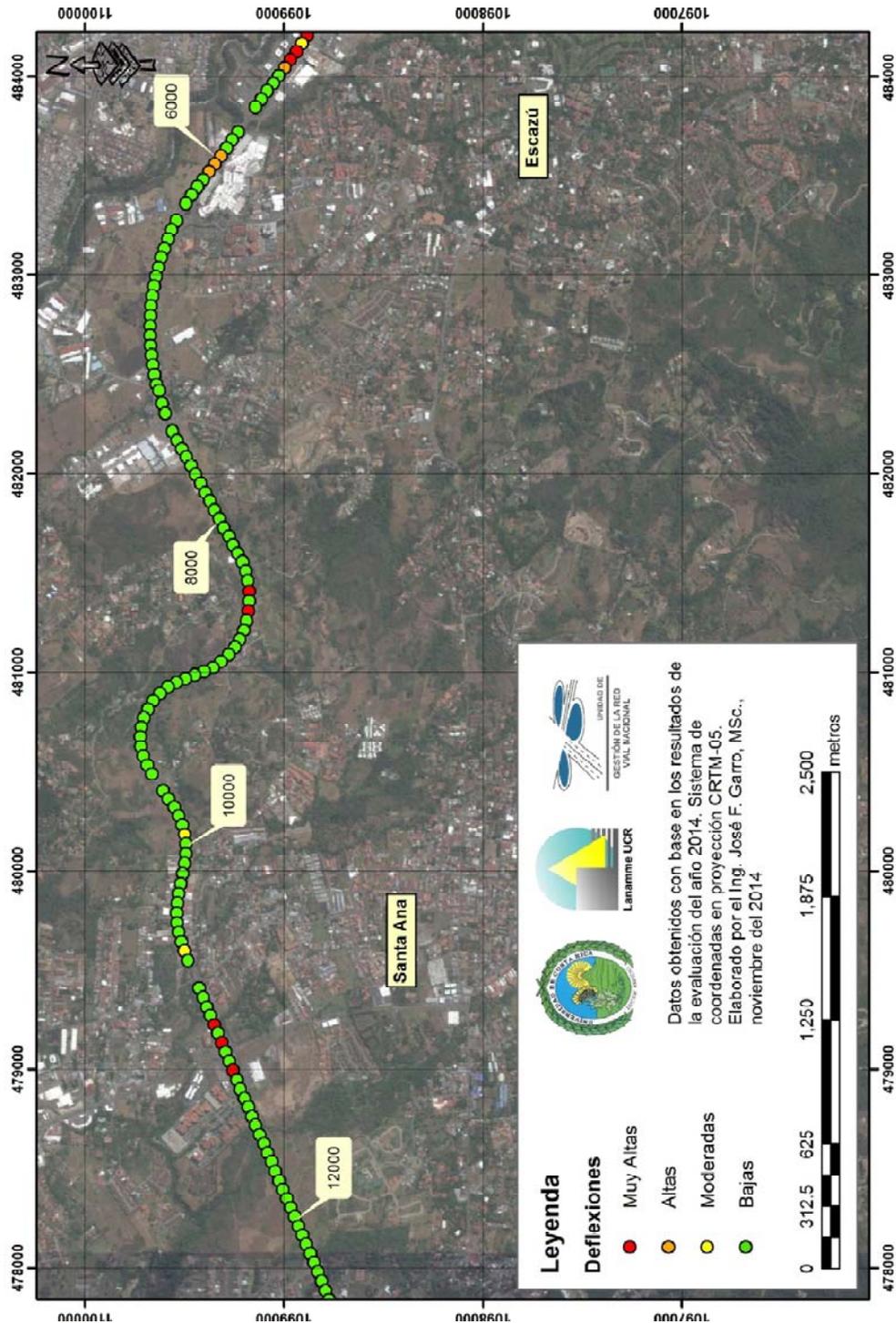


Figura A1 2 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 06+000 - 12+000

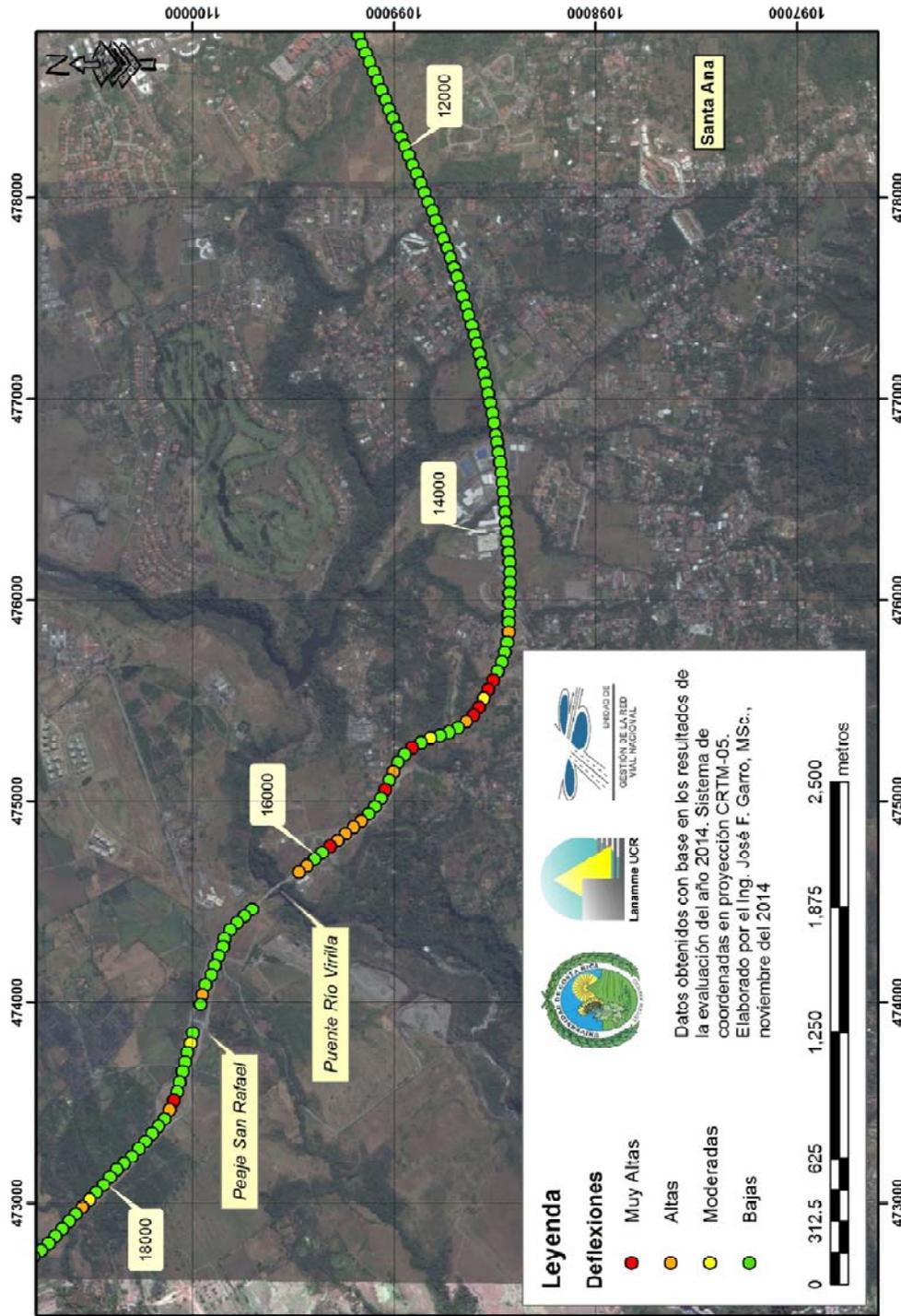


Figura A1 3 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 12+000 - 18+000

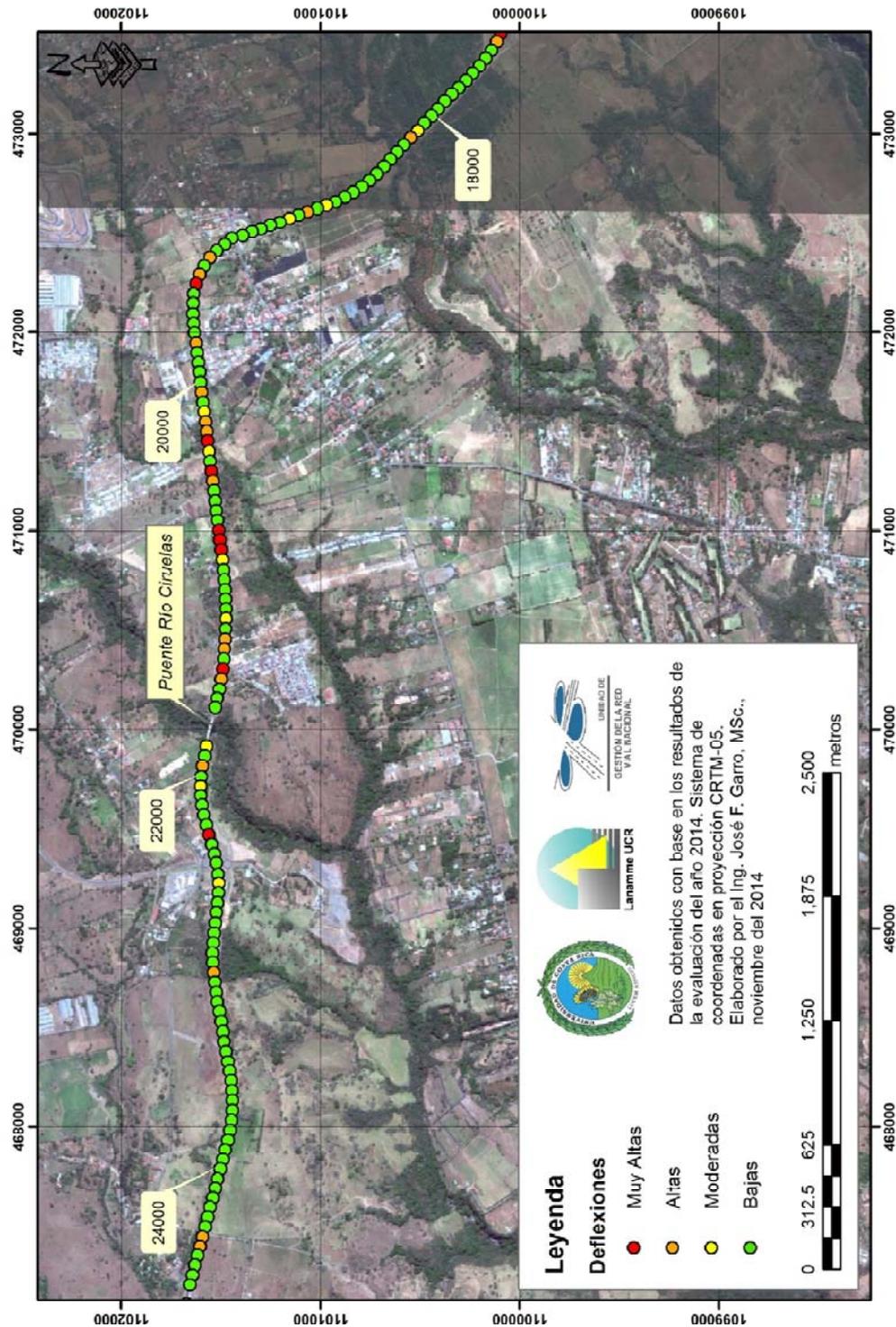


Figura A1 4 : Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 18+000 - 24+000

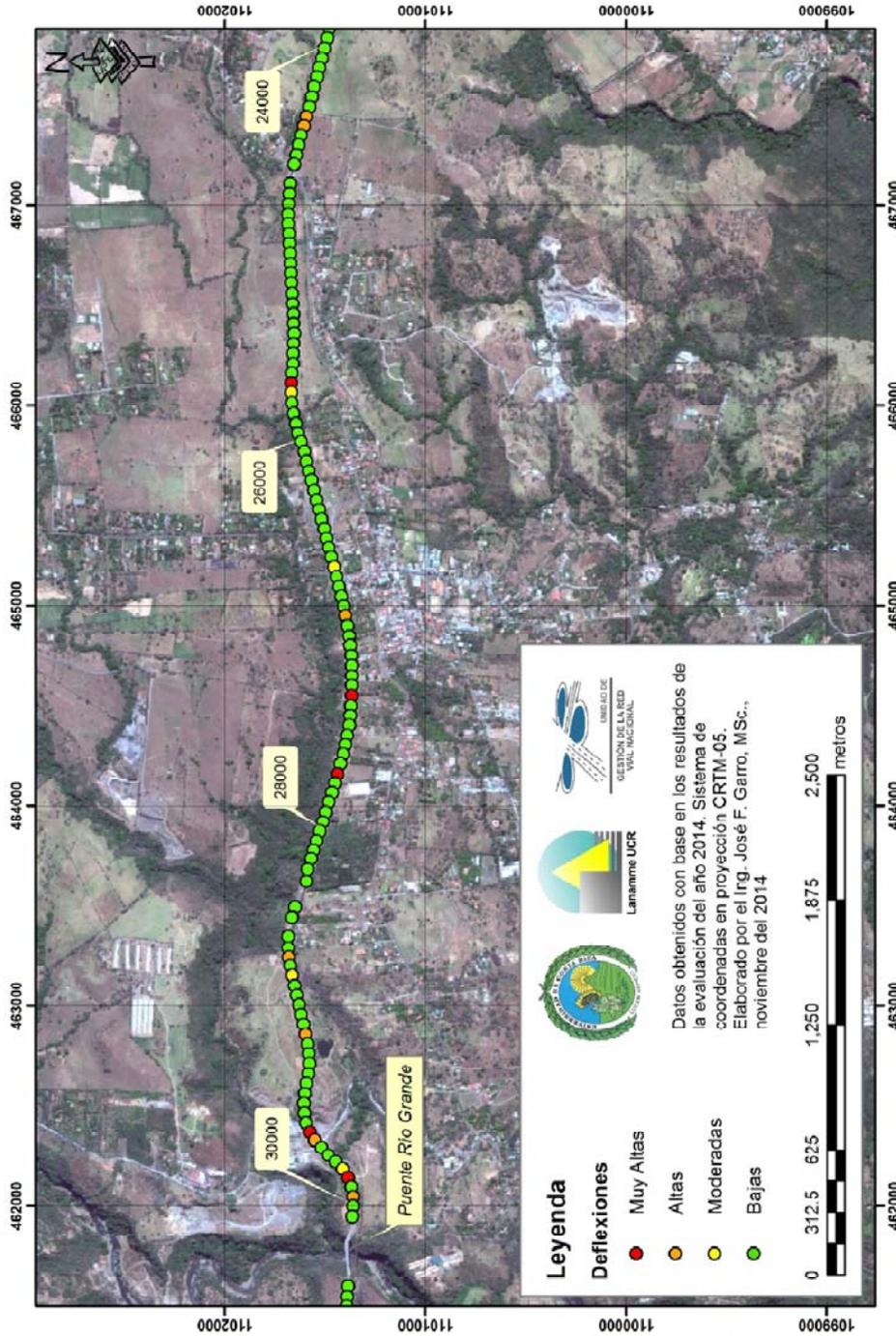


Figura A1 5 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 24+000 - 30+000

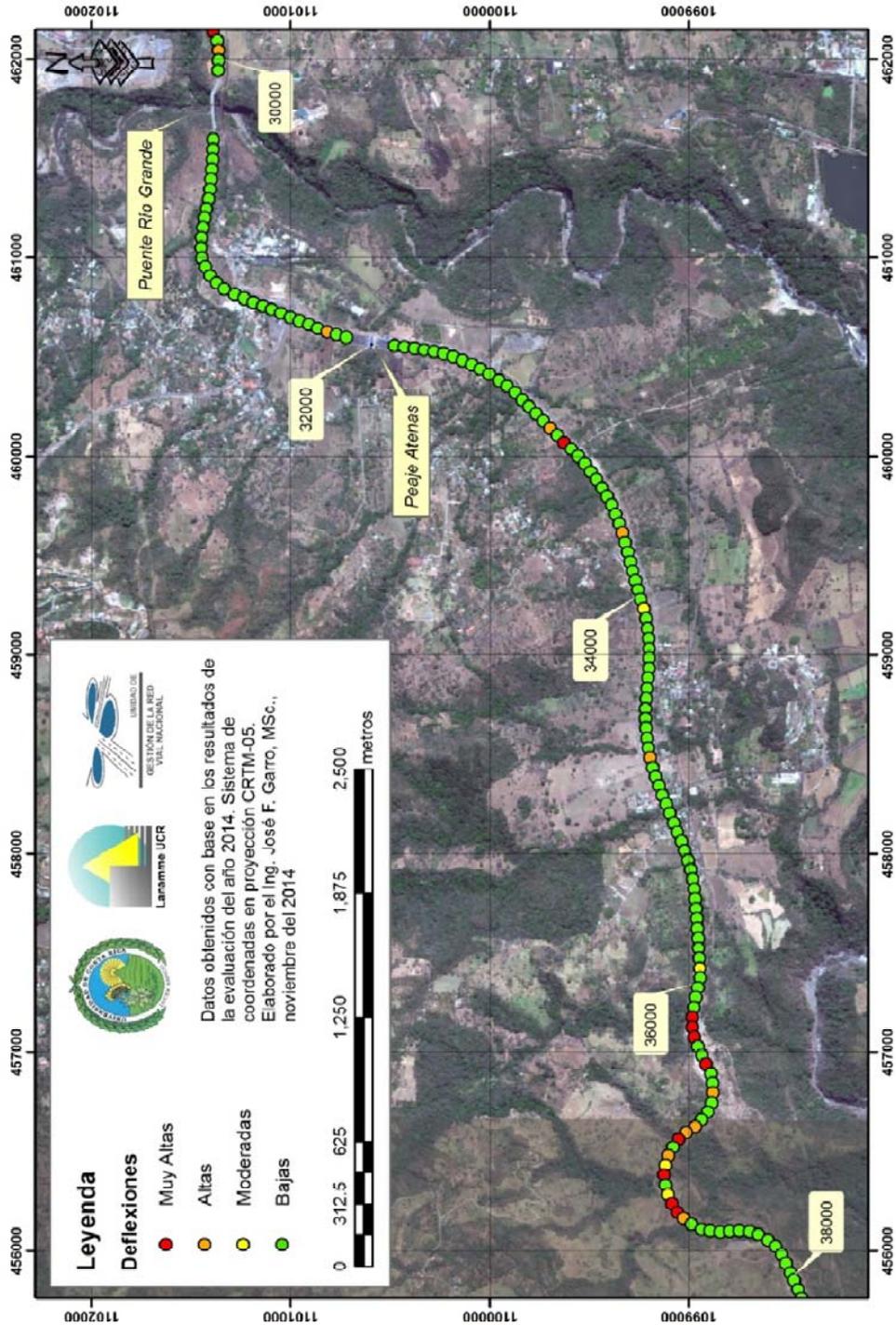


Figura A1 6 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 30+000 - 38+000

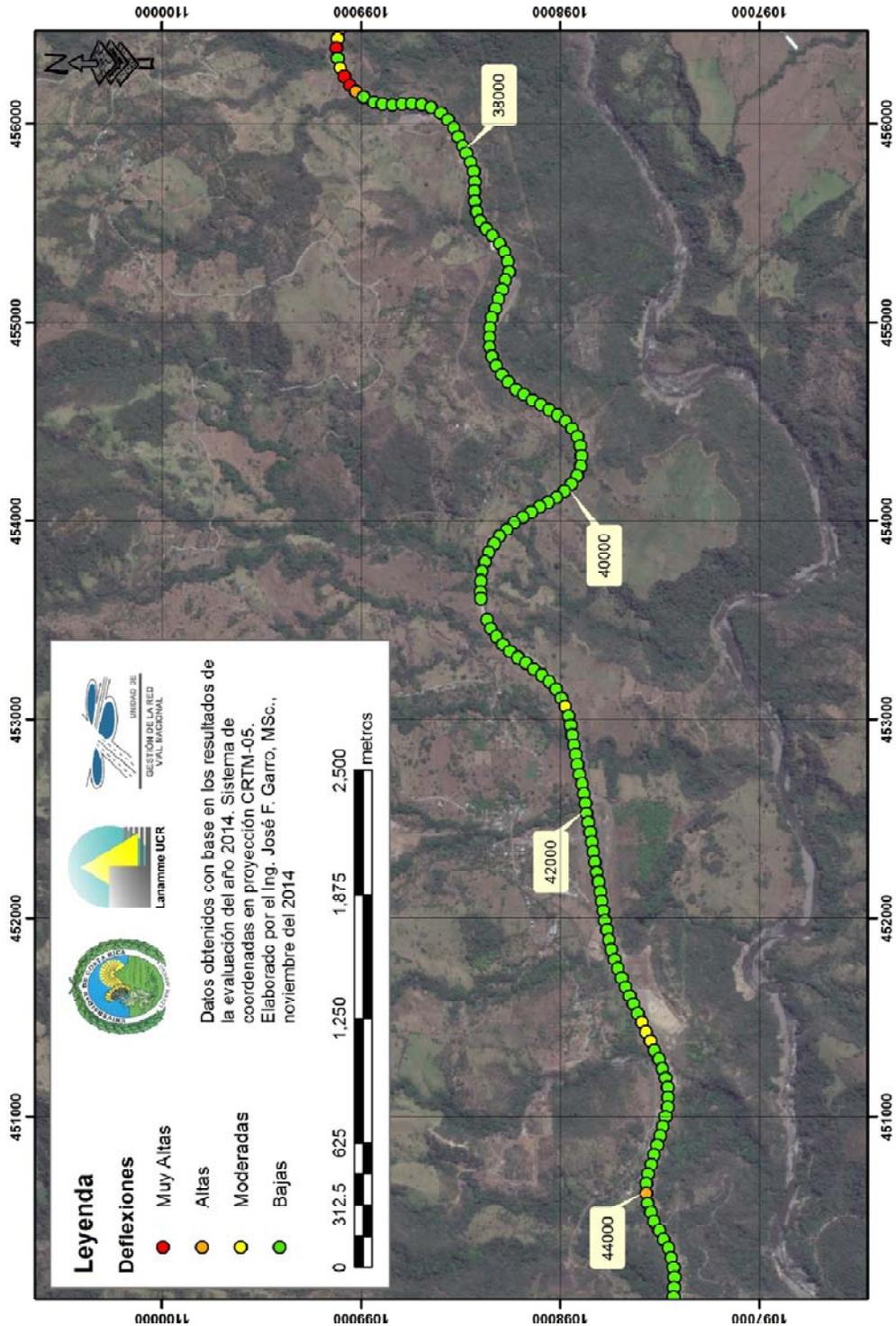


Figura A1 7 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 38+000 - 44+000

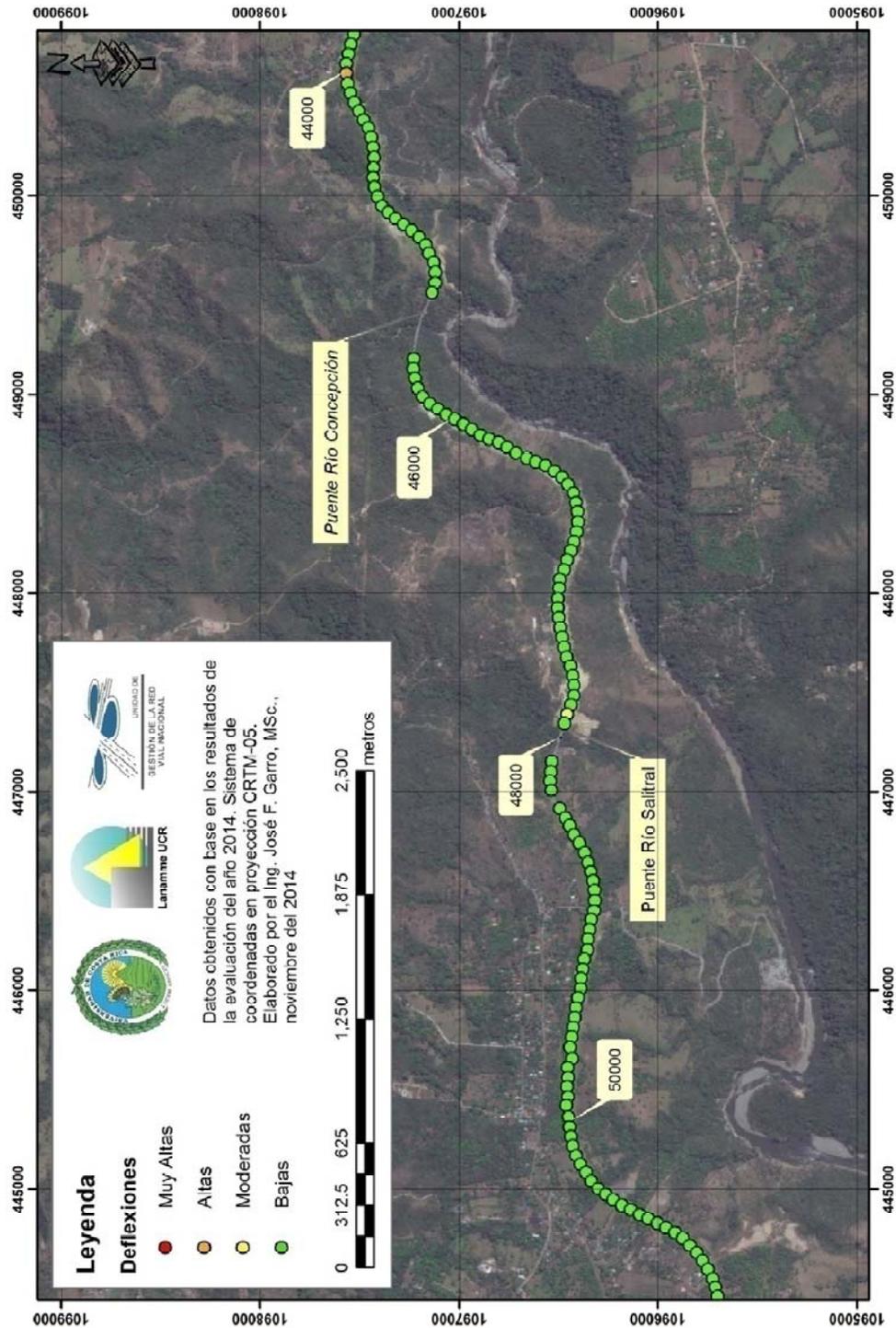


Figura A1 8 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 44+000 - 50+000

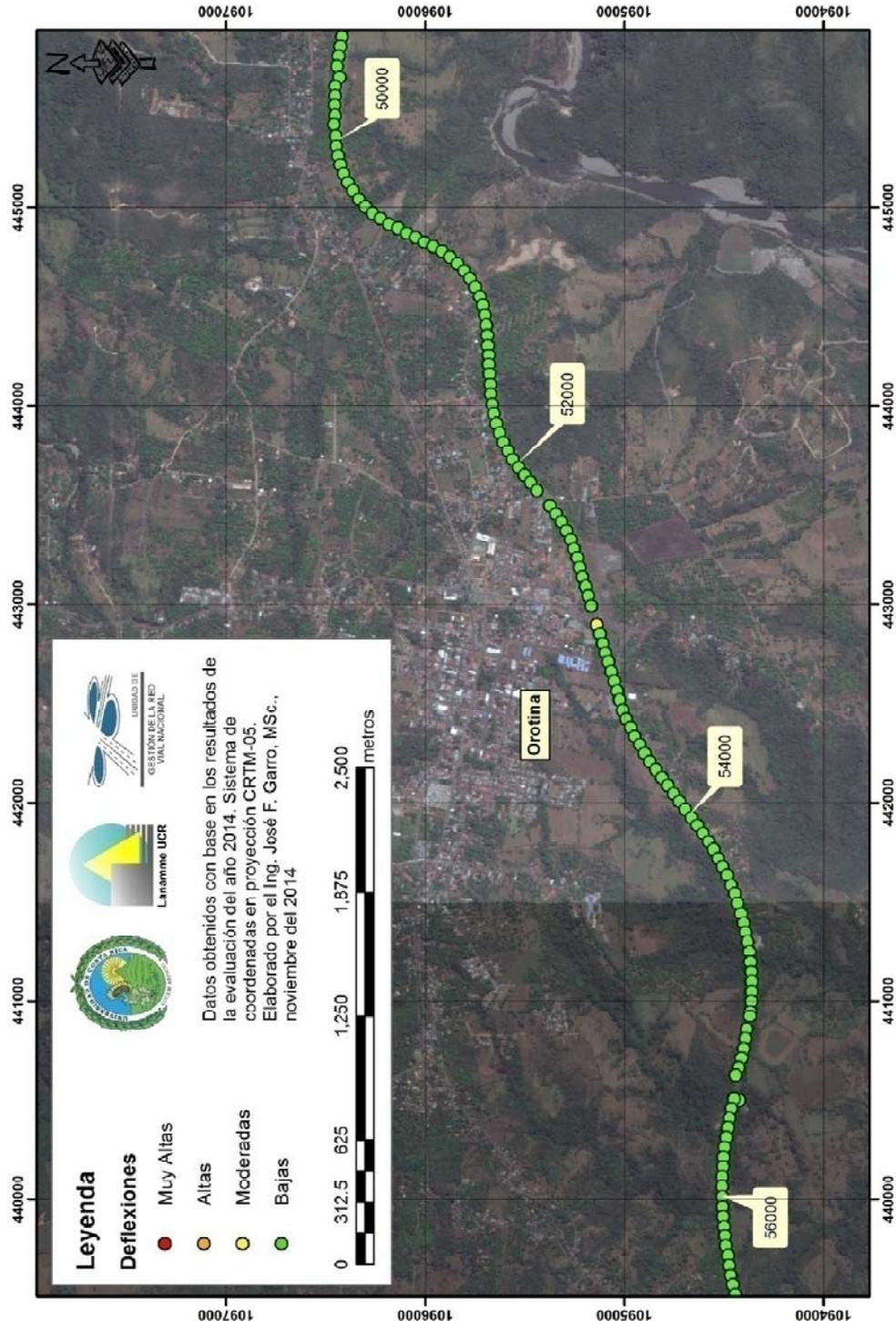


Figura A1 9 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 50+000 - 56+000

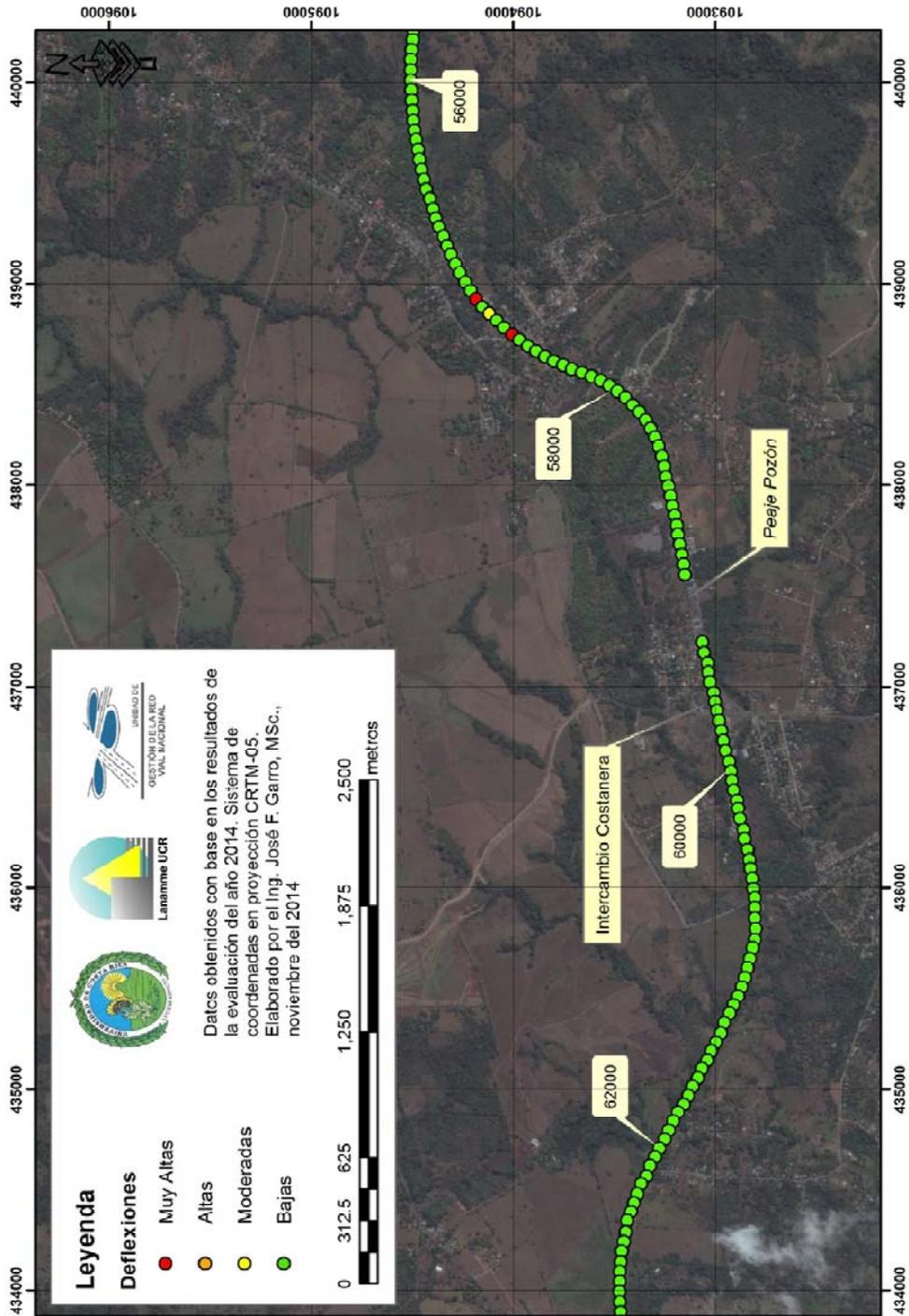


Figura A1 10 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 56+000 - 62+000

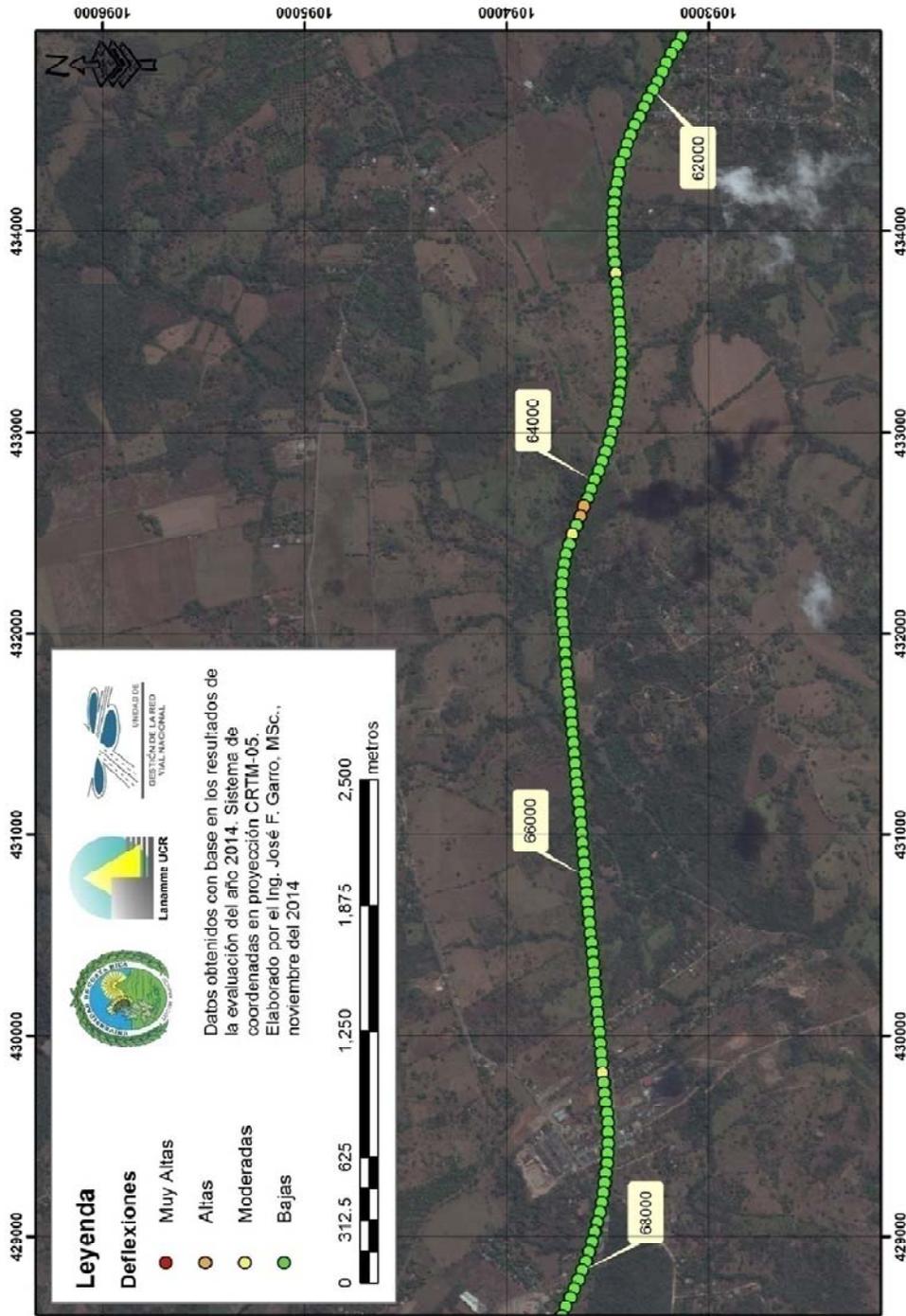


Figura A1 11 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 62+000 - 68+000

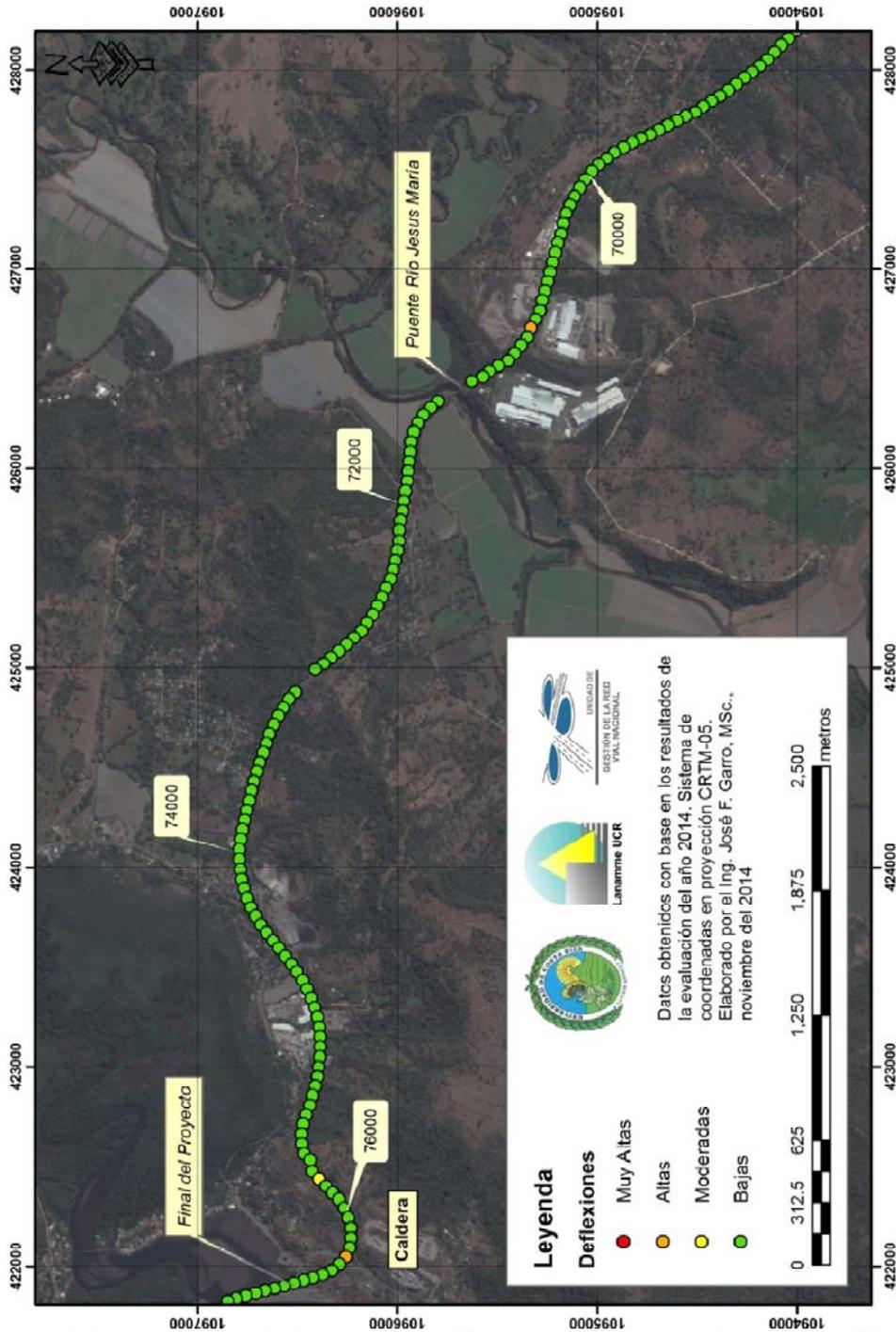


Figura A1 12 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 70+000 - 76+000

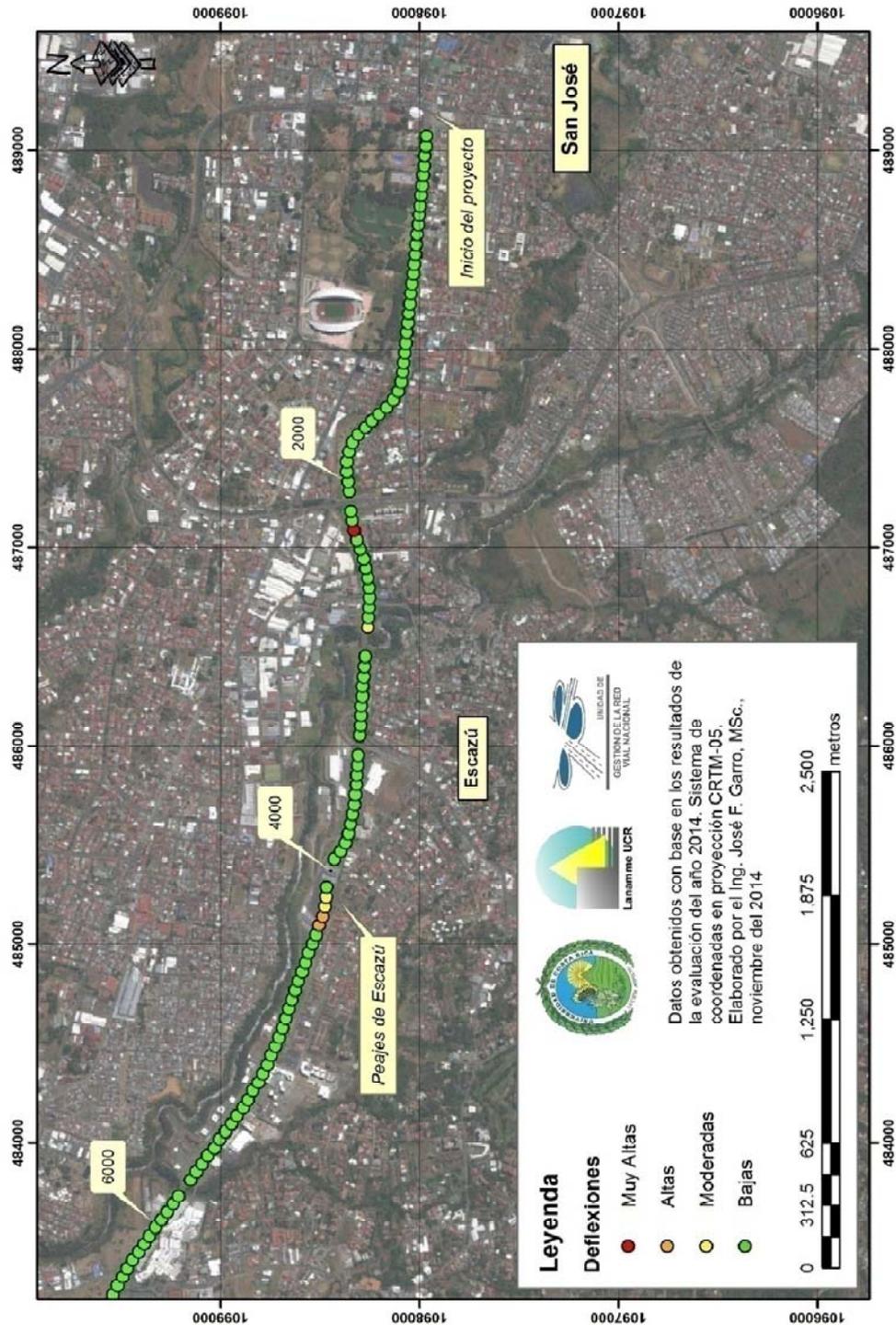


Figura A1 13 Resultados FWD,. Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 06+000

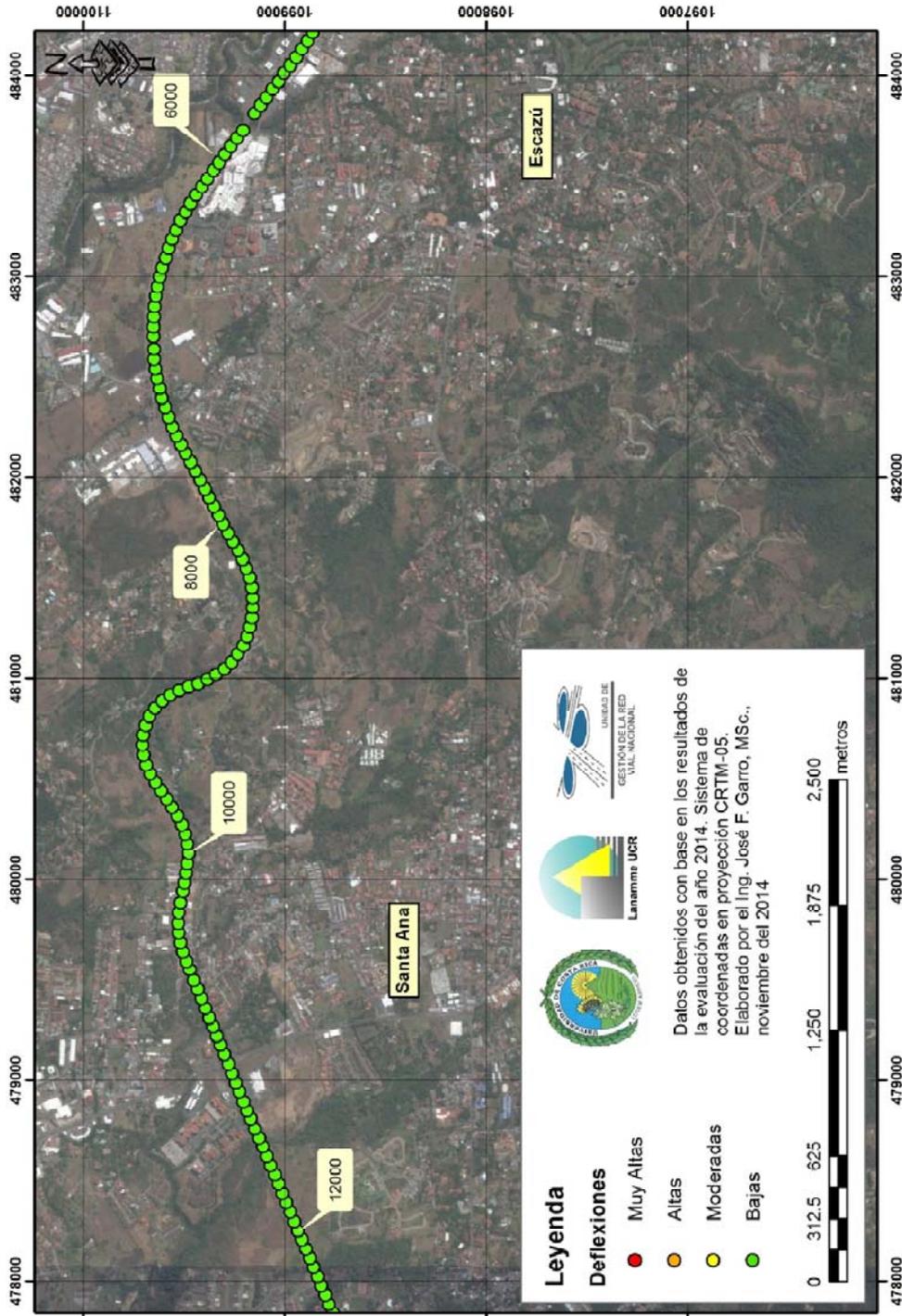


Figura A1 14 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 06+000 - 12+000

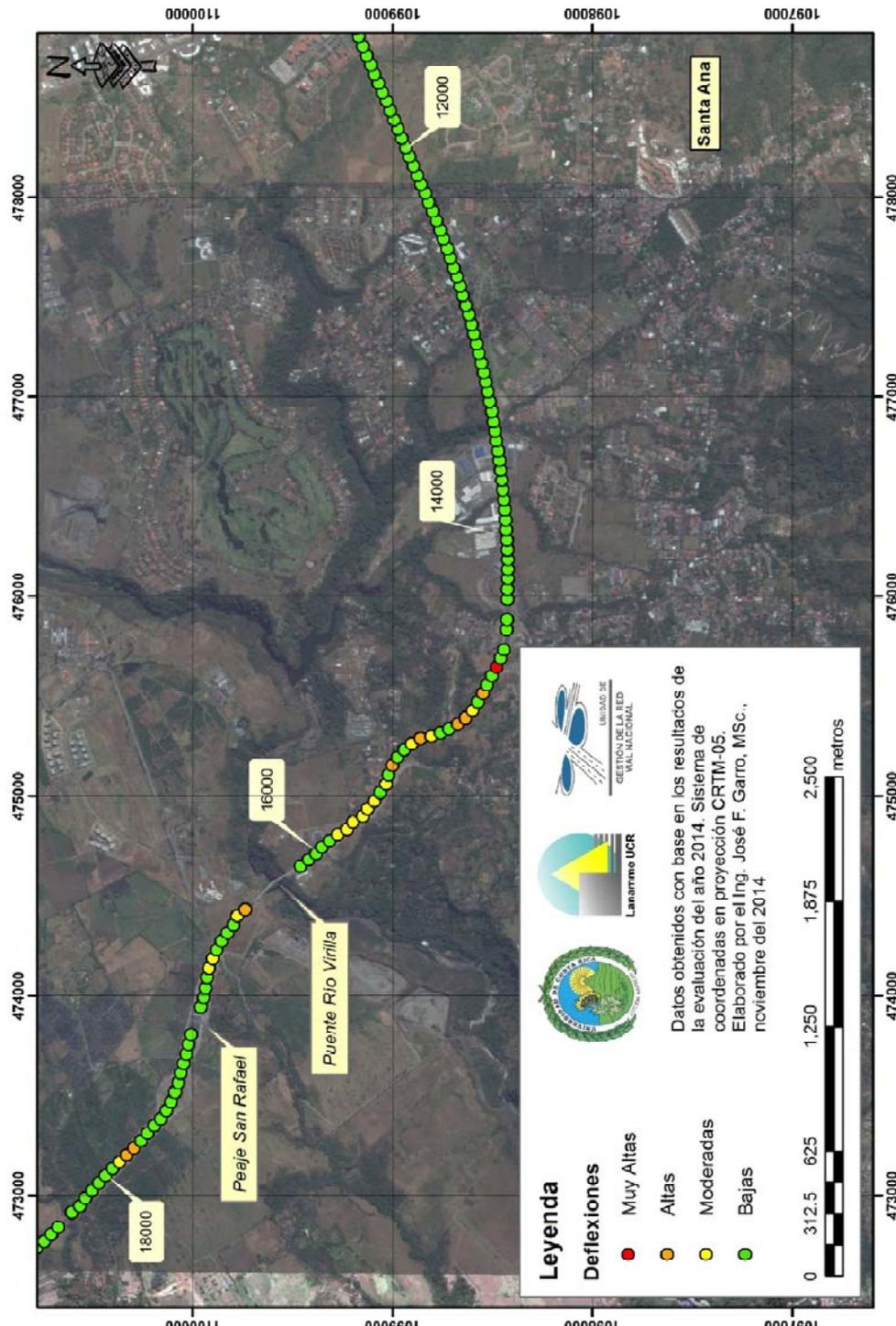


Figura A1 15 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 12+000 - 18+000

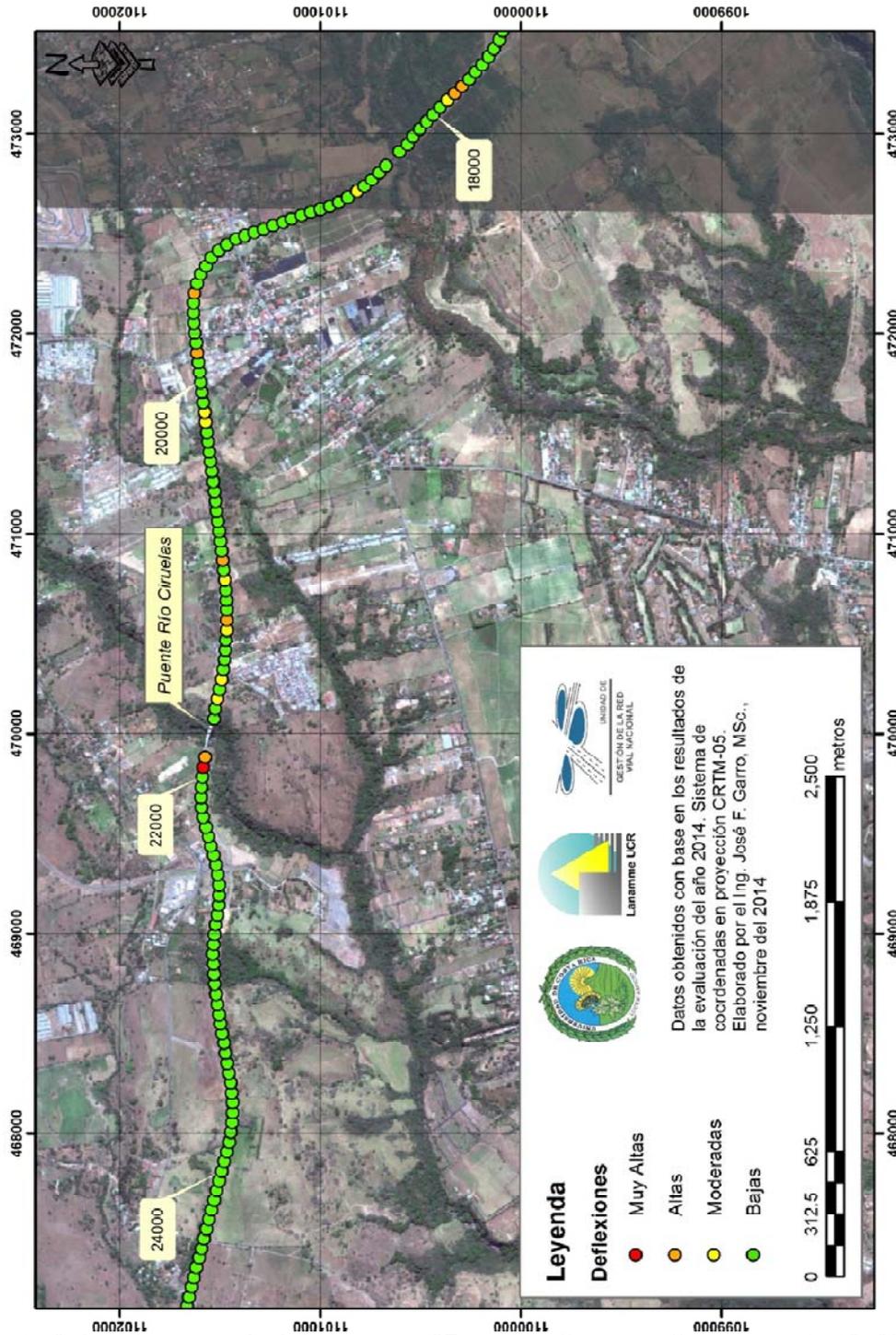


Figura A1 16 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 18+000 - 24+000

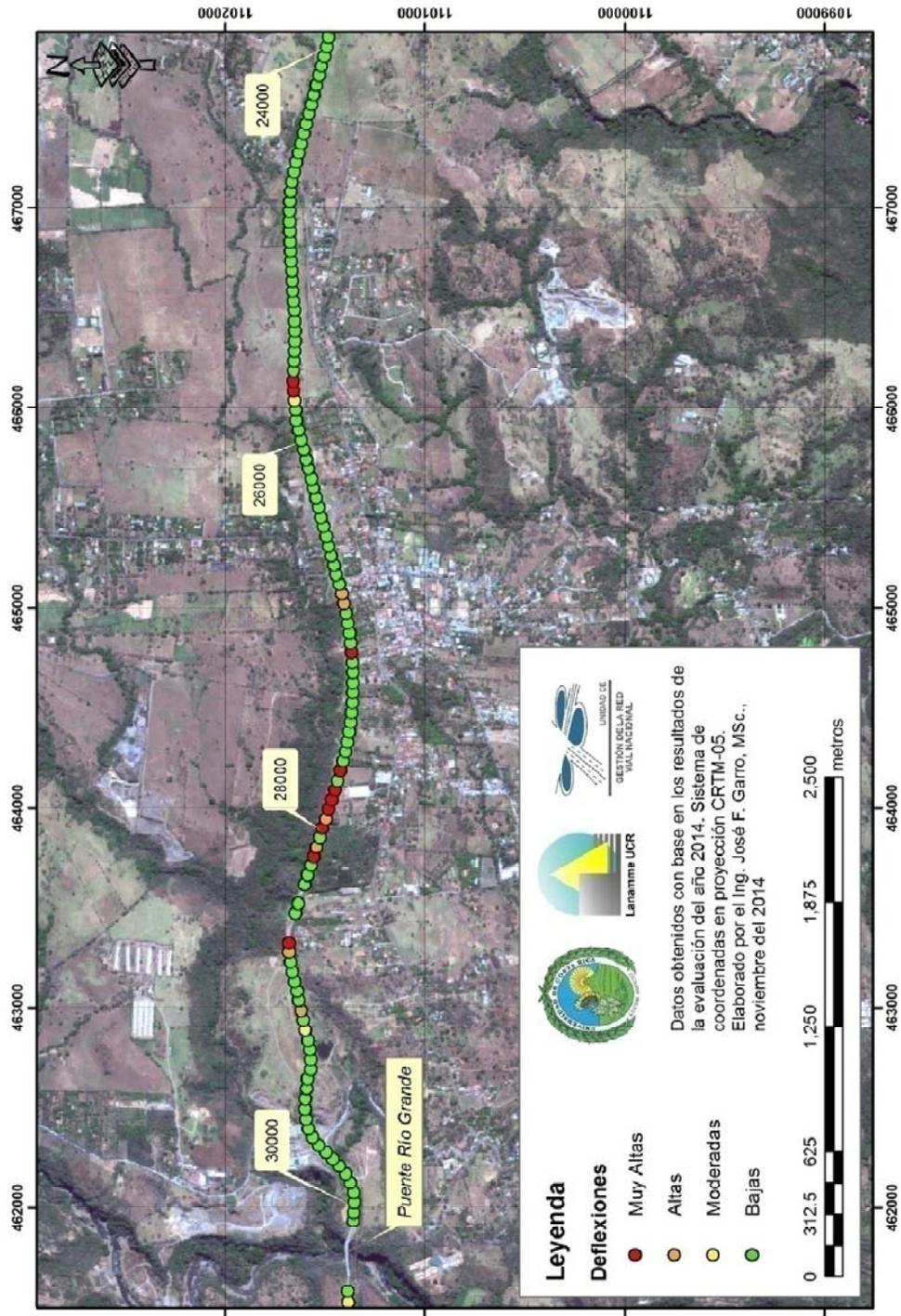


Figura A1 17 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 24+000 - 30+000

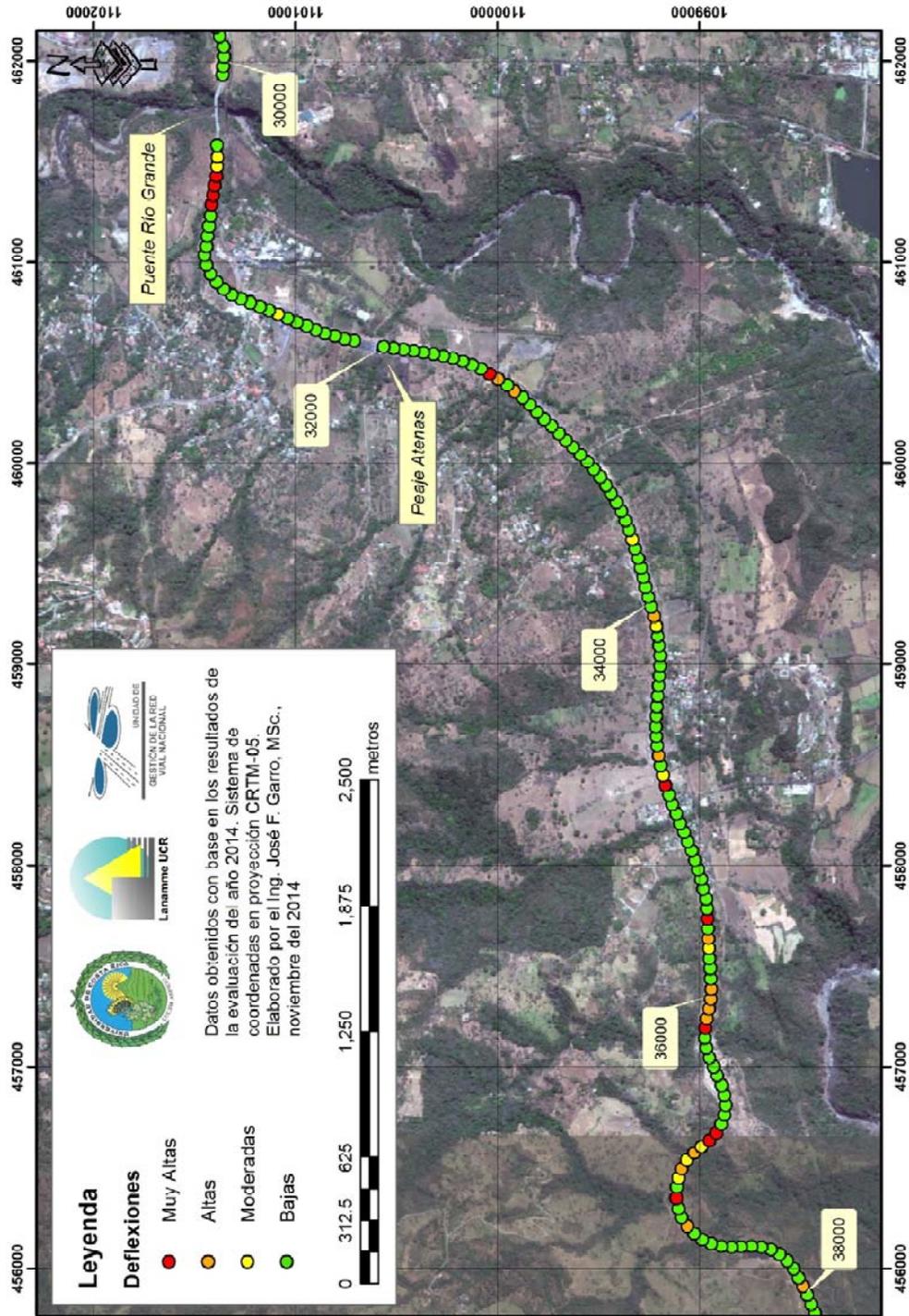


Figura A1 18 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 30+000 - 38+000

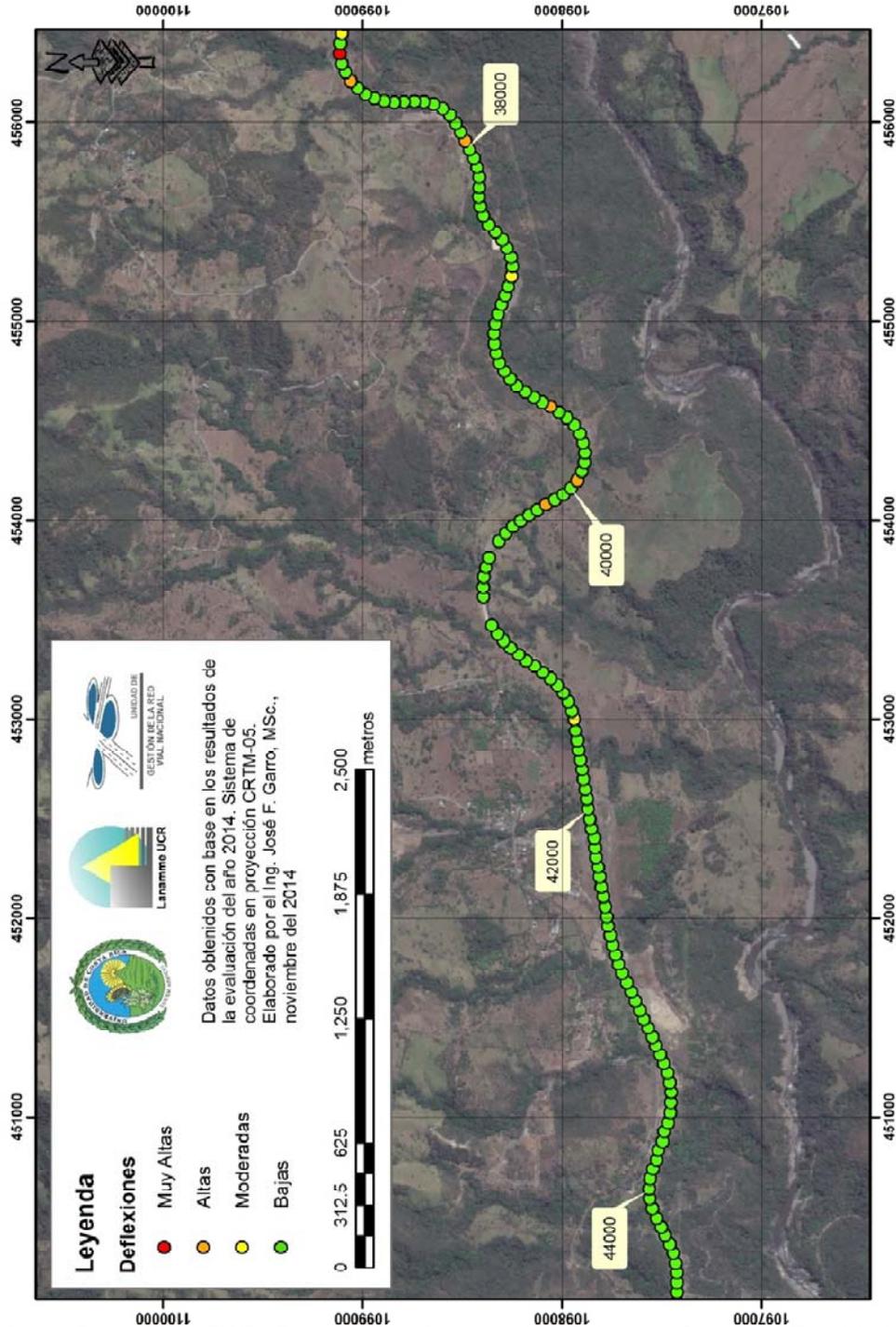


Figura A1 19 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 38+000 - 44+000

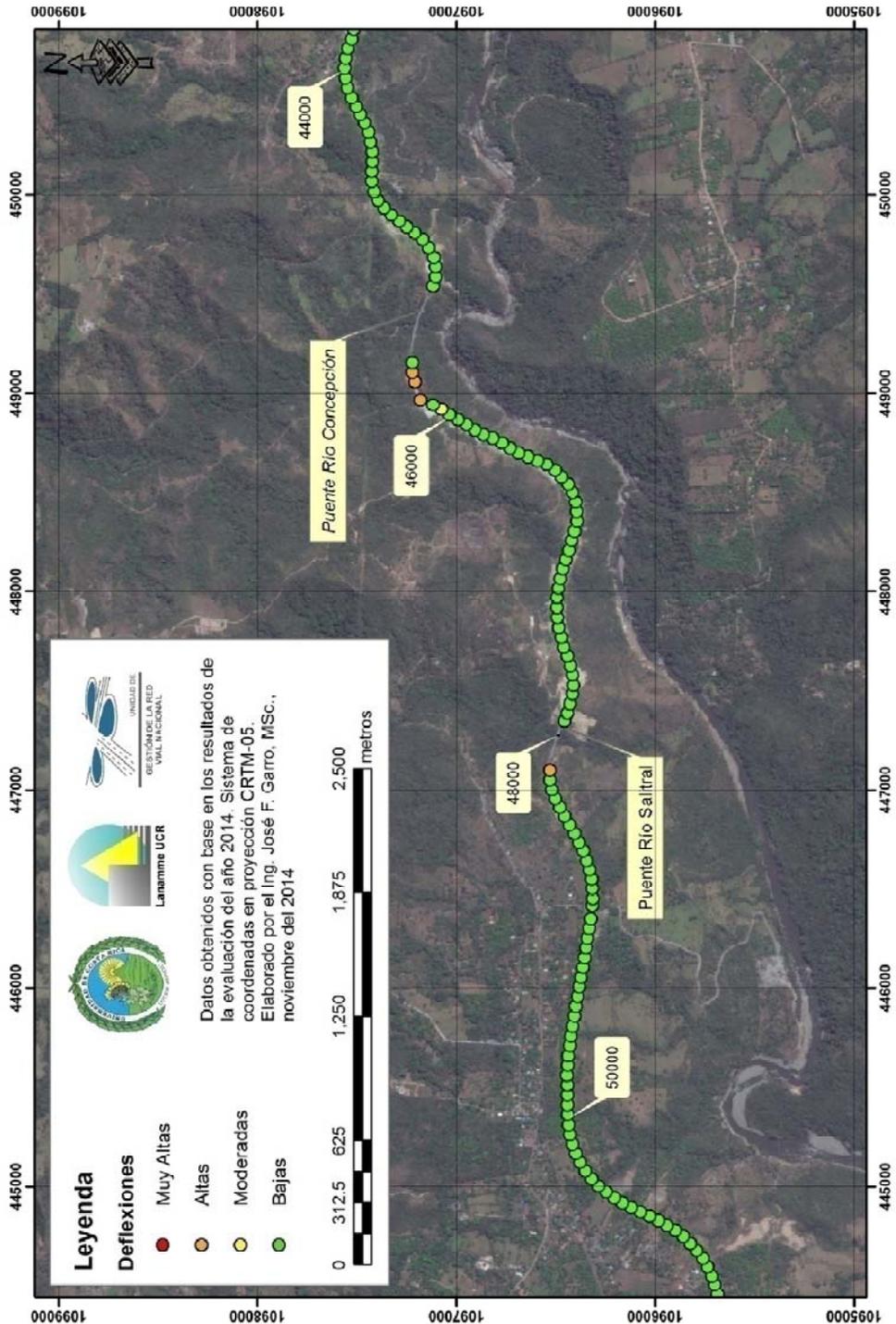


Figura A1 20 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 44+000 - 50+000

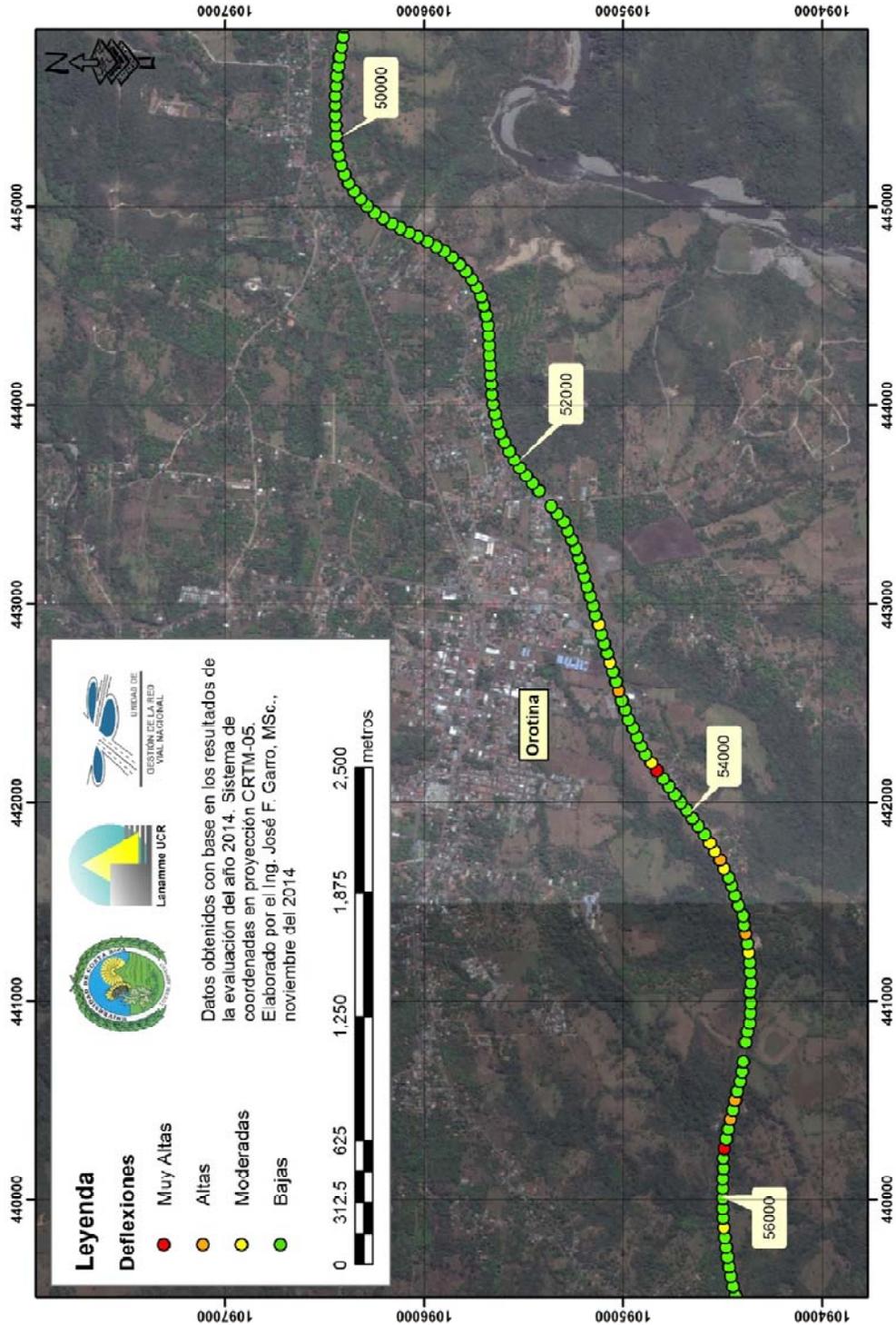


Figura A1 21 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera 0– San José Est. 50+000 - 56+000

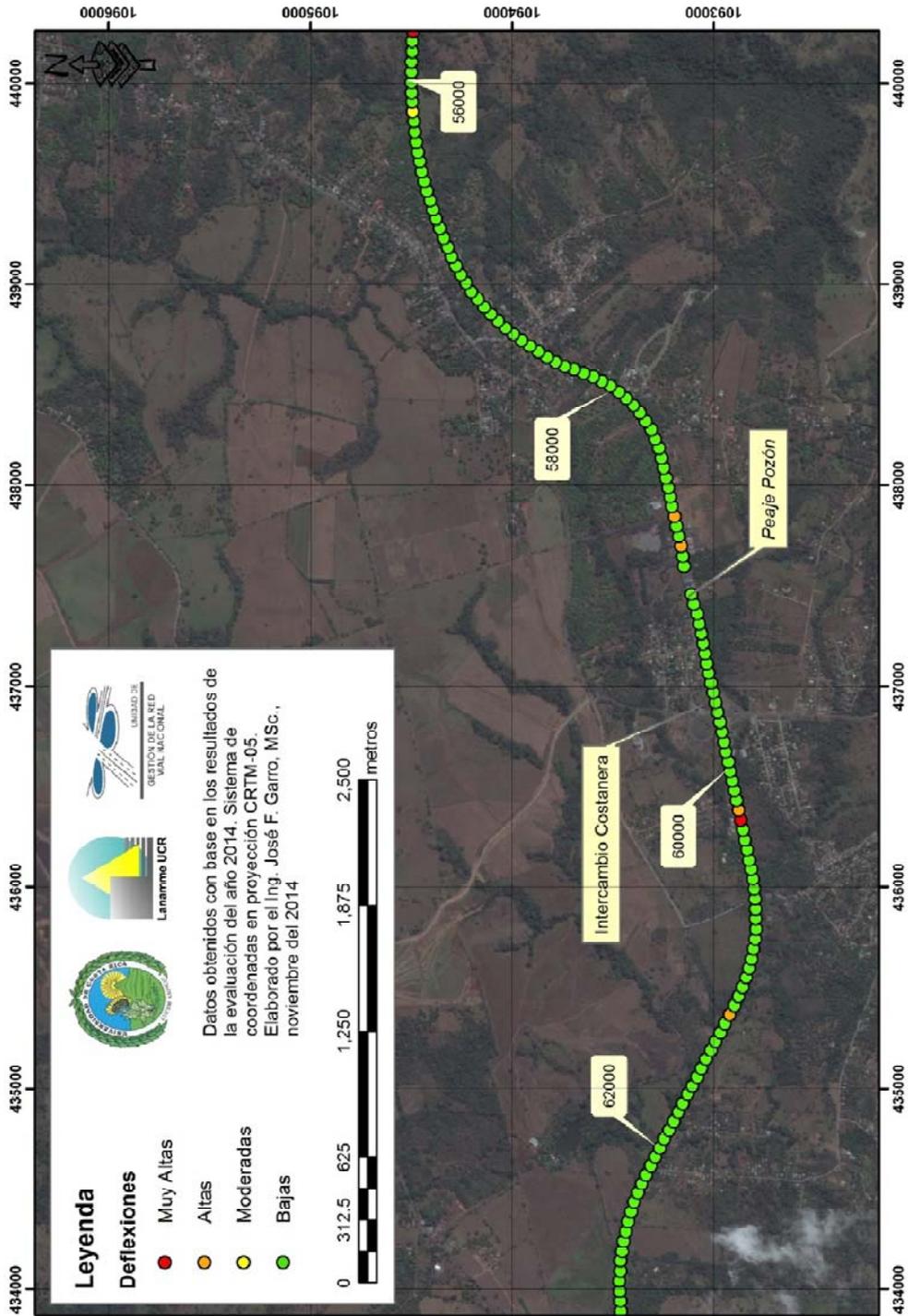


Figura A1 22 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 56+000 - 62+000

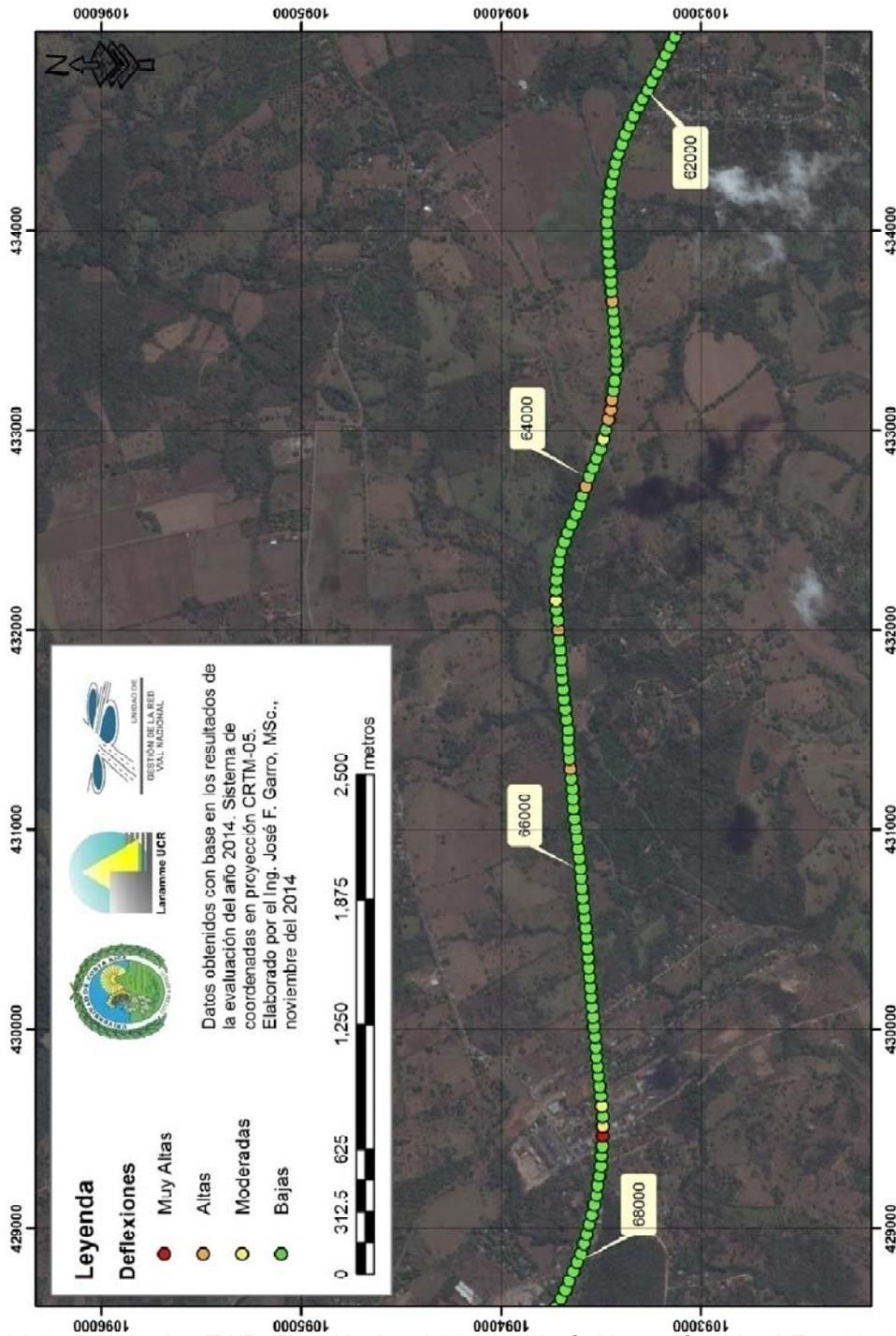


Figura A1 23 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 62+000 - 68+000

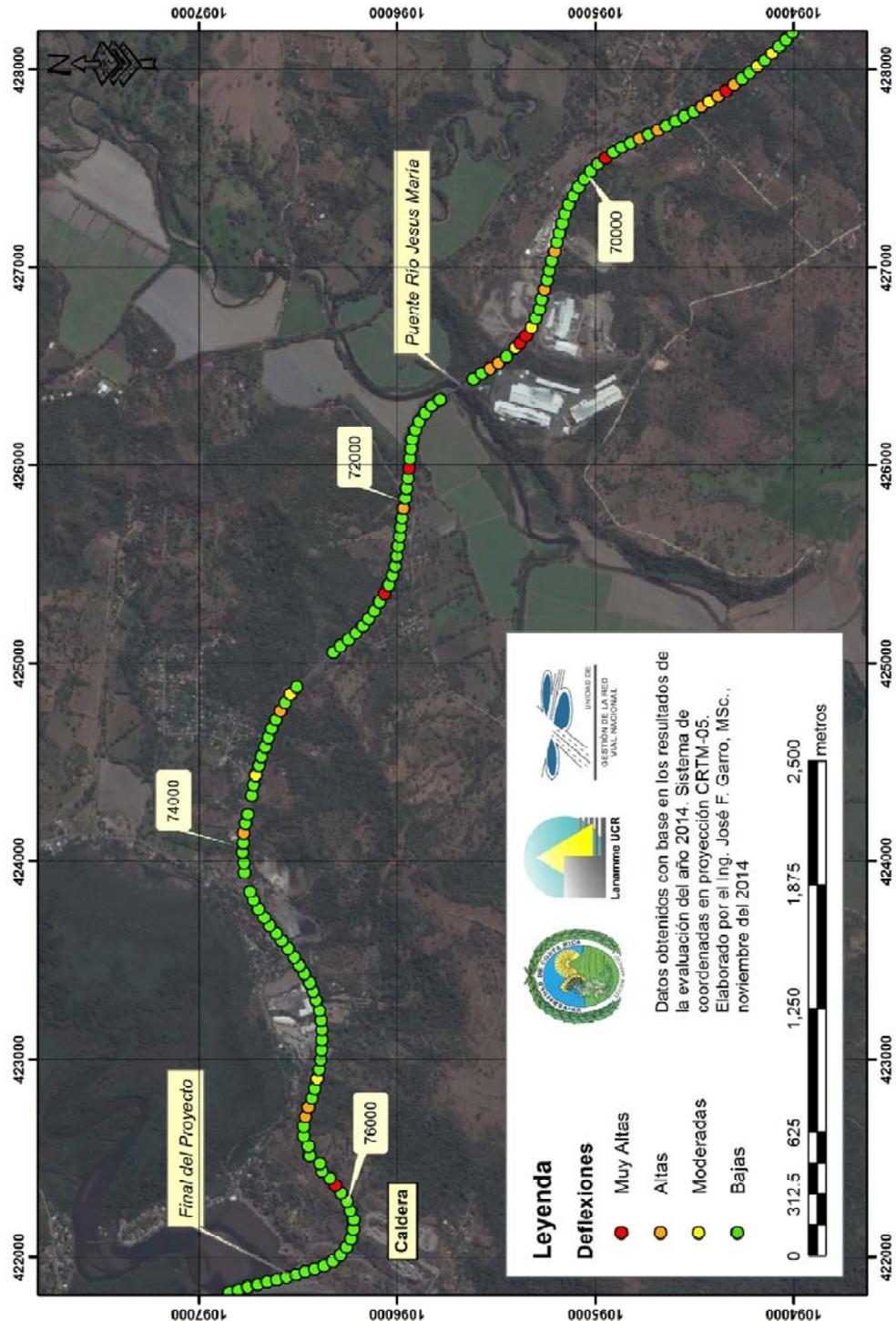


Figura A1 24 Resultados FWD, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 70+000 - 76+000



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,



	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
Deficiente	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

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.

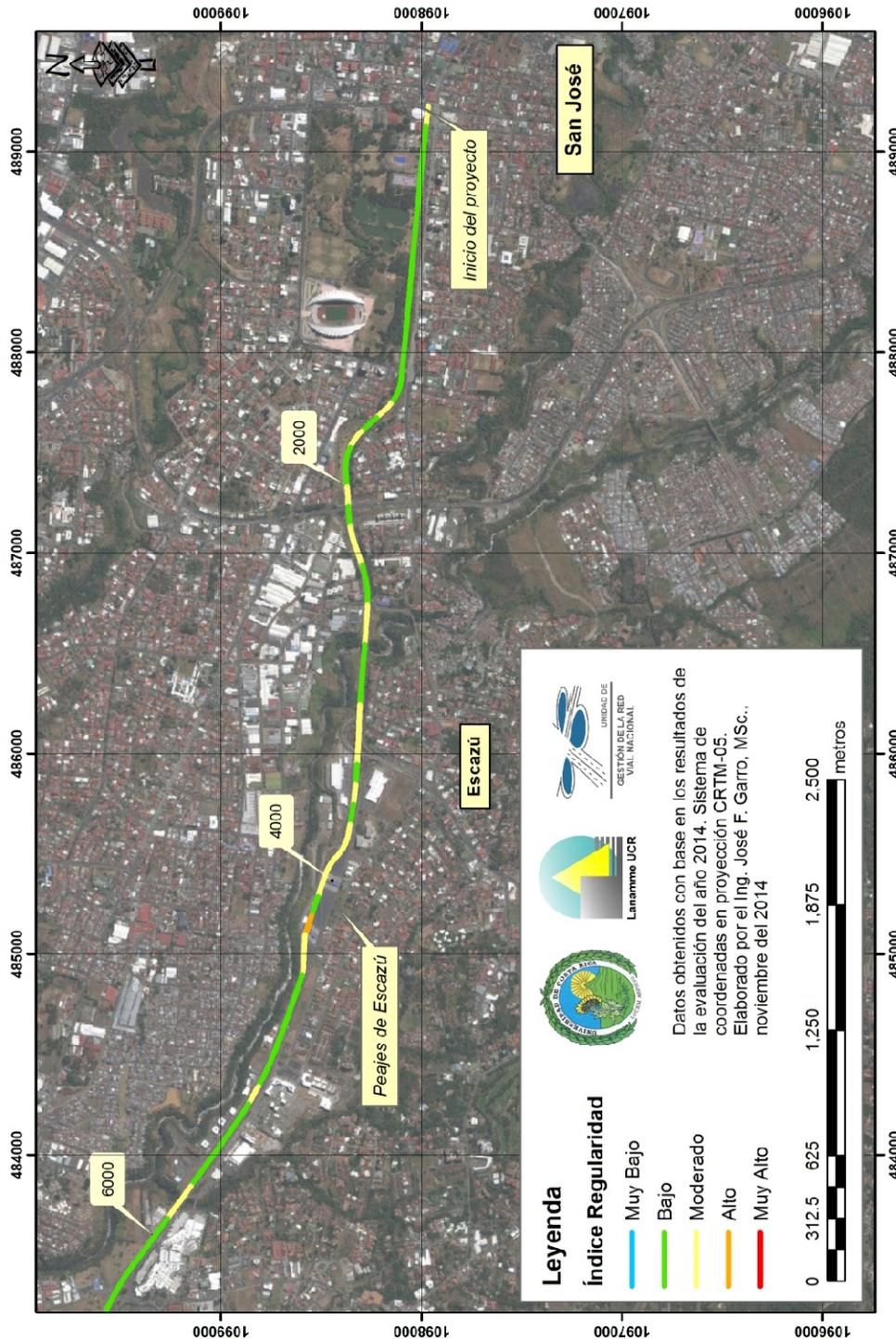


Figura A2 1 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 0+000 - 06+000

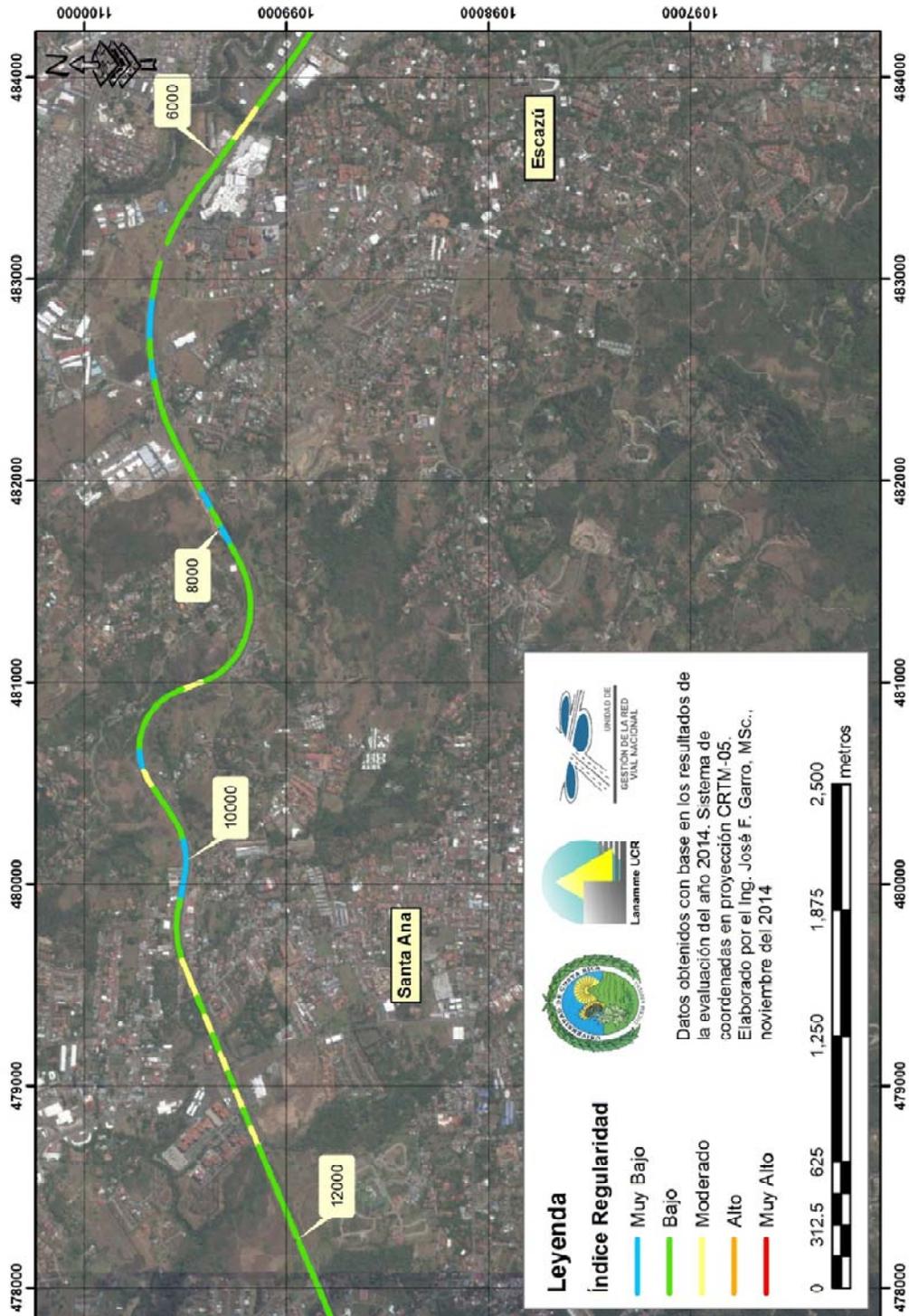


Figura A2 2 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 06+000 - 12+000

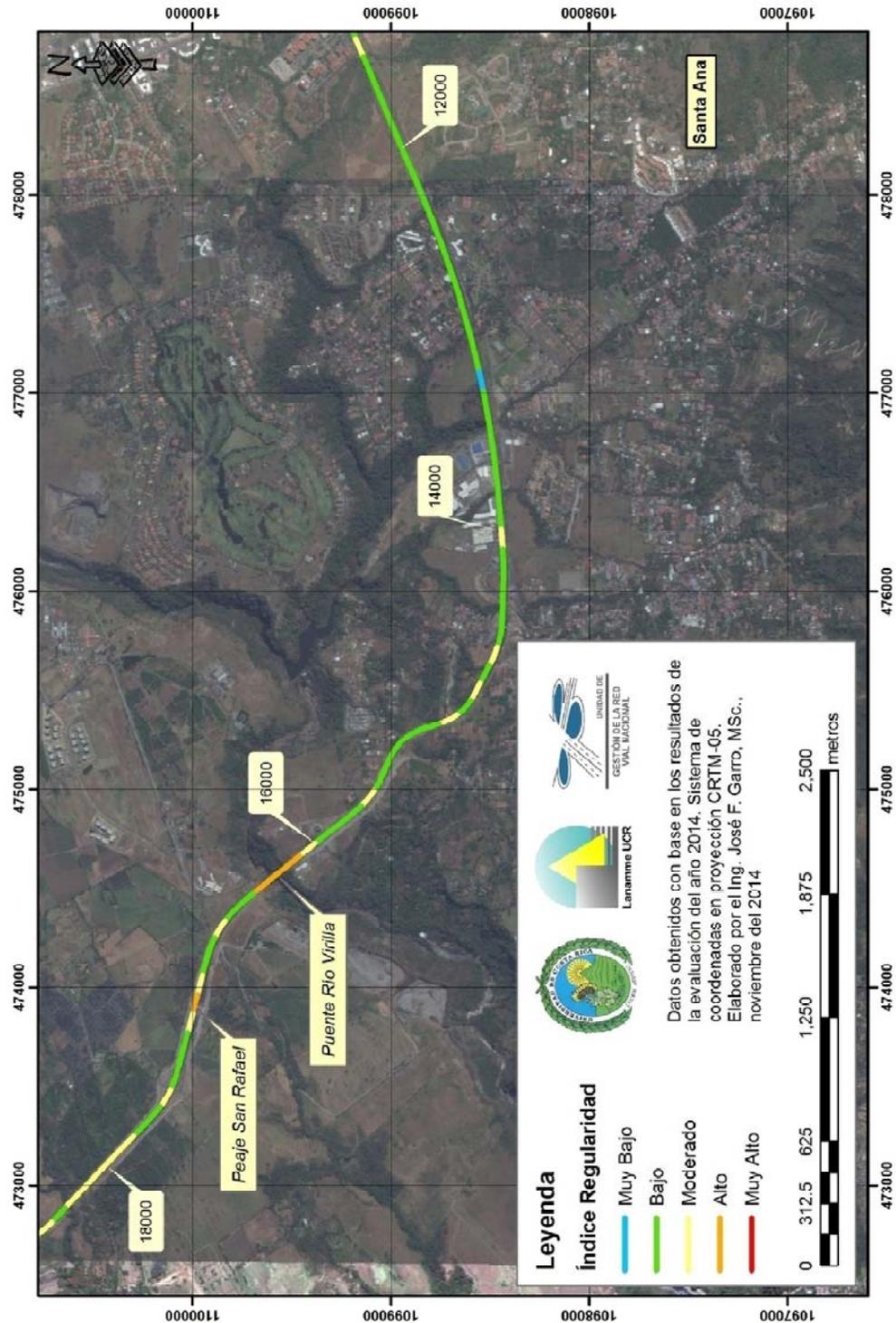


Figura A2 3 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 12+000 - 18+000

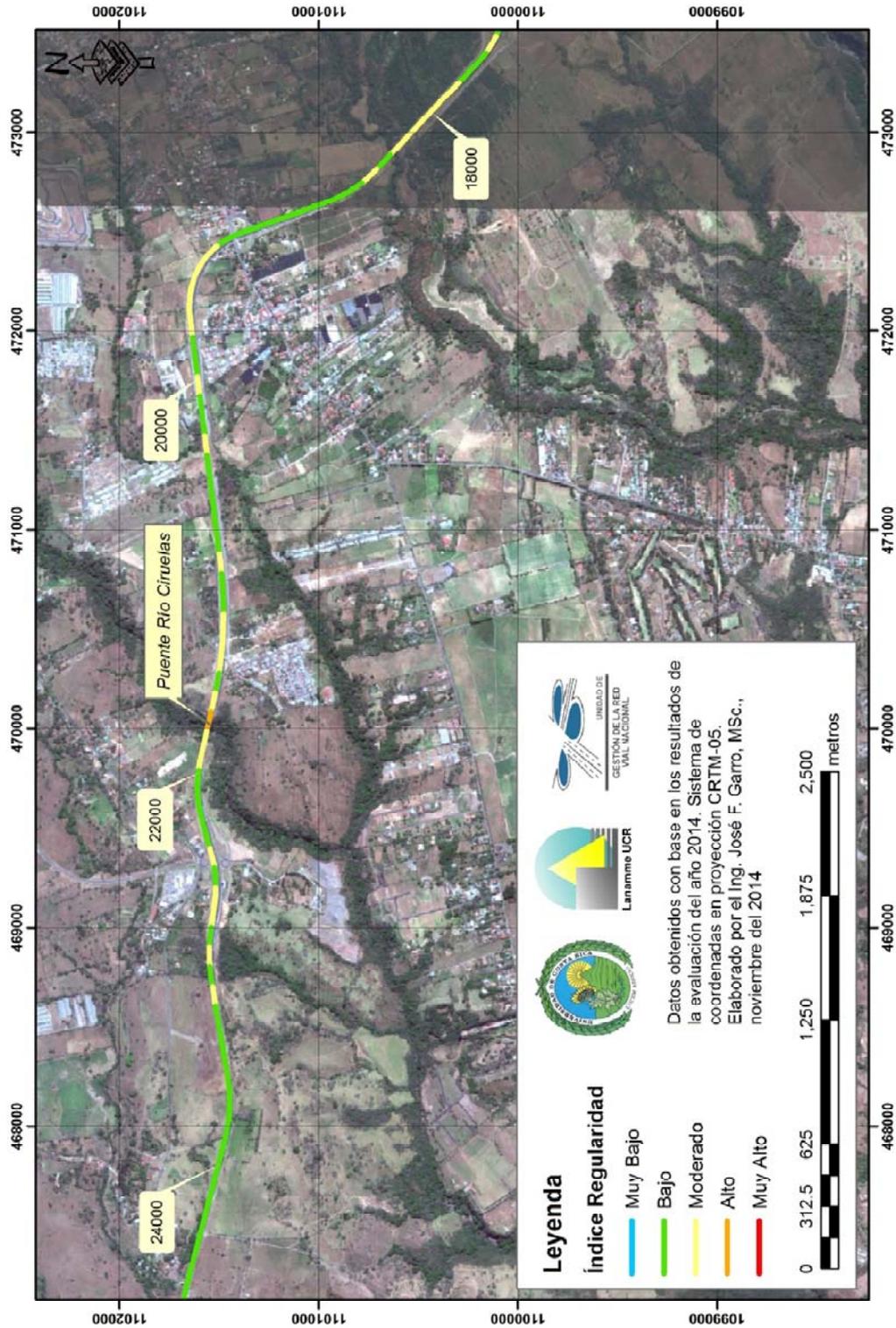


Figura A2 4 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 18+000 - 24+000

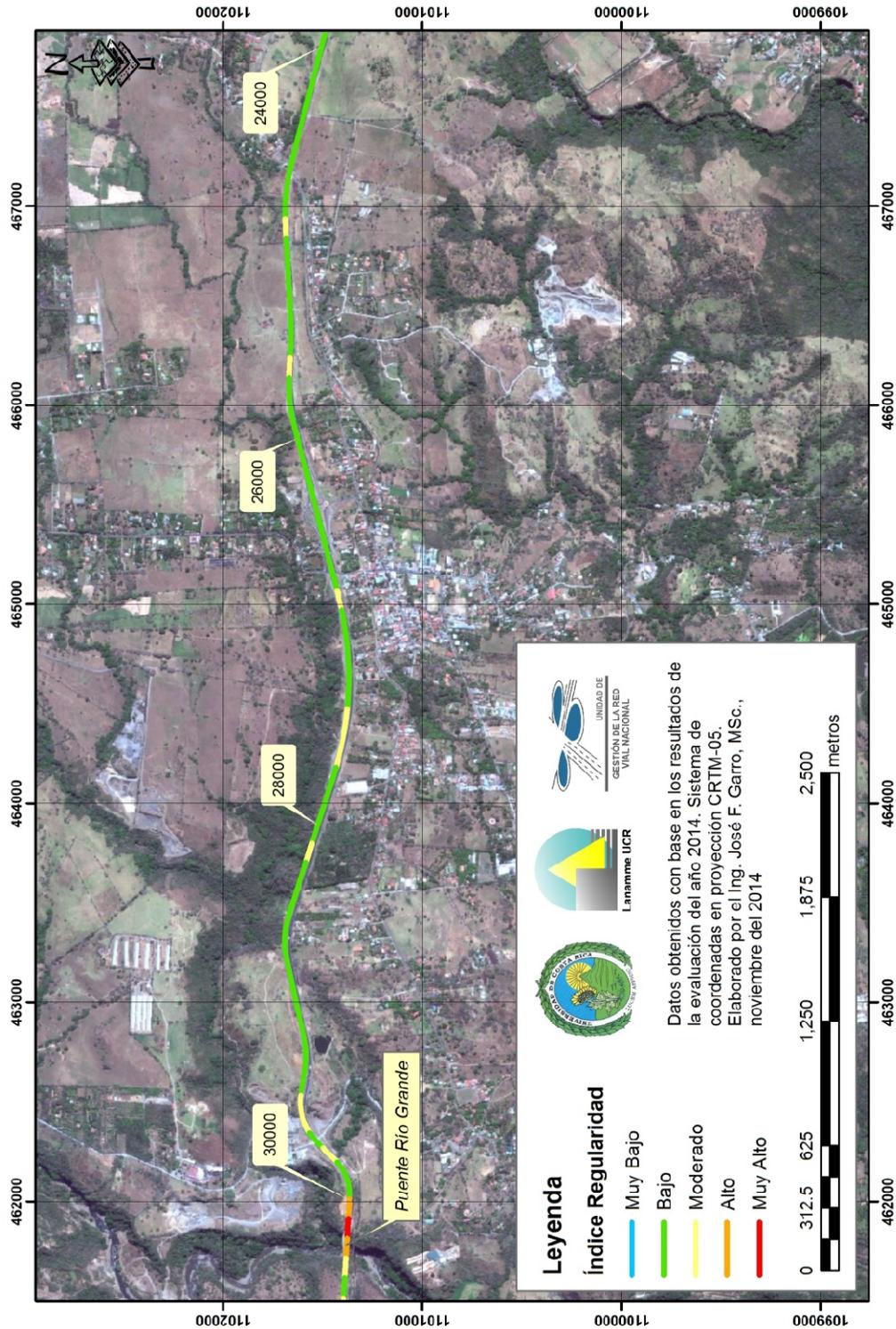


Figura A2 5 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera 24+000 - 30+000

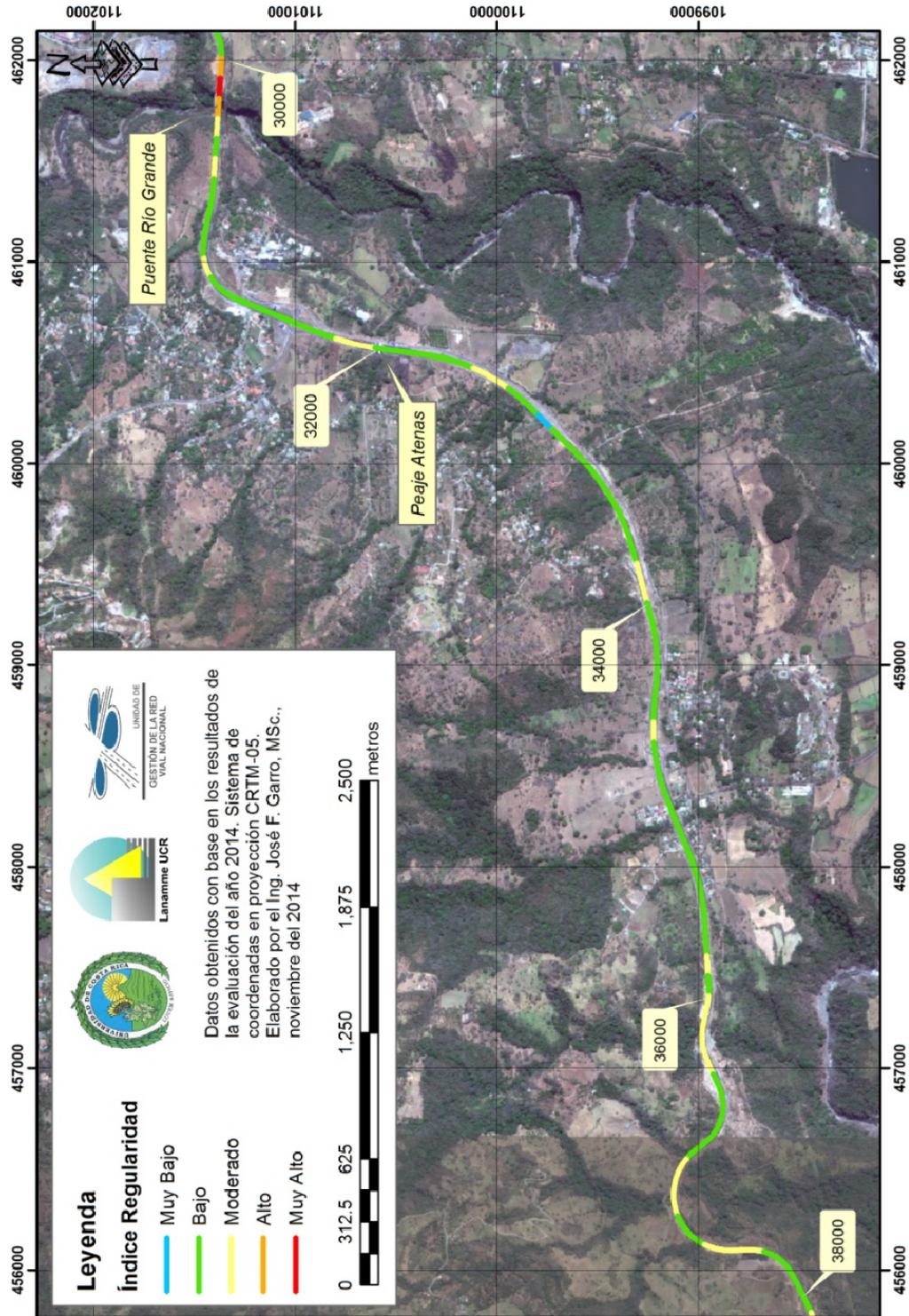


Figura A2 6 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 30+000 - 38+000

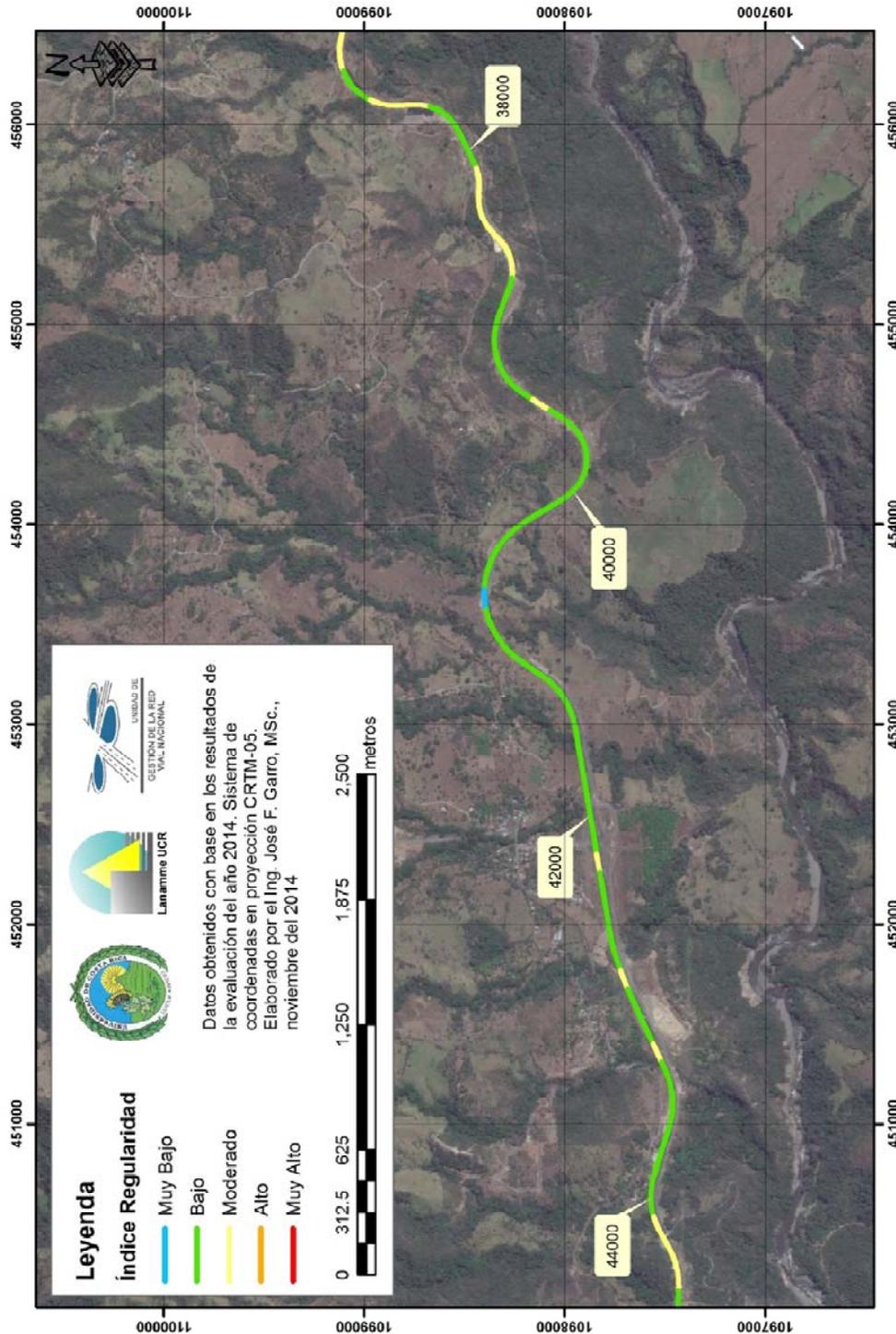


Figura A2 7 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 38+000 - 44+000

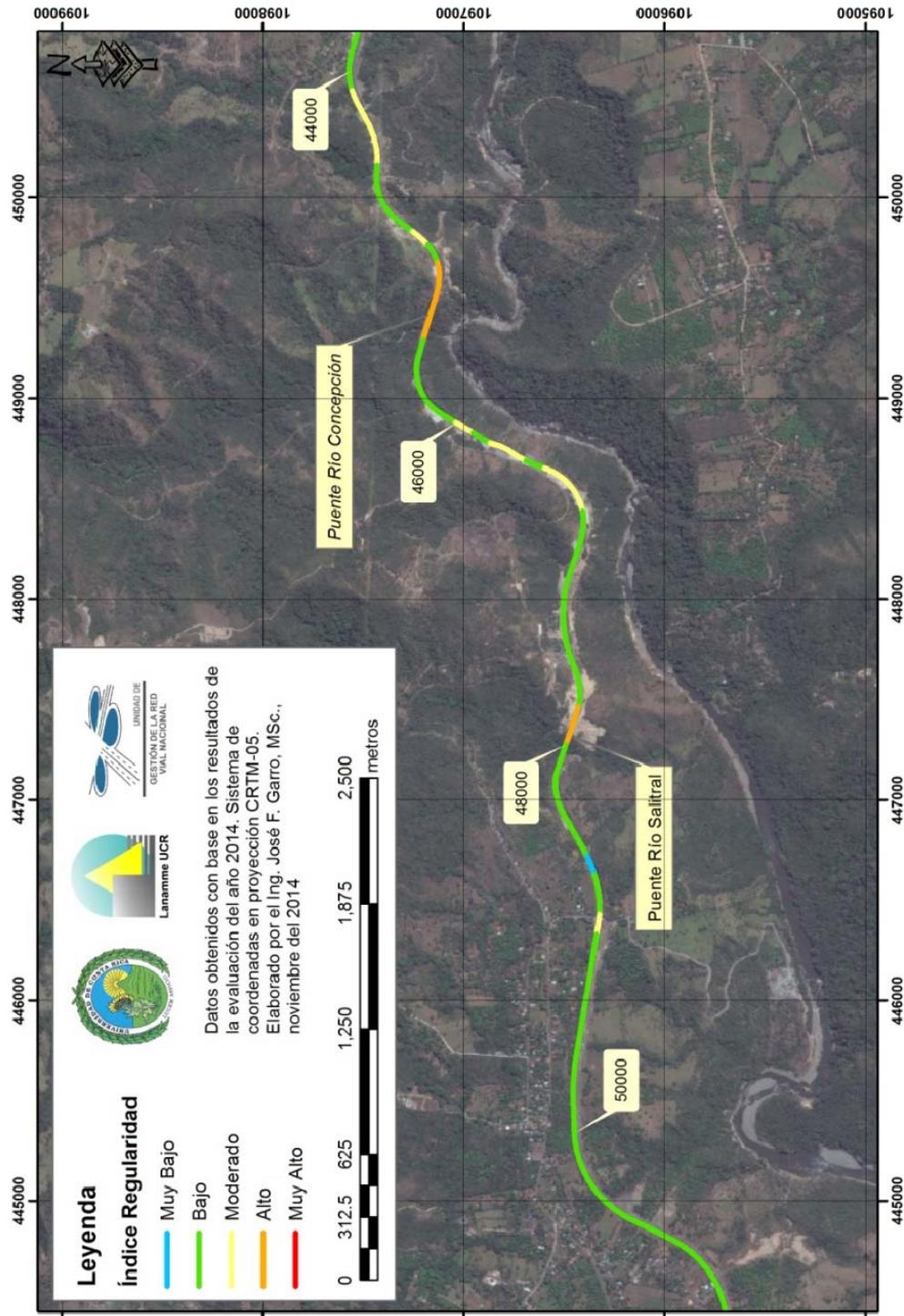


Figura A2 8 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 44+000 - 50+000

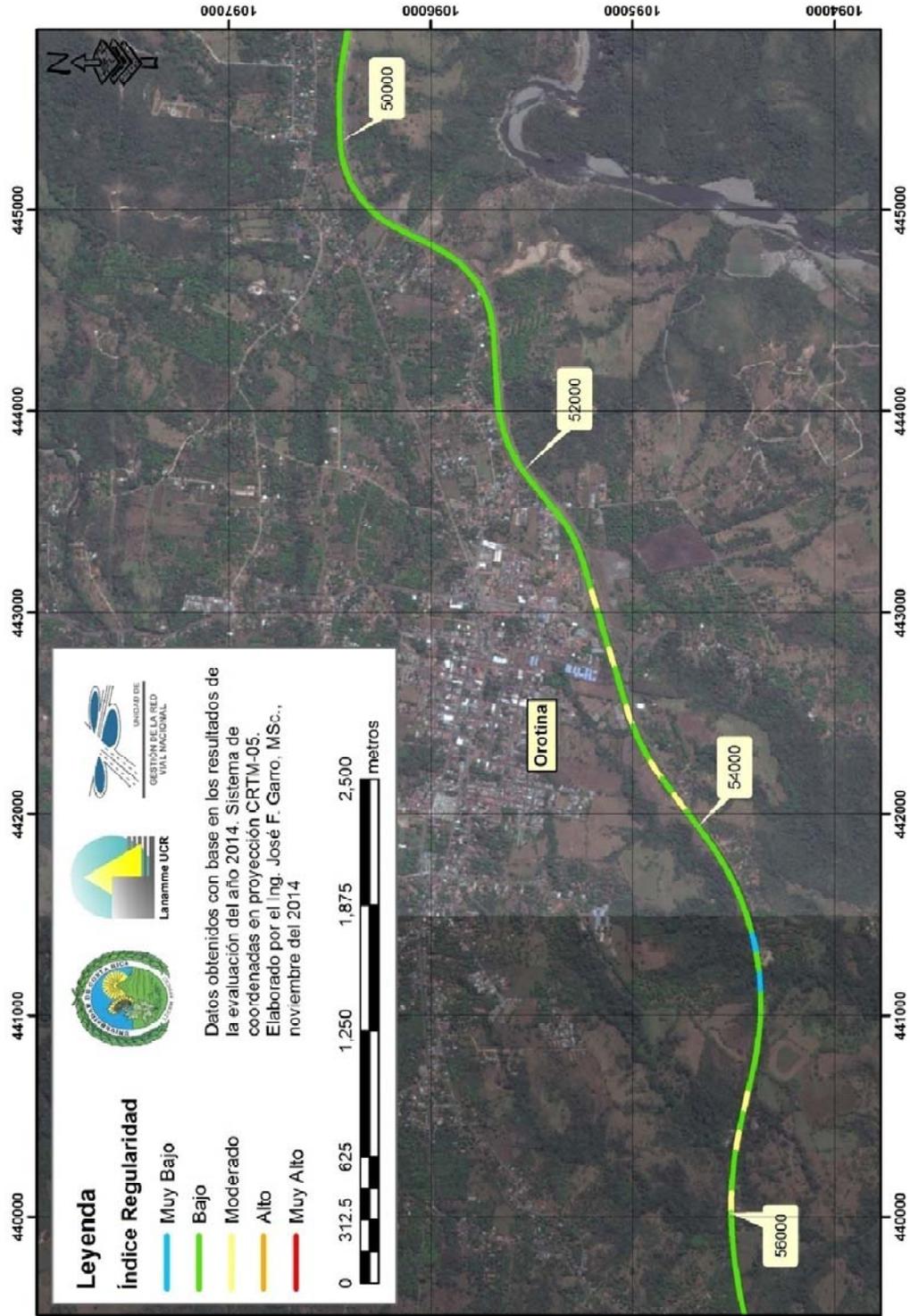


Figura A2 9 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José - Caldera Est. 50+000 - 56+000

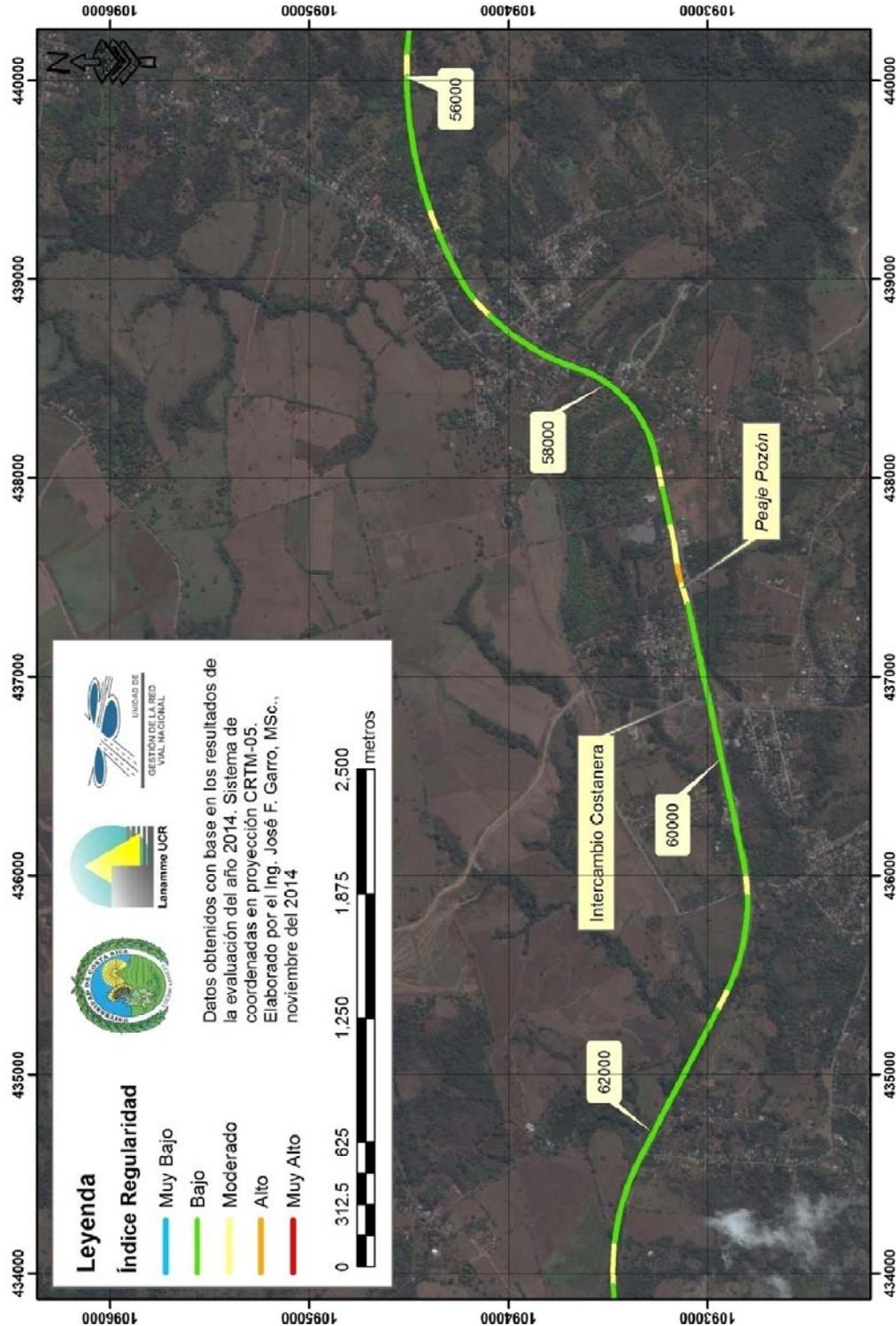


Figura A2 10 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 56+000 - 62+000

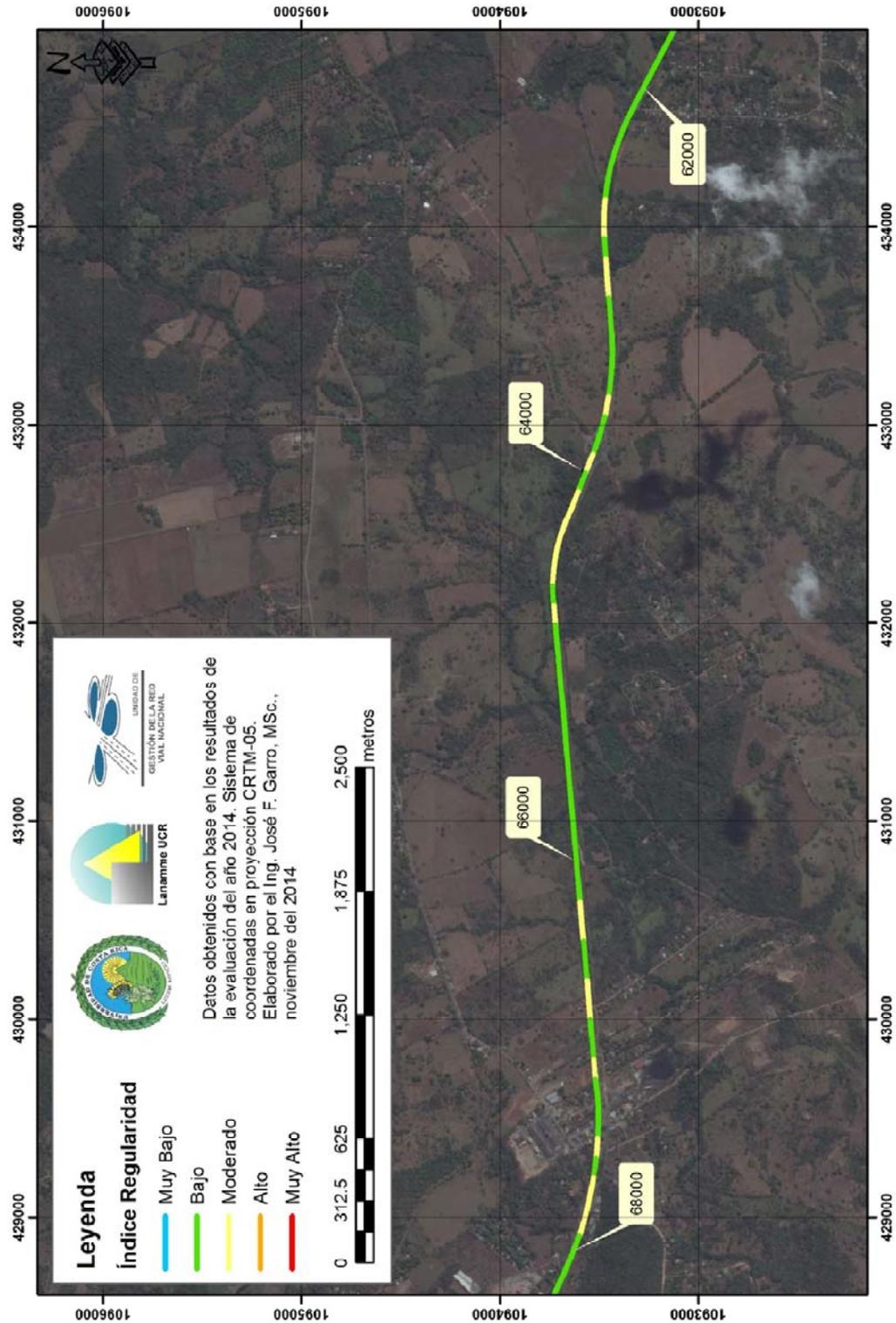


Figura A2 11 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 62+000 - 68+000

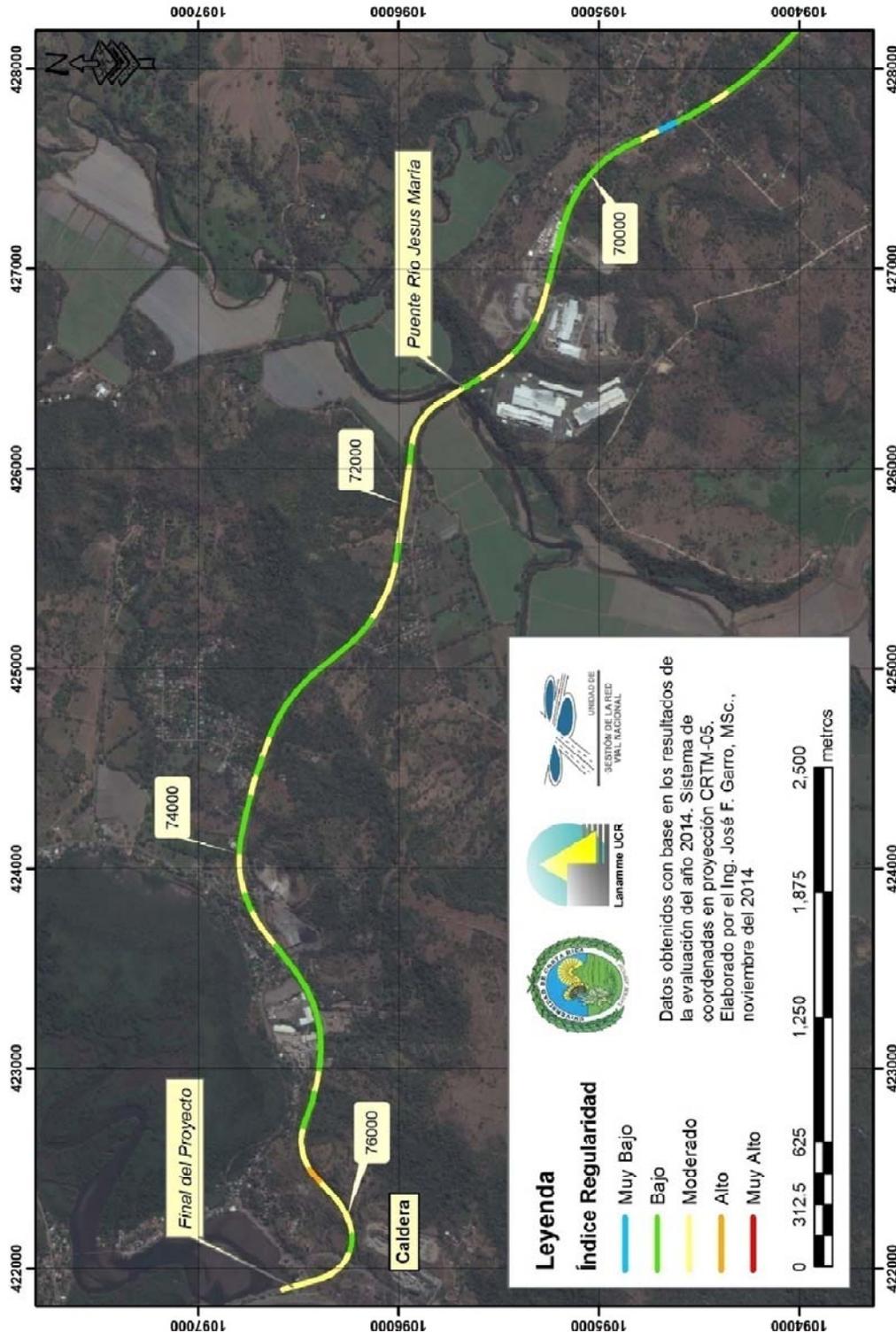


Figura A2 12 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 70+000 - 76+000

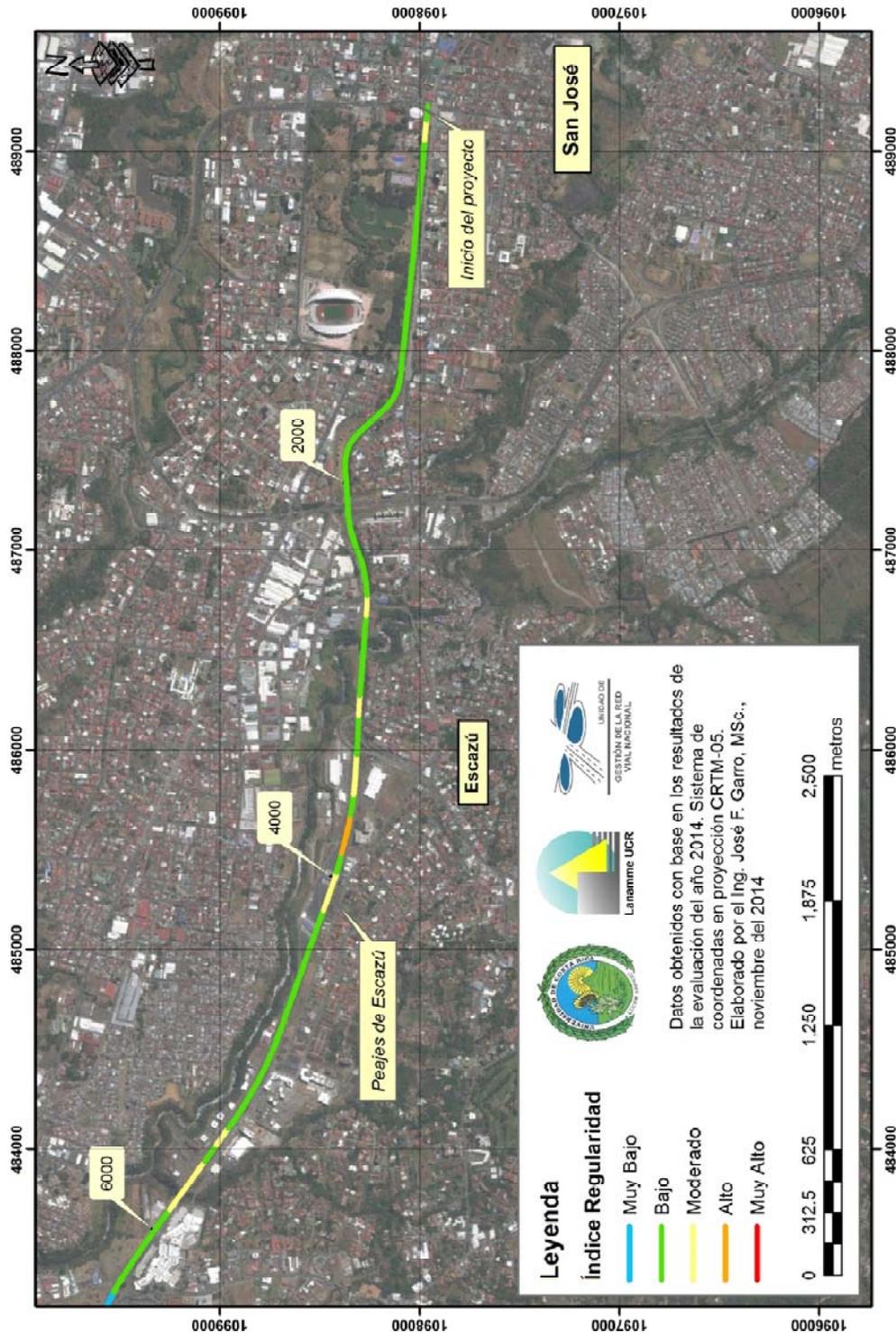


Figura A2 13 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 06+000

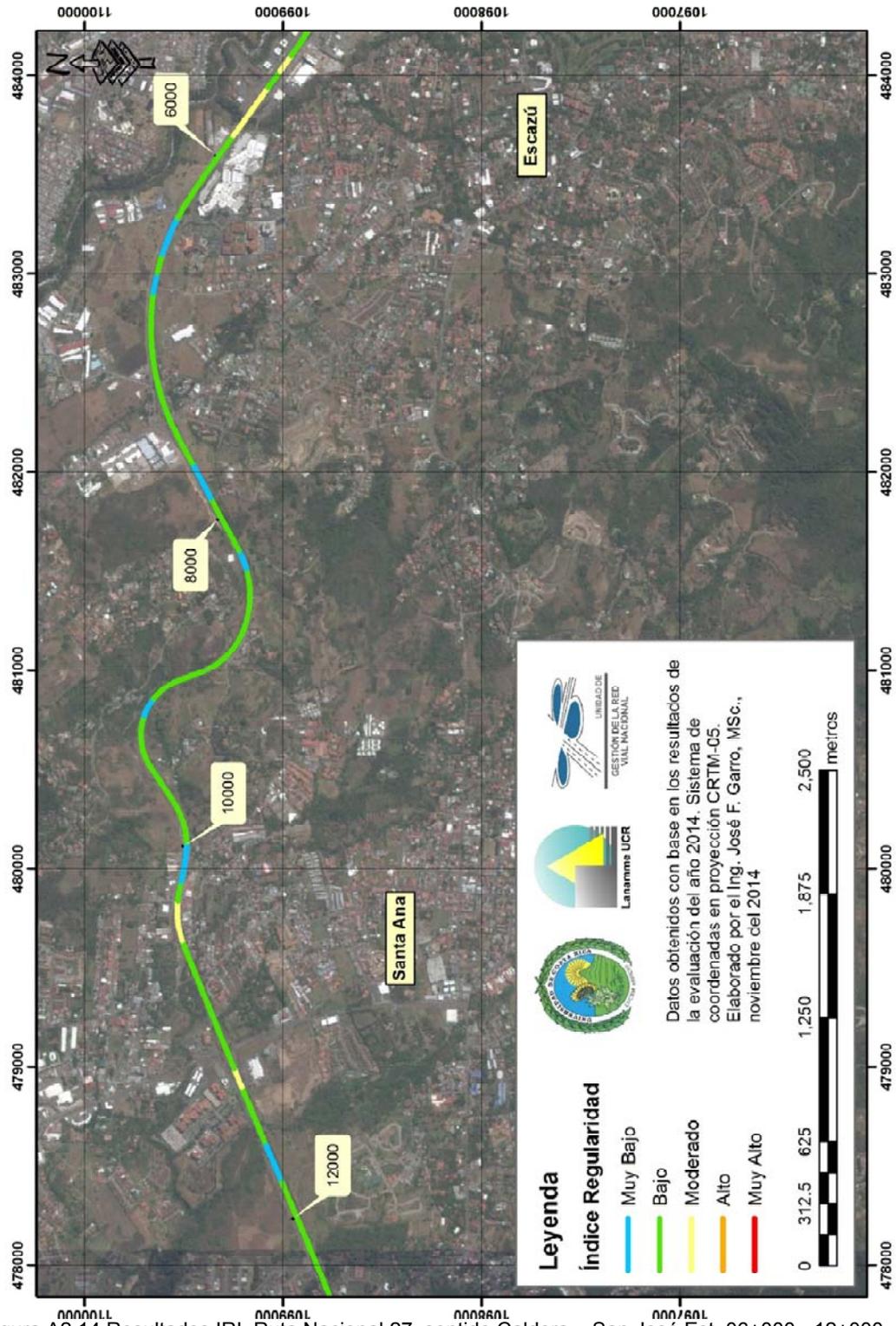


Figura A2 14 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 06+000 - 12+000

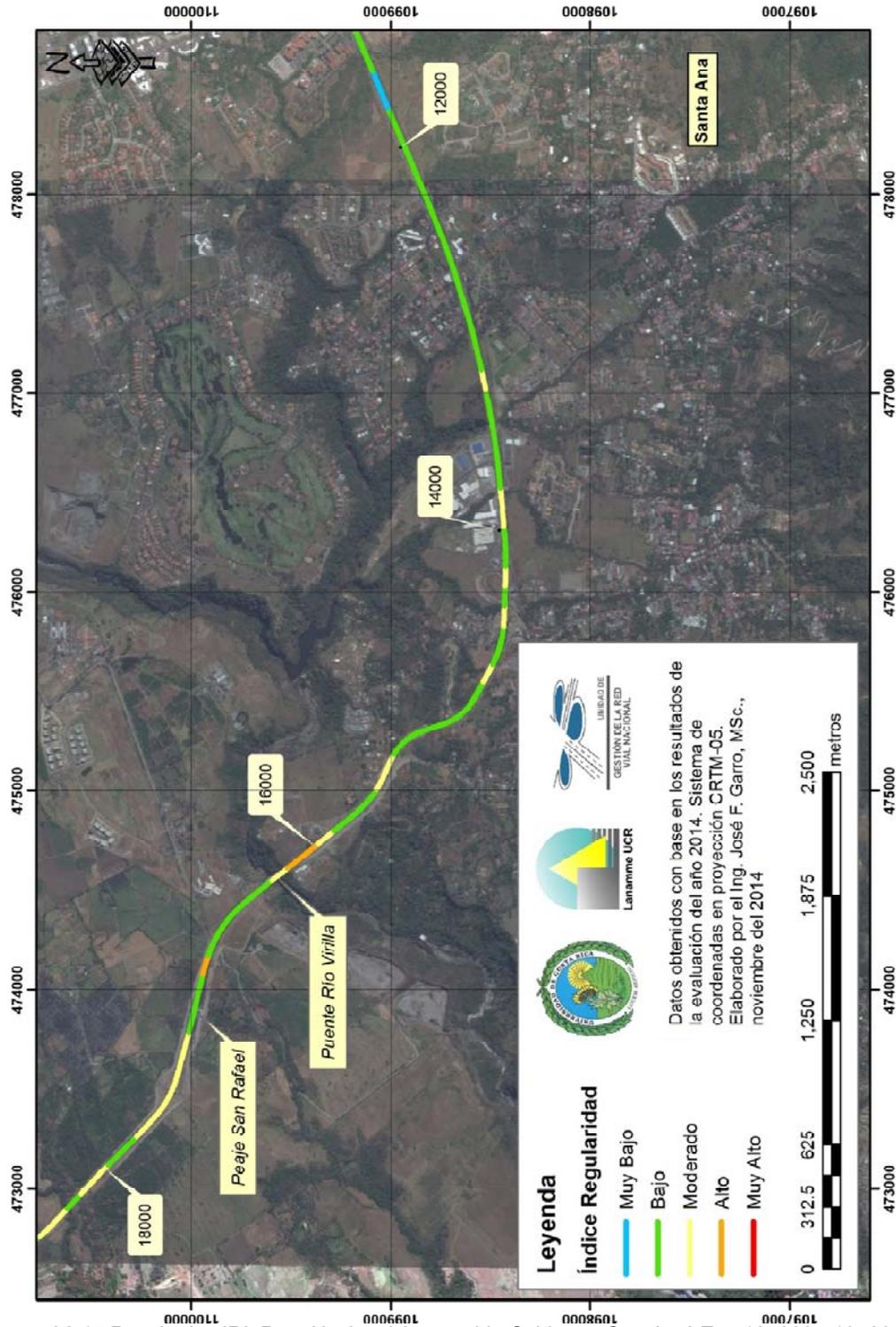


Figura A2 15 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 12+000 - 18+000

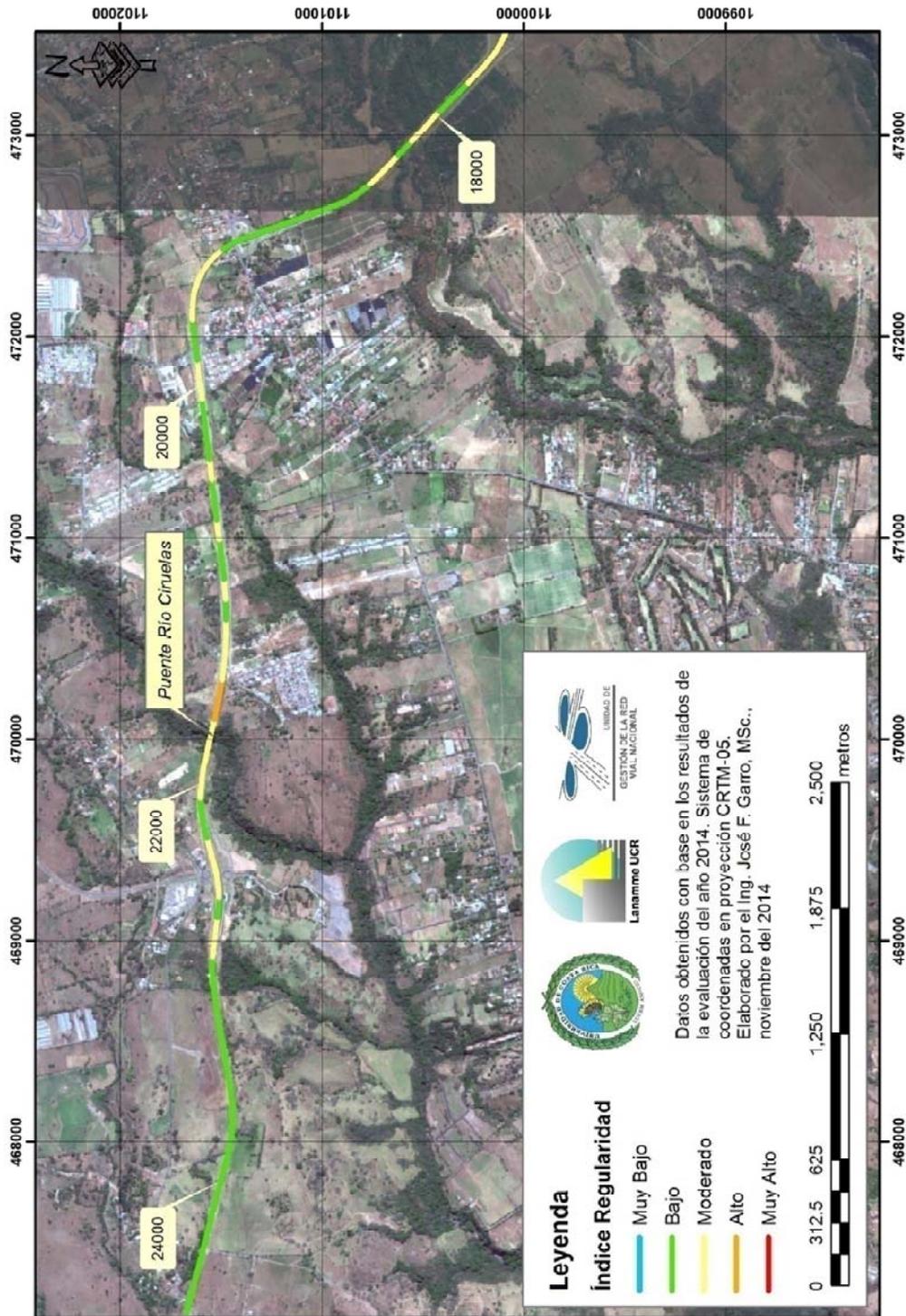


Figura A2 16 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 18+000 - 24+000

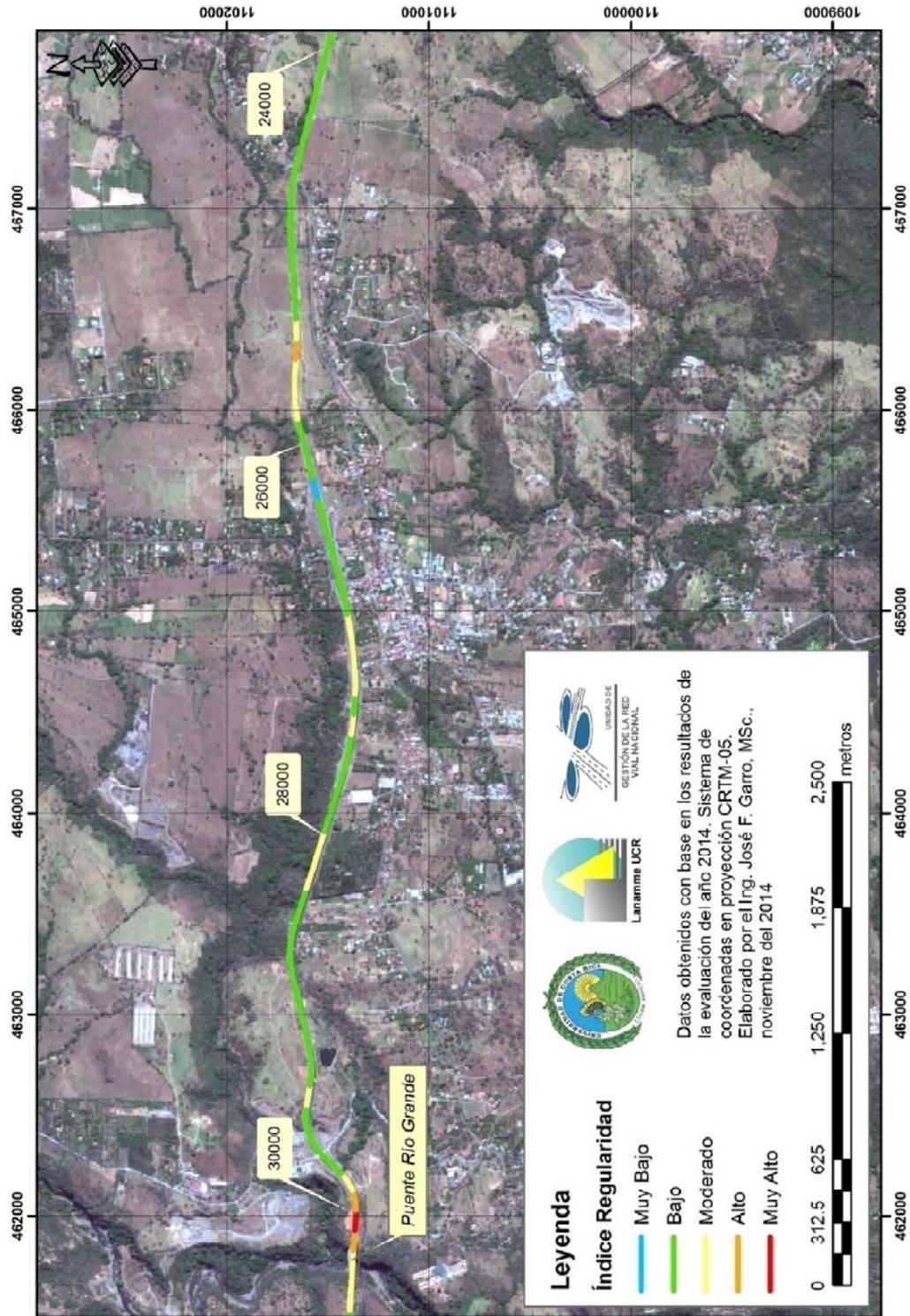


Figura A2 17 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 24+000 - 30+000

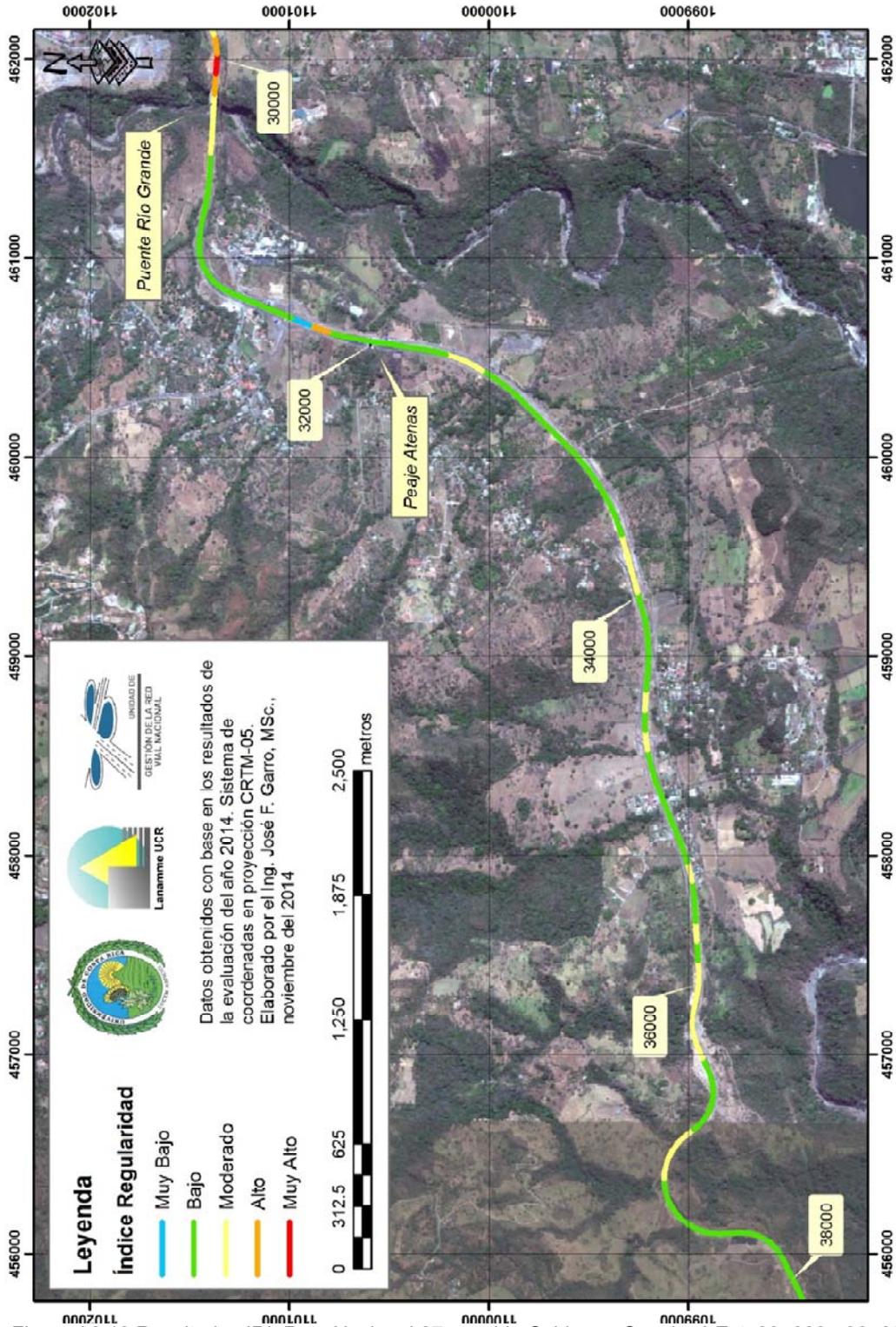


Figura A2 18 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 30+000 - 36+000

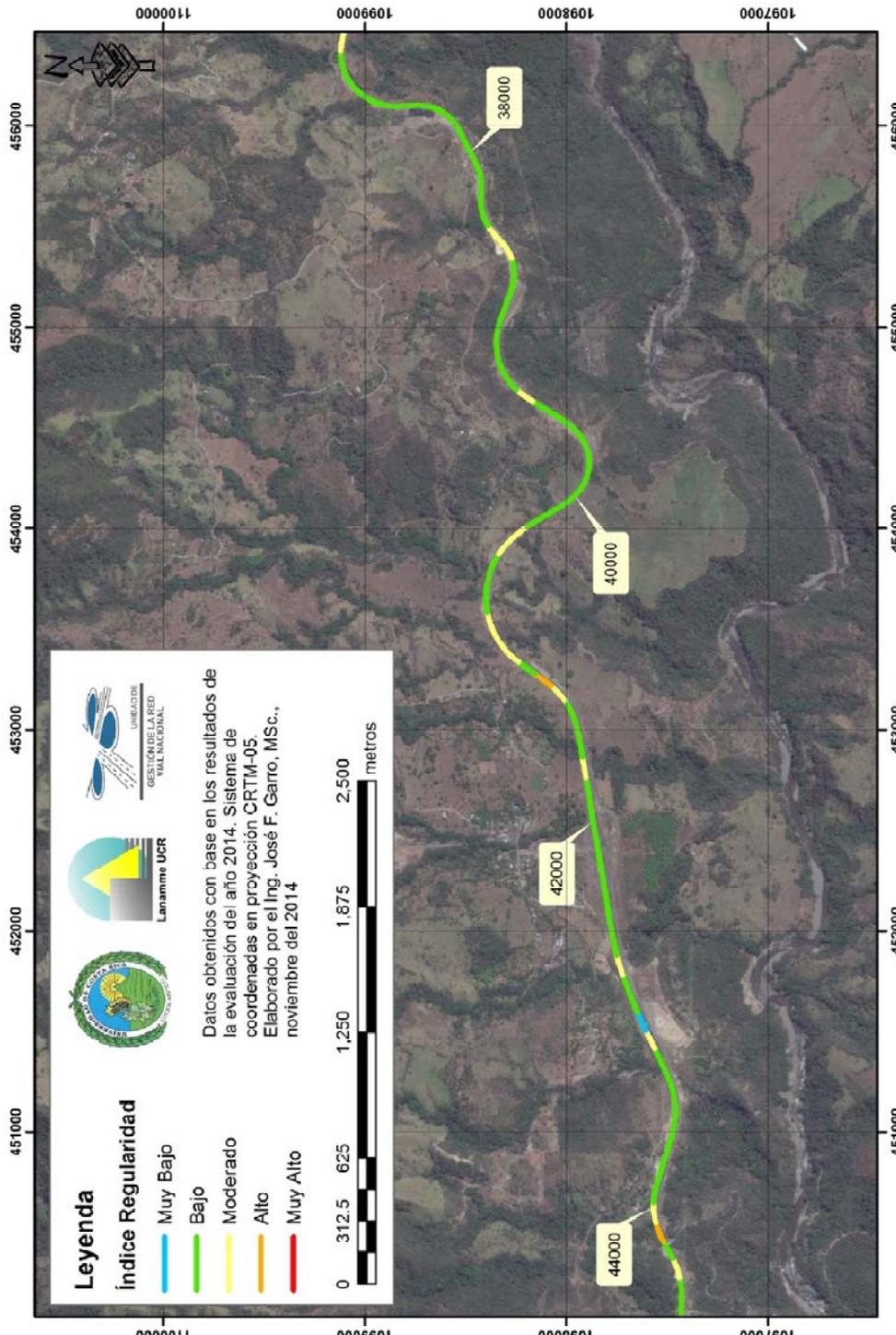


Figura A2 19 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 38+000 - 44+000

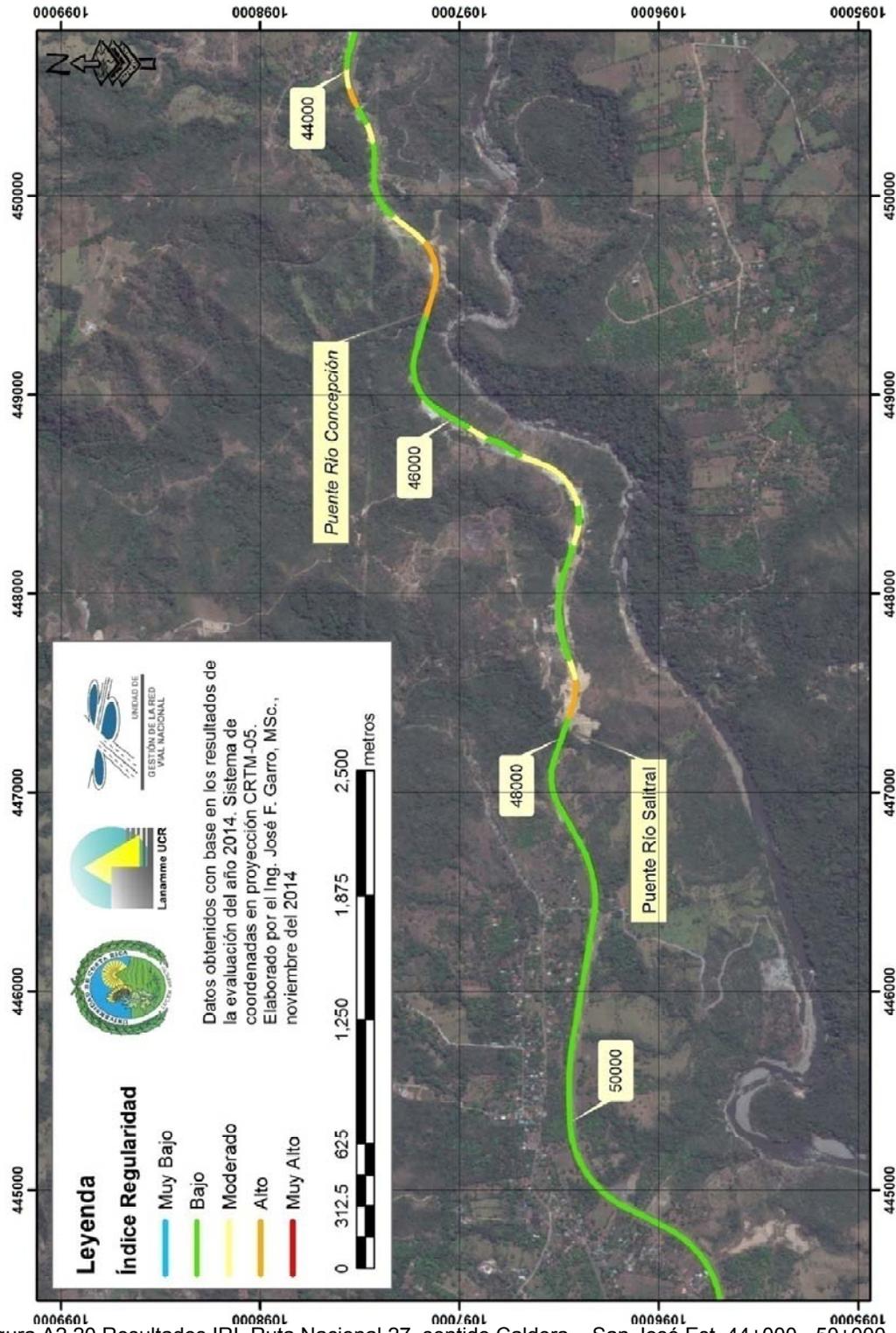


Figura A2 20 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 44+000 - 50+000

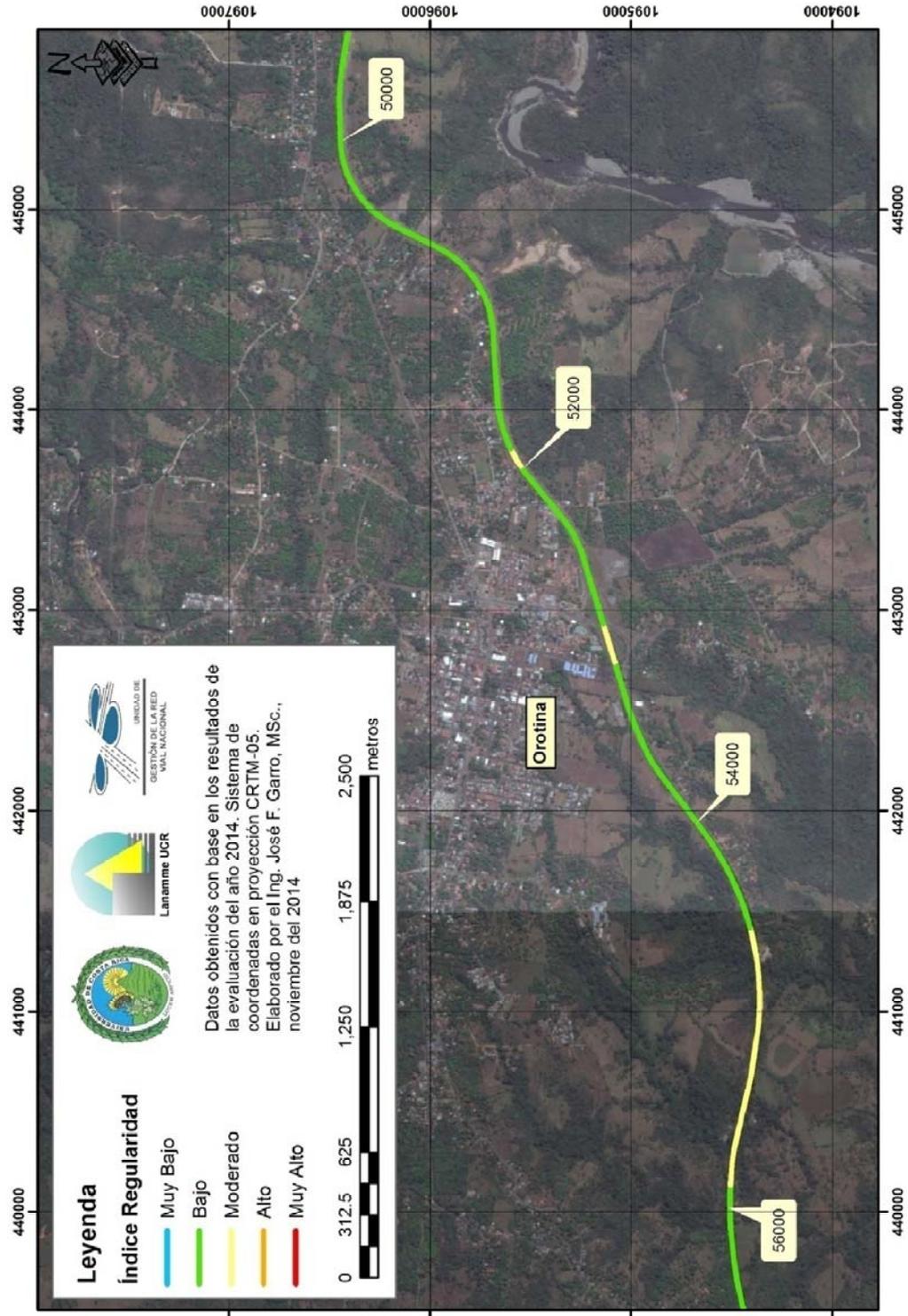


Figura A2 21 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 50+000 - 56+000

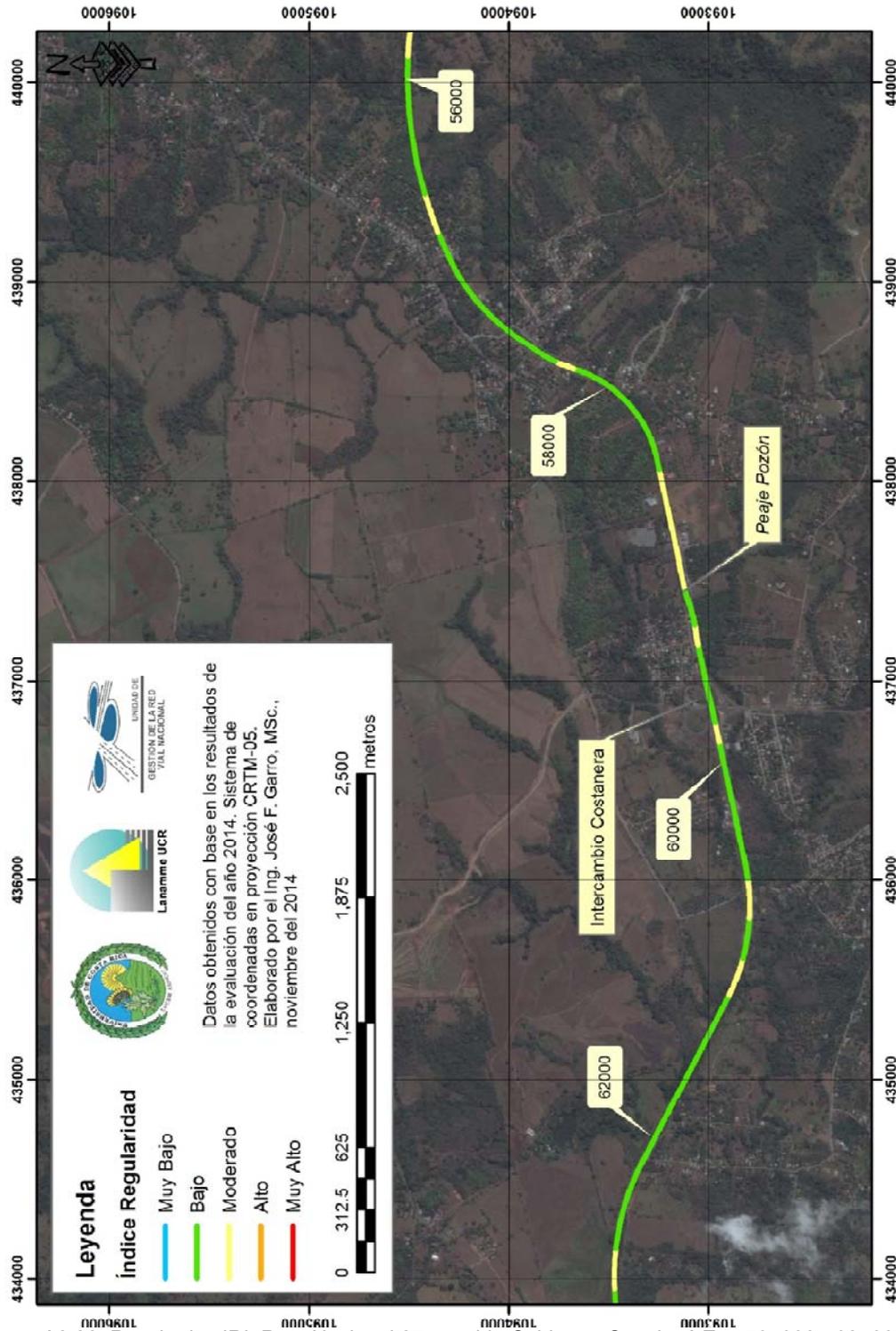


Figura A2 22 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 56+000 - 62+000

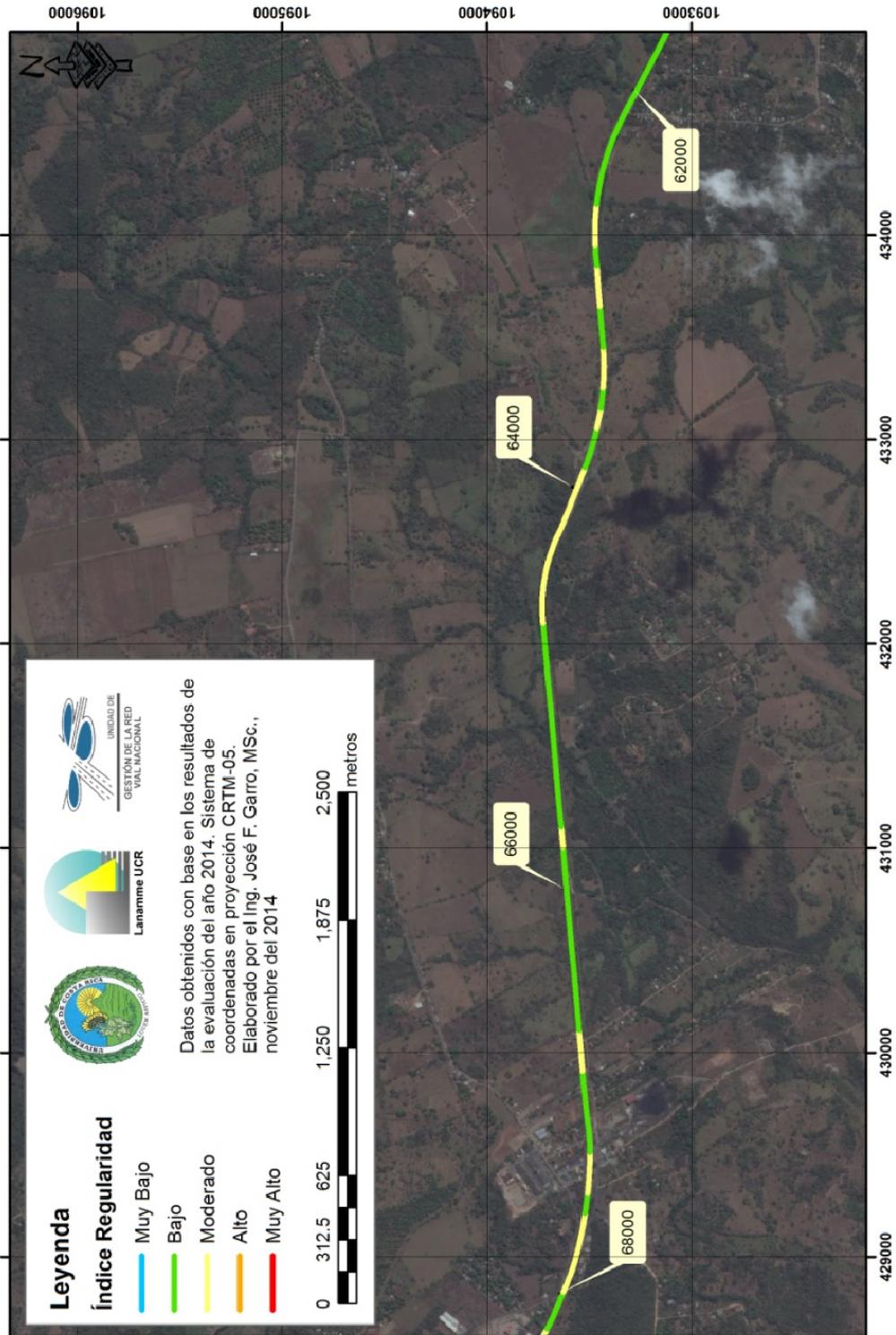


Figura A2 23 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 62+000 - 68+000

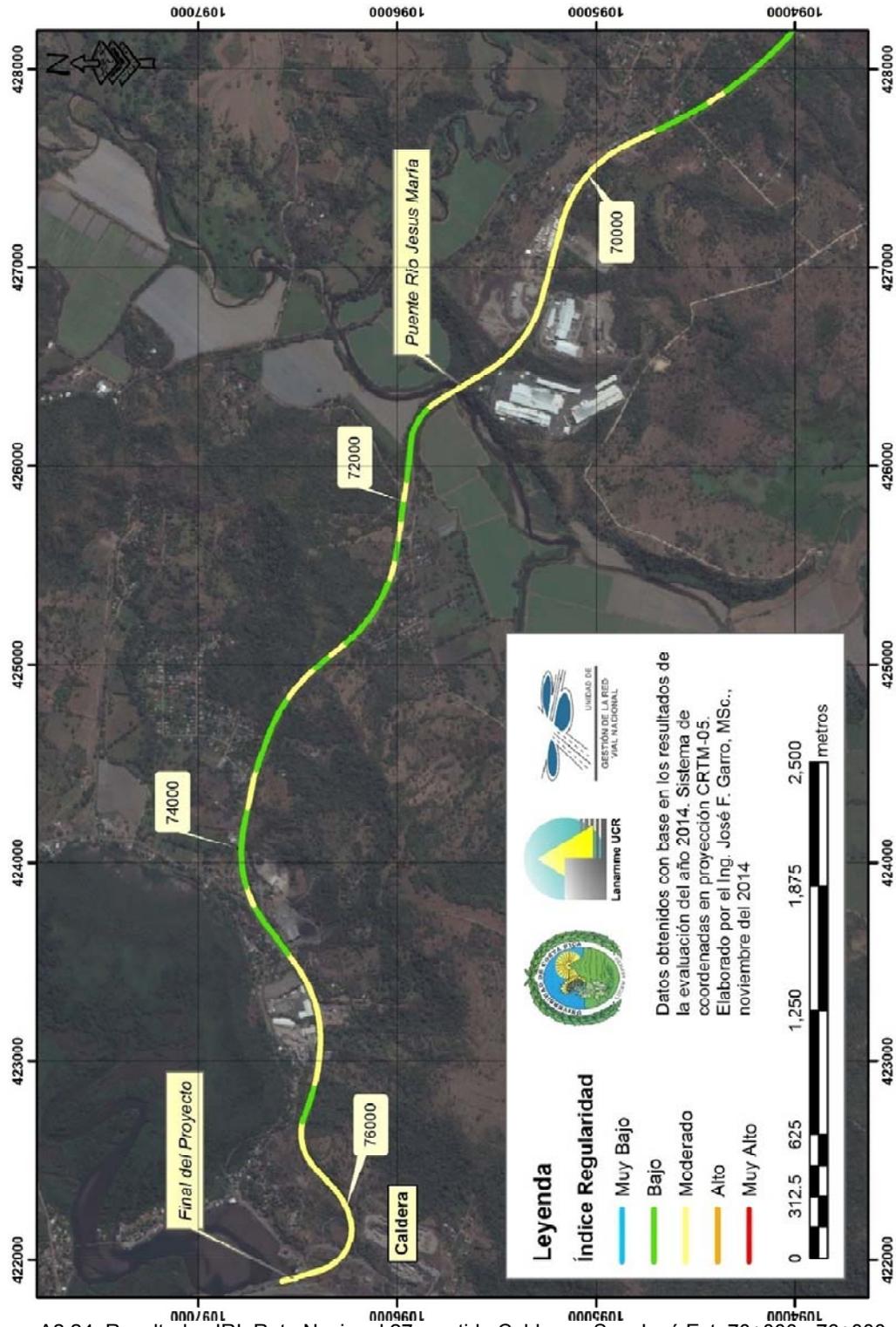


Figura A2 24 Resultados IRI, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 70+000 - 76+000



Anexo III: Resultados obtenidos Medidor de Agarre Superficial

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

Deslizamiento	Estacionamiento			
Poco deslizante	03+940 a 03+950,	04+115 a 04+205,	04+245 a 04+470,	04+750 a 04+810,
	04+865 a 04+895,	04+930 a 05+010,	05+040 a 05+095,	05+160 a 05+530,
	05+605 a 05+685,	05+800 a 05+830,	05+950 a 06+060,	10+395,
	10+615,	10+745 a 10+750,	10+830, 10+875,	10+920 a 10+935,
	11+005,	11+220 a 11+225,	11+615,	12+085 a 12+120,
	12+190 a 12+285,	12+430 a 12+525,	12+550 a 12+575,	12+600 a 12+670,
	12+690 a 12+755,	12+770 a 12+820,	12+860,	12+925 a 12+930,
	12+950 a 13+305,	13+475, 13+490,	13+615 a 14+335,	14+350 a 14+385,
	14+455 a 14+605,	14+650 a 14+690,	14+725 a 14+740,	14+750 a 14+765,
	14+780 a 14+810,	14+830 a 14+905,	14+915 a 14+925,	14+940 a 14+990,
	15+015 a 15+035,	15+200 a 15+210,	15+255 a 16+325,	16+490 a 16+510,
	16+765 a 16+805,	16+845 a 16+860,	16+910 a 17+085,	17+100 a 17+125,
	17+145 a 17+210,	17+225 a 17+565,	17+580 a 17+915,	17+930 a 18+100,
	18+150 a 18+215,	18+230 a 18+380,	18+395 a 19+260,	19+335 a 19+365,
	19+450 a 19+475,	19+590 a 19+600,	19+650 a 19+690,	19+715 a 20+110,
	20+130 a 20+135,	20+155 a 20+810,	20+830,	20+895 a 20+920,
	20+990, 21+095,	21+230 a 21+285,	21+305 a 21+330,	21+475 a 21+530,
	21+685 a 22+170,	22+260 a 22+325,	22+390 a 22+395,	22+530 a 22+535,
	22+560 a 22+575,	22+595,	22+615 a 22+620,	22+670, 22+700,
	22+720 a 26+105,	26+150 a 26+600,	26+615 a 26+635,	26+665 a 26+780,
	26+840 a 26+925,	26+955,	26+970 a 27+010,	27+145 a 27+205,
	27+220 a 27+345,	27+395,	27+430 a 27+525,	27+555 a 27+585,
	27+650 a 27+710,	27+800 a 27+870,	27+950 a 27+975,	28+250 a 28+295,
	28+355 a 28+855,	28+950 a 29+070,	29+225, 29+295,	29+355,
	29+430 a 29+625,	29+685 a 29+715,	29+790, 29+850,	30+165 a 30+410,
	30+495 a 30+545,	30+560,	30+655 a 30+660,	30+710 a 30+810,
	30+860 a 31+700,	31+375 a 33+540,	33+570 a 33+770,	33+800 a 33+960,
	34+000 a 34+130,	34+175 a 35+300,	35+355 a 35+835,	35+865 a 35+890,
	35+920 a 36+080,	36+105 a 36+385,	36+405 a 36+660,	36+690 a 36+800,
	36+930 a 36+965,	37+020 a 37+420,	37+445 a 37+765,	37+825 a 37+960,
	38+070 a 38+690,	38+750 a 38+805,	38+845 a 38+900,	39+550 a 39+575,
	39+600 a 39+645,	40+220 a 40+245,	40+445 a 40+935,	41+025,
	41+050 a 41+115,	41+185 a 42+590,	42+635 a 42+645,	42+790,
	43+395 a 43+405,	43+455 a 43+465,	43+610 a 43+630,	43+690,
	43+850 a 43+895,	43+935 a 44+075,	44+110 a 44+135,	44+790 a 44+830,
	44+870 a 44+880,	45+255 a 45+450,	45+505 a 45+630,	45+710 a 45+725,
	45+800 a 45+870,	46+000 a 46+080,	46+180 a 46+320,	46+375 a 46+490,
	46+670 a 45+760,	46+815 a 46+885,	47+125 a 47+490,	48+135 a 48+350,
	50+640 a 50+760,	50+815 a 50+890,	51+070 a 51+175,	51+230 a 51+255,
	51+305 a 51+425,	51+495 a 51+610,	51+710 a 51+750,	51+830 a 52+385,
	52+435 a 58+270,	58+305 a 58+580,	58+640 a 58+650,	58+735 a 59+185,
	59+250 a 59+315,	59+490 a 60+400,	60+465 a 60+770,	60+895 a 63+365,
	63+445 a 66+690,	66+720 a 66+795,	66+855 a 66+880,	66+915 a 66+950,
	67+030,	67+105 a 67+335,	67+365 a 67+580,	67+750 a 67+930,
	67+955 a 69+965,	70+155 a 70+185,	70+245 a 70+275,	70+330 a 70+685,
	70+825 a 70+830,	70+925 a 70+960,	71+110 a 73+030,	73+125 a 74+020,
	74+065 a 74+255,	75+120,	75+410 a 75+415,	75+580,
		75+645 a 75+675,	75+860 a 75+785	

<p>Deslizante</p>	<p>00+000, 01+290 a 01+310, 01+370 a 01+385, 01+540 a 01+645, 02+640 a 06+695, 02+860 a 02+935, 03+115 a 03+150, 03+215, 03+270 a 03+275, 03+340 a 03+540, 03+570, 03+640 a 03+660, 03+695, 04+075 a 04+150, 04+285, 04+430 a 04+745, 04+790 a 04+860, 04+890 a 04+925, 05+015 a 05+155, 05+215, 05+345 a 05+445, 05+535 a 05+555, 05+835 a 05+945, 05+975 a 06+005, 06+065 a 06+240, 06+330 a 06+405, 06+470, 06+495, 06+535 a 06+540, 06+605, 06+720 a 06+740, 02+270 a 07+280, 07+340, 07+780 a 07+800, 07+940, 09+870, 09+940 a 09+970, 10+005 a 10+290, 10+325 a 10+485, 10+545 a 11+375, 11+420 a 12+125, 12+160 a 12+185, 12+250, 12+290 a 12+445, 12+530 a 12+545, 12+570 a 12+595, 12+675 a 12+685, 12+745 a 12+980, 13+165 a 13+185, 13+360 a 13+620, 13+850, 13+945, 14+395 a 14+450, 14+610 a 14+645, 14+695 a 14+755, 14+995 a 15+010, 15+050 a 15+590, 15+670, 15+725, 15+950 a 15+980, 16+265 a 16+270, 16+310 a 16+450, 16+485, 16+515, 16+575 a 16+665, 16+700 a 76+760, 16+915, 16+950, 17+090 a 17+140, 17+215 a 17+220, 17+390, 17+570 a 17+575, 17+920 a 17+925, 18+105, 18+390, 18+410, 18+535, 19+015 a 19+230, 19+265 a 19+375, 19+400 a 19+435, 19+695 a 19+710, 23+055 a 23+075, 24+780, 25+485, 27+425, 27+515 a 27+695, 27+715 a 27+720, 29+735 a 29+860, 30+370 a 30+615, 31+495, 32+285, 32+290 a 32+310, 33+805 a 33+820, 35+305 a 35+350, 35+815, 35+870, 35+895 a 35+925, 35+985 a 36+020, 36+140 a 36+160, 36+595 a 36+685, 36+730 a 37+200, 38+575 a 38+635, 38+695 a 38+745, 38+895 a 39+075, 39+695 a 39+935, 40+240 a 40+900, 40+940 a 41+045, 41+120 a 41+230, 42+470 a 42+510, 42+595 a 42+805, 45+495 a 45+575, 45+635 a 46+015, 46+085 a 46+120, 46+785 a 46+860, 46+890 a 46+945, 47+025 a 47+120, 47+185 a 47+325, 47+360 a 47+445, 47+485 a 48+620, 48+665, 48+695 a 49+985, 50+015 a 50+635, 50+675 a 50+710, 50+765 a 50+845, 50+895 a 50+935, 51+015 a 51+490, 51+530 a 51+825, 53+185 a 53+275, 53+360 a 53+390, 56+455 a 56+460, 56+520, 57+510, 57+885 a 57+890, 58+050 a 58+055, 58+155 a 58+200, 58+260 a 58+300, 58+500, 60+670 a 60+890, 62+740 a 62+770, 63+945, 64+350 a 64+395, 66+270, 68+270, 68+355, 68+700, 68+905, 69+450, 69+775 a 69+815, 69+880 a 70+150, 70+180 a 70+325, 70+615 a 70+690, 70+820 a 70+905, 71+170 a 71+200, 71+245, 71+330, 71+510 a 71+515, 72+900, 73+725, 74+120, 74+220 a 75+205, 75+875 a 75+920, 75+995 a 76+240,</p>
<p>Muy deslizante</p>	<p>00+005 a 01+285, 01+315 a 01+560, 01+630 a 02+665, 02+700 a 02+745, 02+865 a 03+265, 03+335, 03+380, 03+490 a 04+660, 05+560 a 06+140, 06+215 a 06+265, 06+335 a 06+345, 06+410 a 07+345, 07+390 a 09+935, 09+975 a 10+225, 10+275 a 10+385, 10+490, 11+180, 11+535, 11+820 a 11+830, 12+015 a 12+020, 14+340 a 14+345, 14+770 a 14+775, 14+815 a 14+850, 14+910 a 15+480, 16+520 a 16+570, 16+615 a 16+695, 18+385, 19+380 a 19+410, 19+705, 21+320, 25+440, 26+590 a 26+610, 26+865, 27+400 a 27+545, 27+595, 27+600 a 27+640, 27+685 a 27+690, 28+255 a 28+945, 28+970 a 28+975, 29+075 a 29+290, 29+360 a 29+560, 29+630 a 29+680, 29+720 a 29+730, 30+375, 30+620 a 30+740, 30+815 a 30+855, 53+330 a 53+335, 35+820 a 35+860, 36+045 a 36+100, 36+195 a 36+200, 36+365 a 36+400, 36+650, 36+755, 36+780, 36+845 a 36+850, 37+205 a 37+275, 37+425 a 37+520, 37+705 a 37+715, 37+770 a 37+855, 37+930 a 38+335, 38+980 a 38+985, 39+080 a 39+690, 39+885, 39+940 a 40+945, 41+125 a 41+165, 42+675 a 42+680, 42+810 a 43+845, 43+885 a 44+015,</p>



	44+080 a 44+785,	44+815 a 44+865,	45+205 a 45+285,	45+340 a 45+490,
	45+880 a 45+975,	46+125 a 46+465,	46+495 a 46+680,	46+710 a 46+900,
	46+950 a 29+595,	48+625 a 48+820,	48+900 a 48+955,	49+025 a 49+050,
	49+395,	49+460 a 49+690,	49+740 a 49+760,	49+825 a 49+905,
	49+990 a 53+675,	53+755 a 53+785,	53+815 a 53+895,	53+925 a 54+045,
	54+110 a 54+135,	55+310,	55+985 a 56+000,	56+560, 57+505,
	60+715, 63+950,	69+800,	70+360 a 70+510,	70+910 a 71+145,
	72+765, 74+115,	74+400 a 75+100,	75+145 a 75+870,	75+925 a 76+030,

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.

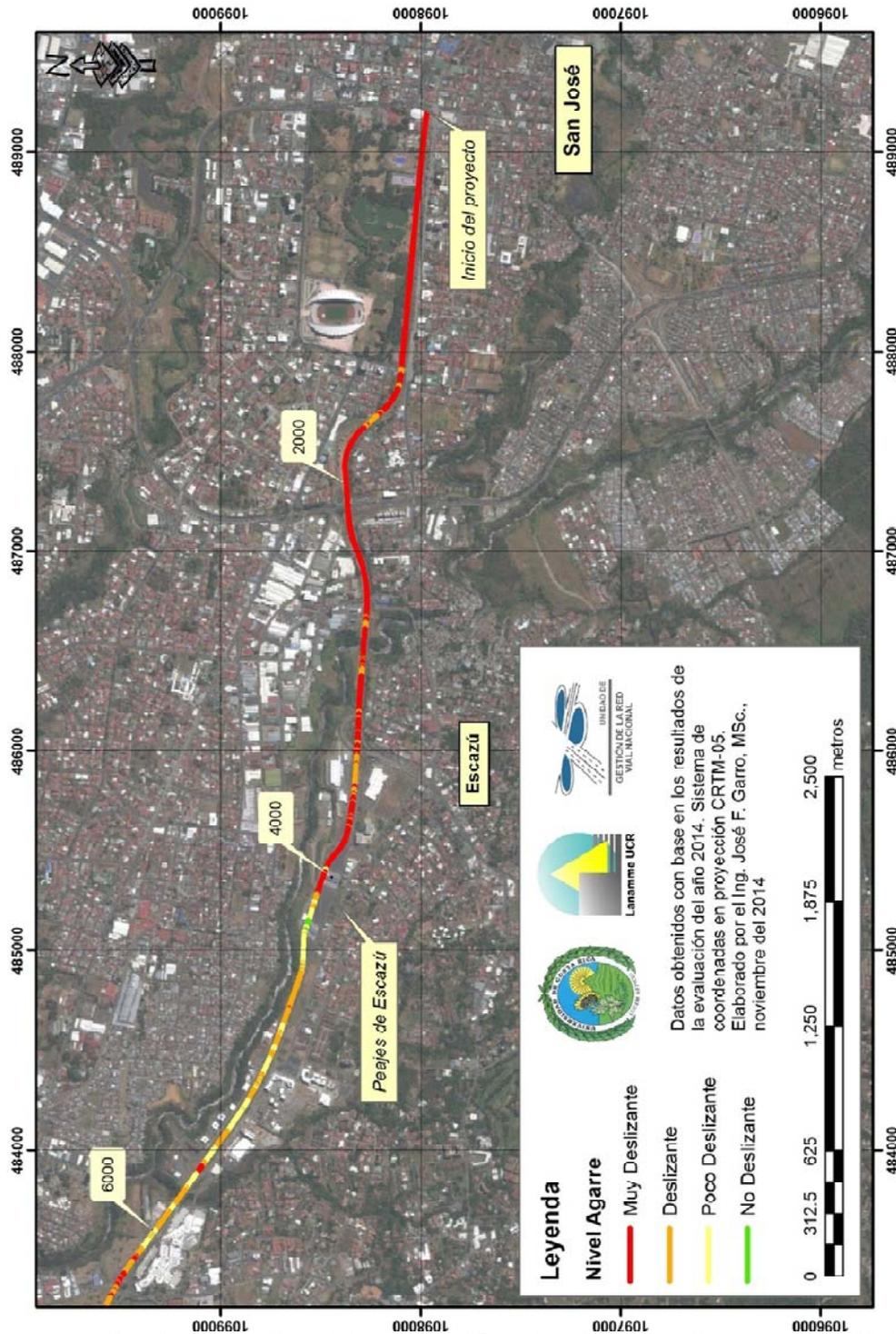


Figura A3 1 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 0+000 -06+000

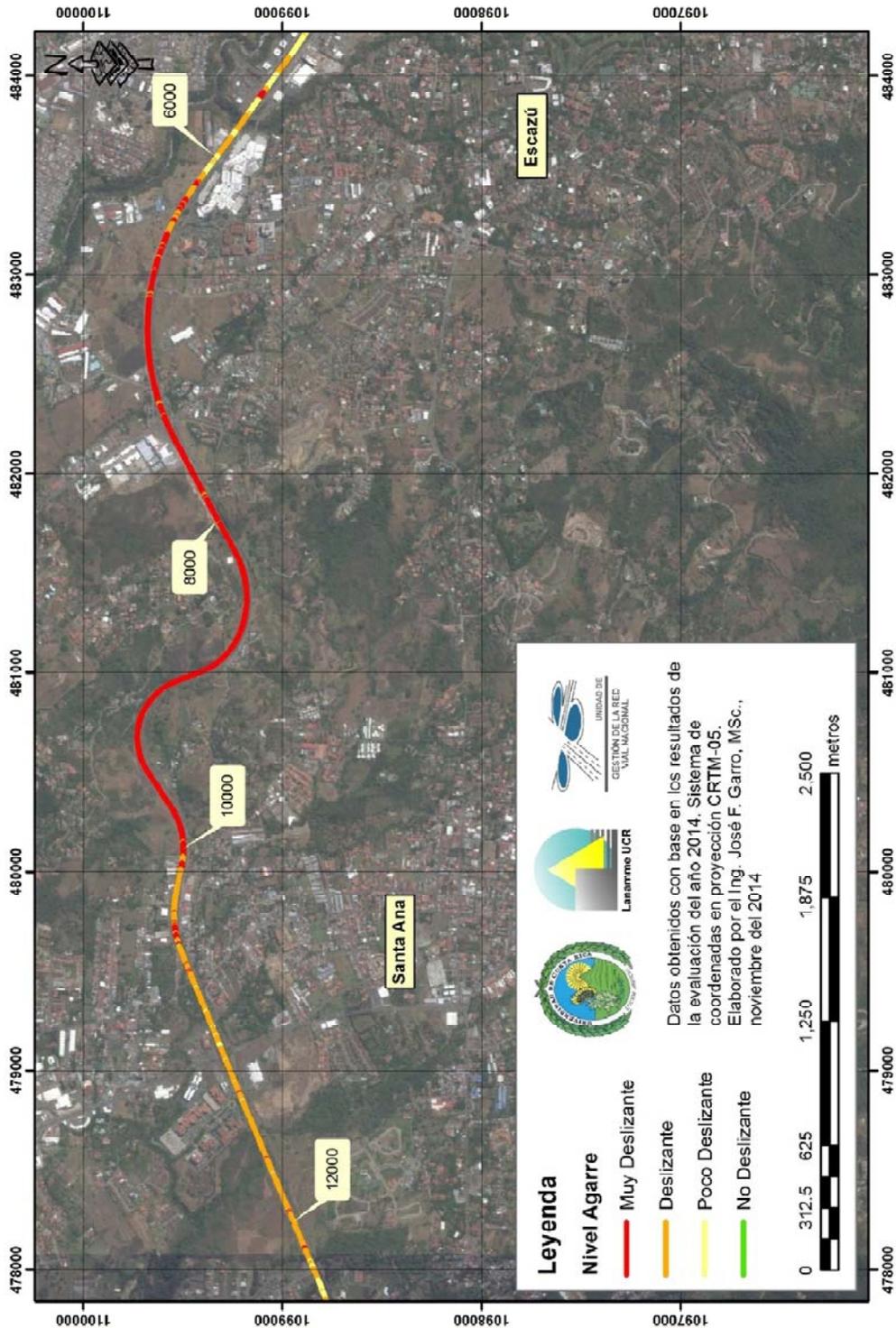


Figura A3 2 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 06+000 - 12+000

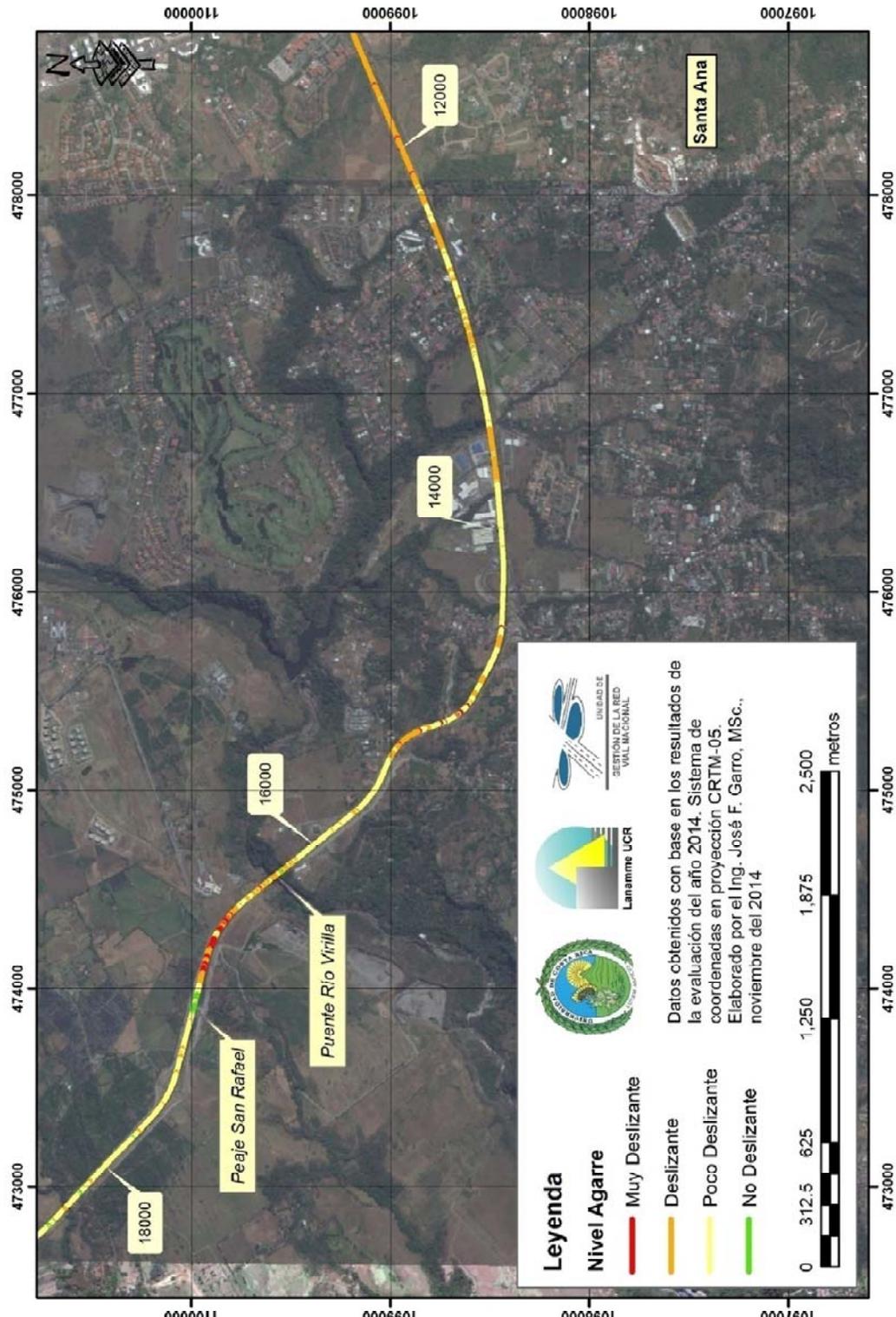


Figura A3 3 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 12+000 - 18+000

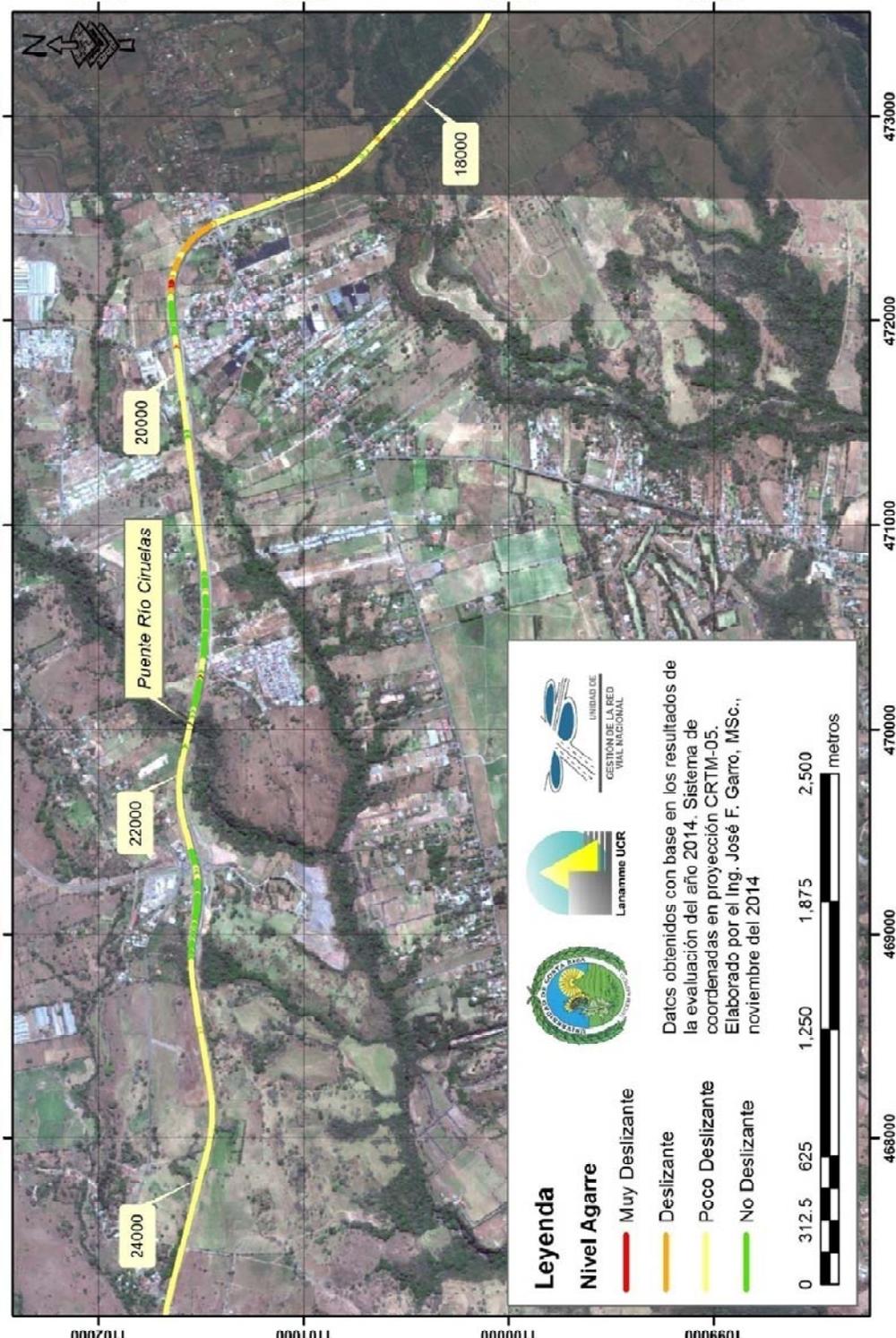


Figura A3 4 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 18+000 - 24+000

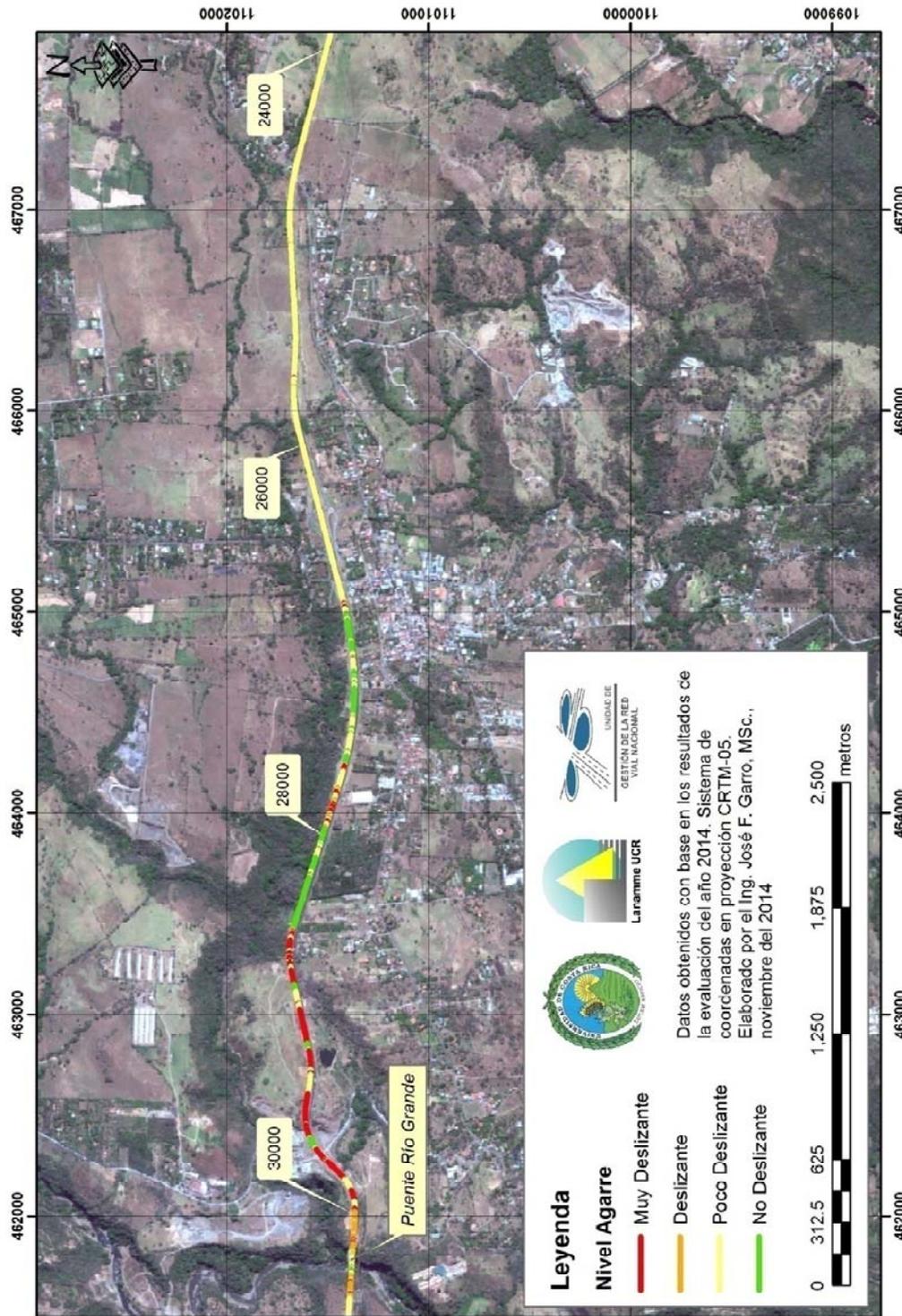


Figura A3 5 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 24+000 - 30+000

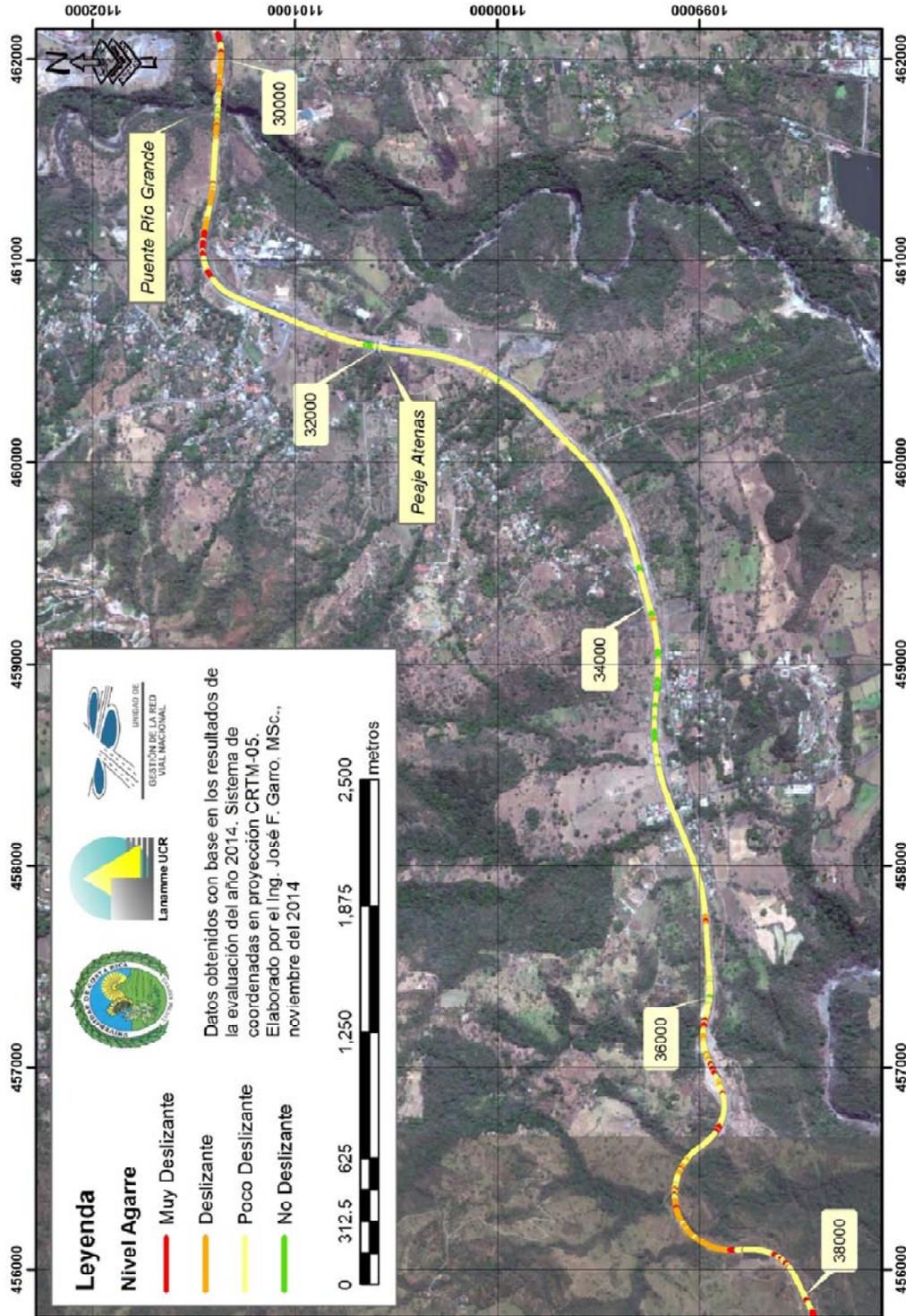


Figura A3 6 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 30+000 - 38+000

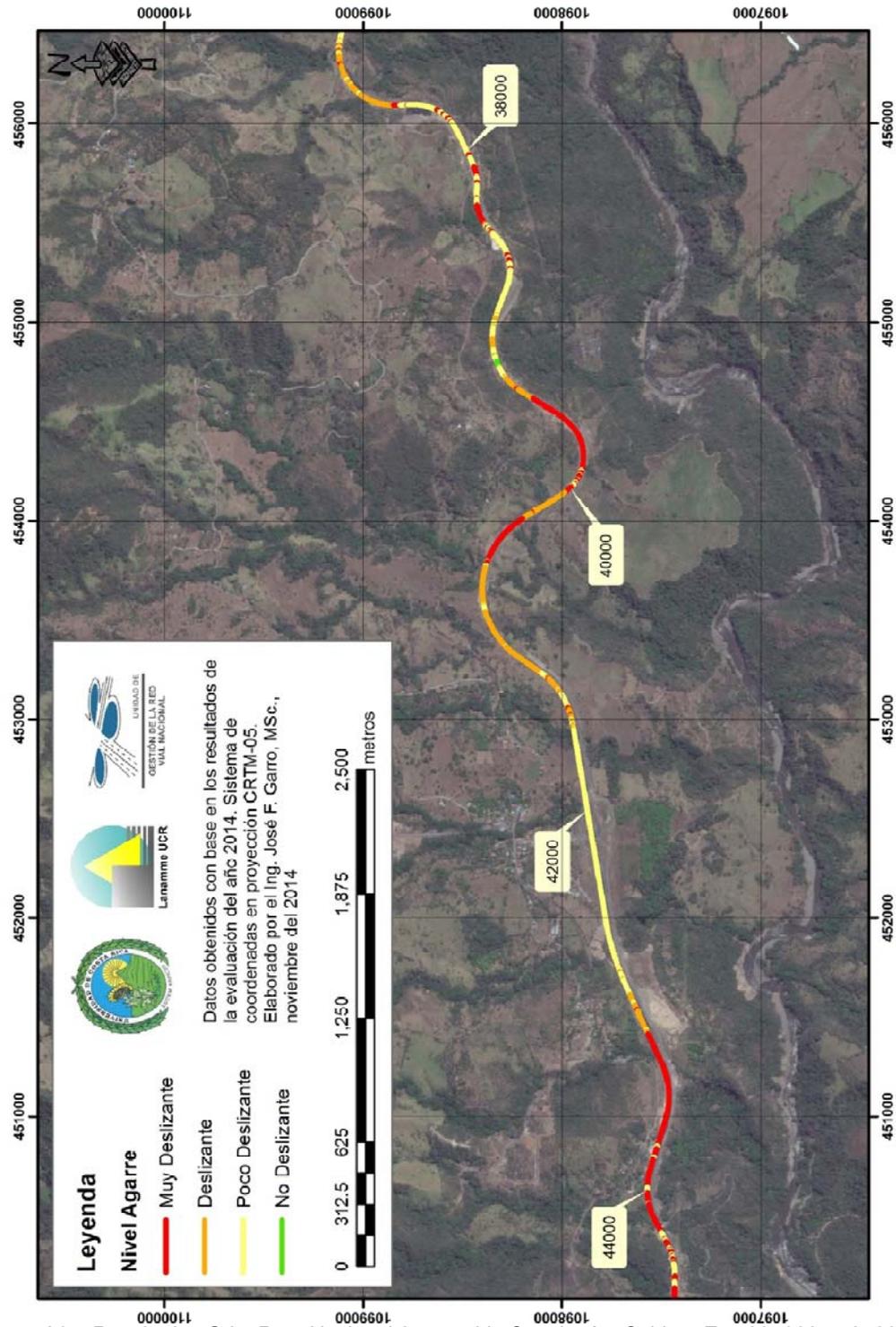


Figura A3 7 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 38+000 - 42+000

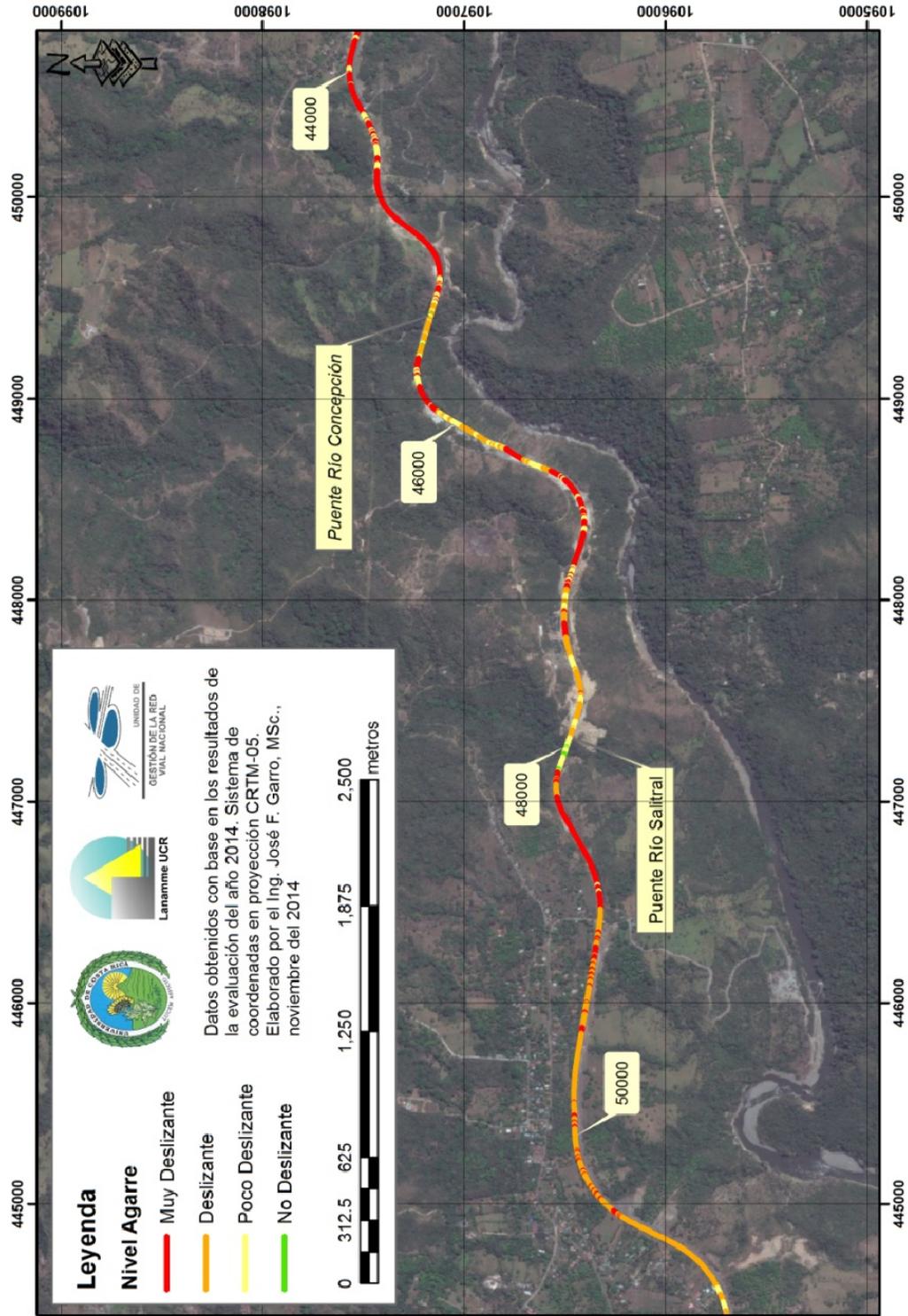


Figura A3 8 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 44+000 - 50+000

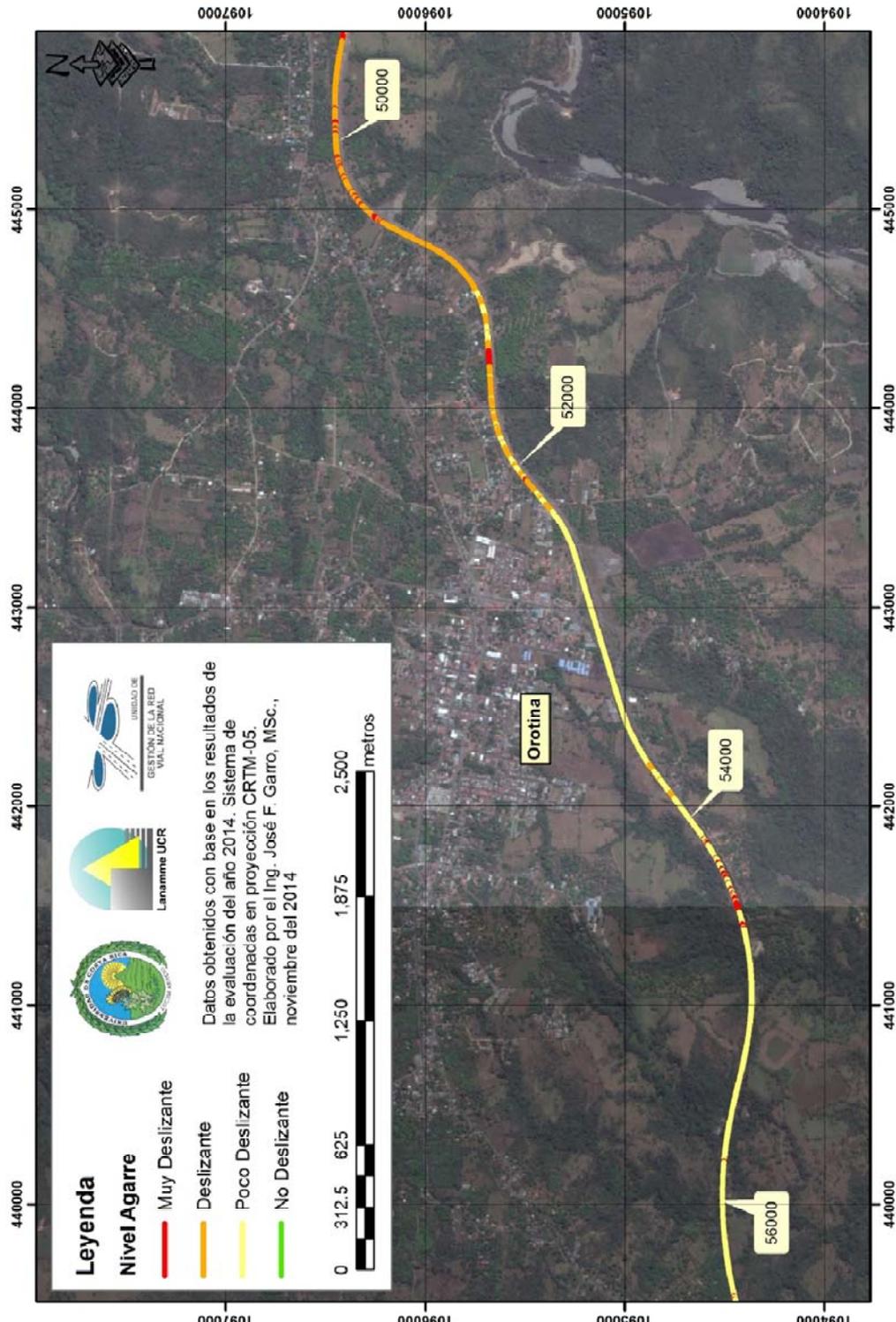


Figura A3 9 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 50+000 - 56+000

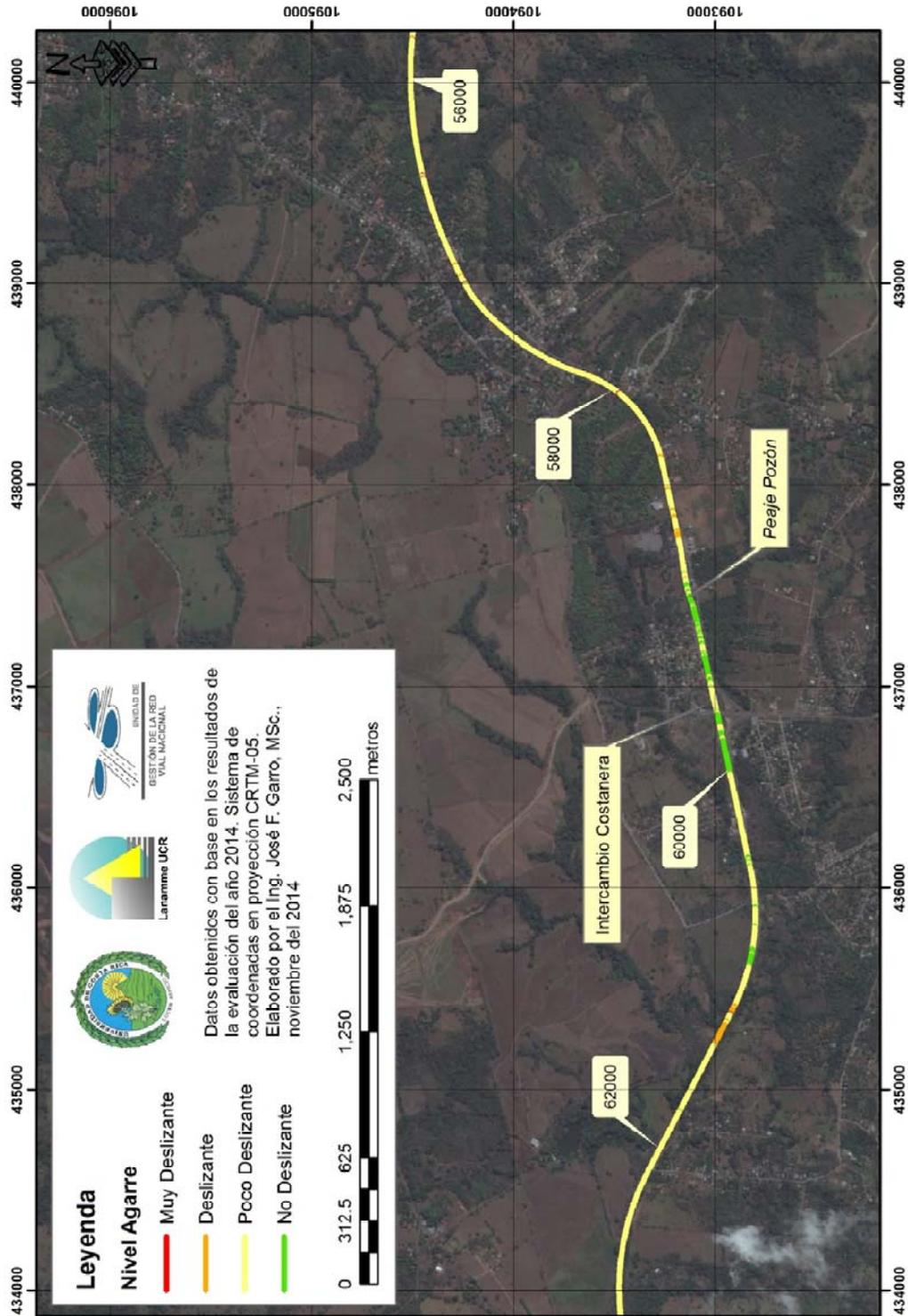


Figura A3 10 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 56+000 - 62+000

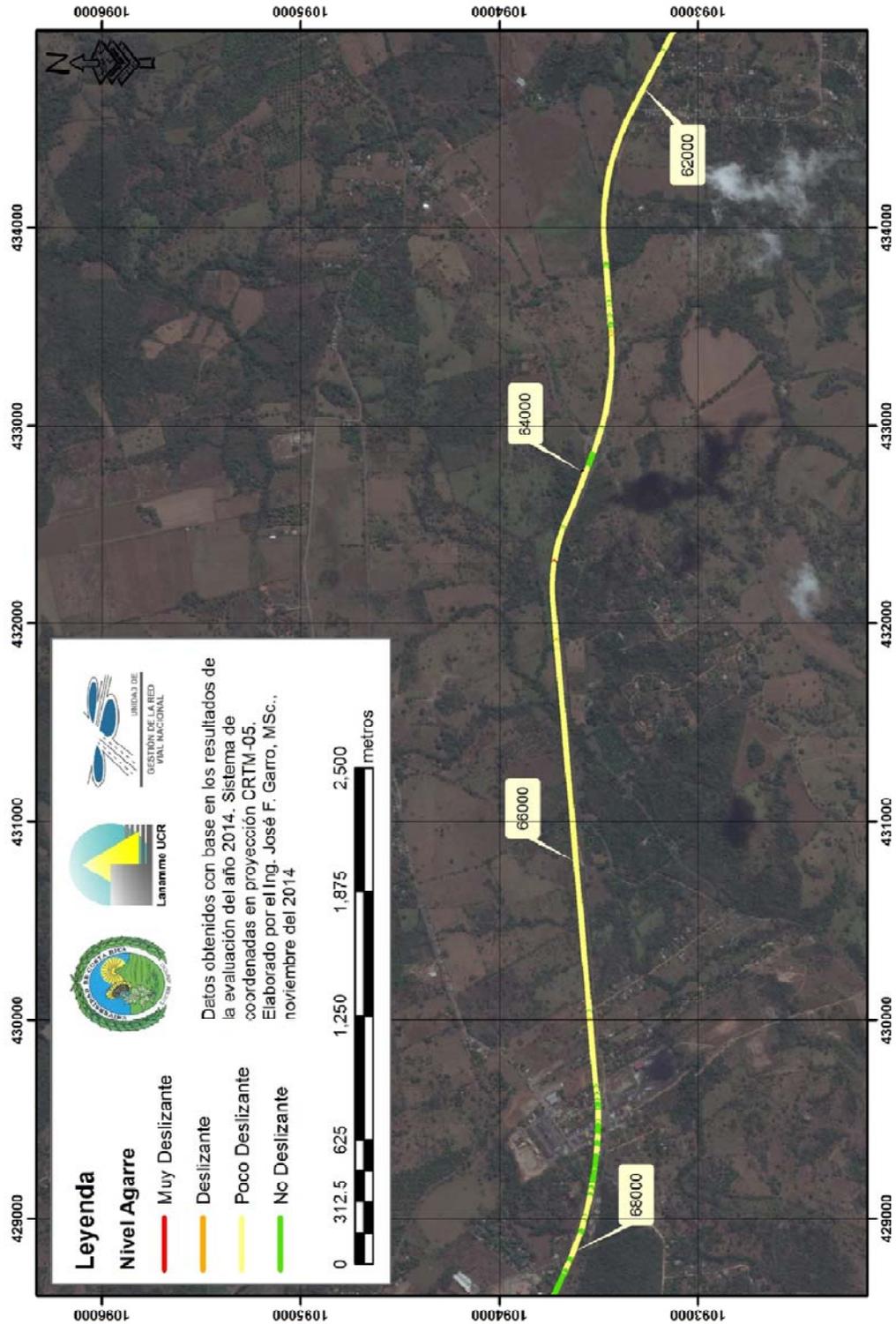


Figura A3 11 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 62+000 - 68+000

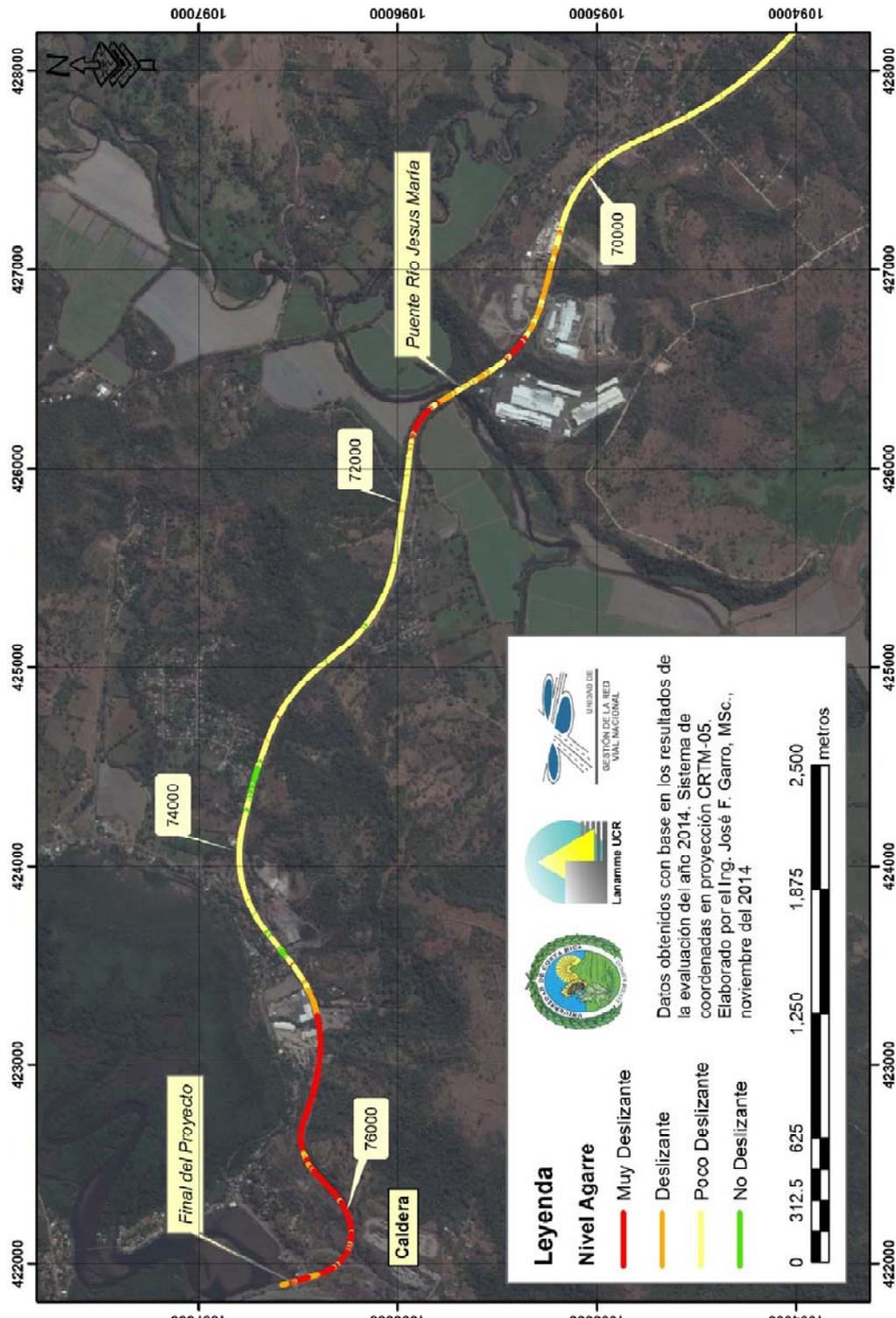


Figura A3 12 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido San José – Caldera Est. 70+000 - 76+000

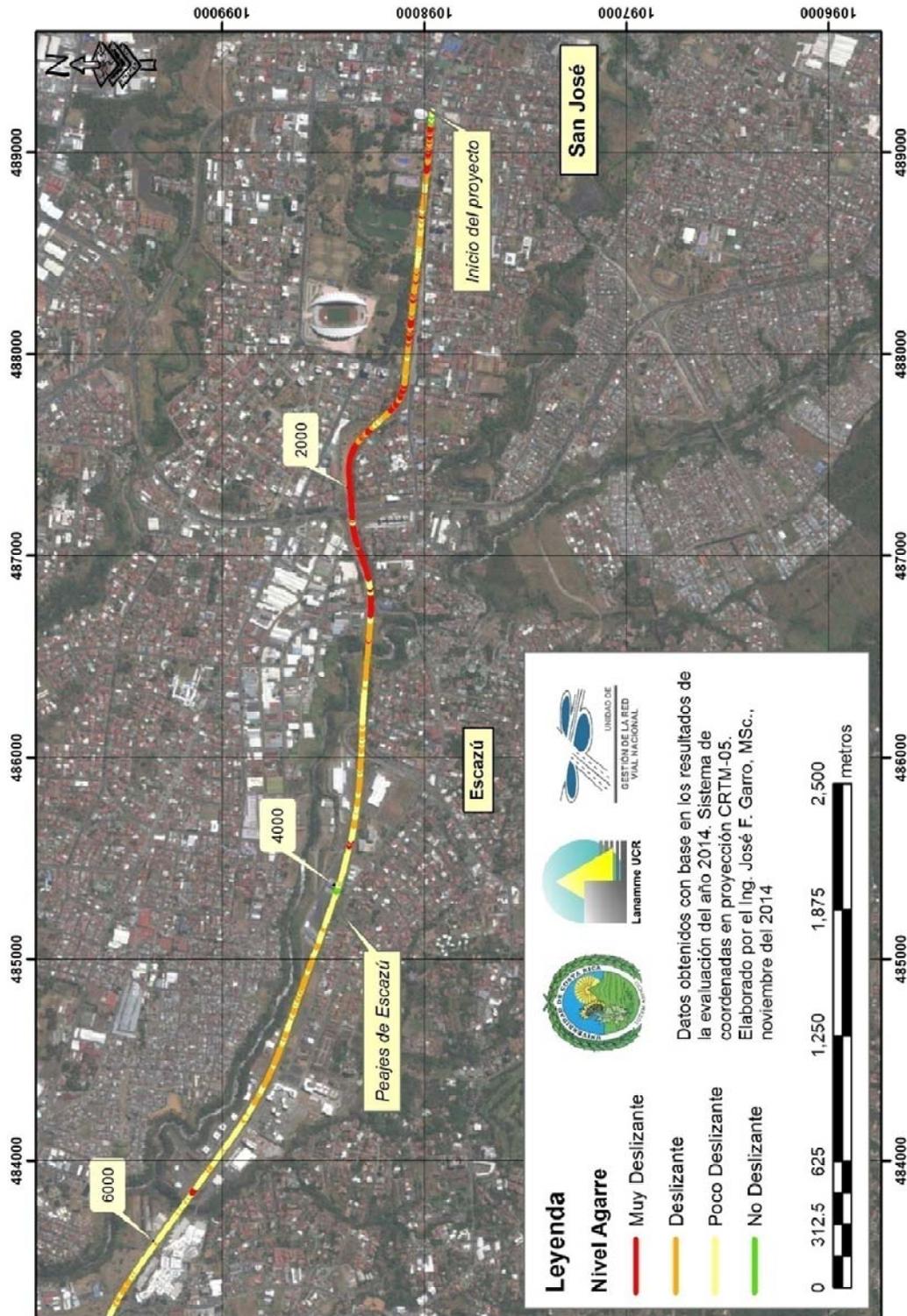


Figura A3 13 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 0+000 - 06+000

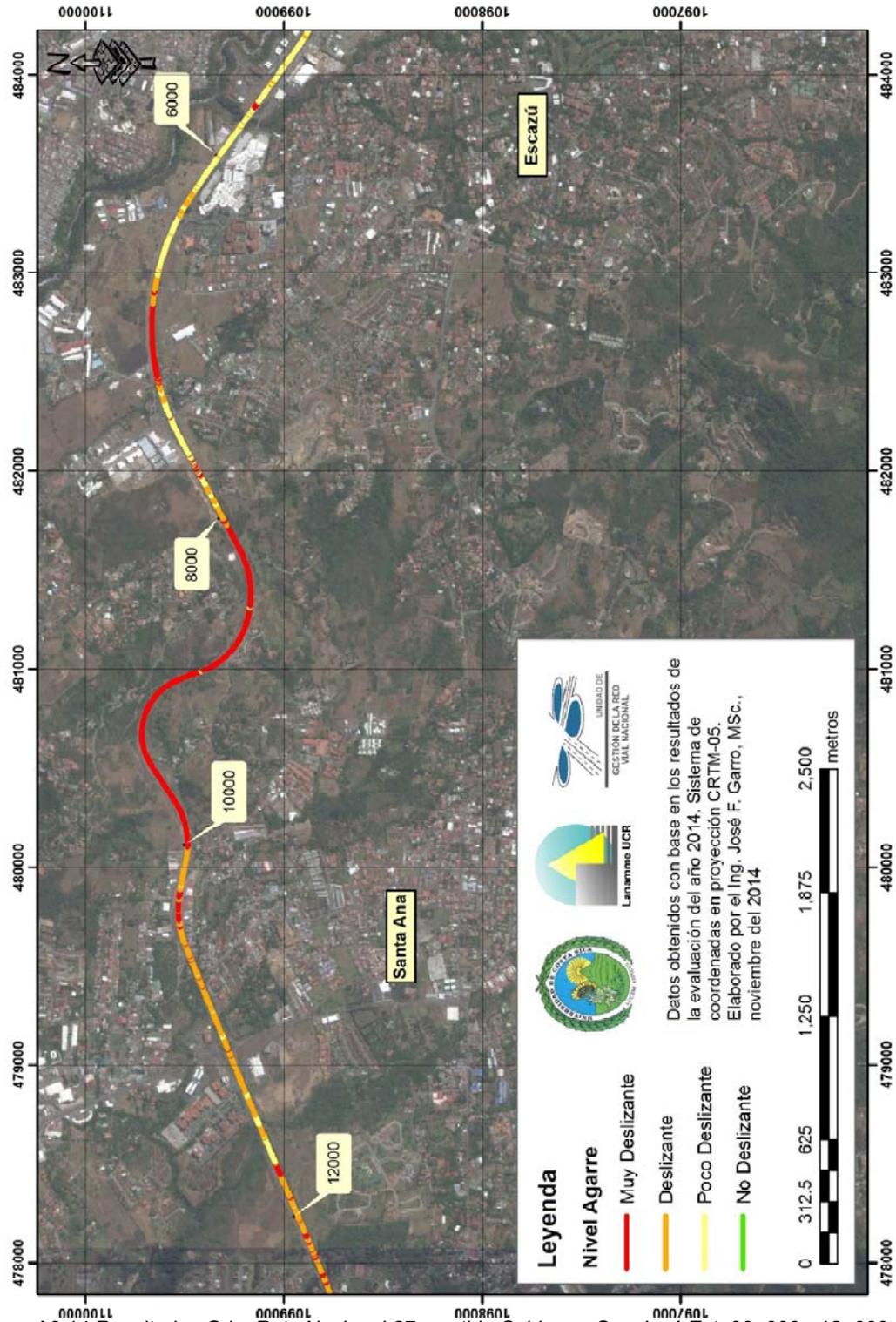


Figura A3 14 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 06+000 - 12+000

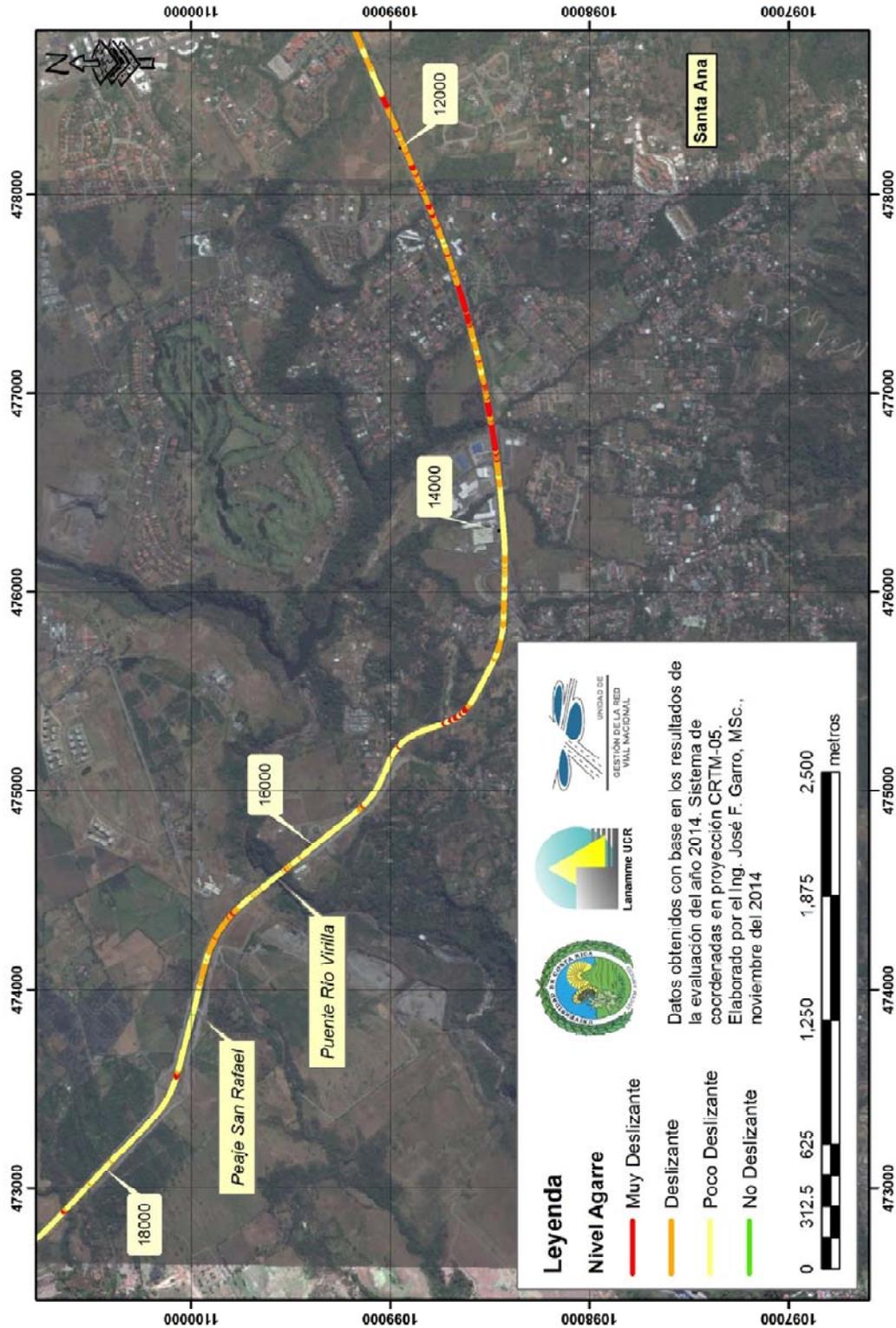


Figura A3 15 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 12+000 - 18+000

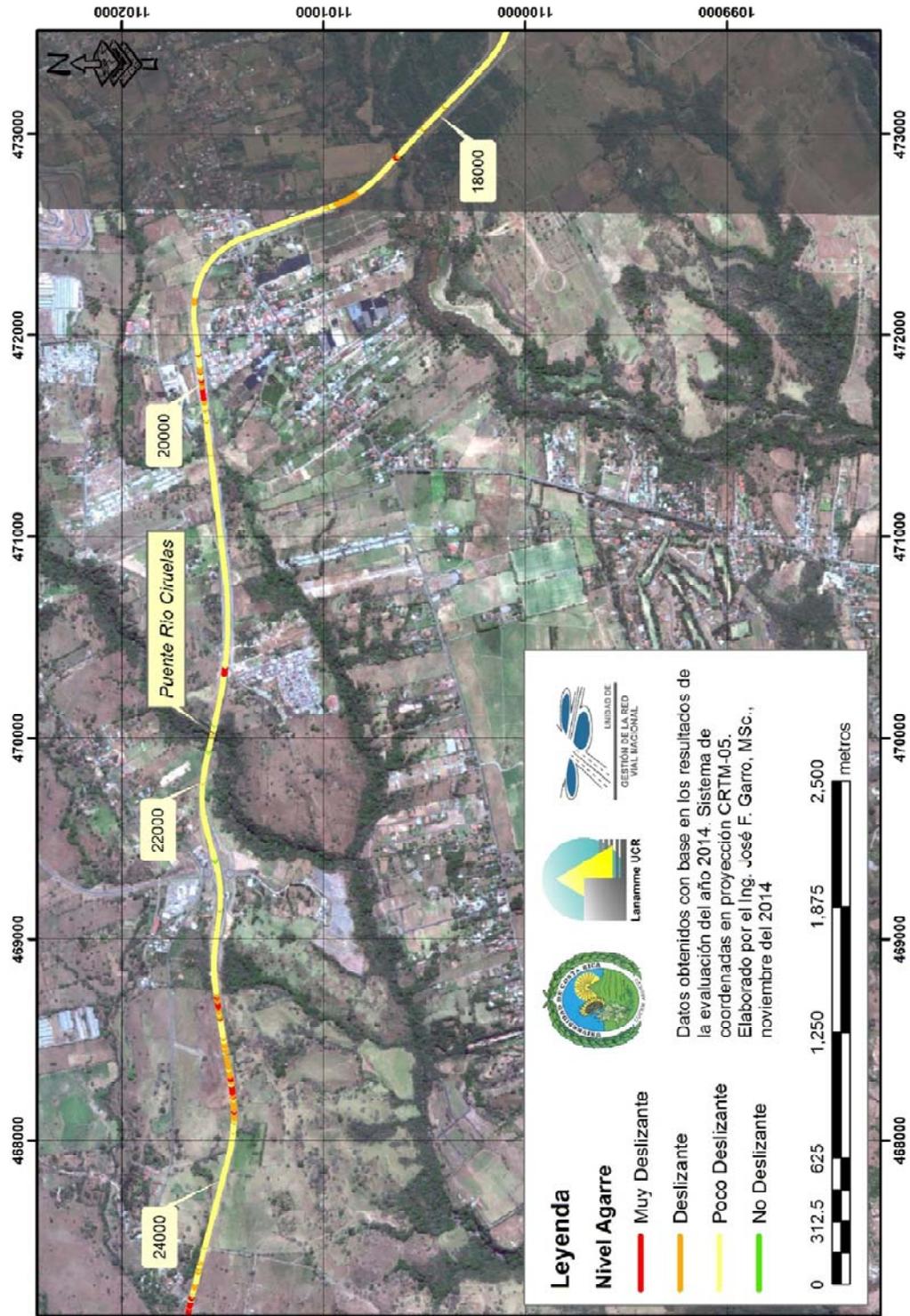


Figura A3 16 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 18+000 -24+000

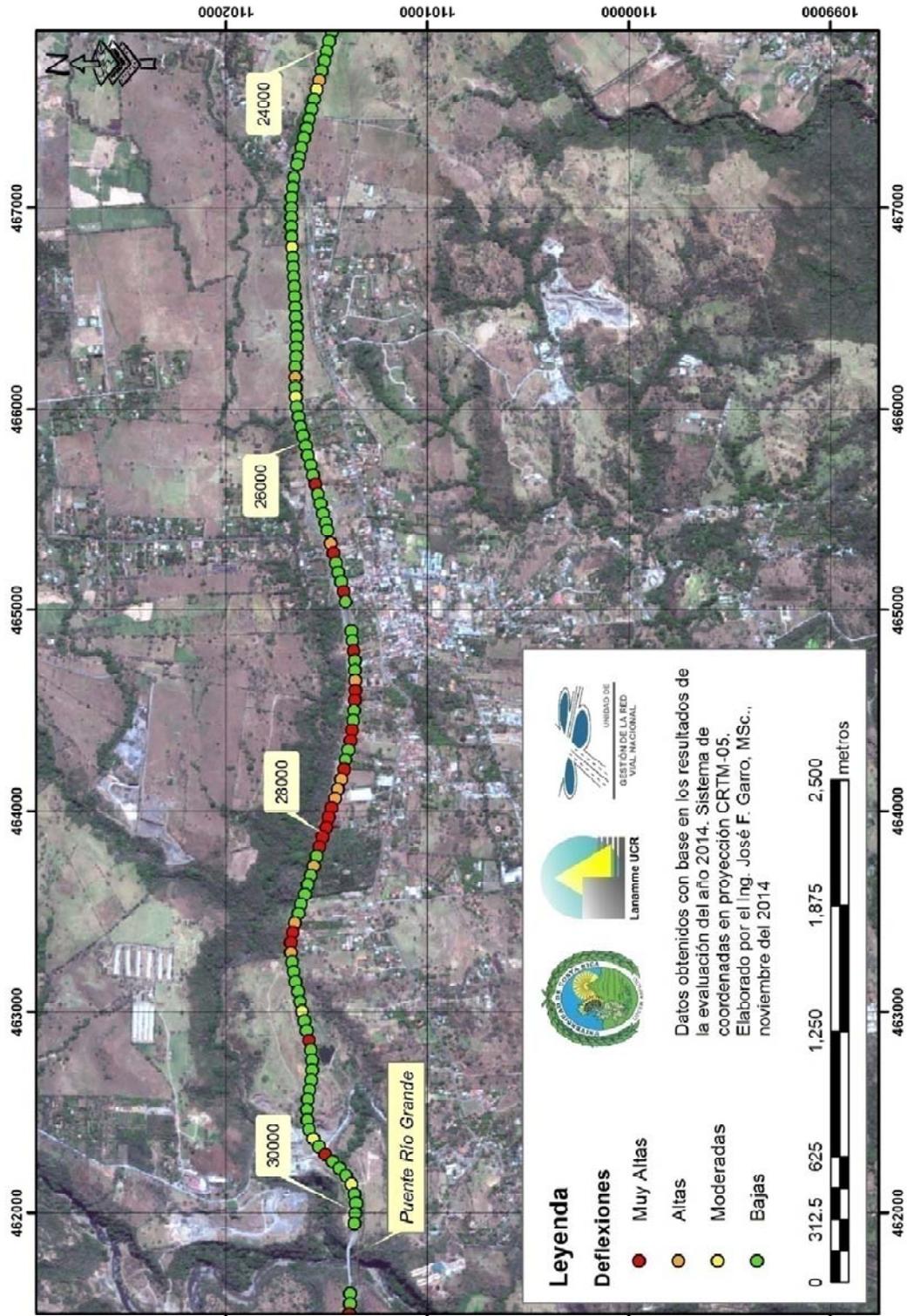


Figura A3 17 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 24+000 - 30+000

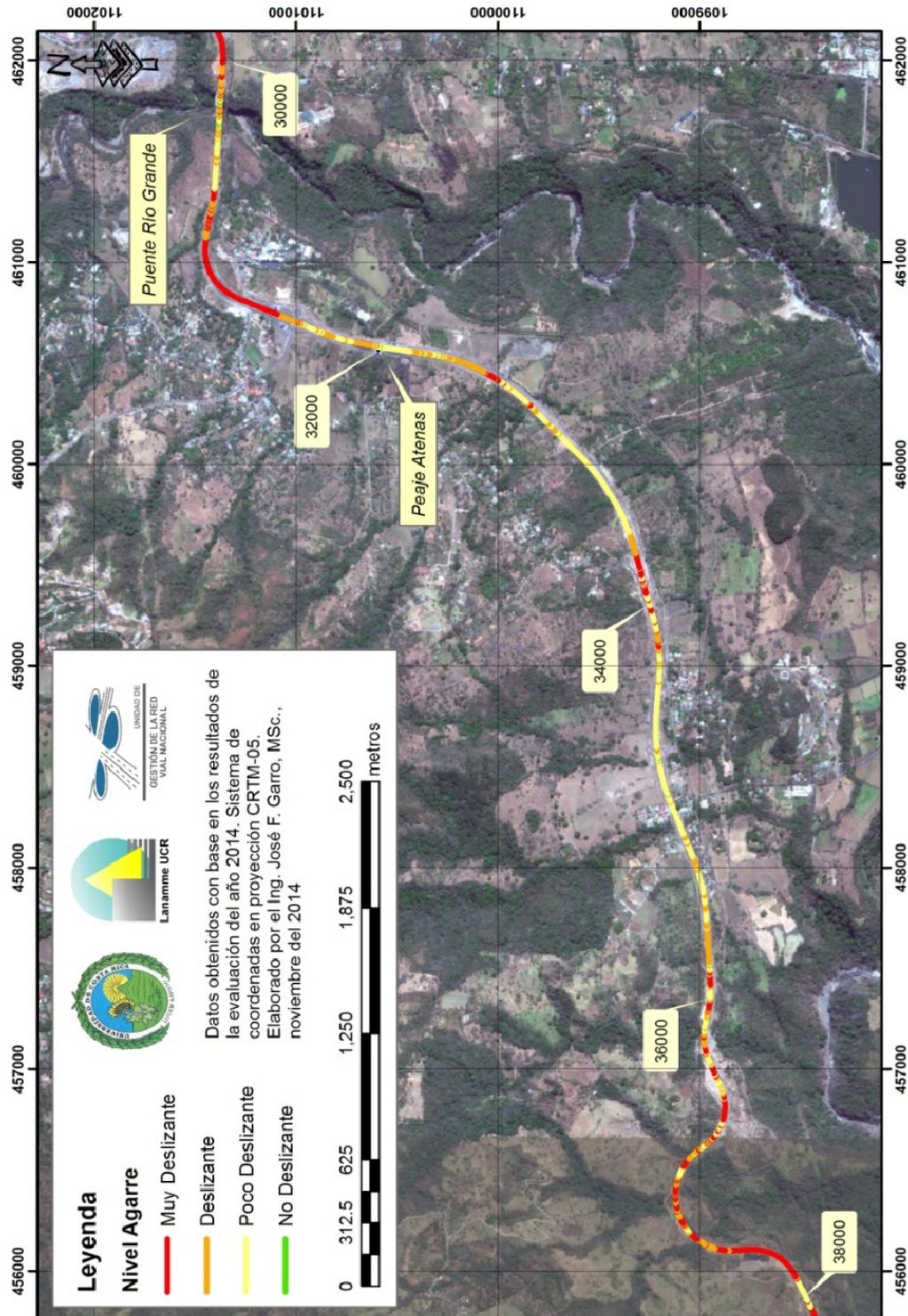


Figura A3 18 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 30+000 - 38+000

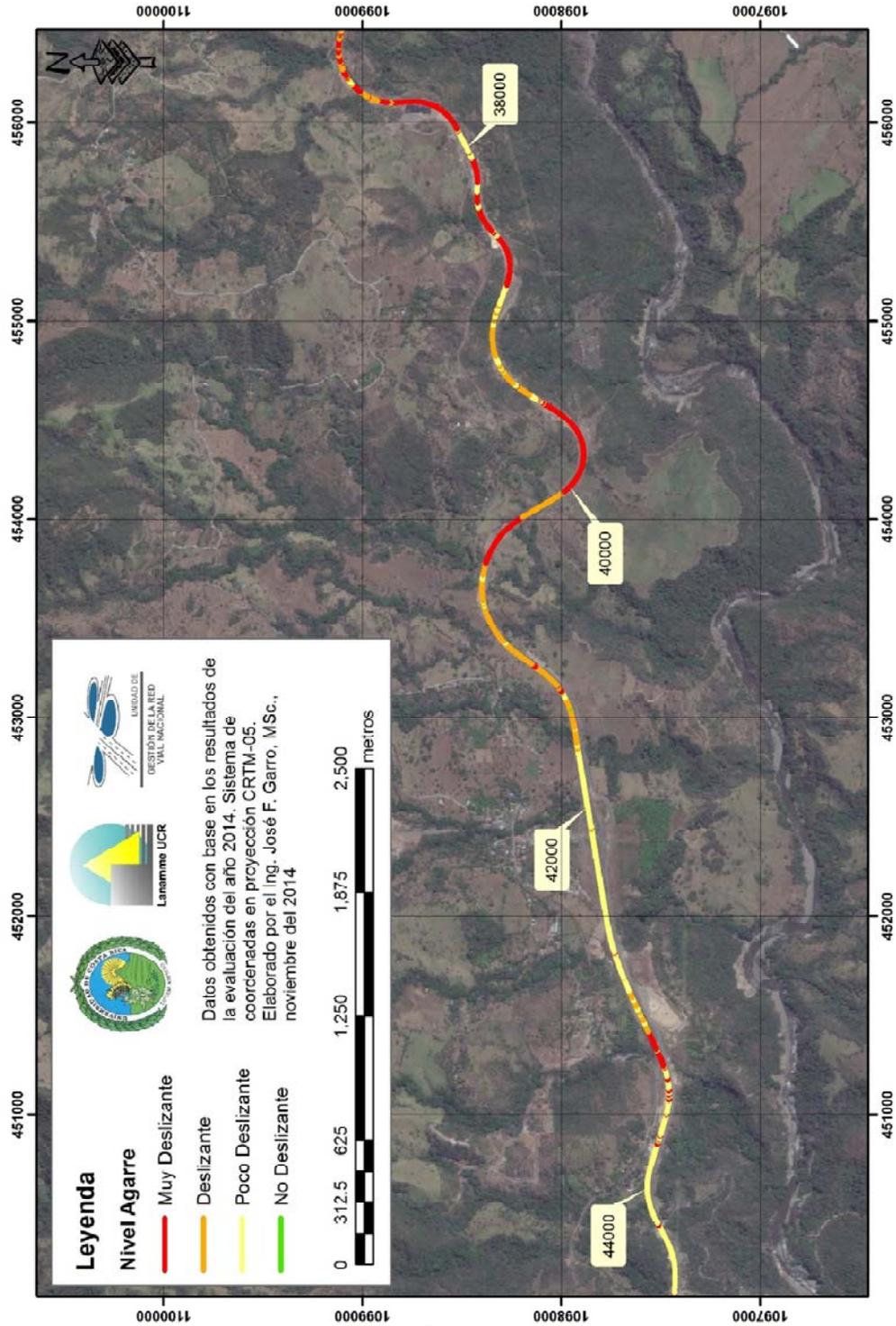


Figura A3 19 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 38+000 - 44+000

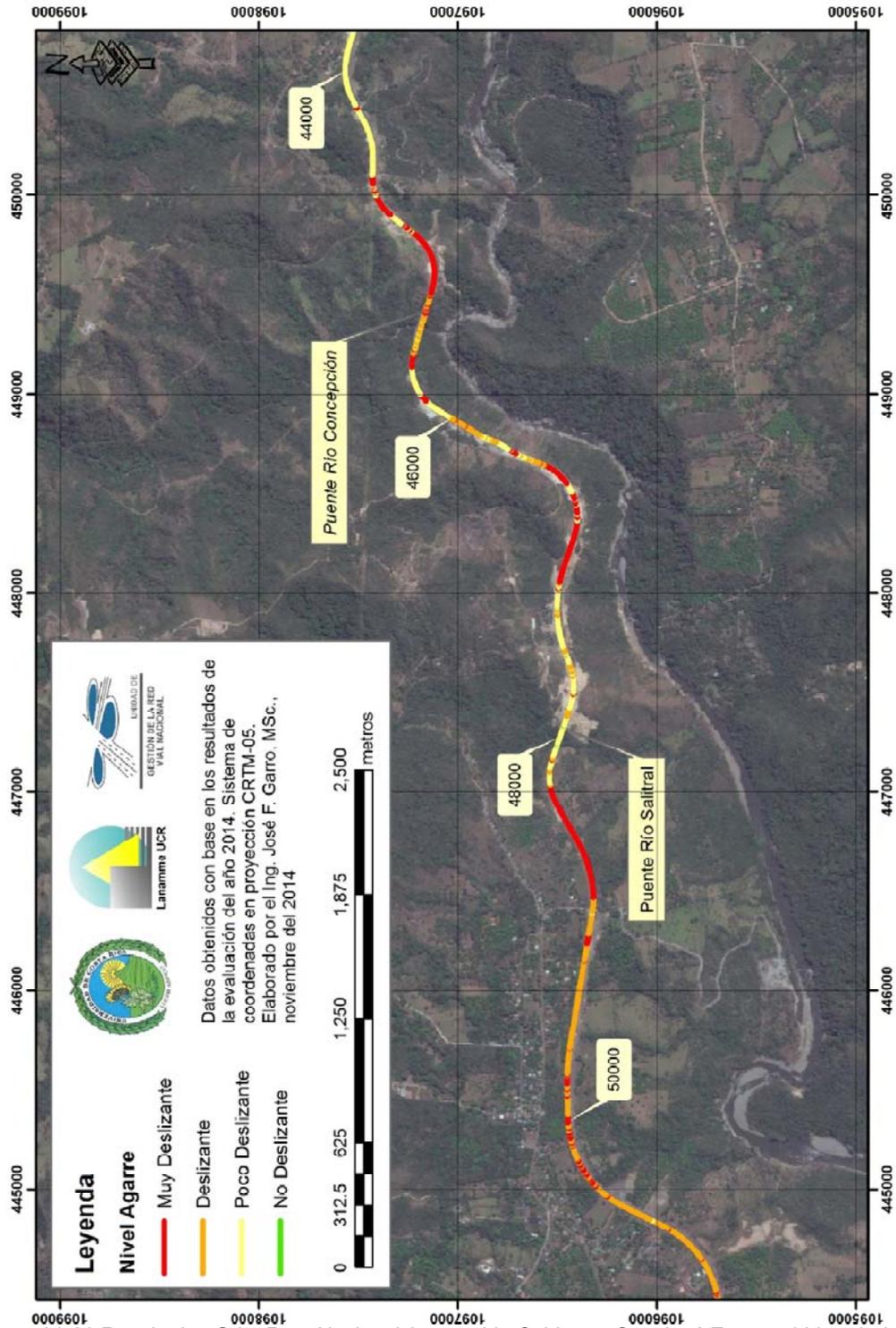


Figura A3 20 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 44+000 - 50+000

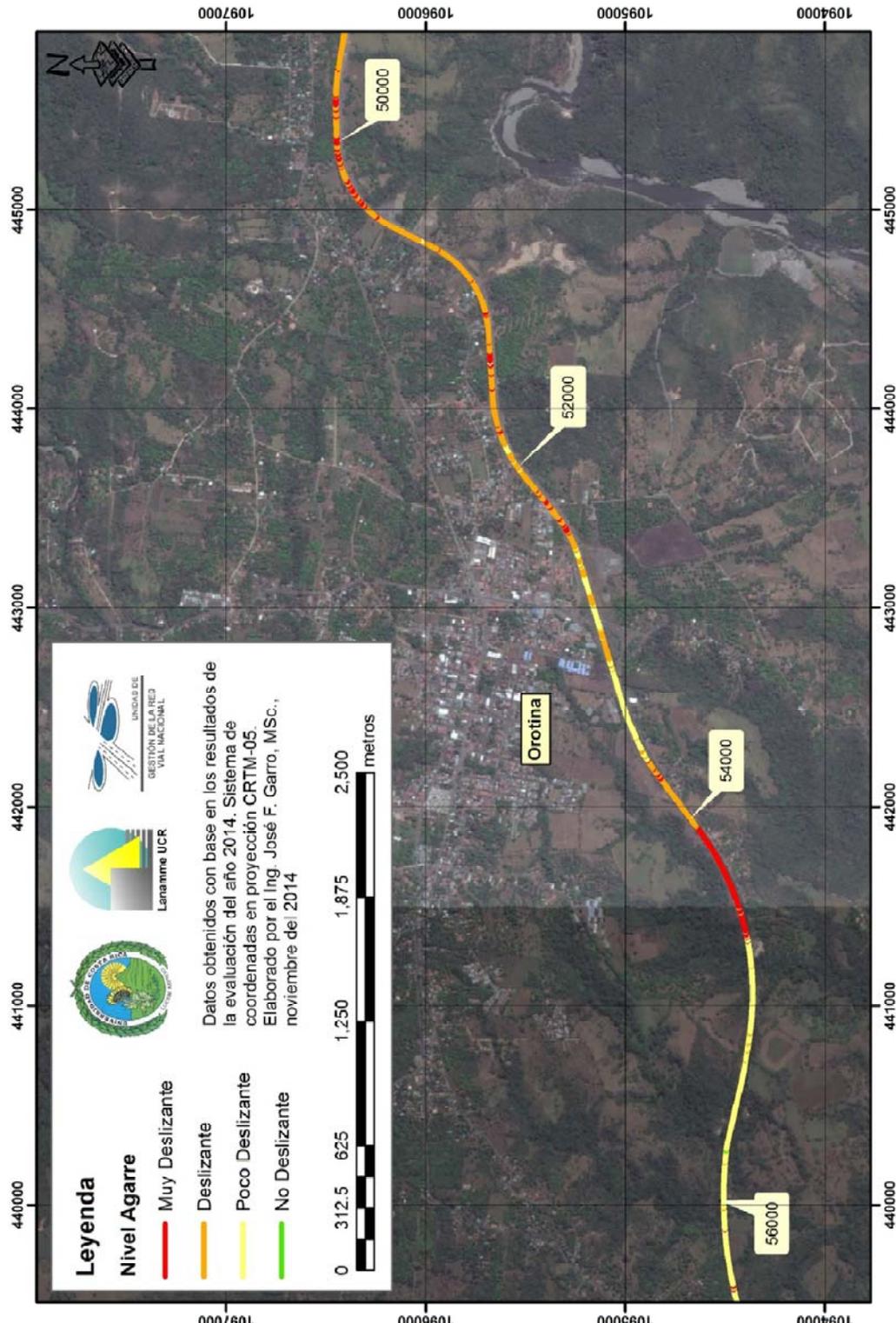


Figura A3 21 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 50+000 - 56+000

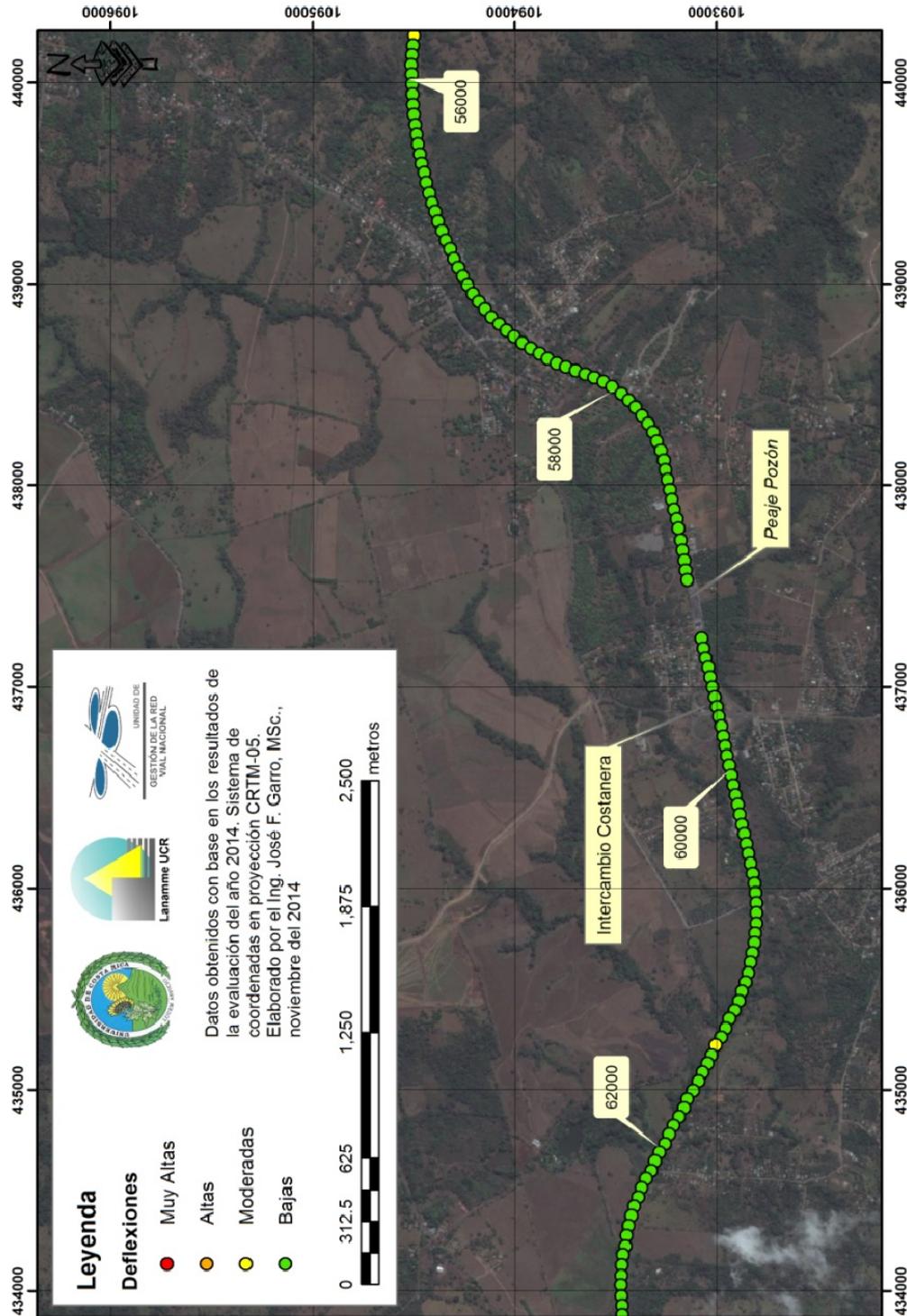


Figura A3 22 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 56+000 - 62+000

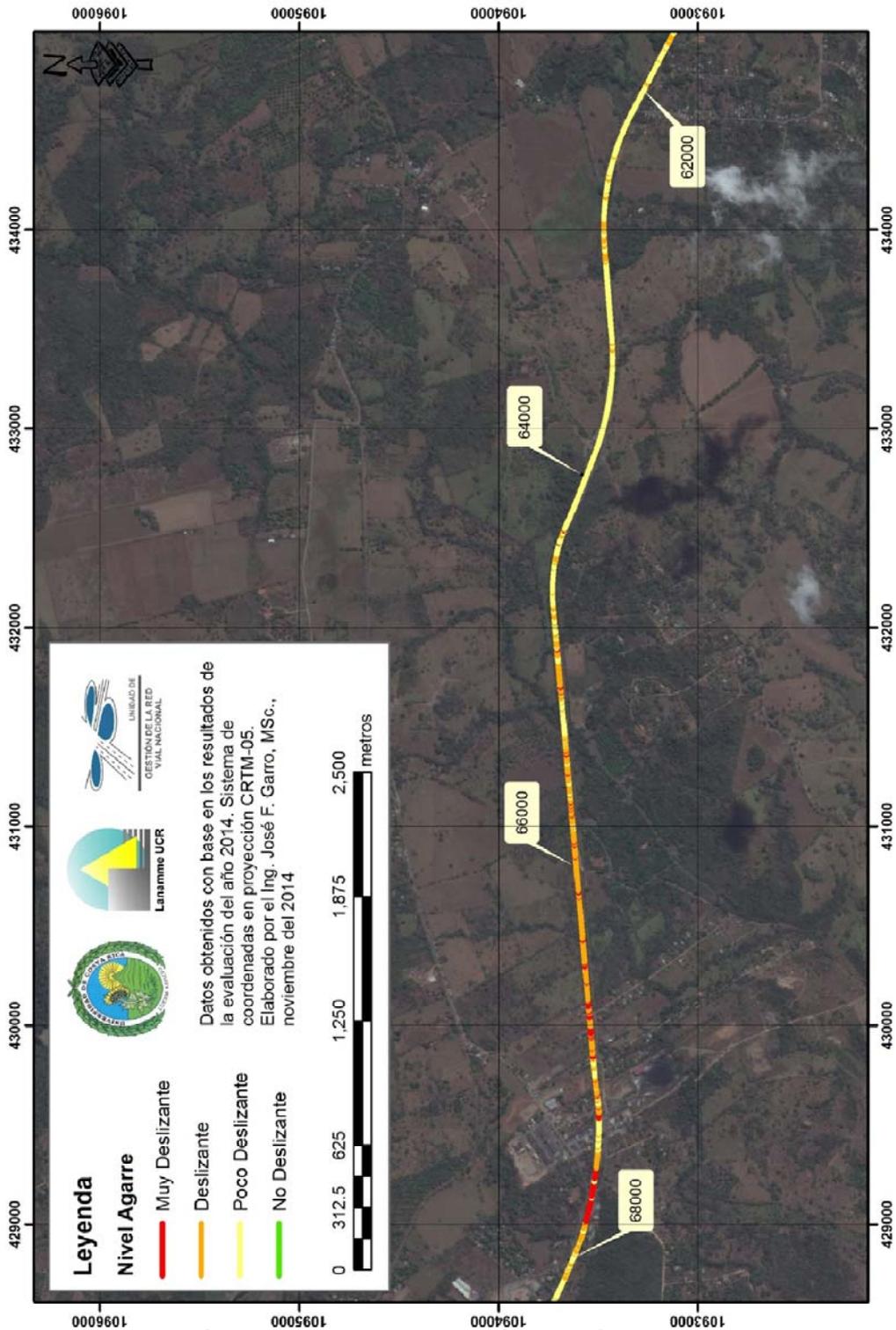


Figura A3 23 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 62+000 - 68+000

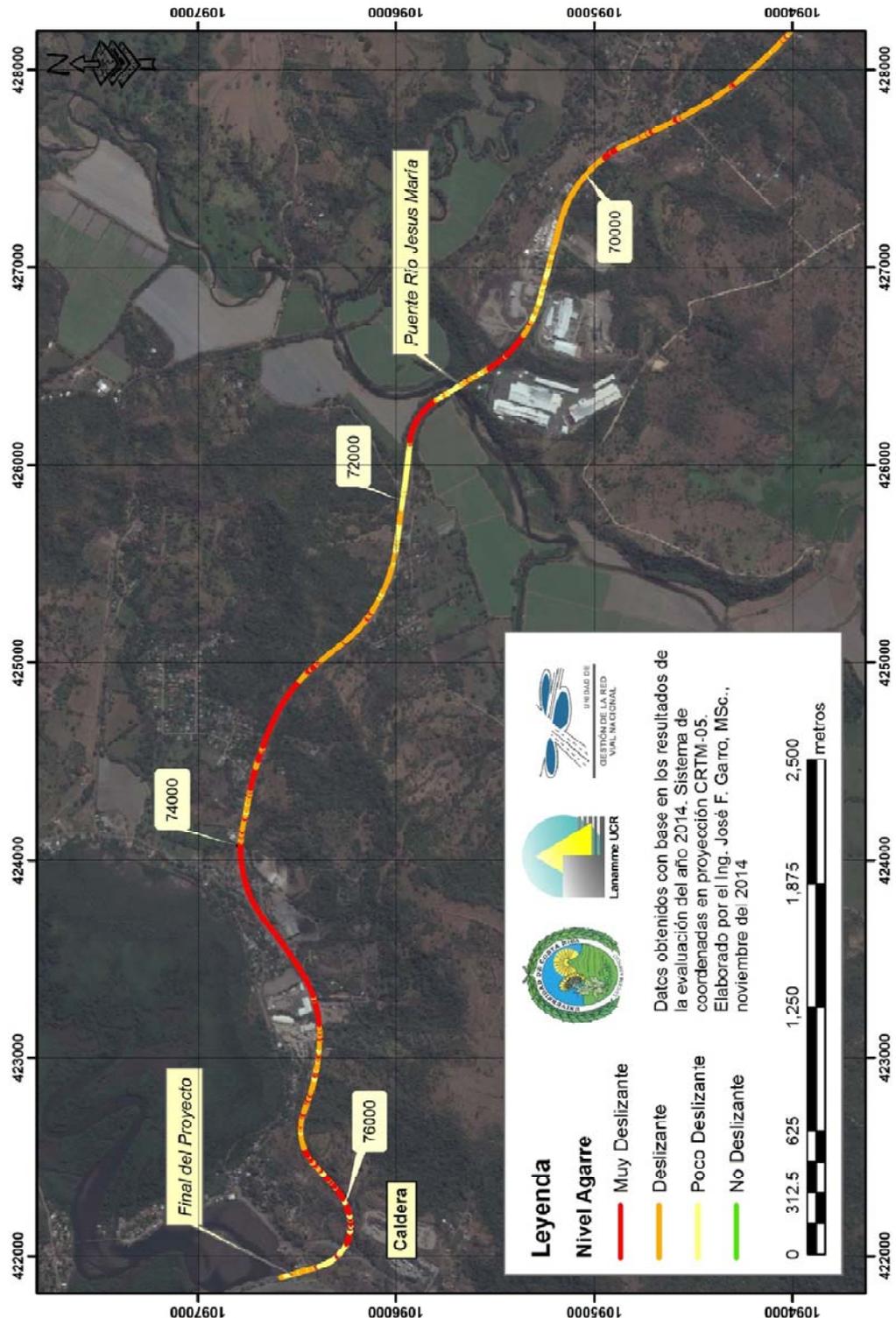


Figura A3 24 Resultados Grip, Ruta Nacional 27, sentido Caldera – San José Est. 70+000 - 76+000



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

Estación	Fecha	Imagen
43+286	29/08/2014	
55+014	29/08/2014	

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

Estación	Fecha	Imagen
71+476	29/08/2014	
46+566	29/08/2014	
44+555	29/08/2014	

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

Estación	Fecha	Imagen
39+205	29/08/2014	



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

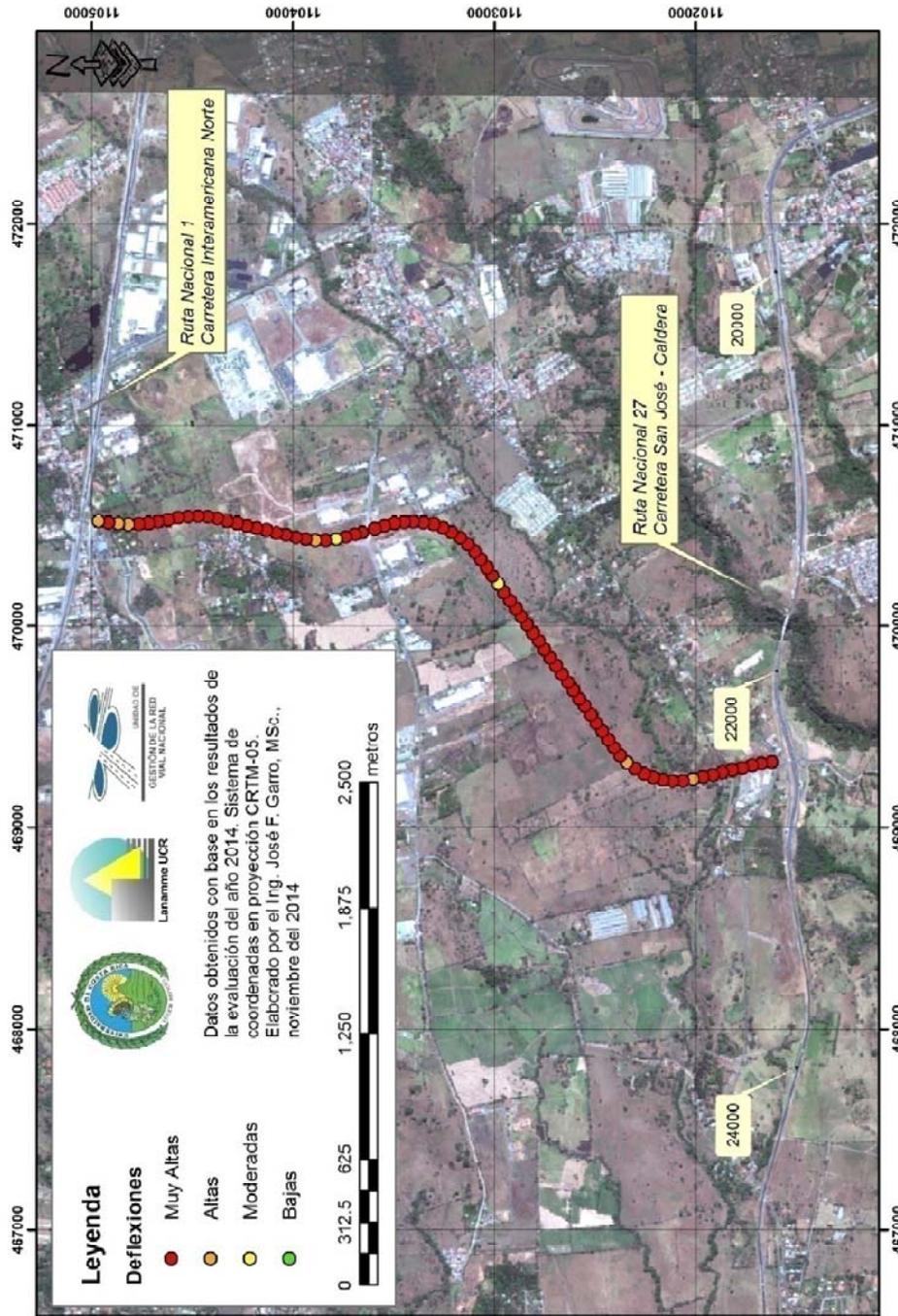


Figura A5 1 Resultados FWD, Radial El Coyal, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyal

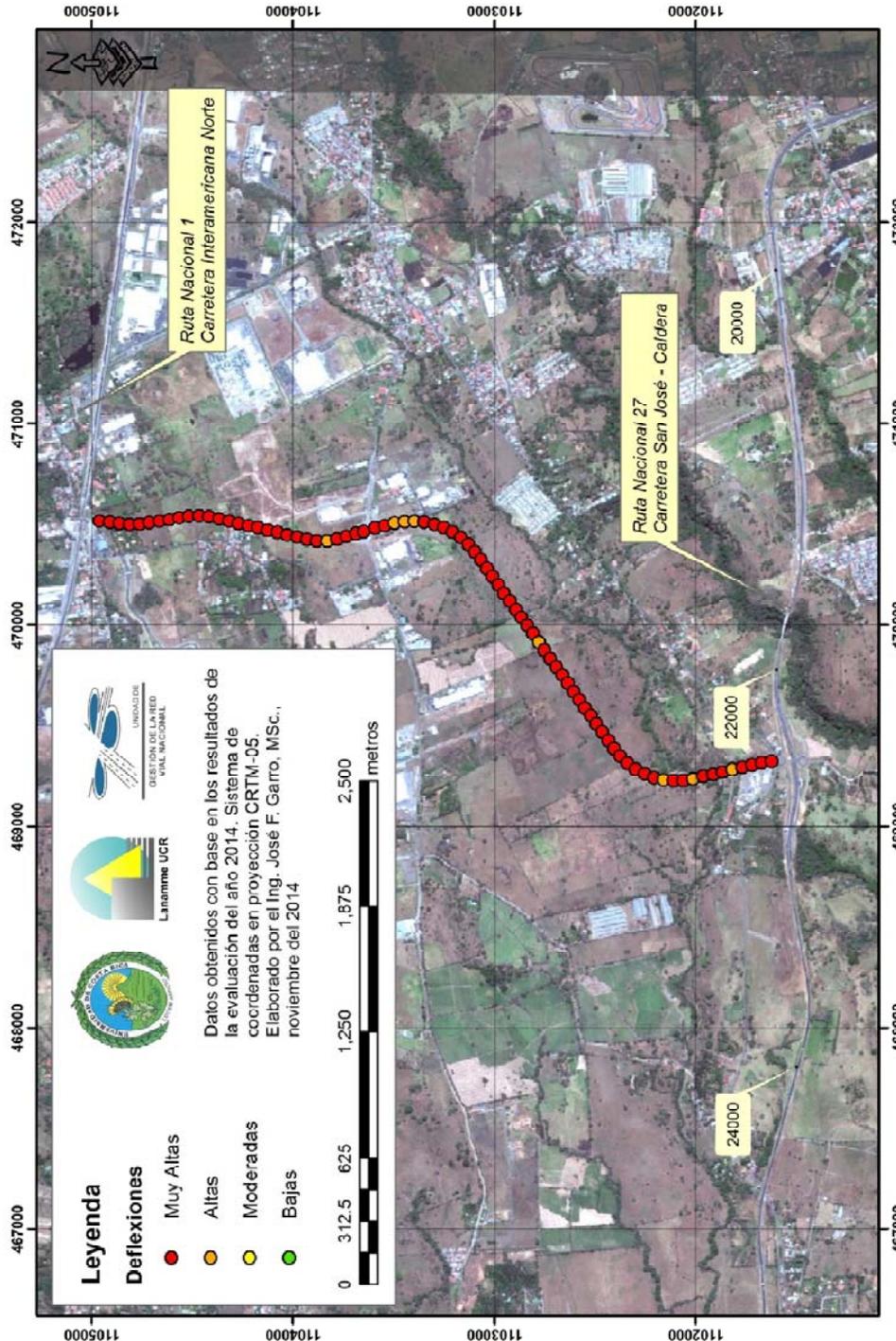


Figura A5 2 Resultados FWD, Radial El Coyol, sentido El Coyol - Ruta Nacional 27

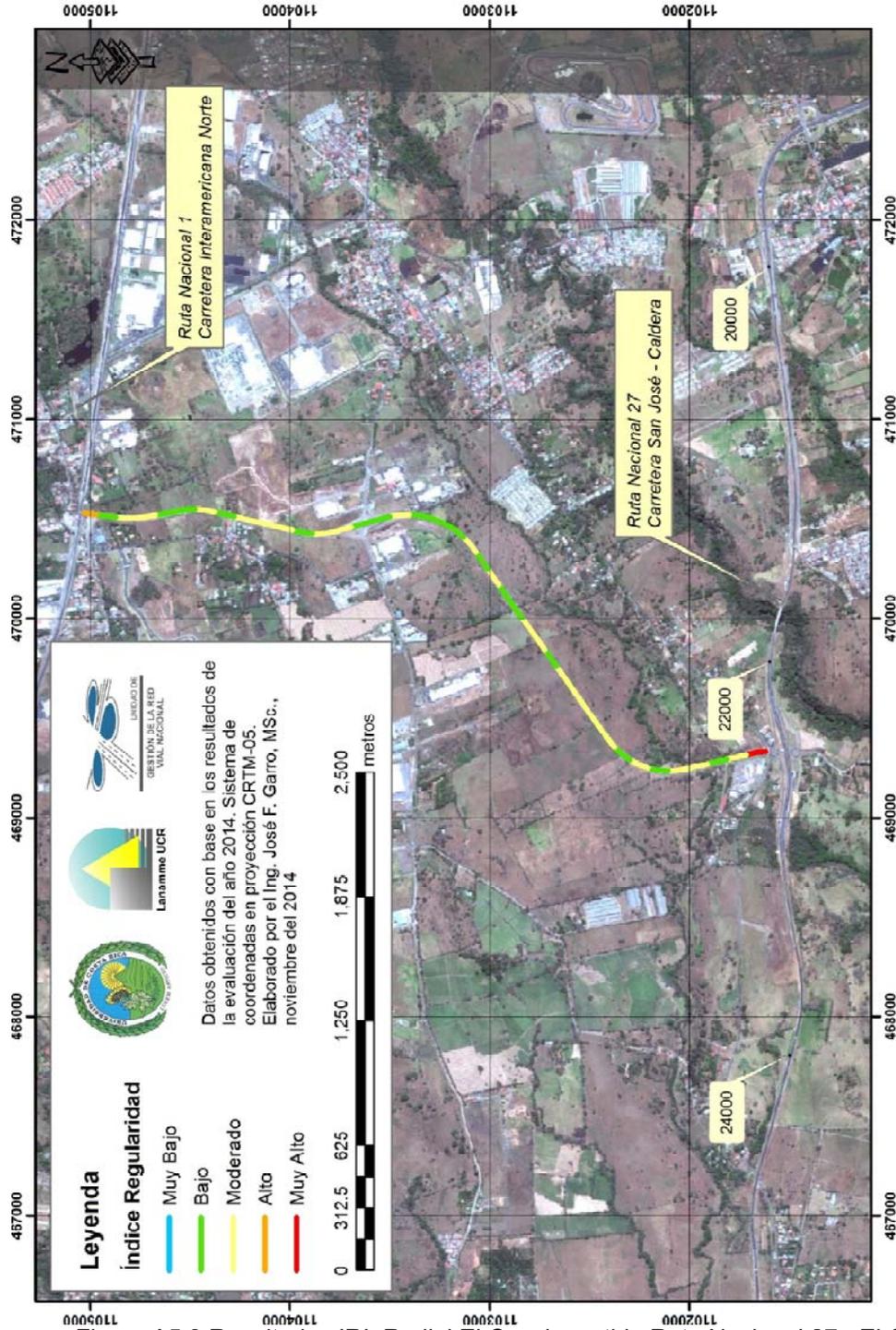


Figura A5 3 Resultados IRI, Radial El Coyol, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyol

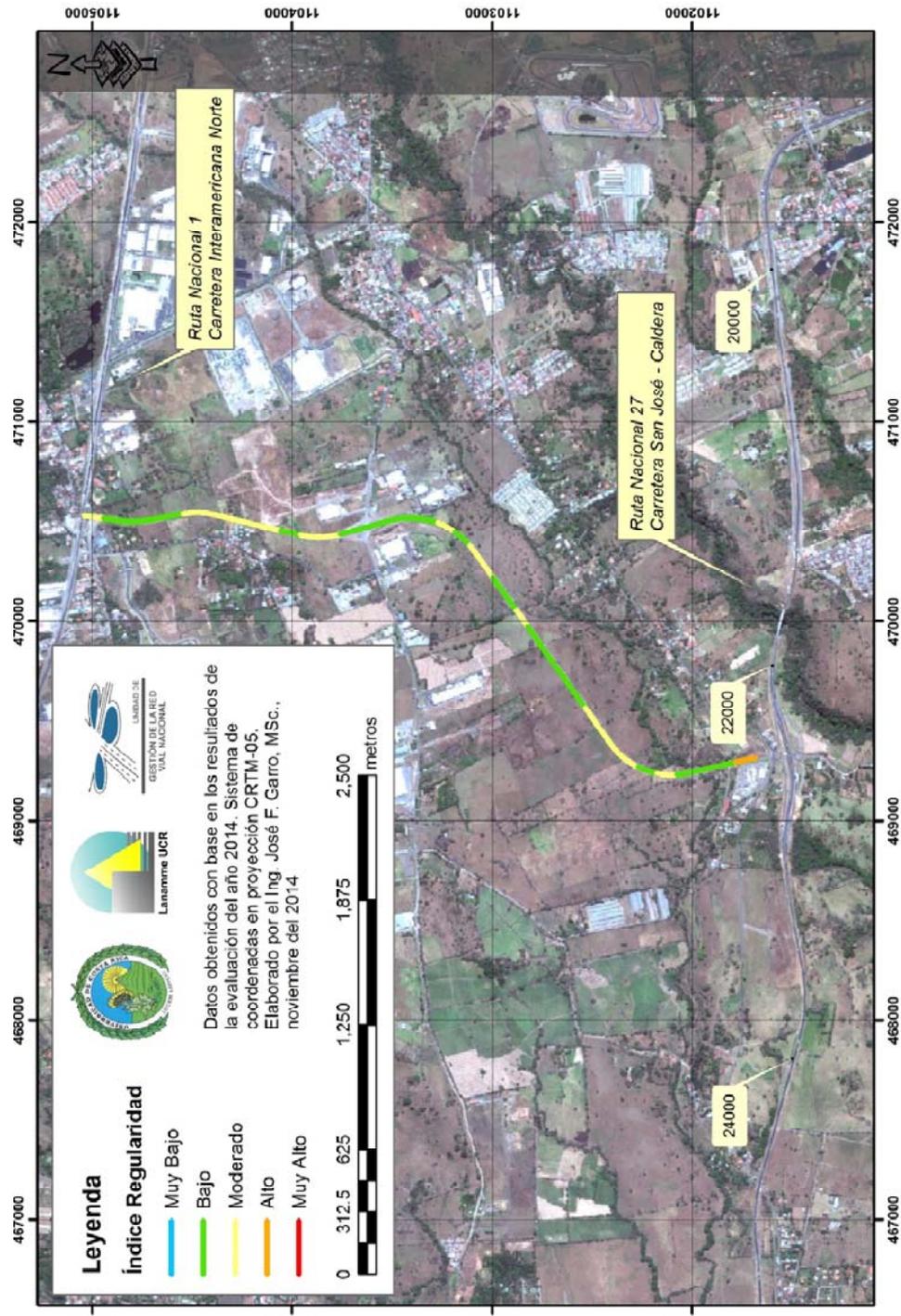


Figura A5 4 Resultados IRI, Radial El Coyol, sentido El Coyol - Ruta Nacional 27

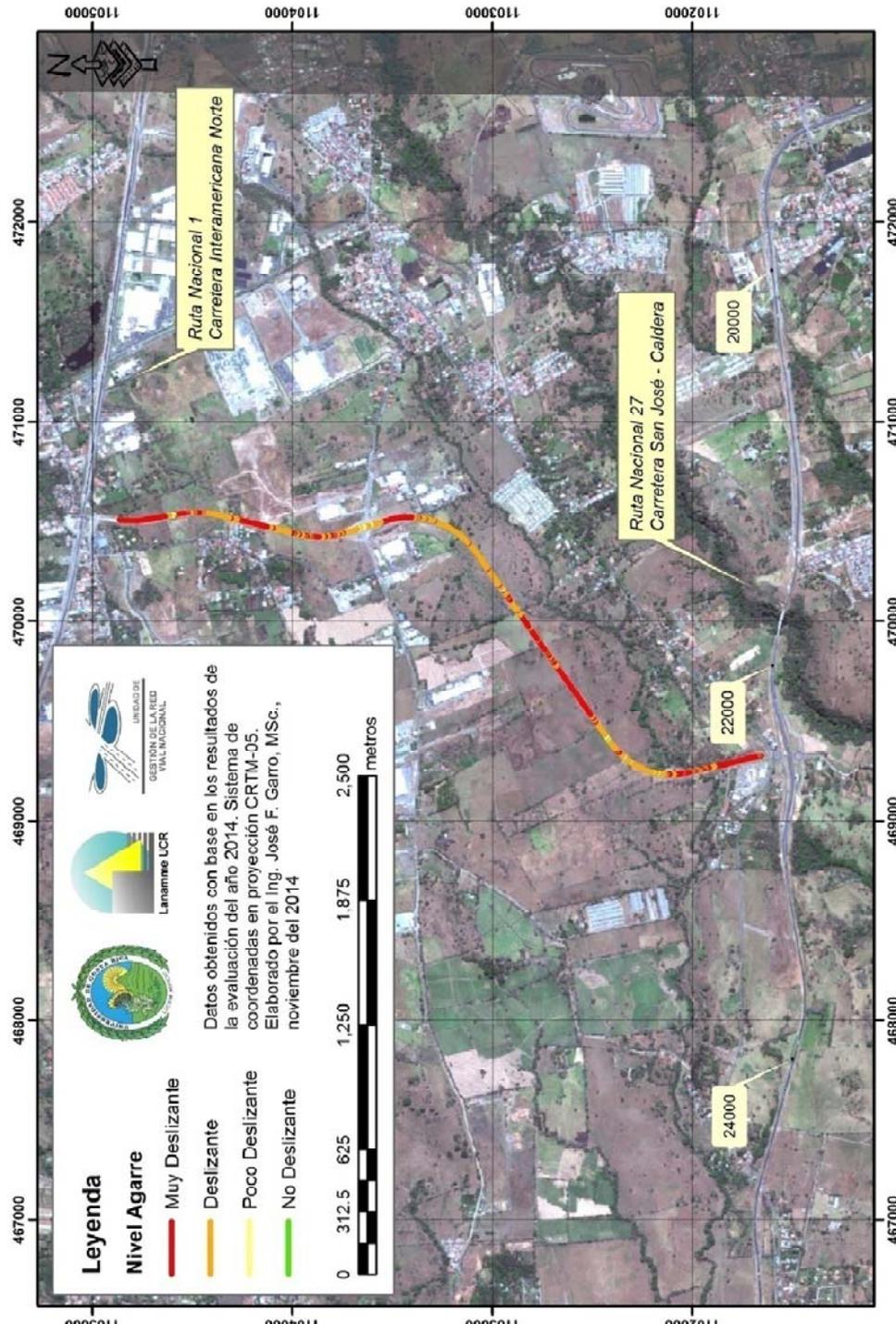


Figura A5 5 Resultados GRIP, Radial El Coyal, sentido Ruta Nacional 27 - El Coyal

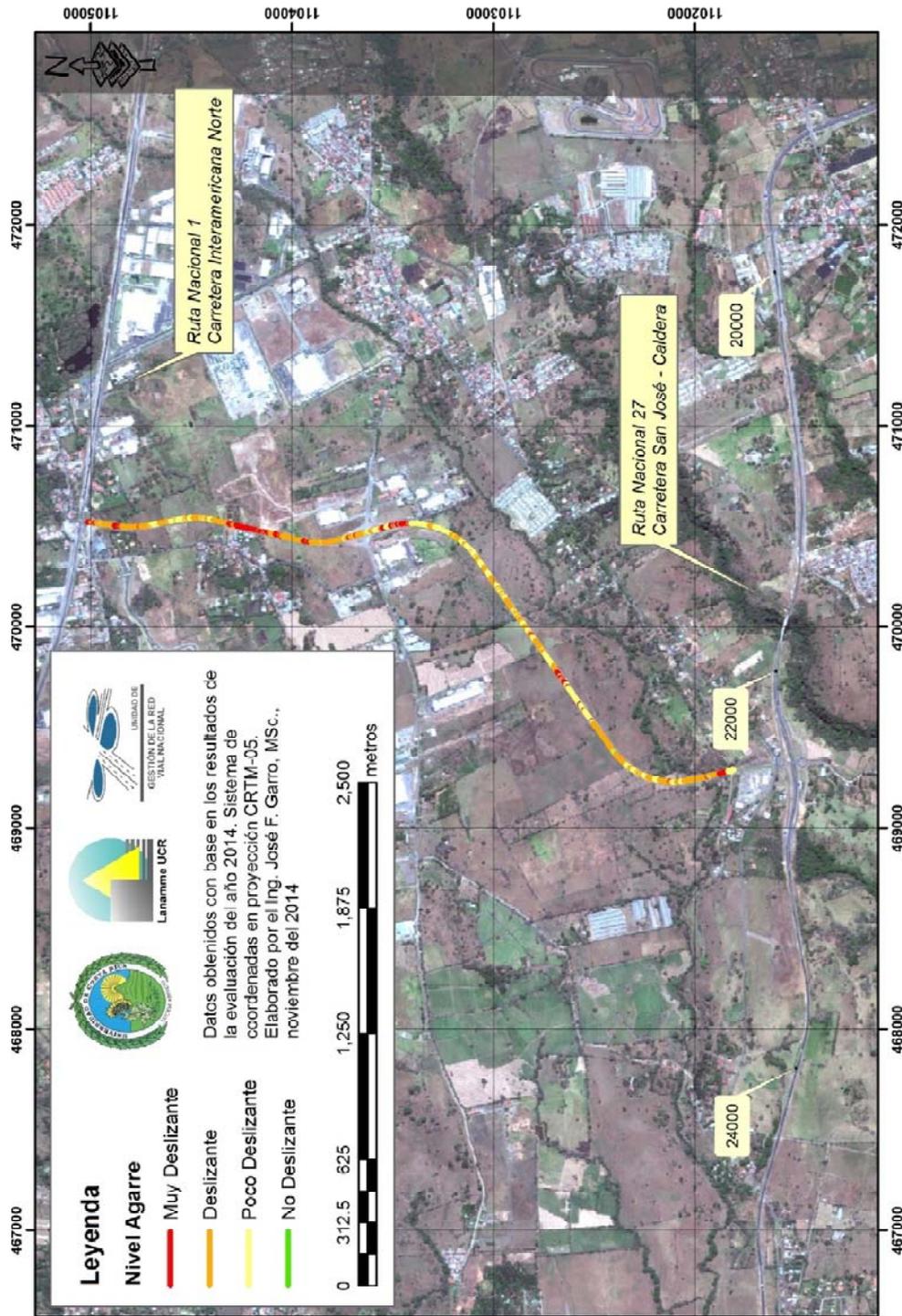


Figura A5 6 Resultados GIRIP, Radial El Coyol, sentido El Coyol - Ruta Nacional 27

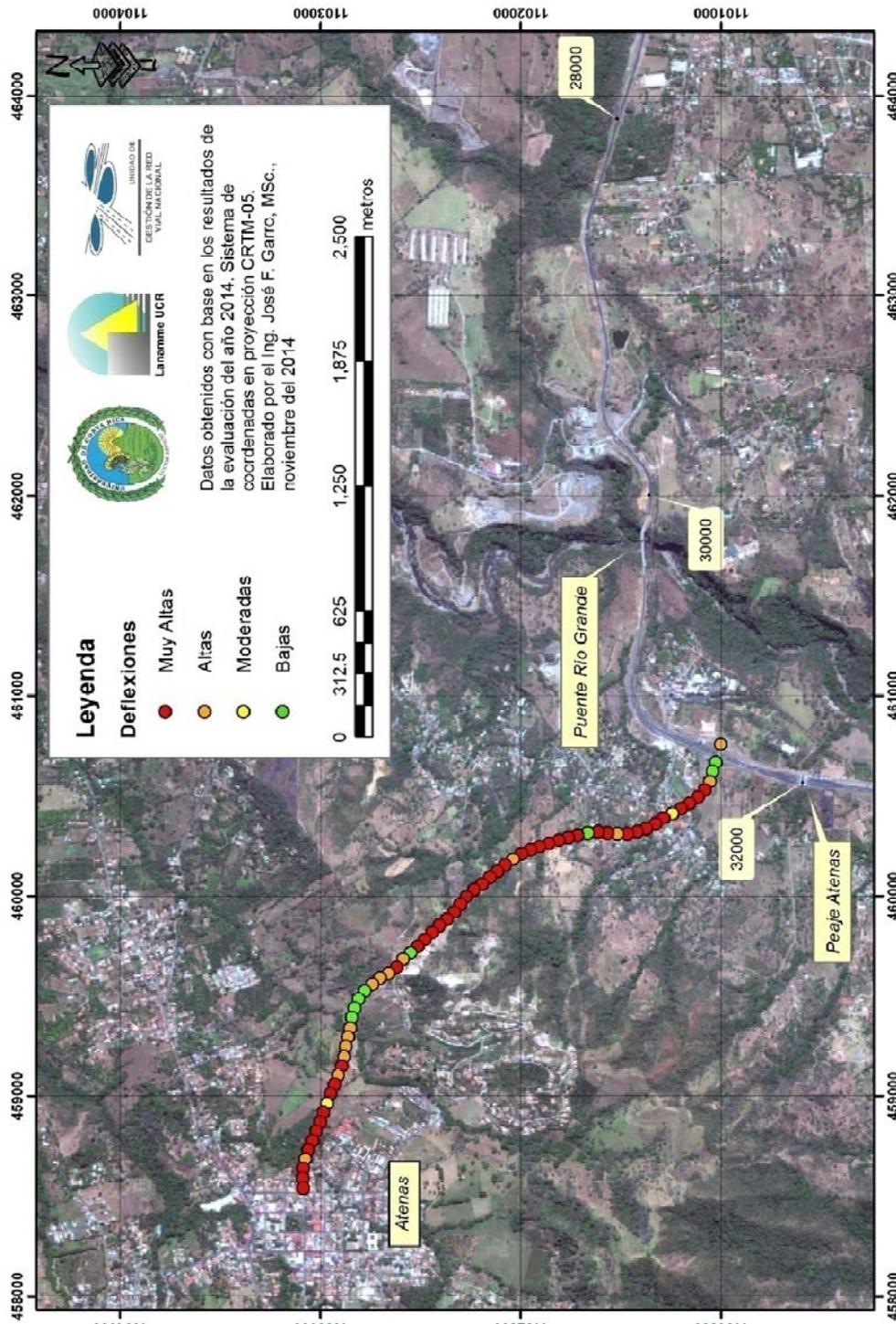


Figura A5 7 Resultados FWD, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

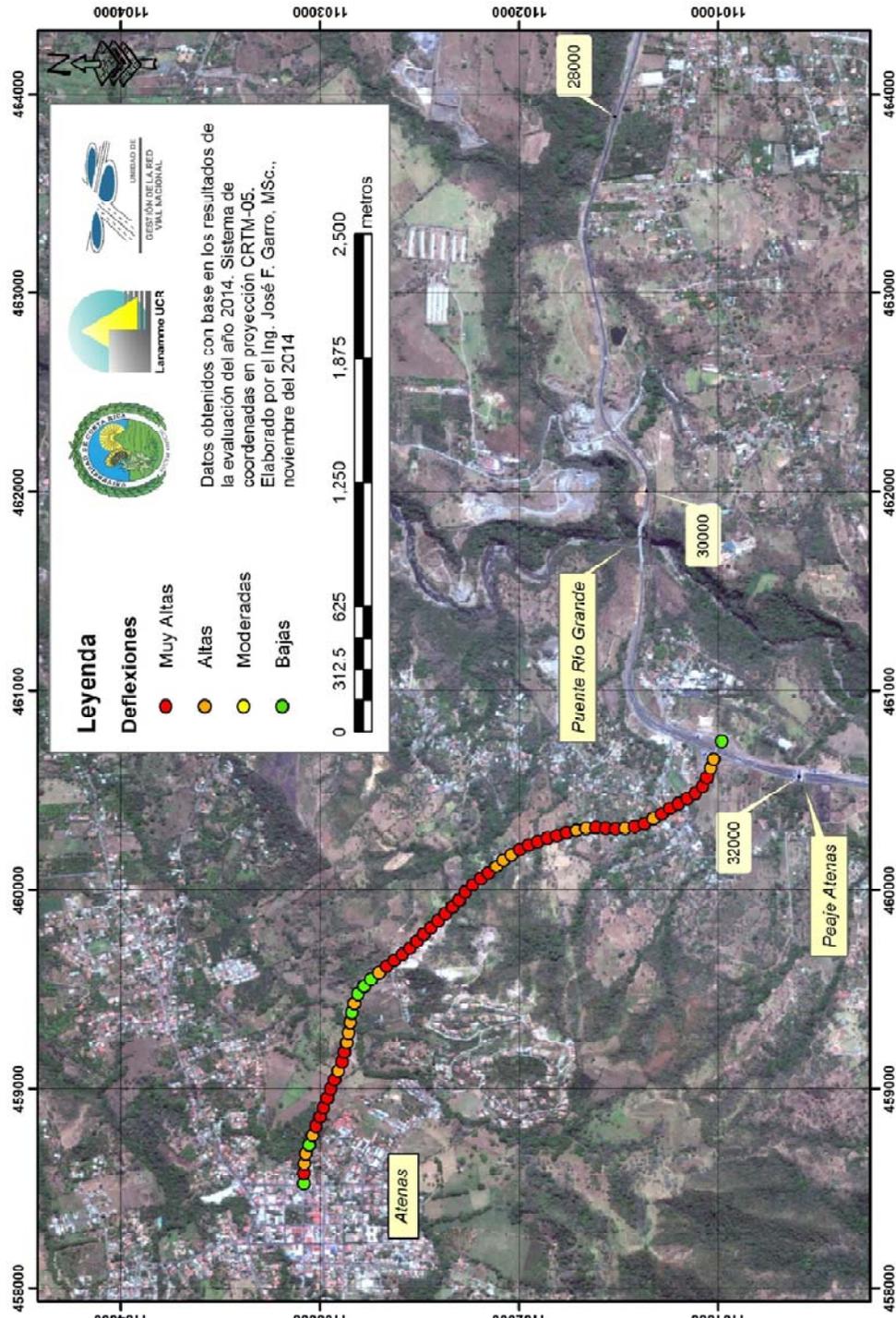


Figura A5 8 Resultados FWD, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

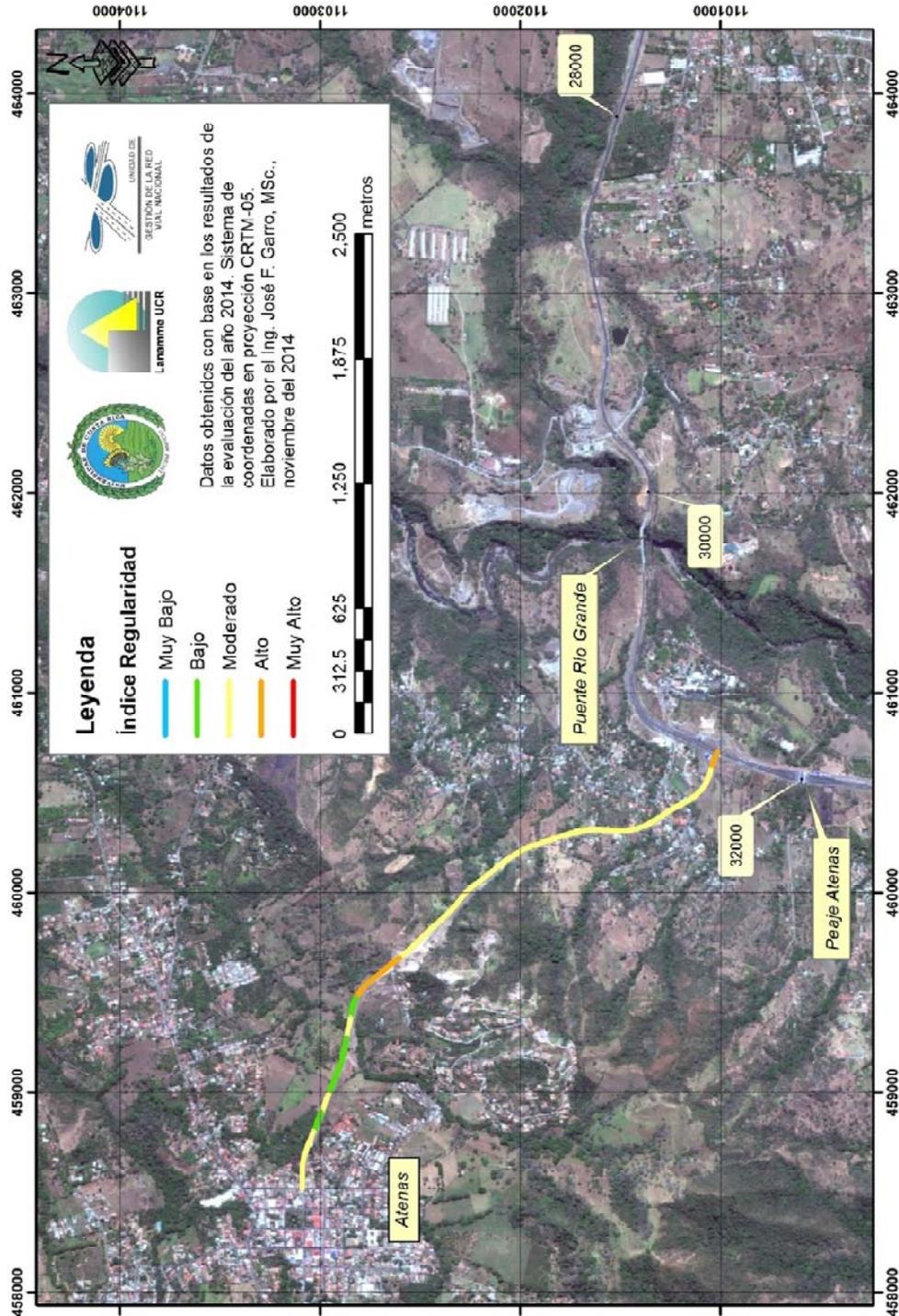


Figura A5 9 Resultados IRI, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

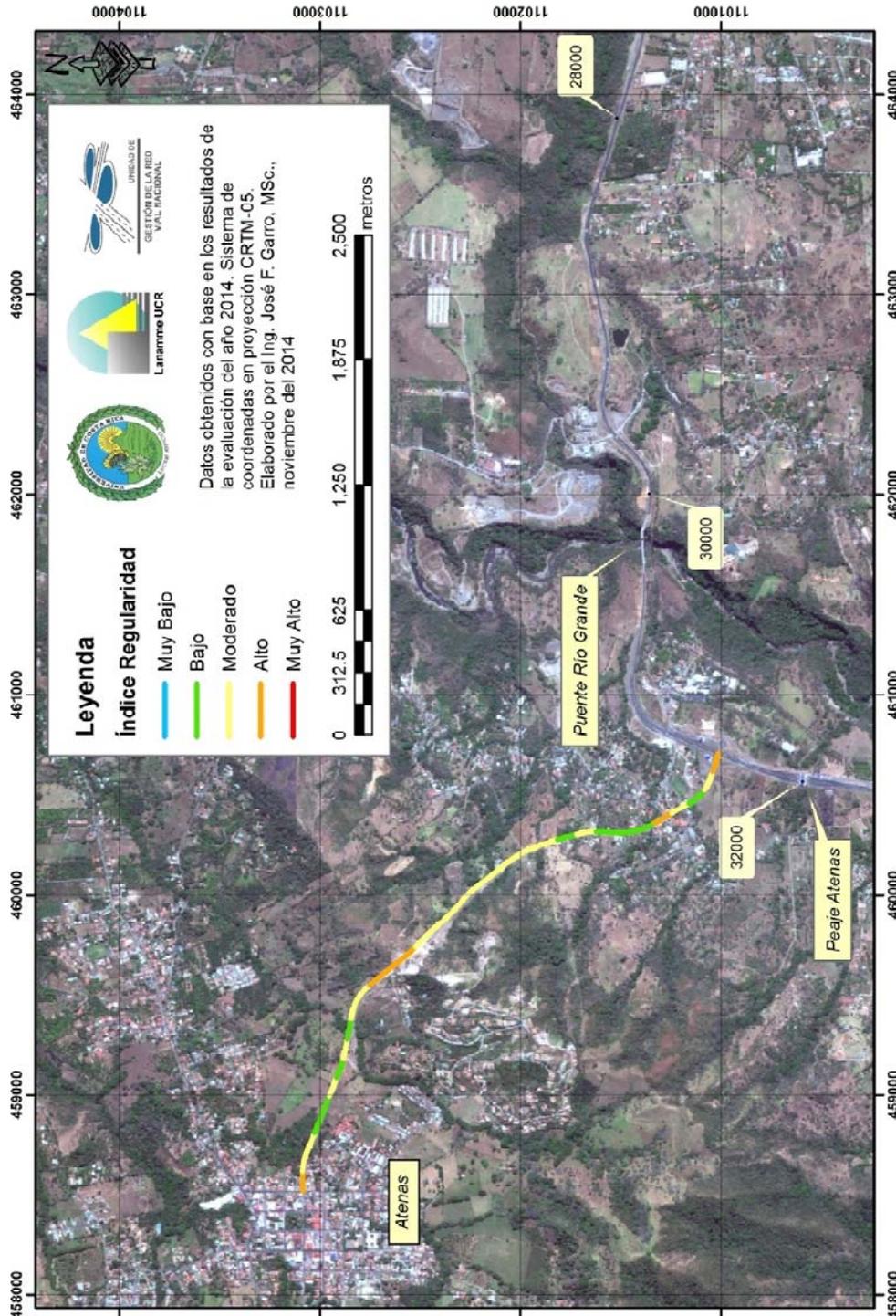


Figura A5 10 Resultados IRI, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

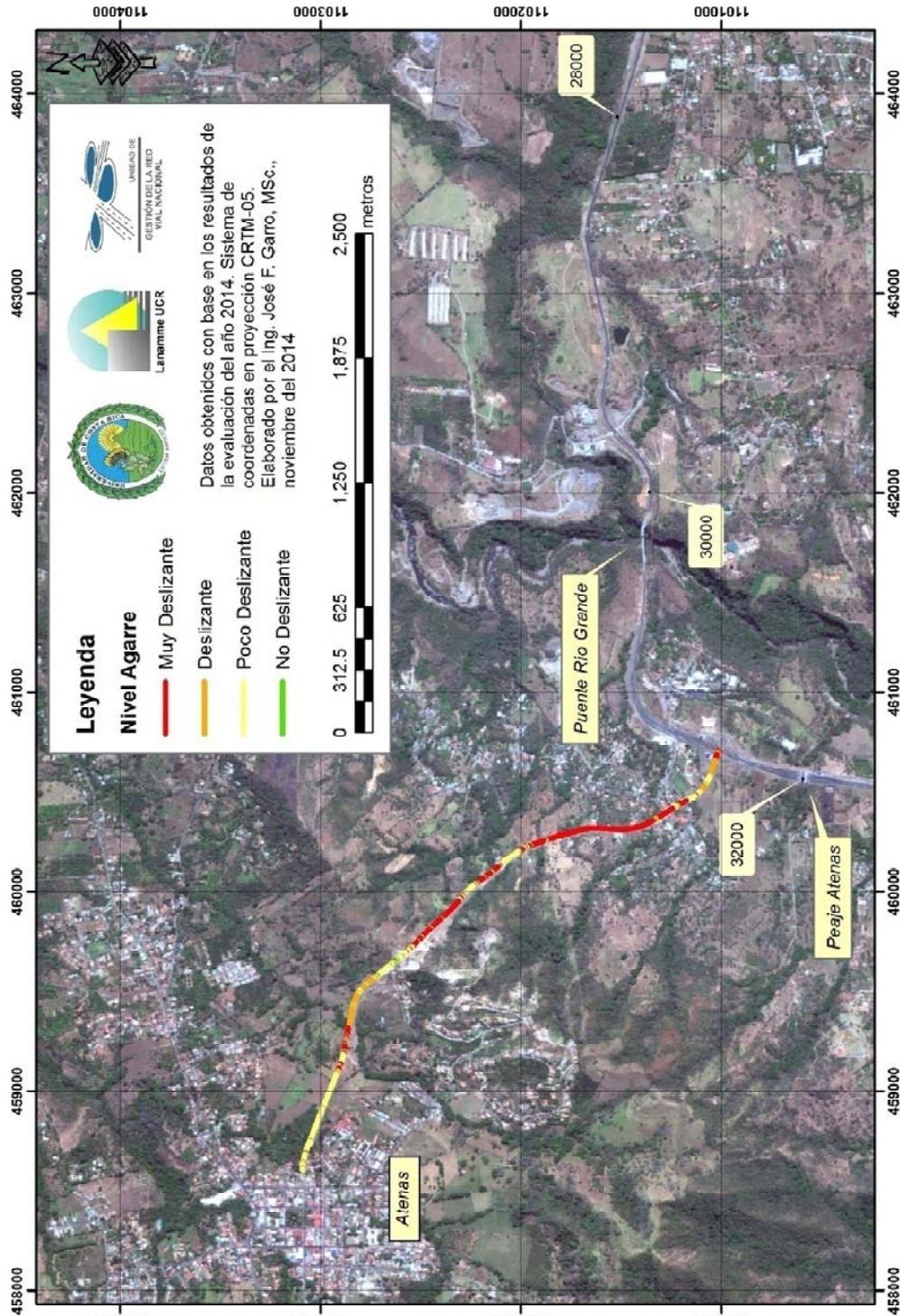


Figura A5 11 Resultados GIRIP, Radial Atenas, sentido Ruta Nacional 27 - Atenas

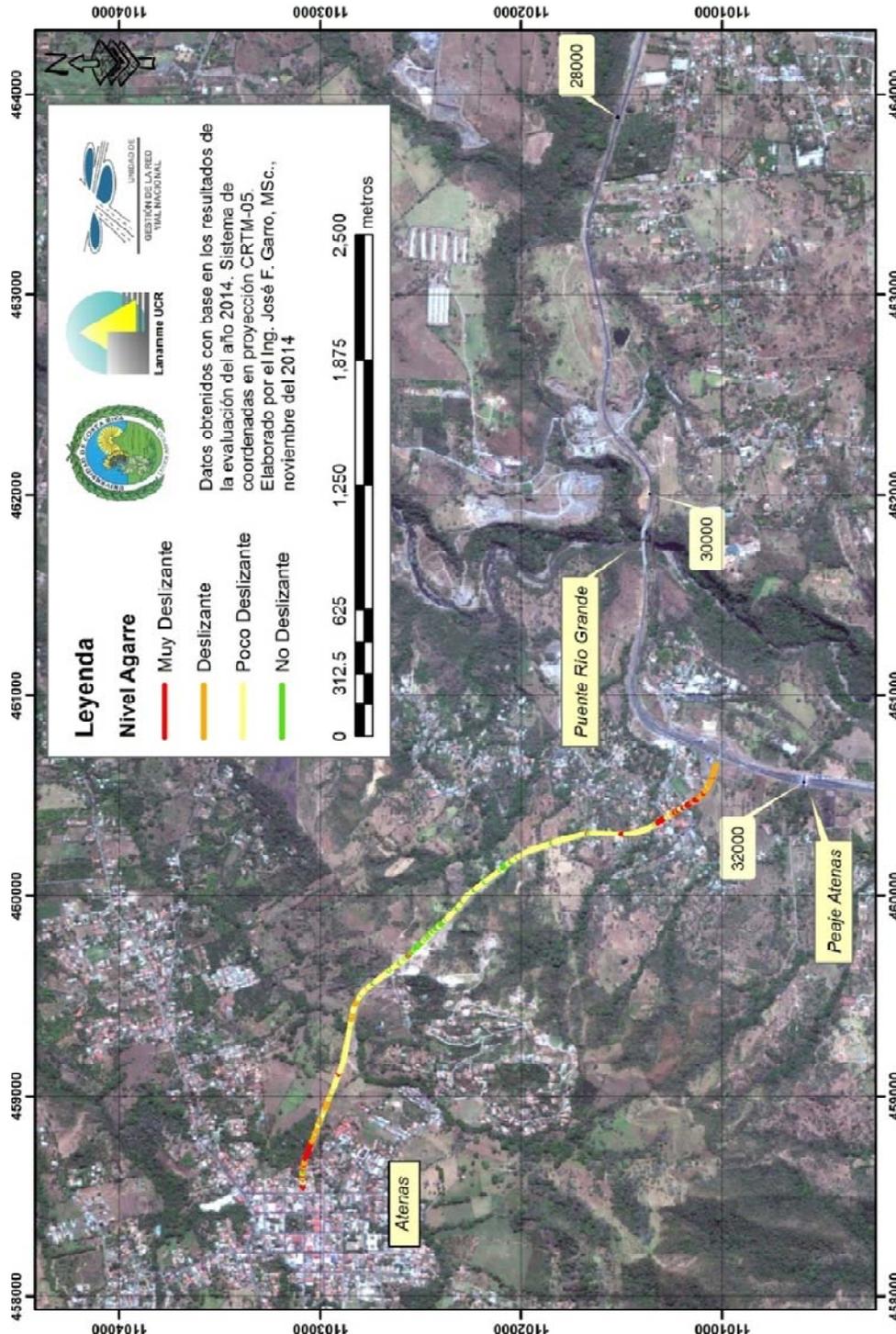


Figura A5 12 Resultados GIRIP, Radial Atenas, sentido Atenas - Ruta Nacional 27

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

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

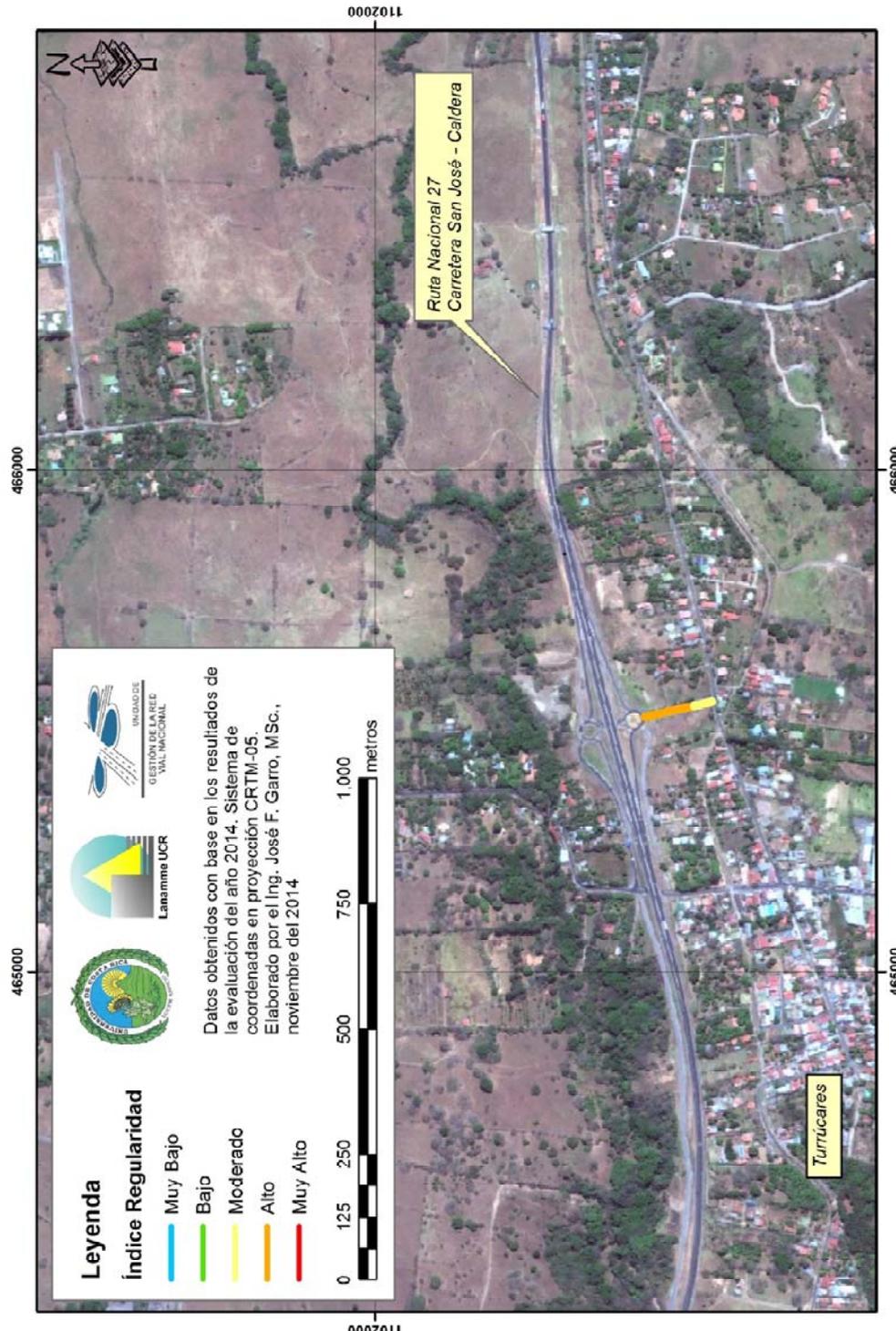


Figura A5 15 Resultados IRI, Radial Turrucares, sentido Ruta Nacional 27 - Turrucares

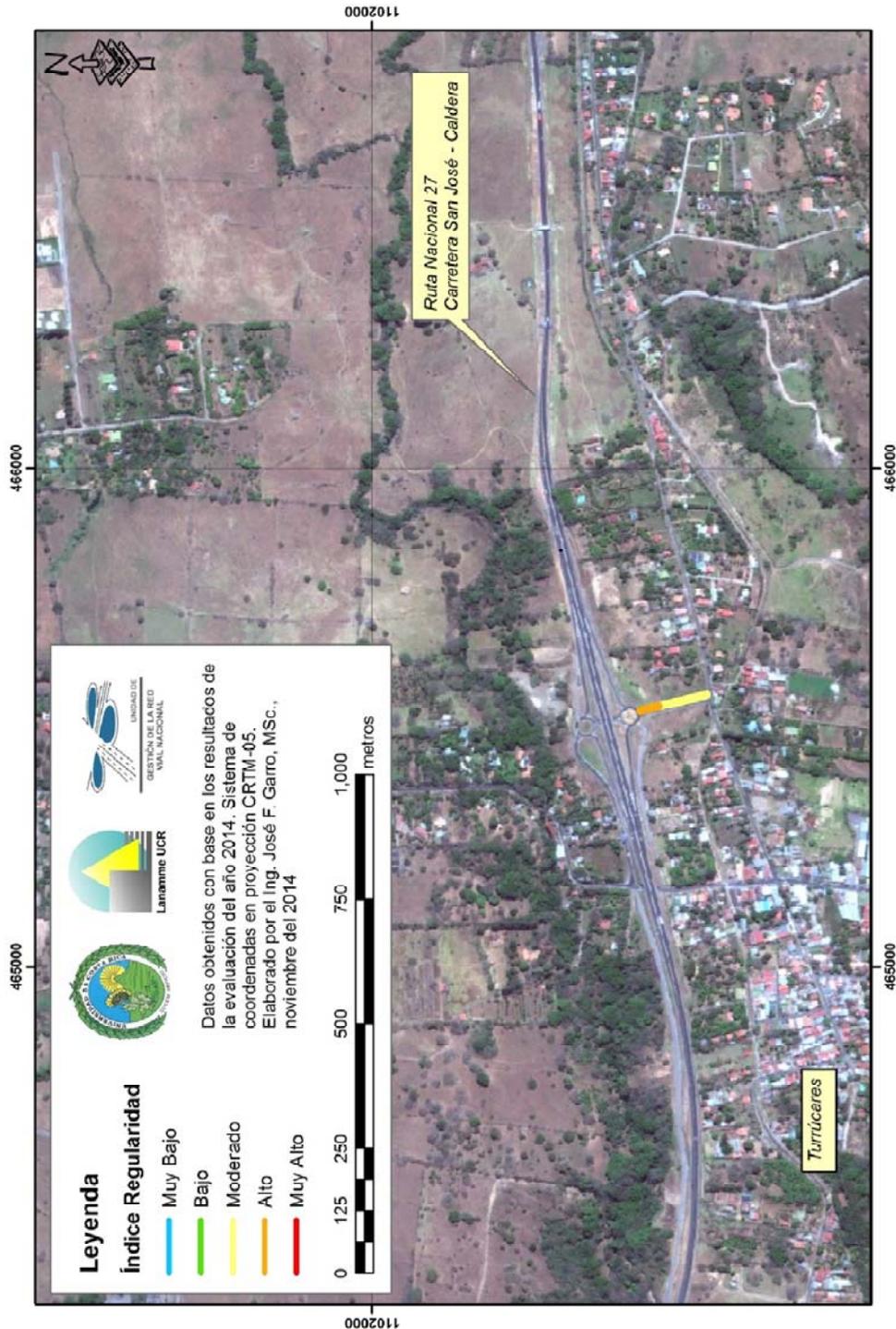


Figura A5 16 Resultados IRI, Radial Turrucares, sentido Turrucares - Ruta Nacional 27

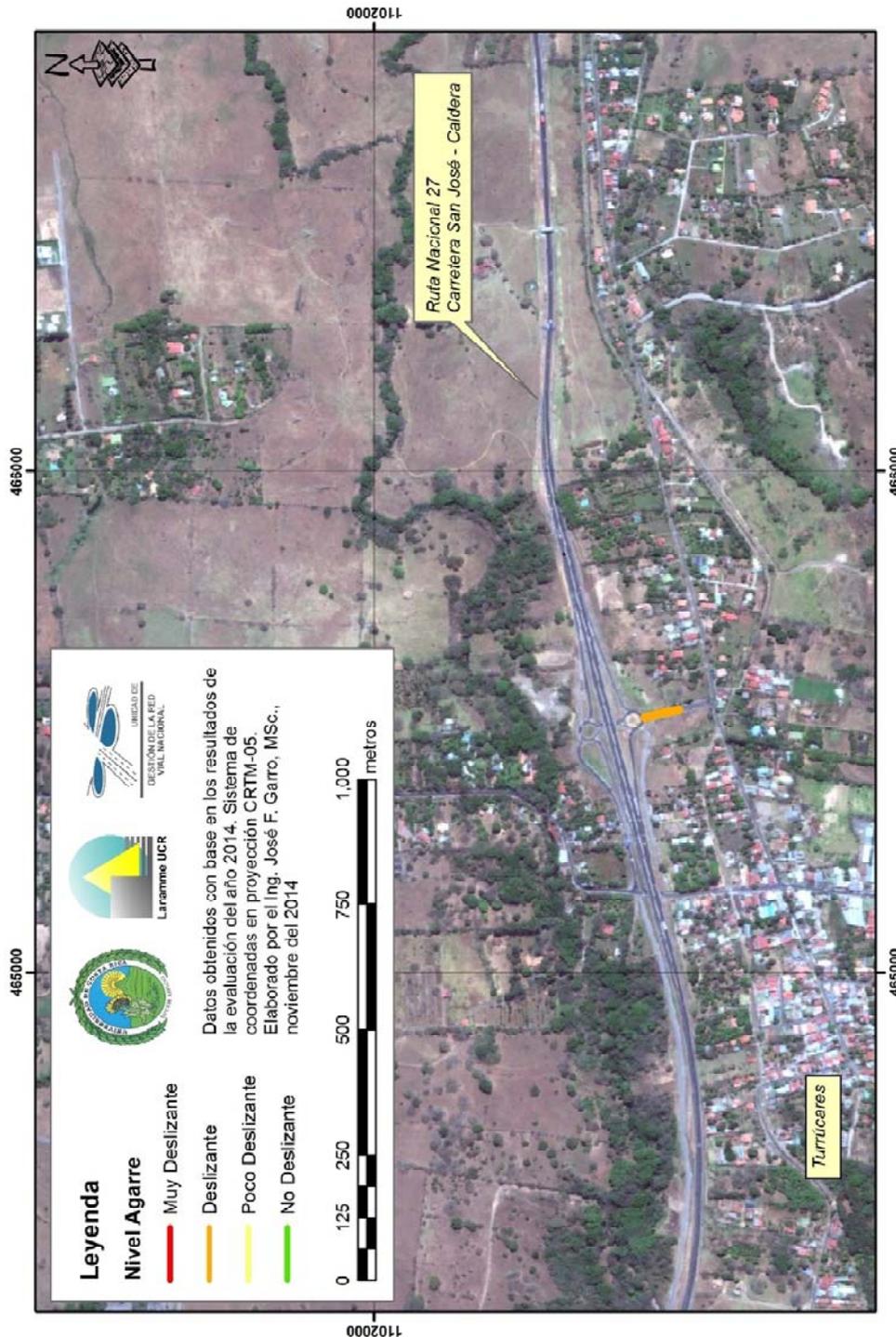


Figura A5 17 Resultados GRIP, Radial Turrucares, sentido Ruta Nacional 27 - Turrucares

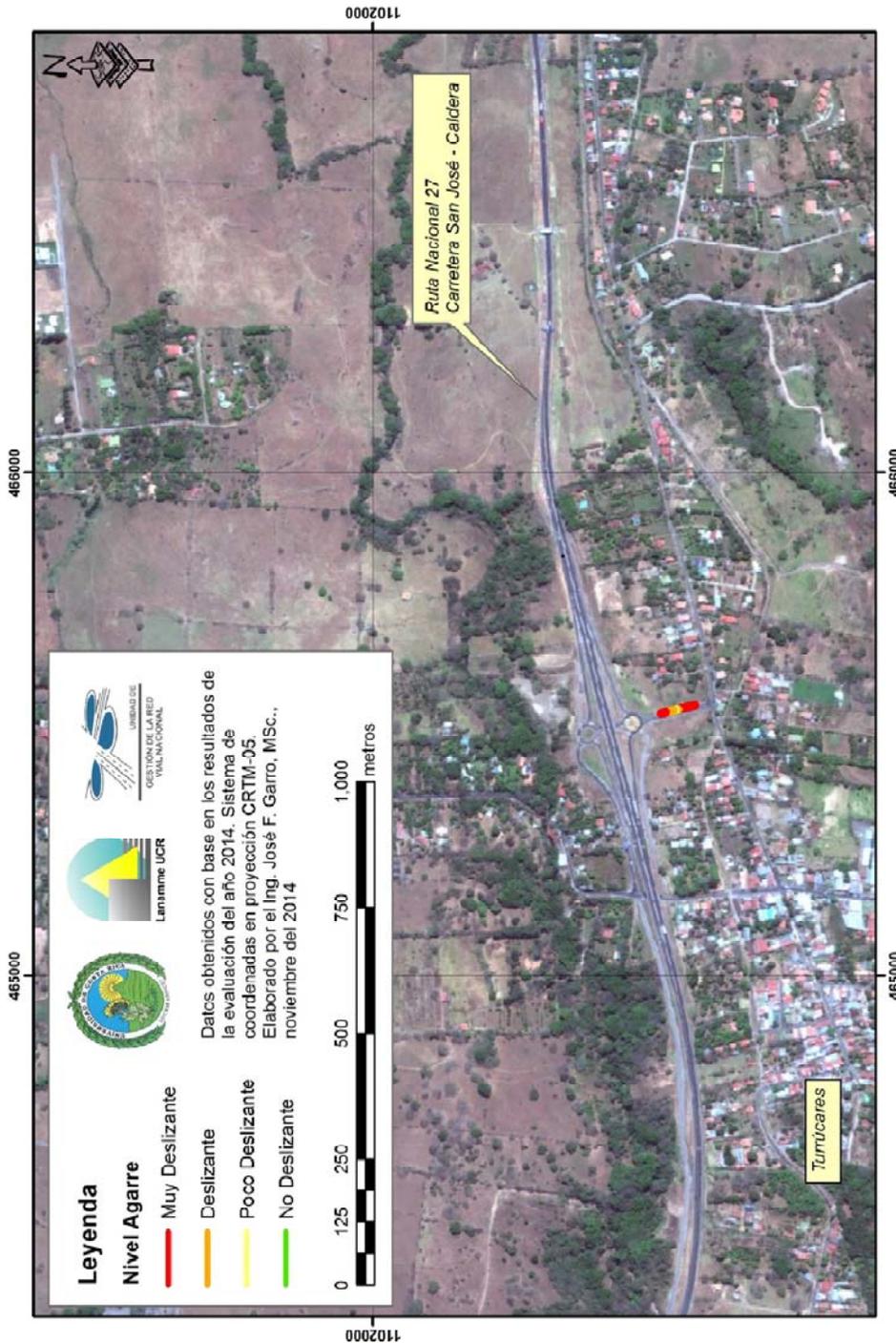


Figura A5 18 Resultados GRIP, Radial Turrucares, sentido Turrucares - Ruta Nacional 27

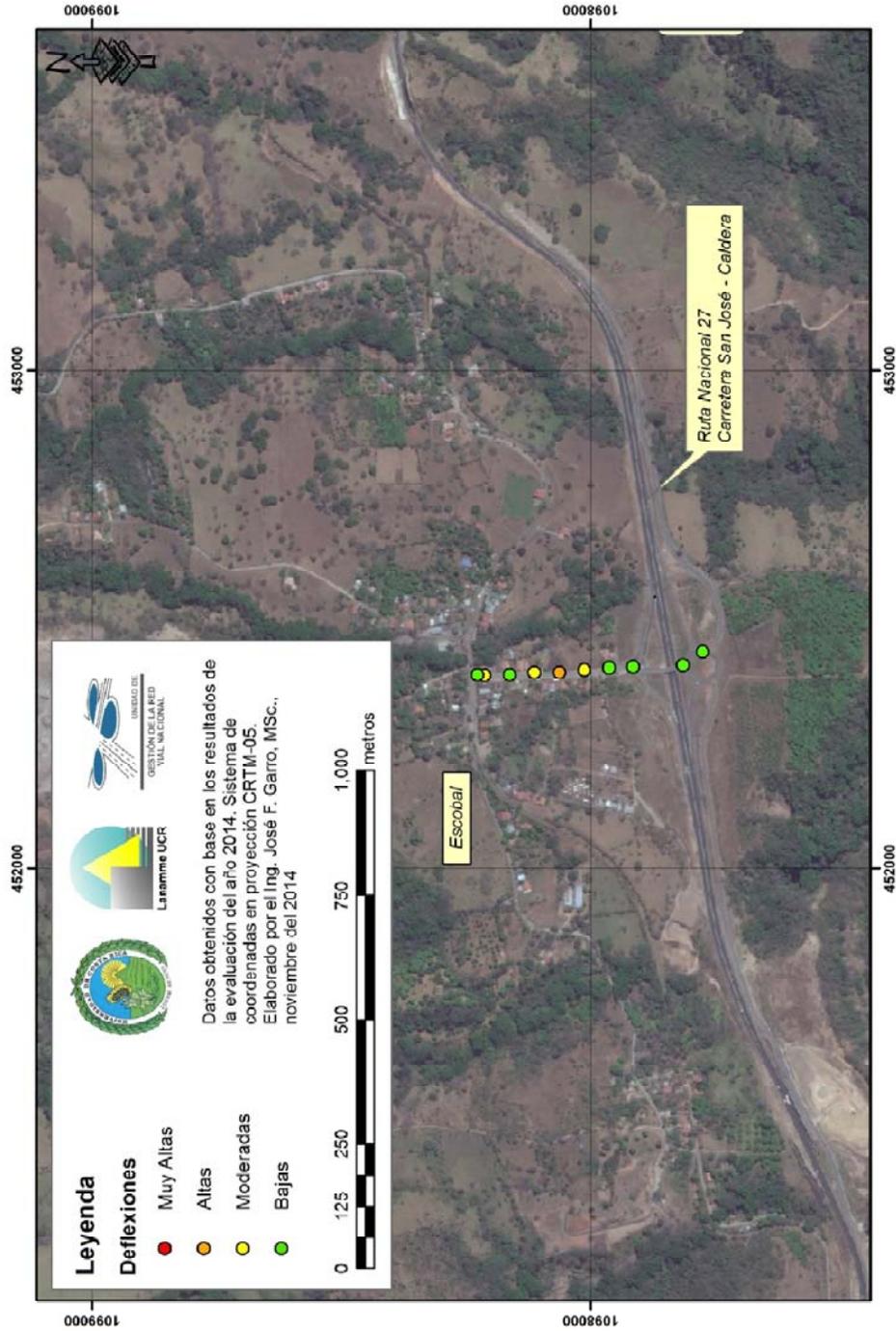


Figura A5 19 Resultados FWD, Radial Escobal, sentido Ruta Nacional 27 - Escobal

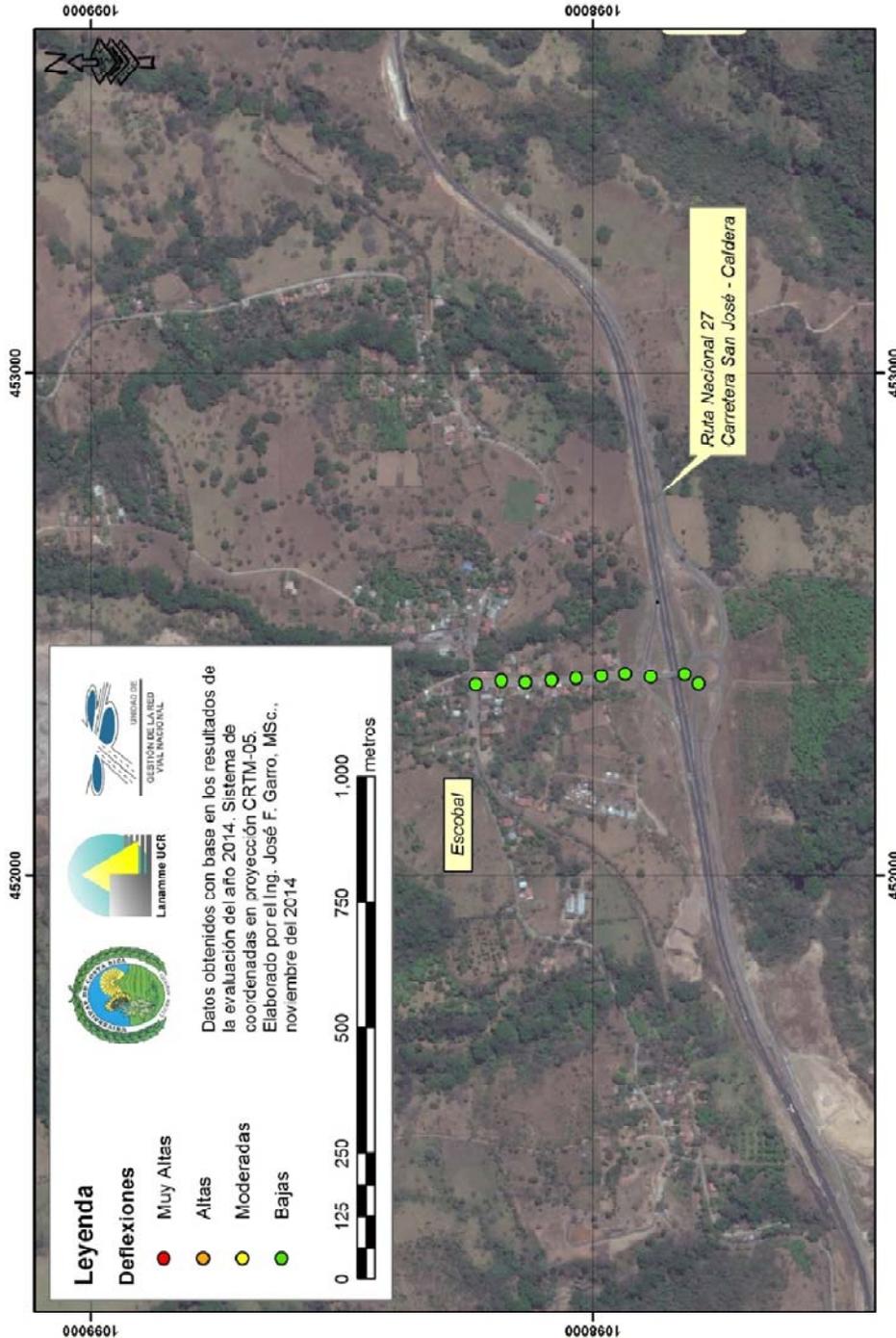


Figura A5 20 Resultados FWD, Radial Escobal, sentido Escobal - Ruta Nacional 27

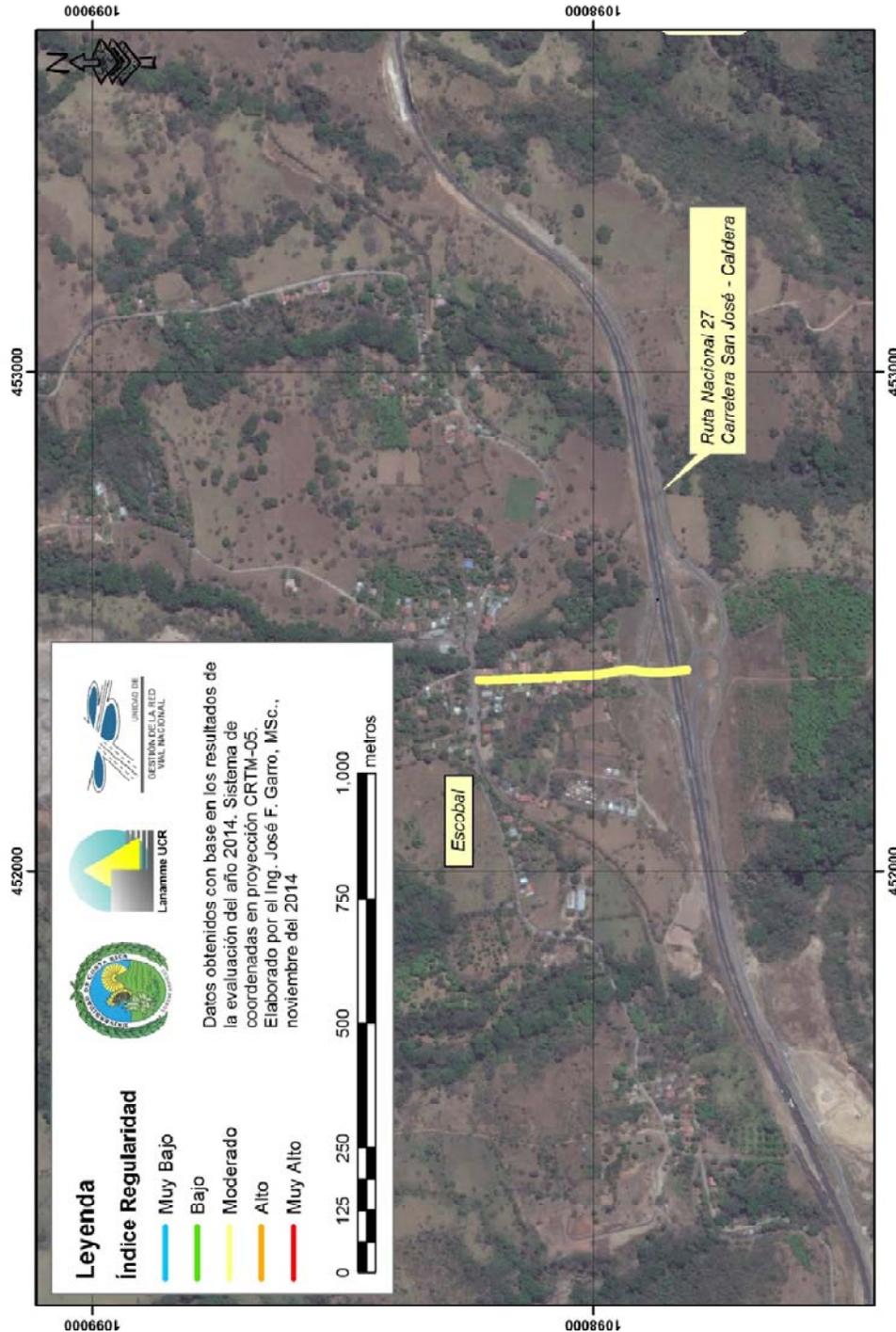


Figura A5 21 Resultados IRI, Radial Escobal, sentido Ruta Nacional 27 - Escobal

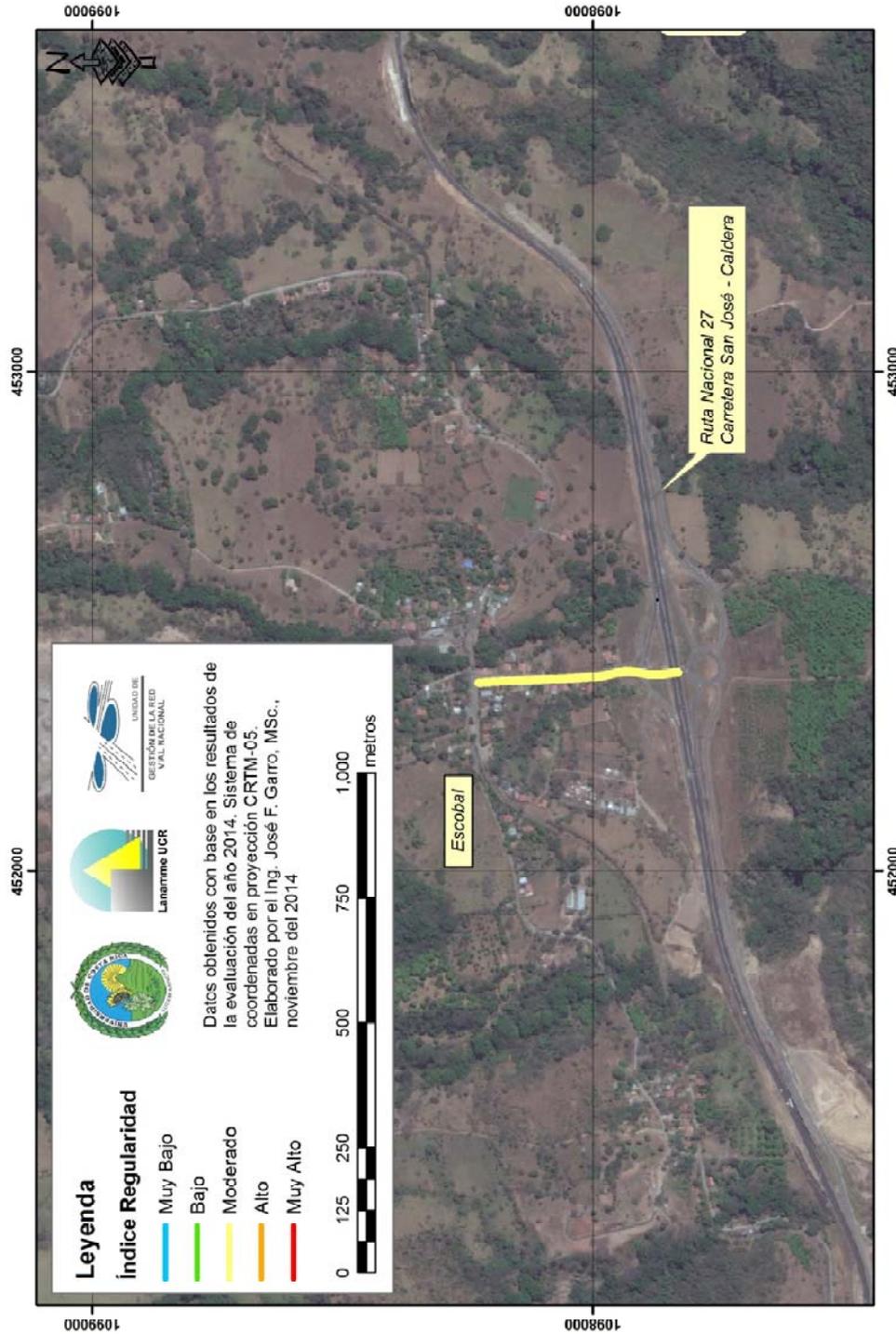


Figura A5 22 Resultados IRI, Radial Escobal, sentido Escobal - Ruta Nacional 27

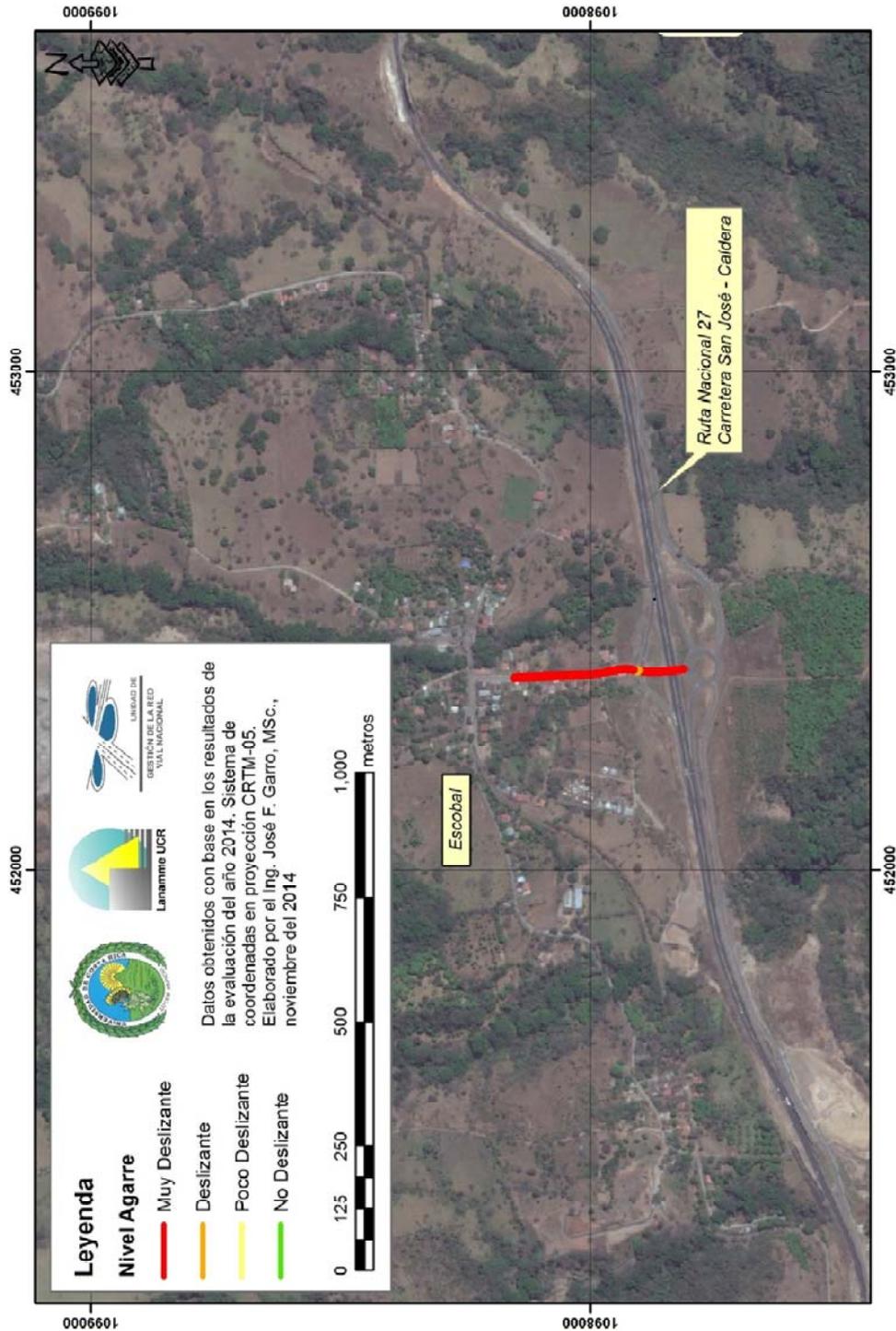


Figura A5 23 Resultados GRIP, Radial Escobal, sentido Ruta Nacional 27 - Escobal

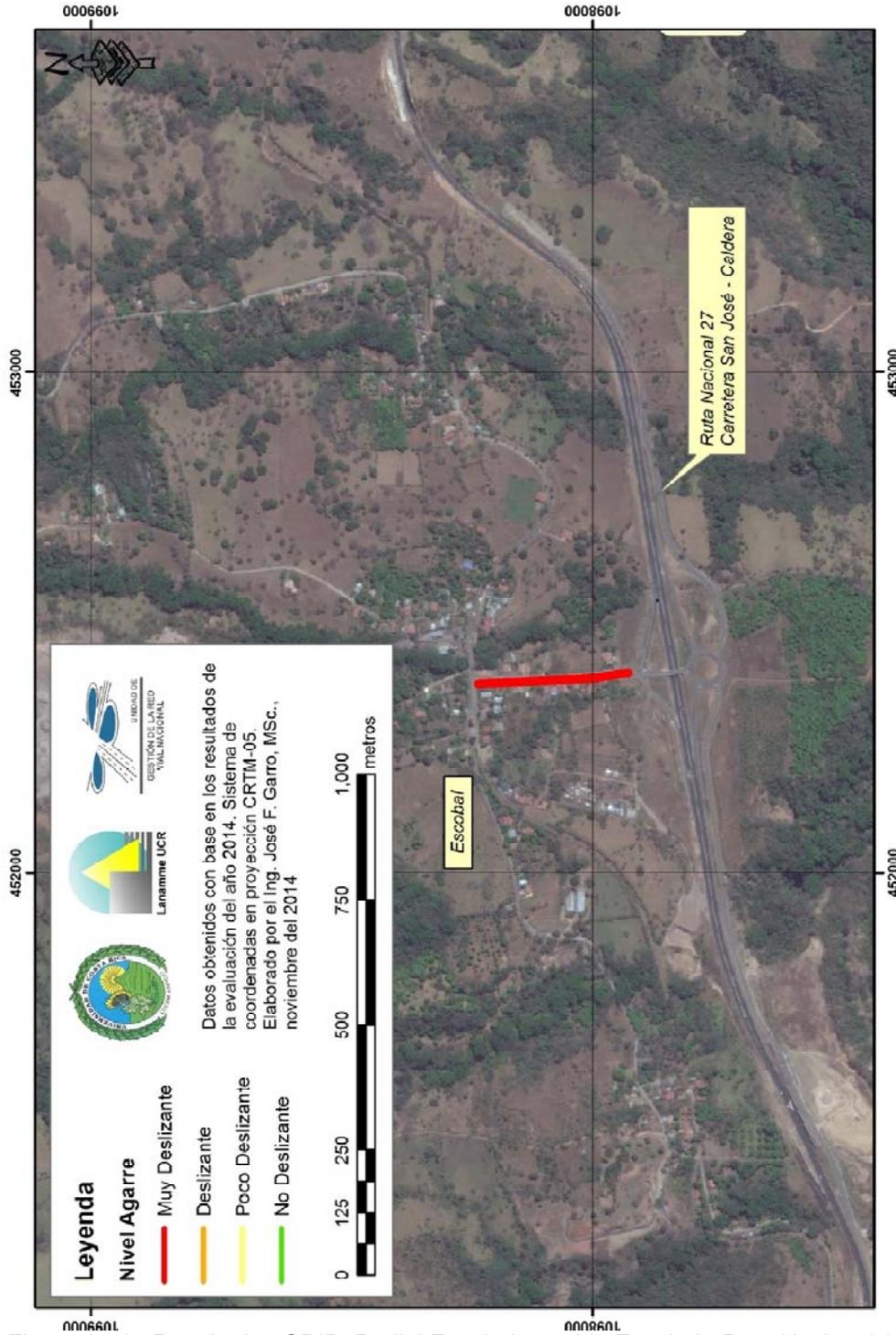


Figura A5 24 Resultados GRIP, Radial Escobal, sentido Escobal - Ruta Nacional 27



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

