



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE EVALUACIÓN

DE LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA DE COSTA RICA

Años 2016-2017 / INFORME FINAL

INF-PITRA-002-2017 / San José, Costa Rica / Junio, 2017

PITRA

Programa de
**Infraestructura
del Transporte**

Preparado por: Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LanammeUCR

LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE EVALUACIÓN

**DE LA RED VIAL NACIONAL
PAVIMENTADA DE COSTA RICA**

Años 2016-2017/ INFORME FINAL

INF-PITRA-002-2017 / San José, Costa Rica / Junio, 2017

PITRA

Programa de
**Infraestructura
del Transporte**

Preparado por: Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional

Información Técnica del Documento

1. Informe:	INF-PITRA-002-2017
2. Copia No.	1
3. Título:	INFORME DE EVALUACIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA DE COSTA RICA AÑOS 2016 - 2017
4. Fecha del Informe	Junio, 2017
7. 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
8. Notas complementarias	No Aplican

9. Resumen

Bajo el marco de la Ley No. 8114, le corresponde al LanammeUCR realizar una evaluación cada dos años del estado de la red vial nacional pavimentada, la cual sirve como instrumento eficaz e imparcial de rendición de cuentas y de planificación técnica para la gestión vial y de la inversión pública realizada.

Los parámetros técnicos con los que se realizó la evaluación de la red de carreteras en los años 2016 - 2017 están relacionados directamente con la vida útil o de servicio, con el costo de operación de la flota vehicular que circula y con la seguridad vial, al evaluar la fricción de la superficie en presencia de agua, generando condiciones críticas de frenado. Se utilizó el deflectómetro de impacto (FWD), para medir las deflexiones superficiales obtenidas al someter al pavimento a una fuerza que simula cargas de tránsito, lo que permite inferir la capacidad soportante de dicho pavimento, y con ello, la vida útil remanente en dicha estructura. Por otra parte, se utilizó el perfilómetro láser, el cual mide las irregularidades superficiales (IRI) de las vías, que se asocia tanto con el confort que siente el usuario que circula por dicho tramo, como principalmente con los costos de operación de los vehículos que usan las carreteras. En el tema de seguridad vial, el equipo de fricción o agarre (GRIP) 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. Se genera un registro mediante fotografías georreferenciadas de la condición superficial de los pavimentos en el momento de su evaluación para poder analizar el tipo de deterioros presentes en la Red Vial Nacional. Adicionalmente, se realizó la evaluación de la inversión realizada entre enero del año 2014 y diciembre del año 2015 y su efecto en la condición final de la Red Vial Nacional, como un indicador de la eficiencia de la inversión, y una herramienta para la adecuada rendición de cuentas, promoviendo la transparencia y la gestión de la inversión en la Red Vial Nacional.

10. Palabras clave:	EVALUACIÓN, RED, VIAL, NACIONAL, PAVIMENTOS, ESTRATEGIAS, GESTIÓN
11. Nivel de seguridad:	Alto
12. Núm. de páginas	112

13. Preparado por

Ing. Jairo Sanabria Sandino
Unidad de Gestión y Evaluación
de la Red Vial Nacional

14. Revisado por:

Ing. Ronald Naranjo Ureña
Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial
Nacional

Fecha: 27 / 06 / 2017

Fecha: 27 / 06 / 2017

14. Revisado por:

Lic. Miguel Chacón Alvarado.
Asesor Legal LanammeUCR

15. Aprobado por:

Ing. Roy Barrantes Jiménez
Coordinador de la Unidad de Gestión y
Evaluación de la Red Vial Nacional

15. Aprobado por:

Ing. Guillermo Loría Salazar, Ph.D.
Coordinador General PITRA

Fecha: 27 / 06 / 2017

Fecha: 27 / 06 / 2017

Fecha: 27 / 06 / 2017

TABLA DE CONTENIDO

POTESTADES	11
OBJETIVOS DE LA CAMPAÑA DE EVALUACIÓN 2016-2017	12
OBJETIVOS GENERAL	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
CAPÍTULO 1	13
1.1 INTRODUCCIÓN	14
1.1.1 DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS	15
1.1.2 OTRAS DEFINICIONES	17
1.2 CAPACIDAD ESTRUCTURAL, DEFLEXIONES OBTENIDAS MEDIANTE EL FWD	19
1.2.1 CRITERIOS DE DE CLASIFICACIÓN POR DEFLECTOMETRÍA DE IMPACTO (FWD)	19
1.2.2 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA RED VIAL CON EL ENSAYO DE DEFLECTOMETRÍA FWD	20
1.2.3 RESULTADOS DE DEFLECTOMETRÍA (FWD) DESGLOSADOS POR PROVINCIA	21
1.2.4 RESULTADOS DE DEFLECTOMETRÍA (FWD) DESGLOSADOS POR ZONA CONAVI	22
1.2.5 RESULTADOS DE DEFLECTOMETRÍA POR MEDIO DE SIG	23
1.3 CAPACIDAD FUNCIONAL, EMPLEANDO EL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)	24
1.3.1 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI)	24
1.3.2 RESULTADOS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI) PARA LA RED VIAL	25
1.3.3 RESULTADOS DE IRI DESGLOSADOS POR PROVINCIA	26
1.3.4 RESULTADOS DE IRI DESGLOSADOS POR ZONA DE CONSERVACIÓN VIAL	27
1.3.5 RESULTADOS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI) POR MEDIO DE LOS SIG	29
1.4 CONDICIÓN DE LA RED VIAL SEGÚN COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DE PAVIMENTOS (GRIP)	30
1.4.1 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DEL GRIPNUMBER	30
1.4.2 RESULTADOS DE COEFICIENTE DE ROZAMIENTO CON EL ENSAYO DE GRIP	31
1.4.3 RESULTADOS DE AGARRE SUPERFICIAL GRIP DESGLOSADOS POR PROVINCIA	32
1.4.4 RESULTADOS DEL ENSAYO DE GRIP POR ZONA DE CONSERVACIÓN VIAL	33
1.4.5 RESULTADOS DEL ENSAYO DE GRIP POR MEDIO DE LOS SIG	34

CAPÍTULO 2 35

2.1	INTRODUCCIÓN	36
2.1.1	DEFINICIONES	37
2.2	NOTAS DE CALIDAD (NOTAS Q)	38
2.2.1	DEFINICIÓN DE LAS NOTAS CALIDAD (NOTAS Q) A NIVEL DE RED	38
2.2.2	RESULTADOS DE NOTAS Q PARA LA RED VIAL	41
2.3	ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA LA RED VIAL NACIONAL	47
2.3.1	DEFINICIONES	47
2.3.2	RESULTADOS DE ESTRATEGIAS GENERALES DE INTERVENCIÓN PARA LA RED VIAL NACIONAL.	51
2.3.3	PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN PARA MEJORAR EL FRENADO DE LOS VEHÍCULOS EN CARRETERA.	56
2.3.4	PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN PARA MEJORAR EL FRENADO DE LOS VEHÍCULOS EN LA RED VIAL	58

CAPÍTULO 3 59

3.1	INTRODUCCIÓN	60
3.1.1	DEFINICIONES	61
3.2	ACTIVIDADES DE PROCESAMIENTO BÁSICO DE LAS ESTIMACIONES DE OBRA VIAL	62
3.3	DATOS DERIVADOS DE LA BASE DE DATOS DE ESTIMACIONES DE OBRA VIAL	64
3.3.1	RESULTADOS TOTALES DE INVERSIÓN	65
3.4	RESUMEN DE INVERSIÓN EMPLEANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	69
3.5	COMPARACIÓN DE RESULTADOS: EVOLUCIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL.	70
3.6	COMPARACIÓN DE LOS INDICADORES DE LA RED VIAL ERVN2014 Y ERVN2016	72
3.6.1	COMPARACIÓN DE INDICADORES DE LA ERVN2014 Y ERVN2016 SEGÚN LA CONDICIÓN DE DEFLEXIONES (FWD)72	
3.6.2	COMPARACIÓN DE INDICADORES DE LA ERVN2014 Y ERVN2016 SEGÚN LA CONDICIÓN DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI)	74
3.6.3	COMPARACIÓN DE ERVN2014 Y ERVN2016 SEGÚN LAS CATEGORÍAS DE GRIP NUMBER.	75
3.7	ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL POR ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFECTIVIDAD DE LA INVERSIÓN REALIZADA ERVN2014 Y ERVN2016	77
3.7.1	ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN TOTAL EN RED VIAL COMPARANDO LAS ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN RECOMENDADAS ERVN2014 Y LOS RESULTADOS DE LA ERVN2016	78

3.7.2 ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA INVERSIÓN CONSIDERANDO LAS ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN RECOMENDADAS OBTENIDAS EN LA ERVN2016 Y LA CONDICIÓN PRELIMINAR ERVN2014	85
CAPÍTULO 4	95
4.1 CONCLUSIONES	96
4.1.1 CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE LA RED VIAL NACIONAL	96
4.1.2 CAPACIDAD FUNCIONAL DE LA RED VIAL NACIONAL	96
4.1.3 RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO EN LA RED VIAL NACIONAL	97
4.1.4 COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE LAS EVALUACIONES 2014 Y 2016	97
4.1.5 CÁLCULO DE LAS NOTAS DE CALIDAD PARA LA RED VIAL NACIONAL	98
4.1.6 DEFINICIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA LA RED VIAL NACIONAL	99
4.1.7 ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN EN LA RED VIAL NACIONAL	99
4.1.8 EVOLUCIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL EN FUNCIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN	101
4.2 RECOMENDACIONES	102
BIBLIOGRAFÍA	105
ANEXO A	107
ANEXO B	111

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. División del territorio nacional en las 22 zonas de Conservación Vial.</i>	16
<i>Figura 2. Condición Estructural de la Red Vial según las deflexiones (FWD)</i>	20
<i>Figura 3. Condición Estructural por provincias según las deflexiones (FWD)</i>	21
<i>Figura 4. Condición Estructural por Zonas CONAVI según las deflexiones (FWD)</i>	22
<i>Figura 5. Representación SIG de las deflexiones (FWD) en la Red Vial - ERVN2016</i>	23
<i>Figura 6. Condición Funcional de la Red Vial según la regularidad superficial (IRI)</i>	25
<i>Figura 7. Condición Funcional por provincias según la regularidad superficial (IRI)</i>	26
<i>Figura 8. Condición Funcional por zonas CONAVI según la regularidad superficial (IRI)</i>	28
<i>Figura 9. Representación SIG de las regularidad superficial (IRI) en la Red Vial - ERVN2016</i>	29
<i>Figura 10. Condición del agarre superficial según el ensayo de GRIP Tester.</i>	31
<i>Figura 11. Estado de la Red Vial por provincias según el ensayo de GRIP.</i>	32
<i>Figura 12. Estado de la Red Vial por zona CONAVI según el ensayo de GRIP</i>	33
<i>Figura 13. Representación SIG del ensayo de GRIP en la Red Vial - ERVN2016</i>	34
<i>Figura 14. Matriz de Combinación de Notas Q (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2011).</i>	38
<i>Figura 15. Notas de calidad, longitud en kilómetros y porcentaje para la Red Vial.</i>	43
<i>Figura 16. Notas Q por provincias para la Red Vial</i>	44
<i>Figura 17. Notas de calidad por Zona CONAVI.</i>	45
<i>Figura 18. Mapa de distribución de las notas Q por Zona de Conservación Vial.</i>	46
<i>Figura 19. Agrupación de las notas de calidad para definición de estrategias generales de intervención (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2011).</i>	49
<i>Figura 20. Esquema de Notas de Calidad distribuidas en función de las ventanas de generales de operación (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2013).</i>	51
<i>Figura 21. Estrategias de intervención para la Red Vial Nacional.</i>	52
<i>Figura 22. Estrategias de intervención para la Red Vial Nacional distribución por provincias.</i>	53
<i>Figura 23. Distribución de estrategias por Zonas del CONAVI</i>	54
<i>Figura 24. Mapa de distribución de estrategias de intervención por Zona de Conservación.</i>	56
<i>Figura 25. Recomendaciones de intervención para atender los distintos niveles de peligrosidad ante carreteras deslizantes (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2011).</i>	58
<i>Figura 26. Recomendaciones de intervención para atender los distintos niveles de peligrosidad ante carreteras deslizantes. Distribución entre Q1 y Q2.</i>	58
<i>Figura 27. Esquema de insumos y productos básicos del procesamiento de estimaciones.</i>	63
<i>Figura 28. Inversión por Zona de Conservación Vial, Base de Datos del LanammeUCR</i>	66
<i>Figura 29. Distribución mensual de la inversión total, Fuente: Base de Datos del LanammeUCR</i>	67

<i>Figura 30. Inversión realizada en los ítems de pago, Fuente: Base de Datos del LanammeUCR</i>	68
<i>Figura 31. Mapa de inversión relativa por kilómetro de sección de control para ERVN2014</i>	69
<i>Figura 32. Ejemplo de distribución espacial de mediciones en una ruta de 100 km</i>	70
<i>Figura 33. Ejemplo de métodos de análisis temporales de indicadores en ruta de 100 km.</i>	71
<i>Figura 34. Evolución de las categorías de deflexión en la Red Vial Nacional - ERVN2016</i>	73
<i>Figura 35. Evolución del las deflexiones en la Red Vial Nacional - ERVN2016</i>	75
<i>Figura 36. Evolución del Grip Number en la Red Vial Nacional - ERVN2016</i>	77
<i>Figura 37. Evolución de las Vías de acuerdo con las Estrategias de Intervención Recomendadas, comparación entre la ERVN2014 y la ERVN2016</i>	84
<i>Figura 38. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Mantenimiento de Preservación en la ERVN2016</i>	86
<i>Figura 39. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Mantenimiento de Recuperación IRI 2016</i>	87
<i>Figura 40 Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Análisis a Nivel de Proyecto 2016</i>	88
<i>Figura 41. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Rehabilitación Menor 2016</i>	89
<i>Figura 42. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Rehabilitación Mayor 2016</i>	90
<i>Figura 43. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Reconstrucción 2016</i>	91
<i>Figura 44. Mapa de análisis de condición y eficiencia basado en la evolución de las secciones de control con base en las estrategias recomendadas de intervención</i>	93

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Longitud evaluada en cada prueba, campaña de evaluación 2016 -2017</i>	11
<i>Tabla 2: División del territorio Nacional en 22 zonas de Conservación Vial</i>	15
<i>Tabla 3: Rangos de deflexión según TPD, utilizados para clasificar resultados de FWD</i>	19
<i>Tabla 4: Resultados de las Deflexiones (FWD) de la Red Vial - ERVN2016</i>	20
<i>Tabla 5: Rangos de clasificación de regularidad superficial (IRI) para pavimentos flexibles</i>	24
<i>Tabla 6: Resultados de la regularidad superficial (IRI) de la Red Vial - ERVN2016</i>	25
<i>Tabla 7: Clasificación internacional del pavimento según el GN</i>	30
<i>Tabla 8: Resultados obtenidos mediante el ensayo de GRIP Number - ERVN2016</i>	31
<i>Tabla 9: Resultados de las Notas de Calidad para la Red Vial - ERVN2016</i>	42
<i>Tabla 10: Resultados de las Estrategias Generales de Intervención para la Red Vial - ERVN2016</i>	51
<i>Tabla 11: Distribución de contratistas por Zona de Conservación Vial</i>	60
<i>Tabla 12: Período y Montos inversión por Zona CONAVI, Enero 2012 - Diciembre 2013</i>	64
<i>Tabla 13: Montos de inversión por Zona CONAVI, Enero 2014 a Diciembre 2015 - ERVN2016</i>	65
<i>Tabla 14: Resultados obtenidos en deflexiones (FWD) - ERVN2014 vs ERVN2016</i>	72
<i>Tabla 15: Resultados obtenidos en regularidad superficial (IRI) - ERVN2014 vs ERVN2016</i>	74
<i>Tabla 16: Resultados obtenidos en agarre superficial (Grip Number) - ERVN2014 vs ERVN2016</i>	76
<i>Tabla 17: Resumen de Estrategias de Intervención recomendadas. ERVN2014 y ERVN2016</i>	78
<i>Tabla 18: Evolución de las secciones con recomendación de Mantenimiento en la ERVN2014.</i>	79
<i>Tabla 19: Evolución de secciones para Rehabilitación o Reconstrucción en la ERVN2014.</i>	81
<i>Tabla 20: Inversión en secciones sin Estrategia de Intervención en la ERVN2014</i>	83
<i>Tabla 21: Resumen de la mejoría y la eficiencia en la inversión de la ERVN2016.</i>	92
<i>Tabla 22: Evolución de la condición en la ERVN2014.</i>	94

POTESTADES

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 bienal del estado de la red vial nacional pavimentada. De conformidad con lo señalado, el presente es un informe técnico que se enmarca dentro de las funciones que la citada ley le confiere al LanammeUCR.

El estado de conservación o de deterioro de los pavimentos está relacionado directamente con la gestión vial implementada, y por tanto, con el programa de inversiones e intervenciones que se ejecuta en la Red Vial Nacional en un periodo dado. Así, la evaluación bienal del estado de la red vial se convierte en una herramienta eficaz para la rendición de cuentas de la gestión de dicha infraestructura y brinda a los ingenieros de caminos y planificadores viales una base técnica que facilita la toma de decisiones en relación con dicha gestión.

La Tabla 1 ilustra la longitud total evaluada en cada una de las mediciones realizadas en la campaña de evaluación 2016.

Tabla 1: Longitud evaluada en cada prueba, campaña de evaluación 2016 -2017

Tipo de Medición	Longitud (km)
Deflectometría FWD	5 105,23
Regularidad Superficial IRI	5 105,23
Equipo de Auscultación Visual Geo3D	5 105,23
Coefficiente de Rozamiento GRIP	2 200,13*

* Longitud menor debido a la naturaleza del equipo, solo se evalúan rutas con valores de IRI de 4,0 o menor

La longitud evaluada se asocia con las secciones de control que fueron caracterizadas. Por su parte, el equipo que utiliza el LanammeUCR para evaluar el coeficiente de rozamiento (GRIP) de los pavimentos es un equipo delicado, y por recomendación de su fabricante, no puede ser utilizado en rutas que tengan un índice de regularidad superficial mayor a 4,0; de ahí que la extensión de red que puede ser evaluada bajo este parámetro se reduce considerablemente.

OBJETIVOS DE LA CAMPAÑA DE EVALUACIÓN 2016-2017

OBJETIVOS GENERAL

Conocer, evaluar y calificar la condición técnica general de la Red Vial Nacional pavimentada¹ en los años 2016-2017 y determinar su evolución o cambio respecto al año 2014-2015.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la resistencia estructural de los pavimentos de la red vial, con el Deflectómetro de Impacto y clasificarla según los rangos de estado.
- Evaluar el estado de la regularidad superficial de los pavimentos de la red vial, con el Perfilómetro Láser, y clasificarla en rangos de estado.
- Evaluar el coeficiente de rozamiento de la superficie de los pavimentos de la red vial, con el Medidor de Coeficiente de Rozamiento.
- Registrar la condición superficial y deterioros de los pavimentos de la red vial, con el equipo de auscultación visual.
- Comparar el estado de los pavimentos de la red vial contrastando los resultados de las evaluaciones efectuadas en los años 2014 y 2015.
- Implementar la metodología definida de calificación de secciones de control para la definición de estrategias de intervención.
- Incorporar el análisis de las inversiones realizadas entre el año 2014 y 2015 para evaluar la efectividad de dichas inversiones en la condición actual de la Red Vial Nacional.
- Mantener una base de datos actualizada, por medio de los sistemas de información geográfica, de los parámetros técnicos de las carreteras que sea útil para la planificación de proyectos destinados al mejoramiento de la red vial.

¹ En adelante, referida únicamente como Red Vial

CAPÍTULO 1

CONDICIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL AÑOS 2016-2017

1.1 INTRODUCCIÓN

Las metodologías de la campaña 2010-2011² establecieron algunos de los elementos estándar empleados en la presente campaña de evaluación de la red vial. Así las cosas, con base en los conocimientos y experiencia adquiridos en dicha campaña, se procedió a la planificación de las giras de evaluación para cada uno de los equipos. En el caso de las giras de toma de datos de deflectometría, se hizo necesario hacerlas coincidir con el final de la época lluviosa en cada una de las zonas del país, esto con el objeto de que el suelo estuviera en su condición de máxima saturación posible, lo cual arroja las deflexiones más críticas y que reflejan de una manera más real las condiciones de operación de los pavimentos de nuestro país. En esta evaluación los resultados se agrupan también por nivel de tráfico de las vías evaluadas, usando cuatro grupos: Tránsito promedio diario TPD <5 000 vpd³, TPD entre 5 000 y 15 000 vpd, TPD entre 15 000 y 40 000 vpd y casos especiales de tránsito pesado intenso. Con estos elementos se definió el cronograma, y se procedió al levantamiento de información de las carreteras con los equipos que se detallan en esta sección.

Los datos recopilados a nivel de Red, con los equipos de medición de alto desempeño, se emplean como indicadores del comportamiento estructural, indicadores funcionales de la regularidad superficial y condición de la resistencia al deslizamiento. Para unificar los diversos datos, se requiere de una unidad de análisis que sea conocida por la Administración y ubicable en forma geográfica, donde la combinación de los diversos indicadores genere la información requerida para definir estrategias generales a nivel de Red, y constituyan un insumo para desarrollar las diversas actividades de gestión.

Como una particularidad del presente informe, se tomó en consideración los efectos del *Huracán Otto*, registrado como el primer huracán en ingresar al territorio Nacional. Al considerar los impactos directos del huracán se dejó por fuera cerca de 12 secciones de control equivalentes a 166,62 km de Red Vial. En el Anexo 1 se muestran algunos elementos involucrados en la eliminación de las 12 secciones, con la intención de valorar en informes posteriores el nivel de impacto que se puede asociar al fenómeno natural.

² Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loria-Salazar, Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, años 2010-2011
³ vpd: vehículos por día

1.1.1 Definición de las unidades de análisis

Para definir las estrategias de intervención a partir de los datos de las evaluaciones bienales que realiza el LanammeUCR, se emplean los tramos de la Red Vial Nacional pavimentada conocidas como “secciones de control”, las cuales están identificadas por un código y constituyen las “unidades de análisis” para este informe. Estas secciones de control fueron definidas por el MOPT y son utilizadas para ubicar geográficamente las labores de intervención que se realizan sobre la Red Vial Nacional.

Adicionalmente, el MOPT – CONAVI ha dividido el territorio nacional en grandes zonas de conservación, que se han asignado a uno o varios contratistas para realizar labores de conservación vial por periodos de tres años. La inversión realizada corresponde con la Licitación Pública 20009LN-000003-CV y las contrataciones directas definidas en el contrato 2014CD-000140-0CV00 que definen las 22 Zonas de Conservación que se muestran en la Tabla 2 y en la Figura 1.

Tabla 2: División del territorio Nacional en 22 zonas de Conservación Vial

Región	Provincia	Zona
Región I – Subregión San José	San José	1-1
		1-2
		1-3
Región I – Subregión Alajuela	Alajuela	1-4
		1-5
		1-6
Región I – Subregión Cartago	Cartago	1-7
		1-8
Región I - Subregión Heredia	Heredia	1-9
Región II- Chorotega	Guanacaste	2-1
		2-2
		2-3
		2-4
Región III- Pacífico Central	Puntarenas	3-1
		3-2
Región IV- Brunca	San José, Puntarenas	4-1
		4-2
		4-3
Región V- Huetar Atlántico	Limón	5-1
		5-2
Región VI- Huetar Norte	Alajuela	6-1
		6-2

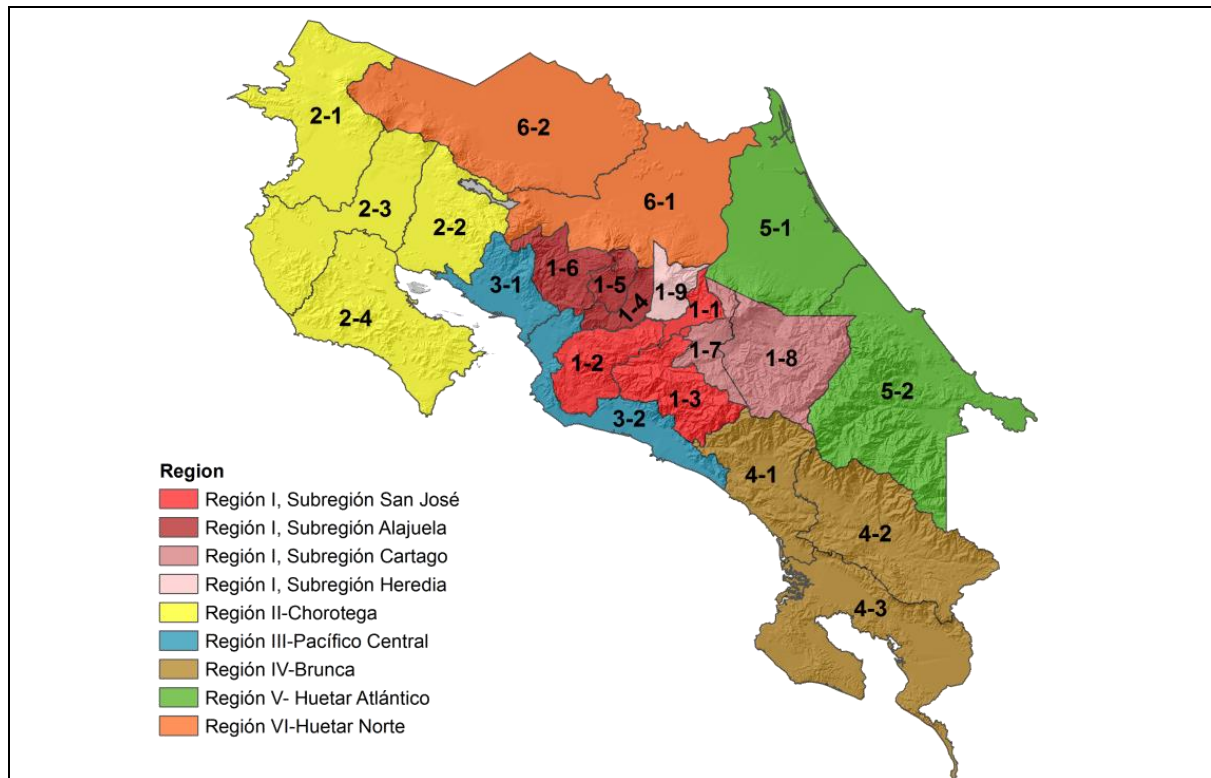


Figura 1. División del territorio nacional en las 22 zonas de Conservación Vial.

En Costa Rica se tiene como base un total de 862 secciones de control que abarcan la Red Vial Nacional Pavimentada. Una vez establecida esta zonificación y definidas las unidades de análisis se incorpora toda la información dentro de los sistemas de información geográfica y se procede a caracterizar, cada una de las secciones de control.

Es a partir del informe de la Red Vial Nacional 2010-2011, que en la caracterización final de las secciones de control se emplean las notas de calidad Q, basadas en los indicadores estructurales y funcionales, con el respectivo análisis de condición deslizante en condición lluviosa. Finalmente, la sección de control es catalogada como candidato a un tipo generalizado de intervención, tales como mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción, con el fin de brindar a la Administración una herramienta de gestión fundamentada en información científica, que permita mejorar la toma de decisiones y aumente la eficiencia de la inversión en la Red Vial Nacional.

La Evaluación bienal de la Red Vial Nacional pavimentada que hace el LanammeUCR, tiene un valor muy alto para la toma de decisiones en CONAVI, a un costo marginal

1.1.2 Otras Definiciones

Las siguientes definiciones son requeridas para un adecuado entendimiento de los resultados y elementos presentes en este capítulo:

1. ERVNXXXX: Para definir las campañas de evaluación se emplea la sigla **ERVN**, en lugar de "Evaluación de la Red Vial Nacional", donde el término **XXXX** se sustituye con el año de inicio de la campaña de evaluación. Por ejemplo, para la campaña de evaluación del presente "Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional pavimentada de Costa Rica Años 2016-2017" se emplean las siglas **ERVN2016**. A continuación se presenta una lista de las campañas de evaluación realizadas:

- **ERVN2004:** Campaña de Evaluación 2004
- **ERVN2006:** Campaña de Evaluación 2006
- **ERVN2008:** Campaña de Evaluación 2008
- **ERVN2010:** Campaña de Evaluación 2010
- **ERVN2012:** Campaña de Evaluación 2012
- **ERVN2014:** Campaña de Evaluación 2014
- **ERVN2016:** Campaña de Evaluación 2016

2. Deflectómetro de Impacto: El deflectómetro de impacto es un equipo de alta tecnología que mide el hundimiento o deflexión instantánea que experimenta el pavimento en un punto, debido al golpe de un peso lanzado desde un mecanismo diseñado específicamente con este propósito, de tal manera que produzca una fuerza de reacción en el pavimento de 40 KN (566 MPa). Esta carga cae sobre un plato circular cuya área de contacto es similar a la de una llanta de vehículo; las deflexiones obtenidas son registradas por 9 sensores, el primero directamente en el plato de carga, y los demás dispuestos en un arreglo lineal con una longitud máxima de 180 centímetros. Los detalles del Deflectómetro de Impacto empleado, 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).

3. Capacidad Estructural: Se puede definir la capacidad estructural como la capacidad del pavimento para soportar las cargas de tránsito durante su período de vida útil. La capacidad estructural puede ser conocida mediante ensayos no destructivos (NDT=non destructive tests). La ventaja de usar los NDT es que se pueden determinar deficiencias estructurales aún antes de que las mismas sean visibles.

4. Perfilómetro Láser: El Perfilómetro láser es un equipo de última generación que permite evaluar la condición de regularidad superficial de las carreteras, mediante un índice de estado estandarizado internacionalmente, denominado IRI (Internacional Roughness Index).

5. Índice de Regularidad Internacional (IRI): El índice de estado estandarizado internacionalmente, denominado IRI (Internacional Roughness Index), permite cuantificar la regularidad o rugosidad de una carretera y se define como la suma de las irregularidades de la superficie por unidad de longitud, lo que es percibido por el usuario como el confort de marcha. Sin embargo, el aspecto más importante de la regularidad superficial es que se relaciona directamente con los costos de operación del vehículo que circula por dicha carretera, dado que afecta su consumo de combustible y sus costos de mantenimiento. Los detalles del equipo utilizado (Perfilómetro Láser), y la metodología seguida en la evaluación aparecen en la Ficha Técnica FT – UGERVN – 02 – 13, disponible en el sitio de Internet del LanammeUCR (www.lanamme.ucr.ac.cr).

6. Capacidad Funcional: Se puede definir la capacidad funcional de un pavimento como la capacidad que tiene el mismo de brindar un adecuado nivel de servicio al usuario. Una buena capacidad funcional está intrínsecamente relacionada con el confort, adecuadas velocidades de circulación, bajo consumo de combustible, bajos costos de operación vehicular por deterioro de los vehículos y durabilidad de los pavimentos por menores cargas dinámicas de los vehículos. En este informe la capacidad funcional se cuantifica por medio del IRI.

7. Resistencia al deslizamiento: Se debe interpretar como la capacidad de frenar de un vehículo sobre una superficie de rueda, tal como un pavimento asfáltico o hidráulico. Los detalles del equipo de Medición de Rozamiento Superficial o resistencia al deslizamiento, 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).

8. Costos de Operación Vehicular: Son los costos en los que incurre el usuario de una carretera por el efecto de las características físicas y la condición de la vía, principalmente sobre la velocidad de operación de su vehículo, sobre el consumo de combustible, lubricantes, requerimientos de mantenimiento, así como valores del tiempo de demora del usuario, contaminación ambiental por gases y sónica o retención de cargas, entre otras. Los costos de operación vehicular se encuentran directamente relacionados con los valores del IRI, a valores de IRI altos mucho mayores costos de operación vehicular y viceversa.

9. Perfil longitudinal: Es la representación gráfica de las variaciones del terreno en relación con un plano vertical que contiene al eje longitudinal de nivelación, con esto se obtiene la forma altimétrica del terreno a la largo de la mencionada línea. En la evaluación de la Red Vial el perfil longitudinal se mide directamente con un equipo láser que permite con precisión milimétrica las variaciones en la superficie del terreno.

10. Sistema de Gestión de Pavimentos: Es el conjunto de operaciones que tienen como objetivo conservar por un período de tiempo las condiciones de seguridad, comodidad y capacidad estructural adecuadas para la circulación, soportando las condiciones climáticas y de entorno de la zona en que se ubica la vía en cuestión. Todo lo anterior minimizando los costos monetario, social y ecológico (Solminihaç, 1998).

1.2 CAPACIDAD ESTRUCTURAL, DEFLEXIONES OBTENIDAS MEDIANTE EL FWD

1.2.1 Criterios de de clasificación por deflectometría de impacto (FWD)

La evaluación de la red vial con el deflectómetro de impacto abarcó un total de 5 105,23 km de carreteras pavimentadas. La frecuencia de la medición se determinó en función de la importancia de la ruta, es decir, aquellas rutas con Tránsito Promedio Diario (TPD) altos se evaluaron con mediciones cada 200 metros y aquellas con TPD bajos cada 500 metros. En esta evaluación se garantizó que todas las secciones de control tuvieran al menos 7 mediciones, para que la muestra fuera estadísticamente representativa de la condición estructural de la sección (Norma ASTM D4695-08, 2015). A su vez, se emplea el rango de deflexiones en función del TPD (Barrantes-Jiménez, Sibaja-Obando, & Porras-Alvarado, 2008). Estos rangos, que aparecen en la Tabla 3, tienen por objeto representar más fielmente las condiciones reales de uso de las rutas nacionales.

Tabla 3: Rangos de deflexión según TPD, utilizados para clasificar resultados de FWD

TPD (Tránsito Promedio Diario)	menor a 5 000 vpd ⁴	5 000 – 15 000 vpd	15 000 – 40 000 vpd	Casos Especiales ⁵
	TPD Bajo	TPD Moderado	TPD Alto	Especiales
Categorías de deflexión	Rangos (en mm x 10 ⁻²)			
Bajas	menor a 76,5	menor a 70,8	menor a 59,2	menor a 48,5
Moderadas	76,5 – 88,5	70,8 – 83,3	59,2 – 69,4	48,5 – 57,6
Altas	88,5 – 115,7	83,3 – 112,9	69,4 – 95,2	57,6 – 80,8
Muy Altas	mayor a 115,7	mayor a 112,9	mayor a 95,2	mayor a 80,8

Fuente: (Barrantes-Jiménez, Sibaja-Obando, & Porras-Alvarado, 2008)

⁴ vpd: vehículos por día

⁵ Corresponden con rutas con alto TPD y porcentaje alto de vehículos pesados.

Las rutas de concreto hidráulico se analizan utilizando rangos específicos diseñados para este tipo de pavimento, los rangos presentados en la tabla No.3 no aplican para rutas de concreto hidráulico, que constituyen cerca de 86,92 km de la Red Vial Nacional evaluada. De los kilómetros en concreto 47,67 km pertenecen al nuevo corredor "Cañas - Liberia" de la Ruta Nacional 1.

1.2.2 Resultados de la evaluación de la red vial con el ensayo de deflectometría FWD

La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos en el parámetro de deflexiones asociadas con la capacidad estructural, para la ERVN2016; la Figura 2 muestra en forma gráfica este resultado. En total, se procesaron más de 13 700 mediciones con dicho equipo.

Tabla 4: Resultados de las Deflexiones (FWD) de la Red Vial - ERVN2016

Categoría de Deflexiones	Longitud (km)	Porcentajes (%)
Bajas según rango del TPD	4 314,02	84,50%
Moderadas según rango del TPD	311,87	6,11%
Altas según rango del TPD	329,93	6,46%
Muy altas según rango del TPD	149,41	2,93%
Total	5 105,23	kilómetros

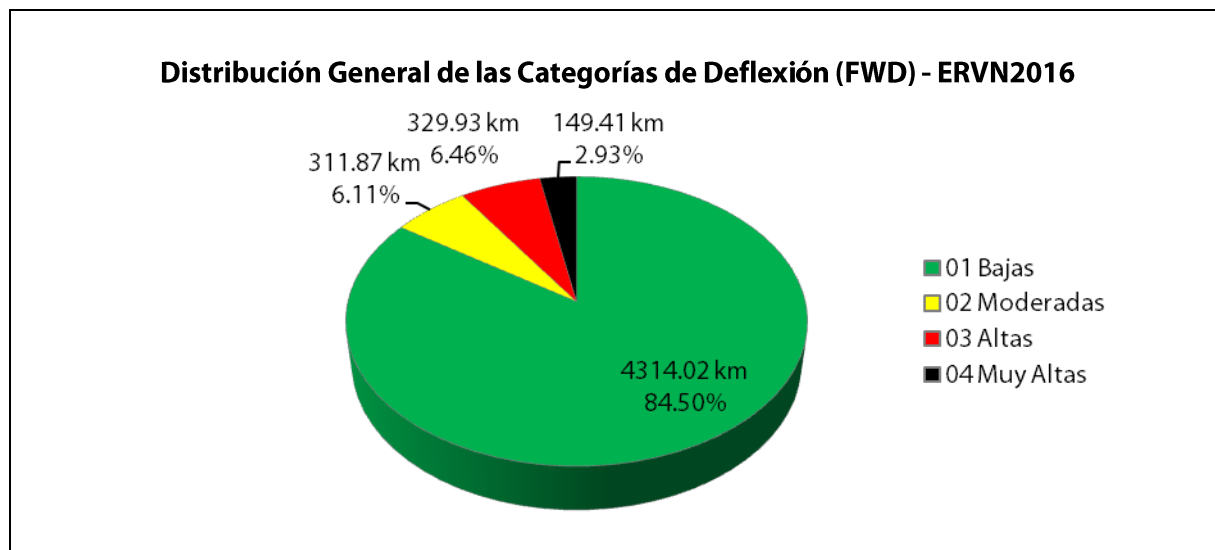


Figura 2. Condición Estructural de la Red Vial según las deflexiones (FWD)

Según los resultados obtenidos para la ERVN2016 un 84,50% de la Red Vial evaluada presenta bajas deflexiones, lo que está asociado a una buena capacidad estructural. En el otro extremo un 9,39% de la Red Vial evaluada mostro deflexiones altas y muy altas tomando en consideración los rangos de TPD de las secciones evaluadas; estos rangos se asocian con una baja capacidad estructural.

Es importante destacar que las deflexiones obtenidas sirven como indicadores para inferir la capacidad estructural de un pavimento, sin embargo, se requieren análisis adicionales y un conocimiento más exhaustivo de la estructura del pavimento para establecer la capacidad estructural y junto con un análisis de los datos de tránsito, establecer la vida remanente de las estructuras de pavimento.

*Las deflexiones derivadas del Informe de Evaluación de la Red Vial pavimentada
NO deben usarse para efectos de diseño estructural de pavimentos.*

1.2.3 Resultados de deflectometría (FWD) desglosados por provincia

Al emplear los sistemas de información geográfica como herramienta de análisis, se procedió a distribuir los resultados de la deflectometría por provincia, como unidad de división política general. La distribución se muestra en la Figura 3, empleando gráficos y la respectiva tabla.

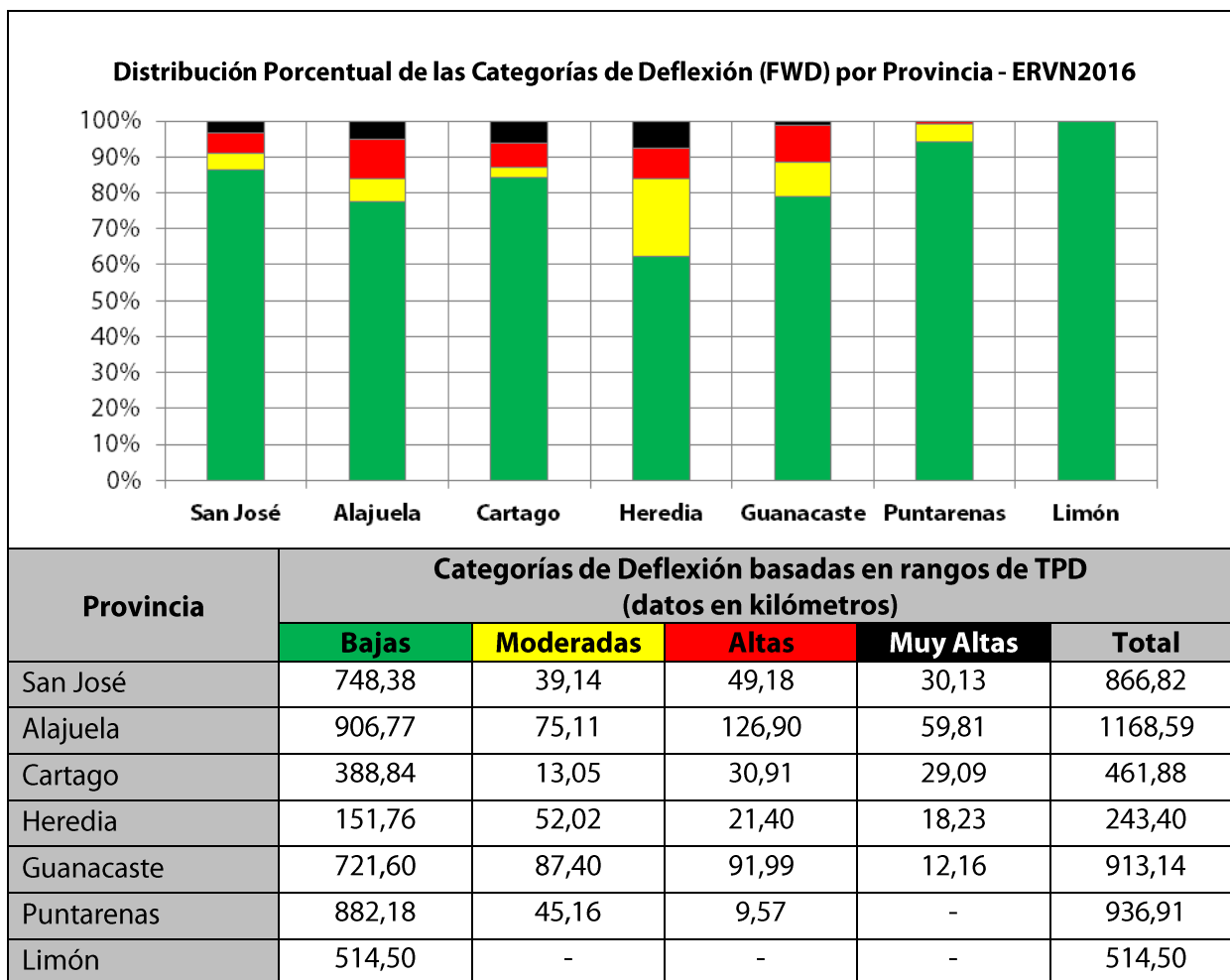


Figura 3. Condición Estructural por provincias según las deflexiones (FWD)

De la figura anterior se aprecia que en Alajuela cerca de 59,81 km presentan deflexiones Muy Altas, es decir una muy baja capacidad estructural y equivalen a un 5,12% de las rutas de dicha provincia, seguida por San José con 30,13 km equivalentes a un 3,48% de la red vial nacional en dicha provincia. Por su parte la mayor cantidad de tramos con deflexiones altas se ubican en Alajuela con 126,90 km y Guanacaste con 90,99 km, Limón solamente presentan deflexiones bajas.

1.2.4 Resultados de deflectometría (FWD) desglosados por Zona CONAVI

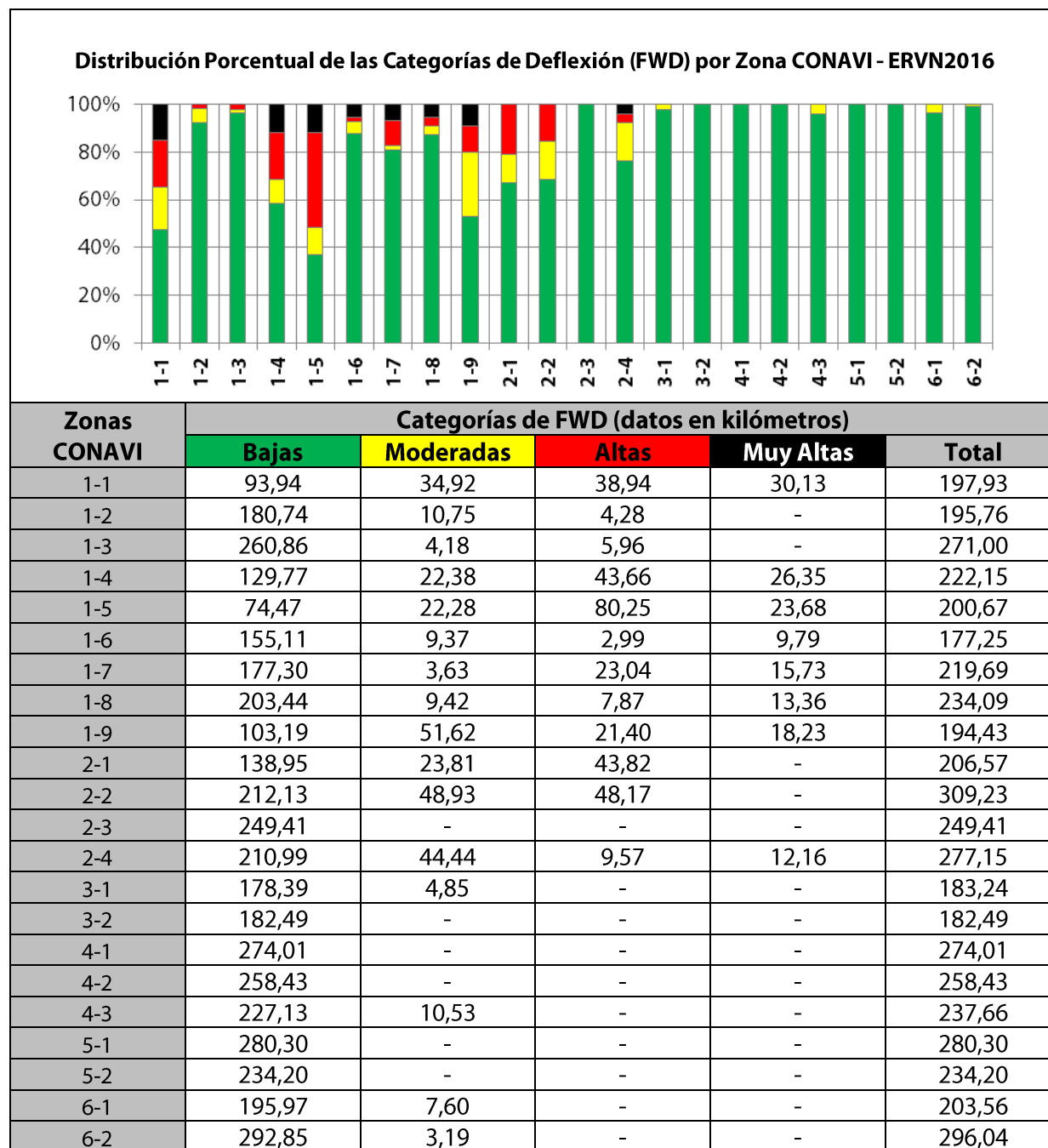


Figura 4. Condición Estructural por Zonas CONAVI según las deflexiones (FWD)

En la Figura 4 la zona 1-1, que acumula la mayor cantidad de kilómetros que presentan deflexiones dentro de la categoría Muy Alta, con un total de 30,13 km de los 197,93 km evaluados. Por su parte, la zona 1-5 acumula 103,93 km que califican para deflexiones Altas y Muy Altas, de los 200,657 km evaluados en esta zona representan el 51,78%.

1.2.5 Resultados de deflectometría por medio de SIG

En la Figura 5 se presenta la totalidad de los datos de deflectometría en un mapa generado por medio de los sistemas de información geográfica (SIG), lo que permite ubicar con la mayor precisión y exactitud los tramos de la Red Vial y su condición.

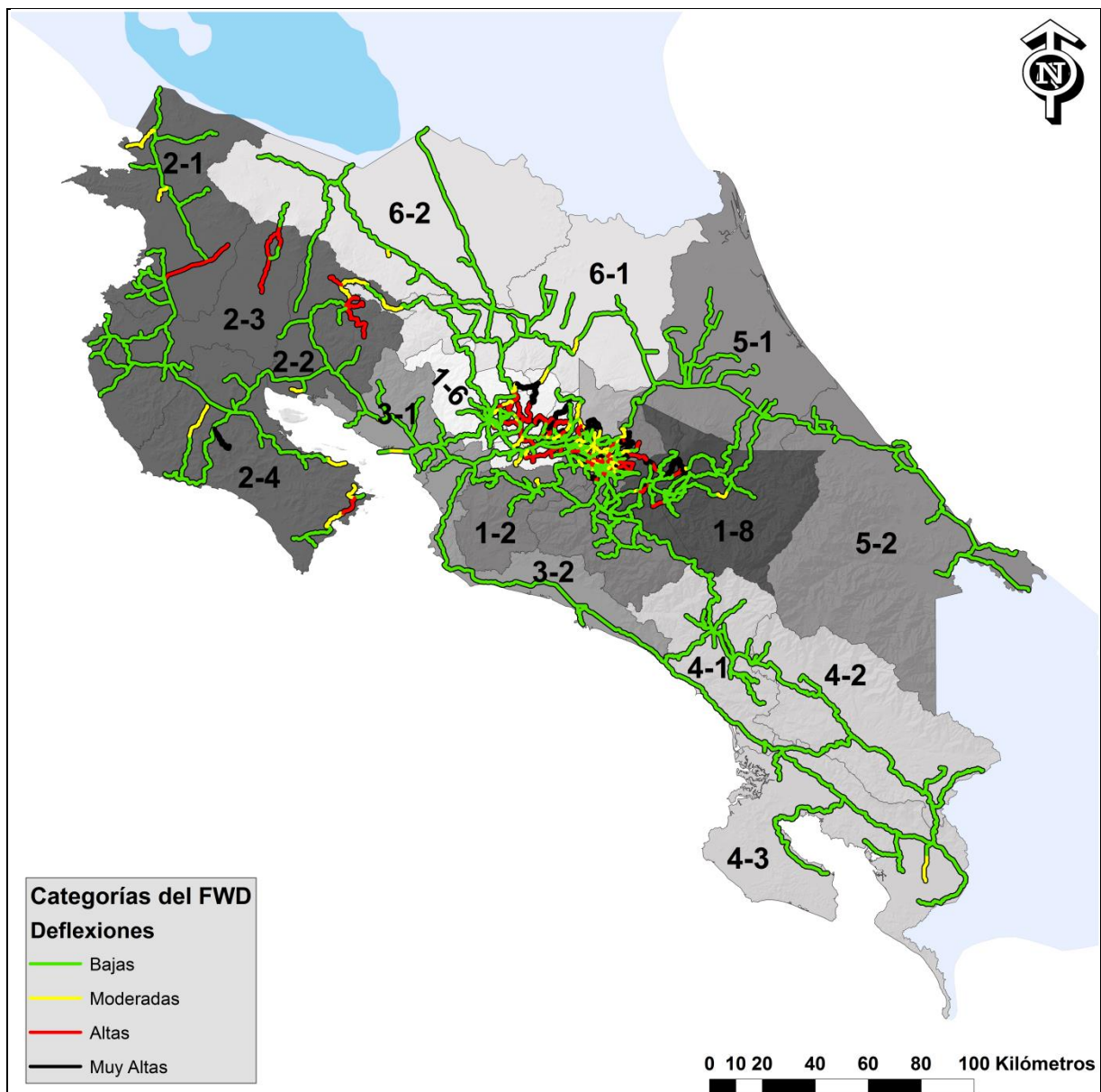


Figura 5. Representación SIG de las deflexiones (FWD) en la Red Vial - ERVN2016

1.3 CAPACIDAD FUNCIONAL, EMPLEANDO EL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)

El Índice de Regularidad Internacional (IRI) es uno de los indicadores más importantes de la calidad de una carretera. Se puede interpretar como la regularidad de una vía, es decir, que tanta desviación tiene la superficie de un camino a partir de un plano perfecto, de esta forma una carretera perfectamente plana tiene un valor de IRI de 0, hasta llegar a valores que representan carreteras sumamente irregulares con valores superiores a 3. Existe además una correlación directa entre valores de IRI altos y un aumento en los costos de operación vehicular. Referencias sobre cómo se calcula el valor de IRI y cómo interpretar los resultados se encuentran en los siguientes documentos:

1. "ASTM E950/E950M-09 Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference" (ASTM International, 2009).
2. "ASTM E1926-08(2015) Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements" (ASTM International, 2015)
3. "Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices Red Vial Nacional" (Barrantes-Jiménez, Sibaja-Obando, & Porras-Alvarado, 2008).
4. "Determinación de la Regularidad Superficial de Pavimentos mediante el Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI): Aspectos y Consideraciones Importantes" (Badilla-Vargas, 2009).

1.3.1 Criterios de clasificación de la regularidad superficial (IRI)

La evaluación de la red vial con el perfilómetro láser abarcó una longitud de 5 105,23 km, congruentes con las secciones de FWD evaluadas. Los rangos de regularidad superficial de pavimentos flexibles utilizados para la clasificación del estado se muestran en la Tabla 5 de acuerdo con lo propuesto por Barrantes-Jiménez, Sibaja-Obando, & Porras-Alvarado.

Tabla 5: Rangos de clasificación de regularidad superficial (IRI) para pavimentos flexibles

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

Fuente: (Barrantes-Jiménez, Sibaja-Obando, & Porras-Alvarado, 2008)

Los datos del "perfil longitudinal" de la ERVN2016 se emplean en el cálculo del IRI para tramos de 100 metros de longitud y se emplea la norma ASTM E1926-08(2015) para su cálculo.

1.3.2 Resultados de regularidad superficial(IRI) para la Red Vial

Del análisis de la totalidad de datos se desprende la Tabla 6 que muestra los resultados obtenidos en la evaluación del IRI con perfilómetro láser de la red vial.

Tabla 6: Resultados de la regularidad superficial (IRI) de la Red Vial - ERVN2016

Regularidad Superficial	(Rango de IRI)	Longitud (km)	%
Muy Buena	(0,0 - 1,0 m/km)	0,00	0,00%
Buena	(1,0 - 1,9 m/km)	400,22	7,84%
Regular	(1,9 - 3,6 m/km)	2170,03	42,51%
Deficiente	(3,6 - 6,4 m/km)	1665,52	32,62%
Muy Deficiente	(mayor a 6,4 m/km)	869,46	17,03%
Total		5 105,23	kilómetros

La Figura 6 muestra el resultado de graficar los datos de la Tabla 6. En total, se evaluaron y procesaron cerca de 46 632 tramos de pavimentos flexibles de 100 metros de longitud.

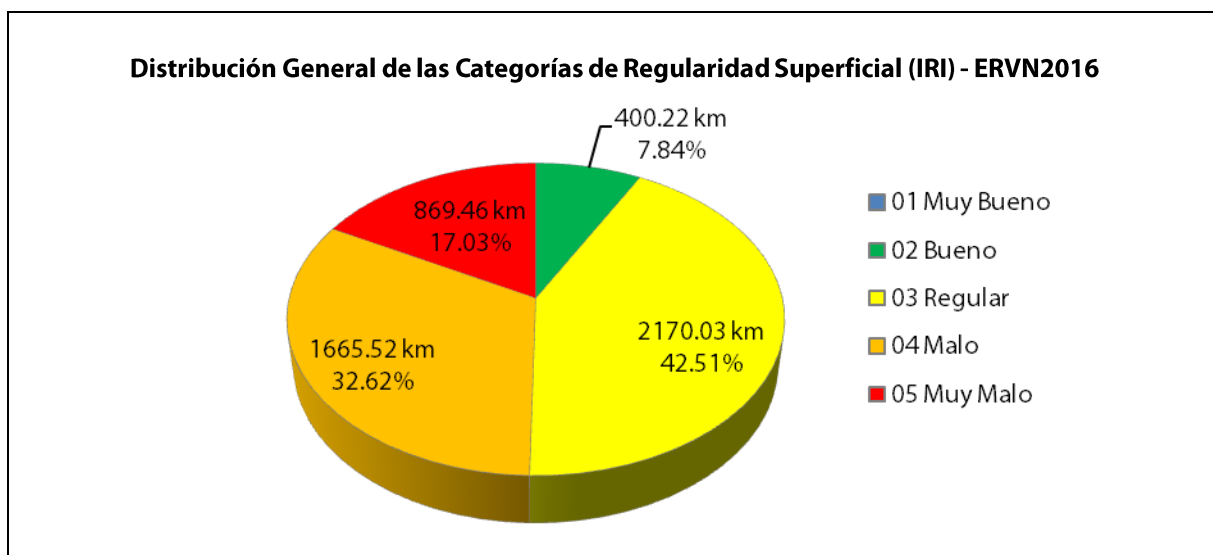


Figura 6. Condición Funcional de la Red Vial según la regularidad superficial (IRI)

Los resultados muestran que 400,22 km, que representan un 7,84% de la Red Vial, presentan valores de IRI con regularidad superficial buena, mientras que la categoría de condición regular abarca 2 170,03 km para un 42,51%, el restante 49,65% de la Red Vial se encuentran en condiciones deficientes y muy deficientes de regularidad superficial. Cabe destacar que ninguna sección de control, califica en la categoría 0,0 – 1,0 m/Km (ideal en carreteras de alto tránsito), pero si existen dentro de los pavimentos flexibles, tramos individuales 100 m que poseen esta calificación.

1.3.3 Resultados de IRI desglosados por provincia

En la Figura 7 se presentan los datos de IRI desglosados por provincia, donde se muestra el gráfico y la tabla de datos asociada.

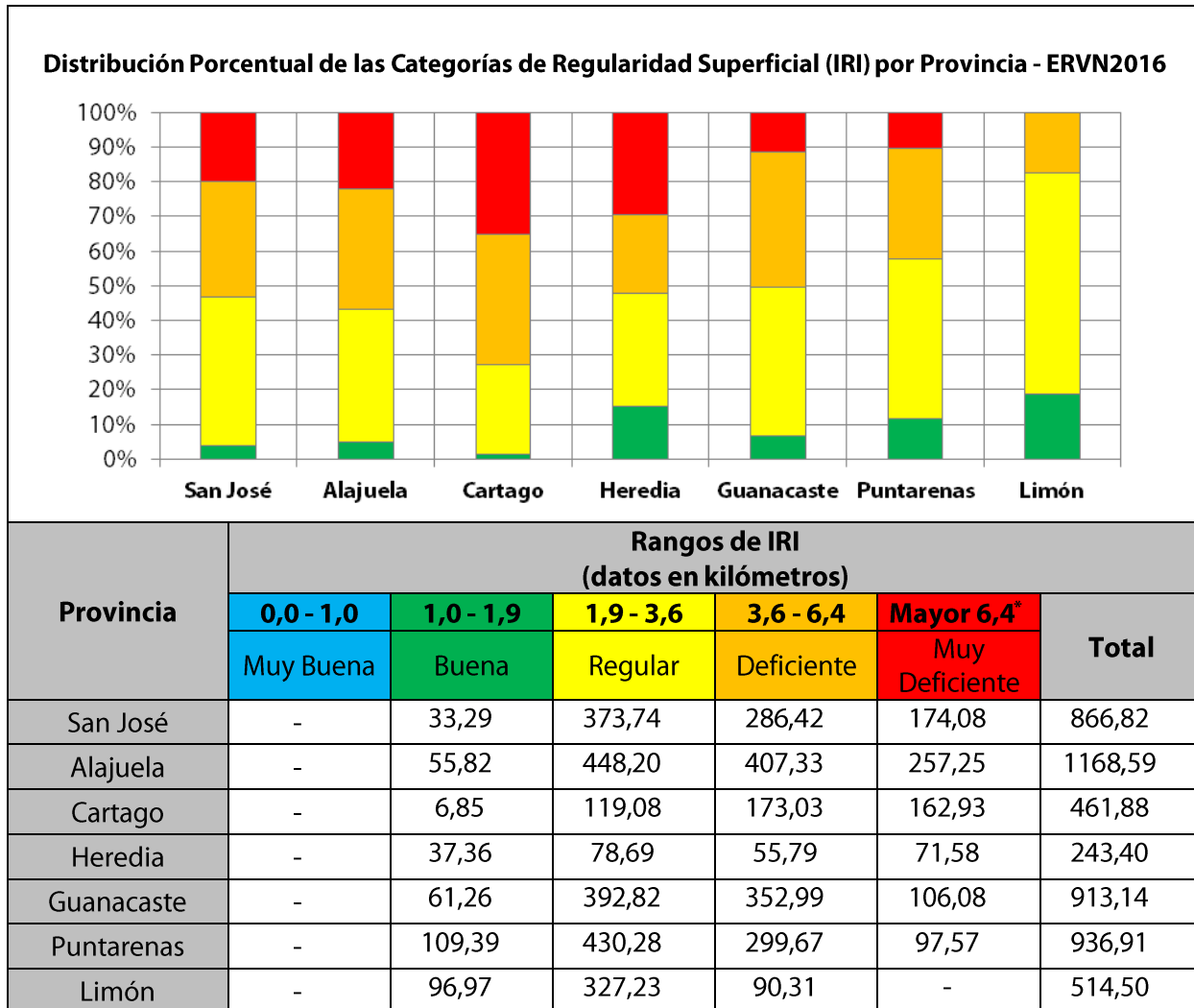


Figura 7. Condición Funcional por provincias según la regularidad superficial (IRI)

La provincia con más kilómetros de red vial evaluados es Alajuela, con 1 168,59 km; la segunda en magnitud es Puntarenas (936,91 km), sigue Guanacaste (913,14 km) y San José (866,82 km), por debajo de los 550 km se tiene a Limón (514,50 km), Cartago (461,88 km) y Heredia (243,40 km).

Las provincias de Guanacaste, Puntarenas y Limón poseen menos de un 15% de sus secciones con valores muy deficientes (>6.4 m/km), las restantes provincias poseen más de un 20% de las vías analizadas con valores de regularidad muy deficientes, esta condición de pérdida de serviciabilidad impacta en forma directa los costos de operación de los vehículos en las secciones analizadas,

incrementan el costo de las estrategias de mantenimiento requeridas para su atención y su impacto económico se extiende al deterioro de la flota vehicular que las transita. Destaca el caso de Cartago que presenta un 72,74% de kilómetros con regularidad deficiente y muy deficiente ($> 3,6$ m/km) y solamente un 1,48% presentan valores inferior a 1,9 m/km. Limón y Puntarenas son las provincias donde el 50% o más de los kilómetros evaluados poseen valores de inferiores a 3,6 m/km.

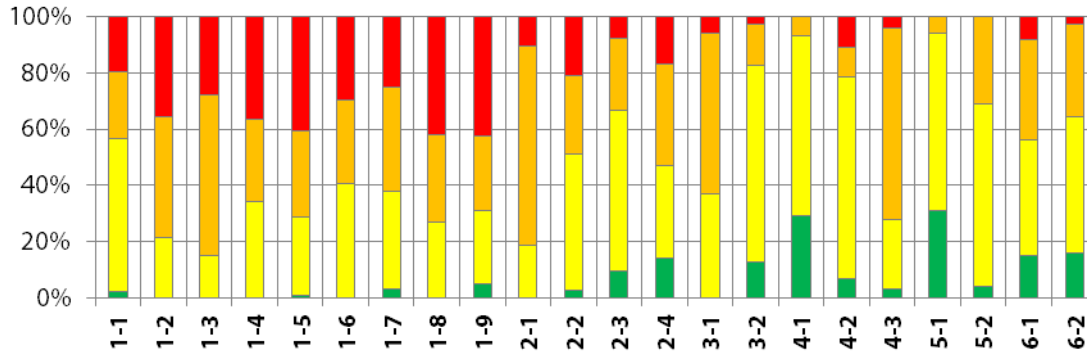
1.3.4 Resultados de IRI desglosados por zona de conservación vial

La distribución de los resultados de IRI por zona de conservación vial, le permite al CONAVI así como a las empresas a cargo de las actividades de mantenimiento y conservación, identificar aquellas zonas donde se presenta un alto grado de deterioro funcional, algunas de las estrategias de conservación vial que se pueden llevar a cabo podrían mejorar de forma significativa la condición de la vía. Las zonas donde se acumulan las secciones de control deficientes y muy deficientes, requieren atención especial para establecer las estrategias de conservación y mantenimiento adecuados para mejorar este aspecto, optimizando la designación de recursos.

En la Figura 4, para el parámetro de capacidad estructural (FWD), se puede apreciar como los resultados por zona de conservación vial presentan categorías de deflexiones bajas y moderadas, que explican más del 80% de la evaluación estructural a nivel de Red. En la Figura 8 se presentan los datos desglosados por zona de conservación vial para el indicador de serviciabilidad y los resultados obtenidos muestran una alta variabilidad de los valores de IRI para cada zona de conservación, donde en promedio un 49,65% de la red vial posee condiciones de serviciabilidad deficientes y muy deficientes. Es recomendable realizar un análisis a nivel de proyecto para cada sección de control, a fin de establecer las estrategias definitivas para cada caso.

Se observa como para las zonas de conservación 1-2, 1-3, 1-4, 1-6, 1-8, 2-1 y 3-1 ninguna de las secciones de control evaluadas presentan la calificación de buena o muy buena regularidad ($< 1,9$ m/km), y en más del 60% de la Red Vial evaluada en estas 7 zonas de conservación se presenta la condición de regularidad deficiente o muy deficiente ($>3,6$).

Distribución Porcentual de las Categorías de Regularidad Superficial (IRI) por Zonas CONAVI - ERVN2016



Zona CONAVI	Rangos de IRI (datos en kilómetros)				
	0 - 1,0	1,0 - 1,9	1,9 - 3,6	3,6 - 6,4	Mayor 6,4*
	Muy Buena	Buena	Regular	Deficiente	Muy Deficiente
1-1	-	4,32	107,39	47,54	38,68
1-2	-	-	42,55	83,46	69,76
1-3	-	-	40,91	154,81	75,28
1-4	-	-	76,22	64,77	81,16
1-5	-	2,06	55,32	61,46	81,84
1-6	-	-	72,34	52,00	52,92
1-7	-	6,85	75,99	81,80	55,06
1-8	-	-	63,55	72,32	98,23
1-9	-	9,85	50,50	51,62	82,47
2-1	-	-	39,13	145,37	22,07
2-2	-	8,14	149,48	87,04	64,58
2-3	-	24,50	141,42	64,07	19,43
2-4	-	39,16	90,68	100,46	46,86
3-1	-	-	67,41	104,76	11,08
3-2	-	23,22	127,83	26,38	5,06
4-1	-	80,19	174,30	19,53	-
4-2	-	18,13	184,83	26,36	29,11
4-3	-	8,14	58,00	160,99	10,53
5-1	-	87,37	175,65	17,29	-
5-2	-	9,60	151,58	73,02	-
6-1	-	30,88	83,04	72,57	17,09
6-2	-	47,84	141,96	97,95	8,30

Figura 8. Condición Funcional por zonas CONAVI según la regularidad superficial (IRI)

1.3.5 Resultados de regularidad superficial (IRI) por medio de los SIG

En la Figura 9 se presentan los datos totales de IRI en un mapa generado por medio de los sistemas de información geográfica, SIG.

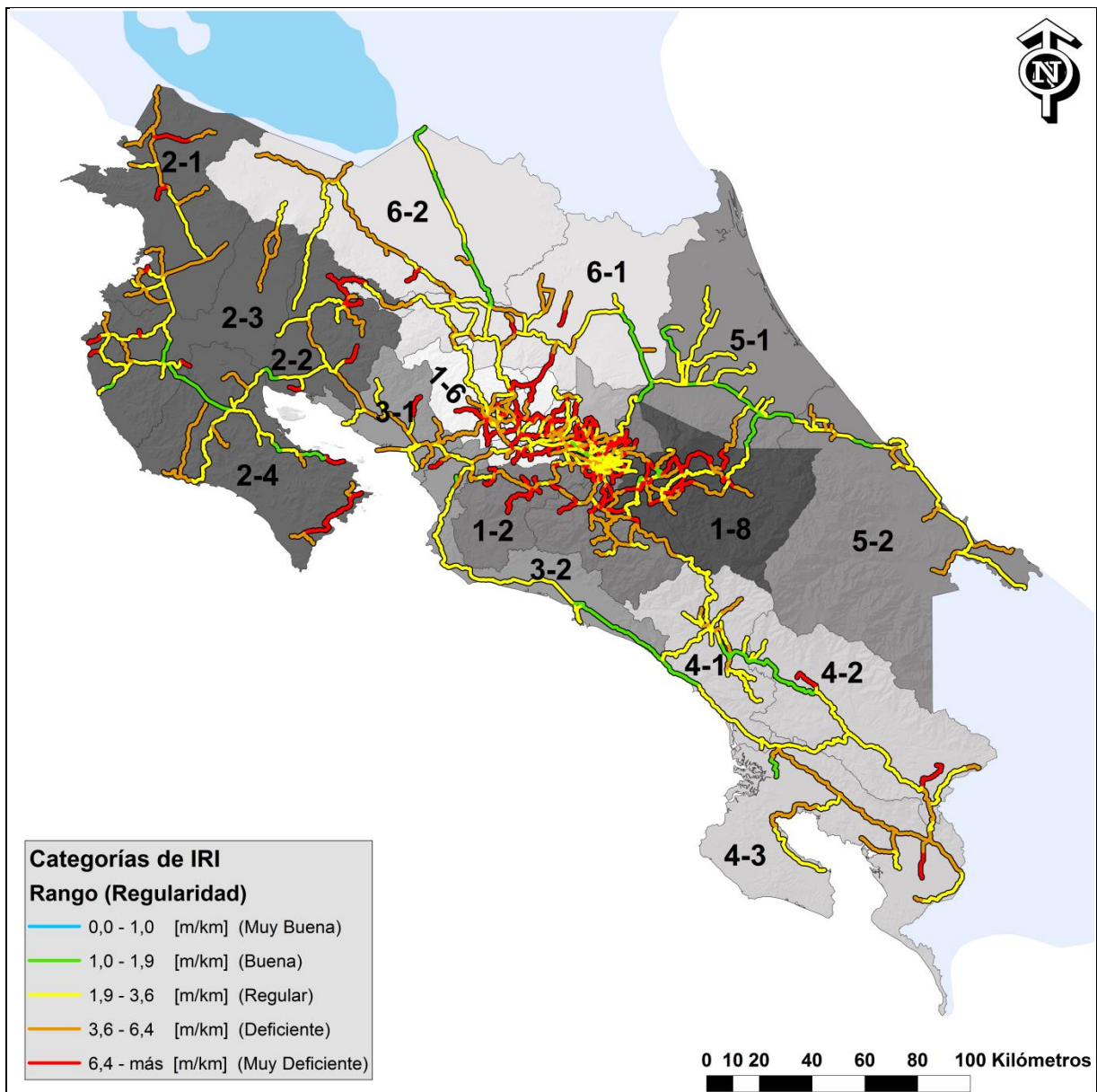


Figura 9. Representación SIG de las regularidad superficial (IRI) en la Red Vial - ERVN2016

Al igual que en el parámetro de capacidad estructural y tal como se puede ver en la Figura 9, toda la información generada es administrada por medio de Sistemas de Información Geográfica, lo que permite ubicar los tramos de la Red Vial con alta precisión y exactitud.

1.4 CONDICIÓN DE LA RED VIAL SEGÚN COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DE PAVIMENTOS (GRIP)

1.4.1 Criterios de clasificación del GripNumber

La evaluación de la red vial con el GRIP Tester para determinar el coeficiente de rozamiento superficial, abarcó una longitud de 2 200,13 km de carreteras pavimentadas (43,10% de los 5 105,23 km evaluados en IRI); para mantener su precisión el equipo no puede ser utilizado en tramos que presenten un valor de IRI mayor a 4,0 m/km; de no mantener este cuidado, el equipo se podría dañar o perdería su calibración rápidamente. Todas las mediciones se realizan a una velocidad promedio de 50 km/hora.

Para medir la condición de rozamiento en la Red Vial, se utilizó un rango de clasificación que es validado a nivel internacional, el cual relaciona los valores del coeficiente de fricción transversal (CFT) con el valor *GripNumber* (GN) que arroja la prueba; éste es ilustrado en la Tabla 7.

Tabla 7: Clasificación internacional del pavimento según el GN

GN	Condición	Nivel			Tipo de Pavimento característico
		Deslizamiento	Probabilidad de accidentes	Riesgo medio de accidentabilidad*	
< 0,50	Malo	Muy deslizante	Muy alta probabilidad	mayor a 20	Pavimento flexible compuesto de agregado pulimentable ej.: calizo
0,50 – 0,60	Regular	Deslizante	Alta probabilidad	16 a 20	Pavimento flexible con alto grado de exudación y pérdida de textura
0,60 – 0,78	Bueno	Poco deslizante	Moderada probabilidad	10 a 16	Pavimento rígido y flexible con buena textura
> 0,78	Muy Bueno	No deslizante	Poca probabilidad	menor a 10	Pavimento nuevo o sobrecapas

* 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. Tabla modificada LanammeUCR 2017.

Aún así, y dada la reciente incorporación de este parámetro a nivel internacional y los constantes descubrimientos sobre el fenómeno de resistencia al deslizamiento, los análisis realizados en este informe se expresan en términos de probabilidad, ya que la gran cantidad de factores involucrados hace imposible una correlación directa entre el valor encontrado y las tasas de accidentes en carretera.

1.4.2 Resultados de coeficiente de rozamiento con el ensayo de GRIP

La Tabla 8 muestra los resultados obtenidos en la evaluación del coeficiente de rozamiento; la Figura 11 muestra en forma gráfica dicho estado. En total, se evaluaron y procesaron con este equipo más de 496 690 tramos, de 5 metros de longitud en promedio.

Tabla 8: Resultados obtenidos mediante el ensayo de GRIP Number - ERVN2016

Rango	Condición*	Longitud (km)	Porcentaje
> 0,78	Muy Bueno (no deslizante)	19,68	0,89%
0,6 – 0,78	Bueno (poco deslizante)	651,24	29,60%
0,5 – 0,6	Regular (deslizante)	733,23	33,33%
< 0,5	Malo (muy deslizante)	795,98	36,18%
Total		2 200,13 km	

* Según clasificación internacional

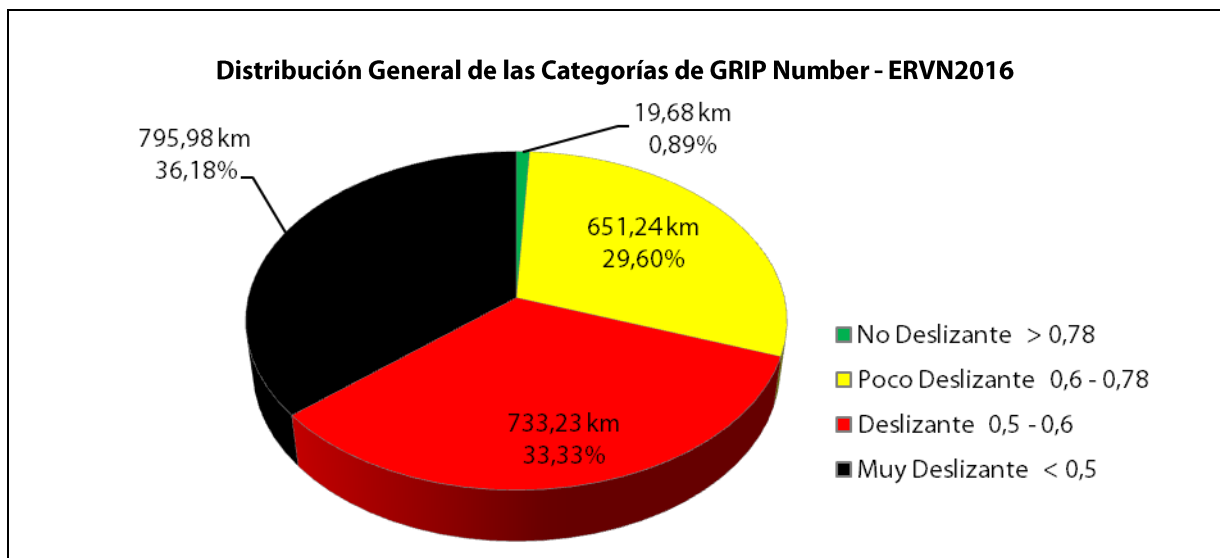


Figura 10. Condición del agarre superficial según el ensayo de GRIP Tester.

Se puede apreciar que la condición no deslizante (> 0.78) se presenta solamente en 19,68 km. Cerca de 651,24 km, presentan una condición buena o poco deslizante (0.6-0.78). En cuanto a los pavimentos deslizantes (0.5-0.6) se acumulan 733,23 km. Con una alta probabilidad de presentar condiciones peligrosas para el frenado de los vehículos en presencia de agua se contabilizan cerca de 795,98 km.

1.4.3 Resultados de agarre superficial GRIP desglosados por provincia

En la Figura 11 se presentan la distribución del parámetro GRIP desglosados por provincia, para los kilómetros donde el parámetro de IRI justificaba su medición.

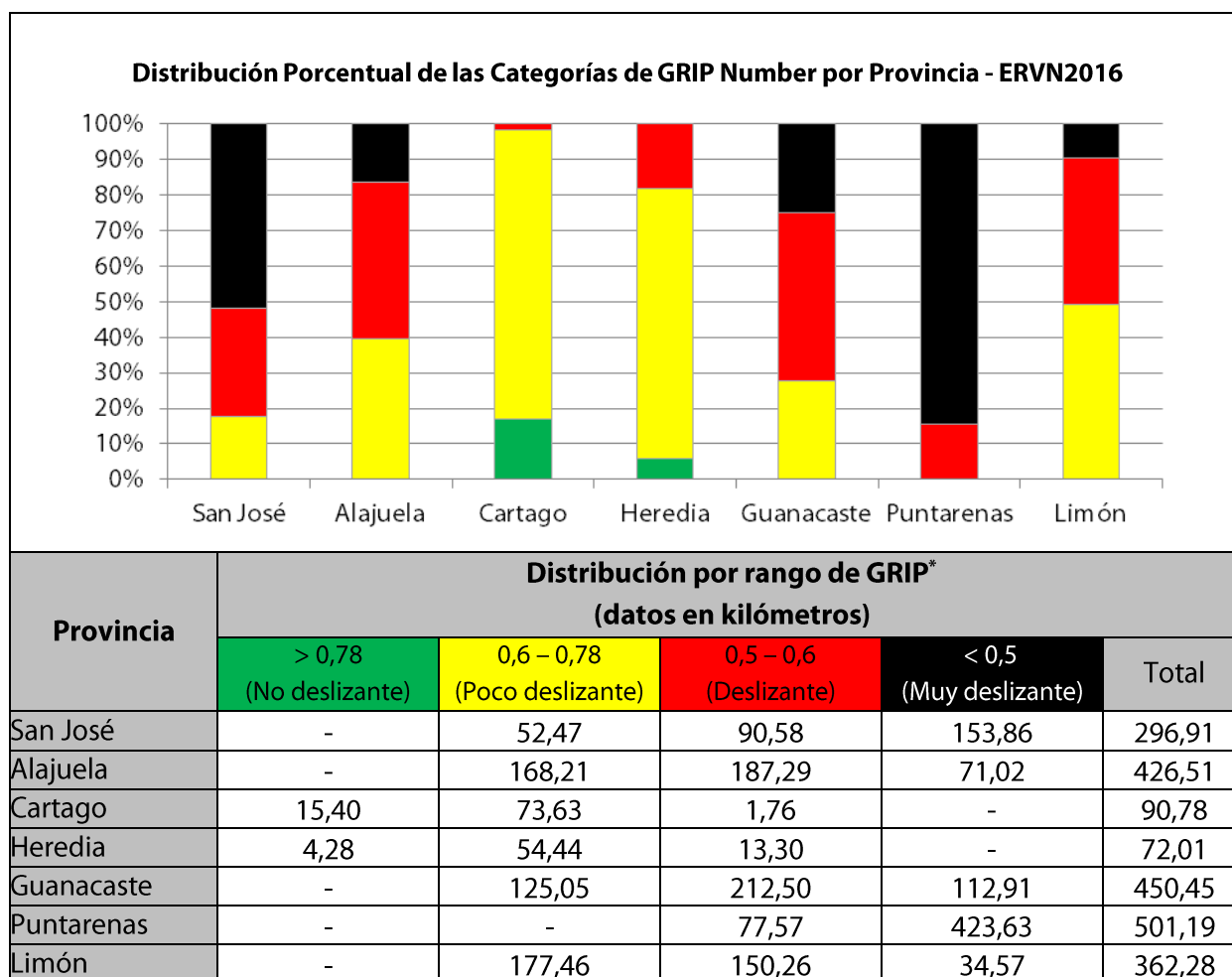


Figura 11. Estado de la Red Vial por provincias según el ensayo de GRIP.

Cartago y Heredia presentan la menor cantidad de kilómetros evaluables, 90,78 km y 72,01 km respectivamente y presentan en forma predominante la condición de poco deslizante (0.6-0.78) en más del 70,00% de sus tramos evaluados. La provincia de Puntarenas presenta la mayor acumulación porcentual de condición muy deslizante (<0,5), en presencia de agua, en cerca de 423,63 km. Por su parte, San José presenta 153,86 km en la condición muy deslizante (<0,5), en presencia de agua. Las restantes provincias de Alajuela, Guanacaste y Limón presentan menos de un 30,0% de sus vías en la condición de muy deslizante (<0,5), en presencia de agua.

1.4.4 Resultados del ensayo de GRIP por zona de conservación vial

En la Figura 12 se presentan los datos de GRIP Number desglosados por zona de conservación vial.

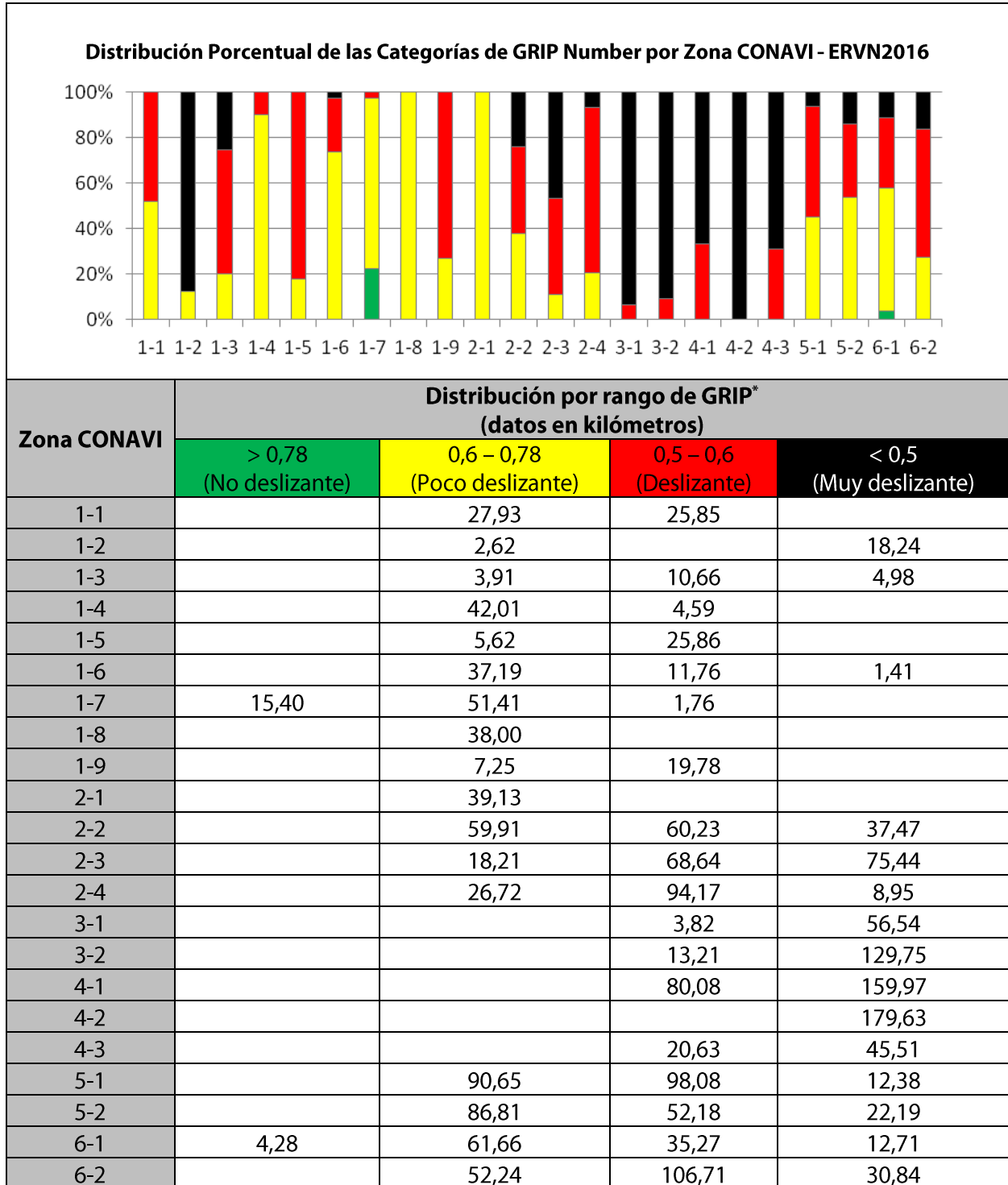


Figura 12. Estado de la Red Vial por zona CONAVI según el ensayo de GRIP

1.4.5 Resultados del ensayo de GRIP por medio de los SIG

En la Figura 13 se presentan los datos totales en un mapa generado por medio de los sistemas de información geográfica, SIG.

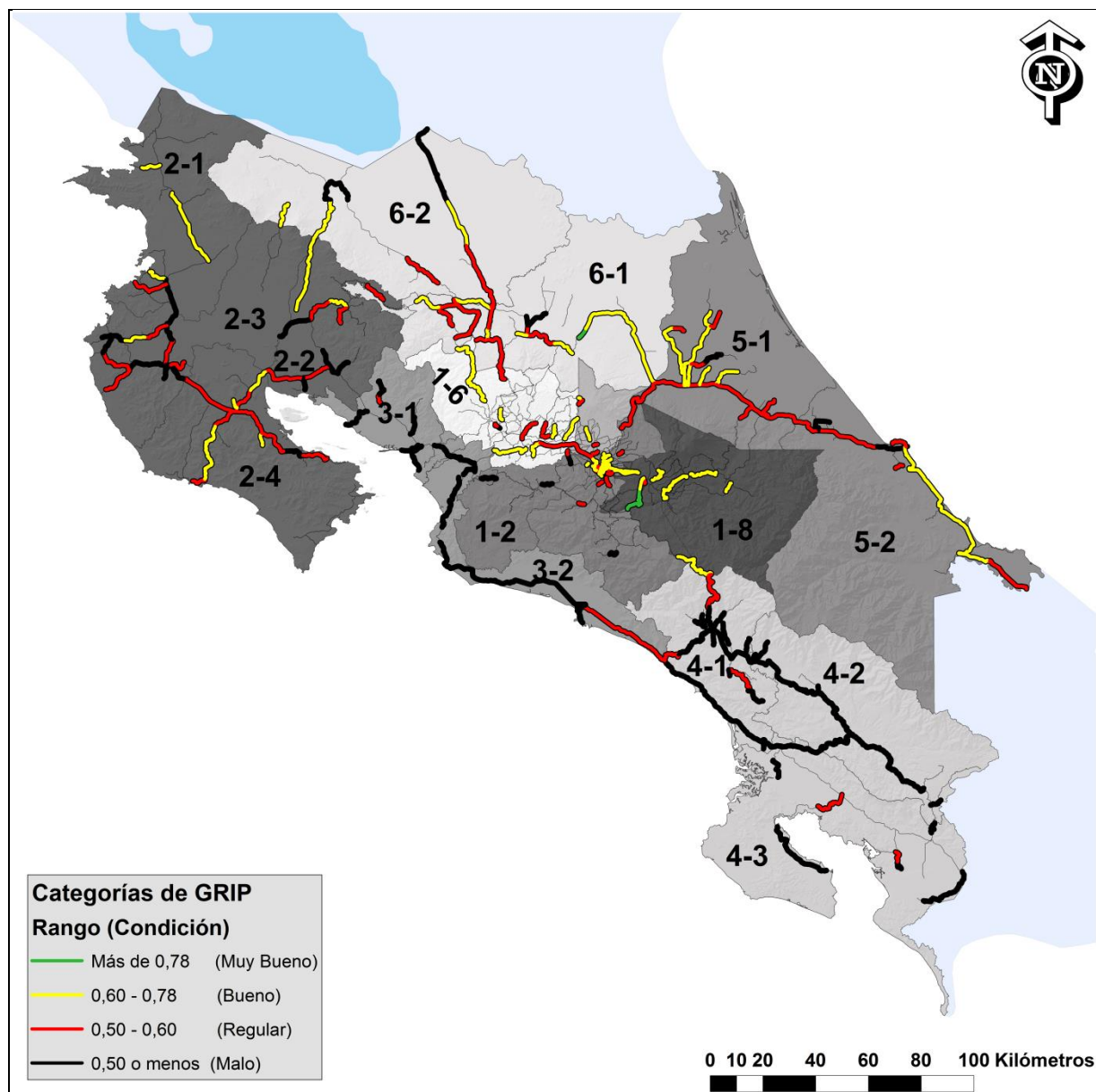


Figura 13. Representación SIG del ensayo de GRIP en la Red Vial - ERVN2016

CAPÍTULO 2

ESTRATEGIAS GENERALES DE INTERVENCIÓN RECOMENDADAS

2.1 INTRODUCCIÓN

A partir del documento "Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices Red Vial Nacional" (Barrantes-Jiménez, Sibaja-Obando, & Porras-Alvarado, 2008) se define el uso de las Notas Q. En el "Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, años 2010-2011" (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, años 2010-2011, 2011), se agregó tanto el componente de "Notas de Calidad" ó "Notas Q" como el componente de estrategias generales de intervención a Nivel de Red, donde la caracterización de las secciones de control definidas en la sección 1.1.1 como las *"unidades de análisis"*, implica la asignación de una Nota Q. La combinación se lleva a cabo mediante el uso de SIG, empleando resultados de capacidad estructural, así como la condición funcional para cada sección de control. En aquellas secciones en que el pavimento posea una condición general aceptable, que se asocian con intervenciones de carácter rutinario, se analizan aspectos complementarios para establecer la probabilidad de problemas de deslizamiento ante condiciones lluviosas. Finalmente, la sección de control es catalogada como candidata a un tipo generalizado de intervención, tales como mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción, con el fin de brindar a la Administración una herramienta de gestión fundamentada en información científica, que permita mejorar la toma de decisiones y aumente la eficiencia de la inversión en la Red Vial Nacional.

La definición de las Notas Q, así como la consecuente estrategia de intervención presente en este informe, responde a un análisis a Nivel de Red y establece estrategias de intervención generales que deben ser posteriormente adaptadas para la toma de decisiones a nivel de proyecto. Por ejemplo, cuando dos secciones de control son consideradas candidatas a intervenciones tipo *"mantenimiento"*, se debe tomar en cuenta que dentro de esta definición es posible realizar una amplia gama de tipos de intervención, como pueden ser todos los tipos de *"tratamientos de preservación"*, tales como tratamientos superficiales *"chip seals"*, *"slurry seals"*, *"sand seals"*, *"microsurfacing"* y otros.

La definición de estrategias presentada en este informe, define límites entre los distintos tipos de intervención: mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción para cada sección de control y la realización de una actividad distinta a las enmarcadas en estos tres niveles de condición debería ser justificada ampliamente ya que podría resultar en un uso ineficiente de los recursos.

La elección y realización de intervenciones específicas deberá responder a un análisis por parte de la Administración para cada sección de control por separado, tomando en consideración todos los aspectos propios de una decisión de intervención, con el respectivo análisis e información a nivel táctico/operativo, tales como, condiciones de superficie, topografía específica, contenido presupuestario, disponibilidad de materiales adecuados, equipo, experiencia e impacto al entorno urbano y ambiental, entre otros.

*El Informe de Evaluación de la Red Vial pavimentada, presenta recomendaciones a NIVEL DE RED, estas recomendaciones no sustituyen los **estudios básicos** para la selección del tratamiento apropiado para cada pavimento particular.*

2.1.1 Definiciones

Las siguientes definiciones son requeridas para un adecuado entendimiento de los resultados presentes en este capítulo:

- 1. Nivel de red:** Incluye fundamentalmente un proceso de observación de un conjunto de pavimentos que conforman una red de caminos, para planificar decisiones para grandes grupos de proyectos o una red de caminos completa, a fin de optimizar la asignación de recursos, por ejemplo la Red Vial Nacional.
- 2. Nivel de proyecto:** El proceso de análisis u observación es de un proyecto o pavimento en particular, con el propósito de determinar el momento en que se debe realizar el mantenimiento y/o rehabilitación. Usa datos específicos de cada proyecto y otorga varias opciones de acuerdo a los objetivos; los modelos usados a este nivel requieren de información detallada en secciones individuales de un camino.
- 3. Vida estructural remanente:** Es la capacidad remanente de una carretera de resistir las cargas de los vehículos. Al inicio de la vida útil de un pavimento la vida remanente es del 100%, conforme el clima y las cargas de los vehículos van afectando el pavimento se va disminuyendo esa "vida remanente", hasta que se definen acciones de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción, según corresponda.

2.2 NOTAS DE CALIDAD (NOTAS Q)

2.2.1 Definición de las Notas Calidad (Notas Q) a Nivel de Red

Cada una de las secciones de control es calificada por su condición estructural, funcional y de resistencia al deslizamiento, de acuerdo con los criterios de evaluación y resultados descritos en CAPÍTULO 1 de este informe. Posteriormente, para cada una de las secciones de control, se combinan los valores de capacidad estructural y funcional y se define una nueva calificación, conocida como Nota de Calidad en adelante Nota Q, donde se establece el diagnóstico final de la condición de la sección y permite establecer una estrategia general de intervención final.

La Figura 14 muestra como se establecen las Notas Q, empleando la matriz de combinación derivada del "Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, Años 2010-2011" (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2011), donde se consideran los distintos niveles de tránsito vehicular o TPD .

Rangos de TPD		Límites de los valores de deflexión (10^{-2} mm)				
0 - 5 000		←	76,5	88,5	115,7	→
			BAJAS	MODERADA	ALTAS	MUY ALTAS
5 000 - 15 000		←	70,8	83,3	112,9	→
			BAJAS	MODERADA	ALTAS	MUY ALTAS
15 000 - 40 000		←	59,2	69,4	95,2	→
			BAJAS	MODERADA	ALTAS	MUY ALTAS
Casos Especiales		←	48,5	57,6	80,8	→
			BAJAS	MODERADA	ALTAS	MUY ALTAS

INDICADOR ESTRUCTURAL		CATEGORIAS DE FWD				
		BAJAS	MODERADA	ALTAS	MUY ALTAS	
INDICADOR FUNCIONAL		▼	▼	▼	▼	
Rangos de IRI (m/Km)	< 1,9 (Bueno)	▶	Q1	Q3	Q6	R-1
	1,9 – 3.6 (Regular)	▶	Q2	Q5	Q8	R-2
	3,6 – 6,4 (Malo)	▶	Q4	Q7	Q9	R-3
	> 6,4 (Muy Malo)	▶	M-RF	RH-RF	R-3	NP

Figura 14. Matriz de Combinación de Notas Q (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2011).

La definición de las notas de calidad es la siguiente:

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

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

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

Q4: En estos pavimentos la calidad de la superficie asfáltica se ha deteriorado hasta un punto donde puede afectarse la velocidad de tránsito, aún en condiciones de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de agregados, agrietamientos y ahuellamientos y ocurre en un 50% o más de la superficie. Aunque la capacidad estructural es buena (se mantiene una buena condición de las capas de subyacentes) la condición de deterioro funcional es de tal severidad que la durabilidad de los pavimentos se disminuye, aumentando la tasa de deterioro estructural de forma elevada. Debido al deterioro de la capa de

ruedo estos pavimentos pasarán a las categorías **M-RF** o **Q7** en el mediano plazo. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones de tipo mantenimiento de mediano costo que deberían estar enfocadas a atender la pérdida de capacidad funcional en el corto plazo.

M-RF: Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades muy reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas en la carpeta asfáltica. El deterioro ocurre en un 75% o más de la superficie, comprometiendo la capacidad estructural del pavimento, la cual se concentra en las capas subyacentes. Debido al deterioro de la capa de ruedo estos pavimentos pasarán a la categoría **RH-RF** en el corto plazo. Estos pavimentos presentan tramos candidatos a intervenciones de tipo mantenimiento de alto costo que deberían estar enfocadas en recuperar la pérdida de capacidad funcional en el corto plazo para evitar mayor deterioro de la capacidad estructural.

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

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

RH-RF: Los pavimentos en esta categoría tienen una condición de ruedo similar a los descritos para la categoría **M-RF**, sin embargo, presentan una peor condición estructural (cercana al 20% de vida estructural remanente), por lo que la presencia de deterioros como ahuellamientos, agrietamiento por fatiga o agrietamientos transversales y longitudinales es mayor. En estos pavimentos la velocidad del deterioro estructural y funcional se intensifica aún más, por lo que están propensos a pasar a la categoría **R3** en el corto plazo. Estos pavimentos presentan tramos candidatos a intervenciones de tipo “rehabilitación menor” que deberían estar enfocadas en recuperar la pérdida de capacidad funcional y estructural en el corto plazo con el fin de evitar o retardar un mayor deterioro en el pavimento.

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

R-1, R-2: Estos pavimentos presentan una condición estructural muy deficiente (vida estructural remanente 0%). En los tramos clasificados dentro de este grupo de notas y que tengan una buena calidad de ruedo es debido a la presencia de sobrecapas o tratamientos superficiales recientes pero que no han contribuido a dar aporte estructural significativo, por lo tanto, son trabajos de poca durabilidad y existe una rápida migración a notas como **R-3** o NP donde la única alternativa de intervención es la reconstrucción total del pavimento. La condición de pérdida acelerada de la capacidad estructural y funcional en estos pavimentos los convierte en candidatos a intervenciones de tipo rehabilitación mayor que debería ser atendida de forma inmediata.

R-3, NP: Estos pavimentos presentan un altísimo nivel de deterioro. Donde la transitabilidad y la capacidad estructural son inferiores a los niveles aceptables para una carretera pavimentada. En estas rutas, el riesgo para el usuario es muy alto por el nivel de deterioro mostrado. La única alternativa de intervención posible es la de reconstrucción total del pavimento y por tratarse de rutas nacionales deben ser intervenidas urgentemente con soluciones que restituyan el nivel mínimo de seguridad vial, minimizando la posibilidad de accidentes por deterioros y planificando dentro de un esquema de gestión de redes la recuperación de la vía en un plazo razonable. Las intervenciones en estos tramos son las de más alto costo dentro de un sistema de gestión de pavimentos.

2.2.2 Resultados de Notas Q para la Red Vial

Una vez establecidos los criterios técnicos para evaluar los distintos tramos de la Red Vial, se procede a caracterizar las distintas secciones de control, de acuerdo con lo definido en la matriz para definición de notas de calidad (Figura 14).

Se evalúan todas las secciones de control que pueden ser caracterizadas en función de la capacidad estructural y capacidad funcional, y se identifican con su correspondiente nota de calidad. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 9, así como el respectivo gráfico de Notas de Calidad Q para la evaluación 2016-2017 en la Figura 15.

Tabla 9: Resultados de las Notas de Calidad para la Red Vial - ERVN2016

Nota de Calidad	Longitud (km)	Porcentaje (%)	Cantidad de secciones de control
Q1	400,22	7,84%	42
Q2	2056,26	40,28%	292
Q4	1389,79	27,22%	214
Q5	64,41	1,26%	24
Q7	109,83	2,15%	24
Q8	44,65	0,87%	19
Q9	141,54	2,77%	24
M-RF	467,76	9,16%	99
RH-RF	137,64	2,70%	24
R-2	4,72	0,09%	3
R-3	168,13	3,29%	46
NP	120,32	2,36%	29
Total	5 105,23 kilómetros		840

La clasificación de la red vial por las notas de calidad revela una red vial que concentra un 48,12% en las categorías Q1 y Q2, un 28,48% en las notas Q4 y Q5, un 5,79% en las notas Q7, Q8 y Q9, un 11,86% en las notas M-RF y RH-RF; un 5,74% en las notas R-2, R-3 y NP.

Este análisis de la condición de la red vial nacional pavimentada por medio de las notas de calidad permite un diagnóstico más preciso de la condición de las rutas, ya que cada sección tiene asociada una calificación específica que la caracteriza.

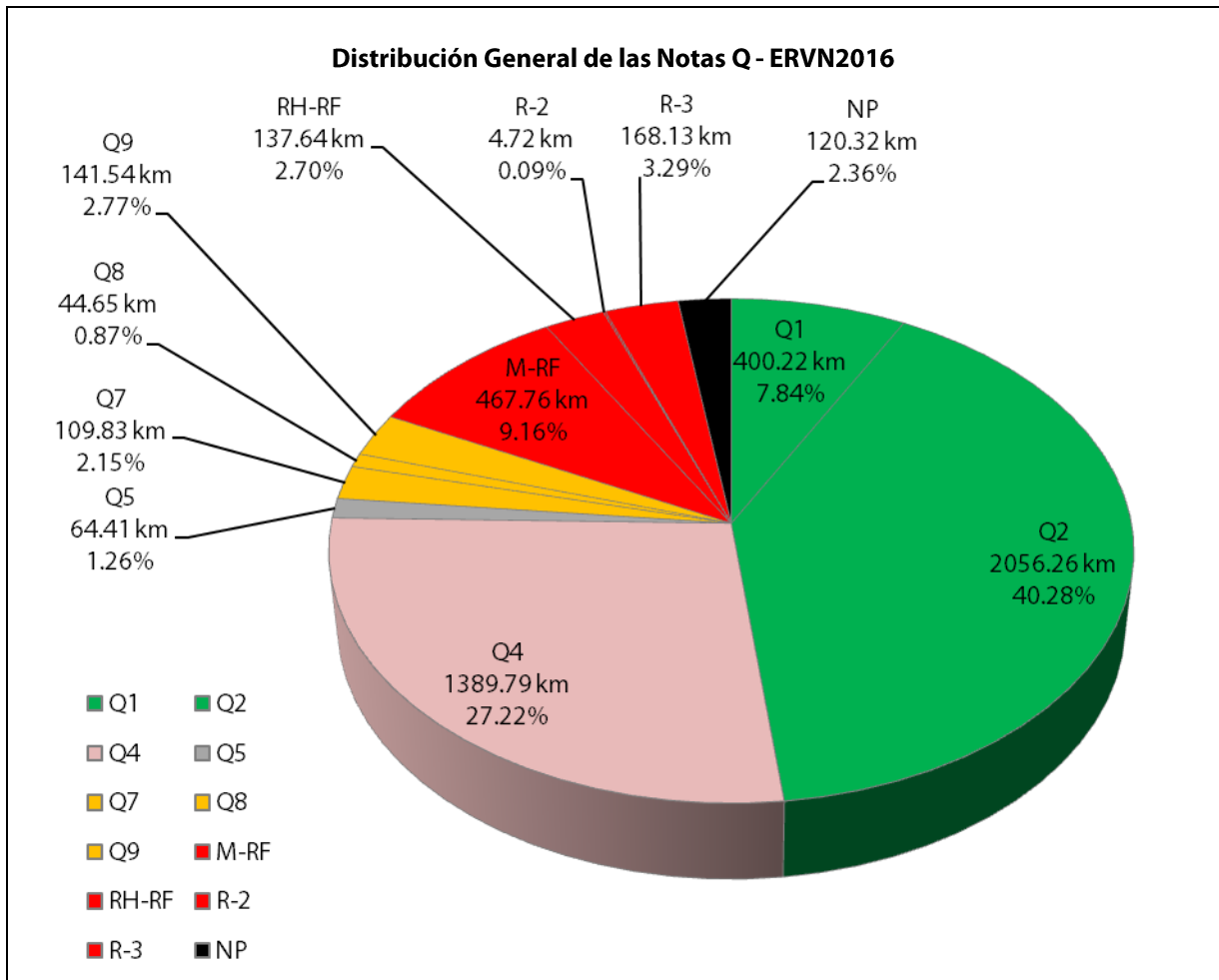


Figura 15. Notas de calidad, longitud en kilómetros y porcentaje para la Red Vial.

En la Figura 16 se distribuye esta misma información por provincias. Se observa como las provincias de Alajuela, San José y Cartago acumulan cerca de 600 km con las notas Q tipo **M-RF, RH-RF, R-2, R-3, NP** y en forma conjunta estas tres provincias representan cerca del 50% de la Red Vial Nacional Evaluada, es de esperar estrategias de intervención más agresivas en estas tres provincias debido a que los pavimentos están en peores condiciones. Como tendencia general se observa como las notas Q1 y Q2 representan más de un 40,00% de la red evaluada de cada provincia, las excepciones se presentan en Cartago y Heredia que presentan porcentajes cercanos a 30,00% de notas Q1 y Q2, por lo tanto, se podría esperar que la selección de las estrategias a nivel táctico/operativo por parte de la Administración para recuperar esta condición generarán el mayor impacto y la mayor inversión de recursos en la red vial.

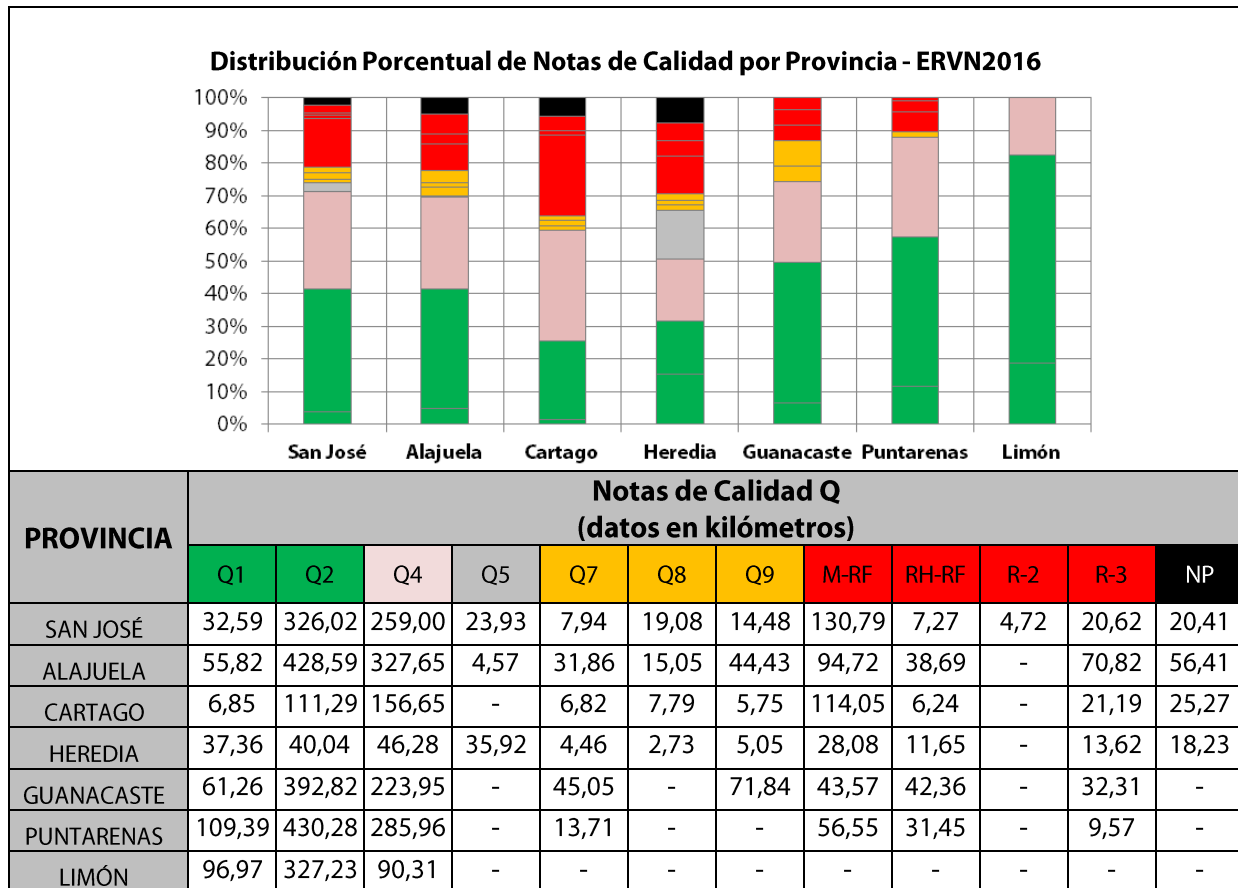


Figura 16. Notas Q por provincias para la Red Vial

La provincia de Cartago, presenta la peor distribución de Notas Q. Sin embargo, Alajuela acumula la mayor cantidad de kilómetros en mala condición según las Notas Q.

Adicionalmente, en la Figura 17 se muestra la distribución de las notas Q a nivel de red en sus respectivas “zonas de conservación”. El análisis de esta distribución por zona de conservación es de suma importancia para evaluar el grado de efectividad de las labores realizadas por cada una de las empresas contratistas encargadas de la conservación y mantenimiento de cada una de ellas.

Como se mencionó en la sección 1.1.1 el contrato de conservación y mantenimiento vigente en el momento de la ERVN2016 corresponde a la Licitación Pública N°20009LN-000003-CV, en conjunto con las contrataciones directas derivadas del contrato 2014CD-000140-0CV00. De la Figura 17 se desprenden condiciones generales de la Red Vial y se puede considerar como un insumo a nivel de Red para retroalimentar la generación de contratos posteriores.

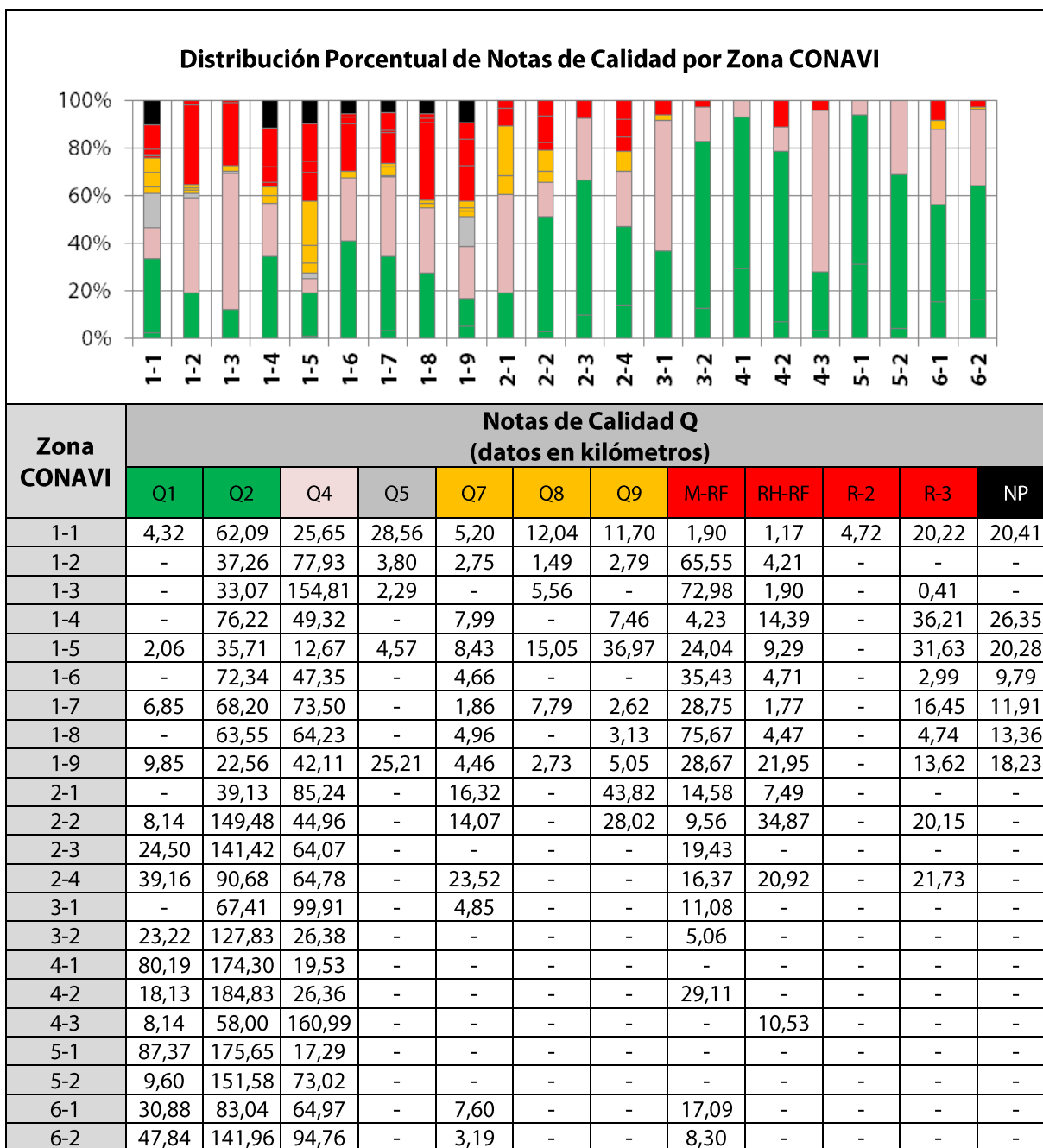


Figura 17. Notas de calidad por Zona CONAVI.

Toda la información de las notas de calidad para cada una de las secciones de control, provincias y zonas de conservación vial, es administrada por medio de sistemas de información geográfica, convirtiéndola en información accesible, fácil de actualizar y con un alto nivel de precisión. La Figura 18 muestra el mapa generado con esta información.

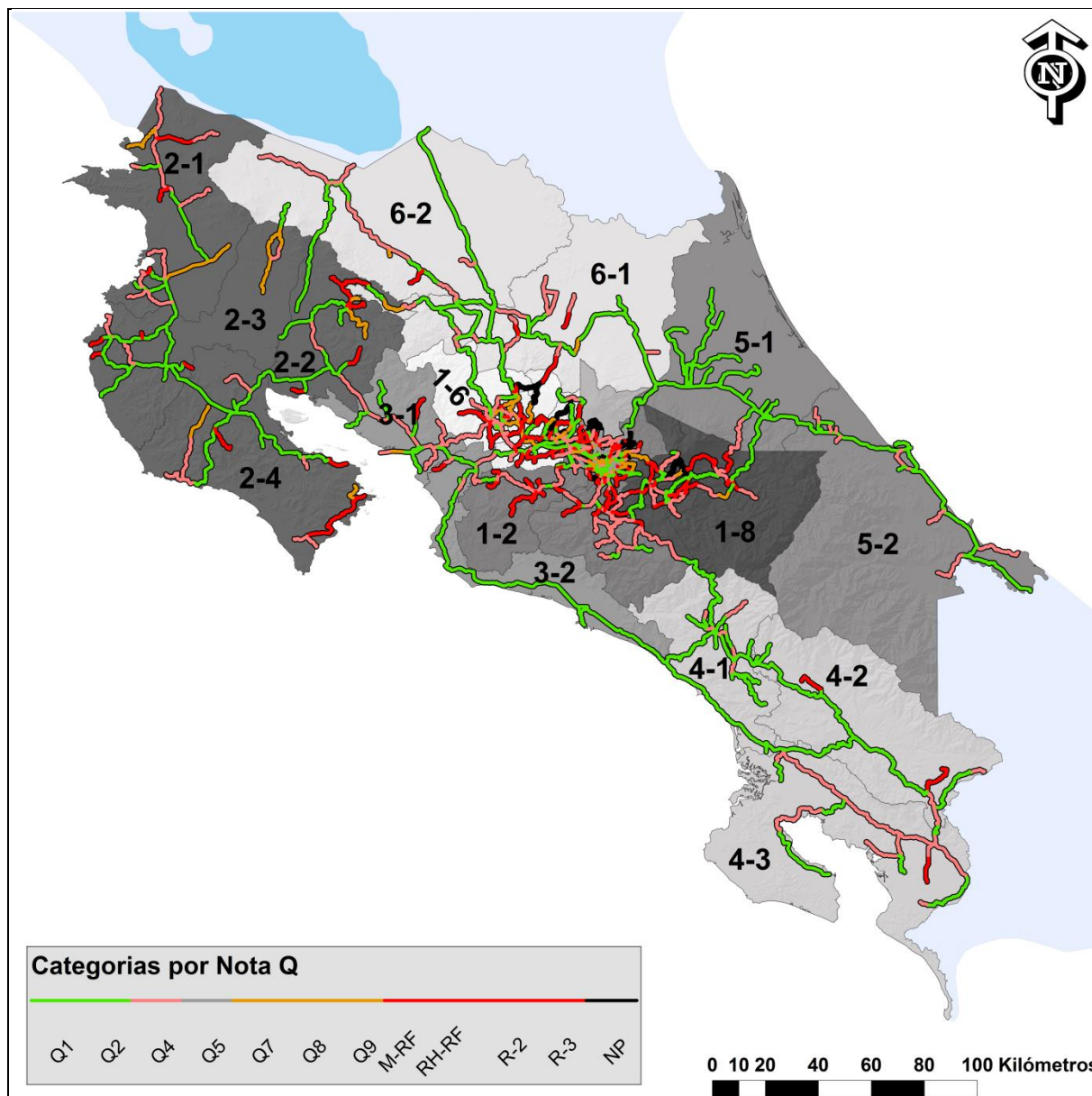


Figura 18. Mapa de distribución de las notas Q por Zona de Conservación Vial.

La información generada en este informe y los anteriores, deben ser el principal insumo de un Sistema de Gestión de Pavimentos para la Red Vial Nacional pavimentada.

2.3 ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA LA RED VIAL NACIONAL

La definición de las notas de calidad en la sección 2.2.1 permite establecer estrategias de intervención generales a nivel de red. Estas estrategias de intervención constituyen la parte más importante de la evaluación de la Red Vial Nacional que realiza el LanammeUCR cada dos años, son de carácter recomendativo y constituyen un aporte muy importante en la generación de estrategias de recuperación de la Red Vial Nacional Pavimentada.

Las estrategias de intervención presentes en este informe de evaluación deberían ser ajustadas a nivel táctico-operativo por parte de la Administración, con el objetivo de definir los planes de trabajo y los alcances de los contratos de conservación vial o reconstrucción de vías.

Se recalca que las estrategias de intervención sugeridas son a NIVEL DE RED.

2.3.1 Definiciones

Desde el "Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, Años 2010-2011" (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar) las estrategias de intervención definidas son:

- Mantenimiento de preservación.
- Mantenimiento de recuperación funcional.
- Análisis a nivel de proyecto.
- Rehabilitación menor.
- Rehabilitación mayor.
- Reconstrucción.

De forma general se definen de la siguiente forma:

1. Mantenimiento de preservación: Son intervenciones de bajo costo relativo y constituyen principalmente intervenciones para mantener las rutas en buen estado, tanto en su parte funcional como estructural. Dentro de este tipo de intervenciones califican los sellos de preservación tipo sand seal, sellados de grietas, slurry seals, fog seals y micropavimentos entre otros. Este tipo de actividades buscan aumentar la vida útil de los pavimentos en buen estado, conservando la integridad estructural y funcional de las rutas, adicionalmente, corrigen de forma eficiente deterioros funcionales de ocurrencia temprana como, desprendimientos de agregados, desnudamiento, exudación o fisuramiento superficial leve.

2. Mantenimiento de recuperación funcional: Son intervenciones que no tienen como propósito adicionar capacidad estructural al pavimento, el objetivo principal de este tipo de intervenciones es recuperar la capacidad funcional, ya que los pavimentos presentan niveles de irregularidad altos (valores de IRI >3.6). En estos casos se pueden considerar labores de sustitución de las superficies de ruedo, recuperando los espesores existentes con material nuevo. Estas labores se pueden acompañar de la colocación de geosintéticos para retardar el reflejo de grietas y una labor de perfilado o recuperación de la calzada. Debido al alto deterioro de la regularidad de las vías las intervenciones deberían ser ejecutadas con una prioridad alta, con el fin de evitar un posterior daño en la capacidad estructural.

3. Análisis a nivel de proyecto: Este tipo de estrategia sugiere realizar una evaluación más detallada y complementarla con una auscultación visual del pavimento con el fin de definir la mejor estrategia de intervención.

4. Rehabilitación menor: Este tipo de estrategias sugieren intervenciones que permitan recuperar la capacidad estructural en niveles intermedios así como la capacidad funcional en niveles críticos. Debido con que la capacidad estructural remanente es aún entre 20 – 60% las labores pueden circunscribirse a intervenciones a nivel de la superficie de ruedo. Un perfilado y la colocación de una nueva sobrecapa con un aporte estructural significativo, de acuerdo con un diseño estructural que tome en consideración la capacidad estructural remanente de la sección existente, así como un nuevo periodo de diseño, puede ser un ejemplo de este tipo de estrategia de intervención.

5. Rehabilitación mayor: En este caso es necesario realizar una importante recuperación de la capacidad estructural por lo que el tipo de intervención debería abarcar labores a nivel de la capa de base existente. Labores de sustitución o estabilización de la base existente en combinación con la colocación de nuevas sobrecapas con periodos de diseño apropiados son ejemplo de este tipo de estrategia de intervención. Se podrían realizar labores de sustitución de la base o su estabilización, en combinación con la colocación de una nueva capa asfáltica cuyos espesores provean el aporte estructural requerido, de acuerdo con los estudios técnicos que se deben realizar al respecto, mismos que deberán considerar la capacidad remanente de la sección existente, así como el nuevo periodo de diseño. En el caso de pavimento rígido, las labores de rehabilitación mayor comprenden la sustitución de la losa existente. En el caso de las rehabilitaciones es recomendable una auscultación previa de los espesores existentes para posteriormente justificar la demolición parcial requerida, con el objeto de ajustar la capacidad

estructural y la calidad de ruedo, de acuerdo con las solicitaciones de carga actuales, de manera que estas intervenciones garanticen el peralte transversal requerido y acorde con el diseño geométrico.

6. Reconstrucción: Renovación completa de la estructura del camino, con previa demolición total de la estructura del pavimento. Por tratarse de rutas nacionales deben ser intervenidas urgentemente con soluciones que restituyan el nivel mínimo de seguridad vial, minimizando la posibilidad de accidentes por deterioros y planificando dentro de un esquema de gestión de redes la recuperación de la vía en un plazo razonable. Las intervenciones en estos tramos son las de más alto costo dentro de un sistema de gestión de pavimentos.

Para definir las estrategias de intervención, las notas de calidad Q se agrupan de acuerdo al esquema de la Figura 19, con el fin de identificar aquellas secciones de control que sean candidatas a los distintos tipos de intervención.:

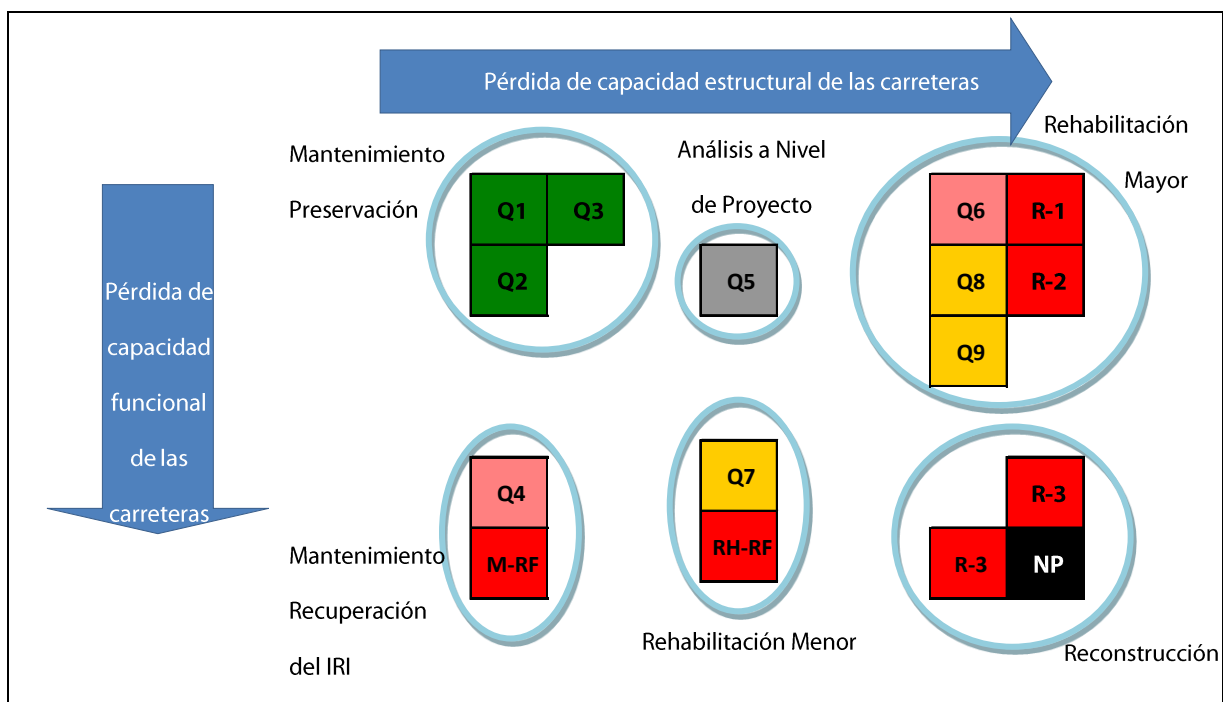


Figura 19. Agrupación de las notas de calidad para definición de estrategias generales de intervención (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2011).

Se reconocen en esta distribución tres grandes “ventanas de operación”:

1. La ventana de operación de la **conservación vial** (notas Q1, Q2, Q3, Q4 y M-RF), las cuales se asignan a tramos de carretera que pueden atenderse por medio de labores como “mantenimiento rutinario” o “mantenimiento periódico” (Definición presente en la ley 7798, Ley de creación del Consejo Nacional de Vialidad).

2. La segunda ventana de operación definida como **rehabilitación** (notas Q6, Q7, Q8, Q9, RH-RF, R-1 y R-2), corresponde a actividades de “rehabilitación menor” y “rehabilitación mayor” las acciones de mantenimiento en esta ventana deben enfocarse a mantener la seguridad de los usuarios y la transitabilidad, pero la mejora de estas secciones debe incorporarse dentro de un esquema contractual distinto al vigente en el año 2014 relacionado con las actividades de conservación vial, que permita atender las necesidades reales de estas secciones de control de forma eficiente, evitando enmarcar este tipo de intervención dentro del alcance de los proyectos de conservación vial, ya que este tipo de intervenciones sólo son justificadas cuando se trata de “intervenciones selectivas”. Los resultados mostrados en la Figura 15 muestran que 308,98 km equivalentes a un 5,86% de la Red Vial Nacional evaluada, requieren planificar este tipo de intervención y ajustar el contenido presupuestario para optimizar las inversiones de la ventana de rehabilitación.

3. La tercera ventana de operación es la definida como **reconstrucción** (notas R-3 y NP). Toda sección de la Red Vial Nacional que califique dentro de esta ventana de operación debería ser intervenida con actividades propias de este tipo de labor, tomando en consideración que toda labor de “reconstrucción” es sumamente costosa, con magnitudes que podría incluso llegar hasta el orden de 10 veces mayores que aquellas de “mantenimiento rutinario” o “mantenimiento periódico”. No se deben llevar a cabo reconstrucciones dentro de un marco contractual de mantenimiento debido a la diferencia de alcances, costos y actividades permitidas por el contrato.

En la Figura 20 se muestra la distribución de las distintas notas de calidad dentro de un esquema de modelo de deterioro de una carretera en función del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI por sus siglas en inglés).

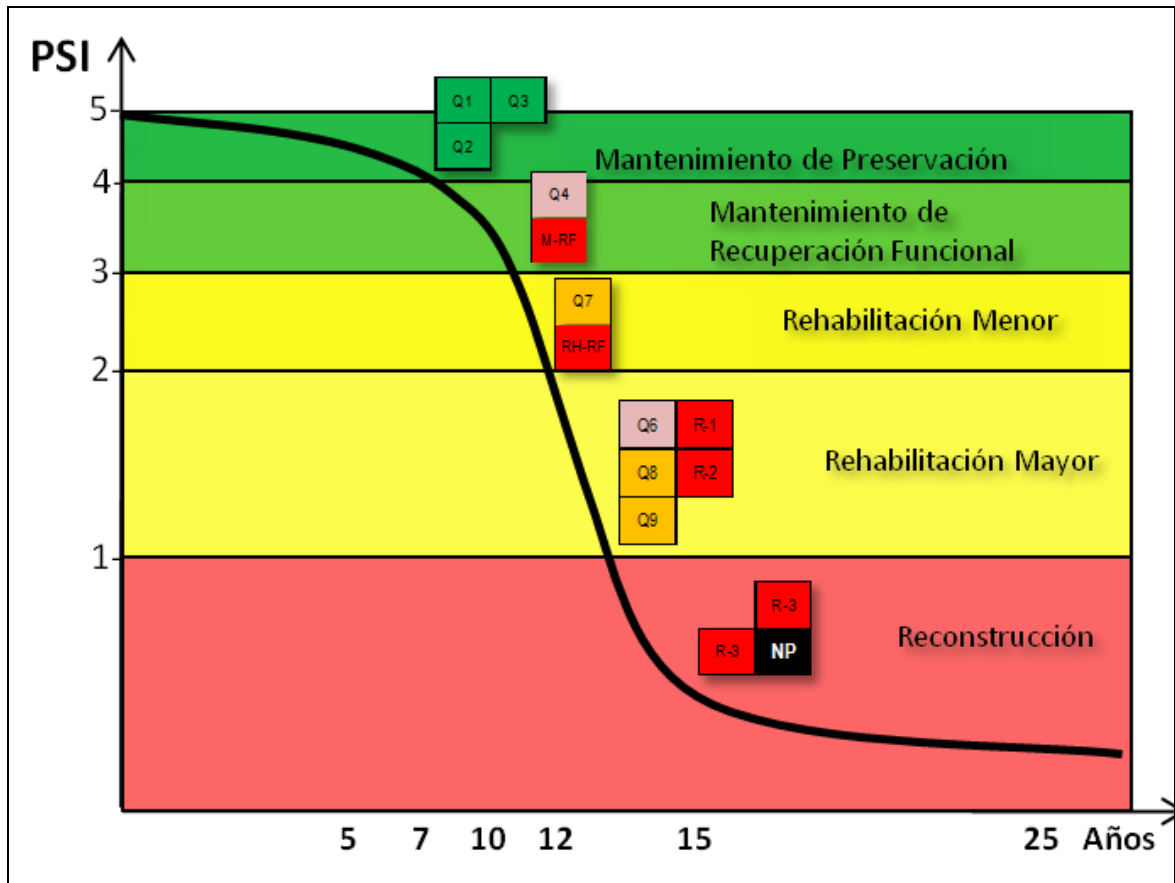


Figura 20. Esquema de Notas de Calidad distribuidas en función de las ventanas de generales de operación (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2013).

2.3.2 Resultados de Estrategias Generales de Intervención para la Red Vial Nacional.

Una vez agrupadas las notas de calidad, se procesa la información para las secciones de control evaluadas, en la Tabla 10 se muestran los resultados para la Red Vial Nacional pavimentada.

Tabla 10: Resultados de las Estrategias Generales de Intervención para la Red Vial - ERVN2016

Recomendación de Estrategia de Intervención General Campaña de Evaluación de la Red Vial Nacional 2016-2017	Longitud (km)	Porcentajes (%)
Mantenimiento de Preservación	2456,48	48,12%
Mantenimiento de Recuperación del IRI	1857,54	36,39%
Análisis a Nivel de Proyecto	64,41	1,26%
Rehabilitación Menor	247,46	4,85%
Rehabilitación Mayor	190,90	3,74%
Reconstrucción	288,45	5,65%
TOTALES	5 105,23 km	

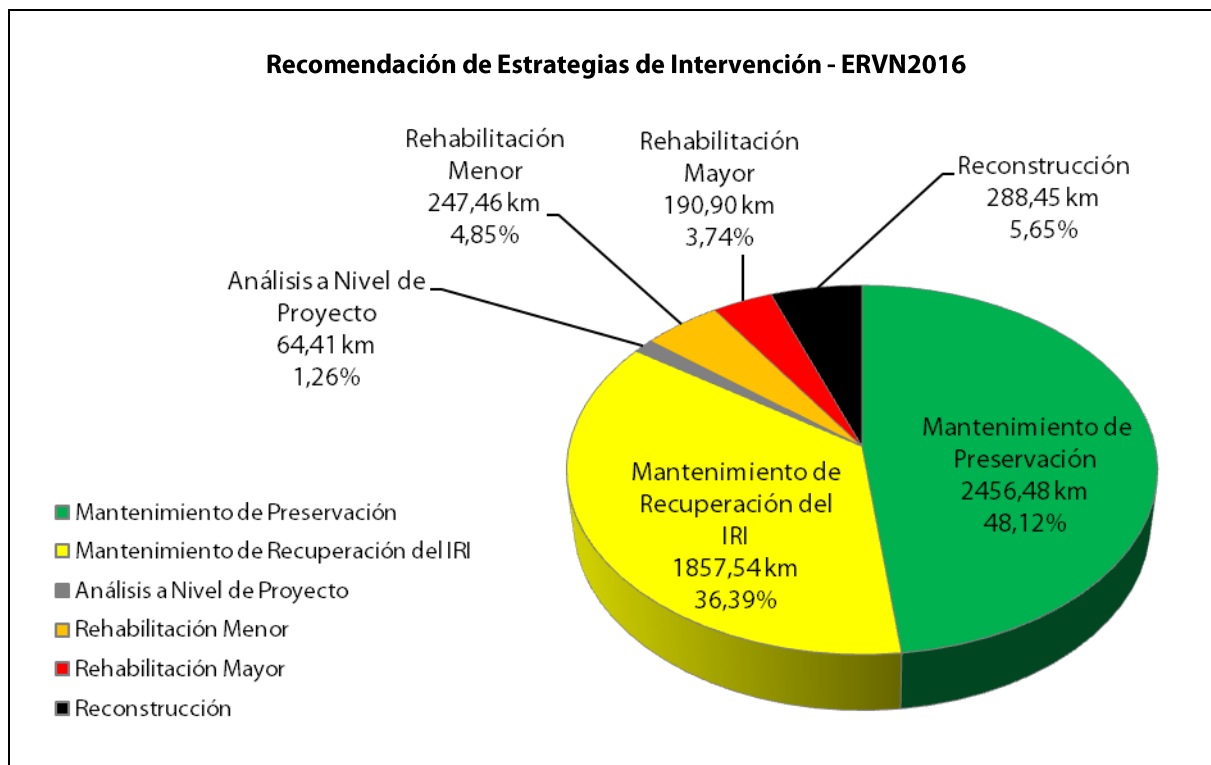


Figura 21. Estrategias de intervención para la Red Vial Nacional.

Para la ERVN2016 los resultados revelan una red vial con alto porcentaje de secciones candidatas a intervenciones del tipo mantenimiento de preservación (48,12%) lo cual indica una buena oportunidad de introducir en Costa Rica actividades del tipo sellos asfálticos, como las mencionadas en la definición de “mantenimiento de preservación” en esta misma sección del informe. El segundo porcentaje corresponde a un 36,39% que son candidatos a intervenciones que deben tender a una recuperación de la capacidad funcional, es decir, mejorar el confort, disminuir el impacto en los costos de operación vehicular para el usuario, mejorar las condiciones de ruedo para seguridad vial y las velocidades de circulación así como en la disminución de contaminación por gases, congestión y por exceso de ruido. De la misma manera las labores de rehabilitación mayor, menor y reconstrucción suman aproximadamente un 14,24% de las rutas nacionales.

El panorama general indica que un 84,51% de la Red Vial evaluada requiere estrategias de Mantenimiento, este panorama general de la red vial muestra muy claramente los lineamientos que puede servir de base y guía en la definición de estrategias a nivel de red por parte de la Administración.

La información de las estrategias de intervención procesada por provincia y por zona de conservación vial y presenta los siguientes resultados:

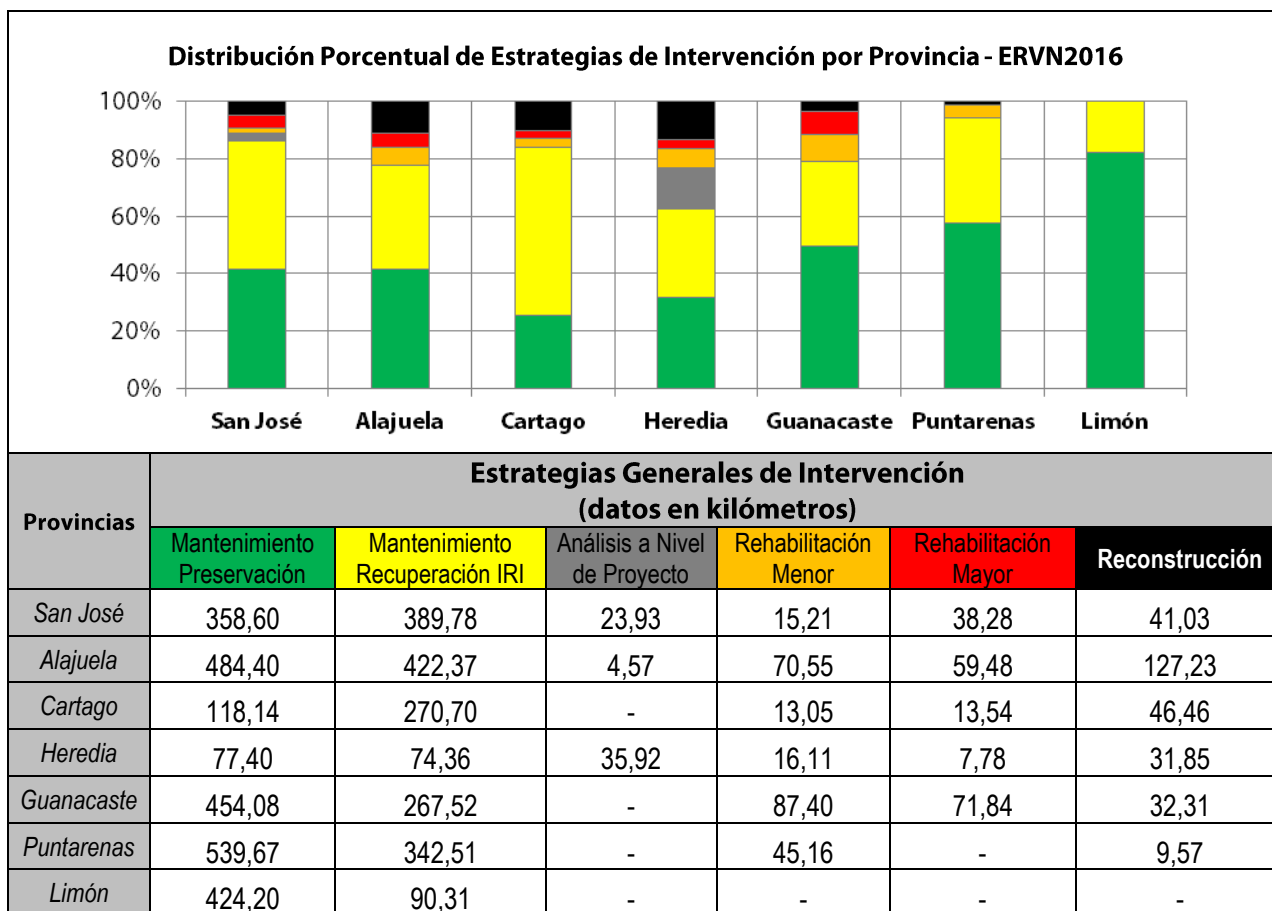


Figura 22. Estrategias de intervención para la Red Vial Nacional distribución por provincias.

En forma porcentual, las provincias de Alajuela y Heredia denotan la mayor acumulación porcentual de Rehabilitación y Reconstrucción derivados del análisis de resultados, mientras que Cartago requiere de menos rehabilitaciones que las provincias mencionadas pero presenta cerca de un 10,00% de pavimentos que califican para reconstrucción y el menor porcentaje de mantenimiento de preservación por debajo de 30%. En el caso de Heredia presenta un porcentaje cercano al 15,00% de tramos que califican como Análisis a Nivel de Proyecto, estos tramos requieren valorar su estado en campo, mediante herramientas de valoración como el PCI, VIZIR u otro que analice la condición superficial para determinar el tipo de intervención requerido.

*La provincia que acumula más kilómetros para reconstrucción y rehabilitación es Alajuela.
En forma relativa Heredia presenta mayores porcentajes de reconstrucción y rehabilitación*

Se procede en la Figura 23 a mostrar la distribución porcentual de las estrategias de intervención recomendadas a nivel de red en sus respectivas “zonas de conservación”, como la unidad geográfica de análisis y se genera la siguiente distribución:

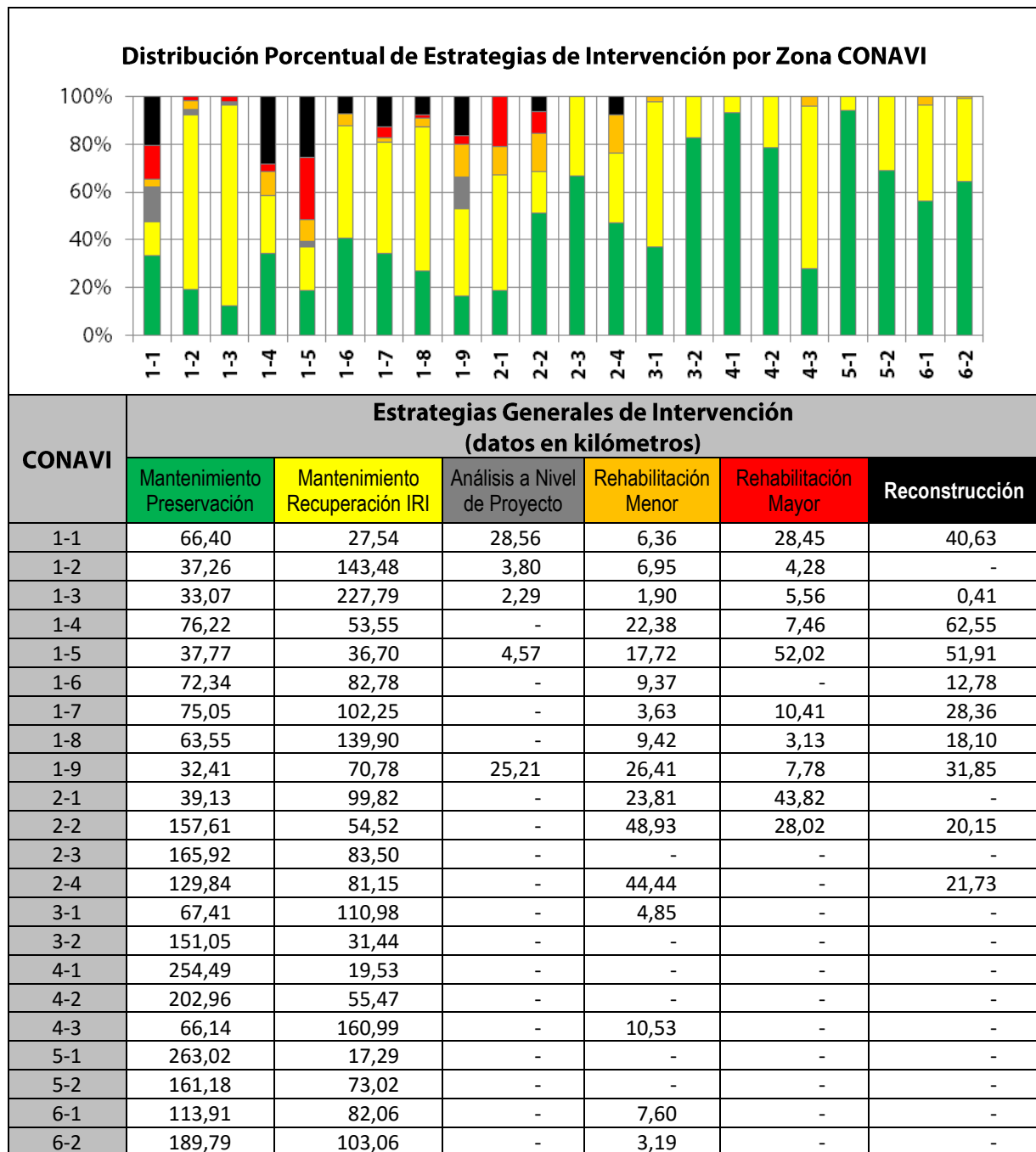


Figura 23. Distribución de estrategias por Zonas del CONAVI

Este análisis de la información permite brindar a la Administración una guía de cuáles podrían ser los lineamientos generales para intervenir las distintas zonas de conservación vial, así como una distribución racional y científica de los fondos públicos destinados a intervenir las carreteras nacionales.

De esta forma podemos identificar zonas como la 1-1, 1-4, 1-5 y 1-9. Estas zonas presentaron condiciones que califican en forma general para las labores de Rehabilitación y Reconstrucción, en el 40,00% de la Red Vial que abarcan. En las zonas de conservación 1-2, 1-3, 1-5, 1-9 y 2-1, el porcentaje de Red Vial que califica como de Mantenimiento de Preservación no llega ni al 20,00%.

Con esta información es posible delimitar las actividades por ejecutar, ya que una labor de mantenimiento que pretenda restablecer a un estado óptimo tramos que son candidatos a rehabilitación o reconstrucción puede resultar en un gasto importante. Esto no responde a la verdadera necesidad de la vía y podría resultar en inversiones ineficientes y de poca durabilidad. El criterio de inversión ineficiente no se relaciona con aquellas actividades de mantenimiento que busquen mantener o mejorar la seguridad vial y transitabilidad, que son parte de las actividades esperadas en estos tramos.

Cabe destacar que **las estrategias de intervención mostradas en este informe no deben ser utilizadas para justificar labores de intervención a nivel de proyecto.** Tal como se comentó al inicio de la sección 2.3 de este informe, toda decisión de intervención en un frente de obra debe surgir de un ajuste de las estrategias acorde a la condición específica de cada sección de la carretera. De esta forma, queda claro que dos tramos de vía, aunque sean calificados como candidatos para ser intervenidos por el mismo tipo de estrategia, por ejemplo “mantenimiento”, deben ser analizados de forma independiente ya que la actividad de mantenimiento que requiera un tramo puede diferir completamente de la del otro tramo. Es decir, un tramo podría requerir de un “perfilado” y “sobrecapa” y el otro de un “sellado de grietas”, siendo ambas actividades de mantenimiento.

Toda la información suministrada en este informe constituye el pilar fundamental de un proceso de planificación estratégica y de un sistema de administración de pavimentos. Es altamente recomendable incorporarla dentro de un proceso formal de implementación de dicho sistema, con el fin de lograr la eficiencia en la inversión de los fondos públicos.

La delimitación de las estrategias de intervención en las distintas zonas de conservación vial se administra por medio de sistemas de información geográfica, lo que permite ubicar con precisión las distintas secciones de control con su correspondiente estrategia de intervención.

La Figura 24 muestra el mapa generado con esta información.

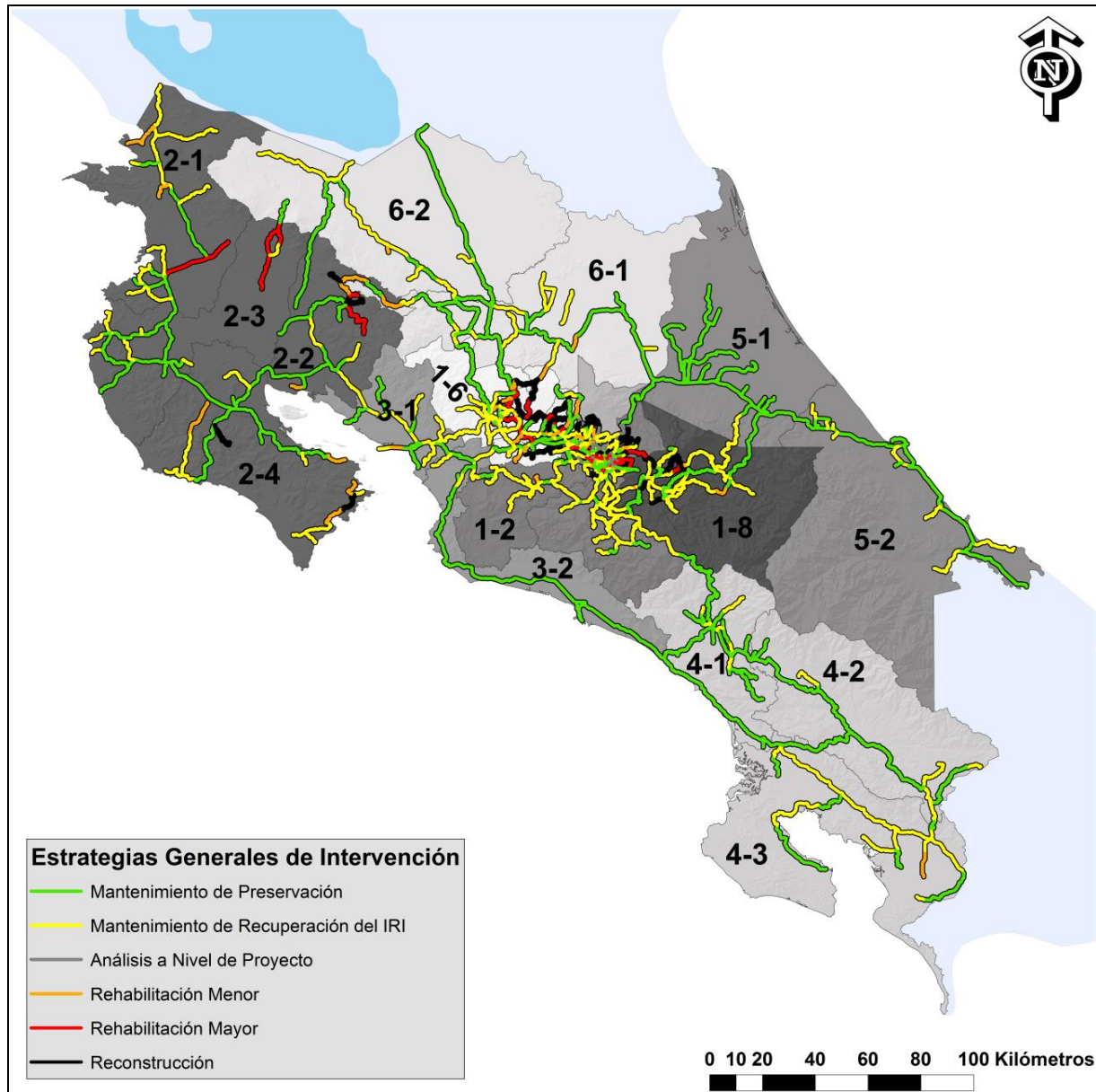


Figura 24. Mapa de distribución de estrategias de intervención por Zona de Conservación.

2.3.3 Propuestas de intervención para mejorar el frenado de los vehículos en carretera.

En esta misma evaluación de la red vial se determinó el grado de peligrosidad de las rutas nacionales pavimentadas relacionada con la capacidad de las rutas de brindar un buen agarre con las llantas de los vehículos. Esta condición de seguridad vial es conocida como “resistencia al deslizamiento” y solo puede ser medida en rutas que presentan una buena - regular condición funcional. Es decir, valores del índice de regularidad internacional (IRI) menores a 4 m/km. En aquellas rutas donde el IRI es

superior a 4 m/km el equipo no puede ser utilizado para medir esta condición de la superficie pues sufre daños y pérdida de su calibración, adicionalmente, en rutas con este grado de deterioro las velocidades se ven disminuidas considerablemente por lo que la resistencia al deslizamiento disminuye su impacto en la seguridad vial del usuario.

Por efecto de la irregularidad de las rutas solo fue posible evaluar un total de 2 200,13 km, los cuales equivalen a un 43,10% de los 5 105,23 km evaluados para determinar el IRI en la Red Vial Nacional. Un total de 2 456,48 km se categorizaron con las “notas de calidad” Q1 y Q2. Por lo tanto, son rutas donde la calidad del ruedo es buena y se admiten intervenciones de tipo “mantenimiento de preservación”. La condición general de la Red Vial Nacional en cuanto a la resistencia al deslizamiento se encuentra detallada en la sección 1.4.2 de este informe.

Los distintos niveles encontrados en la Red Vial Nacional en cuanto a la peligrosidad al deslizamiento están asociados con la presencia de deterioros superficiales de tipo funcional, es decir, deterioros como exudación o desnudamiento de los agregados. Estos deterioros de la superficie facilitan condiciones de riesgo por deslizamientos. Por lo tanto, las estrategias de intervención recomendadas para corregir este problema son de los tipos recomendados para “mantenimiento de preservación”, es decir, “Fog seals”, “slurry seals”, “chip seals” o “micro-pavimentos”. Una definición de cada una de estas técnicas de mantenimiento se puede encontrar en el CR-2010, sección 400.

Las recomendaciones generales para corregir los distintos niveles de peligrosidad ante deslizamiento en las rutas nacionales se encuentra en la Figura 25. El esquema presenta los distintos rangos de resistencia al deslizamiento, desde “> 0,78” considerado como muy bueno hasta “< 0,5” considerado como muy malo; adicionalmente se presentan algunas recomendaciones de intervención, dentro de las muchas opciones existentes para tratamientos de preservación, que pueden ser valoradas para atender y minimizar los distintos niveles de peligrosidad ante resistencia al deslizamiento.

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

< 0,5	<i>ChS2 (TS2)</i> <i>ChS3 (TS3)</i> <i>Slurry</i>	<i>ChS2 (TS2)</i> <i>ChS3 (TS3)</i> <i>Slurry</i>	<i>ChS2 (TS2)</i> <i>ChS3 (TS3)</i> <i>Slurry</i> <i>Micropavimentos</i>
-----------------	---	---	---

Figura 25. Recomendaciones de intervención para atender los distintos niveles de peligrosidad ante carreteras deslizantes (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2011).

2.3.4 Propuestas de intervención para mejorar el frenado de los vehículos en la Red Vial

Las propuestas de intervención a nivel de red presentes en esta sección surgen del análisis de los distintos niveles de "Grip Number" para aquellas secciones con notas de calidad Q1, Q2 y Q3 y presentan los siguientes resultados:

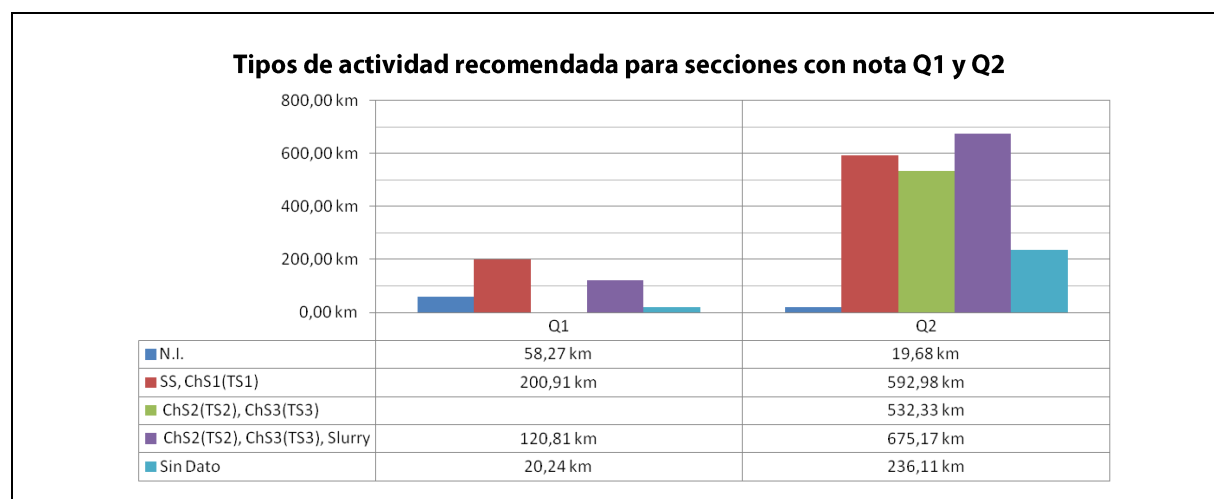


Figura 26. Recomendaciones de intervención para atender los distintos niveles de peligrosidad ante carreteras deslizantes. Distribución entre Q1 y Q2.

Los tramos de la red vial nacional identificados con las notas de calidad Q1 y Q2, se encuentran ubicados con precisión en las bases de datos y en los archivos de los programas de posicionamiento global que acompañan este informe, de esta forma, las propuestas de intervención para atender situaciones de peligrosidad ante deslizamientos de los vehículos en condiciones húmedas puede ser analizada con facilidad por la Administración y ser utilizada como una herramienta en la mejora de los criterios de intervención de la Red Vial Nacional.

CAPÍTULO 3

EFECTO DE LA INVERSIÓN EN LA CONDICIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA.

UNA HERRAMIENTA PARA LA TRANSPARENCIA Y LA RENDICIÓN DE CUENTAS.

3.1 INTRODUCCIÓN

Para llevar a cabo las labores de Mantenimiento y Conservación de Vías, el CONAVI emplea una división administrativa de 22 zonas que abarcan la Red Vial Nacional Pavimentada, tal como se detalla en la sección 1.1.1 del presente informe.

Mediante Licitación Pública, las empresas constructoras de obras viales nacionales e internacionales registradas en el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos participan en la designación de las zonas de conservación, las cuales se asignan con el fin de ejecutar obras de mantenimiento y busca establecer una correcta gestión de los recursos. La conservación vial se basa en la asignación y disponibilidad presupuestaria, así como en el inventario de vías cubiertas. Para el período comprendido en este informe rigió el Cartel de Licitación Pública N° 2009LN-000003-CV así como las Contrataciones Directas derivadas del contrato 2014CD-000140-0CV00. La asignación de las empresas, vigente hasta febrero del 2017, se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11: Distribución de contratistas por Zona de Conservación Vial

REGIÓN	PROVINCIA	ZONA	EMPRESA
<i>Región I, Subregión San José</i>	<i>San José</i>	1-1	<i>Constructora Hernán Solís S.R.L</i>
		1-2	<i>Constructora Hernán Solís S.R.L</i>
		1-3	<i>Constructora Hernán Solís S.R.L</i>
<i>Región I, Subregión Alajuela</i>	<i>Alajuela</i>	1-4	<i>CONANSA</i>
		1-5	<i>Constructora Hernán Solís S.R.L</i>
		1-6	<i>MECO</i>
<i>Región I, Subregión Cartago</i>	<i>Cartago</i>	1-7	<i>Grupo Orosí Siglo XXI</i>
		1-8	<i>Constructora Hernán Solís S.R.L</i>
<i>Región I, Subregión Heredia</i>	<i>Heredia</i>	1-9	<i>MECO</i>
<i>Región II-Chorotega</i>	<i>Guanacaste</i>	2-1	<i>Constructora Hernán Solís S.R.L</i>
		2-2	<i>Constructora Hernán Solís S.R.L</i>
		2-3	<i>Constructora Hernán Solís S.R.L</i>
		2-4	<i>Constructora Hernán Solís S.R.L</i>
<i>Región III-Pacífico Central</i>	<i>Puntarenas</i>	3-1	<i>Constructora Hernán Solís S.R.L</i>
		3-2	<i>MECO</i>
<i>Región IV-Brunca</i>	<i>San José, Puntarenas</i>	4-1	<i>Quebradores del Sur</i>
		4-2	<i>Constructora Hernán Solís S.R.L</i>
		4-3	<i>Constructora Hernán Solís S.R.L</i>
<i>Región V- Huetar Atlántico</i>	<i>Limón</i>	5-1	<i>MECO</i>
		5-2	<i>MECO</i>
<i>Región VI-Huetar Norte</i>	<i>Alajuela</i>	6-1	<i>MECO</i>
		6-2	<i>Constructora Hernán Solís S.R.L</i>

3.1.1 Definiciones

Las siguientes definiciones son requeridas para un adecuado entendimiento de los resultados presentes en este capítulo:

1. Estimaciones de pago: Conjunto de documentos que sirven de respaldo para la Administración en los trámites de control y pago de las labores de conservación vial del CONAVI. Las estimaciones de pago pueden contener, pero sin limitarse a, la siguiente información: a) Facturas de pago presentadas por los contratistas de cada una de las zonas de conservación vial, b) descriptiva de la estimación donde se ubican las labores, c) controles de calidad realizados y d) notas, memoranda u oficios de relevancia.

2. Ítem de pago: También conocido como renglón de pago. Corresponde con las especificaciones de las distintas actividades definidas en los carteles de licitación de los contratos de Mantenimiento y Conservación Vial. En estos ítems de pago se establecen especificaciones básicas sobre el tipo de labor, materiales, responsabilidades y forma de pago, existen un total de 120 renglones de pago para estas contrataciones y con base en estos renglones de pago los contratistas presentan sus ofertas de servicio al CONAVI.

3. Contrataciones directas: La contratación directa es la modalidad de contratación administrativa mediante la cual se celebran los contratos excluidos de los procedimientos de concurso autorizados por el artículo 02 y 02 bis de la Ley de Contratación Administrativa, N° 7494 del año 1996, y sus respectivas reformas.

4. Eficiencia de la inversión: Para efectos de este informe la eficiencia se define como el logro de las metas, dentro de la ventana de operación de mantenimiento, con la menor cantidad de recursos posibles. Una "mejora" o "mejora parcial" en la condición de una vía se considera eficiente si la inversión realizada la conserva dentro de la ventana de mantenimiento con una baja inversión. El efecto de intervenir rutas que requieren reconstrucción o rehabilitación con labores de mantenimiento no genera una inversión eficiente, pues no se logra la mejora esperada o se logra con una altísima inversión.

3.2 ACTIVIDADES DE PROCESAMIENTO BÁSICO DE LAS ESTIMACIONES DE OBRA VIAL

Para la obtención de datos de conservación, se recurrió a las estimaciones de pago del CONAVI. La información derivada de cada estimación de obra vial, es de carácter público y se encuentra asociada a una zona de conservación específica, agrupa las actividades realizadas en un mes, donde se desglosan los ítems, definidos en el cartel de licitación, que han sido ejecutados por la empresa en su zona asignada.

El documento entregado a CONAVI por parte de la ingeniería de proyecto de cada zona, para cada estimación, agrupa documentación impresa, copias de facturas comerciales, e impresiones de los cuadros de estimación descriptivos, así como elementos de correspondencia y notas de aclaración que presentan las empresas encargadas de la zona, requeridos para justificar las facturas de cobro. Esta documentación a recibido una modernización con el empleo la herramienta informática denominada SIGEPRO, el cual consiste en una base de datos y gestor de información desarrollado por el CONAVI a fin de mejorar algunos de los elementos contables y de gestión. El sistema SIGEPRO se encuentra activo y vigente, esto permite un mejor control de los procesos relacionados con las estimaciones.

Para generar una base de datos unificada de las estimaciones de obra vial, se procedió a la adquisición de las estimaciones impresas, de los datos derivados del SIGEPRO y otras fuentes, para la generación de una bases de datos de fácil acceso y análisis. Cabe destacar que no existe un sistema automatizado de control y registro de los pagos en el CONAVI, la interconexión del SIGEPRO con las facturas de pago no se encuentra integrado actualmente para dar una adecuada trazabilidad de la información y un claro manejo de los montos invertidos en conservación vial. Debido a esto, la información presente en este informe corresponde con la que el LanammeUCR, como ente fiscalizador, pudo recopilar y procesar y no es posible, para este laboratorio, garantizar la existencia de información adicional o complementaria que modifique los resultados obtenidos.

Para el procesamiento de las estimaciones, se identifican las principales actividades en la creación de la base de datos, esto para una posterior combinación de las diversas fuentes de información:

- Acceso y descarga de datos del SIGEPRO.
- En el cartel de licitación se determinan, con los diversos ítems de pago, las unidades de medición asociadas, se emplea como el documento de referencia.

- La asignación de las secciones de control, rutas y zonas de conservación, conforman los elementos necesarios para ubicar de forma geográfica la información “alfanumérica” derivada del procesamiento básico y análisis espaciales de los datos.
- Los renglones de pago conforman la información detallada de las actividades de conservación realizadas por las empresas; detallando cantidades, precios unitarios, costos totales, rutas, fechas de intervención y otros.
- Ordenamiento del material analizado mediante la asignación uniforme de nombres o códigos con un mismo formato, que además permite el rastreo eficiente de los archivos originales utilizados para la obtención inicial de información.

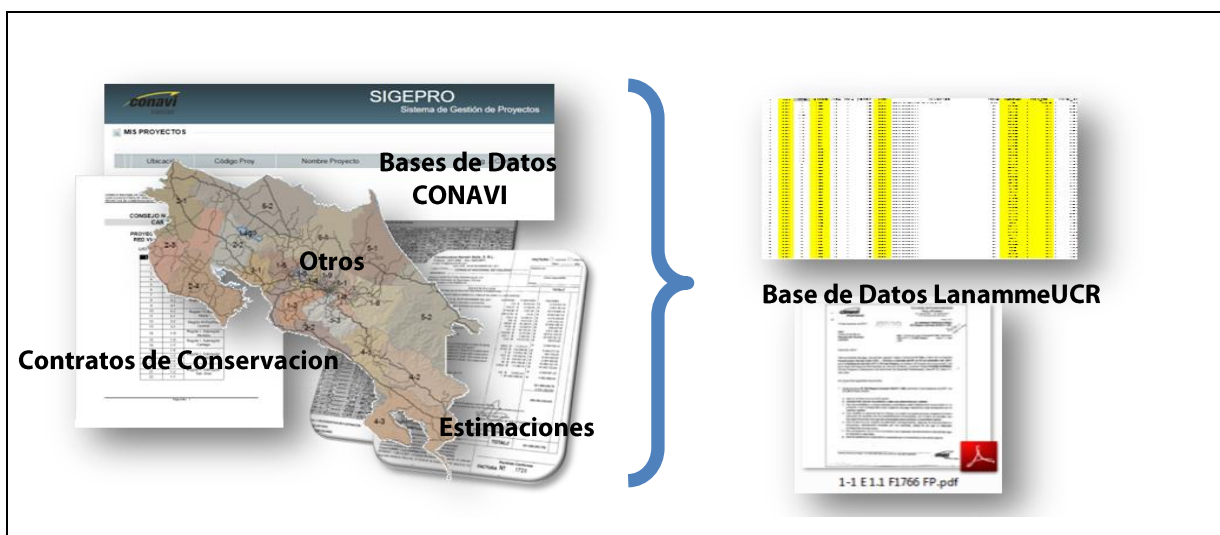


Figura 27. Esquema de insumos y productos básicos del procesamiento de estimaciones.

Para el presente informe se procesaron cerca de 668 estimaciones de pago en un periodo que abarca las contrataciones 2009LN-000003-CV y 2014CD-00040-0CV00, realizadas entre enero del 2014 y diciembre del 2015, se procesó la información correspondientes y el monto derivado del procesamiento de esta información ronda los **₡ 134 491,47 millones**.

Posterior a la implementación del SIGEPRO, el estudio de inversión permite analizar periodos de tiempo con una mayor nivel de detalle y confianza. Por tanto, las inversiones entre enero del 2012 y diciembre del 2013 se conforman de los datos de la ERVN2014 y alguno datos provenientes de la eRVN2012, por un monto de **₡ 125 843,27 millones**.

3.3 DATOS DERIVADOS DE LA BASE DE DATOS DE ESTIMACIONES DE OBRA VIAL

Una vez ingresada la información en la base de datos, se pueden realizar diversos tipos de análisis; entre ellos mapas de distribución de inversión, gráficos de resumen de inversión, revisiones de ítems específicos, así como la comparación de indicadores de desempeño. Esto con el fin de establecer si la inversión produce o no una mejoría en las condiciones de la Red Vial Nacional, generando así herramientas para llevar a cabo el respectivo control y fiscalización de los recursos empleados.

La información de la base de datos, del LanammeUCR, incluye: Contrataciones Directas y Estimaciones de Obra Vial, así como la subdivisión en Fondos Viales y Fondos de Peajes relacionados con las actividades de mantenimiento. La información recopilada se muestra en la Tabla 12 que resume los resultados obtenidos del periodo comprendido entre enero del 2012 y diciembre del 2013. La Tabla 13 se asocia con la presente evaluación con la sigla ERVN2016, los datos son asociados a cantidades de materiales colocados y costos unitarios por zona. Para su análisis, los datos se relacionan con los montos de las facturas pagadas a las empresas a cargo de cada Zona de Conservación Vial.

Tabla 12: Período y Montos inversión por Zona CONAVI, Enero 2012 - Diciembre 2013

Contrato	Fondo	Mes Inicial	Mes Final	Monto Inversión
2009LN-000003-CV	Peaje	Enero 2012	Diciembre 2013	₡11 840 655 528
	Vial	Enero 2012	Diciembre 2013	₡114 002 613 272
Monto Total de Inversión				₡ 125 843 268 800

Fuente: Base de Datos del LanammeUCR

La inversión de los años 2012 y 2013 se asocia a una sola licitación de conservación, por tanto los precios unitarios e ítems de conservación se mantienen invariantes. Por su parte la inversión registrada para la ERVN2016, incluye datos de la contratación 2014CD-00040-0CV00. Uno de los elementos que no presentaron variación, posterior al cambio de contratos, es la asignación de las empresas para las atender las 22 zonas de conservación, al tratarse de contrataciones directas. Esta distribución contractual de las empresas se mantuvo vigente hasta febrero del 2017, con la finalización de los contratos directos.

Tabla 13: Montos de inversión por Zona CONAVI, Enero 2014 a Diciembre 2015 - ERVN2016

Estimaciones de Obra Vial				
Zona	Fondo	Mes Inicial	Mes Final	Monto Inversión
1-1	PEAJE	Agosto 2014	Diciembre 2016	₡1 543 089 926,56
	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡6 899 081 020,67
1-2	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡4 236 224 640,31
1-3	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡5 410 466 799,37
1-4	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡6 676 977 015,99
1-5	PEAJE	Enero 2014	Diciembre 2016	₡1 044 736 366,78
	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡2 515 280 409,56
1-6	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡5 098 393 783,08
1-7	PEAJE	Febrero 2014	Septiembre 2015	₡220 014 780,88
	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡7 334 478 756,43
1-8	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡6 154 481 876,22
1-9	PEAJE	Enero 2014	Diciembre 2016	₡399 072 929,59
	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡5 984 197 052,17
2-1	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡5 070 469 785,83
2-2	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡4 152 543 462,94
2-3	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡5 602 942 567,21
2-4	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡8 400 669 524,02
3-1	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡5 963 622 692,46
3-2	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡6 819 123 181,33
4-1	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡6 733 159 941,74
4-2	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡8 838 003 891,01
4-3	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡6 355 023 091,57
5-1	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡4 840 109 159,33
5-2	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡5 610 723 409,88
6-1	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡6 948 732 003,29
6-2	VIAL	Enero 2014	Diciembre 2016	₡5 639 850 142,50
Total de Peajes				₡3 206 914 003,81
Total de Fondo Vial				₡131 284 554 206,91
Monto Total de Inversión				₡134 491 468 210,72

Fuente: Base de Datos del LanammeUCR

3.3.1 Resultados Totales de Inversión

El primer producto que se deriva de la información de estimaciones corresponde a datos totales de inversión para las distintas zonas de Conservación Vial del CONAVI. Se emplean datos de Enero del 2012 hasta Diciembre del 2015. Para realizar la comparación respectiva los datos se separan en ERVN2012, ERVN2014 y ERVN2016. El resultado de este análisis se muestra en la Figura 28, donde se

resumen los resultados de la Tabla 13 y se contrastan con los datos de la ERVN2012 y ERVN2014 del periodo de Enero del 2012 a Diciembre 2013.

La Figura 28 muestra la distribución por zona de fondos invertidos en conservación vial durante la ERVN2014, destacan las inversiones relacionadas con las zonas de conservación 1-1 y 1-9, donde se han invertido en promedio cerca de ₡ 8 000,00 millones en cada zona en las evaluaciones ERVN2012 y ERVN2014, pero presentan una considerable disminución en la inversión ERVN2016. Por su parte la zona 1-7 y 6-1 incrementan sustancialmente las inversiones en la ERVN2016.

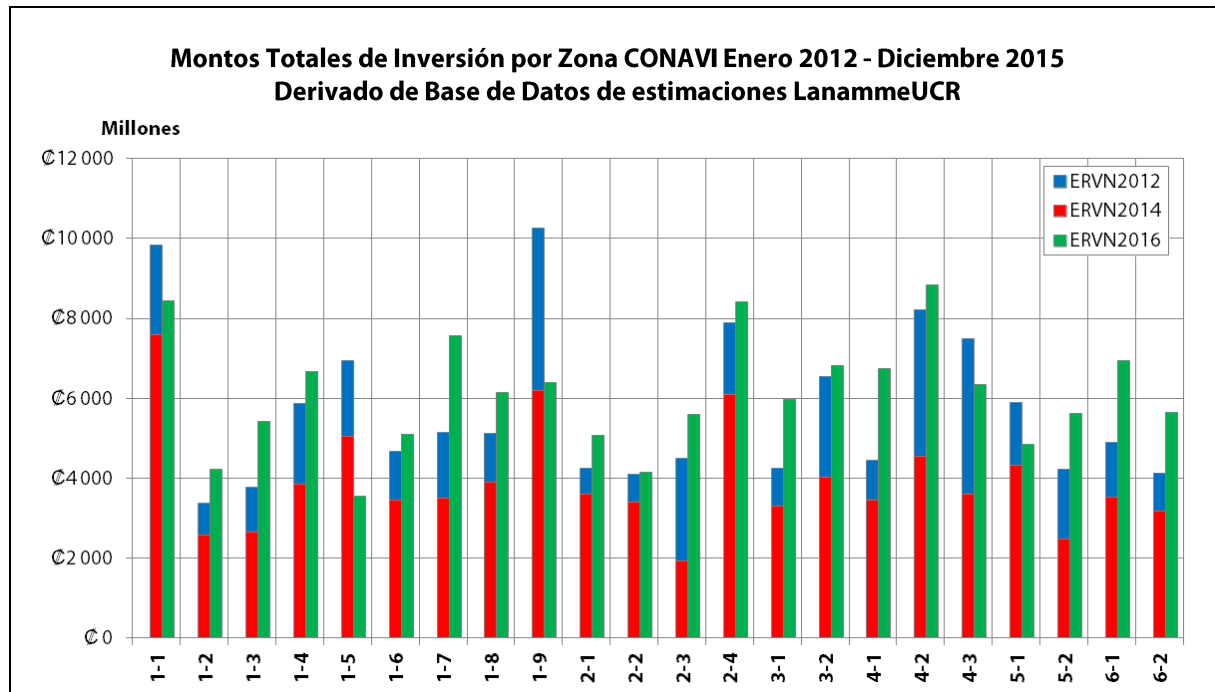


Figura 28. Inversión por Zona de Conservación Vial, Base de Datos del LanammeUCR

Para establecer el uso del dinero en el tiempo, la Figura 29 presenta las inversiones empleando una distribución mensual y separando las inversiones analizadas en ERVN2012 de color azul, ERVN2014 de color rojo y la ERVN2016 de color verde.

De la Figura 29 destaca el mes de marzo del 2014 que registra el pico de las actividades conservación en términos generales, los meses de setiembre y octubre del 2014 presentan inversiones marginales y marcan la finalización de la licitación pública N° 2009LN-000003-CV. Las inversiones realizadas en los meses de Noviembre del 2014 a Diciembre del 2015 se asocian a la contratación directa 2014CD-000140-0CV00, estas contrataciones anteceden la siguiente Licitación Pública y mantienen la misma estructura de ítems de conservación.

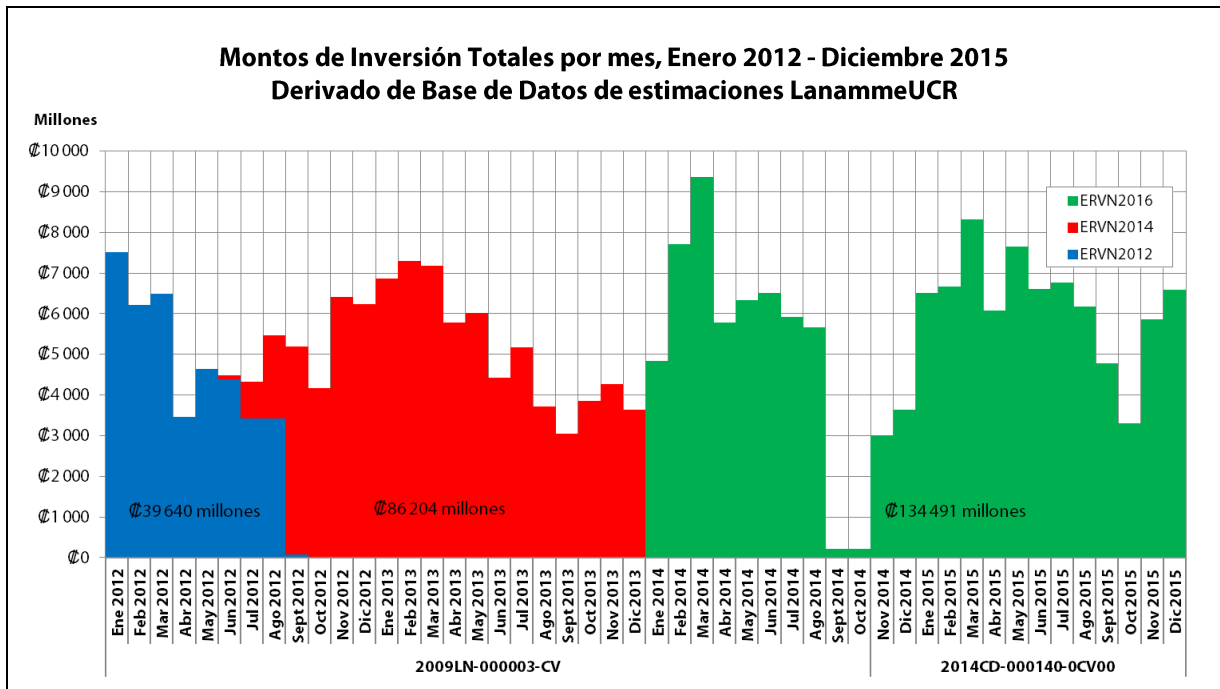
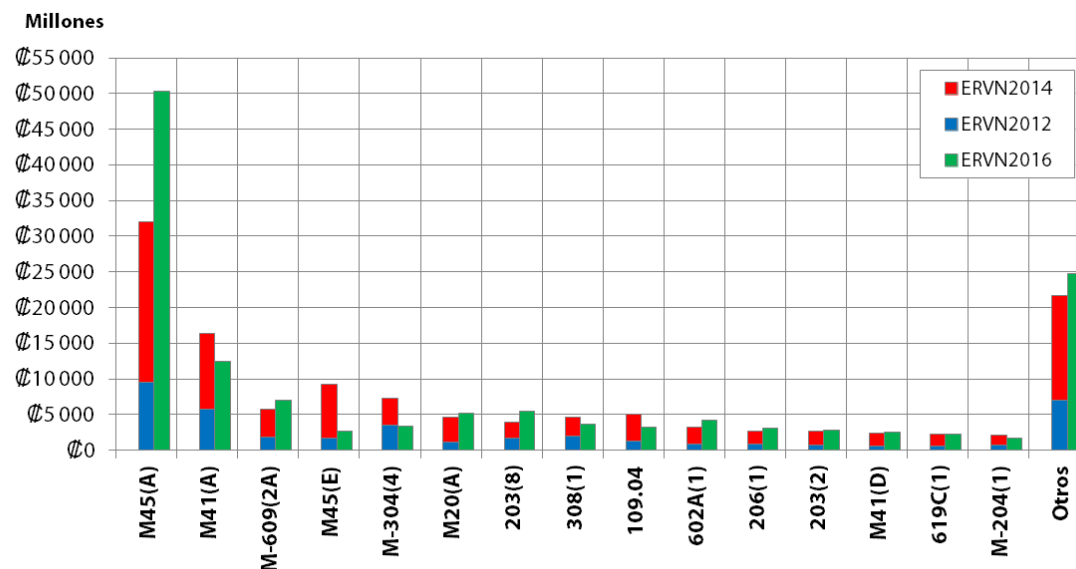


Figura 29. Distribución mensual de la inversión total, Fuente: Base de Datos del LanammeUCR

Este informe se concentrará en el análisis de los ítems de mantenimiento y conservación. La Figura 30 resume los elementos de conservación de mayor inversión derivados de la 2009LN-000003-CV y la respectiva contratación directa 2014CD-000140-0CV00 en 15 ítems y una agrupación de las restantes actividades de mantenimiento,. El análisis comparativo permite establecer cómo ha evolucionado el uso de los ítems y analizar a Nivel de Red modificaciones en la Gestión.

De la Figura 30 destaca el incremento en el uso del "Pavimento bituminoso en caliente", así como una disminución paulatina en el bacheo con mezcla asfáltica en caliente, lo cual es consistente con las recomendaciones derivadas de informes de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, tales como "Valoración General de la Licitación Pública N°2009LN-000003-CV Recomendaciones sobre Prácticas Constructivas en Proyectos de Conservación Vial" (Salas-Chaves, Rodríguez-Morera, Guerrero-Aguilera, Sequeira-Rojas, & Loría-Salazar, LM-PI-AT-072-14, 2015), donde los diversos hallazgos denotaban un uso incorrecto de la técnica de bacheo, por su parte, en el informe "Prácticas Constructivas en Obras de Conservación Vial de la Red Vial Nacional Pavimentada. Contratación Directa 2014CD-000140-0CV00" (Salas-Chaves, Rodríguez-Morera, Guerrero-Aguilera, Sequeira-Rojas, & Loría-Salazar, LM-PI-AT-64-15, 2015), se evidencia el uso de una combinación de perfilado, bacheos y sobrecapas asfálticas las cuales son congruentes con los resultados de inversión observados en la Figura 30.

Ítems de conservación vial organizados por inversión total, Enero 2012 - Diciembre 2015



Ítem	Descripción	Monto Inversión (millones de colones)		
		ERVN2012	ERVN2014	ERVN2016
M45(A)	Pavimento bituminoso en caliente	¢9 475	¢22 531	¢50 297
M41(A)	Bacheo con mezcla asfáltica en caliente	¢5 757	¢10 577	¢12 478
M-609(2A)	Cuneta de hormigón de cemento Portland	¢1 795	¢3 999	¢7 005
203(8)	Material de préstamo	¢1 639	¢2 306	¢5 505
M20(A)	Chapea derecho de vía	¢1 151	¢3 539	¢5 162
602A(1)	Hormigón estructural clase A de 225 kg/cm2	¢879	¢2 321	¢4 148
308(1)	Cemento Pórtland	¢2 027	¢2 650	¢3 677
M-304(4)	Suministro, colocación y compactación de base de agregado triturado, Graduación B	¢3 543	¢3 759	¢3 304
109.04	Trabajo a costo más porcentaje	¢1 233	¢3 767	¢3 301
206(1)	Excavación para estructuras	¢858	¢1 750	¢3 111
203(2)	Excavación común	¢662	¢2 015	¢2 759
M45(E)	Pavimento bituminoso en caliente con polímeros	¢1 640	¢7 575	¢2 677
M41(D)	Bacheo de urgencia	¢611	¢1 761	¢2 503
619C(1)	Construcción de gavión convencional con revestimiento de PVC	¢561	¢1 665	¢2 224
M-204(1)	Suministro, colocación y compactación de sub-base granular, Graduación B	¢771	¢1 392	¢1 657
Otros		¢7 036	¢14 597	¢24 684
Total general (Estimaciones de Obra Vial)		¢39 640	¢86 204	¢134 491

Figura 30. Inversión realizada en los ítems de pago, Fuente: Base de Datos del LanammeUCR

La disminución de las prácticas de bacheos extensivos, en conjunto con el incremento de técnicas de escarificación y colocación de MAC, genera un impacto positivo en la Red Vial, siempre y cuando se consideren las necesidades a nivel de proyecto de los tramos.

3.4 RESUMEN DE INVERSIÓN EMPLEANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

La información generada cuenta con datos de sección de control y ruta que permiten generar mapas que resuman la inversión realizada en el país, así como la valoración de inversión relativa. La Figura 31 muestra la relación entre la inversión total por sección de control y se divide entre el respectivo largo de cada sección para establecer la inversión relativa por kilómetro, llevada a cabo en cada sección de control. Este tipo de análisis se puede llevar a cabo para cada ítem o elemento de interés.

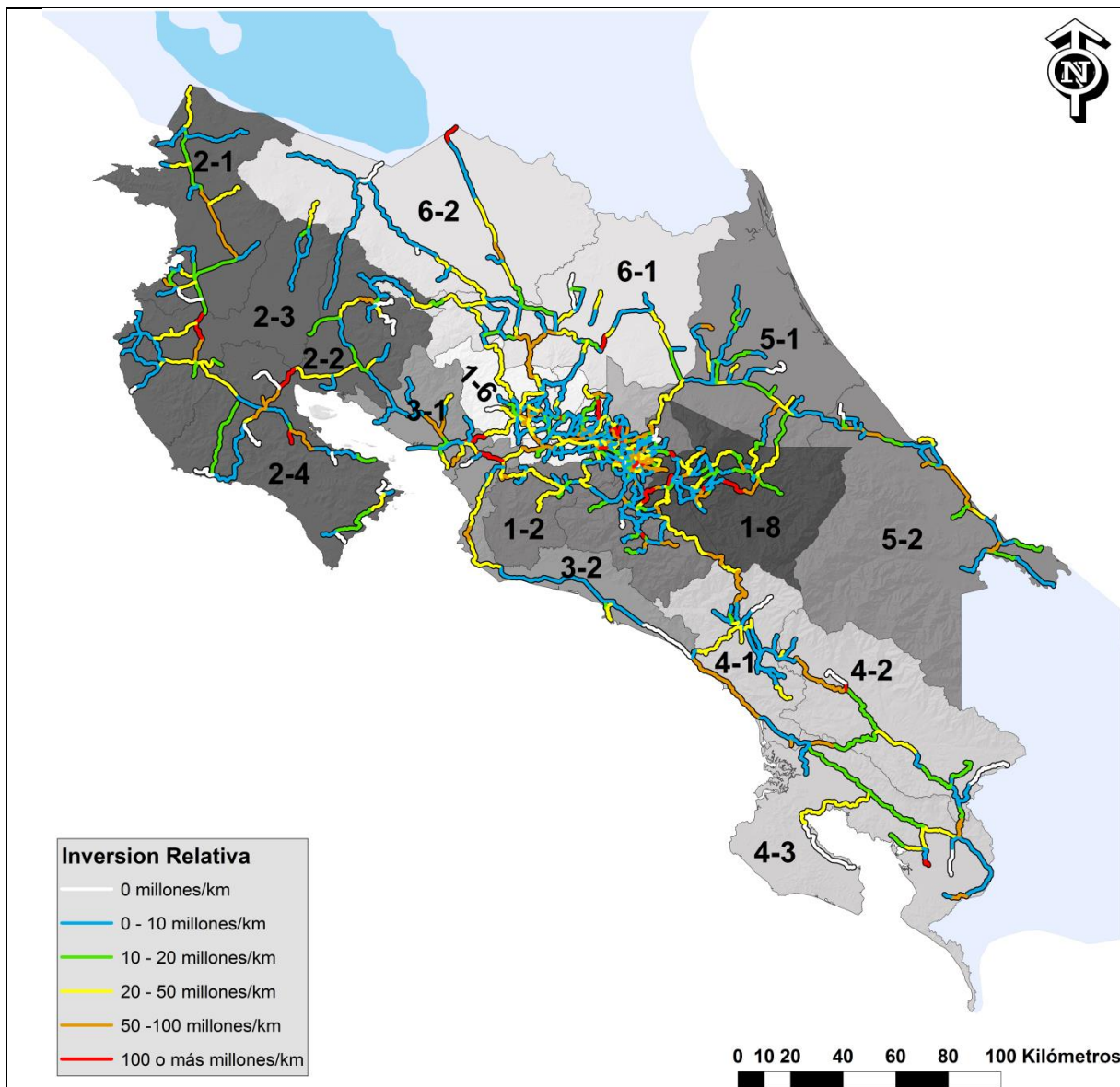


Figura 31. Mapa de inversión relativa por kilómetro de sección de control para ERVN2014

3.5 COMPARACIÓN DE RESULTADOS: EVOLUCIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL.

Para llevar a cabo comparaciones de resultados, normalmente se emplea la comparación entre los parámetros técnicos evaluados entre una campaña de evaluación previa y la actual. Este procedimiento de análisis se ha realizado en el pasado por medio de comparaciones de crecimiento o decrecimiento general sin analizar la condición inicial o de referencia de las secciones de control.

Desde el "Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, años 2012-2013" (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2013), se ha empleado el factor de "inversión realizada", con el fin de evidenciar de mejor manera el verdadero efecto de la gestión realizada y su impacto en la calidad actual de la Red Vial Nacional, medida a través de parámetros o indicadores de desempeño (i.e. capacidad estructural). Para ejemplificar el tipo de análisis, se presenta el esquema de la Figura 32, en el cual se muestra una ruta hipotética de 100 km, la cual se subdivide en 5 secciones de control y para cada sección de control se asigna una categoría.

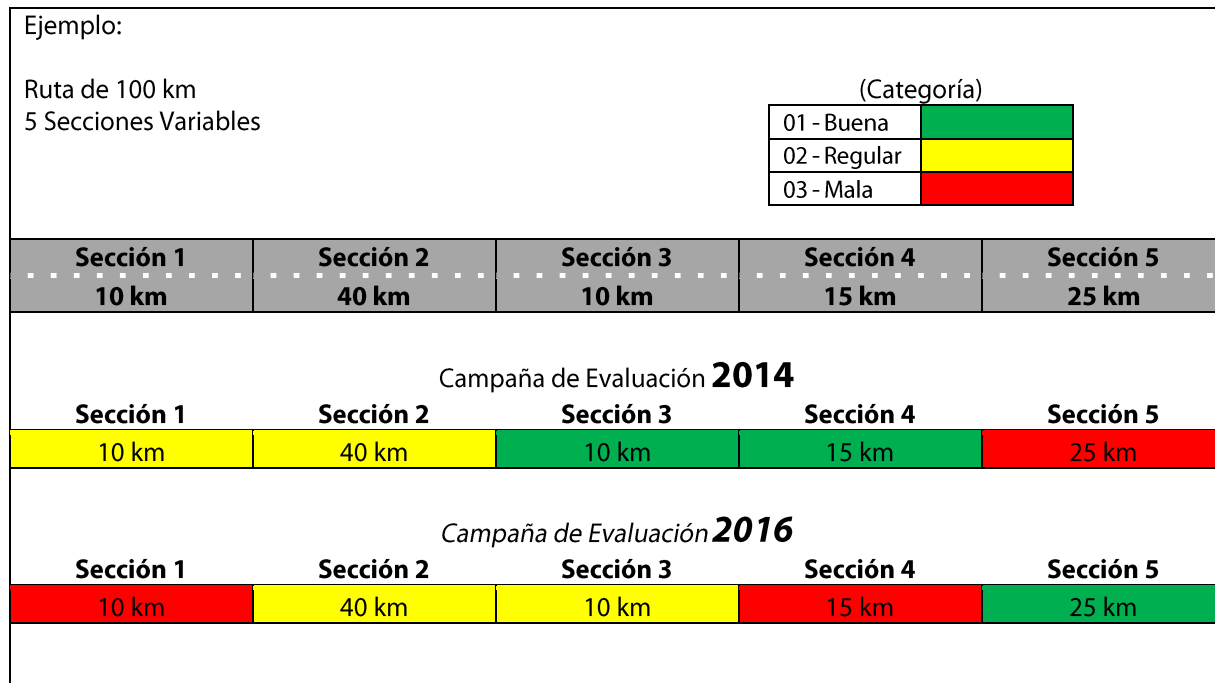


Figura 32. Ejemplo de distribución espacial de mediciones en una ruta de 100 km

Como se puede observar en la figura anterior, la única sección que mantiene su condición inicial es la Sección 2 de 40 km, las secciones 1, 3 y 4 presentan deterioro en su condición en 1 o 2 categorías según sea el caso y la sección 5 mejora su condición. Del ejemplo se desprende que este nivel de detalle implicaría la revisión de más de 800 secciones de control que componen la Red Vial Pavimentada.

Continuando con el ejemplo, la evolución de las condiciones de la ruta de 100 km en el tiempo se presenta en la Figura 33. En esta figura se comparan dos metodologías para el análisis de los indicadores asociados a cada sección de la ruta en el tiempo.

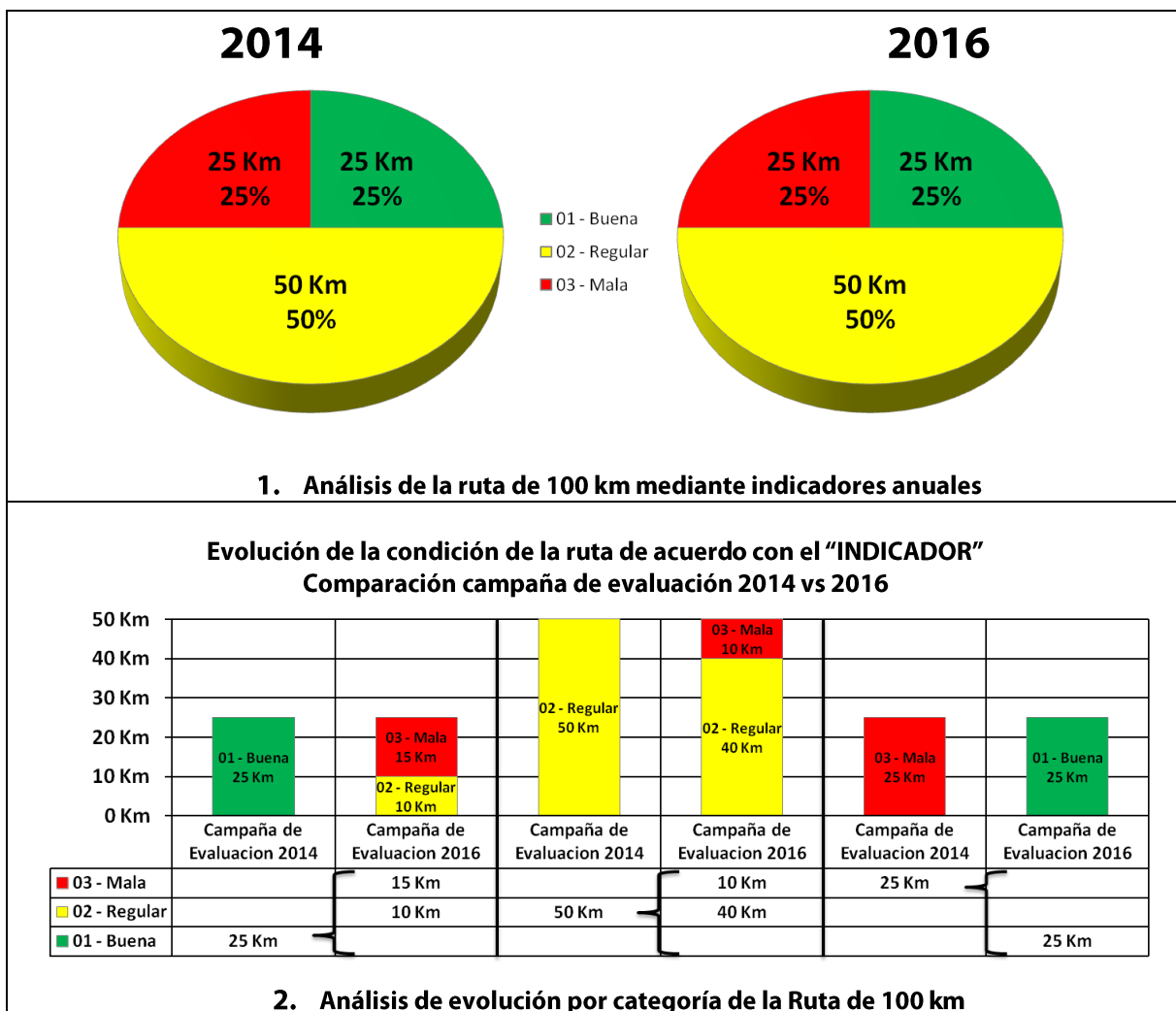


Figura 33. Ejemplo de métodos de análisis temporales de indicadores en ruta de 100 km.

En la Figura 33, se observa cómo el análisis del resultado de la condición por medio de gráficas generales de pastel, podría generar la interpretación de que no ha habido cambio alguno en la condición de la ruta, sin embargo, el análisis de evolución por categoría muestra como los 25 km que se encontraban en buena condición en el 2014 se deterioraron por completo en el 2016; de los 50 km en condición regular en el 2014 se observa como 40 km mantuvieron la condición regular y los restantes 10 km se deterioraron a la categoría de mala. Finalmente, de los 25 km que se encontraban en mala condición en el 2014, 25 km pasaron a una condición buena. Al emplear el segundo tipo de análisis, se busca dar una mejor interpretación del dinamismo presente en la Red Vial Nacional Pavimentada.

3.6 COMPARACIÓN DE LOS INDICADORES DE LA RED VIAL ERVN2014 Y ERVN2016

En este apartado se procede con el análisis de los indicadores de la red vial derivados de los equipos de medición de alto desempeño.

3.6.1 Comparación de indicadores de la ERVN2014 y ERVN2016 según la condición de deflexiones (FWD)

Para el análisis de las categorías de deflexiones, la Tabla 14 muestra los datos totales de cada categoría de deflexión en la Red Vial Nacional. Se puede observar como las longitudes evaluadas difieren entre evaluaciones, generalmente un mejor conocimiento de la red permite incrementar las secciones que se incluyen en el análisis.

Tabla 14: Resultados obtenidos en deflexiones (FWD) - ERVN2014 vs ERVN2016

Rango de deflexiones FWD	ERVN2014		ERVN2016		
	km Comparables	%	km Comparables	km Nuevos	%
Bajas	4 605,36	91,14%	4 267,87	46,15	84,50%
Moderadas	168,17	3,33%	306,92	4,96	6,11%
Altas	211,20	4,18%	328,99	0,95	6,46%
Muy Altas	68,46	1,35%	149,41	-	2,93%
Longitud Total	5 053,18 km		5 105,23 km		

La Figura 34. muestra el comportamiento y evolución de las categorías de deflexión tomando como base los resultados que se obtuvieron en la ERVN2014, estos se contrastan con los resultados obtenidos en la evaluación ERVN2016. En la Figura 34 se observa como 4 605,36 km que presentaban bajas deflexiones en la ERVN2014, lograron mantener su condición 4 210,57 km. Los restantes 394,79 km se deterioraron de acuerdo con la siguiente distribución: 255,31 km presentan deflexiones moderadas, 122,97 km califican como tramos de deflexión alta y los restantes 16,51 km califican como muy altas.

Al agrupar los 168,17 km que presentaban capacidad estructural moderada (deflexiones moderadas) en el año 2014, se observa como 43,84 km mantuvieron esta condición, se deterioraron 69,37 km con deflexiones altas en el 2014, 10,81 km pasan a deflexiones muy altas y los restantes 44,16 km caen en la categoría de bajas deflexiones, lo cual implica una mejora de la condición en estos kilómetros para la ERVN2016.

De los 211,20 km que en la ERVN2014 poseían la categoría de deflexiones altas se lograron mejorar 13,14 km a la condición de deflexiones bajas en la ERVN2014. Con un grado menor de mejora se tienen 7,78 km con deflexiones moderadas; 120,62 km mantuvieron la condición de deflexión alta y los restantes 69,67 se deterioraron a la condición de deflexiones muy altas.

Finalmente, se tienen 68,46 km con deflexiones muy altas en la ERVN2014, donde mantienen su condición 52,42 km de la Red Vial y se presenta una mejora parcial en 18,24 km al pasar de deflexiones muy altas a la categoría de deflexiones altas en la ERVN2016, pero su impacto real debe analizarse en función de la eficiencia en el uso de recursos.

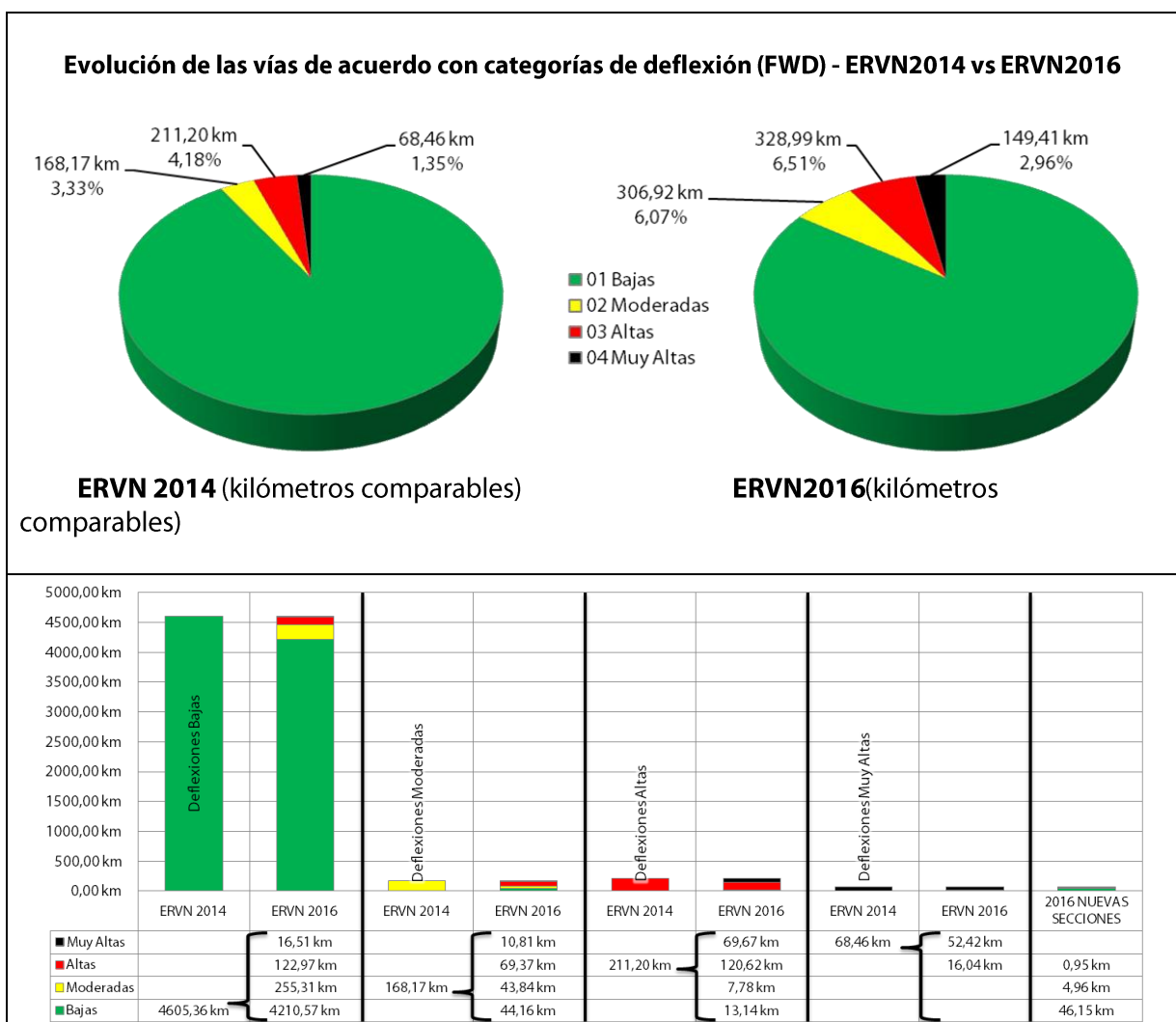


Figura 34. Evolución de las categorías de deflexión en la Red Vial Nacional - ERVN2016

Al comparar la ERVN2014 y la ERVN2016 se puede establecer que 4 409,45 km mantuvieron su condición, independiente de la categoría, se presentó un deterioro real de 544,64 km y una mejora de las condiciones de deflexión en 81,12 km; por otro lado, en la campaña ERVN2016 se evaluaron un total de 52,06 km que no fueron analizados en la ERVN2014. Se puede establecer a partir de estos resultados que la Red Vial presenta una pérdida en su condición estructural.

Los valores de deflexiones (FWD) de la ERVN2016 denotan una pérdida de la capacidad estructural en 544,64 km (10,67%) de la Red Vial.

3.6.2 Comparación de indicadores de la ERVN2014 y ERVN2016 según la condición de regularidad superficial (IRI)

La Tabla 15 muestra los resultados obtenidos en ambas evaluaciones, y la Figura 35 muestra la evolución de la condición en la red vial relacionado con los rangos de IRI.

Tabla 15: Resultados obtenidos en regularidad superficial (IRI) - ERVN2014 vs ERVN2016

Rango IRI	ERVN2014		ERVN2016		
	Km Comparables	%	km Comparables	km Nuevos	%
0 - 1,0 m/km	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
1,0 - 1,9 m/km	236,88	4,69%	400,22	0,00	7,84%
1,9 - 3,6 m/km	1705,01	33,74%	2151,10	18,93	42,51%
3,6 - 6,4 m/km	2033,85	40,25%	1637,46	28,06	32,62%
Mayor 6,4 m/km	1077,45	21,32%	864,40	5,06	17,03%
Longitud Total	5 053,18 km		5 105,23 km		

De la Figura 35, se concluye que los 236,88 km que se encontraban entre 1,0 - 1,9 m/km en la ERVN2014, 210,22 km mantuvieron esa condición, mientras que 26,67 km pasaron al siguiente rango entre 1,9 - 3,6 m/km. Para los 1 705,01 km que en la ERVN2012 calificaron con valores de IRI entre 1,9 - 3,6 m/km se muestra deterioro en 75,01 km, mantienen su condición 1 469,87 km y se mejoran 160,13 km. Para los 2 033,85 km que se encontraban entre 3,6 - 6,4 m/km en la ERVN2014, se observa un deterioro de 41,57 km, mantienen el rango de IRI 1 389,26 km, se mejora el IRI en 573,15 km que pasan al rango 1,9 - 3,6 m/km y los restantes 29,88 km mejoran su condición al presentar valores inferiores a 1,9 m/km.

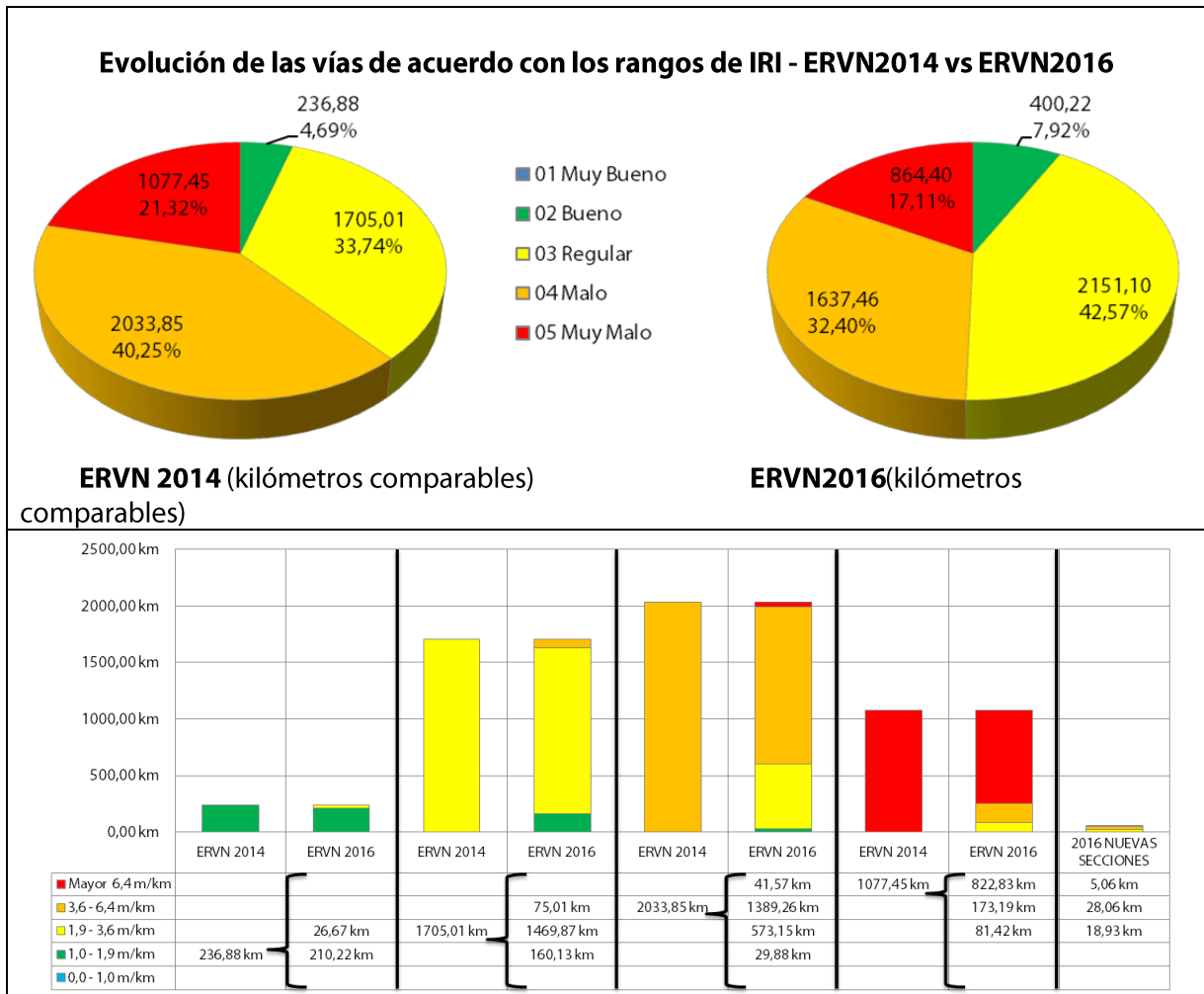


Figura 35. Evolución de las deflexiones en la Red Vial Nacional - ERVN2016

Se puede resumir que, la campaña ERVN2016 con respecto a la campaña ERVN2014, mantuvieron su rango de IRI al menos 3 892,18 km, se presentó un deterioro general de 143,24 km y se mejoró un total de 1017,76 km. En la presente evaluación se contabilizan 52,05 km que no fueron valorados en la campaña ERVN2014. Los datos indican que las estrategias desarrolladas entre la ERVN2014 y la ERVN2016 presentan un impacto importante en la recuperación del IRI.

Los valores regularidad superficial (IRI) de la ERVN2016 denotan una mejora de la condición funcional en 1017,76 km (19,94%) de la Red Vial,

3.6.3 Comparación de ERVN2014 y ERVN2016 según las categorías de Grip Number.

Como parámetro, el Grip Number se asocia con elementos de seguridad, pero su análisis a Nivel de Red y las características de este ensayo solo permiten evaluar aquellas secciones o rutas donde la

regularidad lo permita, es decir, en rutas o secciones con valores de IRI inferiores a 4,0 m/km, tal y como se ha indicado anteriormente.

De la ERVN2014 se registran 1 902,26 km y en la campaña ERVN2016 un total de 2 200,13 km, lo cual es consistente con los resultados de IRI obtenidos en la evaluación actual, ya que se ha presentado una mejora de la condición superficial que permite la realización del ensayo de resistencia en las mismas secciones y consecuentemente en nuevas secciones.

La Tabla 16 muestra los resultados obtenidos en ambas evaluaciones. Se hace énfasis en los 297,87 km que corresponden a secciones de control donde el valor de IRI superaba el límite de 4,0 m/km en la ERVN2014 y que su nueva condición de regularidad superficial permitió su valoración en la presente campaña.

Tabla 16: Resultados obtenidos en agarre superficial (Grip Number) - ERVN2014 vs ERVN2016

Rango de Grip Number	ERVN2014		ERVN2016		
	Km Comparables	%	Km Comparables	Km Nuevos	%
> 0,78	55,59	2,92%	19,68	-	0,89%
0,6 - 0,78	836,63	43,98%	515,26	135,99	29,60%
0,5 - 0,6	651,44	34,25%	649,79	83,45	33,33%
< 0,5	358,61	18,85%	717,54	78,44	36,18%
Longitud Total	1 902,26 km		2 200,13 km		

En la Figura 36, en el gráfico tipo pastel, solamente se grafican los 1 902,26 km comparables con la ERVN2014. Los nuevos kilómetros evaluados para la ERVN2016 equivalen a 297,87 km. Los 55,59 km que presentaban valores de Grip Number no deslizantes (>0,78), en la ERVN2014, no mantuvieron esa condición en la presente evaluación; 33,40 km a una condición poco deslizante (0,60 - 0,78), los restantes 22,19 km muestran deterioro importante en este indicador, al calificar como deslizante (0,5 - 0,6).

Para los 836,63 km con una condición poco deslizante (0,6 - 0,78) en la ERVN2014, lograron mantener esta condición 266,22 km, se tiene una mejora en 19,68 km que pasan de condición de poco deslizante (0,60 - 0,78) a no deslizante (>0,78), los restantes 550,74 km se deterioraron y perdieron capacidad de colaborar con el frenado de los vehículos.

Para los 1 010,05 km con condiciones deslizantes (0,50 - 0,60) o muy deslizantes (<0,50), solamente 215,64 km pasan a la condición poco deslizante (0,6 - 0,7), los restantes 604,26 km se encuentran con

valores por debajo de 0,6 en Grip Number y se relacionan con una mala condición de agarre superficial.

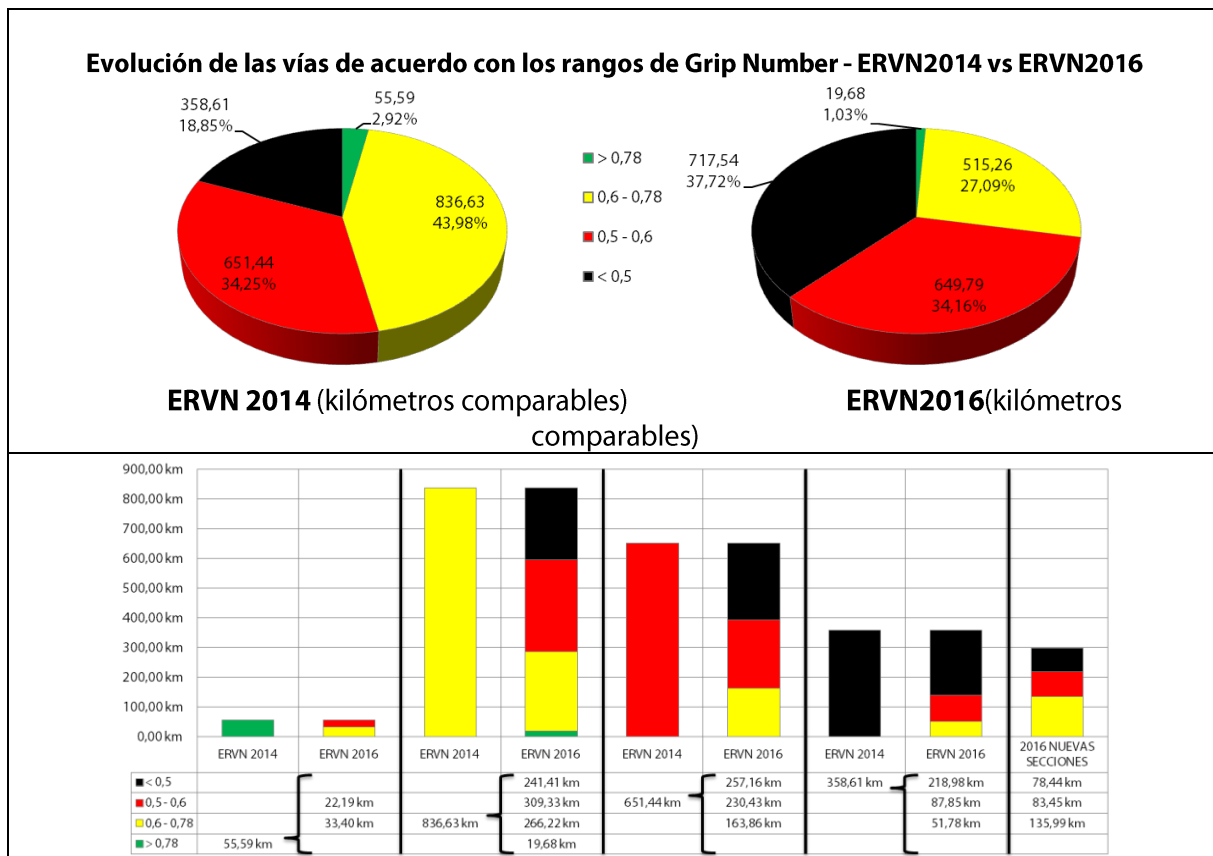


Figura 36. Evolución del Grip Number en la Red Vial Nacional - ERVN2016

Los valores resistencia al deslizamiento de la ERVN2016 presentan una condición deslizante o muy deslizante en 1367,33 km (26,78%) de la Red Vial, en presencia de agua.

3.7 ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL POR ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFECTIVIDAD DE LA INVERSIÓN REALIZADA ERVN2014 Y ERVN2016

A diferencia de los análisis anteriores realizados con base en los indicadores de condición de la red vial de forma independiente, este apartado se concentra en emplear las herramientas de gestión, donde se analiza la condición y evolución de las vías de acuerdo con las Estrategias Generales de Intervención Recomendadas. Esto se combina con la inversión para la ERVN2016 derivada de la Base de Datos de Estimaciones de Obra Vial desarrollada en el LanammeUCR, a fin de establecer la evolución de la Red Vial y el nivel de inversión realizado para obtener la condición descrita por los

indicadores a nivel de Red. De esta forma se puede correlacionar de forma directa el efecto real de la inversión con la condición de la red vial. Es posible entonces determinar la eficiencia de las labores realizadas y valorar si las intervenciones empleadas resultan en una adecuada estrategia para rescatar la red vial, o de lo contrario, brindar información para que la Administración pueda reformular el plan de intervención, orientándolo hacia actividades más acordes con las verdaderas necesidades de las carreteras y aumentar la eficiencia de la inversión.

Tabla 17: Resumen de Estrategias de Intervención recomendadas. ERVN2014 y ERVN2016

Estrategia de Intervención Recomendada	ERVN2014		ERVN2016		
	Km Comparables	%	Km Comparables	Km Nuevos	%
Mantenimiento de Preservación	1913,15	37,86%	2438,50	17,98	48,12%
Mantenimiento de Recuperación del IRI	2692,21	53,28%	1829,38	28,17	36,39%
Análisis a Nivel de Proyecto	16,57	0,33%	64,41	-	1,26%
Rehabilitación Menor	151,61	3,00%	242,51	4,96	4,85%
Rehabilitación Mayor	89,87	1,78%	189,95	0,95	3,74%
Reconstrucción	189,79	3,76%	288,45	-	5,65%
Longitud Total	5 053,18 km		5 105,23 km		

La base del análisis se centra en los valores de la Tabla 17. La tabla muestra la cantidad de kilómetros y sus respectivos porcentajes, con las diferentes recomendaciones del tipo de intervención para la cual eran candidatos los distintos tramos de la Red Vial Nacional, tanto para la ERVN2014 como para la ERVN2016.

3.7.1 *Análisis de la evolución total en Red Vial comparando las Estrategias de Intervención Recomendadas ERVN2014 y los resultados de la ERVN2016*

Para mantener un esquema de análisis similar al de los indicadores se tomará como base los resultados de la ERVN2014 y se compararán con los nuevos datos obtenidos en la ERVN2016. La Tabla 18 contiene los datos de inversión de las secciones de control cuya recomendación general de intervención en la ERVN2014 fue "Mantenimiento de Preservación" o "Mantenimiento de Recuperación de IRI".

De la Tabla 18 se observa que 1 913,15 km calificaban como Mantenimiento de Preservación en la ERVN2014. Producto de la inversión realizada, 1 809,69 km lograron mantener esta condición y equivalen a 229 secciones de control. La inversión total realizada para mantener la condición de

"Mantenimiento de Preservación" de acuerdo con la base de datos del LanammeUCR fue cercana a los ₡ 41 710,20 millones y la inversión relativa fue de ₡ 23,05 millones/kilómetro.

Tabla 18: Evolución de las secciones con recomendación de Mantenimiento en la ERVN2014.

Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2014		Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2016	Longitud (km)	Conteo de Secciones	Inversión (millones)	Inversión Total (millones)	Inversión Relativa (millones/km)
1 913,15 km Mantenimiento de Preservación	▶	Mantenimiento de Preservación	1 809,69	229	₡41 710,20	₡44 796,59	₡23,05
	▶	Mantenimiento de Recuperación IRI	65,99	13	₡1 788,25		₡27,10
	▶	Análisis a Nivel de Proyecto	28,46	10	₡1 228,55		₡43,18
	▶	Rehabilitación Menor	9,03	3	₡69,59		₡7,71
2 692,21 km Mantenimiento de Recuperación IRI	▶	Mantenimiento de Preservación	587,10	99	₡29 606,52	₡68 125,27	₡50,43
	▶	Mantenimiento de Recuperación IRI	1 747,80	291	₡31 499,61		₡18,02
	▶	Análisis a Nivel de Proyecto	22,53	6	₡1 719,16		₡76,31
	▶	Rehabilitación Menor	195,3	36	₡2 487,33		₡12,74
	▶	Rehabilitación Mayor	69,58	18	₡1 747,69		₡25,12
	▶	Reconstrucción	69,9	17	₡1 064,96		₡15,24

Los restantes 103,47 km (equivalen a 26 secciones de control) se estima que recibieron una inversión total de ₡ 3 086,39 millones sin lograr mantener la condición de "Mantenimiento de Preservación". Destaca el caso de las 10 secciones de control que califican como "Análisis a Nivel de Proyecto", cuya tasa de inversión relativa es de ₡ 43,18 millones/km, lo cual indica una alta inversión en 28,46 km, sin embargo, presentan una pérdida en la capacidad estructural. Se debe analizar en campo los efectos derivados de las intervenciones, ya que las estrategias empleadas en algunas de esas secciones denota una mejora en los valores de IRI que se podrían relacionar con intervenciones basadas en la escarificación de la carpeta asfáltica y colocación de sobrecapas no estructurales, este tipo de estrategias pueden mejorar la condición funcional de los tramos de carretera pero se debe analizar el impacto de la intervención para no debilitar la estructura. En este sentido toda estrategia empleada debe poseer un diseño o memoria de cálculo que la respalde.

En forma similar de los 2 692,21 km que calificaron para "Mantenimiento de Recuperación de IRI" en la ERVN2014, lograron mejorar 587,10 km, equivalentes a 99 secciones de control. La inversión total realizada para obtener esta mejora equivale a ₡ 29 606,52 millones y la tasa de inversión relativa fue de ₡ 50,43 millones/kilómetro. Por su parte 1 747,80 km, equivalentes a 291 secciones de control, mantuvieron la condición de "Mantenimiento de Recuperación de IRI" obtenida en la ERVN2014 con un costo de ₡ 31 499,61 millones, con una tasa de inversión de ₡ 18,08 millones/kilómetro. De las restantes secciones, tenemos para 357,31 km, equivalentes a 77 secciones de control, una inversión total de ₡ 7 019,79 millones, los cuales muestran diversos niveles de deterioro. Los tramos que pasaron a la condición de "Análisis a Nivel de Proyecto" presentan una condición de deterioro compleja, las 6 secciones que pasan a esta condición representan 22,53 km, la inversión realizada alcanza la suma de ₡ 1 719,16 millones. La evolución de estos tramos implica una mejora en los valores y categorías de IRI, sin embargo presentan un incremento en los valores de deflexión, se podrían relacionar nuevamente con intervenciones basadas en la escarificación de la carpeta asfáltica y colocación de sobrecapas no estructurales. El "Análisis a Nivel de Proyecto" de estas secciones se puede contrastar con el diseño o memoria de cálculo realizada en cada sección de control para verificar si el resultado respalda la inversión realizada, en caso de no existir documentación se pueden analizar los tramos empleando herramientas como el PCI o el VIZIR para establecer la efectividad de la estrategia empleada.

La Tabla 19 contiene los datos de aquellas secciones de control cuya estrategia general de intervención recomendada en la ERVN2014, calificaba como "Análisis a Nivel de Proyecto", Rehabilitación Menor, Rehabilitación Mayor y Reconstrucción. Los resultados mostrados requieren de un análisis más detallado, ya que las estrategias de mantenimiento y conservación tienen por objetivo mantener y mejorar la condición de la Red Vial Nacional, en aquellas rutas cuya condición permita labores de ese tipo. Para que la evolución de una sección de control sea considerada como una mejora, los indicadores de condición deben pasar de la ventana de operación de "rehabilitación" a la ventana de operación de "mantenimiento", Debe además, evidenciar una mejora significativa en la capacidad estructural y en el valor de IRI, lo que implica un aumento en la capacidad funcional de la vía; la condición de Mantenimiento de Preservación reúne estas características. Por su parte, la ventana de operación de Mantenimiento de Recuperación de IRI tiene una capacidad estructural adecuada pero la condición funcional no es la óptima, por lo que se ha denominado a esta evolución como una mejora parcial, ya que las actividades que se ejecutaron no recuperaron la capacidad funcional de la sección de control.

Los datos mostrados en la Tabla 19 equivalen a 447,83 km de un total de 5 053,18 km de tramos comparables, y equivalen a un 8,86% de la Red Vial Nacional pavimentada que se pueden comparar con la ERVN2014.

Tabla 19: Evolución de secciones para Rehabilitación o Reconstrucción en la ERVN2014.

Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2014		Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2016	Longitud (km)	Conteo de Secciones	Inversión (millones)	Inversión Total (millones)	Inversión Relativa (millones/km)
16,57 km Análisis a Nivel de Proyecto	▶	Mantenimiento de Preservación	1,17	1	₡16,35	₡959,88	₡13,97
	▶	Análisis a Nivel de Proyecto	6,41	3	₡535,39		₡83,52
	▶	Rehabilitación Mayor	8,99	2	₡408,13		₡45,42
151,61 km Rehabilitación Menor	▶	Mantenimiento de Preservación	31,54	2	₡2 344,29	₡3 888,37	₡74,33
	▶	Mantenimiento de Recuperación IRI	11,45	5	₡279,64		₡24,42
	▶	Análisis a Nivel de Proyecto	4,97	3	₡204,98		₡41,29
	▶	Rehabilitación Menor	32,46	5	₡291,30		₡8,97
	▶	Rehabilitación Mayor	26,01	8	₡552,47		₡21,24
	▶	Reconstrucción	45,19	15	₡215,68		₡4,77
89,87 km Rehabilitación Mayor	▶	Análisis a Nivel de Proyecto	2,06	2	₡72,50	₡1 660,89	₡35,28
	▶	Rehabilitación Menor	5,72	3	₡189,79		₡33,18
	▶	Rehabilitación Mayor	74,77	15	₡1 382,14		₡18,49
	▶	Reconstrucción	7,33	3	₡16,47		₡2,25
189,79 km Reconstrucción	▶	Mantenimiento de Preservación	9,00	1	₡1 291,94	₡2 939,90	₡143,55
	▶	Mantenimiento de Recuperación IRI	4,14	1	₡5,50		₡1,33
	▶	Rehabilitación Mayor	10,62	2	₡524,06		₡49,37
	▶	Reconstrucción	166,03	40	₡1 118,40		₡6,74

Para los 16,57 km, equivalentes a 6 secciones de control, que calificaron como "Análisis a Nivel de Proyecto" en la ERVN2014; 1,17 km pasaron a ser candidatos a "Mantenimiento Preservación", en este caso la inversión para 1 sección de control alcanzó los ₡ 16,35 millones, 6,41 km mantuvieron su condición de "Análisis a Nivel de Proyecto" con cerca de ₡ 535,39 millones. Estas 3 secciones

promedian una inversión relativa equivalente a ₡ 83,52 millones/km, presentando el mismo patrón de mejora de los valores de IRI, sin mejorar el componente estructural. Las 2 secciones restantes abarcan 8,99 km con una inversión relativa de ₡ 45,42 millones/km, sin embargo, los resultados denotan un deterioro con respecto a la ERVN2014.

De los 151,61 km que se recomendaron para rehabilitaciones menores en la ERVN2014, se lograron mejoras en 2 secciones de control equivalentes a 31,54 km, con una inversión realizada que alcanza los ₡ 2 344,29 millones y una inversión relativa de ₡ 74,33 millones/kilómetro. Adicionalmente unos 11,45 km pasaron a la ventana de Mantenimiento de Recuperación de IRI donde la inversión fue de ₡ 279,64 millones y la relación entre costo por kilómetro alcanzó los ₡ 24,42 millones/kilómetro, así mismo, 32,46 km mantuvieron una condición de Rehabilitación Menor y la inversión fue de ₡ 291,30 millones. Finalmente 82,10 km se deterioraron con respecto a la condición de rehabilitación menor luego de una inversión de ₡ 1 382,61 millones distribuidos en 18 secciones de control.

En relación con las labores de rehabilitación mayor recomendadas en la ERVN2014, y por el grado de deterioro de las rutas, era necesario un nivel de intervención mayor, normalmente estas secciones requieren una alta inversión en pocos kilómetros, generando un gasto menos eficiente del dinero para mantenimiento y conservación que realiza el CONAVI, con estos elementos en consideración se observa cómo un total de 2 secciones que abarcan 2,06 km recibieron inversión cercana a los ₡ 72,50 millones y posterior a esta inversión calificaron para "Análisis a Nivel de Proyecto", la inversión relativa que se registra es de ₡ 35,28 millones/kilómetro. De las restantes secciones, se llevaron a cabo inversiones por ₡ 189,79 millones en 5,72 km, que presentaron una mejora parcial de su condición calificando para "Rehabilitación Menor", por tanto se considera ineficiente el tipo de mejora. La condición de "Rehabilitación Mayor" se mantuvo constante para 15 secciones de control equivalentes a 74,77 km, con una inversión de ₡ 1 382,14 millones. Los 7,33 km presentaron deterioro con una inversión de ₡ 16,47 millones.

Para las 44 secciones (189,79 km) que calificaron para reconstrucción en la ERVN2014, una sección de 9,00 km presentó una inversión de ₡ 1 291,94 millones, luego de estas intervenciones la sección calificó como candidata a "Mantenimiento de Preservación" en la ERVN2016, este tipo de inversiones implican una alta concentración de los recursos que están destinados para conservar y mantener una zona de conservación. Los resultados muestran 3 secciones que mejoraron en forma parcial su condición de "Reconstrucción" en la ERVN2014 a "Mantenimiento de Recuperación de IRI" o "Rehabilitación Mayor" con una inversión cercana a los ₡ 529,56 millones. Finalmente 40 secciones

equivalentes a 166,03 km mantienen su condición de reconstrucción recibiendo una inversión de ₡ 1 118,40 millones.

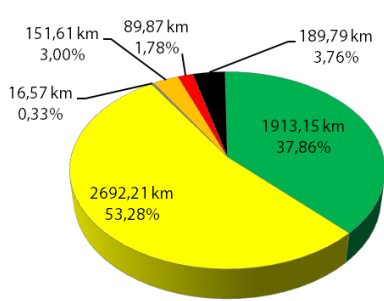
En la Tabla 20 se muestran los 52,05 km de la ERVN2016 que no poseen una estrategia de intervención de referencia. Se tienen 17,98 km que califican como "Mantenimiento de Preservación", con una inversión de ₡ 341,42 millones; 28,17 km califican para "Mantenimiento de Recuperación de IRI" con una inversión de ₡ 158,05 millones. En "Rehabilitación Menor" se contabilizan 4,96 km con una inversión de ₡ 364,07 millones y finalmente califican para "Rehabilitación Mayor" los restantes 0,945 km sin ninguna inversión registrada.

Tabla 20: Inversión en secciones sin Estrategia de Intervención en la ERVN2014

Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2014		Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2016	Longitud (km)	Conteo de Secciones	Inversión (millones)	Inversión Total (millones)	Inversión Relativa (millones/km)
52,05 km Secciones no valoradas mediante estrategias en la ERVN2014	▶	Mantenimiento de Preservación	17,98	2	₡341,42	₡863,54	₡18,99
	▶	Mantenimiento de Recuperación IRI	28,165	3	₡158,05		₡5,61
	▶	Rehabilitación Menor	4,955	1	₡364,07		₡73,48
	▶	Rehabilitación Mayor	0,945	1	₡0,00		₡0,00

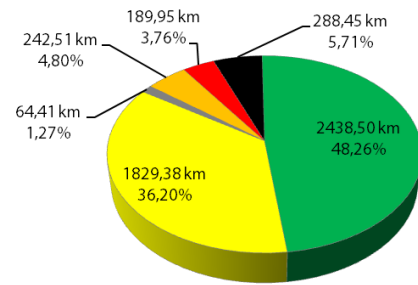
La Figura 37 resume la evolución en la condición de las rutas, unifica la información de la Tabla 17, Tabla 18, Tabla 19 y la Tabla 20. De la Figura 37 se puede observar que la condición global de la Red Vial Nacional ha incrementado las secciones candidatas a "Mantenimiento de Preservación", este incremento se da al mejorar cerca de 587,10 km de secciones que calificaron para "Mantenimiento de Recuperación del IRI" en la ERVN2014. Por su parte, el resto de secciones que calificaron para "Mantenimiento de Preservación del IRI" logran mantener su condición 1 747,80 km, sin embargo 334,78 km se deterioran tras perder la capacidad estructural existente en la ERVN2014, calificando para "Rehabilitaciones" o "Reconstrucciones". Se deben analizar en detalle los resultados de estos tramos para establecer estrategias que mitiguen esta migración.

Evolución de la condición de las vías acorde con las Estrategias Generales de Intervención ERVN2014 vs ERVN2016



ERVN 2014 (kilómetros comparables)

- Mantenimiento de Preservación
- Mantenimiento de Recuperación del IRI
- Análisis a Nivel de Proyecto
- Rehabilitación Menor
- Rehabilitación Mayor
- Reconstrucción



ERVN2016(kilómetros comparables)

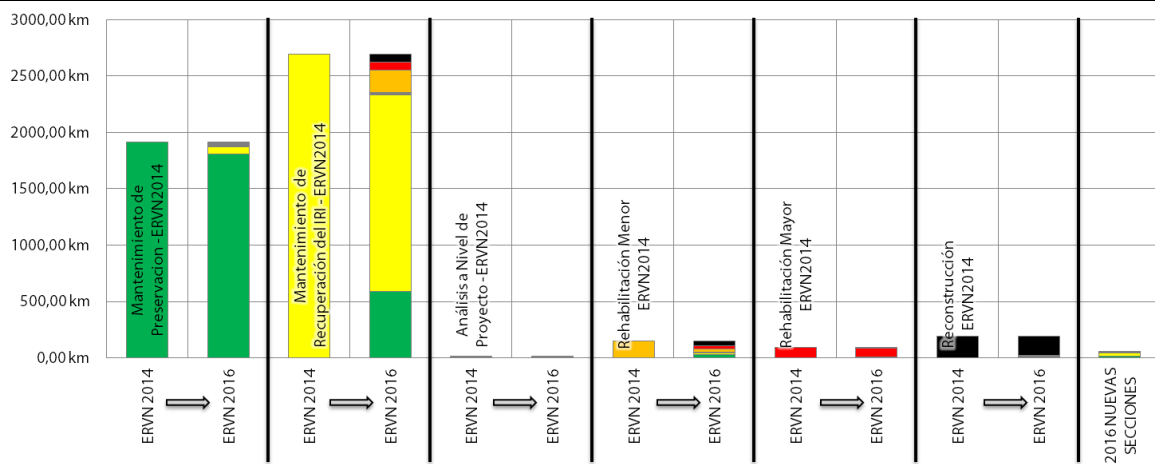


Figura 37. Evolución de las Vías de acuerdo con las Estrategias de Intervención Recomendadas, comparación entre la ERVN2014 y la ERVN2016

3.7.2 Análisis del efecto de la inversión considerando las Estrategias de Intervención Recomendadas obtenidas en la ERVN2016 y la condición preliminar ERVN2014

El análisis desarrollado en el apartado 3.7.1 se basa en establecer la condición de las secciones evaluadas en la ERVN2014 y establecer cuál fue su evolución. El presente apartado busca establecer relaciones de eficiencia de la inversión, se reorganizan los datos y se agrupan en función de las estrategias generales de intervención obtenidas en la ERVN 2016, este análisis permite establecer la inversión que se requirió para obtener condición actual de la red vial.

Como factores de análisis se emplean algunos elementos cualitativos de valoración, que definimos a continuación, como referencia se puede emplear la Figura 20:

- **Mantiene la Condición:** Esta calificación solamente aplica para aquellas secciones que se encuentran en la ventana de "Mantenimiento de Preservación" y las inversiones realizadas mantienen esta condición en el tiempo.
- **Mejora:** Se considera una mejora a cualquier sección cuya inversión mejore los indicadores hasta calificar para la ventana de "Mantenimiento de Preservación".
- **Mejora Parcial:** aplica para aquellas secciones cuya condición de mejora no alcanza el estándar de "Mantenimiento de Preservación". Se incluyen aquellas secciones que a pesar de su inversión mantienen una condición de "Mantenimiento de Recuperación de IRI".
- **Deterioro:** Cualquier sección cuya nueva categoría sea inferior a la obtenida en la campaña de evaluación previa o las secciones que se encuentran fuera de las ventanas de Mantenimiento conservando su condición previa.

El resumen se muestra mediante las figuras Figura 38, Figura 39, Figura 41, Figura 42 y Figura 43. Este apartado muestra la nueva condición de las carreteras en la ERVN2016 y se verifica la inversión total empleada para obtener el estado actual de la Red Vial. El efecto de la inversión se considera positivo en la Red Vial Nacional, si las acciones de conservación realizadas se emplean en secciones dentro de las ventanas de operación de Mantenimiento. Por el contrario, deben establecerse mecanismos que mejoren o controlen la inversión para los tramos que en la ERVN2014 no calificaron para actividades de mantenimiento, ya que las herramientas definidas en los contratos de conservación pueden incurrir en grandes inversiones relativas (millones de colones por kilómetro), o en su defecto, generar mejoras con poca sostenibilidad en el tiempo. Para las secciones que sufrieron deterioro, es evidente que la inversión no logra los efectos deseados de mejorar o mantener su condición

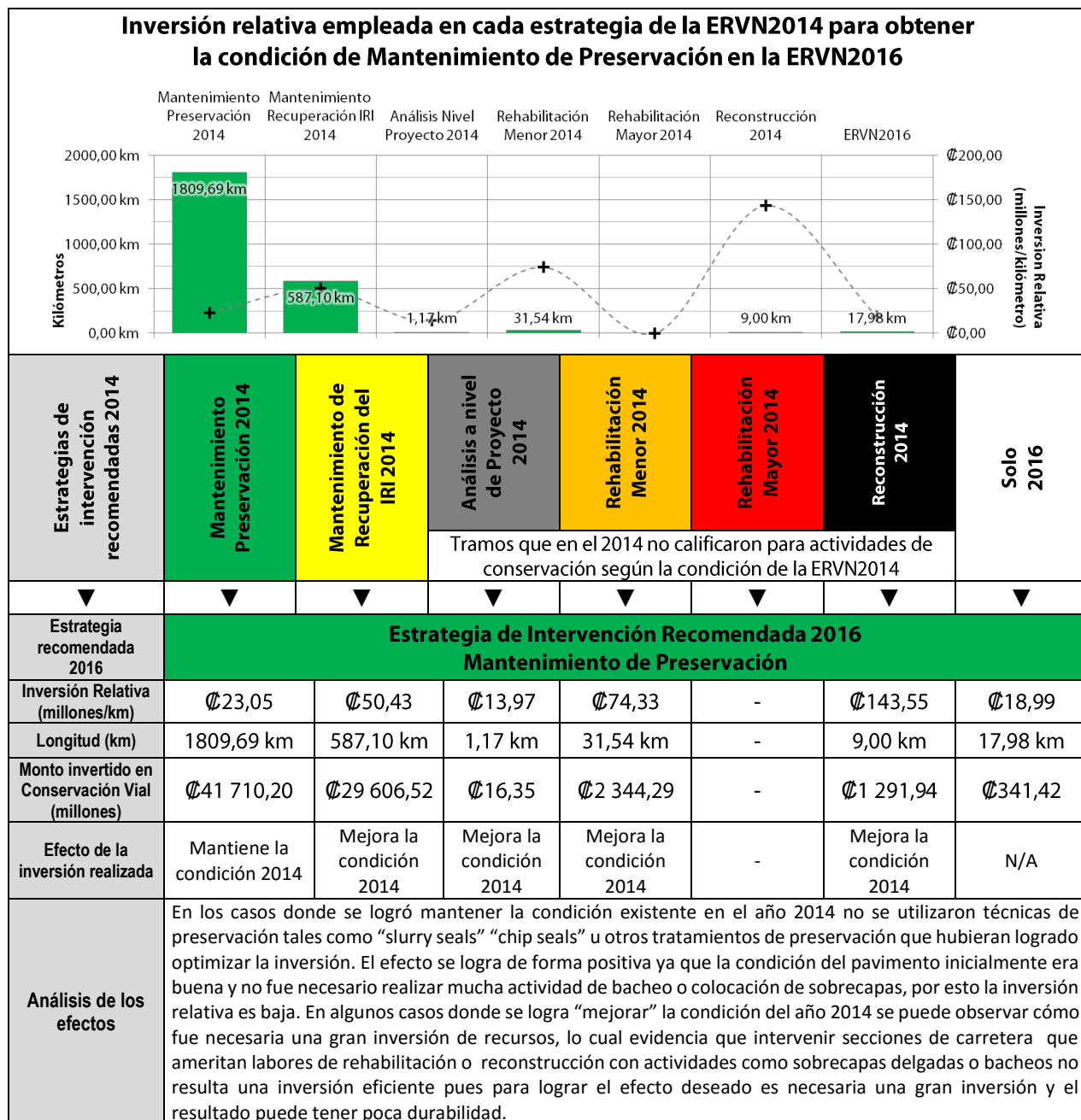


Figura 38. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Mantenimiento de Preservación en la ERVN2016

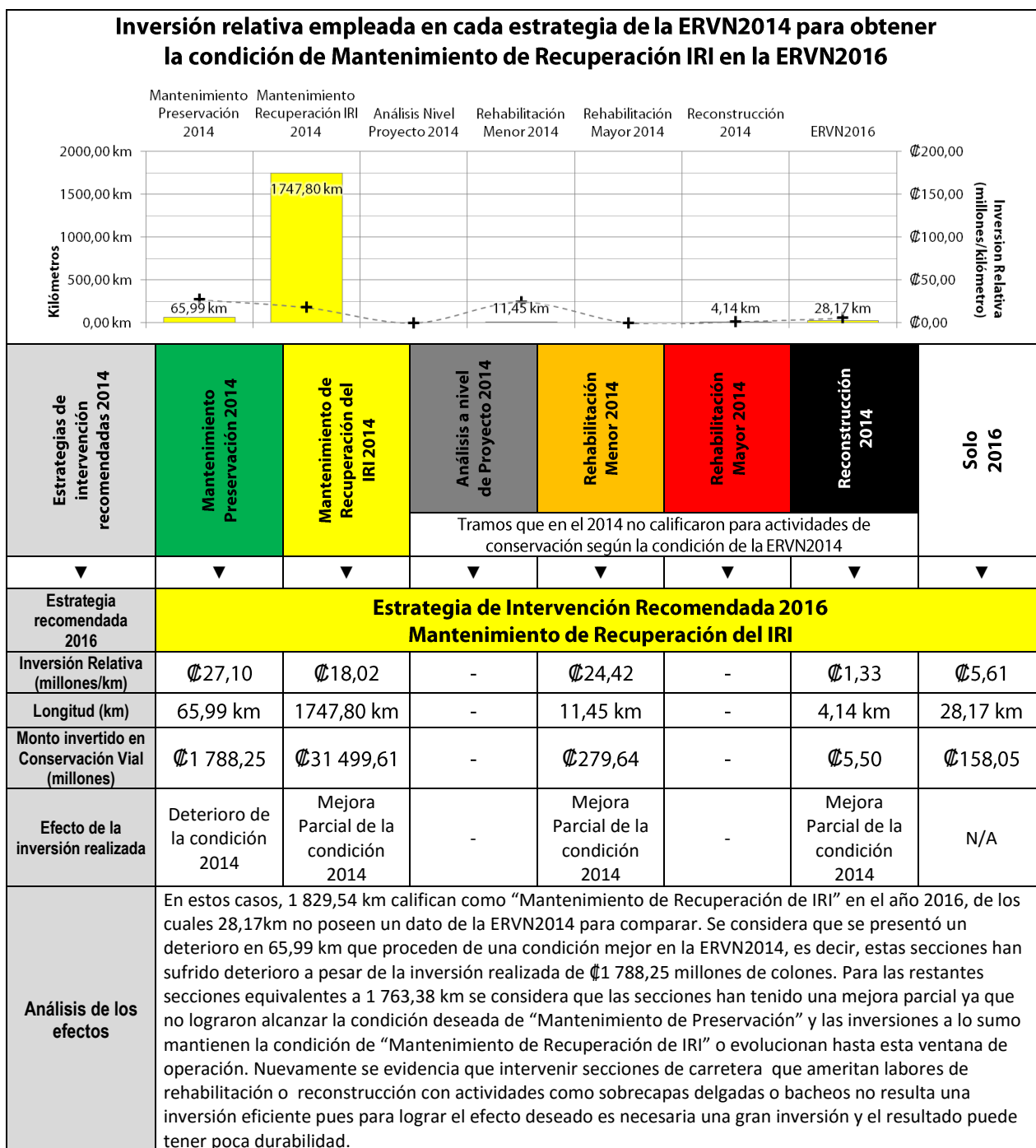


Figura 39. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Mantenimiento de Recuperación IRI 2016

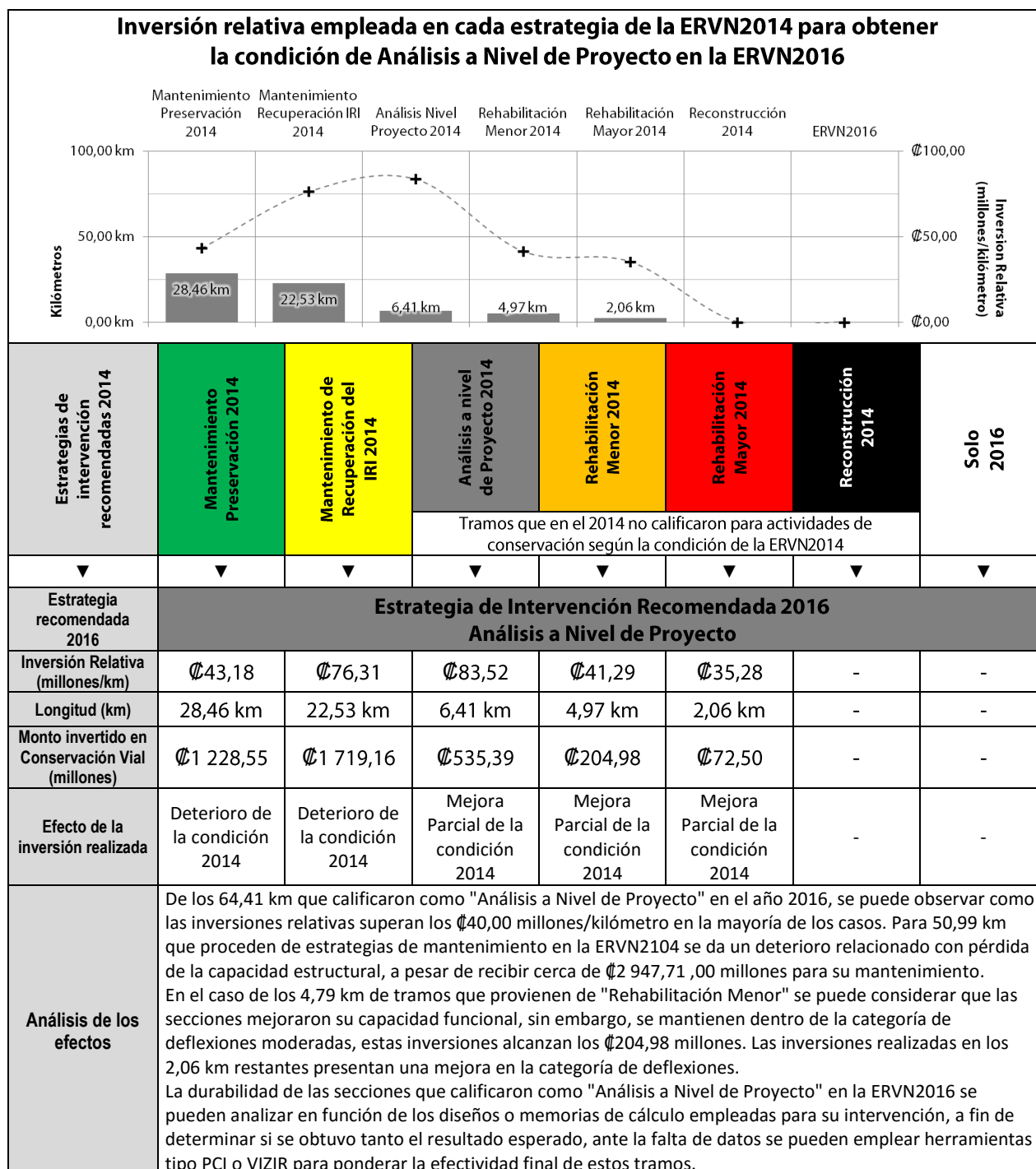


Figura 40 Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Análisis a Nivel de Proyecto 2016

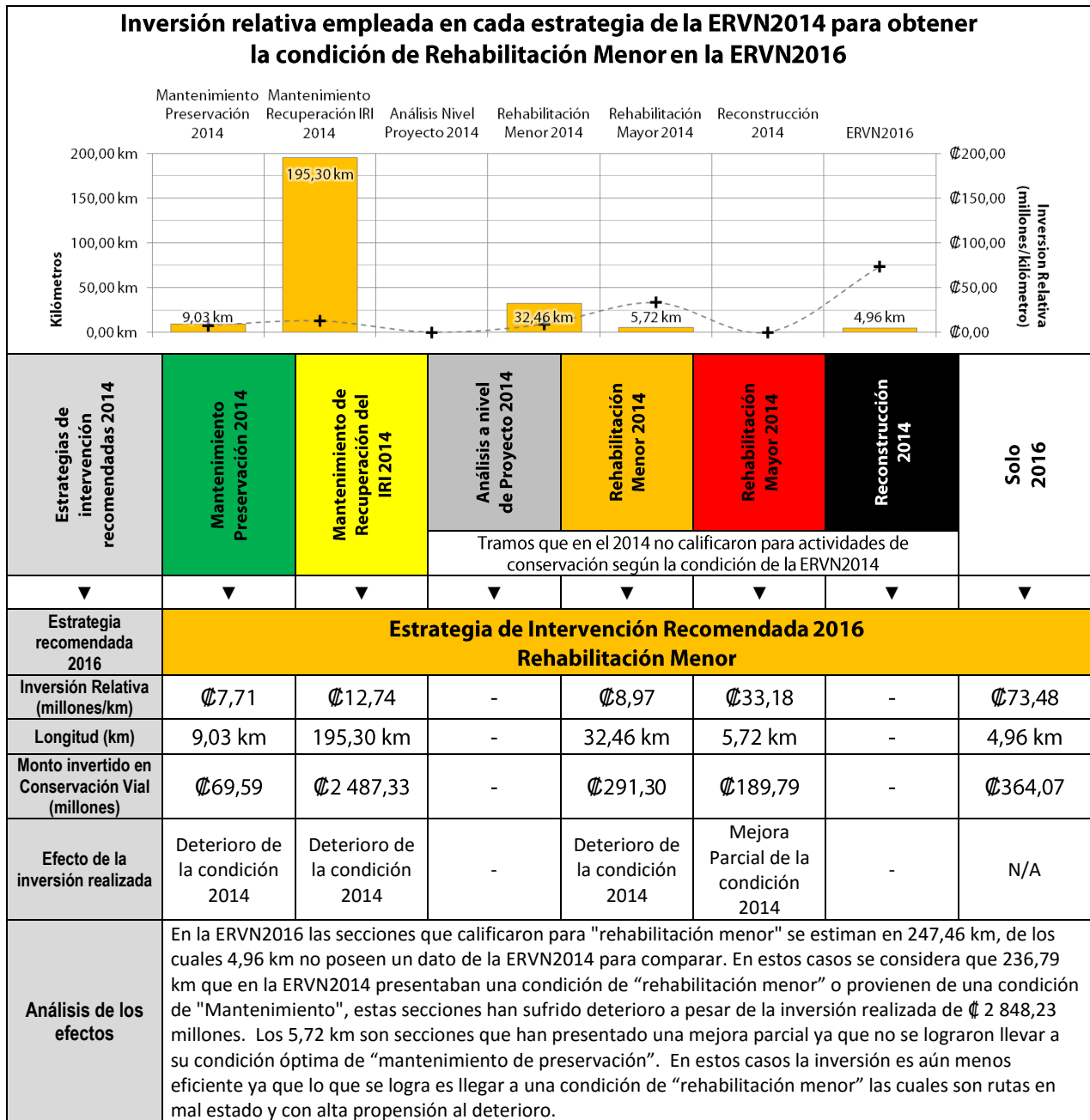


Figura 41. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Rehabilitación Menor 2016

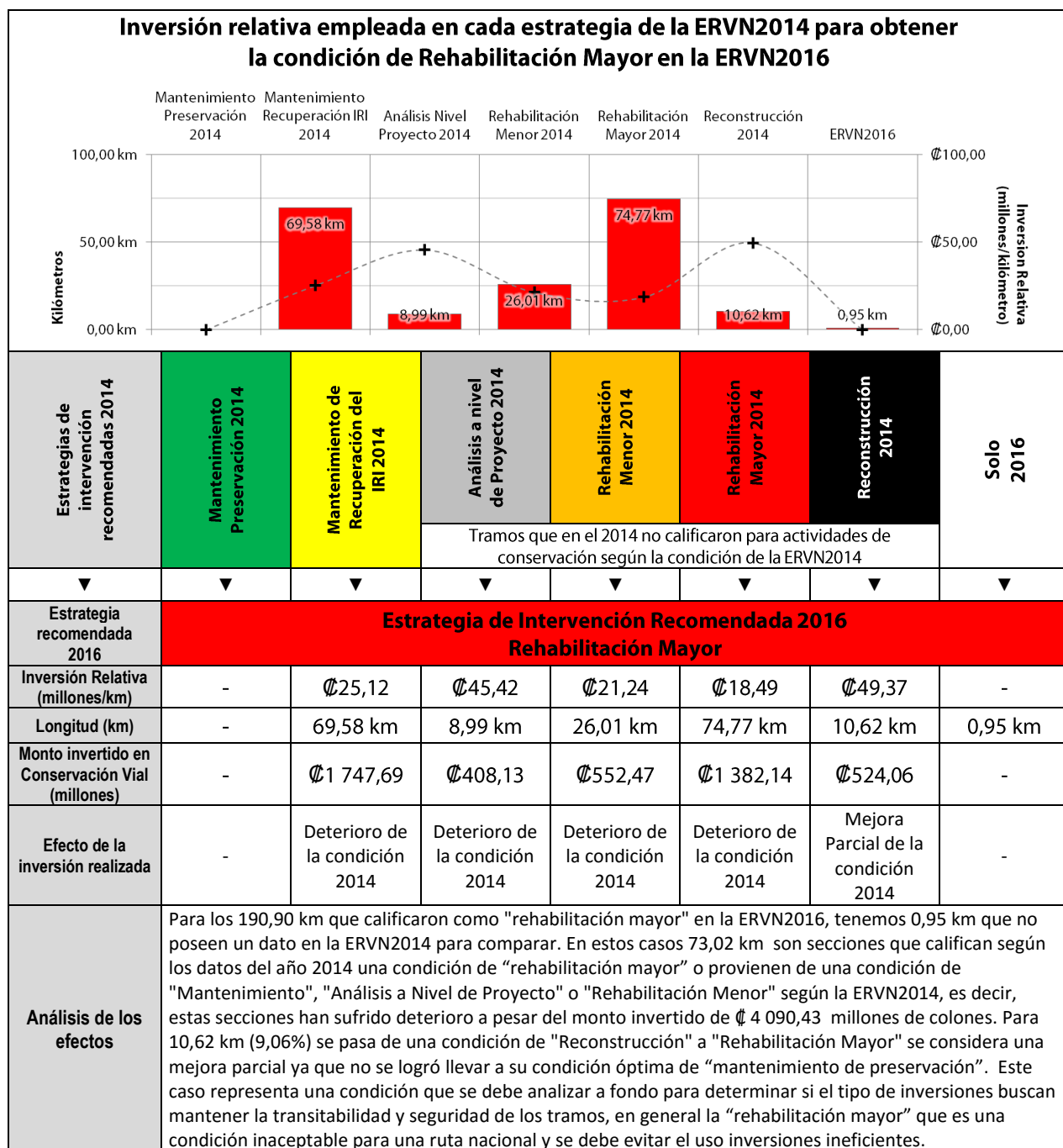


Figura 42. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Rehabilitación Mayor 2016

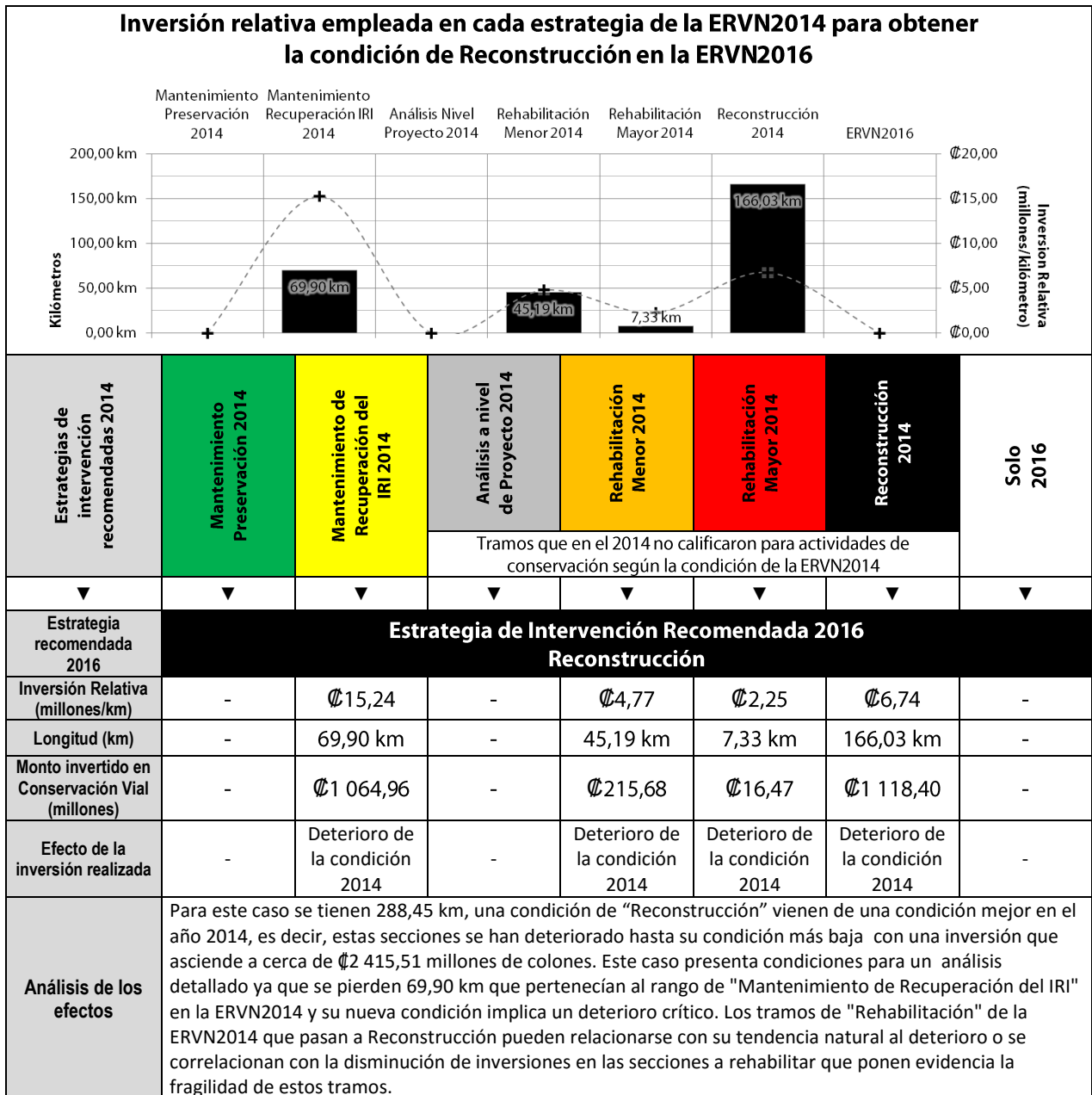


Figura 43. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Reconstrucción 2016

De los 5 105,23 km evaluados en la Red Vial, en la Tabla 21 se analizan 5 053,18 km comparables de la Red Vial Nacional que recibieron una inversión estimada de ₡ 122 370,00 millones, de los cuales 907,43 km reciben una inversión equivalente a ₡ 14 090,00 millones de los contratos de conservación vial. En estas secciones no se logran los efectos deseados en cuanto a la recuperación de la Red Vial Nacional, se debe analizar el tipo de inversión realizada y determinar cuáles elementos no fueron considerados en el proceso. Se considera que hubo una mejora eficiente en cerca de 588,27 km, esto se logra en rutas donde se alcanza la condición de "Mantenimiento de Preservación", se emplearon cerca de ₡ 29 620,00 millones para alcanzar estas mejoras, generando una inversión relativa de ₡ 50,35 millones/kilómetro. Para mantener la condición de "Mantenimiento de Preservación", los 1 809,69 km de la Red Vial emplearon cerca de ₡ 41 710,00 millones, esto genera una inversión relativa cercana a ₡ 23,05 millones/kilómetro, por tanto, mantener las condiciones de mantenimiento de preservación requiere en forma general menos inversión por kilómetro, dentro de las opciones de mejora para este tipo de tramo se pueden contabilizar el uso de sellos asfálticos u otras estrategias que permita optimizar aún más la inversión.

Tabla 21: Resumen de la mejoría y la eficiencia en la inversión de la ERVN2016.

ANÁLISIS DE MEJORA ERVN2014 - ERVN2016	Análisis de Tramos que Calificaron para actividades de conservación en la ERVN2014		Análisis de Tramos que No Calificaron para actividades de conservación en la ERVN2014*		TOTALES (km)
	Longitud (km)	Inversión (miles de millones)	Longitud (km)	Inversión (miles de millones)	
MANTIENE LA CONDICION	1 809,69	₡ 41,71	-	₡ -	1 809,69
MEJORA LA CONDICION	588,27	₡ 29,62	40,54	₡ 3,64	628,81
MEJORA PARCIAL DE LA CONDICION	1 747,80	₡ 31,50	45,36	₡ 1,81	1 793,16
DETERIORO DE LA CONDICION	-	₡ -	821,53	₡ 14,09	821,23
Totales Generales	4 145,76 km	₡ 102,83	907,43 km	₡ 19,54	5 053,18

*Posibilidad de mejora en el proceso de gestión de la Red Vial Nacional

Tomando en consideración el efecto de las inversiones, la longitud de las vías y la cantidad de dinero invertido es posible establecer niveles de eficiencia de la inversión, tal como se muestra en el mapa de la Figura 44.

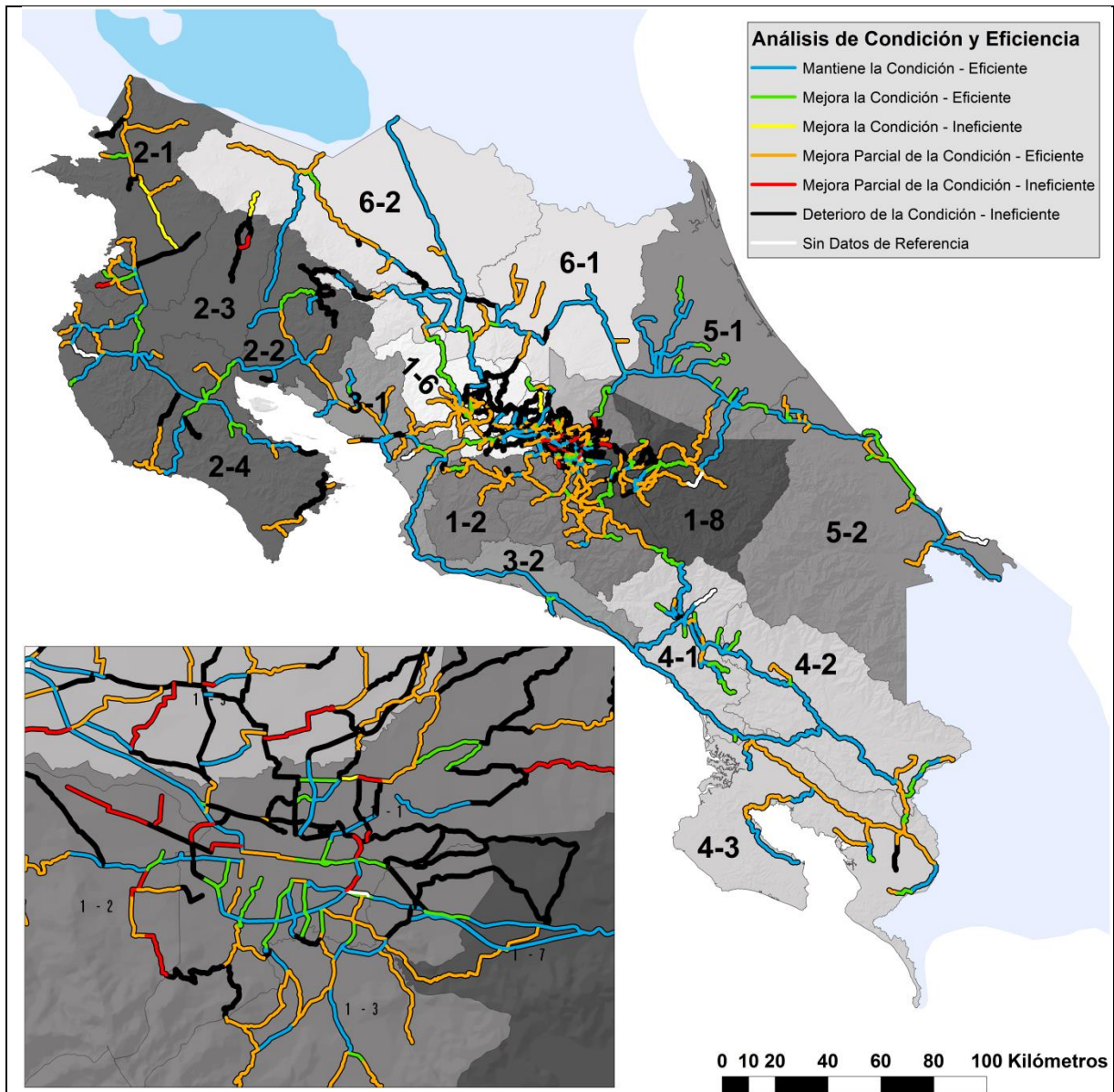


Figura 44. Mapa de análisis de condición y eficiencia basado en la evolución de las secciones de control con base en las estrategias recomendadas de intervención

Para 4 145,76 km (81,20%) de la Red Vial, se realizó una inversión que logra mantener las secciones de control en una condición adecuada o mejorarlas (en forma parcial o integral) empleando los ítems derivados de los contratos de Mantenimiento y Conservación Vial

A fin de establecer elementos de comparación relacionados con la inversión registrada para el presente informe, la Tabla 22 muestra los resultados generales de la evolución de la red vial en la ERVN2014, derivados del "Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada años 2014-2015" (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica Años 2014-2015, 2015).

Tabla 22: Evolución de la condición en la ERVN2014.

ANÁLISIS DE MEJORA ERVN2012 -ERVN2014	Análisis de Tramos que Calificaron para actividades de conservación en la ERVN2012	Análisis de Tramos que No Calificaron para actividades de conservación en la ERVN2012	TOTALES (km)
MANTIENE LA CONDICION	1 447,73 km	-	1 447,73
MEJORA LA CONDICION	346,46 km	69,36 km	415,82
MEJORA PARCIAL DE LA CONDICION	2 103,23 km	247,95 km	2 351,18
DETERIORO DE LA CONDICION	-	655,39 km	655,39
Totales Generales	3 897,42 km	972,70 km	4 870,12

Como un dato clave se debe observar como en la ERVN2014 se lograban mantener 1447,73 km en la condición de "Mantenimiento de Preservación" y se registró una mejora en 415,82 km, generando 1863,55 km que requerían "Mantenimiento de Preservación" en la ERVN2014. Los nuevos registros de la ERVN2016 muestran como lograron mantener su condición 1 809,69 km, por tanto, se observa como la gestión realizada logra algunos de los efectos esperados, al mantener estas secciones en buenas condiciones y restringir su deterioro, a su vez se genera la mejora de 628,81 km de la Red Vial. En la ERVN2016 se contabilizan cerca de 2630,92 km en la condición de "Mantenimiento de Preservación", ocupando el 48,12% de cobertura de la Red Vial evaluada, lo cual contrasta con la ERVN2014, donde el mayor porcentaje de Red Vial se acumulaba en las estrategias de "Mantenimiento de Recuperación de IRI". De esta forma se puede establecer que se ha presentado un cambio de la estrategia predominante en la Red Vial Nacional. Otro resultado que se destaca en la presente evaluación, es el incremento de las secciones que presentan deterioro en su condición. Se determinó un incremento de 655,39 km en la ERVN2014 a 821,23 km en la ERVN2016.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

4.1.1 Capacidad estructural de la Red Vial Nacional

La capacidad estructural de la Red Vial Nacional, es decir, la capacidad que tienen las carreteras de resistir las cargas de los vehículos sin fallar es, en la mayoría de las rutas, aceptable. Para el presente informe un 84,50% de la Red Vial presenta una buena capacidad estructural, la condición moderada se presenta en un 6,11% de la Red Vial, donde las acciones de mantenimiento deben diseñarse para mejorar o mantener su estado actual, con el fin de evitar deterioros relacionados con la pérdida de capacidad estructural que disminuyen la vida útil de las vías. El restante 9,39% si requiere de intervenciones importantes y de alto costo para recuperar la capacidad estructural de las vías. Se presenta una pérdida en la condición estructural de la ERVN2016 en 544,64 km con respecto a las categorías de deflexión registradas en la ERVN2014.

De los 544,64 km (10,66%) de la Red Vial que presentaron deterioro estructural, un grupo de 255,31 km pasó de deflexiones bajas a deflexiones moderadas y un segundo grupo de 192,34 km pasó de deflexiones bajas o moderadas a la condición de deflexiones altas

4.1.2 Capacidad funcional de la Red Vial Nacional

La capacidad funcional de las vías es medida mediante los valores del índice de regularidad internacional (IRI). Los resultados de la evaluación revelan que un 49,65% de la Red Vial Nacional posee estándares de regularidad deficientes y muy deficientes. Del restante 50,35%, solamente se registra un 7,84% de la red en condición buena y el resto de la red se encuentra en una condición regular. Los valores de la capacidad funcional en la ERVN2016 denotan una mejora en la regularidad superficial en 1 017,77 km con respecto a la ERVN2014 y un deterioro de la regularidad superficial en 143,25 km. La mejora presente en la ERVN2016 denota el uso de actividades que recuperan directamente la capacidad funcional de las vías a diferencia de las actividades de bacheo.

De los 1 017,77 km (19,94%) de la Red Vial que en forma general mejoraron su regularidad superficial, se alcanza la categoría de regularidad superficial buena en 190,01 km y para 654,57 km la mejora obtenida alcanza la categoría de regularidad superficial moderada

4.1.3 Resistencia al deslizamiento en la Red Vial Nacional

La evaluación de la resistencia al deslizamiento solo puede evaluarse en pavimentos con buenos niveles de regularidad superficial, en la ERVN2016 se evaluaron 2 200,13 km, los cuales corresponde con aquellos tramos que califican para "Mantenimiento de Preservación". Los restantes 2 905,10 km de la Red Vial evaluada presentan elevados niveles de deterioro, por tanto, no era posible su evaluación con Grip Tester, o en su defecto las estrategias de mantenimiento requeridas implican inversiones que modifican este parámetro. Los resultados muestran como un 36,18% de 2 200,13 km presentan condiciones muy deslizantes ante la presencia de humedad, un 33,33% presentan la condición deslizante, un 29,60% muestran una condición poco deslizante y un 0,89% se consideran no deslizantes en presencia de humedad.

863,49 km de 1 902,26 km evaluados en la ERVN2014 desmejoraron su condición de agarre superficial para la ERVN2016

4.1.4 Comparación de resultados entre las evaluaciones 2014 y 2016

La comparación de resultados muestra una Red Vial donde 844,58 km mejoran su regularidad superficial y califican para buena regularidad superficial buena y moderada, sin embargo, presenta una pérdida en su capacidad estructural la cual no presentaba variaciones importantes desde el año 2012. El análisis de la evolución de la Red Vial Nacional muestra como 255,31 km incrementaron sus deflexiones y cambiaron su categoría de deflexiones bajas a deflexiones moderadas. Se debe verificar si la combinación de este deterioro de la capacidad estructural se da en forma conjunta con una mejora de la capacidad funcional, para poder establecer si el comportamiento se puede asociar con algún tipo de estrategia genérica que mejore primordialmente la condición funcional.

La Red Vial en un 84,50% de sus tramos califica para bajas deflexiones, y los valores de regularidad superficial buena y moderada acumulan un 50,35% de la Red Vial, este escenario sugiere que la Red Vial requiere de inversiones para mejorar la regularidad de la superficie, sin embargo, no se debe descuidar el componente estructural.

4.1.5 Cálculo de las Notas de Calidad para la Red Vial Nacional

La aplicación de la metodología para definición de notas de calidad en los distintos tramos de la red vial nacional reveló que un 48,12% de 5 105,23 km califican como **Q1** y **Q2**, presentando una condición en la mayoría de pavimentos donde la capacidad estructural sigue siendo muy buena, sin embargo, el nivel de regularidad superficial se ha desplazado a una condición de “regular”, la calidad de manejo en estos tramos es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y se pueden presentar problemas para transitar a altas velocidades. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir deformaciones en la mezcla asfáltica, parches y agrietamientos de severidad baja. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones de tipo mantenimiento de preservación de bajo costo, enfocadas en corregir la pérdida de capacidad funcional, tales como tratamientos de preservación tipo “slurry seals”, “chip seals” o micropavimentos.

Adicionalmente, un 36,39% de 5 105,23 km son pavimentos donde la calidad de la superficie asfáltica se ha deteriorado hasta un punto en que puede afectarse la velocidad de tránsito, aún en condiciones de flujo libre. Bajo estas condiciones, las capas de ruedo de mezcla asfáltica caliente (M.A.C.), pueden tener grandes baches y grietas profundas; incluyendo pérdida de agregados, agrietamientos y ahuellamientos, lo que ocurre en más de un 50% de la superficie. Aunque la capacidad estructural es buena (se mantiene un buena condición de las capas de subyacentes) la condición de deterioro funcional es de tal severidad que la durabilidad de los pavimentos se disminuye, aumentando considerablemente la tasa de deterioro estructural. Debido al deterioro de la capa de ruedo, estos pavimentos pasarán a las categorías **M-RF** o **Q7** en el mediano plazo. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones de mantenimiento de mediano costo que deberían estar enfocadas en atender la pérdida de capacidad funcional en el corto plazo.

El restante 15,50% de los 5 105,23 km evaluados, presenta condiciones variadas, siendo en su mayoría pavimentos con una condición de extremo deterioro. Dichos caminos obligan al usuario a transitar a velocidades muy reducidas y con considerables problemas de manejo, debido a que existen grandes baches y grietas profundas en la carpeta asfáltica. **En estos casos se espera el uso de estrategias de mantenimiento que permitan asegurar la seguridad vial y transitabilidad en estos tramos,** mientras se plantean e implementan las soluciones reales para rehabilitar o reconstruir las secciones de control con altos niveles de deterioro, buscando una reparación integral y el uso eficiente de los recursos.

4.1.6 Definición de las estrategias de intervención para la red vial Nacional

Los resultados revelan una red vial con alto porcentaje de secciones candidatas a intervenciones del tipo mantenimiento de preservación (48,12%), lo cual indica que hay una buena oportunidad de introducir y fomentar en Costa Rica actividades del tipo sellos asfálticos, como las mencionadas en la definición de "Mantenimiento de Preservación". Adicionalmente, un importante porcentaje (36,39%) son pavimentos candidatos a intervenciones que deben procurar una recuperación de la capacidad funcional, es decir, mejorar el confort, disminuir el impacto en los costos de operación vehicular para el usuario, mejorar las condiciones de rueda para seguridad vial y las velocidades de circulación, así como en la disminución de contaminación por gases, congestión y exceso de ruido. De la misma manera las labores de "Rehabilitación Menor", "Rehabilitación Mayor" y "Reconstrucción" suman aproximadamente un 14,24% de las rutas nacionales. La presencia de un 1,26% de tramos en la categoría de "Análisis a Nivel de Proyecto" revela el uso de actividades que mejoran la capacidad funcional sin mejorar la capacidad estructural e inclusive en algunos casos presentando deterioro de la misma. Por ejemplo el uso de escarificación y sobrecapa "no estructural" genera mejoras importantes en la capacidad funcional de los tramos intervenidos, sin embargo, en algunos casos la falta de un diseño o memoria de cálculo, podría repercutir en poca durabilidad y disminución de la capacidad estructural de forma acelerada.

De los 1 913,15 km que calificaron para "Mantenimiento de Preservación" en la ERVN2014, la gestión realizada logró mantener cerca de un 94,59% en la misma condición para la ERVN2016. Las inversiones realizadas en estos tramos se pueden optimizar, como todo proceso de ingeniería, sin embargo, denotan una mejora con respecto a las acciones de intervención realizadas anteriormente.

Los tramos de la Red Vial que calificaron para "Mantenimiento de Preservación" incrementaron en un 10,40%, lo cual constituye una oportunidad de exigir el uso de tratamientos de preservación de menor costo y mayor efectividad.

4.1.7 Análisis de la inversión en la Red Vial Nacional

En el presente informe se evalúa la eficiencia de la inversión realizada en las labores de conservación vial ejecutadas por el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) entre enero de 2014 y diciembre de 2015. Los fondos Públicos destinados para el mantenimiento de la Red Vial Nacional pavimentada en este periodo ascienden a un total de **¢ 134.491.47** millones, es decir, un 6.4% más que lo invertido entre enero de 2012 y diciembre de 2013 (**¢ 125.843.3** millones).

Del análisis realizado se destacan los siguientes resultados:

1. Se analizaron cerca de 5 053,18 km de la Red Vial Nacional, comparables con datos del informe de evaluación anterior, que recibieron una inversión estimada de ₡ 122 370,00 millones, de los cuales 907,43 km reciben una inversión equivalente a ₡ **14 090,00** millones (11.5% del total invertido) de los contratos de conservación vial. En estas secciones **no se logran** los efectos deseados en cuanto a la recuperación de la Red Vial Nacional.
2. Se considera que hubo una mejora eficiente en cerca de 588,27 km, esto se logra en rutas donde se alcanza la condición de "Mantenimiento de Preservación", se emplearon inversiones cercanas a los ₡ 29 620,00 millones para alcanzar estas mejoras, generando una inversión relativa de ₡ 50,35 millones/kilómetro.
3. Con una inversión de ₡ 41 710,00 millones se logró mantener la condición de "Mantenimiento de Preservación" en cerca de 1 809,69 km de la Red Vial, esto constituyó una inversión relativa cercana a ₡ 23,05 millones/kilómetro
4. La zona de conservación vial donde se dio la mayor inversión en el período ERVN2016 corresponde a la zona 4-2, ubicada en la Región Brunca, y asignada a la empresa Constructora Hernán Solís S.R.L. La inversión realizada es cercana a los ₡ 8 838 millones; la inversión realizada en esta misma zona en los años 2012 y 2013 era cercana a los ₡ 8 215 millones.
5. En el periodo de análisis, se presentó una inversión mensual promedio de ₡ 6 000 millones, el mes de marzo del 2014 presenta el mayor registro mensual, del periodo de análisis, donde las inversiones superan los ₡ 9 000 millones.
6. La inversión se disminuye en forma drástica en setiembre y octubre del 2014, coincidiendo con la transición entre las contrataciones 2009LN-000003-CV y 2014CD-000140-0CV00.
7. Se presentó un incremento de la inversión en el ítem M45(A) "Pavimento Bituminoso en Caliente" el cual se relaciona con actividades de recarpeteo, este ítem representa la actividad de mayor inversión, tanto en la ERVN2014, así como en la ERVN2016 con una inversión cercana a los ₡50 297,00 millones.
8. Por su parte, sobre el uso del ítem M45(E) "Pavimento Bituminoso en Caliente **con polímeros**", los registros reflejan una marcada reducción en su uso, con una inversión cercana a los ₡ 2 677 millones en el periodo comprendido entre enero de 2014 y diciembre del 2015, se disminuyen las inversiones registradas con respecto al periodo entre enero de 2012 y diciembre de 2013 en cerca de ₡ 6 500 millones.

9. El ítem M41(A) "Bacheo con Mezcla Asfáltica en Caliente" se mantiene como la segunda actividad con la mayor inversión, con un registro cercano a los ₡ 12 478 millones para la ERVN2016; se observa una disminución en su uso con respecto a la inversión realizada en los años 2012 y 2013.

4.1.8 Evolución de la Red Vial Nacional en función de las estrategias de intervención

En términos generales se concluye que al comparar la ERVN2014 y la ERVN2016, las intervenciones en la Red Vial Nacional lograron mantener la condición de "Mantenimiento de Preservación" en un 94,59% de las vías evaluadas. Para los 2 692,21 km que calificaron para "Mantenimiento de Recuperación de IRI" en la ERVN2014, se observan mejoras en 587,10 km, los cuales pasan a una condición de "Mantenimiento de Preservación" con inversiones que rondan los ₡ 50,43 millones/km. Este tipo de inversión se encuentra dentro de las ventanas de mantenimiento. Para cerca de 1 747,80 km la inversión de ₡ 18,02 millones/km, permite mantener estos tramos dentro de la ventana de operación de mantenimiento, pero no llevar las vías a su condición óptima.

La inversión realizada en gran parte de la Red Vial nacional mejora en forma parcial su condición estructural, sin embargo, en todos los casos las intervenciones no logran valores de IRI inferiores a 3,64 m/km y estos valores de IRI se asocian con superficies de ruedo deficientes o muy deficientes.

Al analizar aquellas rutas candidatas a mantenimiento, se tiene que un 81% de la inversión se concentró en un 84,5% de la Red Vial lo cual es un indicador de la necesidad de invertir enormes cantidades de dinero para mantener la condición actual, esta situación se da debido a que los pavimentos, en su gran mayoría, muestran un gran fragilidad y son propensos a deteriorarse aceleradamente ante condiciones normales. Se puede observar como una adecuada optimización de los recursos de conservación que se emplean para atender la ventana de mantenimiento pueden disminuir el deterioro de las secciones calificadas para Mantenimiento de Preservación, mejorando el indicador de IRI para aquellas secciones en la condición de frontera o mediante el uso de sellos asfálticos que protejan la capa de ruedo.

Para las secciones que calificaron para las ventanas de rehabilitación o reconstrucción, se tiene una longitud de 791,21 km, equivalentes a un 15,50% de la Red Vial evaluada; la inversión realizada corresponde a un 18,92% de los ₡ 135 491,47 millones. La mayor cantidad de deterioro se da en 460,79 km que pertenecían a la ventana de "mantenimiento" en la ERVN2014.

4.2 RECOMENDACIONES

Acorde con las disposiciones del informe de la Contraloría General de la Republica denominado "*RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN, DE LOS PROCEDIMIENTOS, DE LA METODOLOGÍA Y DEL ANÁLISIS QUE SUSTENTAN LA PRIORIZACIÓN DE LAS RUTAS QUE SON INTERVENIDAS MEDIANTE LA CONSERVACIÓN VIAL, CON CARGO A LA LICITACIÓN PÚBLICA NRO.1-2005*", desarrollado en el año 2007, así como las diversas recomendaciones derivadas de los informes de evaluación de la Red Vial desarrollados por el LanammeUCR, se ha detectado la necesidad de implementar un sistema de gestión vial. El uso de las recomendaciones provenientes de los informes de Evaluación de la Red Vial del LanammeUCR, buscan fortalecer este proceso de mejora en la gestión y el uso de las recomendaciones del informe de evaluación pueden generar mejoras en los resultados que se obtienen, sin embargo, el sistema de gestión vial permitirá darle sostenibilidad y mejora continua a los diversos procesos de mantenimiento y conservación de la Red Vial Nacional.

Se hace énfasis en las recomendaciones previas de definir las políticas de gestión de infraestructura vial con una visión de largo plazo, que trasciendan los periodos de gobierno (4 años), donde los objetivos para la infraestructura vial deben manejarse de forma integrada; no enfocándose únicamente en los pavimentos y obras asociadas, sino buscando que el transporte terrestre se convierta en un sistema ágil, económico, eficiente, seguro y suficiente para impulsar el desarrollo nacional y la calidad de vida de los costarricenses.

Se recomienda fortalecer la implementación y uso de las bases de datos unificadas tales como el SIGEPRO, que permitan una adecuada trazabilidad de las inversiones y de esta forma poder evaluar la efectividad de las mismas en la condición de la red vial.

Se recomienda el uso de las herramientas desarrolladas tanto en la ERVN2014 como en el ERVN2016 (PCI, Estrategias de Intervención, Otros), a fin de modificar y optimizar los criterios técnicos, donde el impacto real de estas medidas se puede verificar en posteriores Informes de Evaluación de la Red Vial Nacional.

Se recomienda verificar que las estrategias de intervención, empleadas para atender la Red Vial a nivel de proyecto, tomen en consideración la condición estructural de cada tramo. Las acciones destinadas a mejorar la regularidad superficial sin verificar el impacto estructural, podrían incrementar la vulnerabilidad estructural y presentar fallas prematuras. Las acciones de conservación deben combinar una buena capacidad estructural y funcional.

Es importante que las instituciones MOPT-CONAVI-COSEVI analicen detalladamente los tramos de pavimento deslizante que se han detectado en esta evaluación, se recomienda considerar la aplicación de tecnología moderna como lechadas asfálticas, nuevas mezclas asfálticas o mejoramientos de la superficie de ruedo que permitan a los vehículos y a sus conductores contar con mejores condiciones para el frenado y la estabilidad en curvas. Este es un factor que podría contribuir en la reducción de los accidentes de tránsito en nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

- ASTM International. (2009). *ASTM E950/E950M-09 Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM International. (2015). *ASTM D 4695-03 Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM International. (2015). *ASTM E1926-08(2015) Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Badilla-Vargas, G. (2009). *Determinación de la Regularidad Superficial de Pavimentos mediante el Cálculo del Índice Regularidad Internacional (IRI): Aspectos y Consideraciones Importantes*. San José: LanammeUCR.
- Barrantes-Jiménez, R., Sibaja-Obando, D., & Porras-Alvarado, J. (2008). *Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices Red Vial Nacional*. Montes de Oca, San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Salas-Chaves, M., Rodríguez-Morera, J., Guerrero-Aguilera, S., Sequeira-Rojas, W., & Loría-Salazar, L. G. (2015). *Prácticas Constructivas en Obras de Conservación Vial de la Red Vial Nacional Pavimentada. Contratación Directa 2014CD-000140-OCV00*. San José, Costa Rica: LanammeUCR.
- Salas-Chaves, M., Rodríguez-Morera, J., Guerrero-Aguilera, S., Sequeira-Rojas, W., & Loría-Salazar, L. G. (2015). *Valoración General de la Licitación Pública N°2009LN-000003-CV Recomendaciones sobre Prácticas Constructivas en Proyectos de Conservación Vial*. San José, Costa Rica: LanammeUCR.
- Sanabria-Sandino, J., Barrantes-Jiménez, R., & Loría-Salazar, L. G. (2011). *Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, años 2010-2011*. San Pedro, San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

Sanabria-Sandino, J., Barrantes-Jiménez, R., & Loría-Salazar, L. G. (2013). *Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, años 2012-2013*. San Pedro, San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

Sanabria-Sandino, J., Barrantes-Jiménez, R., & Loría-Salazar, L. G. (2015). *Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica Años 2014-2015*. San Pedro, San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

Solminihaç, H. (1998). *Gestión de Infraestructura Vial*. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.

ANEXO A

ANEXO A.1 Huracán Otto - Alerta Roja del C.N.E actualización 28/11/2016

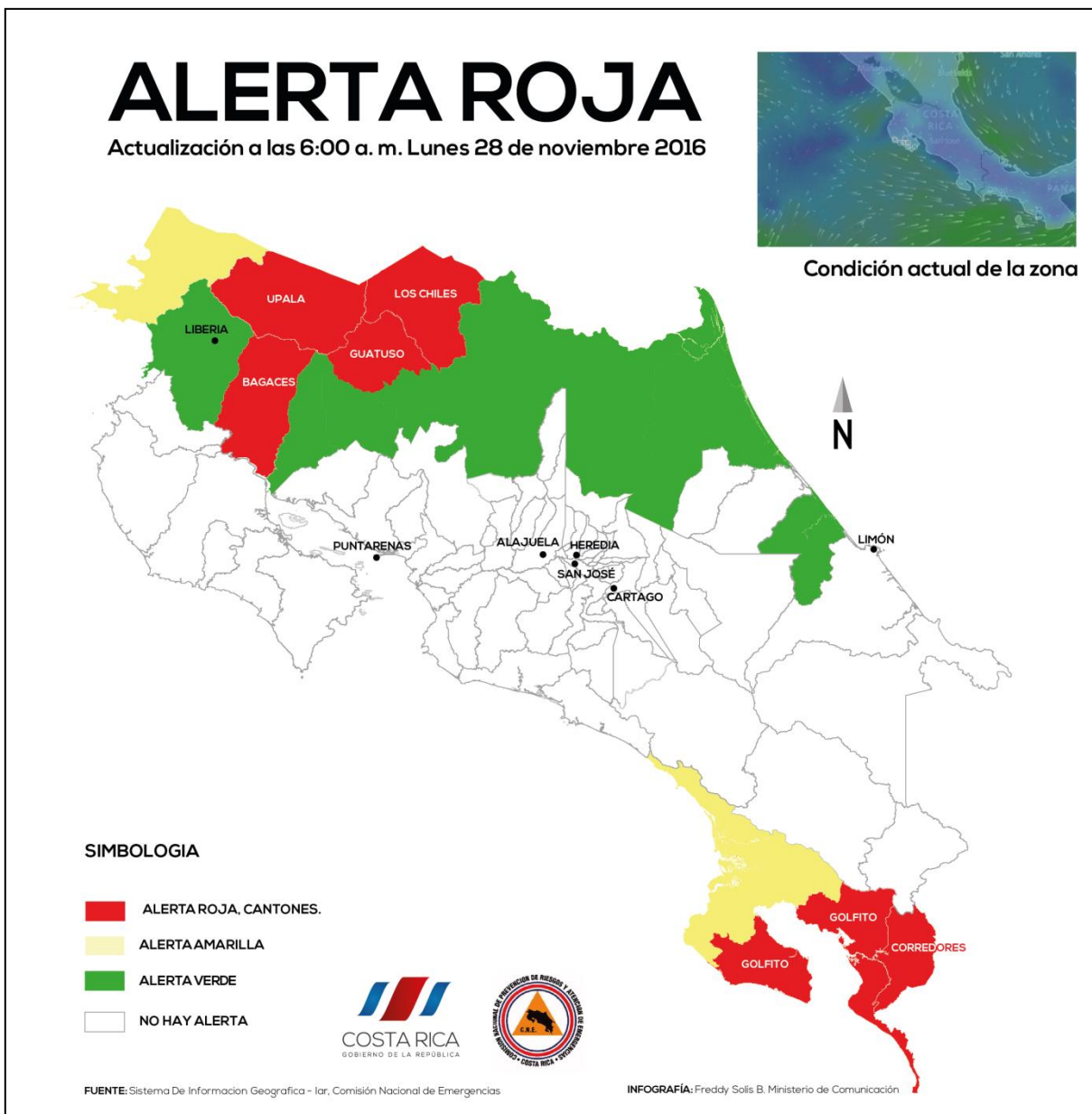


Figura A1. Mapa de Alerta Roja del 28/11/2016. Fuente: Comisión Nacional de Emergencias



INFORME DE PRENSA

Tels. (506) 2523-2061 a la 2067
email: ofprensa@mopt.go.cr www.mopt.go.cr

- PASO EN RUTAS NACIONALES 165 Y 505 PERMANECEN CERRADOS
- OTROS 18 PUNTOS SE MANTIENEN PASO REGULADO

MOPT/ CONAVI HA LOGRADO HABILITAR 310 PUNTOS AFECTADOS POR EL HURACÁN OTTO

Las tareas que realizan las cuadrillas del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) y el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), a nivel nacional, han permitido habilitar el paso en 310 puntos de los 334 afectados por el huracán Otto.

Datos del CONAVI muestran que otras 18 rutas se mantienen con paso regulado mientras que el paso sobre el río Blanco se mantiene cerrado (Ruta 165 Guayabo-Fortuna de Bagaces), lo mismo que la ruta nacional 505 Puerto Viejo- Boca Río Sucio.

Otras cinco rutas se mantienen inundadas, en las cuales estima CONAVI pueden transitar vehículos altos y de doble tracción. Estas son Bagaces- Santa Clara, San José, Upala- Santa Dela, El Parque- La Trocha, Bataan- Freeman y Matina – Astúa o 7 millas.

Así mismo de 22 puentes reportados con daños, uno sólo el de la ruta nacional 165 sobre el río Blanco se mantiene con paso interrumpido pero CONAVI trabaja rescatando al estructura tipo bailey que se estima estará en servicio el próximo fin de semana.

Estado de rutas nacionales

Ruta	Nombre de ruta	Estado
505	Puerto Viejo (R 4)- Boca Río Sucio	Cerrada
165	Guayabo-Fortuna Bagaces	Cerrada
164	Bagaces- Santa Clara	Inundada
760	El Parque- La Trocha	Inundada
804	Bataan- Freeman	Inundada
813	Matina- Astúa o 7 millas	Inundada
2	San José- Paso Canoas (frontera Sur)	Paso regulado
14	Río Claro- Golfito	Paso regulado
32	San José- Limón (Muelle Alemán)	Paso regulado
126	Heredia- Bajos de Chilamate	Paso Regularado
141	San Miguel- Radial Naranjo- el Tanque	Paso Regularado
237	Paso Real- Ciudad Neilly	Paso Regularado



245	Chacarita- Carate, final de campo de aterrizaje	Paso Regulado
250	Aguas Zarcas- Boca Tapada (escuela)	Paso Regulado
414	La Suiza- Moravia, Chirripó (Cruce Carolina)	Paso Regulado
507	Cruce ruta 4 Sarapiquí- Delta Costa Rica	Paso regulado
606	Rancho Grande- El Dos, Tilarán	Paso Regulado
731	Upala- Cabanga (frontera con Nicaragua)	Paso regulado
732	San Isidro, Aguas Claras- Cuatro Bocas	Paso regulado
733	Chimurria – San Rafael- Guatuso	Paso Regulado
741	Zarcelero- Bajos del Toro	Paso Regulado
742	Macacona- San Ramón	Paso Regulado
902	Hojancha- Carmona	Paso Regulado
917	Potrillo- Brasilia	Paso Regulado

Puentes

Ruta	Nombre	Estado
165	Río Blanco	Cerrado
6	Río Naranjo	Abierto
34	Río Camaronal	Abierto
415	Quebrada Danta	Abierto
4	Río Zapote	Abierto
728	Río Zaino	Abierto
730	Río Patriota	Abierto
245	Río Tamales	Abierto
608	Puente Amarillo	Abierto
245	Río Tigre	Abierto
2	Río Ballast Pit	Abierto
2	Río Esquinas	Abierto
245	Río Agujas	Abierto
2	Río Salama Nuevo	Abierto
608	Río Negro	Abierto
614	Quebrada La Leona	Abierto
243	Río Chicote	Abierto
243	Quebrada Seca	Abierto
243	Río el Hoyón	Abierto
244	Río Los Reyes	Abierto
330	Quebrada Pejibaye	Abierto
330	Quebrada Sánchez	Abierto

Fuente: CONAVI

28-11-16



2

ANEXO A.3 Rutas eliminadas del análisis de la ERVN2016

Del análisis combinado del mapa de la C.N.E y del Informe de Prensa del MOPT, se generó una lista de rutas dentro de las áreas de afectación del Huracán Otto. Dentro de la información suministrada por el MOPT, las rutas presentaron condiciones de inundación o cierres producto del huracán, mediante sistemas de información geográfica se combinaron con las Zona de Alerta Roja derivados de los mapas de la C.N.E. Se plantea el análisis posterior de estos tramos para establecer el nivel de afectación derivado del Huracán Otto, valorando las condiciones de antes y después del evento.

Tabla A1. Rutas eliminadas de la ERVN2016 por efectos derivados del Huracán Otto

Ruta	Sección de Control	Longitud (km)	SENTIDO
4	21022	12,55	Colonia Puntarenas (r 138) - Upala (r 6)
	21023	14,44	Upala (r 6) - San Jose de Upala (r 735)
6	21222	9,15	Llano Azul (r 730) - Upala (r 4)
14	60252	7,65	Golfito (hotel Las Gaviotas) - Golfito (deposito libre)
164	50392	9,48	Torno (r 165) - Guayabo (iglesia)
	50400	6,26	Guayabo - Límite provincial Guanacaste / Alajuela
	21233	12,25	Las Milpas (escuela) - Santa Clara (r 4)
	21232	12,62	San Isidro Aguas Claras - Las Milpas (escuela)
	21231	10,64	Límite provincial Guanacaste / Alajuela - San Isidro Aguas Claras
165	50912	7,20	Fortuna (plaza) - Guayabo (r 164)
	50911	6,78	Torno (r 164) - Fortuna (plaza)
245	60420	30,01	Límite cantonal Osa / Golfito (Río Rincón) - Puerto Jiménez
	60431	11,43	Puerto Jiménez - Puente rio Tamales
	60435	5,97	puente nuevo rio Oro - Carate (campo aterrizaje)
	60432	4,68	Puente rio Tamales - Punta Carbonera (escuela)
	60433	9,85	Punta Carbonera (escuela) - puente rio Piro
	60434	10,68	puente rio Piro - puente nuevo rio Oro
505	40512	3,56	Estero Grande - Boca Rio Sucio
	40511	8,29	Puerto Viejo (r 4) - Estero Grande
731	21180	12,16	Upala (r 4) - Cabanga (frontera con Nicaragua)

ANEXO B

La información para cada una de las secciones de control evaluadas y los datos recopilados durante la ERVN2016 incluyen al menos los siguientes componentes por sección de control:

Tabla B1: Elementos básicos asociados a la base de datos de las secciones de control - ERVN2016

Tipo de Dato	Elementos Específicos
Información General	Sección de Control Ruta Descripción Zona de Conservación Largo
Indicadores de condición y estrategias intervención general	Sensor D0 - FWD Valor IRI Grip Number Nota Q Estrategia Recomendada Estrategia Basada en Grip Number
Condición e Inversión	Inversión relativa Inversión Total Análisis de Condición Evolución de la Nota Q
Inversión realizada en los 15 ítems de conservación vial derivados de la sección 3.3 del INF-PITRA-002-2017	Ítems: M45_A, m41_A, M_304_4, 308_1, 203_8, M_609_2A, M45_E, M20_A, 109_04, M_204_1, 203_2, M41_D, 206_1, M30_A, 602A_1, Otros

Para acceder a la información de las secciones de control, se puede acceder a la página del LanammeUCR:

<http://www.lanamme.ucr.ac.cr>



LanammeUCR

LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Tel: (506) 2511-2500 • Fax: (506) 2511-4440
Código postal: 11501-2060 San José, Costa Rica
Email: direccion.lanamme@ucr.ac.cr
Web: www.lanamme.ucr.ac.cr