



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

2020-2021

INFORME DE EVALUACIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA DE COSTA RICA

EIC-Lanamme-INF-0193-2021

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

San José, Costa Rica / Noviembre, 2021

2020-2021

INFORME DE EVALUACIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA DE COSTA RICA

EIC-Lanamme-INF-0193-2021

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

San José, Costa Rica / Noviembre, 2021

PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE (PITRA)

EIC-Lanamme-INF-0193-2021

Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional pavimentada de Costa Rica Años 2020 -2021

INFORME FINAL

Preparado por:

Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional

San José, Costa Rica
Noviembre, 2021

Información Técnica del Documento

| | |
|------------------------------------|---|
| 1. Informe: | EIC-Lanamme-INF-0193-2021 |
| 2. Copia No. | 1 |
| 3. Título: | INFORME DE EVALUACIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA DE COSTA RICA AÑOS 2020 -2021 |
| 4. Fecha del Informe | Noviembre, 2021 |
| 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 2020 - 2021 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 2018 y diciembre del año 2019 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 | 103 |

13. Preparado por

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

Ing. Henry Hernández Vega, M.Sc.
Unidad de Seguridad Vial y Transporte

Fecha: Noviembre 2021

Fecha: Noviembre 2021

14. Revisado por:

Ing. Roy Barrantes Jiménez, M.Sc., PMP®
Coordinador de la Unidad de Gestión y Evaluación
de la Red Vial Nacional

Lic. Nidia Segura Jiménez.
Asesora Legal LanammeUCR

Fecha: Noviembre 2021

Fecha: Noviembre 2021

15. Aprobado por:

Ing. Ana Luisa Elizondo Salas, M.Sc.
Coordinador General PITRA

Fecha: Noviembre 2021

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| POTESTADES | 1 |
| OBJETIVOS DE LA CAMPAÑA DE EVALUACIÓN 2020-2021 | 2 |
| CAPÍTULO 1 | 3 |
| 1.1 INTRODUCCIÓN | 4 |
| 1.1.1 OTRAS DEFINICIONES | 5 |
| 1.2 DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS PARA LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA | 7 |
| 1.3 CAPACIDAD ESTRUCTURAL, DEFLEXIONES OBTENIDAS MEDIANTE EL FWD | 10 |
| 1.3.1 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN POR DEFLECTOMETRÍA DE IMPACTO (FWD) | 10 |
| 1.3.2 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA RED VIAL CON EL ENSAYO DE DEFLECTOMETRÍA FWD | 11 |
| 1.3.3 RESULTADOS DE DEFLECTOMETRÍA (FWD) DESGLOSADOS POR PROVINCIA | 12 |
| 1.3.4 RESULTADOS DE DEFLECTOMETRÍA (FWD) DESGLOSADOS POR ZONA CONAVI | 13 |
| 1.3.5 RESULTADOS DE DEFLECTOMETRÍA (FWD) POR MEDIO DE SIG | 14 |
| 1.4 CAPACIDAD FUNCIONAL, EMPLEANDO EL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) | 15 |
| 1.4.1 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI) | 15 |
| 1.4.2 RESULTADOS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI) PARA LA RED VIAL | 16 |
| 1.4.3 RESULTADOS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI) DESGLOSADOS POR PROVINCIA | 17 |
| 1.4.4 RESULTADOS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI) DESGLOSADOS POR ZONA DE CONSERVACIÓN VIAL | 18 |
| 1.4.5 RESULTADOS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI) POR MEDIO DE LOS SIG | 20 |
| 1.5 CONDICIÓN DE LA RED VIAL SEGÚN COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DE PAVIMENTOS (GRIP) | 21 |
| 1.5.1 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DEL GRIPNUMBER | 21 |
| 1.5.2 RESULTADOS DE COEFICIENTE DE ROZAMIENTO CON EL ENSAYO DE GRIP | 22 |
| 1.5.3 RESULTADOS DE AGARRE SUPERFICIAL GRIP DESGLOSADOS POR PROVINCIA | 23 |
| 1.5.4 RESULTADOS DEL ENSAYO DE GRIP POR ZONA DE CONSERVACIÓN VIAL | 24 |
| 1.5.5 RESULTADOS DEL ENSAYO DE GRIP POR MEDIO DE LOS SIG | 25 |
| CAPÍTULO 2 | 26 |
| 2.1 INTRODUCCIÓN | 27 |
| 2.1.1 DEFINICIONES | 28 |

| | | |
|-------|--|----|
| 2.2 | NOTAS DE CALIDAD (NOTAS Q) | 29 |
| 2.2.1 | DEFINICIÓN DE LAS NOTAS CALIDAD (NOTAS Q) A NIVEL DE RED | 29 |
| 2.2.2 | RESULTADOS DE NOTAS Q PARA LA RED VIAL | 33 |
| 2.3 | ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA LA RED VIAL NACIONAL | 38 |
| 2.3.1 | DEFINICIONES | 38 |
| 2.3.2 | RESULTADOS DE ESTRATEGIAS GENERALES DE INTERVENCIÓN PARA LA RED VIAL NACIONAL | 42 |
| 2.3.3 | PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN PARA MEJORAR EL FRENADO DE LOS VEHÍCULOS EN CARRETERA | 48 |
| 2.3.4 | PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN PARA MEJORAR EL FRENADO DE LOS VEHÍCULOS EN LA RED VIAL | 49 |

CAPÍTULO 3 **50**

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1 | INTRODUCCIÓN | 51 |
| 3.1.1 | DEFINICIONES | 52 |
| 3.2 | ACTIVIDADES DE PROCESAMIENTO BÁSICO DE LAS ESTIMACIONES DE OBRA VIAL | 53 |
| 3.3 | DATOS DERIVADOS DE LA BASE DE DATOS DE ESTIMACIONES DE OBRA VIAL | 55 |
| 3.3.1 | RESULTADOS TOTALES DE INVERSIÓN | 56 |
| 3.4 | RESUMEN DE INVERSIÓN EMPLEANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA | 60 |

CAPÍTULO 4 **62**

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1 | COMPARACIÓN DE RESULTADOS: EVOLUCIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL | 63 |
| 4.2 | COMPARACIÓN DE LOS INDICADORES DE LA RED VIAL ERVN2018 Y ERVN2020 | 65 |
| 4.2.1 | COMPARACIÓN DE INDICADORES DE LA ERVN2018 Y ERVN2020 SEGÚN LA CONDICIÓN DE DEFLEXIONES (FWD) | 65 |
| 4.2.2 | COMPARACIÓN DE INDICADORES DE LA ERVN2018 Y ERVN2020 SEGÚN LA CONDICIÓN DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI) | 67 |
| 4.2.3 | COMPARACIÓN DE ERVN2018 Y ERVN2020 SEGÚN LAS CATEGORÍAS DE GRIP NUMBER | 68 |
| 4.3 | ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL POR ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFECTIVIDAD DE LA INVERSIÓN REALIZADA ERVN2018 Y ERVN2020 | 70 |
| 4.3.1 | ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN TOTAL EN RED VIAL COMPARANDO LAS ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN RECOMENDADAS ERVN2018 Y LOS RESULTADOS DE LA ERVN2020 | 71 |
| 4.3.2 | ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA INVERSIÓN CONSIDERANDO LAS ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN RECOMENDADAS OBTENIDAS EN LA ERVN2020 Y LA CONDICIÓN PRELIMINAR ERVN2018 | 77 |
| 4.3.3 | ESCENARIOS DE DETERIORO POR SUSCEPTIBILIDAD DE LA RED VIAL | 87 |

CAPÍTULO 5 **94**

| | | |
|-------|---|----|
| 5.1 | CONCLUSIONES | 95 |
| 5.1.1 | CONCLUSIONES “CAPÍTULO 1: CONDICIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL - ERVN2020” | 95 |
| 5.1.2 | CONCLUSIONES “CAPÍTULO 2: ESTRATEGIAS GENERALES DE INTERVENCIÓN - ERVN2020” | 96 |
| 5.1.3 | CONCLUSIONES “CAPÍTULO 3: INVERSIÓN EN MANTENIMIENTO - ERVN2020” | 98 |
| 5.1.4 | CONCLUSIONES “CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE EVOLUCIÓN DE LA CONDICIÓN – ERVN2020” | 98 |
| 5.2 | RECOMENDACIONES | 99 |

BIBLIOGRAFÍA **101**

APÉNDICE A **103**

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| <i>Figura 1. División del territorio nacional en las 22 zonas de Conservación Vial</i> | 9 |
| <i>Figura 2. Condición Estructural de la Red Vial según las deflexiones (FWD)</i> | 11 |
| <i>Figura 3. Condición Estructural por provincias según las deflexiones (FWD)</i> | 12 |
| <i>Figura 4. Condición Estructural por Zonas CONAVI según las deflexiones (FWD)</i> | 13 |
| <i>Figura 5. Representación SIG de las deflexiones (FWD) en la Red Vial - ERVN2020</i> | 14 |
| <i>Figura 6. Condición Funcional de la Red Vial según la regularidad superficial (IRI)</i> | 16 |
| <i>Figura 7. Condición Funcional por provincias según la regularidad superficial (IRI)</i> | 17 |
| <i>Figura 8. Condición Funcional por zonas CONAVI según la regularidad superficial (IRI)</i> | 19 |
| <i>Figura 9. Representación SIG de la regularidad superficial (IRI) en la Red Vial - ERVN2020</i> | 20 |
| <i>Figura 10. Condición del agarre superficial según el ensayo de GRIP Tester</i> | 22 |
| <i>Figura 11. Estado de la Red Vial por provincias según el ensayo de GRIP</i> | 23 |
| <i>Figura 12. Estado de la Red Vial por zona CONAVI según el ensayo de GRIP</i> | 24 |
| <i>Figura 13. Representación SIG del ensayo de GRIP en la Red Vial - ERVN2020</i> | 25 |
| <i>Figura 14. Matriz de Combinación de Notas Q (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2011)</i> | 29 |
| <i>Figura 15. Notas de calidad, longitud en kilómetros y porcentaje para la Red Vial</i> | 34 |
| <i>Figura 16. Notas Q por provincias para la Red Vial</i> | 35 |
| <i>Figura 17. Notas de calidad por Zona CONAVI</i> | 36 |
| <i>Figura 18. Mapa de distribución de las notas Q por Zona de Conservación Vial</i> | 37 |
| <i>Figura 19. Agrupación de las notas de calidad para definición de estrategias generales de intervención (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2011)</i> | 40 |
| <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> | 42 |
| <i>Figura 21. Estrategias de intervención para la Red Vial Nacional</i> | 43 |
| <i>Figura 22. Estrategias de intervención para la Red Vial Nacional distribución por provincias</i> | 44 |
| <i>Figura 23. Distribución de estrategias por Zonas del CONAVI</i> | 45 |
| <i>Figura 24. Mapa de distribución de estrategias de intervención por Provincia</i> | 47 |
| <i>Figura 25. Recomendaciones de intervención para atender los distintos niveles de peligrosidad ante carreteras deslizantes (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2011)</i> | 48 |
| <i>Figura 26. Recomendaciones de intervención para atender los distintos niveles de peligrosidad ante carreteras deslizantes. Distribución entre Q1 y Q2</i> | 49 |
| <i>Figura 27. Esquema de insumos y productos básicos del procesamiento de estimaciones</i> | 54 |
| <i>Figura 28. Inversión por Zona de Conservación Vial, Base de Datos del LanammeUCR</i> | 57 |
| <i>Figura 29. Distribución mensual de la inversión total, Fuente: Base de Datos del LanammeUCR</i> | 58 |
| <i>Figura 30. Inversión realizada en los ítems de pago, Fuente: Base de Datos del LanammeUCR</i> | 59 |
| <i>Figura 31. Mapa de inversión relativa por kilómetro de sección de control para ERVN2020</i> | 61 |

| | |
|---|----|
| <i>Figura 32. Ejemplo de distribución espacial de mediciones en una ruta de 100 km</i> | 63 |
| <i>Figura 33. Ejemplo de métodos de análisis temporales de indicadores en ruta de 100 km</i> | 64 |
| <i>Figura 34. Evolución de las categorías de deflexión en la Red Vial Nacional - ERVN2020</i> | 66 |
| <i>Figura 35. Evolución de las deflexiones en la Red Vial Nacional - ERVN2020</i> | 68 |
| <i>Figura 36. Evolución del Grip Number en la Red Vial Nacional - ERVN2020</i> | 70 |
| <i>Figura 37. Evolución de las Vías de acuerdo con las Estrategias de Intervención Recomendadas, comparación entre la ERVN2018 y la ERVN2020</i> | 76 |
| <i>Figura 38. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Mantenimiento de Preservación en la ERVN2020</i> | 78 |
| <i>Figura 39. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Mantenimiento de Recuperación IRI 2020</i> | 79 |
| <i>Figura 40 Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Análisis a Nivel de Proyecto 2020</i> | 80 |
| <i>Figura 41. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Rehabilitación Menor 2020</i> | 81 |
| <i>Figura 42. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Rehabilitación Mayor 2020</i> | 82 |
| <i>Figura 43. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Reconstrucción 2020</i> | 83 |
| <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> | 85 |
| <i>Figura 45. Escenario de deterioro ante la ausencia de actividades de mantenimiento o rehabilitación</i> | 87 |
| <i>Figura 46. Propuesta de zonas de transición para las estrategias de mantenimiento</i> | 88 |
| <i>Figura 47. Resultados del análisis de fragilidad para la ventana de operación de mantenimiento</i> | 89 |
| <i>Figura 48. Mapa de secciones de control susceptibles a cambio de estrategia por deterioro</i> | 91 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| <i>Tabla 1: Longitud evaluada en cada prueba, campaña de evaluación 2018 -2019</i> | 1 |
| <i>Tabla 2: División del territorio Nacional en 22 zonas de Conservación Vial</i> | 8 |
| <i>Tabla 3: Rangos de deflexión según TPD, utilizados para clasificar resultados de FWD</i> | 10 |
| <i>Tabla 4: Resultados de las Deflexiones (FWD) de la Red Vial - ERVN2020</i> | 11 |
| <i>Tabla 5: Rangos de clasificación de regularidad superficial (IRI) para pavimentos flexibles</i> | 15 |
| <i>Tabla 6: Resultados de la regularidad superficial (IRI) de la Red Vial - ERVN2020</i> | 16 |
| <i>Tabla 7: Clasificación internacional del pavimento según el GN</i> | 21 |
| <i>Tabla 8: Resultados obtenidos mediante el ensayo de GRIP Number - ERVN2020</i> | 22 |
| <i>Tabla 9: Resultados de las Notas de Calidad para la Red Vial - ERVN2020</i> | 33 |
| <i>Tabla 10: Resultados de las Estrategias Generales de Intervención para la Red Vial - ERVN2020</i> | 42 |
| <i>Tabla 11: Distribución de Contratistas por Zona de Conservación Vial y Licitación</i> | 51 |
| <i>Tabla 12: Montos inversión por Zona CONAVI, Enero 2016 a Diciembre 2017 – ERVN2018</i> | 55 |
| <i>Tabla 13: Montos de inversión por Zona CONAVI: Enero 2018 a Diciembre 2019 - ERVN2020</i> | 56 |
| <i>Tabla 14: Resultados obtenidos en deflexiones (FWD) - ERVN2018 vs ERVN2020</i> | 65 |
| <i>Tabla 15: Resultados obtenidos en regularidad superficial (IRI) - ERVN2018 vs ERVN2020</i> | 67 |
| <i>Tabla 16: Resultados obtenidos en agarre superficial (Grip Number) - ERVN2018 vs ERVN2020</i> | 69 |
| <i>Tabla 17: Resumen de Estrategias de Intervención recomendadas. ERVN2018 y ERVN2020</i> | 71 |
| <i>Tabla 18: Evolución de las secciones con recomendación de Mantenimiento en la ERVN2020</i> | 72 |
| <i>Tabla 19: Evolución de secciones para Rehabilitación o Reconstrucción en la ERVN2020</i> | 73 |
| <i>Tabla 20: Inversión en secciones sin Estrategia de Intervención en la ERVN2020</i> | 75 |
| <i>Tabla 21: Resumen de la mejoría y la eficiencia en la inversión de la ERVN2020</i> | 84 |
| <i>Tabla 22: Evolución de la condición en la ERVN2018</i> | 86 |
| <i>Tabla 23: Condición de susceptibilidad estimada para la ventana de operación de mantenimiento</i> | 88 |
| <i>Tabla 24: Condición de susceptibilidad estimada en función del Rango de TPD</i> | 92 |
| <i>Tabla 25: Tasa de inversión estimadas para restituir condiciones de mantenimiento</i> | 92 |

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 en 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 período 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 2021.

Tabla 1: Longitud evaluada en cada prueba, campaña de evaluación 2018 -2019

| Tipo de Medición | Longitud (km) |
|--|---------------|
| Deflectometría FWD | 5 383,8 |
| Regularidad Superficial IRI | 5 383,8 |
| Equipo de Auscultación Visual – Imajin (Red de Alta Capacidad) | 1 510,1 |
| Coefficiente de Rozamiento GRIP | 3 495,5* |

* 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 2020-2021

OBJETIVOS GENERAL

Conocer, evaluar y calificar la condición técnica general de la Red Vial Nacional pavimentada en los años 2020-2021 y determinar su evolución o cambio respecto al año 2019-2020.

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 2018 y 2019.
- 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 2018 y 2019 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.

CAPÍTULO 1

CONDICIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL - ERVN2020

1.1 INTRODUCCIÓN

Un aspecto fundamental en la gestión de una red vial es el conocimiento detallado de todos los activos que la componen. La Red Vial Nacional de Costa Rica está conformada por rutas donde la superficie de rueda se ha identificado como compuesta por pavimentos flexibles (Mezcla Asfáltica) y una cantidad de rutas muy pequeña compuesta por pavimentos rígidos (concreto hidráulico).

En una adecuada gestión de los activos viales y es el caso de la Red Vial de Costa Rica, es necesario establecer tres ejes fundamentales de análisis: 1. conocer, 2. controlar y 3. mejorar; no es posible establecer mecanismos de control eficiente de los activos de la red vial si no se conocen a profundidad todos los elementos que la constituyen y es casi imposible mejorar en la gestión si no se tiene control de estos mismos activos.

Por su parte las metodologías de la campaña 2010-2011¹ establecieron algunos de los elementos estándar para el análisis de la Red Vial Nacional pavimentada. 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 evaluar el suelo 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, así como su clasificación empleando categorías de Tránsito Promedio Diario. 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 emplea las secciones de control como 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.

¹ Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loria-Salazar, Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, años 2010-2011

1.1.1 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 2020-2021" se emplean las siglas **ERVN2020**. 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
- **ERVN2018:** Campaña de Evaluación 2018
- **ERVN2020:** Campaña de Evaluación 2020

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 Test). 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 ruedo, 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 DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS PARA LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA

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 períodos de tres años. La inversión realizada corresponde con la Licitación Pública 20009LN-000003-CV, las contrataciones directas definidas en el contrato 2014CD-000140-0CV00, el contrato 2014LN-000016-0CV00, 2014LN-000017-0CV00 y 2014LN-000018-0CV00, los contratos se emplean para atender 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 |

En Costa Rica se tiene como base cerca 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.

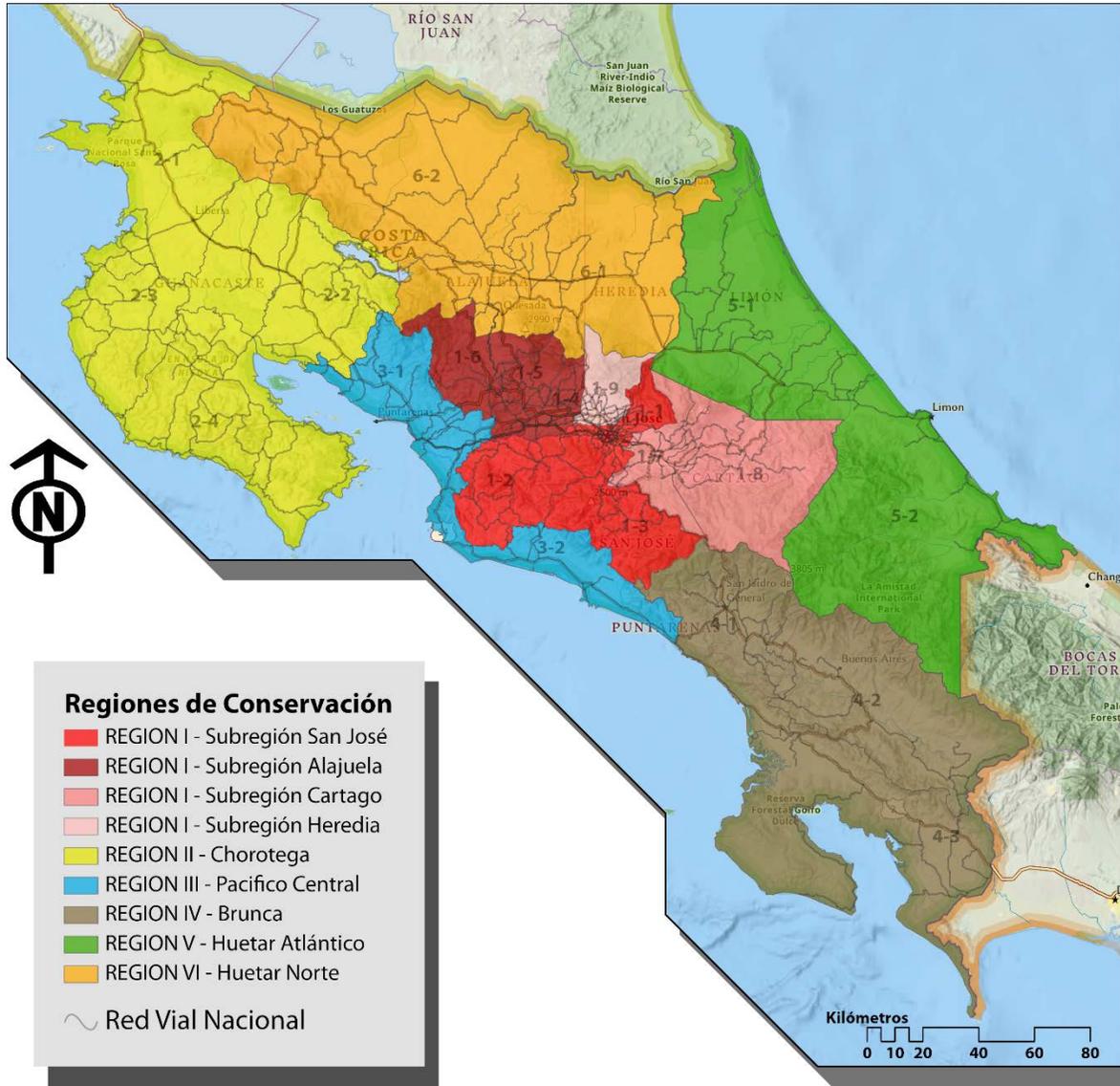


Figura 1. División del territorio nacional en las 22 zonas de Conservación Vial

1.3 CAPACIDAD ESTRUCTURAL, DEFLEXIONES OBTENIDAS MEDIANTE EL FWD

1.3.1 Criterios de clasificación por deflectometría de impacto (FWD)

La evaluación de la red vial con el deflectómetro de impacto abarcó un total de 5 383,81 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 lo más fidedigno posible, 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 ² | 5 000 – 15 000 vpd | 15 000 – 40 000 vpd | Casos Especiales ³ |
|--------------------------------|------------------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------------|
| | TPD Bajo | TPD Moderado | TPD Alto | Especiales |
| Categorías de deflexión | Rangos (en mm x 10 ⁻³) | | | |
| Bajas | menor a 7,65 | menor a 7,08 | menor a 5,92 | menor a 4,85 |
| Moderadas | 7,65 – 8,85 | 7,08 – 8,33 | 5,92 – 6,94 | 4,85 – 5,76 |
| Altas | 8,85 – 11,57 | 8,33 – 11,29 | 6,94 – 9,52 | 5,76 – 8,08 |
| Muy altas | mayor a 11,57 | mayor a 11,29 | mayor a 9,52 | mayor a 8,08 |

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

Las rutas de concreto hidráulico se analizan utilizando rangos específicos diseñados para este tipo de pavimento, los rangos presentados en la Tabla 3 no aplican para rutas de concreto hidráulico, que constituyen cerca de 103,21 km de la Red Vial Nacional evaluada. De los kilómetros en concreto 47,67 km pertenecen al corredor "Cañas - Liberia" de la Ruta Nacional 1.

² vpd: vehículos por día

³ Corresponden con rutas con alto TPD y porcentaje alto de vehículos pesados.

1.3.2 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 ERVN2020; la Figura 2 muestra en forma gráfica este resultado. En total, se procesaron más de 15 800 mediciones con dicho equipo.

Tabla 4: Resultados de las Deflexiones (FWD) de la Red Vial - ERVN2020

| Categoría de Deflexiones | Longitud (km) | Porcentajes (%) |
|--------------------------------------|--------------------|-----------------|
| Bajas según rango del TPD | 4735,23 | 87,95% |
| Moderadas según rango del TPD | 242,18 | 4,50% |
| Altas según rango del TPD | 266,16 | 4,94% |
| Muy altas según rango del TPD | 140,24 | 2,60% |
| Total | 5 383,81 km | |

Distribución General de las Categorías de Deflexión (FWD) - ERVN2020

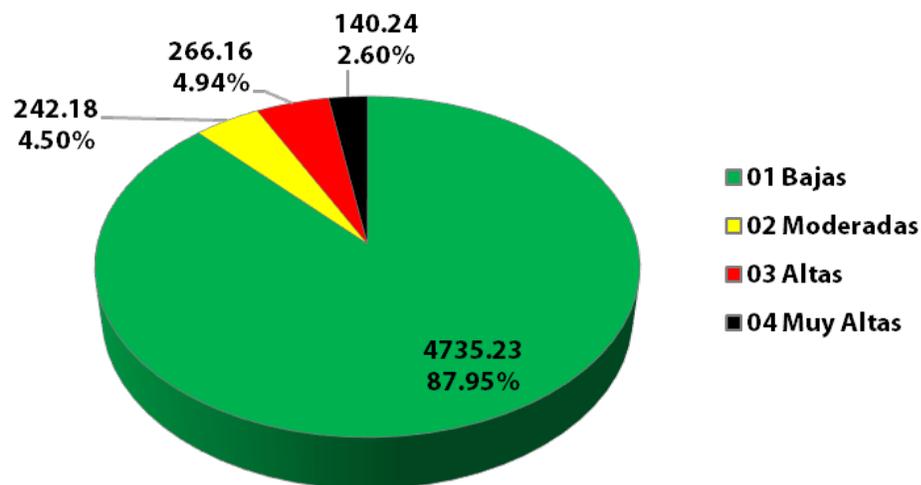


Figura 2. Condición Estructural de la Red Vial según las deflexiones (FWD)

Según los resultados obtenidos para la ERVN2020 un 87,9% de la Red Vial evaluada presenta **Bajas** deflexiones, lo que está asociado a una buena capacidad estructural. En el otro extremo un 7,5% 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 y la frecuencia de medición a Nivel de Red sirven como indicadores para inferir la capacidad estructural de un pavimento.

1.3.3 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.

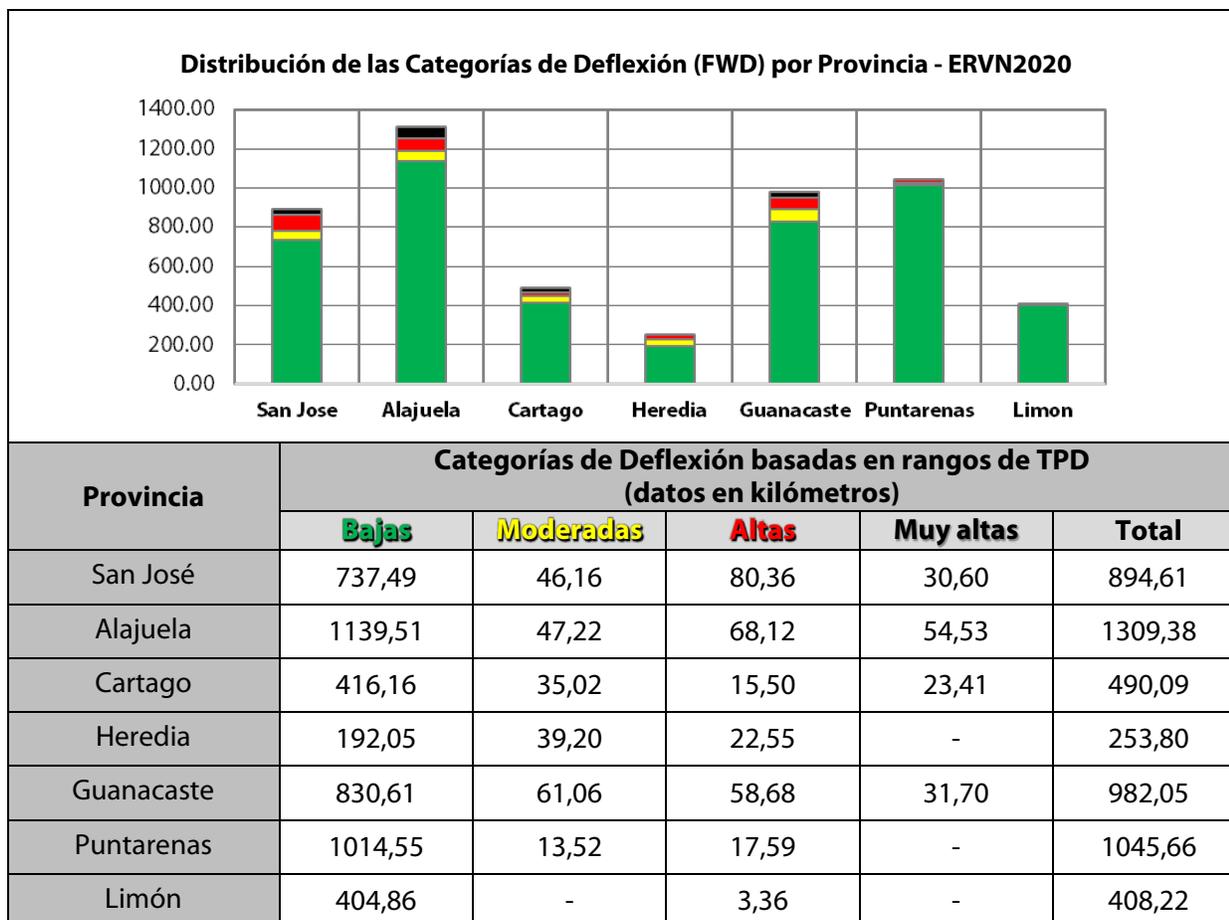


Figura 3. Condición Estructural por provincias según las deflexiones (FWD)

En la figura anterior se aprecia que no se detectaron deflexiones **Muy altas** en las secciones de control de las provincias de Heredia, Puntarenas y Limón. Las provincias que conforman la GAM si presentan deflexiones **Muy altas**, sin embargo, estos tramos son inferiores al 5% de la red de cada provincia. Las deflexiones **Altas** aparecen en San José y Cartago en un 9% de su red, mientras que las provincias de Alajuela y Guanacaste registran cerca de un 6% de sus redes en condiciones de deflexiones **Altas**. Las deflexiones **Bajas** y **Moderadas** superan el 87% de la extensión de red vial de cada provincia.

1.3.4 Resultados de deflectometría (FWD) desglosados por Zona CONAVI

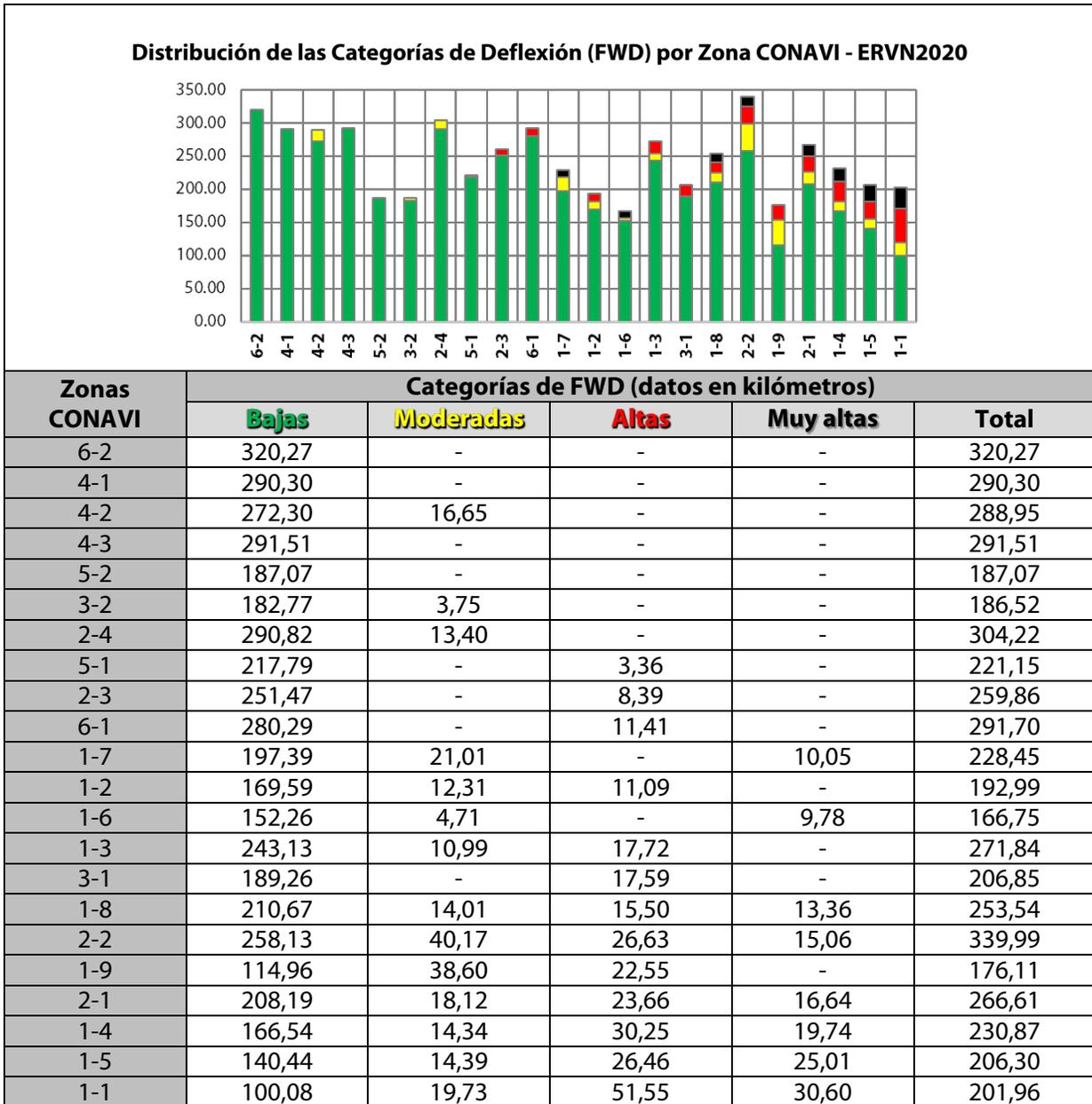


Figura 4. Condición Estructural por Zonas CONAVI según las deflexiones (FWD)

En la Figura 4, la zona 1-1 que se encuentra en el centro de la GAM y acumula la mayor cantidad de kilómetros que presentan deflexiones **Altas** y **Muy altas**, con 82,15 km de los 201,96 km evaluados. Por su parte, las zonas 6-2, 4-1, 4-3 y 5-2 no presentan deflexiones **Moderadas**, **Altas** y **Muy altas**, solamente presentan deflexiones **Bajas** en función del TPD y equivalen al 20% de la Red Vial Nacional Evaluada en el presente informe. En 15 de las 22 zonas de conservación, el porcentaje de deflexiones **Altas** y **Muy altas** no supera el 10% de la red vial evaluada en cada zona.

1.3.5 Resultados de deflectometría (FWD) por medio de SIG

En la Figura 5 se presenta la totalidad de los datos de deflectometría en un mapa, lo que permite ubicar con la mayor precisión y exactitud los tramos de la Red Vial y su condición.

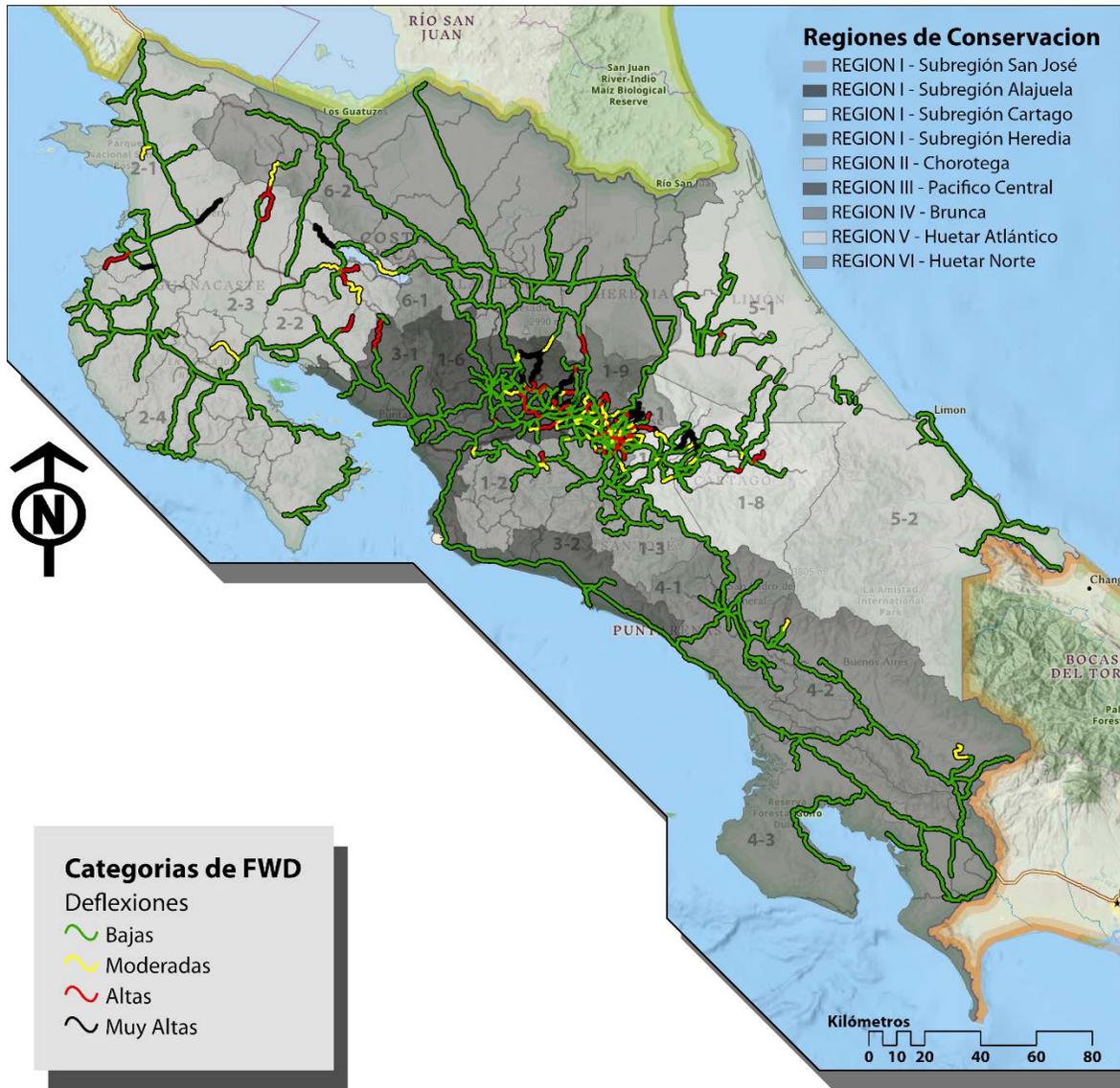


Figura 5. Representación SIG de las deflexiones (FWD) en la Red Vial - ERVN2020

1.4 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:

- "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).
- "ASTM E1926-08(2015) Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements" (ASTM International, 2015).
- "Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices Red Vial Nacional" (Barrantes-Jiménez, Sibaja-Obando, & Porras-Alvarado, 2008).
- "Determinación de la Regularidad Superficial de Pavimentos mediante el Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI): Aspectos y Consideraciones Importantes" (Badilla-Vargas, 2009).

1.4.1 Criterios de clasificación de la regularidad superficial (IRI)

La evaluación de la red vial con el perfilómetro láser abarcó una longitud de 5 383,81 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

| Regularidad Superficial | Rango de IRI |
|-------------------------|----------------------|
| Muy buena | menor a 1,0 m/km |
| Buena | entre 1,0 y 1,9 m/km |
| Regular | entre 1,9 y 3,6 m/km |
| Deficiente | entre 3,6 y 6,4 m/km |
| Muy deficiente | mayor a 6,4 m/km |

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

Los datos del "perfil longitudinal" de la ERVN2020 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.

1.4.2 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 - ERVN2020

| 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) | 592,37 | 11,00% |
| Regular | (1,9 - 3,6 m/km) | 2919,15 | 54,22% |
| Deficiente | (3,6 - 6,4 m/km) | 1260,05 | 23,40% |
| Muy deficiente | (mayor a 6,4 m/km) | 612,24 | 11,37% |
| Total | | 5 383,81 km | |

La Figura 6 muestra el resultado de graficar los datos de la Tabla 6. En total, se evaluaron y procesaron cerca de 53 800 tramos de pavimentos flexibles de 100 metros de longitud.

Distribución General de las Categorías de Regularidad Superficial (IRI) - ERVN2020

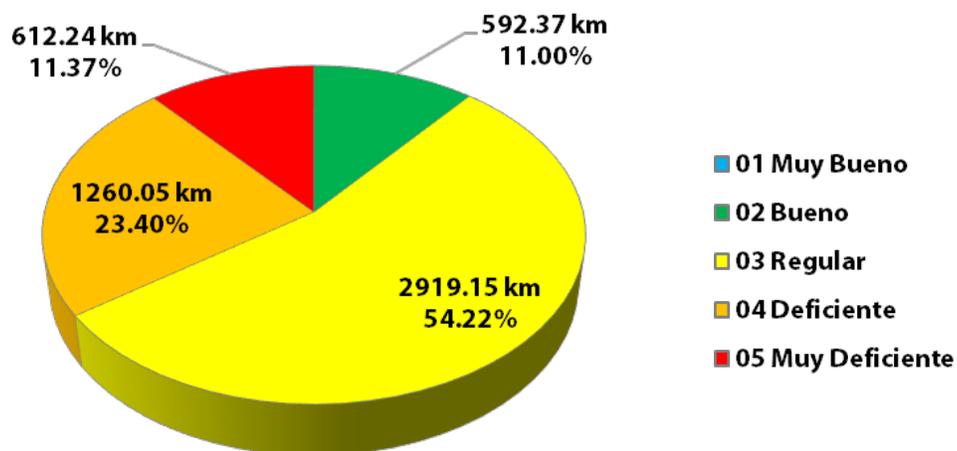


Figura 6. Condición Funcional de la Red Vial según la regularidad superficial (IRI)

Los resultados muestran que 592,37 km, que representan un 11% de la Red Vial, presentan valores de IRI con regularidad superficial Buena, la condición Regular abarca 2 734,53 km para un 54,2%, el restante 34, 8% 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 Muy buena que representa el rango 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.

1.4.3 Resultados de regularidad superficial (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.

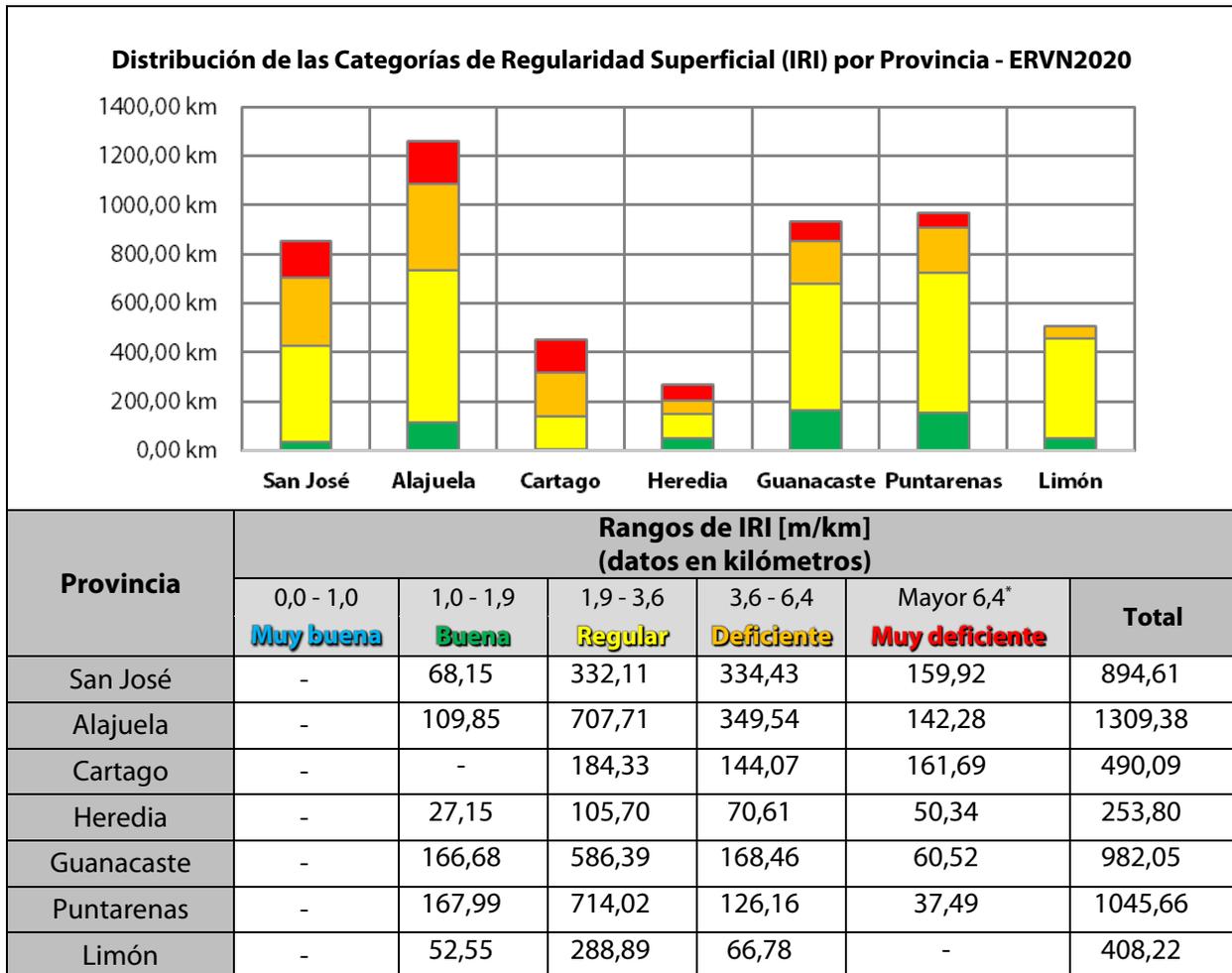


Figura 7. Condición Funcional por provincias según la regularidad superficial (IRI)

Las provincias de Limón, Guanacaste y Puntarenas a nivel porcentual presentan 13% o más de su red en condiciones **Buenas** de IRI. El 70% de Limón presenta condiciones **Regulares** de IRI y no presenta tramos **Muy deficientes** a diferencia del resto de las provincias. Cartago presenta cerca del 62% de su red vial en condiciones **Deficientes** y **Muy deficientes** de IRI.

Para los resultados de la ERVN2020 se observa como la categoría de condición **Regular** de IRI alberga el 50% de los kilómetros de Red Vial evaluados de cada provincia, las excepciones se presentan en San José, Cartago y Heredia donde se alberga menos del 42% en esta condición, o el caso opuesto de Limón con 70%.

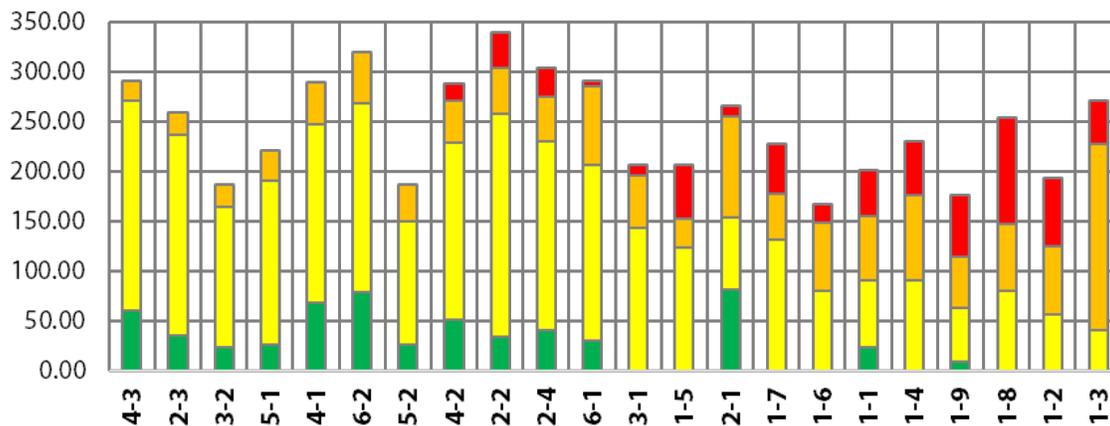
1.4.4 Resultados de regularidad superficial (IRI) desglosados por zona de conservación vial

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 92.45% 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 34,78% 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.

Para las zonas de conservación 4-3, 2-3, 3-2, 5-1 y 4-1, el 85% o más de los kilómetros evaluados presentan condiciones **Buenas** o **Regulares**, es decir con valores de IRI inferiores a 3,6 m/km. Las zonas de conservación 6-2, 5-2, 4-2, 2-2, 2-4, 6-1, 3-1 y 1-5 presentan entre el 60% y el 84% de su extensión vial con valores de IRI **Buenos** o **Regulares**, lo cual representa valores de IRI inferiores a 3,6 m/km. Por el contrario, las zonas de conservación 1-4, 1-9, 1-8, 1-2 y 1-3, presentan la calificación **Deficiente** y **Muy deficiente**, es decir valores que superan los 3,6 m/km, en más del 60% de su extensión vial. Finalmente, las zonas 2-1, 1-7, 1-6 y 1-1, no presentan condiciones predominantes, las condiciones **Buenas** y **Regulares** acumulan extensiones de cada zona de conservación que oscilan entre el 40% y el 60%, estas zonas tienen tanto la posibilidad de mejorar sus condiciones o en caso de gestiones inadecuadas de deteriorarse rápidamente desde la perspectiva de la capacidad funcional.

Distribución de las Categorías de Regularidad Superficial (IRI) por Zonas CONAVI - ERVN2020



| Zona CONAVI | Rangos de IRI [m/km] (datos en kilómetros) | | | | | Total |
|-------------|--|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------|
| | 0,0 - 1,0 <i>Muy buena</i> | 1,0 - 1,9 <i>Buena</i> | 1,9 - 3,6 <i>Regular</i> | 3,6 - 6,4 <i>Deficiente</i> | Mayor 6,4* <i>Muy deficiente</i> | |
| 4-3 | - | 61,10 | 210,56 | 19,85 | - | 291,51 |
| 2-3 | - | 35,47 | 202,10 | 22,29 | - | 259,86 |
| 3-2 | - | 23,21 | 140,77 | 22,54 | - | 186,52 |
| 5-1 | - | 26,56 | 165,03 | 29,56 | - | 221,15 |
| 4-1 | - | 69,05 | 178,21 | 43,04 | - | 290,30 |
| 6-2 | - | 78,48 | 190,27 | 51,52 | - | 320,27 |
| 5-2 | - | 25,99 | 123,86 | 37,22 | - | 187,07 |
| 4-2 | - | 51,74 | 177,77 | 42,26 | 17,18 | 288,95 |
| 2-2 | - | 34,86 | 222,98 | 46,03 | 36,12 | 339,99 |
| 2-4 | - | 40,51 | 189,52 | 45,30 | 28,89 | 304,22 |
| 6-1 | - | 29,63 | 177,43 | 79,01 | 5,63 | 291,70 |
| 3-1 | - | - | 143,47 | 52,31 | 11,07 | 206,85 |
| 1-5 | - | - | 124,21 | 28,47 | 53,62 | 206,30 |
| 2-1 | - | 82,19 | 72,15 | 101,27 | 11,00 | 266,61 |
| 1-7 | - | - | 132,04 | 45,24 | 51,17 | 228,45 |
| 1-6 | - | - | 79,83 | 68,82 | 18,10 | 166,75 |
| 1-1 | - | 23,73 | 67,45 | 63,78 | 47,00 | 201,96 |
| 1-4 | - | - | 90,50 | 86,32 | 54,05 | 230,87 |
| 1-9 | - | 9,85 | 53,13 | 51,91 | 61,22 | 176,11 |
| 1-8 | - | - | 79,93 | 68,17 | 105,44 | 253,54 |
| 1-2 | - | - | 56,69 | 68,31 | 67,99 | 192,99 |
| 1-3 | - | - | 41,25 | 186,83 | 43,76 | 271,84 |

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

1.4.5 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.

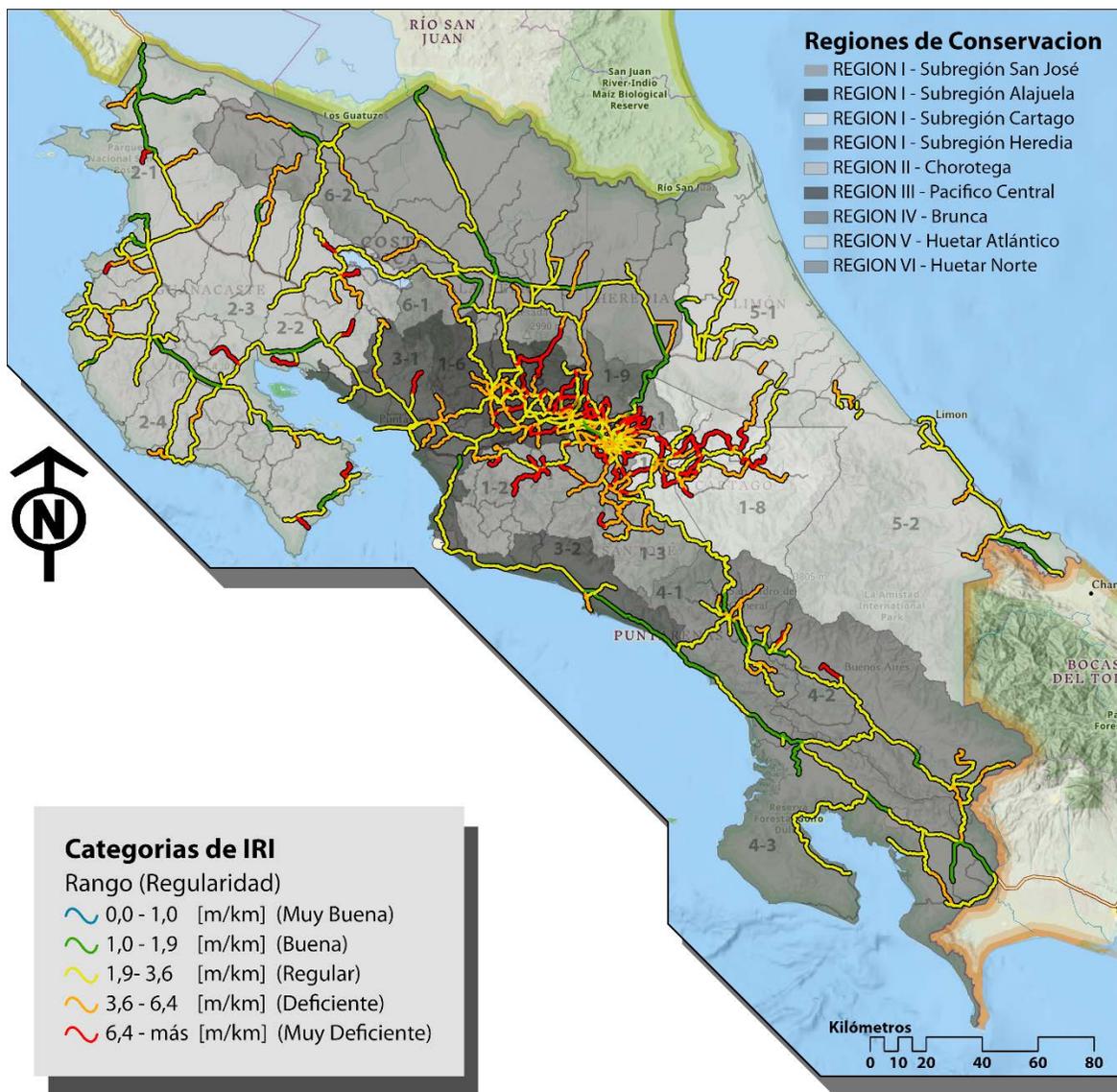


Figura 9. Representación SIG de la regularidad superficial (IRI) en la Red Vial - ERVN2020

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, de esta forma se pueden ubicar los tramos de la Red Vial con alta precisión y exactitud.

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

1.5.1 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 3 495,5 km de carreteras pavimentadas (64,93% de los 5 383,81 km evaluados en IRI); la disminución de los kilómetros evaluados se relaciona con las restricciones del equipo, donde el procedimiento de uso del mismo se restringe para aquellos tramos que presenten un valor de IRI mayor a 4,0 m/km, de lo contrario, 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, validado a nivel internacional, que 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

| Condición de Agarre | Rango de GN | Nivel | | | Tipo de Pavimento característico |
|---------------------|-------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------------|---|
| | | Deslizamiento | Probabilidad de accidentes | Riesgo medio de accidentabilidad* | |
| Malo | < 0,50 | Muy deslizante | Muy alta probabilidad | mayor a 20 | Pavimento flexible compuesto de agregado pulimentable ej.: calizo |
| Regular | 0,50 – 0,60 | Deslizante | Alta probabilidad | 16 a 20 | Pavimento flexible con alto grado de exudación y pérdida de textura |
| Bueno | 0,60 – 0,78 | Poco deslizante | Moderada probabilidad | 10 a 16 | Pavimento rígido y flexible con buena textura |
| Muy Bueno | > 0,78 | 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.

El presente informe define la condición del agarre superficial del pavimento en un momento específico del tiempo. Para expresar los resultados de este parámetro y debido a la gran cantidad de factores involucrados, se hace imposible una correlación directa entre el valor encontrado y las tasas de accidentes en carretera, por lo tanto, los resultados del GripNumber se expresan en términos de probabilidad.

1.5.2 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 760 000 tramos, de 5 metros de longitud en promedio.

Tabla 8: Resultados obtenidos mediante el ensayo de GRIP Number - ERVN2020

| Condición* | Rango | Longitud (km) | Porcentaje |
|----------------------------------|------------|--------------------|------------|
| Muy bueno (No deslizante) | > 0,78 | 8,10 | 0,23% |
| Bueno (Poco deslizante) | 0,6 – 0,78 | 838,43 | 23,99% |
| Regular (Deslizante) | 0,5 – 0,6 | 1379,06 | 39,45% |
| Malo (Muy deslizante) | < 0,5 | 1269,91 | 36,33% |
| Total | | 3 495,50 km | |

* Según clasificación internacional

Distribución General de las Categorías de GRIP Number - ERVN2020

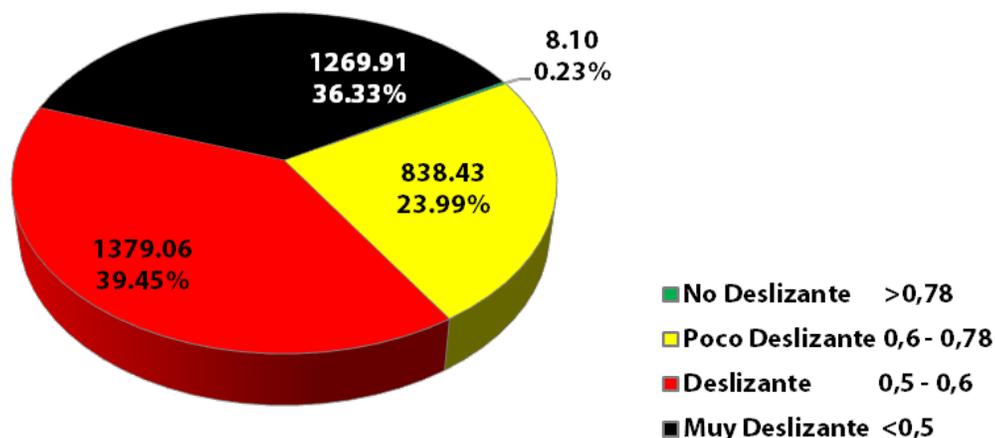


Figura 10. Condición del agarre superficial según el ensayo de GRIP Tester

Se puede apreciar que la condición **No deslizante** (> 0.78) se presenta solamente en 8,10 km. Cerca de 838,43 km, presentan una condición **Poco deslizante** (0.6-0.78). En cuanto a los pavimentos deslizantes (0.5-0.6) se acumulan 1 379,06 km. Con una alta probabilidad de presentar condiciones peligrosas para el frenado de los vehículos en presencia de agua se contabilizan cerca de 1 269,91 km.

1.5.3 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.

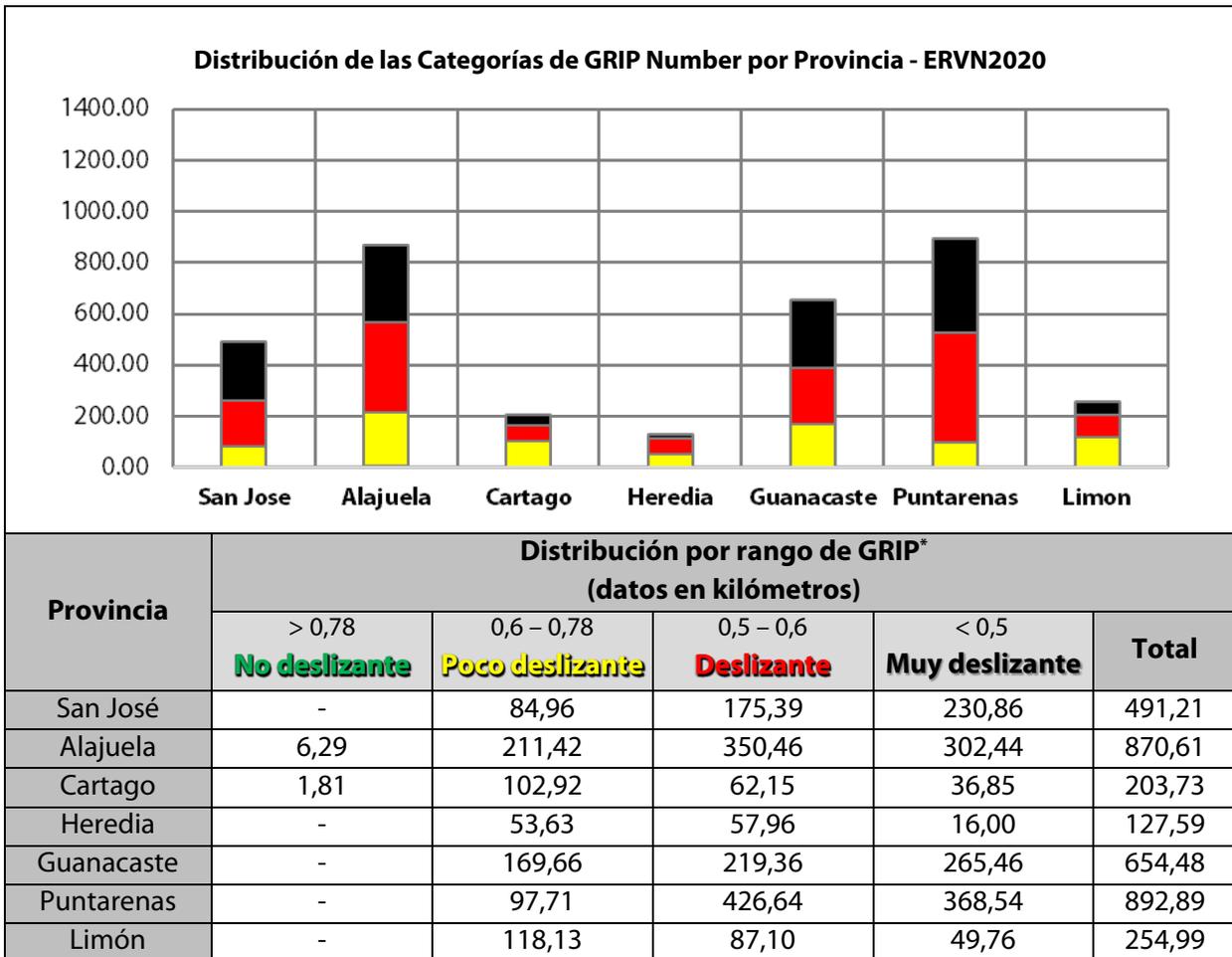


Figura 11. Estado de la Red Vial por provincias según el ensayo de GRIP

Cartago y Heredia presentan la menor cantidad de kilómetros evaluables, 203,73 km y 127,59 km. El resto de las provincias (con excepción de Limón) por temas de dimensión territorial o densidad de carreteras presentan 400 km o más evaluados en el presente informe. Porcentualmente Cartago presenta un 50,5% de condiciones **Poco deslizantes**; adicionalmente, las provincias de Heredia y Limón presentan un 42,0% y un 46,6% de condiciones **Poco deslizantes** respectivamente mientras que el resto de las provincias en forma porcentual presentan el 30,0% o menos de su red vial en condiciones **No deslizantes** o **Poco deslizantes**. La provincia de Alajuela presenta la mayor cantidad de kilómetros evaluados con 870,61 km, sin embargo, el 75,0% de su red vial presenta condiciones **Deslizantes** o **Muy deslizantes** al momento de la medición, estos resultados deben ser analizados con detenimiento para definir estrategias adecuadas para su atención.

1.5.4 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.

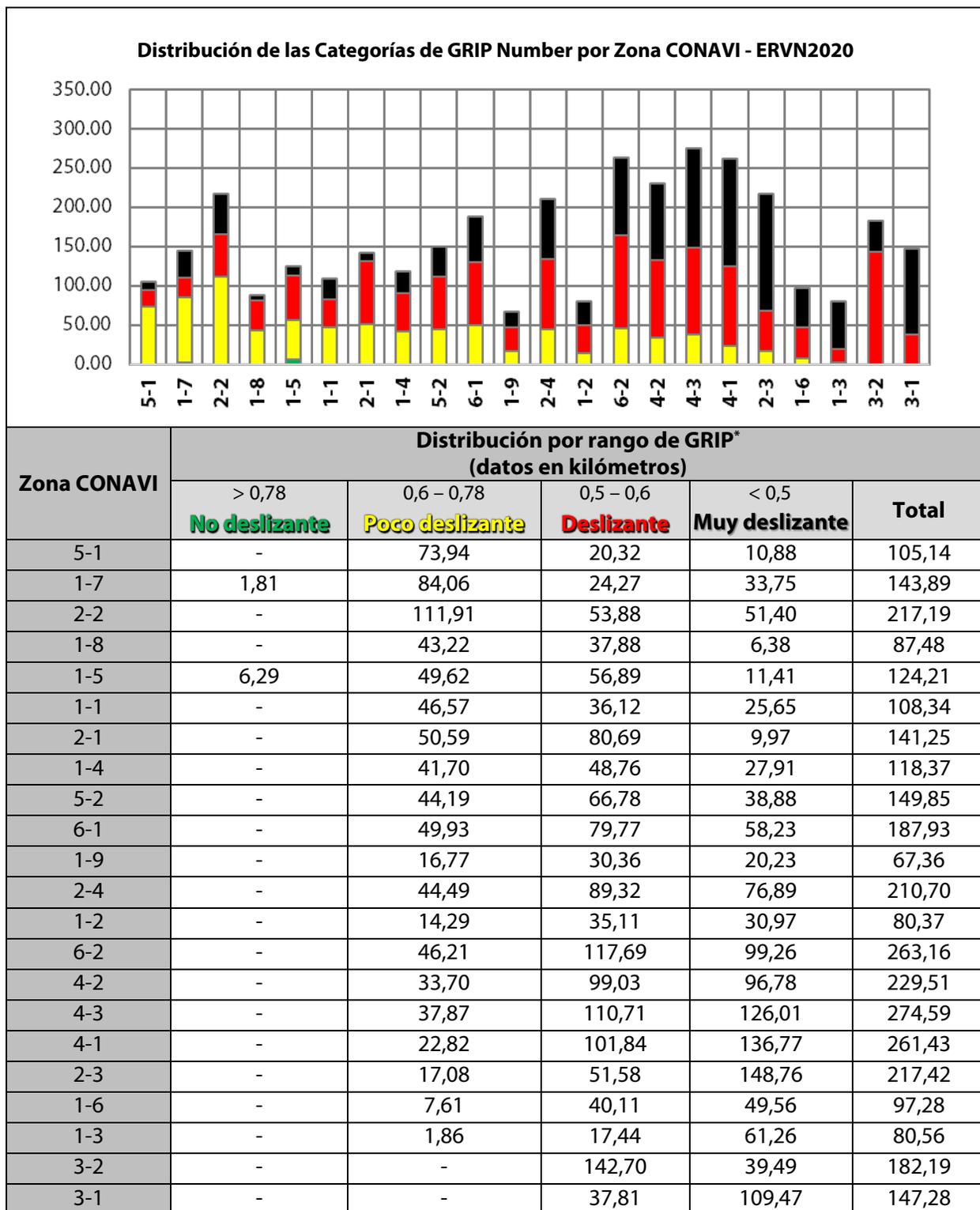


Figura 12. Estado de la Red Vial por zona CONAVI según el ensayo de GRIP

1.5.5 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.

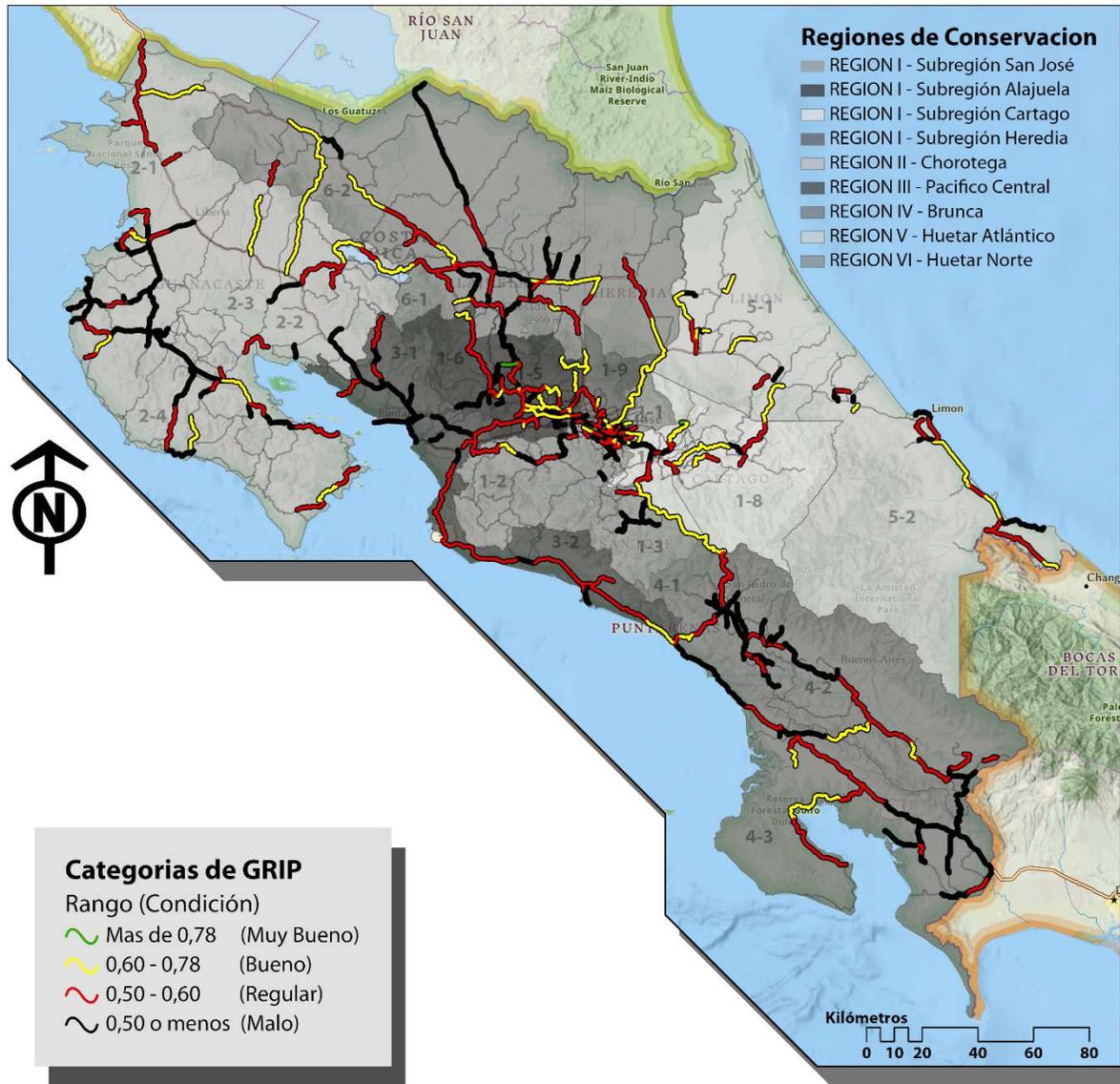


Figura 13. Representación SIG del ensayo de GRIP en la Red Vial - ERVN2020

CAPÍTULO 2

ESTRATEGIAS GENERALES DE INTERVENCIÓN RECOMENDADAS - ERVN2020

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 1.2 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, presentadas 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.

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 resistencia al deslizamiento, de acuerdo con los criterios de evaluación y resultados descritos en el 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 cómo 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 | → |
| | | | <i>Bajas</i> | <i>Moderada</i> | <i>Altas</i> | <i>Muy altas</i> |
| 5 000 - 15 000 | | ← | 70,8 | 83,3 | 112,9 | → |
| | | | <i>Bajas</i> | <i>Moderada</i> | <i>Altas</i> | <i>Muy altas</i> |
| 15 000 - 40 000 | | ← | 59,2 | 69,4 | 95,2 | → |
| | | | <i>Bajas</i> | <i>Moderada</i> | <i>Altas</i> | <i>Muy altas</i> |
| Casos Especiales | | ← | 48,5 | 57,6 | 80,8 | → |
| | | | <i>Bajas</i> | <i>Moderada</i> | <i>Altas</i> | <i>Muy altas</i> |

| INDICADOR ESTRUCTURAL | | | Categorías de Deflexión | | | |
|-----------------------|--------------------------------|---|-------------------------|-----------|-------|-----------|
| | | | Bajas | Moderadas | 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 Deficiente | → | Q4 | Q7 | Q9 | R-3 |
| | > 6,4 Muy deficiente | → | 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 del 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 rueda 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, son propensos a deteriorarse en 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. Para estos casos 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 más costosas 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 2020-2021 en la Figura 15.

Tabla 9: Resultados de las Notas de Calidad para la Red Vial - ERVN2020

| Nota de Calidad | Longitud (km) | Porcentaje (%) | Cantidad de secciones de control |
|-----------------|--------------------|----------------|----------------------------------|
| Q1 | 592,37 | 11,00% | 53 |
| Q2 | 2 789,90 | 51,82% | 367 |
| Q4 | 1 038,91 | 19,30% | 196 |
| Q5 | 53,25 | 0,99% | 16 |
| Q7 | 90,44 | 1,68% | 23 |
| Q8 | 63,33 | 1,18% | 21 |
| Q9 | 103,01 | 1,91% | 30 |
| M-RF | 314,05 | 5,83% | 75 |
| RH-RF | 98,49 | 1,83% | 27 |
| R-2 | 12,67 | 0,24% | 3 |
| R-3 | 127,51 | 2,37% | 34 |
| NP | 99,88 | 1,86% | 19 |
| Total | 5 383,81 km | | 864 |

La clasificación de la red vial por las notas de calidad revela una red vial que concentra un 62,8% en las categorías Q1 y Q2, un 20,3% en las notas Q4 y Q5, un 4,8% en las notas Q7, Q8 y Q9, un 7,6% en las notas M-RF y RH-RF; un 4,5% en las notas R-2, R-3 y NP.

La caracterización y monitoreo por sección de control permite mejorar el diagnóstico de la Red Vial Nacional. Empleando una gestión integral de mantenimiento, la Administración podría usar estos datos no solo para conocer la condición de la Red Vial sino para controlar la evolución de esta.

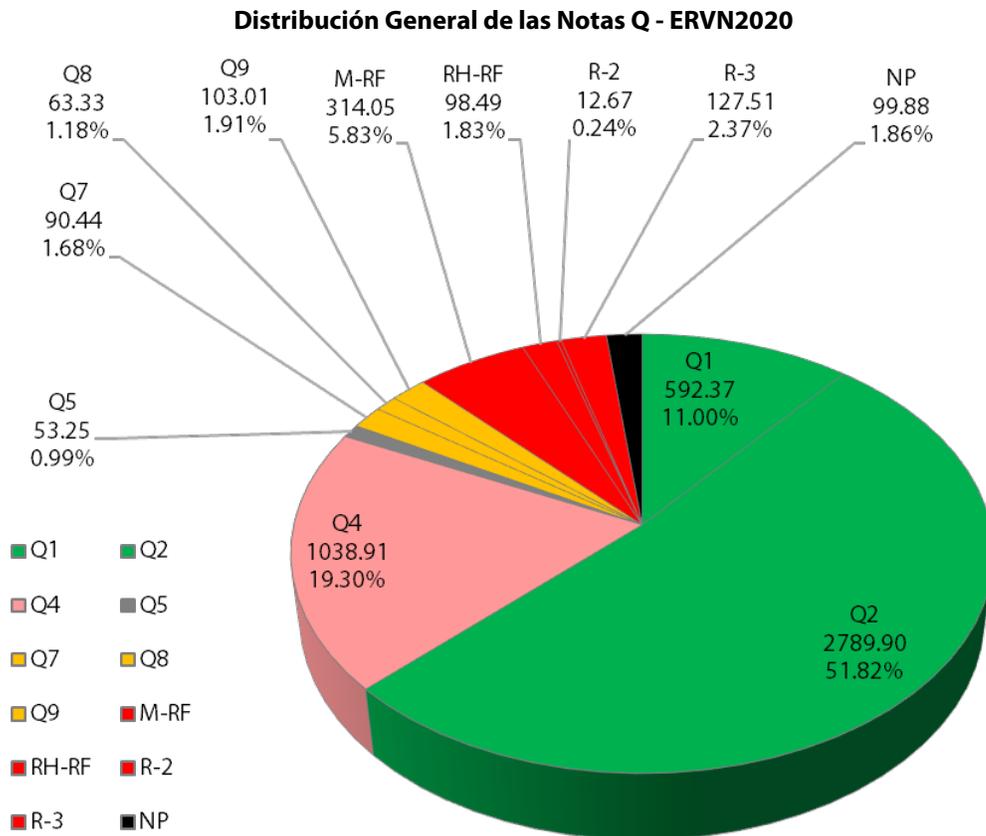


Figura 15. Notas de calidad, longitud en kilómetros y porcentaje para la Red Vial

En la Figura 16 se distribuye esta misma información por provincias. De los kilómetros de Red Vial Nacional pavimentada por provincia se puede observar que:

- Las notas **Q1** y **Q2** se concentran en las provincias de Alajuela, Guanacaste y Puntarenas con 2 374,74 km equivalentes al 70,2% de los 3 382,27 km que presentan esa condición.
- Las notas **Q4** y **Q5** presentan 1 092,16 km, donde las provincias de San José, Alajuela y Cartago acumulan el 66,9% de esa extensión.
- Para las notas **Q7**, **Q8** y **Q9** se tiene una extensión de 256,78 km, donde el 72,1% de esta extensión se encuentra en San José, Alajuela y Guanacaste.
- La agrupación de las notas **M-RF**, **RH-RF** genera una extensión de 412,54 km de los cuales 307,99 se reparten entre San José, Alajuela y Cartago.
- Las condiciones de mayor deterioro se agrupan en las notas **R-2**, **R-3** y **NP** en una extensión de 240,06 km, el 79,7% de esta extensión se presenta en San José, Alajuela y Guanacaste.

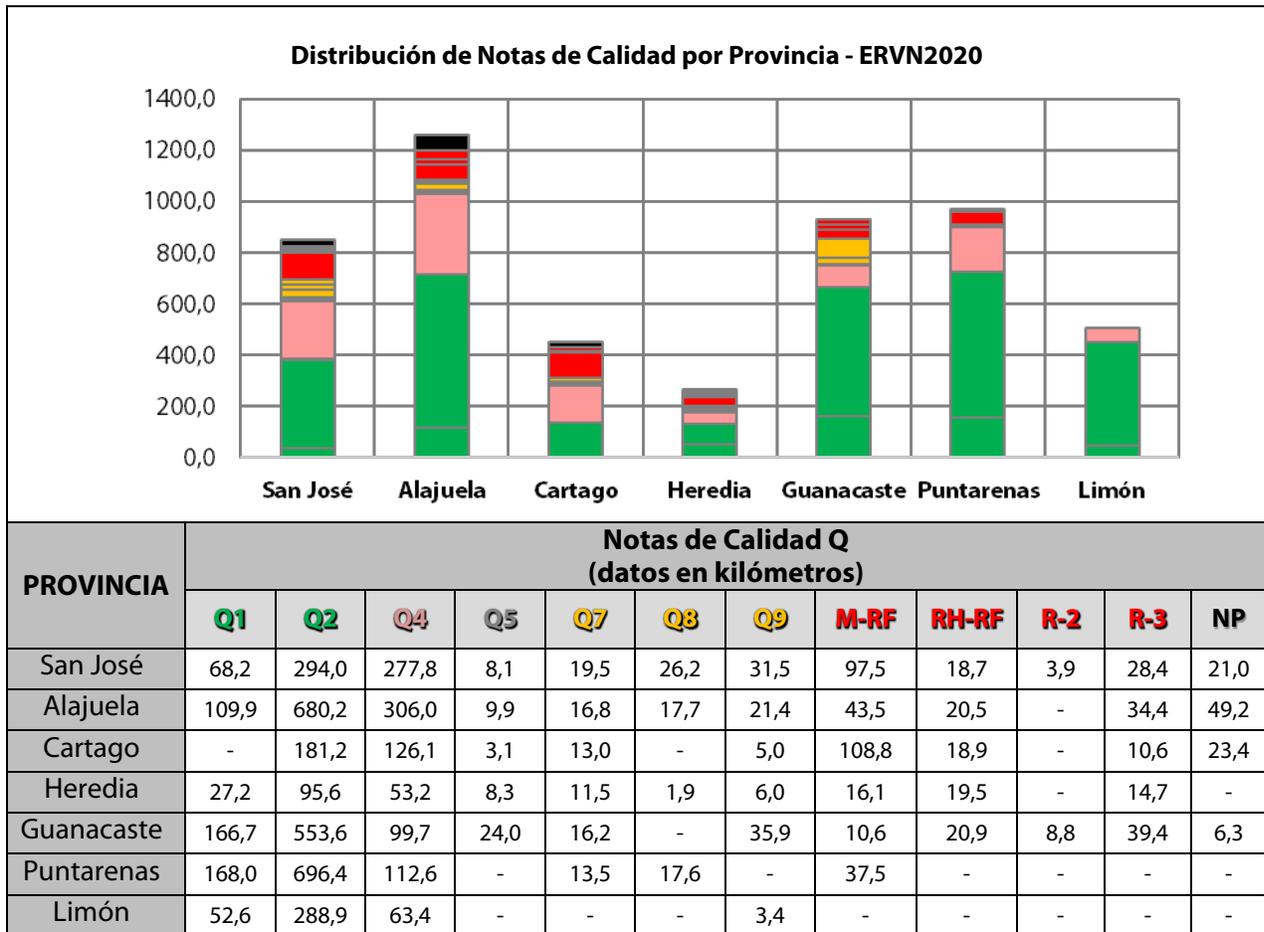


Figura 16. Notas Q por provincias para la Red Vial

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 1.2, la inversión realizada corresponde con la Licitación Pública 20009LN-000003-CV, las contrataciones directas definidas en el contrato 2014CD-000140-0CV00, el contrato 2014LN-000016-0CV00, 2014LN-000017-0CV00 y 2014LN-000018-0CV00. 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.

Distribución de Notas de Calidad por Zona CONAVI – ERVN2020

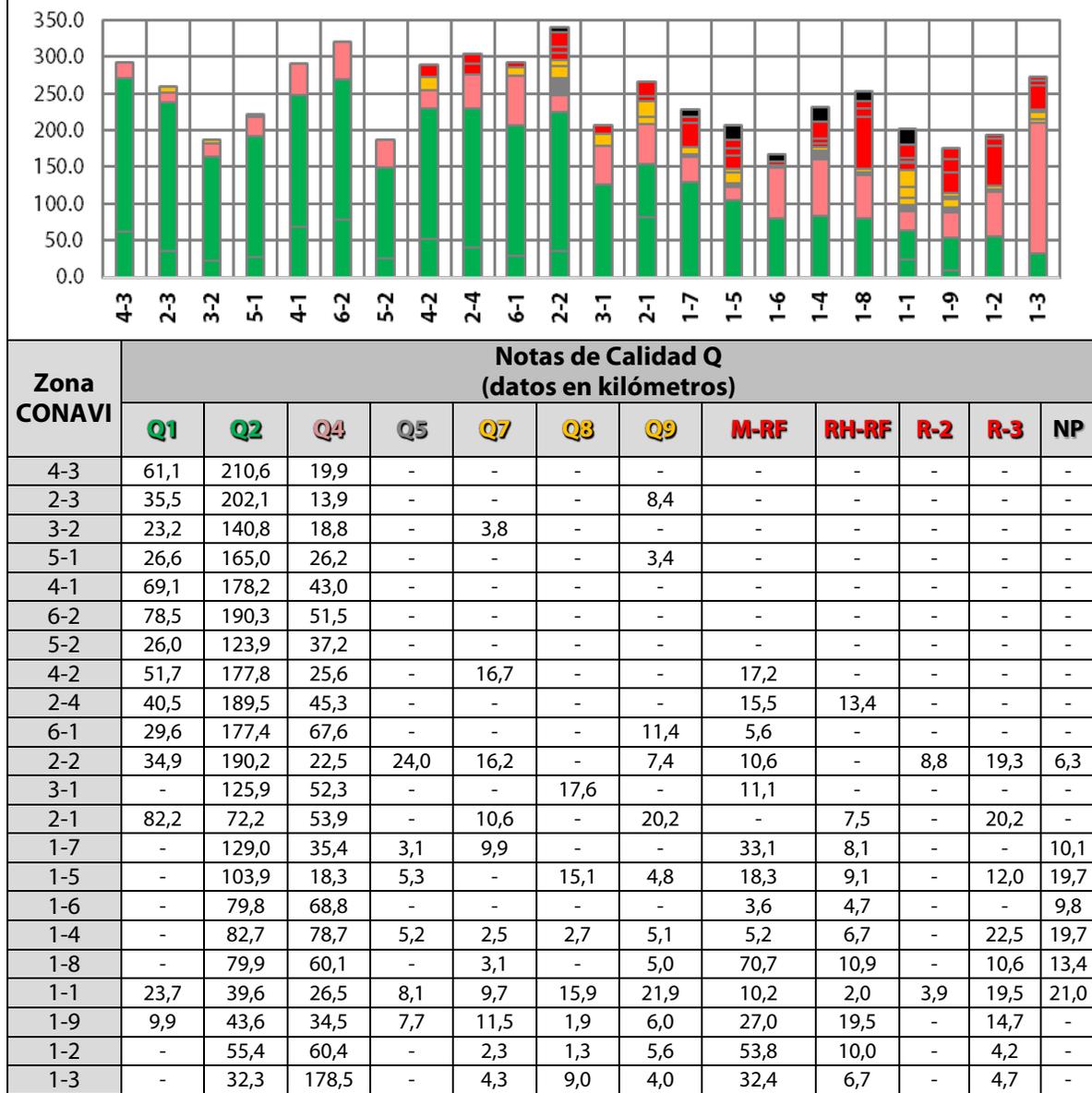


Figura 17. Notas de calidad por Zona CONAVI

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.

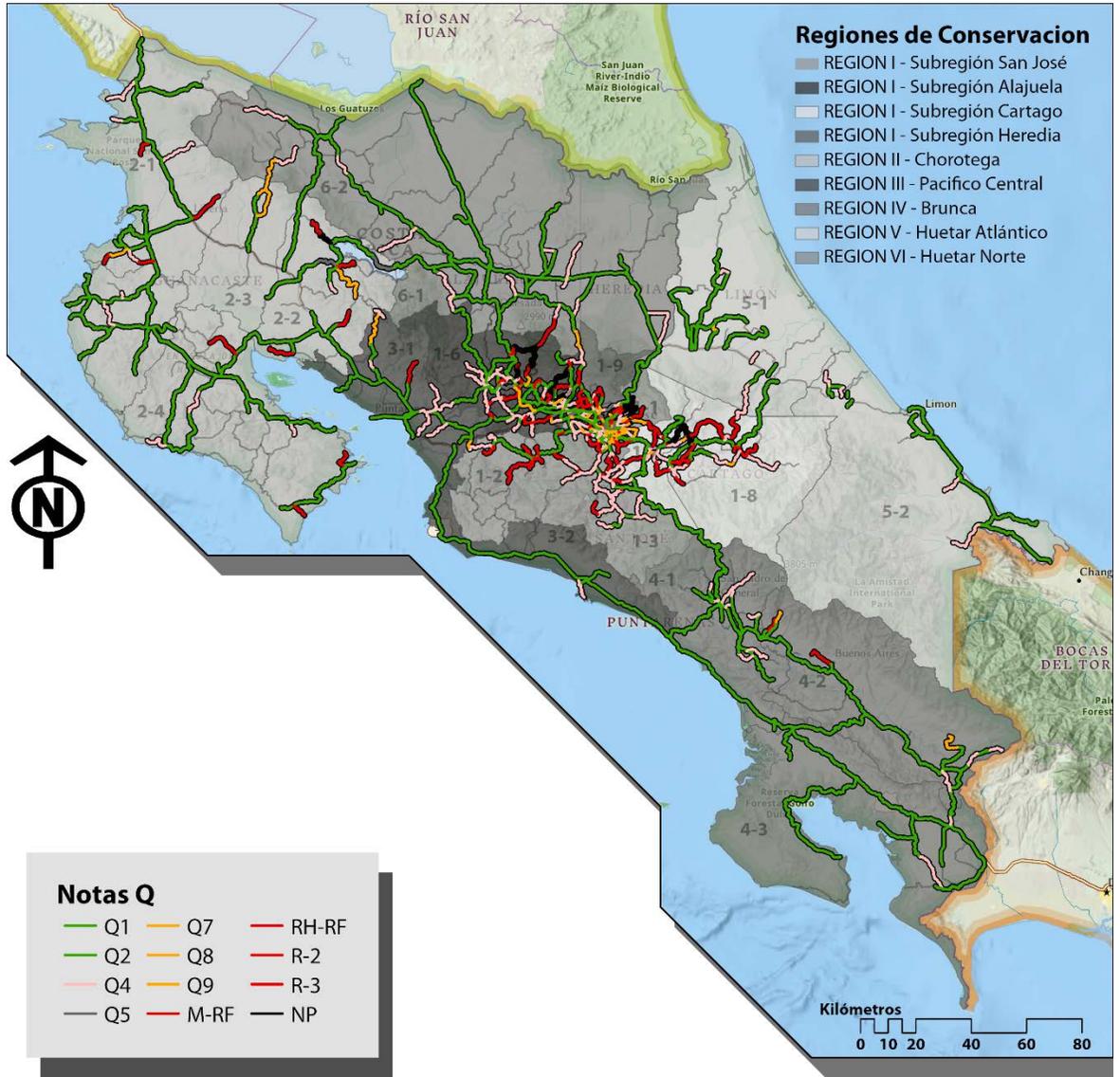


Figura 18. Mapa de distribución de las notas Q por Zona de Conservación Vial

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.

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
- Análisis a nivel de proyecto
- Rehabilitación mayor
- Mantenimiento de recuperación funcional
- Rehabilitación menor
- 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 adicional 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 a nivel de proyecto y auscultación complementaria con el fin de definir la 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 período 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 períodos 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 período de diseño. 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 con el esquema de la Figura 19, con el fin de identificar aquellas secciones de control que sean candidatas a los distintos tipos de intervención.

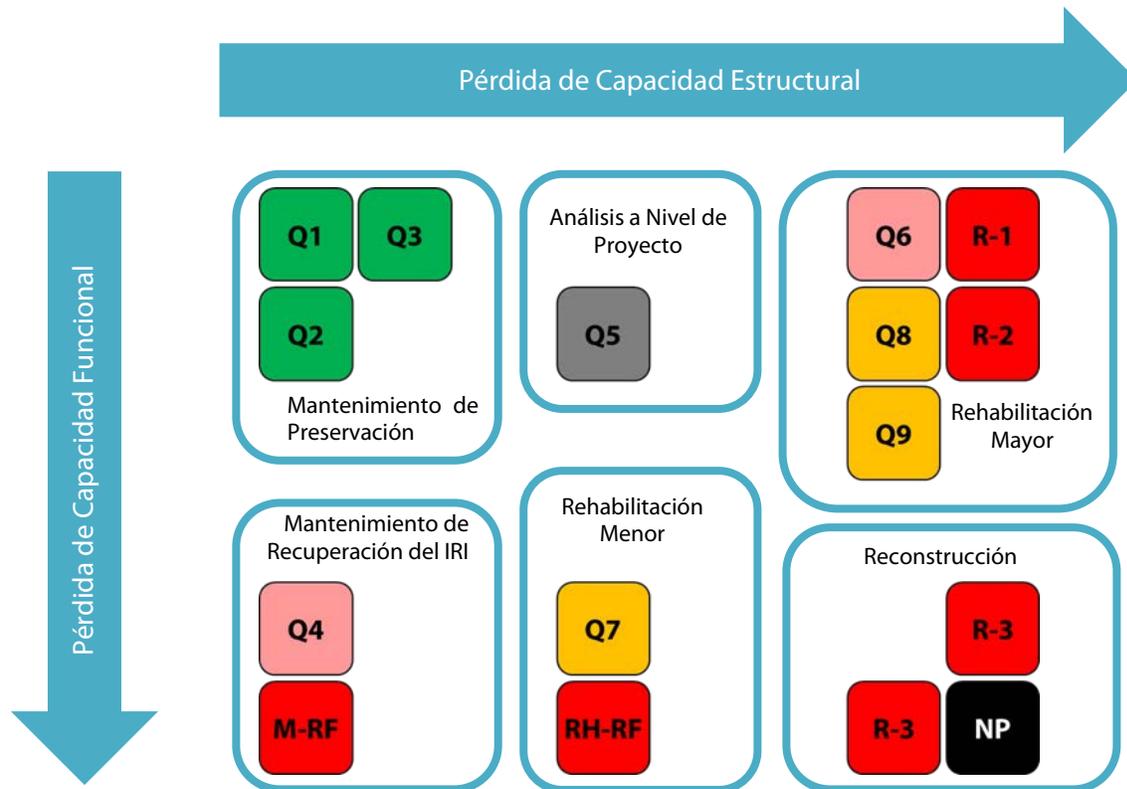


Figura 19. Agrupación de las notas de calidad para definición de estrategias generales de intervención (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2011)

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

1. La ventana de operación de **Conservación Vial** (notas **Q1, Q2, Q3, Q4** y **M-RF**), las notas Q de esta ventana 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 2019 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 333,55 km equivalentes a un 6,37% 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 abarca la **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 esquemática de las distintas notas de calidad dentro de una representación del modelo de deterioro de una carretera en función del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI por sus siglas en inglés).

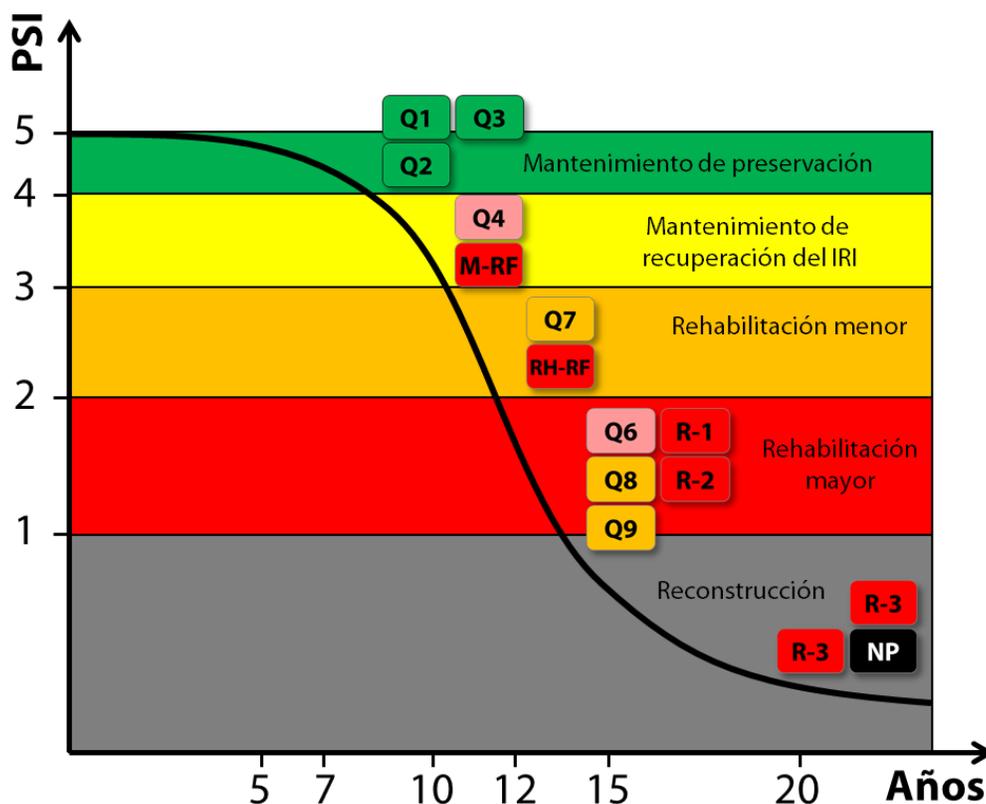


Figura 20. Esquema de Notas de Calidad distribuidas en función de las ventanas de generales de operación (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2013)

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 - ERVN2020

| Recomendación de Estrategia de Intervención General Campaña de Evaluación de la Red Vial Nacional 2016-2017 | Longitud (km) | Porcentajes (%) |
|--|--------------------|-----------------|
| Mantenimiento de preservación | 3 382,27 | 62,82% |
| Mantenimiento de recuperación del IRI | 1 352,96 | 25,13% |
| Análisis a nivel de proyecto | 53,25 | 0,99% |
| Rehabilitación menor | 188,93 | 3,51% |
| Rehabilitación mayor | 179,01 | 3,32% |
| Reconstrucción | 227,39 | 4,22% |
| TOTALES | 5 383,81 km | |

Recomendación de Estrategias Generales de Intervención - ERVN2020

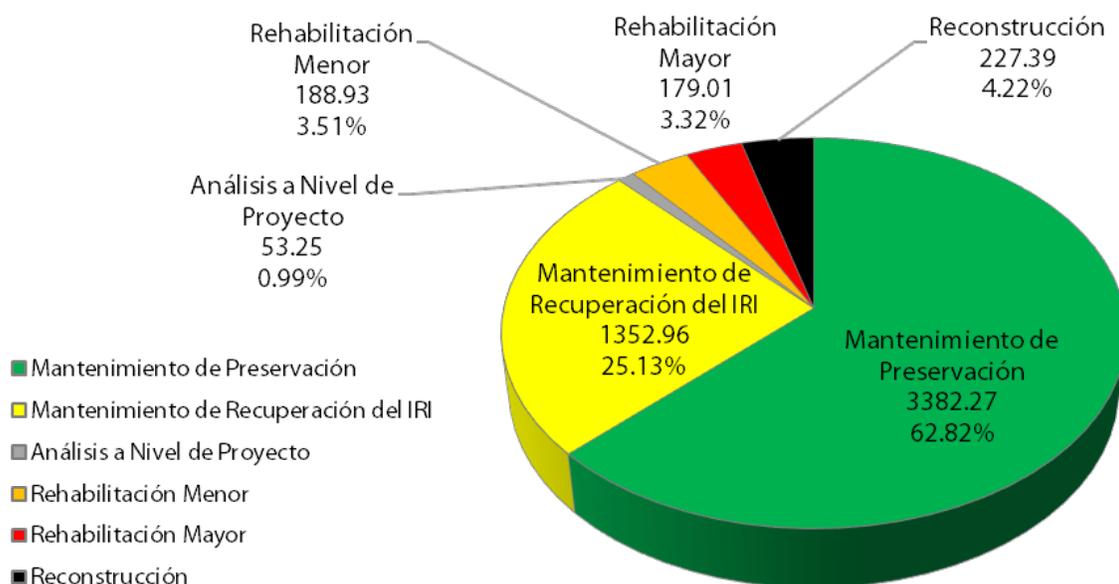


Figura 21. Estrategias de intervención para la Red Vial Nacional

Para la ERVN2020 los resultados revelan una red vial con alto porcentaje de secciones candidatas a intervenciones de mantenimiento de preservación (62,82%) 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 25,13% que son candidatos a intervenciones de **Mantenimiento de recuperación del IRI**, 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. Por último, las labores de **Rehabilitación menor**, **Rehabilitación mayor** y **Reconstrucción** suman aproximadamente un 12,0% de las rutas nacionales.

El panorama general indica que un 87,9% de la Red Vial evaluada se encuentra en la ventana de **Conservación Vial**. El análisis de los informes anteriores, así como la integración del escenario actual permiten calibrar las estrategias a nivel de red por parte de la Administración. La información de las estrategias de intervención, representadas por provincia, se muestran en la Figura 22.

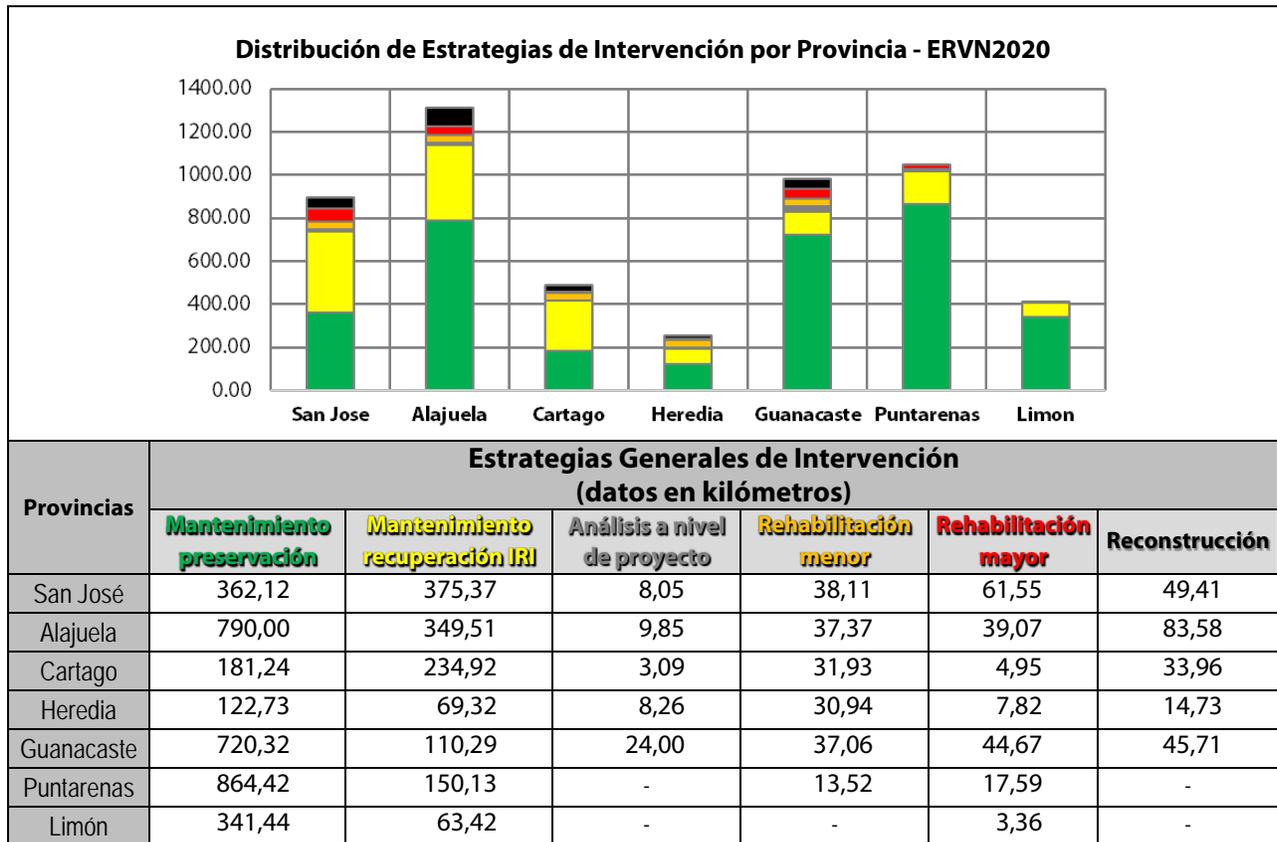


Figura 22. Estrategias de intervención para la Red Vial Nacional distribución por provincias

La provincia de Limón, sin contabilizar el tramo en construcción de la Ruta 32, presenta un 99% de su extensión en la ventana de mantenimiento en los 408,22 km evaluados. Otra provincia que presenta condiciones similares es Puntarenas, de los 1 045,66 km que fueron evaluados solo el 3,0% requieren actividades de rehabilitación, mientras que las actividades de **Mantenimiento de preservación** (864,42 km) o **Mantenimiento de recuperación de IRI** (150,13 km) abarcan el restante 97,0%. En general el resto de las provincias califican para actividades de mantenimiento en no menos del 80% de su extensión, con la excepción de la provincia de Heredia con un 75,7% de su extensión que califica para actividades de mantenimiento en los 253,80 km evaluados.

En la ventana de rehabilitación, cada provincia presenta extensiones entre el 2 - 12% de la red vial de cada provincia, con excepción de Limón. En este escenario de rehabilitación se pueden enfatizar las longitudes totales de las provincias de San José, Guanacaste y Alajuela que presentan estas condiciones en 99,66 km, 81,73 km y 76,44 km respectivamente.

Al respecto los tramos candidatos para **Reconstrucción**, representan entre el 4 - 7% de la red vial de cada provincia, con excepción de Limón y Puntarenas. En cantidad de kilómetros totales Alajuela presenta 83,58 km de su red vial donde los indicadores sugieren **Reconstrucción**.

En la Figura 23, se procede a mostrar la distribución 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:

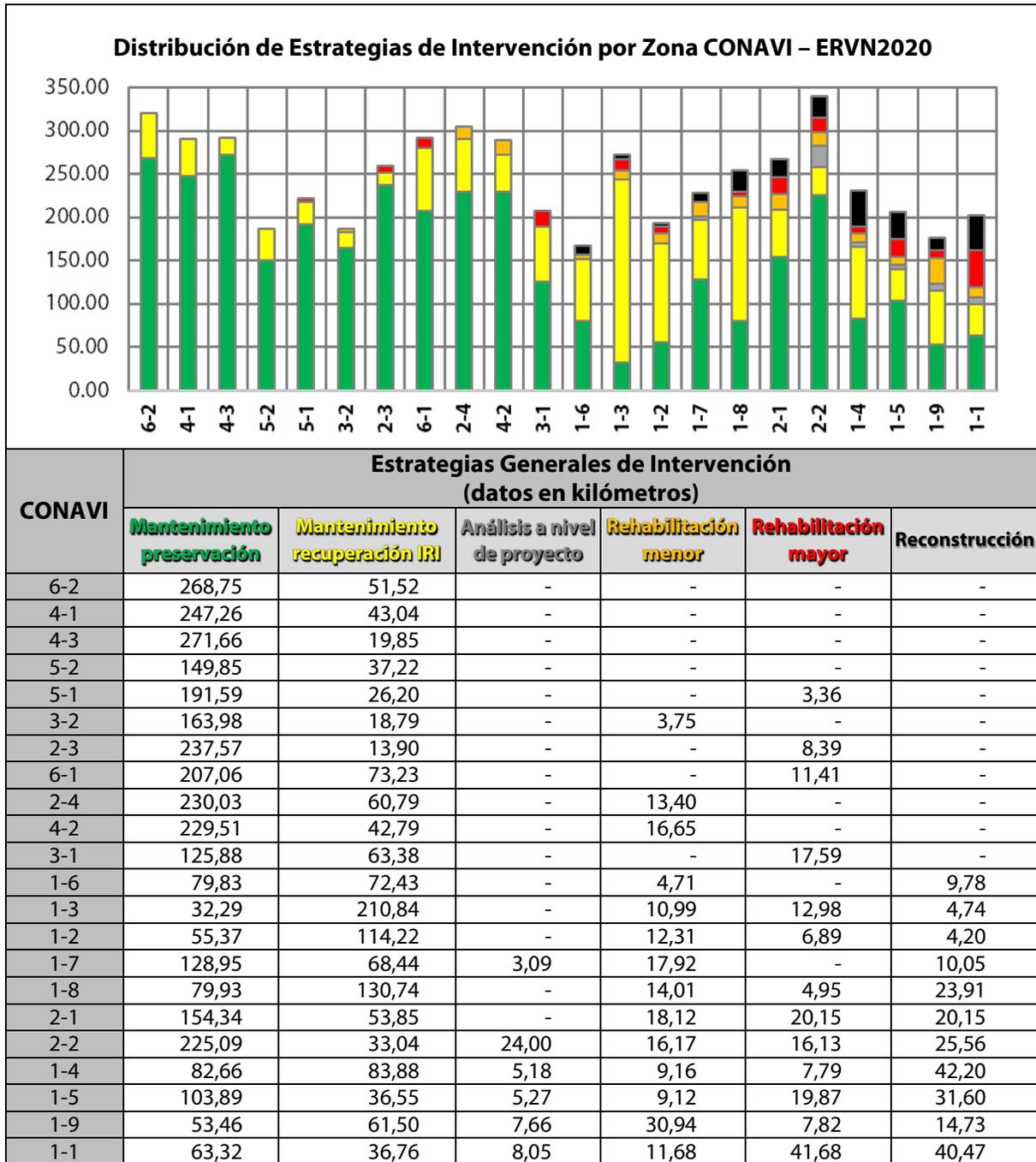


Figura 23. Distribución de estrategias por Zonas del CONAVI

Este análisis de la información está orientado a establecer la condición de las unidades geográficas, empleadas en los distintos contratos de Conservación, brindando una herramienta de gestión a la Administración que sirva como sustento en la definición de 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 los resultados de la ERVN2020 se tienen los siguientes resultados:

- En las Zonas de Conservación 6-2, 4-1, 4-3 y 5-2, el 100% de las actividades requeridas se orientan a las estrategias de la ventana de *Mantenimiento*.
- Las zonas 5-1, 3-2, 2-3, 6-1, 2-4, 4-2, 3-1, 1-6, 1-3, 1-2, 1-7 y 1-8, requieren estrategias de la ventana de Mantenimiento en extensiones que abarcan entre el 80 – 99% de su Red Vial.
- Las labores de Rehabilitación y Reconstrucción se concentran en las Zonas 2-1, 2-2, 1-4, 1-5, 1-9 y 1-1, donde cada zona requiere este tipo de estrategias en un 17 – 47 % de su Red Vial.

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 con la condición específica de cada sección de la carretera.

Se puede esperar que aquellos tramos que califiquen para **Reconstrucción** requieran intervenciones costosas, donde las actividades pueden incluir sustitución o reparación en las diversas capas estructurales, por pérdida de capacidad estructural, para ambos casos se requiere la colocación de una capa de asfáltica que asegure una buena condición funcional, para restablecer los tramos a una **condición óptima**. Por otro lado, normalmente las actividades requeridas para atender en forma óptima los tramos de Reconstrucción, se salen del *alcance de los contratos de mantenimiento* y pueden consumir un alto porcentaje de los recursos pactados para una Zona de Conservación. Las actividades de conservación, a ejecutar en estos casos, deben asegurar la transitabilidad y la seguridad vial mientras se establecen paquetes de inversión específicos, que puedan atender estos tramos sin comprometer la asignación de recursos de los contratos de Conservación y Mantenimiento.

Otra aclaración de este apartado está relacionada con el concepto de Estrategia de Intervención General, donde dos tramos de vía, aunque sean calificados como candidatos para ser intervenidos por el mismo tipo de estrategia, por ejemplo, **Mantenimiento de preservación**, deben ser analizados de forma independiente ya que las actividades de mantenimiento que requieran

los tramos puede diferir completamente entre sí. Es decir, un tramo podría requerir de un *perfilado y sobrecapa* y el otro de un *sellado de grietas*, siendo ambas actividades de mantenimiento.

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.

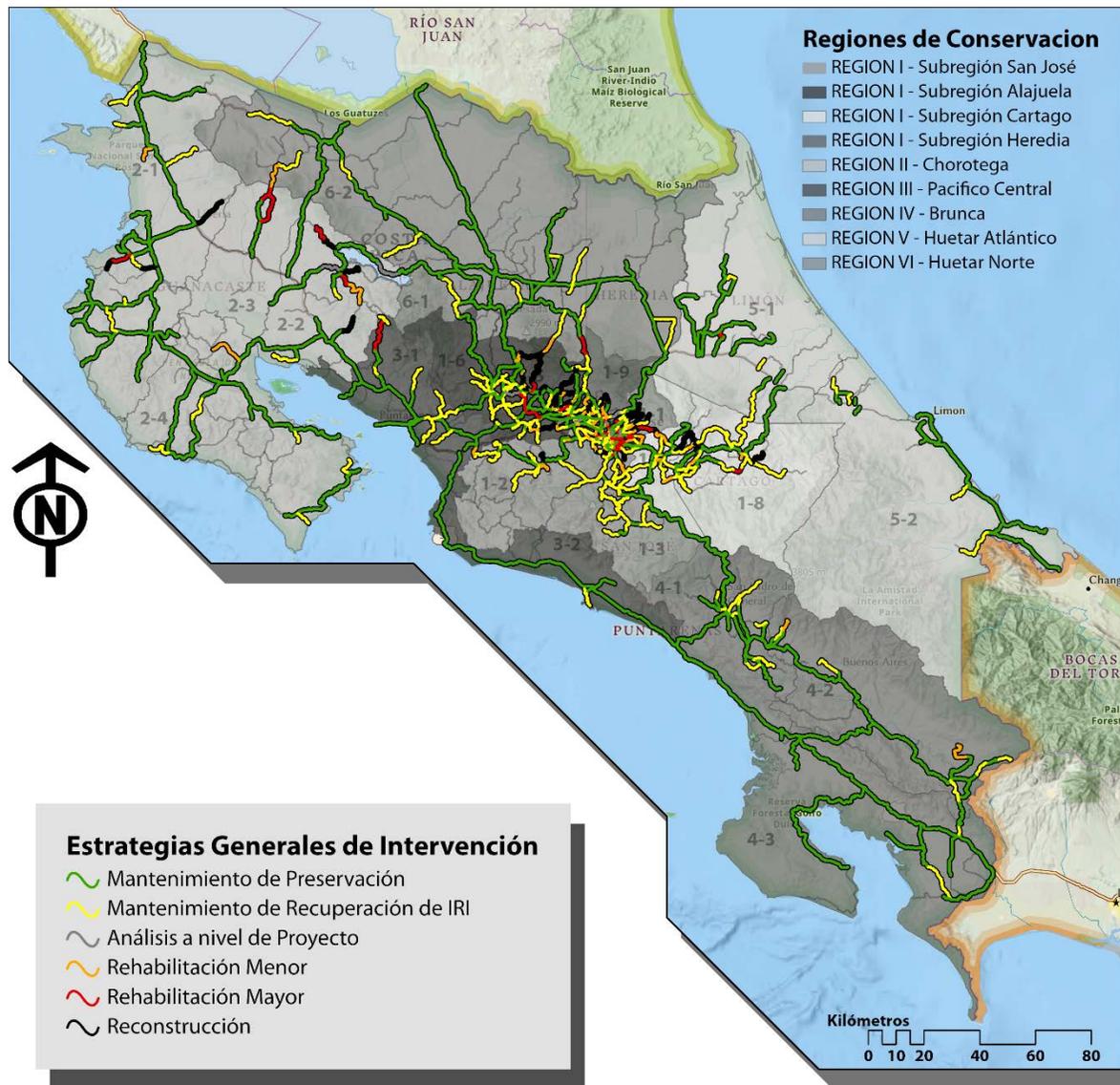


Figura 24. Mapa de distribución de estrategias de intervención por Provincia

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.

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 muestran en la Figura 25.

| Condición por Agarre Superficial según el GripNumber | | Posibilidades de Intervención en función de la Nota Q | | |
|--|------------|---|------------------------------------|---|
| | | Q1 | Q2 | Q3 |
| No deslizante | > 0,78 | N.I. | N.I. | SS ChS1 (TS1) |
| Poco deslizante | 0,6 - 0,78 | N.I. | SS ChS1 (TS1) | ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) |
| Deslizante | 0,5 - 0,6 | SS ChS1 (TS1) | ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) | ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) Slurry |
| Muy deslizante | < 0,5 | ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) Slurry | ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) Slurry | ChS2 (TS2) ChS3 (TS3) Slurry Micropavimentos |

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**. Del total de kilómetros evaluados con el Grip Tester, tenemos 3 382,27 km, equivalentes al 62,8% de la Red Vial Nacional Evaluada, que coinciden con las secciones de control que califican para **Q1**, **Q2** y **Q3**, en estos casos las *Recomendaciones de Intervención* pueden integrar aspectos adicionales de intervención con el fin de mejorar el agarre superficial, resultados que se muestran en la Figura 26.

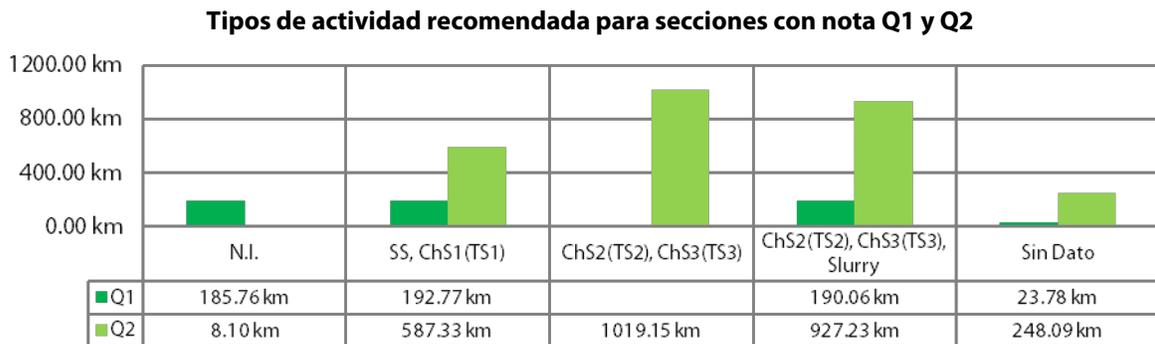


Figura 26. Recomendaciones de intervención para atender los distintos niveles de peligrosidad ante carreteras deslizantes. Distribución entre Q1 y Q2

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

INVERSIÓN EN MANTENIMIENTO - ERVN2020

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 1.2 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 se presentaron las Licitaciones 2014LN-000016-OCV00, 2014LN-000017-OCV00 y 2014LN-000018-OCV00. Las empresas que realizaron trabajos entre enero del 2018 y diciembre del 2019 se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11: Distribución de Contratistas por Zona de Conservación Vial y Licitación

| Zona | Contratos de Conservación | | |
|------|-------------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | 2014LN-000016-OCV00 | 2014LN-000017-OCV00 | 2014LN-000018-OCV00 |
| 1-1 | Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A. | Hernán Solís S.R.L | MECO |
| 1-2 | 3-101-553488 Sociedad Anónima | MECO | MECO |
| 1-3 | Inversiones Solano y Camacho S.A. | Hernán Solís S.R.L | Hernán Solís S.R.L |
| 1-4 | Juan Carlos Cubero Arias | Hernán Solís S.R.L | Hernán Solís S.R.L |
| 1-5 | En proceso de apelación | Hernán Solís S.R.L | Hernán Solís S.R.L |
| 1-6 | ALSO FRUTALES S.A. | Hernán Solís S.R.L | Hernán Solís S.R.L |
| 1-7 | CONTRAOLASA S.A. | MECO | Hernán Solís S.R.L |
| 1-8 | Albin Gerardo Thames Rojas | Hernán Solís S.R.L | Hernán Solís S.R.L |
| 1-9 | ALSO FRUTALES S.A. | MECO | MECO |
| 2-1 | ALSO FRUTALES S.A. | Hernán Solís S.R.L | Hernán Solís S.R.L |
| 2-2 | ALSO FRUTALES S.A. | Hernán Solís S.R.L | Hernán Solís S.R.L |
| 2-3 | FRESA FRESCA S.A. | Hernán Solís S.R.L | MECO |
| 2-4 | FRESA FRESCA S.A. | MECO | MECO |
| 3-1 | SR. Olivier Cubero Arias | Hernán Solís S.R.L | Hernán Solís S.R.L |
| 3-2 | Cesar Jiménez Cubero | Hernán Solís S.R.L | Hernán Solís S.R.L |
| 4-1 | Trabajos y Mantenimiento Trejos S.A | MECO | <i>Quebradores del Sur</i> |
| 4-2 | Ana Lorena Chaves Rivera | MECO | <i>Quebradores del Sur</i> |
| 4-3 | Trabajos y Mantenimiento Trejos S.A | MECO | MECO |
| 5-1 | Constructora Mary José S.A. | MECO | MECO |
| 5-2 | Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A. | MECO | MECO |
| 6-1 | Adrián Solano Rodríguez | MECO | MECO |
| 6-2 | Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A. | Constructora Herrera S.A. | MECO |

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 con la menor cantidad de recursos posibles, dentro de la ventana de operación de mantenimiento. 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 representan una inversión eficaz ni 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.

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. Empleando la herramienta informática denominada SIGEPRO, desarrollado por el CONAVI a fin de mejorar algunos de los elementos contables y de gestión, se logra un mejor control de los procesos relacionados con las estimaciones.

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.
- El tema de facturas de reajustes de precios se encuentra fuera del alcance del análisis actual de estimaciones.
- 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.

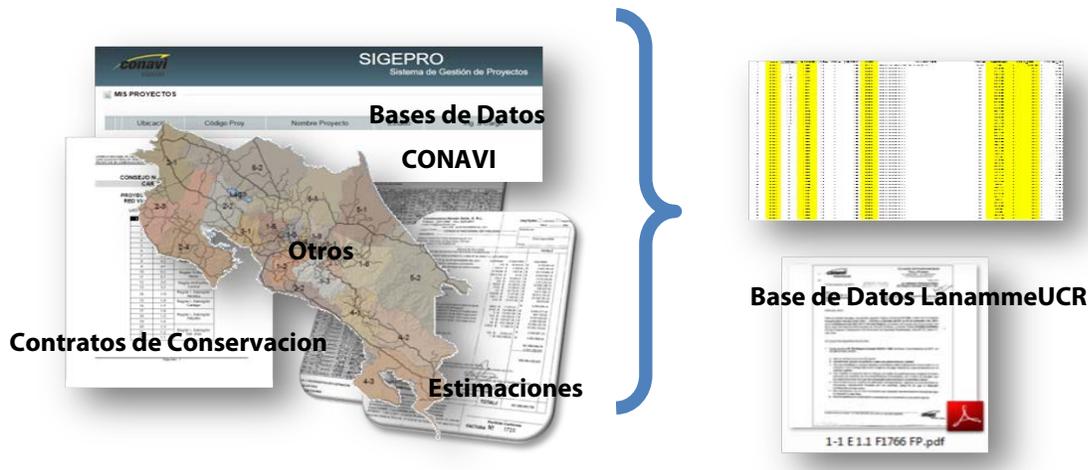


Figura 27. Esquema de insumos y productos básicos del procesamiento de estimaciones

Para el presente informe se procesaron 1456 estimaciones de pago, en un período que abarca 3 contrataciones simultáneas, con el análisis de inversiones entre enero del 2018 y diciembre del 2019, se procesó la información correspondiente y el monto derivado del procesamiento de esta información ronda los **₡ 211 510,32 millones** para la ERVN2020, como algunos ítems como el CR.110.06 que corresponden a Trabajo a costo más porcentaje no se pueden asociar a una zona de conservación, solo se pueden distribuir geográficamente cerca de **₡208 984,49 millones**.

Para la ERVN2018 las inversiones analizadas, comprenden el período entre enero del 2016 y diciembre del 2017, la cantidad de estimaciones de obra vial analizadas equivalen a 979. Los contratos 2014CD-000140-0CV00, 2014LN-000016-0CV00, 2014LN-000017-0CV00 y finalmente el 2014LN-000018-0CV00, era los compromisos vigentes en este período de tiempo. El monto de inversión de las actividades de mantenimiento de la ERVN2018 rondaba los **₡ 177 673,08 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 período comprendido entre enero del 2016 y diciembre del 2017 correspondientes a la ERVN2018. La Tabla 13 se asocia con la presente evaluación con la sigla ERVN2020, 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: Montos inversión por Zona CONAVI, Enero 2016 a Diciembre 2017 – ERVN2018

| Contrato | Fondo | Mes Inicial | Mes Final | Monto Inversión |
|---------------------------------|-------|----------------|----------------|--------------------------|
| 2014CD-000140-0CV00 | Peaje | Enero 2014 | Octubre 2014 | ₡318 424 293 |
| | Vial | Enero 2014 | Octubre 2014 | ₡52 228 250 435 |
| 2014LN-000016-0CV00 | Peaje | Julio 2017 | Diciembre 2017 | ₡140 300 917 |
| | Vial | Abril 2017 | Diciembre 2017 | ₡2 326 520 044 |
| 2014LN-000017-0CV00 | Peaje | Marzo 2017 | Diciembre 2017 | ₡329 813 010 |
| | Vial | Febrero 2017 | Diciembre 2017 | ₡27 374 504 603 |
| 2014LN-000018-0CV00 | Peaje | Noviembre 2017 | Noviembre 2017 | ₡33 889 089 |
| | Vial | Agosto 2016 | Diciembre 2017 | ₡70 735 530 491 |
| Monto Total de Inversión | | | | ₡ 177 665 038 554 |

Fuente: Base de Datos del LanammeUCR modificado del SIGEPRO

La inversión de los años 2016 y 2017 se asocia a 4 contratos de conservación, donde los precios unitarios e ítems de conservación se mantienen invariantes. Por su parte la inversión registrada para la ERVN2020, incluye datos de 3 contrataciones tal como se puede observar en la Tabla 11. Dentro de los principales cambios contractuales se puede citar el cambio de los códigos o nombres de las actividades, en los nuevos contratos, con respecto al contrato 2014CD-00040-0CV00. Otro elemento relevante se presenta con el contrato 2014LN-000018-0CV00 el cual no emplea el formato tradicional de 22 líneas contractuales (1 línea por zona de conservación) y reduce la contratación a 10 líneas, donde cada línea contractual puede agrupar varias zonas de conservación según sea el caso.

Tabla 13: Montos de inversión por Zona CONAVI: Enero 2018 a Diciembre 2019 - ERVN2020

| Estimaciones de Obra Vial | | | | |
|----------------------------------|--------------|--------------------|------------------|------------------------|
| Zona | Fondo | Mes Inicial | Mes Final | Monto Inversión |
| 1-1 | PEAJE | Enero 2018 | Noviembre 2019 | ₡3 455 562 115 |
| | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡9 485 091 206 |
| 1-2 | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡6 280 549 657 |
| 1-3 | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡7 840 678 801 |
| 1-4 | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡6 536 673 067 |
| 1-5 | PEAJE | Enero 2018 | Noviembre 2019 | ₡36 654 889 |
| | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡11 312 919 155 |
| 1-6 | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡3 508 224 768 |
| 1-7 | PEAJE | Enero 2018 | Noviembre 2019 | ₡157 914 594 |
| | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡14 461 865 871 |
| 1-8 | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡9 088 260 002 |
| 1-9 | PEAJE | Enero 2018 | Noviembre 2019 | ₡180 682 529 |
| | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡4 283 940 618 |
| 2-1 | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡10 458 289 291 |
| 2-2 | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡11 279 868 627 |
| 2-3 | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡7 223 946 134 |
| 2-4 | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡8 401 762 067 |
| 3-1 | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡9 007 303 434 |
| 3-2 | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡7 680 863 404 |
| 4-1 | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡8 381 925 194 |
| 4-2 | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡9 398 826 918 |
| 4-3 | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡17 591 401 645 |
| 5-1 | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡6 059 221 571 |
| 5-2 | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡11 753 363 152 |
| 6-1 | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡11 326 385 875 |
| 6-2 | VIAL | Enero 2018 | Diciembre 2019 | ₡13 792 319 812 |
| Total de Peajes | | | | ₡3 830 814 127 |
| Total de Fondo Vial | | | | ₡205 153 680 269 |
| Monto Total de Inversión | | | | ₡208 984 494 396 |

Fuente: Base de Datos del LanammeUCR Modificado del SIGEPRO

3.3.1 Resultados Totales de Inversión

Para el análisis de totales de inversión, se emplean datos de Enero del 2018 hasta Diciembre del 2019, la información analizada corresponde a 1 456 estimaciones. La Figura 28, resume los datos de la Tabla 13 y se contrastan con los datos de inversión de la ERVN2018 resumidos en la Tabla 12.

De la Figura 28, destacan las inversiones de las zonas 4-3, 1-7, 6-2, 1-1, 5-2, 1-5, 6-1, 2-2 y 2-1, donde la inversión supera los ₡ 10 000,00 millones por zona de conservación en la ERVN2020. El resto de las zonas, presentan inversiones cercanas a los ₡ 7 000,00 millones en la ERVN2020.

Montos Totales de Inversión por Zona CONAVI: Enero 2016 - Diciembre 2019

Derivado de Base de Datos de estimaciones LanammeUCR

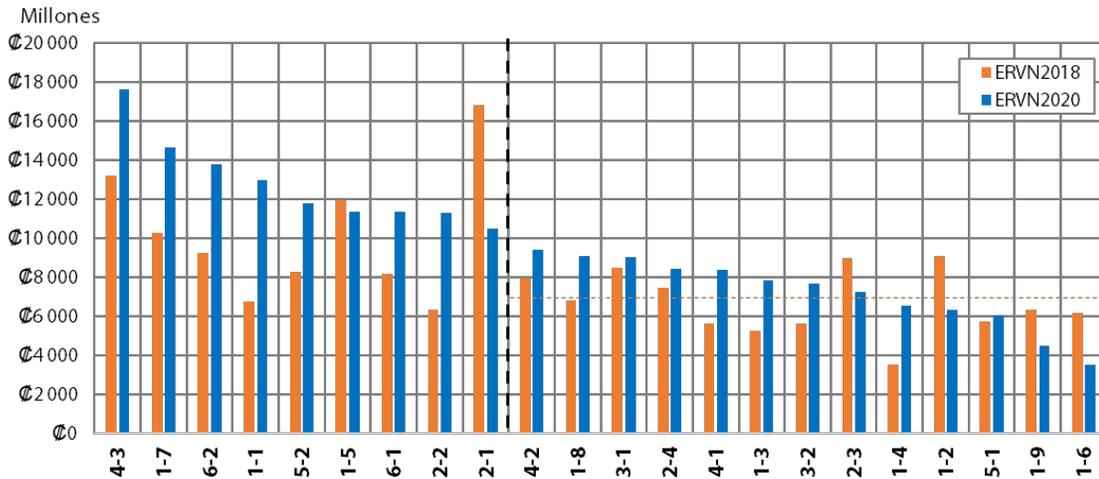


Figura 28. Inversión por Zona de Conservación Vial, Base de Datos del LanammeUCR

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 función de los 4 contratos de conservación presentes en el análisis.

La Figura 29 permite apreciar los 4 contratos empleados para atender la conservación vial desde enero del 2016 hasta diciembre del 2019. La transición entre el contrato 2014CD-000140-0CV00 y su predecesor inmediato, el contrato 2014LN-000018-0CV00, presentan superposición temporal, en la ERVN2020 la contratación 2014CD-000140-0CV00 presenta inversiones marginales o nulas en noviembre y diciembre del año 2017, reactivando inversiones en enero del 2017 hasta octubre del 2017.

De las inversiones que se relacionan con los indicadores de la ERVN2020, destacan los meses de noviembre y diciembre del 2019 con una caída de inversión en las actividades conservación registradas.

Montos de Inversión Totales por mes: Enero 2014 - Diciembre 2017

Derivado de Base de Datos de estimaciones LanammeUCR

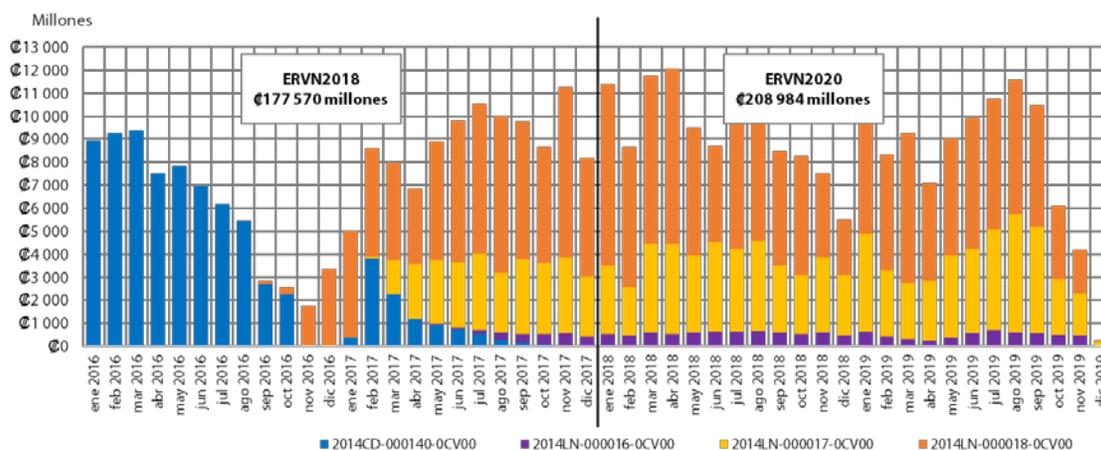


Figura 29. Distribución mensual de la inversión total, Fuente: Base de Datos del LanammeUCR

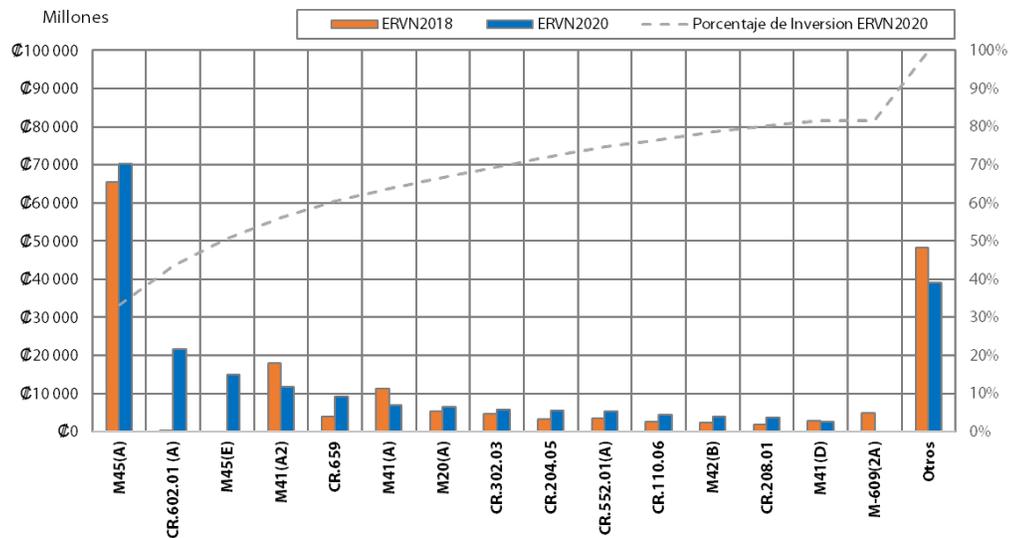
Los 3 contratos de mantenimiento, vigentes en la ERVN2020, plantean la subdivisión en tres subgrupos de actividades mantenimiento, sus nombres se muestran a continuación:

- 2014LN-000016-0CV00 → “MR-I: Mantenimiento Rutinario sin Maquinaria Especializada de la Red Vial Nacional Pavimentada”.
- 2014LN-000017-0CV00 → “MR-II: Mantenimiento rutinario con maquinaria especializada, contingencias y rehabilitación del sistema de evacuación pluvial de la Red Vial Nacional Pavimentada”.
- 2014LN-000018-0CV00 → “MP y R: Mantenimiento Periódico y Rehabilitación del Pavimento de la Red Vial Nación al Pavimentada”.

En forma resumida emplearemos las siglas “16|MR-I” para la licitación 2014LN-000016-0CV00, “17|MR-II” para 2014LN-000017-0CV00 y “18|MP y R” para 2014LN-000018-0CV00.

La Figura 28 y Figura 29 atienden las consultas de “¿Dónde?” y “¿Cuándo?” se llevan a cabo las inversiones, la Figura 30 trata de resumir el tema de “¿En qué?” se invierte, para resolver esta consulta, se resume la inversión en función de los ítems de mayor inversión derivados de los Contratos de Mantenimiento, se destacan los 15 ítems de mayor inversión de la ERVN2020 y se genera una agrupación de las restantes actividades de mantenimiento. El análisis entre evaluaciones permite observar la evolución en el uso de los ítems y detectar a Nivel de Red modificaciones en la Gestión.

Ítems de conservación vial organizados por inversión total: Enero 2014 - Diciembre 2017
Derivado de Base de Datos de estimaciones LanammeUCR



| Orden de Inversión | Ítem | Descripción | Monto Inversión (millones de colones) | |
|--|---------------|---|---------------------------------------|----------------|
| | | | ERVN2018 | ERVN2020 |
| 1 | M45(A) | Pavimento bituminoso en caliente | 65 464 | 70 327 |
| 2 | CR.602.01 (A) | Tubería de concreto reforzado Clase III - C 76, diámetro 600 mm | 97 | 21 565 |
| 3 | M45(E) | Pavimento bituminoso en caliente con polímeros | 0 | 15 036 |
| 4 | M41(A2) | Bacheo a profundidad parcial con mezcla asfáltica en caliente | 17 897 | 11 807 |
| 5 | CR.659 | Canal Revestido Tipo IV, Concreto Hidráulico | 3 877 | 9 141 |
| 6 | M41(A) | Bacheo con mezcla asfáltica en caliente | 11 227 | 6 805 |
| 7 | M20(A) | Chapea derecho de vía | 5 302 | 6 558 |
| 8 | CR.302.03 | Cemento Pórtland | 4 548 | 5 810 |
| 9 | CR.204.05 | Material de préstamo clasificado | 3 205 | 5 513 |
| 10 | CR.552.01(A) | Hormigón estructural clase A de 225 kg/cm2 | 3 471 | 5 319 |
| 11 | CR.110.06 | Trabajo a costo más porcentaje | 2 590 | 4 283 |
| 12 | M42(B) | Perfilado de pavimentos | 2 344 | 3 998 |
| 13 | CR.208.01 | Excavación para estructuras | 1 810 | 3 702 |
| 14 | M41(D) | Bacheo de urgencia | 2 747 | 2 628 |
| 15 | M-609(2A) | Cuneta de hormigón de cemento Portland | 4 953 | 0 |
| Otros | | | 48 131 | 39 017 |
| Total general (Estimaciones de Obra Vial) | | | 177 665 | 211 510 |

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

En la Figura 30 se observan los códigos vigentes para los ítems de mantenimiento, donde los cambios obedecen a la implementación de renglones de pago definidos en el “Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010”, en adelante CR-2010.

Al analizar el nivel de inversión de cada ítem, destaca el incremento en el uso del "Pavimento bituminoso en caliente" como la actividad de mayor inversión, esta tendencia se mantiene invariante con respecto a la ERVN2018. El segundo rubro de mayor inversión se registra como "Tubería de concreto reforzado Clase III - C 76, diámetro 600 mm" con el código CR.602.01 (A), reaparece el "Pavimento bituminoso en caliente con polímeros" con el código M45(E) a pesar de no registrarse su uso en la ERVN2018 y finalmente en el cuarto lugar el "Bacheo a profundidad parcial con mezcla asfáltica en caliente" con el código de ítem M20(A2), estas cuatro actividades acumulan el 60% de las inversiones realizadas en la ERVN2020.

Se debe analizar que tanto el M41(A2) como el M41(A) parten del concepto de bacheo, pero responden a contratos y objetivos distintos. Se mantiene el uso de perfilado, bacheos y sobrecapas asfálticas las cuales son congruentes con los resultados de inversión observados en la Figura 30.

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 valor de longitud 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.

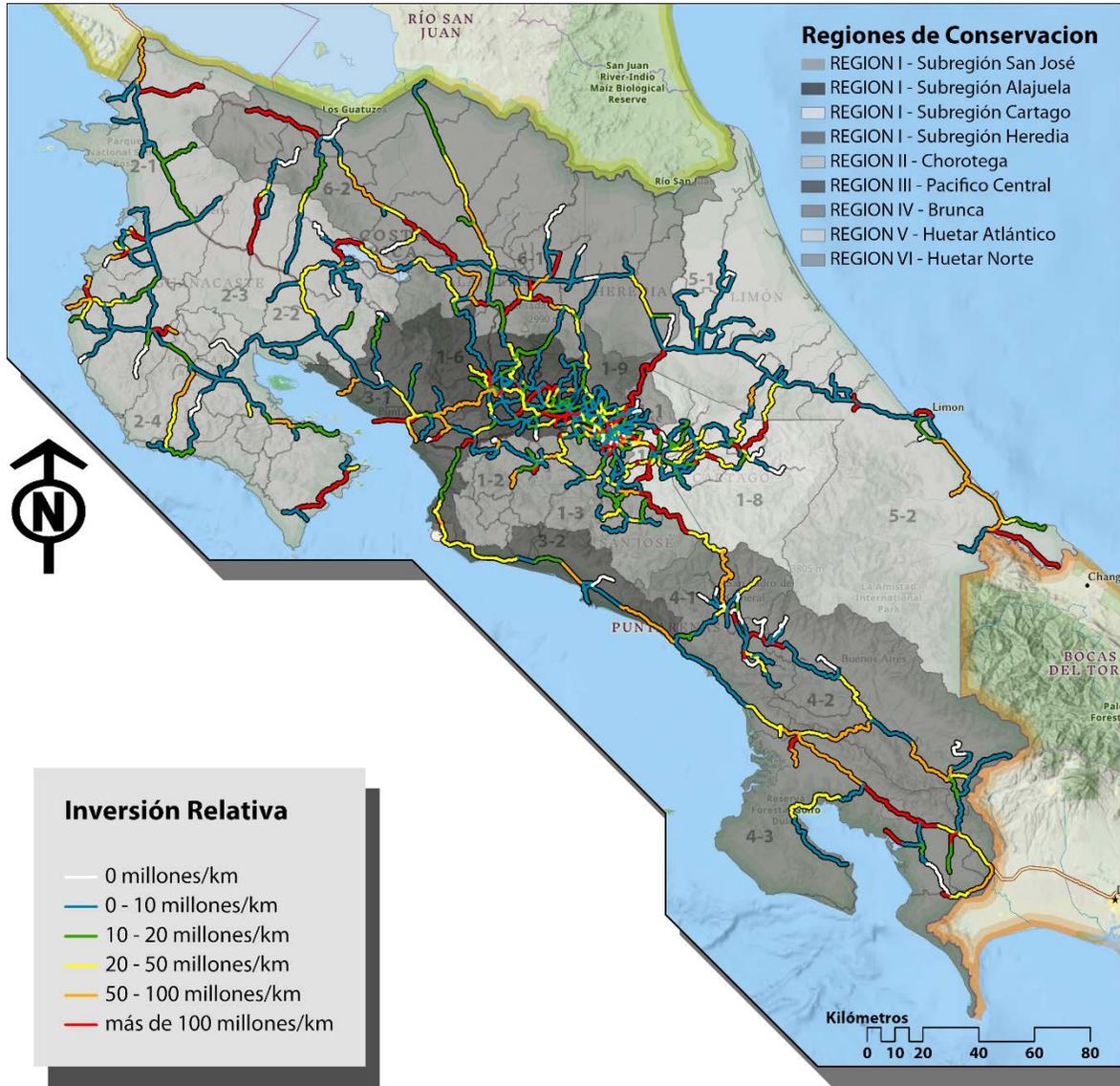


Figura 31. Mapa de inversión relativa por kilómetro de sección de control para ERVN2020

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE EVOLUCIÓN DE LA CONDICIÓN – ERVN2020

4.1 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). El esquema de la Figura 32, ejemplifica el tipo de análisis a realizar, donde se muestra una ruta hipotética de 100 km, la cual se subdivide 5 secciones de control y para cada sección de control se asigna una categoría.

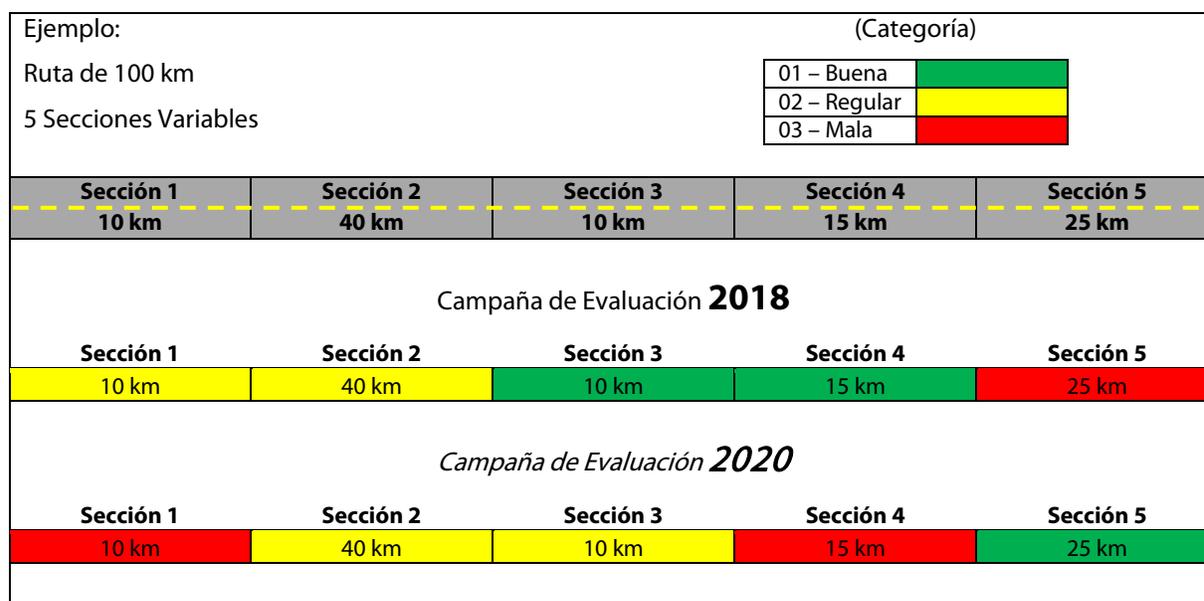
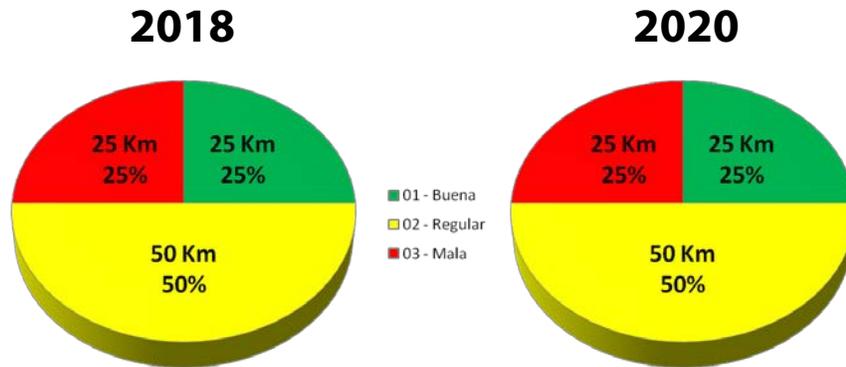


Figura 32. Ejemplo de distribución espacial de mediciones en una ruta de 100 km

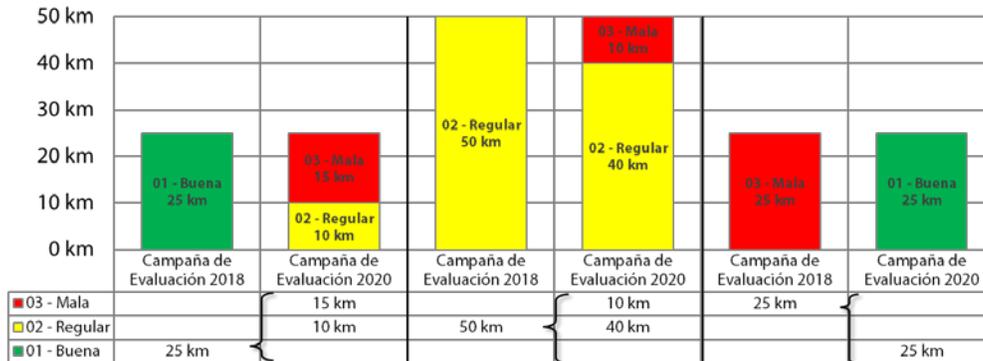
Como se puede observar en la figura anterior, la única sección que mantiene su condición inicial es la Sección 2 de 40 km, las secciones 1, 3 y 4 presentan deterioro en su condición en 1 o 2 categorías según sea el caso y la sección 5 mejora su condición. Del ejemplo se desprende que este nivel de detalle implicaría la revisión de más de 800 secciones de control que componen la Red Vial Pavimentada. Para realizar este tipo de análisis, se requieren **tramos comparables**, es decir, que presenten indicadores de condición en dos campañas de evaluación consecutivas, con el fin de delimitar cuáles kilómetros son candidatos para el análisis de evolución.

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.



a. Análisis de la ruta de 100 km mediante indicadores anuales

Evolución de la condición de la ruta de acuerdo con el "INDICADOR"
Comparación campaña de evaluación 2018 vs 2020



b. Análisis de evolución por categoría de la Ruta de 100 km

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

En el ejemplo que se plantea, la Figura 33 muestra 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 2018 se deterioraron por completo en el 2020; de los 50 km en condición regular en el 2018 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 2018, 25 km pasaron a una condición buena. Al emplear, en forma conjunta los dos tipos de análisis, se busca dar una mejor interpretación del dinamismo presente en la Red Vial Nacional Pavimentada.

4.2 COMPARACIÓN DE LOS INDICADORES DE LA RED VIAL ERVN2018 Y ERVN2020

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

4.2.1 Comparación de indicadores de la ERVN2018 y ERVN2020 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) - ERVN2018 vs ERVN2020

| Rango de deflexiones FWD | ERVN2018 | | ERVN2020 | | |
|--------------------------|--------------------|--------|--------------------|--------|-------------|
| | Comparables (km) | % | Comparables (km) | % | Nuevos (km) |
| Bajas | 4 499,70 | 88,60% | 4 502,15 | 88,65% | 233,08 |
| Moderadas | 227,70 | 4,48% | 222,44 | 4,38% | 19,74 |
| Altas | 221,21 | 4,36% | 228,59 | 4,50% | 37,57 |
| Muy altas | 130,20 | 2,56% | 125,63 | 2,47% | 14,61 |
| Longitud Total | 5 078,81 km | | 5 383,81 km | | |

La Figura 34. muestra el comportamiento y evolución de las categorías de deflexión tomando como base los resultados que se obtuvieron en la ERVN2018, estos se contrastan con los resultados obtenidos en la evaluación ERVN2020. En la Figura 34 se observa como de los 4 499,70 km de Red Vial que registraban deflexiones **Bajas** en la ERVN2018, lograron mantener su condición 4 343,86 km. Los 155,84 km restantes se deterioraron de acuerdo con la siguiente distribución: 87,51 km presentan deflexiones **Moderadas**, y 68,33 km califican como **Altas**.

Al agrupar los 227,70 km que presentaban deflexiones **Moderadas** en la ERVN2018, se observa como 69,80 km mantuvieron esta condición, se deterioraron 40,02 km que pasan a deflexiones **Altas** y 8,07 km presentan deflexiones **Muy altas** en la ERVN2020, los restantes 109,81 km presentan una mejora al pasar de deflexiones **Moderadas** a deflexiones **Bajas** en la ERVN2020.

De los 221,21 km que en la ERVN2018 poseían la categoría de deflexiones **Altas** se registró un deterioro estructural en 30,90 km que pasan a deflexiones **Muy altas** en la ERVN2020. Para 84,36 km no se modifica la condición de deflexiones **Altas**. Finalmente se presentan mejoras en 105,95 km, de los cuales 61,32 km registran deflexiones **Moderadas** y 44,63 km pasan a deflexiones **Bajas**.

Finalmente, se tienen 130,20 km con deflexiones **Muy altas** en la ERVN2018, donde mantienen su condición 86,66 km de la Red Vial, se presenta una mejora parcial en 35,88 km al pasar de deflexiones **Muy altas** a la categoría de deflexiones **Altas** en la ERVN2020, los restantes 7,66 km presentan una mejora sustancial al registrar 3,81 km con deflexiones **Moderadas** en la ERVN2020 y 3,85 km califican para deflexiones **Bajas** en la ERVN2020. El impacto real debe analizarse en función de la eficiencia en el uso de recursos.

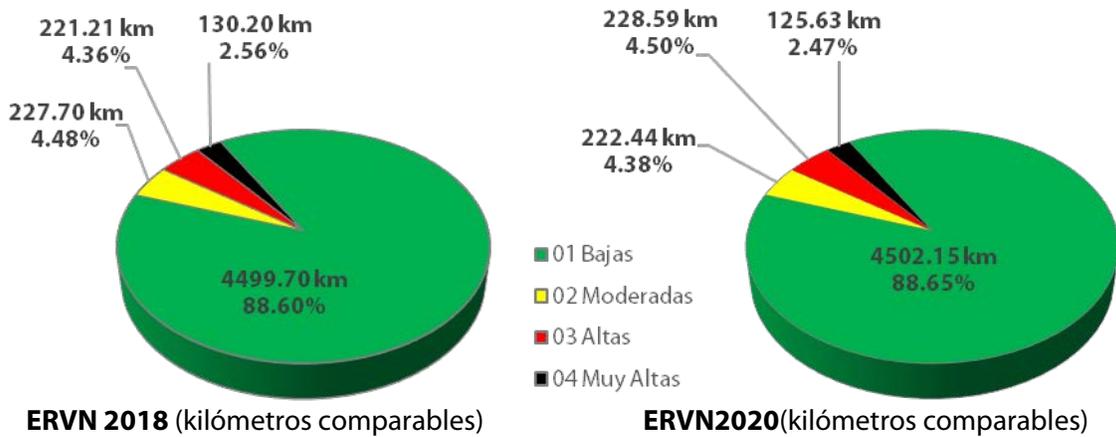


Figura 34. Evolución de las categorías de deflexión en la Red Vial Nacional - ERVN2020

Al comparar la ERVN2018 y la ERVN2020 se puede establecer que 4 584,68 km mantuvieron su condición, independiente de la categoría, se presentó un deterioro real en 234,83 km y una mejora de las condiciones de deflexión en 259,30 km; por otro lado, en la campaña ERVN2020 se evaluaron un total de 305,00 km que no fueron analizados en la ERVN2018. Se puede establecer a partir de estos resultados que la Red Vial presenta un equilibrio en su condición estructural o una mejora marginal.

4.2.2 Comparación de indicadores de la ERVN2018 y ERVN2020 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) - ERVN2018 vs ERVN2020

| Regularidad Superficial (Rango IRI) | ERVN2018 | | ERVN2020 | | |
|--|---------------------|--------|---------------------|--------|----------------|
| | Comparables (km) | % | Comparables (km) | % | Nuevos (km) |
| Muy buena (0 - 1,0 m/km) | 0,00 | 0,00% | 0,00 | 0,00% | 0,00 |
| Buena (1,0 - 1,9 m/km) | 556,08 | 10,95% | 581,84 | 11,46% | 10,53 |
| Regular (1,9 - 3,6 m/km) | 2 622,57 | 51,64% | 2 828,12 | 55,68% | 91,03 |
| Deficiente (3,6 - 6,4 m/km) | 1 255,84 | 24,73% | 1 086,20 | 21,39% | 173,85 |
| Muy deficiente (> 6,4 m/km) | 644,32 | 12,69% | 582,65 | 11,47% | 29,59 |
| Longitud Total | 5 078,81 km | | 5 383,81 km | | |

De la Figura 35, se concluye que los 556,08 km que se encontraban entre 1,0 - 1,9 m/km en la ERVN2018, 358,46 km mantuvieron esa condición, mientras que 197,62 km pasaron al siguiente rango entre 1,9 - 3,6 m/km.

Para los 2 622,57 km que en la ERVN2018 calificaron con valores de IRI entre 1,9 - 3,6 m/km se muestra deterioro en 181,04 km, mantienen su condición 2 287,10 km y se mejoran 154,43 km.

Para los 1 255,84 km que se encontraban entre 3,6 - 6,4 m/km en la ERVN2018, se observa un deterioro de 78,18 km, mantienen el rango de IRI 875,00 km, se mejoran 245,61 km que pasan al rango entre 1,9 - 3,6 m/km y los restantes 57,05 km mejoran su condición con valores inferiores a 1,9 m/km.

Finalmente, los 644,32 km que presentaban valores de IRI mayores a 6,4 m/km mantienen la condición 504,47 km, los restantes 139,85 km presentan mejoras, 30,16 km pasan a la categoría entre 3,6 - 6,4 m/km, 97,79 km pasan a la categoría entre 1,9 - 3,6 m/km, los restantes 11,90 km presentan valores inferiores a 1,9 m/km.

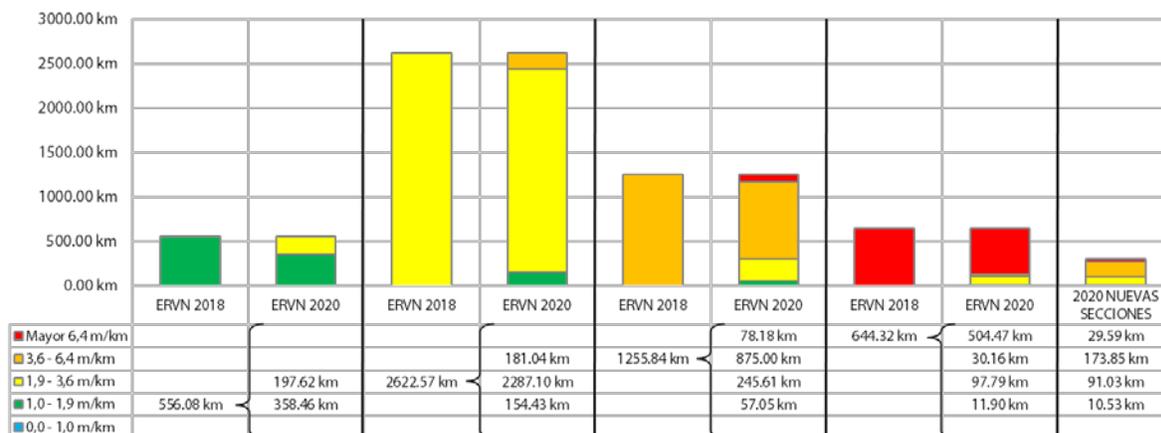
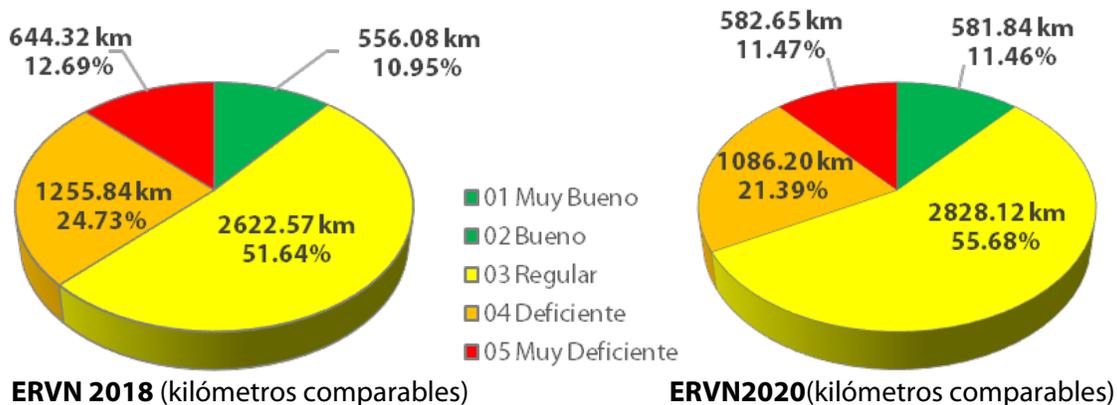


Figura 35. Evolución de las deflexiones en la Red Vial Nacional - ERVN2020

Se puede resumir que, la campaña ERVN2020 con respecto a la campaña ERVN2018, mantuvieron su rango de IRI al menos 4 025,03 km, se presentó un deterioro general de 456,84 km y se mejoró un total de 596,94 km. En la presente evaluación se contabilizan 305,00 km que no fueron valorados en la campaña ERVN2018. Los datos indican que las estrategias desarrolladas entre la ERVN2018 y la ERVN2020 presentan un comportamiento de mejora en al menos un 2,6% de la red evaluada generando una recuperación del IRI.

4.2.3 Comparación de ERVN2018 y ERVN2020 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 ERVN2018 se registran 2 959,98 km comparables, a su vez la ERVN2020 presenta 3 495,50 km, 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 agarre superficial en las mismas secciones de la evaluación anterior y a su vez en nuevas secciones. La Tabla 16 muestra los resultados obtenidos en ambas evaluaciones.

Tabla 16: Resultados obtenidos en agarre superficial (Grip Number) - ERVN2018 vs ERVN2020

| Condición de Agarre (Rango de Grip Number) | ERVN2018 | | ERVN2020 | | |
|---|---------------------|--------|---------------------|--------|----------------|
| | Comparables (km) | % | Comparables (km) | % | Nuevos (km) |
| No deslizante > 0,78 | 6,07 | 0,21% | 8,10 | 0,27% | |
| Poco deslizante 0,6 - 0,78 | 680,48 | 22,99% | 640,33 | 21,63% | 198,10 |
| Deslizante 0,5 - 0,6 | 969,38 | 32,75% | 1 179,54 | 39,85% | 199,52 |
| Muy deslizante < 0,5 | 1 304,05 | 44,06% | 1 132,01 | 38,24% | 137,90 |
| Longitud Total | 2 959,98 km | | 3 495,50 km | | |

En la Figura 36, en el gráfico tipo pastel, solamente se grafican los 2 959,98 km comparables con la ERVN2018. Los nuevos kilómetros evaluados en la ERVN2020 equivalen a 535,52 km. Los 6,07 km que presentaban valores de Grip Number **No deslizantes**, en la ERVN2018, no mantuvieron esa condición en la presente evaluación; 2,81 km pasan a una condición **Deslizante**, los restantes 3,27 km pasan a una condición **Muy deslizante**.

Para los 680,48 km que en la ERVN2018 presentaban una condición **Poco deslizante**, se tienen 303,17 km que lograron mantener esta condición, 8,10 km presentan una mejora de condición, los restantes 369,21 km se deterioraron y disminuyeron su capacidad de colaborar con el frenado en presencia de agua.

En la ERVN2018 se tenían 969,38 km en condiciones **Deslizantes** y 1304,05 km **Muy deslizantes**, de los cuales 337,16 km pasan a la condición **Poco deslizante**, los restantes 1 936,27 km presentan valores por debajo de 0,6 en Grip Number y se relacionan con una mala condición de agarre superficial.

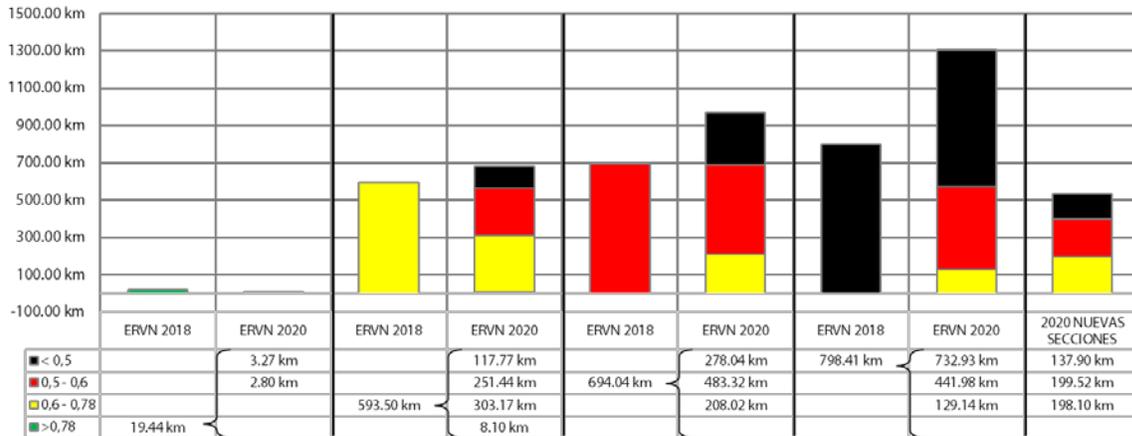
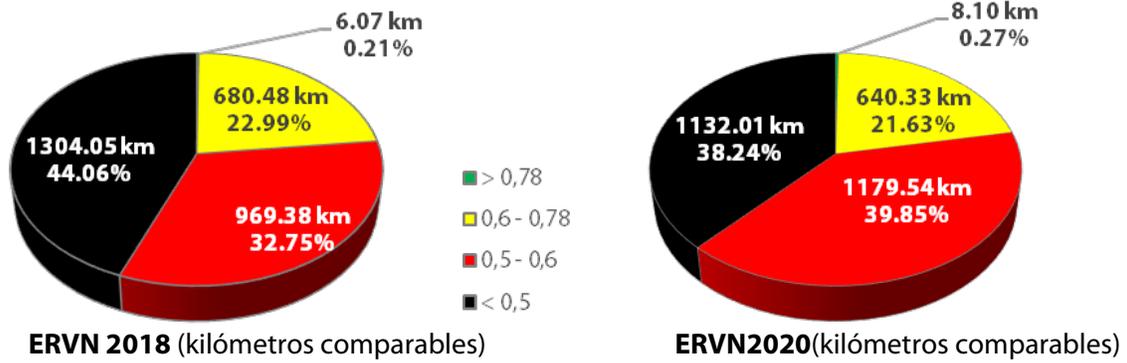


Figura 36. Evolución del Grip Number en la Red Vial Nacional - ERVN2020

4.3 ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL POR ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFECTIVIDAD DE LA INVERSIÓN REALIZADA ERVN2018 Y ERVN2020

A diferencia de los análisis anteriores realizados con base en los indicadores específicos de condición de la Red Vial Nacional Pavimentada, 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 ERVN2020 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.

Tabla 17: Resumen de Estrategias de Intervención recomendadas. ERVN2018 y ERVN2020

| Estrategia de Intervención Recomendada | ERVN2018 | | ERVN2020 | | |
|--|--------------------|--------|--------------------|--------|-----------|
| | Km Comparables | % | Km Comparables | % | Km Nuevos |
| Mantenimiento de preservación | 3 090,17 | 60,84% | 3 311,74 | 65,21% | 70,53 |
| Mantenimiento de recuperación del IRI | 1 409,53 | 27,75% | 1 190,41 | 23,44% | 162,55 |
| Análisis a nivel de proyecto | 52,75 | 1,04% | 50,16 | 0,99% | 3,09 |
| Rehabilitación menor | 65,66 | 1,29% | 98,49 | 1,94% | |
| Rehabilitación mayor | 257,17 | 5,06% | 221,50 | 4,36% | 47,95 |
| Reconstrucción | 203,53 | 4,01% | 206,51 | 4,07% | 20,88 |
| Longitud Total | 5 078,81 km | | 5 383,81 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 intervención generales que se recomendaron para los distintos tramos de la Red Vial Nacional, tanto en la ERVN2018 como para la ERVN2020, donde la mayor diferencia se contempla en el incremento del **Mantenimiento de preservación** en la ERVN2020, en más de un 5 %, con respecto a los valores de la ERVN2018.

4.3.1 *Análisis de la evolución total en Red Vial comparando las Estrategias de Intervención Recomendadas ERVN2018 y los resultados de la ERVN2020*

Para mantener un esquema de análisis similar al de los indicadores se tomará como base los resultados de la ERVN2018 y se comparan con los nuevos datos obtenidos en la ERVN2020. La Tabla 18 contiene los datos de inversión de las 673 secciones de control donde la recomendación general de intervención en la ERVN2018 fue **Mantenimiento de preservación** o **Mantenimiento de recuperación del IRI**, por lo tanto, abarca el 83,58% de la Red Vial Nacional evaluada en la ERVN2020.

De la Tabla 18 se observa que 3 090,17 km (402 secciones), calificaban para **Mantenimiento de preservación** en la ERVN2018. Producto de la inversión realizada, 2 904,03 km (347 secciones) lograron mantener esta condición. 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 ₡ 107 099,90 millones y la inversión relativa fue de ₡ 36,88 millones/km, es un incremento con respecto a la inversión relativa registrada en la ERVN2018. Los 186,14 km (55 secciones) restantes, presentan alguna condición de deterioro en algún indicador que les impide mantener la condición de la ERVN2018.

Tabla 18: Evolución de las secciones con recomendación de Mantenimiento en la ERVN2020

| Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2018 | Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2020 | Longitud (km) | Conteo de Secciones | Inversión: Enero 2018 – Diciembre 2019 | | |
|--|---|---------------|---------------------|--|----------------------------|----------------------------------|
| | | | | Inversión (millones) | Inversión Total (millones) | Inversión Relativa (millones/km) |
| 3 090,17 km Mantenimiento de preservación | Mantenimiento de preservación | 2 904,03 | 347 | ₡107 099,90 | ₡109 867,75 | ₡36,88 |
| | Mantenimiento de recuperación IRI | 149,55 | 34 | ₡1 380,91 | | ₡9,23 |
| | Análisis a nivel de proyecto | 13,47 | 7 | ₡277,39 | | ₡20,59 |
| | Rehabilitación mayor | 23,12 | 14 | ₡1 109,55 | | ₡47,99 |
| 1 398,73 km Mantenimiento de recuperación IRI | Mantenimiento de preservación | 335,45 | 44 | ₡39 942,24 | ₡61 550,49 | ₡119,07 |
| | Mantenimiento de recuperación IRI | 954,83 | 192 | ₡18 344,12 | | ₡19,21 |
| | Análisis a nivel de proyecto | 17,57 | 3 | ₡1 226,00 | | ₡69,78 |
| | Rehabilitación menor | 47,56 | 15 | ₡314,87 | | ₡6,62 |
| | Rehabilitación mayor | 43,32 | 13 | ₡1 635,99 | | ₡37,77 |
| | Reconstrucción | 10,80 | 4 | ₡87,27 | | ₡8,08 |

En forma similar de los 1 398,73 km (271 secciones) que calificaron para **Mantenimiento de recuperación del IRI** en la ERVN2018, se lograron mejorar 335,45 km (44 secciones) que pasan a **Mantenimiento de preservación**. La inversión total realizada para obtener esta mejora equivale a ₡ 39 942,24 millones y la tasa de inversión relativa fue de ₡ 119,07 millones/km. Por su parte 954,83 km (192 secciones) mantuvieron la condición de **Mantenimiento de recuperación del IRI** obtenida en la ERVN2018 con una inversión cercana a los ₡ 18 344,12 millones, la tasa de inversión requerida fue de ₡ 19,21 millones/km. Para 119,25 km (35 secciones) se muestran diversos niveles de deterioro.

La Tabla 19 contiene los datos de 148 secciones de control, donde la estrategia general recomendada en la ERVN2018 era **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, sin embargo, se aclara que la Tabla 19 equivale solamente al 10,77 % de la Red Vial Nacional evaluada en la ERVN2020.

Tabla 19: Evolución de secciones para Rehabilitación o Reconstrucción en la ERVN2020

| Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2018 | Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2020 | Longitud (km) | Conteo de Secciones | Inversión: Enero 2018 – Diciembre 2019 | | |
|---|---|---------------|---------------------|--|----------------------------|----------------------------------|
| | | | | Inversión (millones) | Inversión Total (millones) | Inversión Relativa (millones/km) |
| 52,75 km Análisis a nivel de proyecto | Mantenimiento de preservación | 22,04 | 6 | ¢2 371,58 | ¢2 914,59 | ¢107,60 |
| | Análisis a nivel de proyecto | 14,00 | 3 | ¢53,20 | | ¢3,80 |
| | Rehabilitación mayor | 16,71 | 5 | ¢489,82 | | ¢29,31 |
| 65,66 km Rehabilitación menor | Mantenimiento de preservación | 11,24 | 2 | ¢2 226,12 | ¢3 576,63 | ¢198,05 |
| | Mantenimiento de recuperación IRI | 20,69 | 5 | ¢331,18 | | ¢16,01 |
| | Rehabilitación menor | 9,31 | 4 | ¢64,35 | | ¢6,91 |
| | Rehabilitación mayor | 6,09 | 2 | ¢738,45 | | ¢121,26 |
| | Reconstrucción | 18,33 | 4 | ¢216,52 | | ¢11,81 |
| 257,70 km Rehabilitación mayor | Mantenimiento de preservación | 37,58 | 9 | ¢4 344,88 | ¢6 738,20 | ¢115,62 |
| | Mantenimiento de recuperación IRI | 57,66 | 15 | ¢745,71 | | ¢12,93 |
| | Análisis a nivel de proyecto | 0,54 | 1 | ¢0,08 | | ¢0,15 |
| | Rehabilitación menor | 13,40 | 1 | - | | ¢0,00 |
| | Rehabilitación mayor | 127,13 | 34 | ¢1 588,03 | | ¢12,49 |
| | Reconstrucción | 21,39 | 5 | ¢59,50 | | ¢2,78 |
| 203,53 km Reconstrucción | Mantenimiento de preservación | 1,93 | 1 | ¢392,37 | ¢4 680,33 | ¢203,30 |
| | Mantenimiento de recuperación IRI | 7,68 | 4 | ¢576,13 | | ¢75,02 |
| | Análisis a nivel de proyecto | 4,58 | 1 | ¢556,92 | | ¢121,60 |
| | Rehabilitación menor | 28,22 | 7 | ¢740,46 | | ¢26,24 |
| | Rehabilitación mayor | 5,13 | 3 | ¢410,69 | | ¢80,06 |
| | Reconstrucción | 155,99 | 36 | ¢2 003,76 | | ¢12,85 |

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*. Este tipo de evolución se relaciona con 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 del 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.

Para los 52,75 km (14 secciones) que calificaron como **Análisis a nivel de proyecto** en la ERVN2018, tenemos que 22,04 km (6 secciones) que son candidatos para **Mantenimiento preservación** en la ERVN2020, la inversión se estima en ₡ 2 371,58 millones y presentan una inversión relativa equivalente a ₡ 107,60 millones/km. Para 14,00 km (3 secciones) la condición de **Análisis a nivel de proyecto** se mantiene invariante en la ERVN2020, la inversión realizada se estima en ₡ 53,20 millones, con una inversión relativa cercana a ₡ 2,80 millones/km. Los restantes 16,71 km (5 secciones) presentan deterioro de su condición inicial con inversiones que rondan los ₡ 489,82 millones.

De los 65,66 km que se recomendaron para **Rehabilitación menor** en la ERVN2018, se lograron mejoras 11,24 km (2 secciones), con una inversión cercana a los ₡ 2 226,12 millones y una inversión relativa de ₡ 198,05 millones/km. Adicionalmente 20,69 km (5 secciones) mejoraron parcialmente, pasando a **Mantenimiento de recuperación de IRI**, la inversión realizada para esta mejora parcial fue de ₡ 331,18 millones y la inversión relativa fue de ₡ 16,01 millones/km. Mantienen la condición de **Rehabilitación menor** 9,31 km (4 secciones) y la inversión realizada fue de ₡ 64,35 millones equivalentes a ₡ 6,91 millones/km. Finalmente 24,42 km (6 secciones) se deterioraron con respecto a la condición de **Rehabilitación menor** luego de una inversión estimada de ₡ 954,97 millones.

En relación con los 257,70 km (65 secciones) asociados a **Rehabilitación mayor** en la ERVN2018, se puede inferir un mayor grado de deterioro de las rutas, donde las intervenciones probablemente requieren una alta inversión. En el caso de 37,58 km, donde la inversión es de ₡ 4 344,88 millones y que calificaron para **Mantenimiento de preservación**, estas intervenciones presentan una inversión relativa de ₡ 115,62 millones/km. Otras 15 secciones equivalentes a 57,66 km entran a la ventana de *Mantenimiento*, pero la condición funcional no es la óptima, por lo tanto se considera una mejora parcial, la inversión asciende a los ₡ 745,71 millones. Los restantes 162,46 km (41 secciones) no logran salir de la ventana de *Rehabilitación* a pesar de la inversión de ₡ 1 647,61 millones.

Finalmente, la Tabla 19 presenta 203,53 km (52 secciones) que calificaron para **Reconstrucción** en la ERVN2018, una sección de 1,93 km alcanzó el **Mantenimiento de preservación** luego de una inversión estimada de ₡ 392,37 millones equivalentes a ₡ 203,30 millones/km y representa la mayor inversión relativa del apartado 4.3.1. Con una mejora parcial se encuentran 7,68 km (4 secciones) que luego de invertir ₡ 576,13 millones, siguen presentando deficiencias en su condición funcional. Los restantes 193,92 km (47 secciones) mantienen su condición de **Reconstrucción** o pasan a **Rehabilitación menor** pero no logran ingresar a la ventana de *Mantenimiento* a pesar de la inversión realizada de ₡ 3 711,84 millones, las inversiones podrían estar relacionadas a temas de transitabilidad o seguridad vial.

En la Tabla 20 se muestran los 304,47 km de la ERVN2020 que no poseen una estrategia de intervención de referencia. Se tienen 70,00 km (11 secciones) que califican como **Mantenimiento de preservación**, con una inversión de ₡ 1 444,33 millones; 162,55 km (21 secciones) califican para **Mantenimiento de recuperación de IRI** con una inversión de ₡ 176,38 millones. En **Rehabilitación mayor** se contabilizan 47,95 km (6 secciones) con una inversión de ₡ 313,34 millones.

Tabla 20: Inversión en secciones sin Estrategia de Intervención en la ERVN2020

| Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2018 | | Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2020 | Longitud (km) | Conteo de Secciones | Inversión: Enero 2018 – Diciembre 2019 | | |
|---|---|---|---------------|---------------------|--|----------------------------|----------------------------------|
| | | | | | Inversión (millones) | Inversión Total (millones) | Inversión Relativa (millones/km) |
| 304,47 km Secciones no valoradas mediante estrategias en la ERVN2018 | ▶ | Mantenimiento de preservación | 70,00 | 11 | ₡1 444,33 | ₡2 715,89 | ₡20,63 |
| | ▶ | Mantenimiento de recuperación IRI | 162,55 | 21 | ₡176,38 | | ₡1,09 |
| | ▶ | Análisis a nivel de proyecto | 3,09 | 1 | ₡780,66 | | ₡252,64 |
| | ▶ | Rehabilitación mayor | 47,95 | 6 | ₡313,34 | | ₡6,53 |
| | ▶ | Reconstrucción | 20,88 | 4 | ₡1,18 | | ₡0,06 |

La Figura 37 unifica la información de la Tabla 17, Tabla 18, Tabla 19 y la Tabla 20. 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 principalmente por la mejora en 335,45 km provenientes de los tramos para **Mantenimiento de recuperación del IRI** en la ERVN2018. Por su parte, de las secciones que calificaron para **Mantenimiento de recuperación del IRI** logran

mantener su condición 954,83 km. La mejora parcial más significativa se da en los 57,66 km que pasan de **Rehabilitación mayor** a **Mantenimiento de recuperación del IRI**.

Evolución de la condición de las vías acorde con las Estrategias Generales de Intervención

ERVN2018 vs ERVN2020

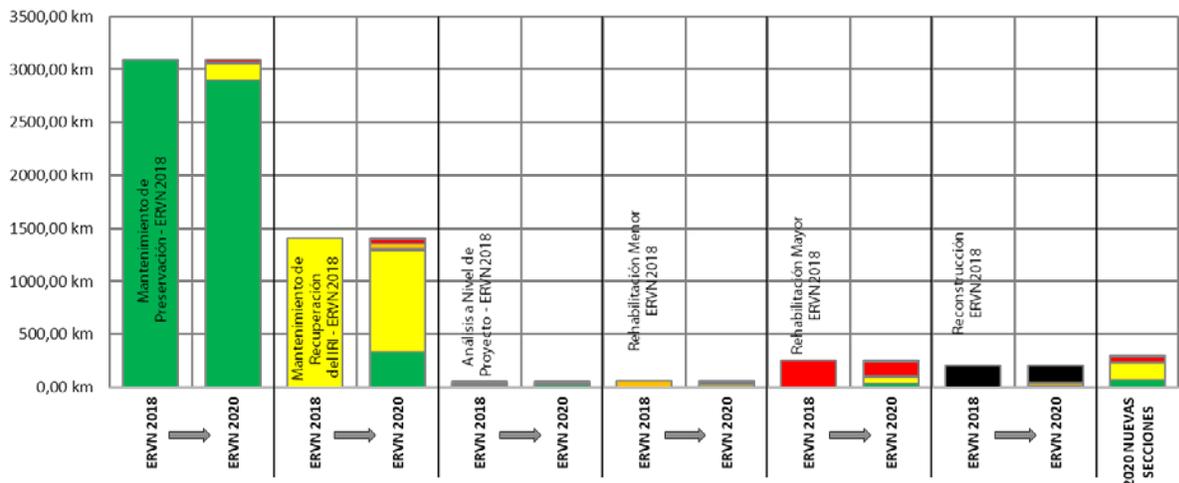


Figura 37. Evolución de las Vías de acuerdo con las Estrategias de Intervención Recomendadas, comparación entre la ERVN2018 y la ERVN2020

Para los 579,64 km que calificaron para **Análisis a nivel de proyecto**, **Rehabilitación menor**, **Rehabilitación mayor** y **Reconstrucción** en la ERVN2018, aportan una mejora conjunta en cerca de 72,79 km que pasan a la categoría de **Mantenimiento de preservación** en la ERVN2020, se registran mejoras parciales en 86,03 km que alcanzan la categoría de **Mantenimiento de recuperación del IRI**. Para los restantes 420,82km que no logran salir del rango de *Rehabilitación* o *Reconstrucción*, las inversiones realizadas, deberían asociarse con acciones de brindar transitabilidad, seguridad vial o de mitigación del deterioro para considerarlas acciones de mantenimiento.

4.3.2 *Análisis del efecto de la inversión considerando las Estrategias de Intervención Recomendadas obtenidas en la ERVN2020 y la condición preliminar ERVN2018*

El análisis desarrollado en el apartado 4.3.1 se basa en establecer la condición de las secciones evaluadas en la ERVN2018 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 2018, este análisis permite establecer la inversión que se requirió para obtener la 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 califican para **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 38, 39, 41, 42 y 43. Este apartado muestra la nueva condición de las carreteras en la ERVN2020 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 **Conservación Vial**. Por el contrario, deben establecerse mecanismos que mejoren o controlen la inversión para los tramos que en la ERVN2018 no calificaron para actividades de mantenimiento, ya que al emplear las herramientas definidas en los contratos de conservación se puede 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.

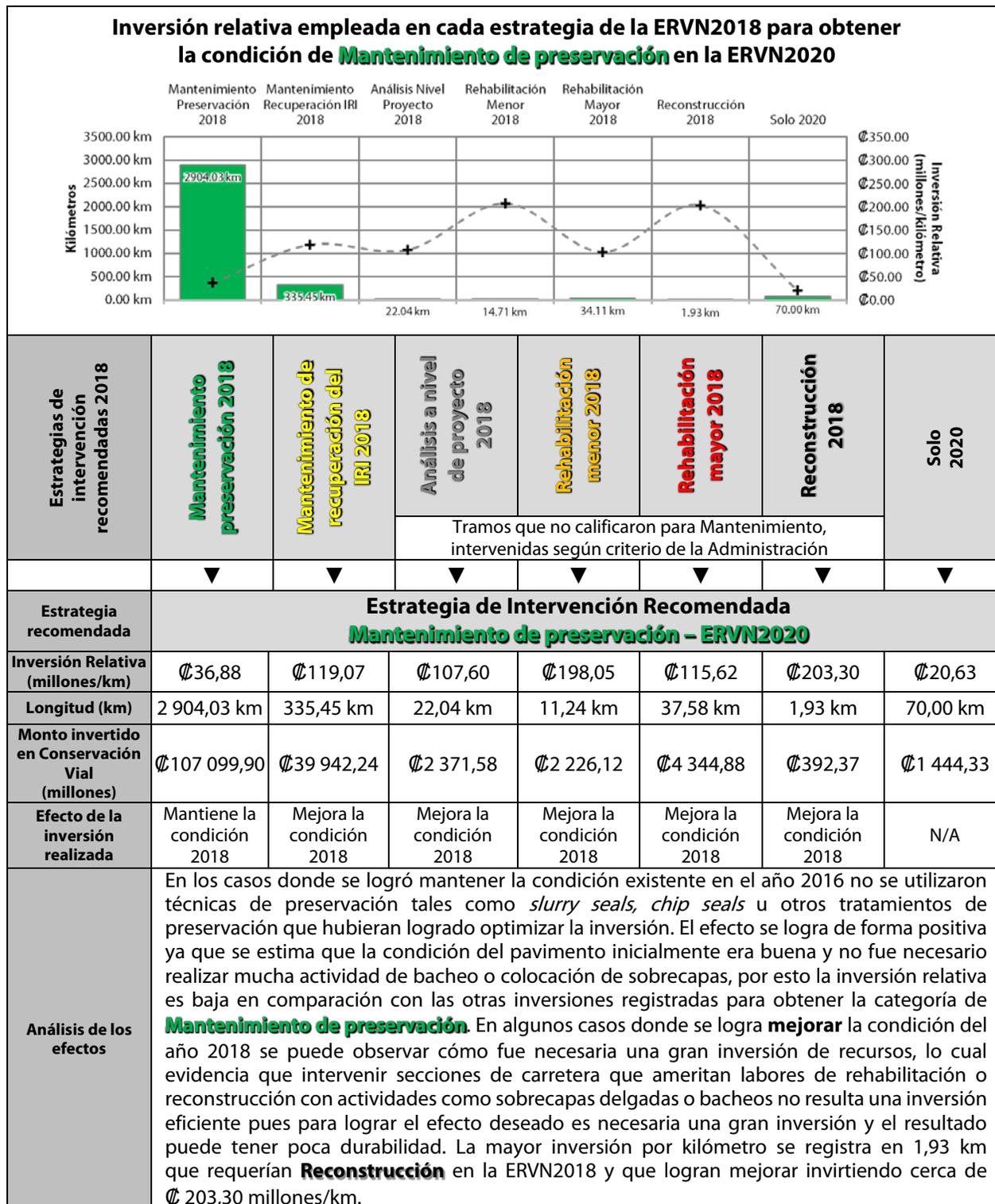


Figura 38. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Mantenimiento de Preservación en la ERVN2020

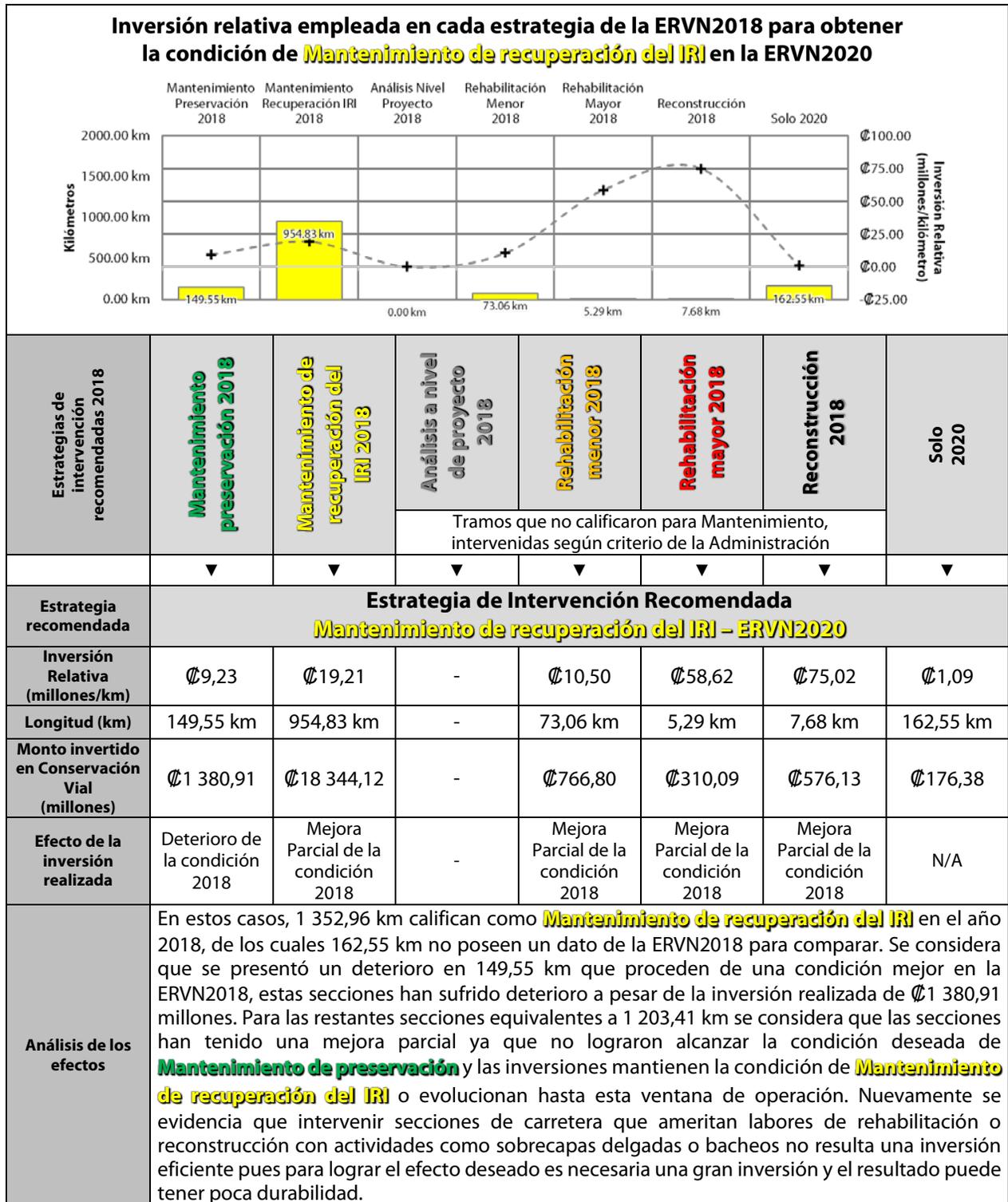


Figura 39. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Mantenimiento de Recuperación IRI 2020

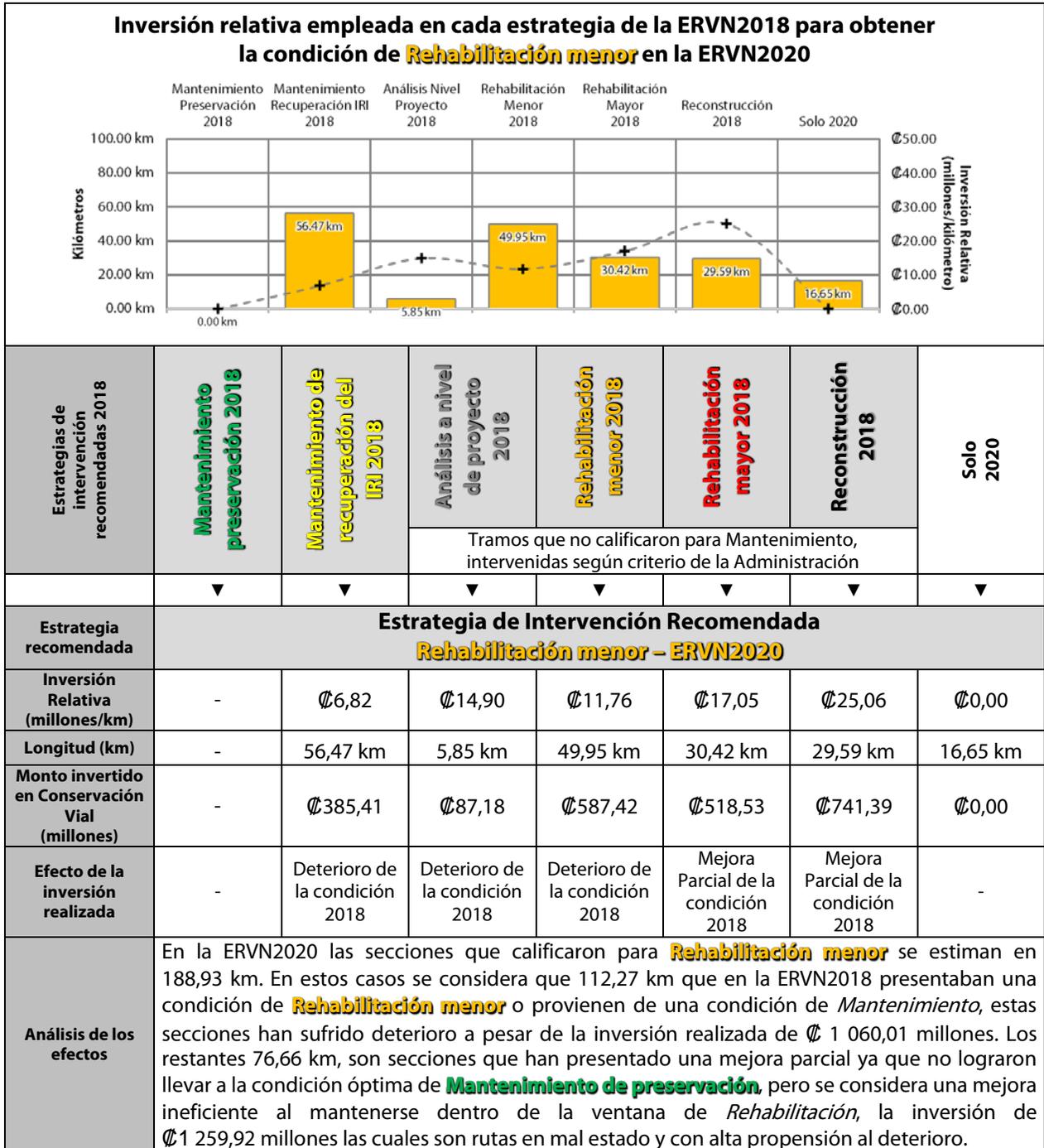


Figura 41. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Rehabilitación Menor 2020

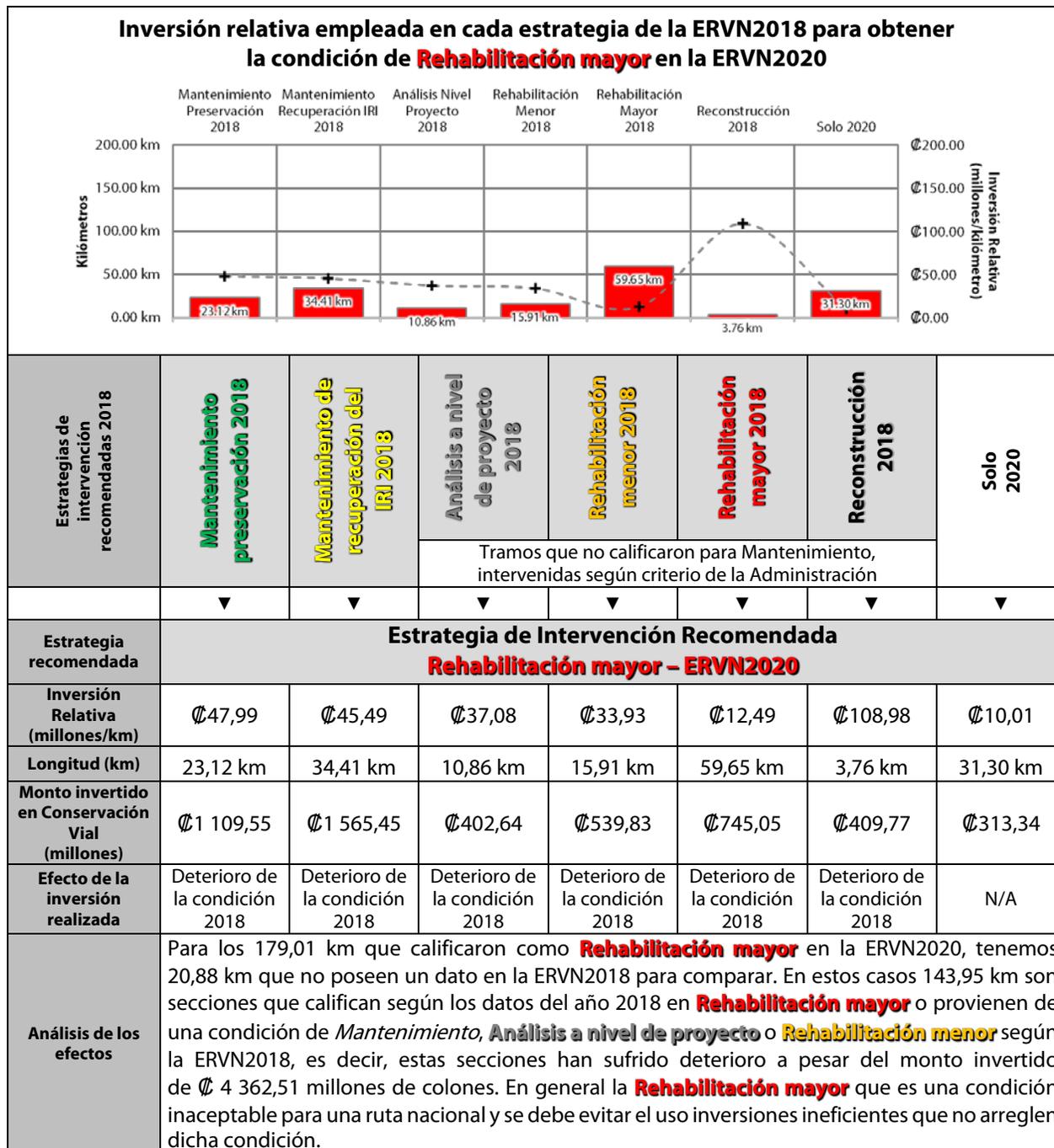


Figura 42. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Rehabilitación Mayor 2020

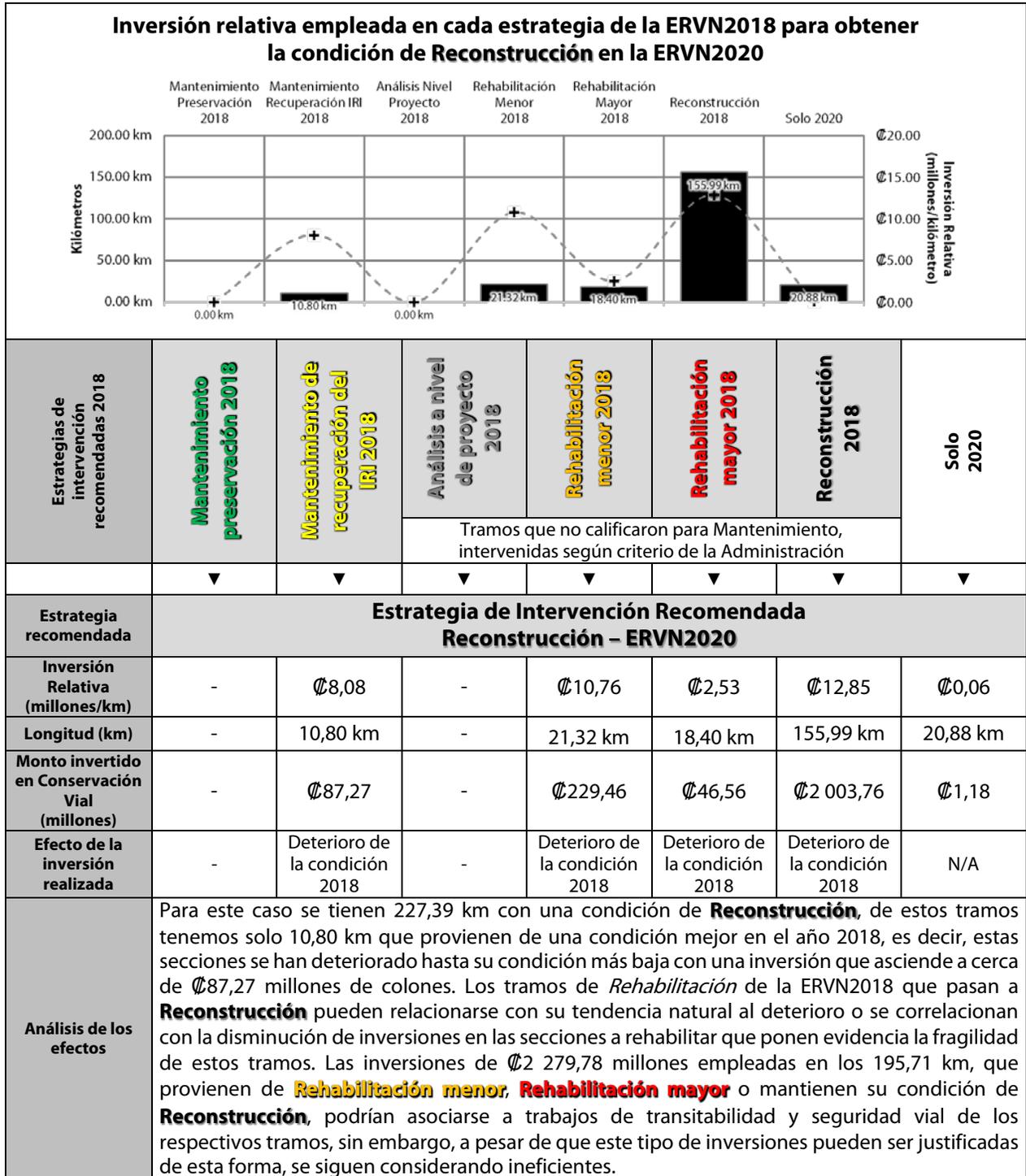


Figura 43. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Reconstrucción 2020

De los 5 383,81 km evaluados en la Red Vial, en la Tabla 21 se analizan 5 079,34 km comparables de la Red Vial Nacional que recibieron una inversión estimada de ₡ 189 327,98 millones, de los cuales 812,24 km reciben una inversión equivalente a ₡ 14 606,77 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 335,45 km, esto se logra en rutas donde se alcanza la condición de "Mantenimiento de Preservación", se emplearon cerca de ₡ 39 942,24 millones para alcanzar esta mejora en su condición, empleando una inversión relativa de ₡ 119,07 millones/km. Para mantener la condición de "Mantenimiento de Preservación", los 2 904,03 km de la Red Vial emplearon cerca de ₡ 107 099,90 millones, esto genera una inversión relativa cercana a ₡ 36,88 millones/km, 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 permitan optimizar aún más la inversión.

Tabla 21: Resumen de la mejoría y la eficiencia en la inversión de la ERVN2020

| Análisis de Mejora ERVN2018 - ERVN2020 | Análisis de Tramos que Calificaron para actividades de conservación en la ERVN2020 | | Análisis de Tramos que No Calificaron para actividades de conservación en la ERVN2020* | | Totales (km) |
|---|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-----------------|
| | Longitud (km) | Inversión (miles de millones) | Longitud (km) | Inversión (miles de millones) | |
| Mantiene la condición | 2 904,03 | ₡107,10 | - | ₡ - | 2 904,03 |
| Mejora la condición | 335,45 | ₡39,94 | 72,79 | ₡9,34 | 408,24 |
| Mejora parcial de la condición | 954,83 | ₡18,34 | 165,16 | ₡3,52 | 1 119,99 |
| Deterioro de la condición | - | ₡ - | 647,08 | ₡11,08 | 647,08 |
| Totales Generales | 4 194,31 km | ₡165,39 | 885,03 km | ₡23,94 | 5 079,34 |

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

Quedan por fuera del análisis de la Tabla 21 unos ₡ 2 715,89 millones, que corresponden al dinero registrado en los restantes 304,47 km evaluados solamente en la ERVN2020. 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.

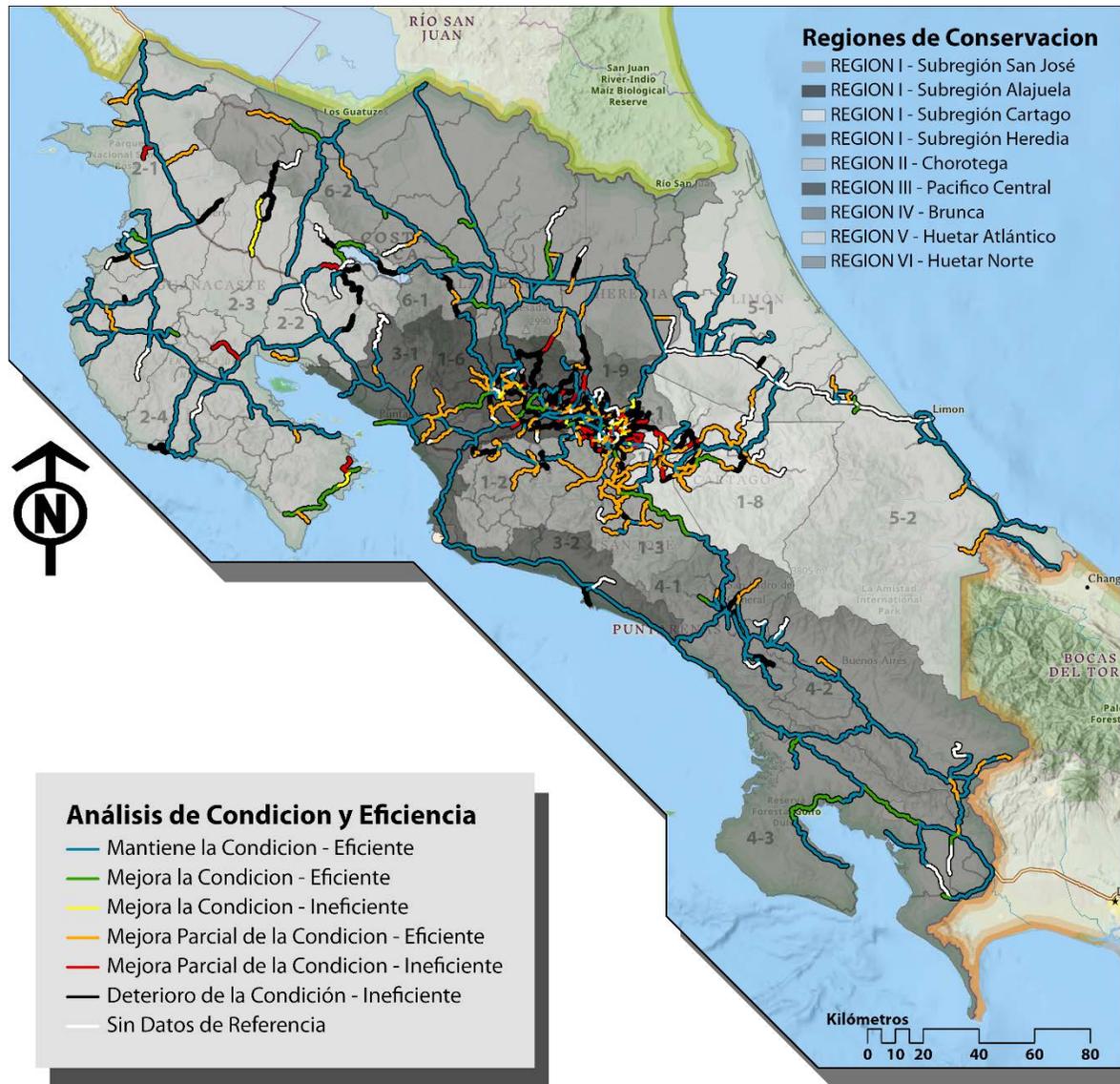


Figura 44. Mapa de análisis de condición y eficiencia basado en la evolución de las secciones de control con base en las estrategias recomendadas de intervención

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 ERVN2018, derivados del "Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada años 2018-2019" (Sanabria Sandino, Barrantes Jimenez, & Elizondo Salas, 2019).

Tabla 22: Evolución de la condición en la ERVN2018

| Análisis de Mejora ERVN2014 -ERVN2018 | Análisis de Tramos que Calificaron para actividades de conservación en la ERVN2018 | Análisis de Tramos que No Calificaron para actividades de conservación en la ERVN2018 | Totales (km) |
|--|---|--|---------------------|
| Mantiene la condición | 2 401,86 km | - | 2 401,86 |
| Mejora la condición | 644,15 km | 103,40 | 747,55 |
| Mejora parcial de la condición | 1 165,20 km | 264,15 | 1 429,35 |
| Deterioro de la condición | - | 568,86 | 568,86 |
| Totales Generales | 4 211,21 km | 936,41 km | 5 147,62 |

Como un dato clave se debe observar como en la ERVN2018 se lograban mantener 2 401,86 km en la condición de "Mantenimiento de Preservación" y se registró una mejora en 747,55 km, generando 3149,41 km que requerían "Mantenimiento de Preservación" en la ERVN2018. Los nuevos registros de la ERVN2020 muestran como lograron mantener su condición 2 904,03 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 408,24 km de la Red Vial. En la ERVN2020 se contabilizan cerca de 3 382,27 km en la condición de "Mantenimiento de Preservación", ocupando el 62,8% de cobertura de la Red Vial evaluada, mejorando los registros de la ERVN2018, esto implica una mejora porcentual del 4,3% en la Red Vial Nacional.

Se puede establecer, que la estrategia predominante en la Red Vial Nacional al momento de la evaluación corresponde al rango de mantenimiento de preservación. Las figuras 38, 39, 40, 41, 42 y 43 presentan en detalle las inversiones en mantenimiento, realizadas entre enero del 2018 a diciembre del 2019, para obtener la condición actual de estrategias de intervención. Por su parte la Tabla 21 se emplea para resumir los resultados obtenidos, se define la longitud evaluada correspondiente a cada cambio de condición y la inversión de los tramos presente en la ERVN2020.

4.3.3 Escenarios de deterioro por susceptibilidad de la Red Vial

Ante la ausencia de los contratos de mantenimiento desde febrero del 2021, se presenta un escenario que altera el ciclo de gestión que se viene evaluando desde el año 2010. En el "Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica Años 2014-2015" (Sanabria-Sandino, Barrantes-Jiménez, & Loría-Salazar, 2015) se desarrollo un apartado para entender el comportamiento de la Red Vial considerando los aportes derivados de los modelos de deterioro, se destaca el análisis del denominado "Enfoque probabilístico del modelo de desempeño de pavimento para la Red Vial Primaria de Costa Rica basado en el IRI" (Porras Alvarado, y otros, 2014), donde se emplearon las cadenas de Markov para determinar cuales escenarios de gestion representaban las condiciones de la red vial en Costa Rica, uno de los principales argumentos fue definir la capacidad funcional como el elemento de mayor variabilidad en la Red Vial, sin embargo no se descarta el deterioro estructural.

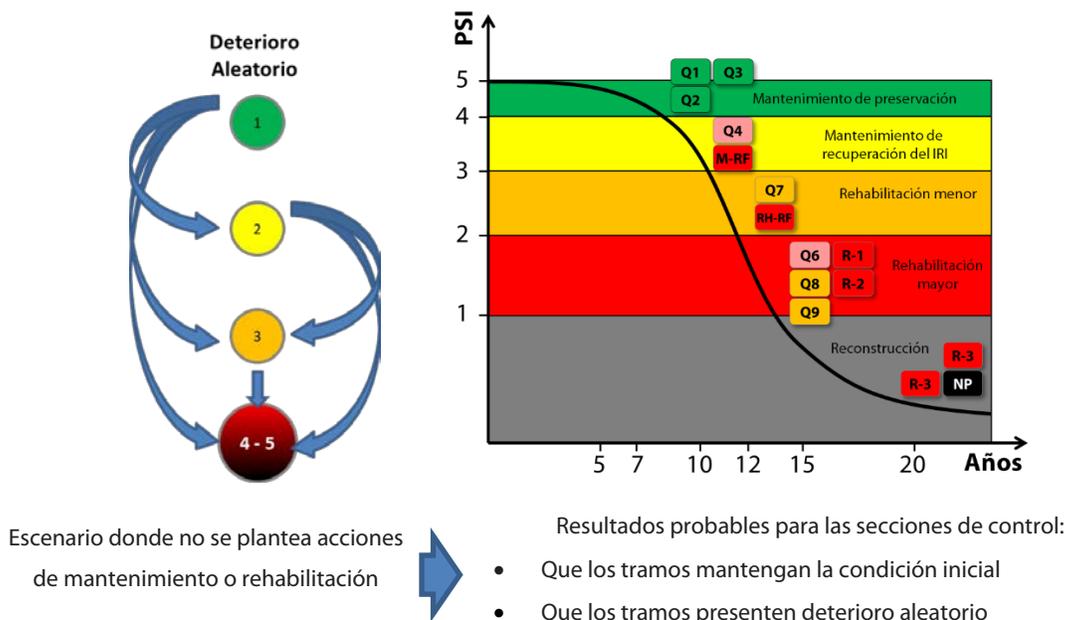


Figura 45. Escenario de deterioro ante la ausencia de actividades de mantenimiento o rehabilitación

Siguiendo el análisis propuesto por Porrás, enfocado en el deterioro principalmente de la condición funcional, se procede a sensibilizar los rangos de IRI para estimar cuales secciones de control pueden presentar una mayor susceptibilidad a presentar un nivel de deterioro que modifique la estrategia general de intervención obtenida en el presente ERVN2020. En la Tesis "Diseño de un modelo para la selección de actividades de conservación vial para la Red Vial Nacional de Costa Rica" (Valverde Cordero & Barrantes Jimenez, 2018), la Figura 46 una propuesta que combina los rangos e IRI desarrollados en la Tesis para determinar las zonas donde las secciones de control pueden cambiar la estrategia de intervención ante la ausencia de los contratos de mantenimiento.

| Informe de Evaluación | | | Categorías de Deflexión | | Valverde & Barrantes 2018 | | |
|-----------------------|--------------------------------|---|--|--|-----------------------------|-------------------------------|----------------------|
| | | | Bajas | | | | |
| Rangos de IRI (m/Km) | < 1,9 Bueno | → | Mantenimiento de Preservación | Mantenimiento de Preservación | ← | < 1,4 Excelente | Rangos de IRI (m/Km) |
| | 1,9 – 3,6 Regular | → | | | ← | 1,4 – 2,4 Muy Bueno | |
| | 3,6 – 6,4 Deficiente | → | Zona de intercambio IRI > 2,7 m/km | Recuperación de IRI | ← | 2,4 – 3,1 Bueno | |
| | | | ← | | 3,1 – 3,9 Regular | | |
| | > 6,4 Muy deficiente | → | Zona de alto deterioro funcional IRI > 6,4 m/km | Recuperación de IRI por sustitución de Capa | ← | 3,9 – 5,5 Malo | |
| | | | ← | | > 5,5 Muy Malo | | |

Figura 46. Propuesta de zonas de transición para las estrategias de mantenimiento

Se puede observar que las propuestas no consideran las ventanas de Rehabilitación y Reconstrucción, esto se debe a que solo representan el 12,0% de toda la Red Vial Nacional pavimentada. En cuanto al parámetro estructural, los rangos de deflexiones **Bajas** corresponden a una estimación de vida remanente que oscila entre el 100% - 80% de la vida útil (Barrantes-Jiménez, Sibaja-Obando, & Porras-Alvarado, 2008), como criterio estructural se empleará el rango entre 85% - 80% de la vida útil como zona con mayor susceptibilidad a deterioros para la ventana de operación de mantenimiento. La Tabla 23 muestra los resultados estimados del análisis de susceptibilidad para la ventana de mantenimiento, en total 1 380,05 km podrían presentar una condición frágil y representan el 25,7% de toda la red vial evaluada.

Tabla 23: Condición de susceptibilidad estimada para la ventana de operación de mantenimiento

| Estrategia General de Intervención | Condición de Fragilidad | Longitud (km) |
|--|--------------------------------------|-----------------|
| Mantenimiento de preservación | No Aplica | 2 377,59 |
| | Estructural: 85 – 80% vida remanente | 12,45 |
| | Funcional: IRI > 2,7 m/km | 981,8 |
| | Aplican Ambos | 10,43 |
| Mantenimiento de recuperación del IRI | No Aplica | 975,59 |
| | Estructural: 85 – 80% vida remanente | 63,32 |
| | Funcional: IRI > 6,4 m/km | 291,65 |
| | Aplican Ambos | 22,4 |
| Análisis a nivel de proyecto | | 53,25 |
| Rehabilitación menor | | 188,93 |
| Rehabilitación mayor | | 179,01 |
| Reconstrucción | | 227,39 |
| Total general | | 5 383,81 |

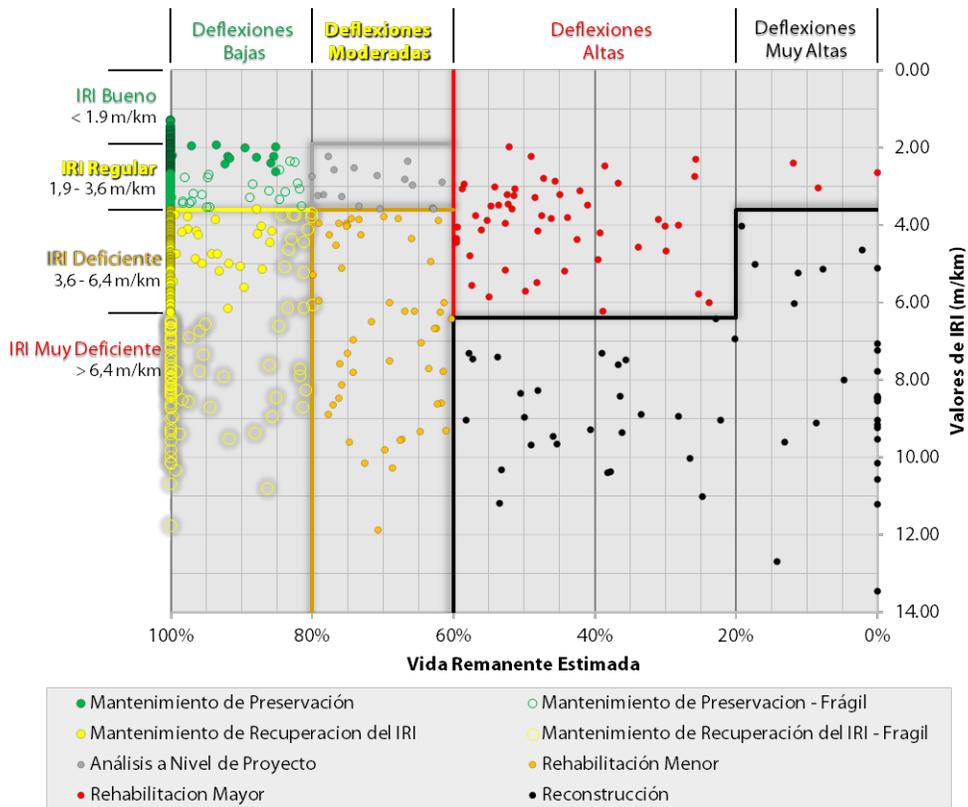
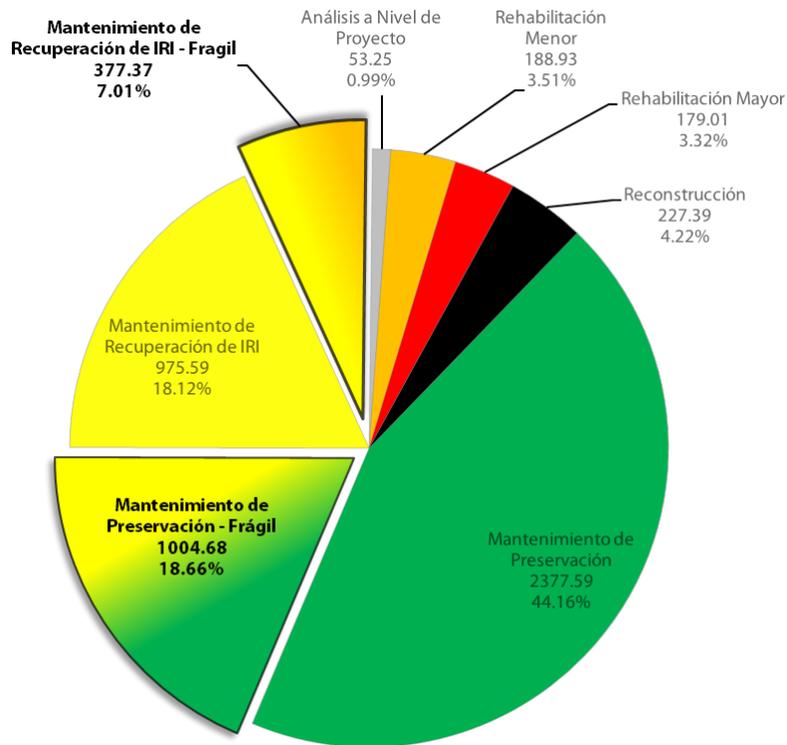


Figura 47. Resultados del análisis de fragilidad para la ventana de operación de mantenimiento

En la Figura 47 se pueden apreciar las secciones de control en un gráfico de dispersión empleando un estimado de la vida remanente de las categorías de FWD por rango de TPD, así como distribuidas en función de las categorías de IRI.

Empleando la propuesta de criterios de fragilidad se pueden definir secciones de control susceptibles a deterioros que modifiquen las estrategias generales de intervención obtenidas en la ERVN2020. Se reitera lo mencionado anteriormente y se destacan en el gráfico de pastel de la Figura 47 dos secciones, una primera sección de rutas con una condición de Mantenimiento de Preservación – Frágil (1005 km equivalente a un 18.7% de la red vial nacional pavimentada) y una segunda sección de rutas con una condición de Mantenimiento de Recuperación de IRI – Frágil (377 km equivalentes a un 7% de la Red Vial Nacional Pavimentada), estas secciones corresponden a aquellas secciones que por su condición estructural y funcional van a ser más susceptibles de mostrar un deterioro acelerado mientras se mantenga la condición de “no hacer nada” o de “cero mantenimiento”. En otras palabras, un 25,7% (1382 km) de la Red Vial Nacional Pavimentada, se encuentran en una condición de suma fragilidad y son susceptibles de mostrar un deterioro acelerado ante la falta de mantenimiento presente durante el año 2021. El verdadero efecto de esta situación de “cero mantenimientos” quedará claramente evidenciada en el informe de evaluación que inicia en enero del año 2022. La Figura 48 permite observar cómo se encuentra distribuido en el territorio las secciones derivadas del análisis.

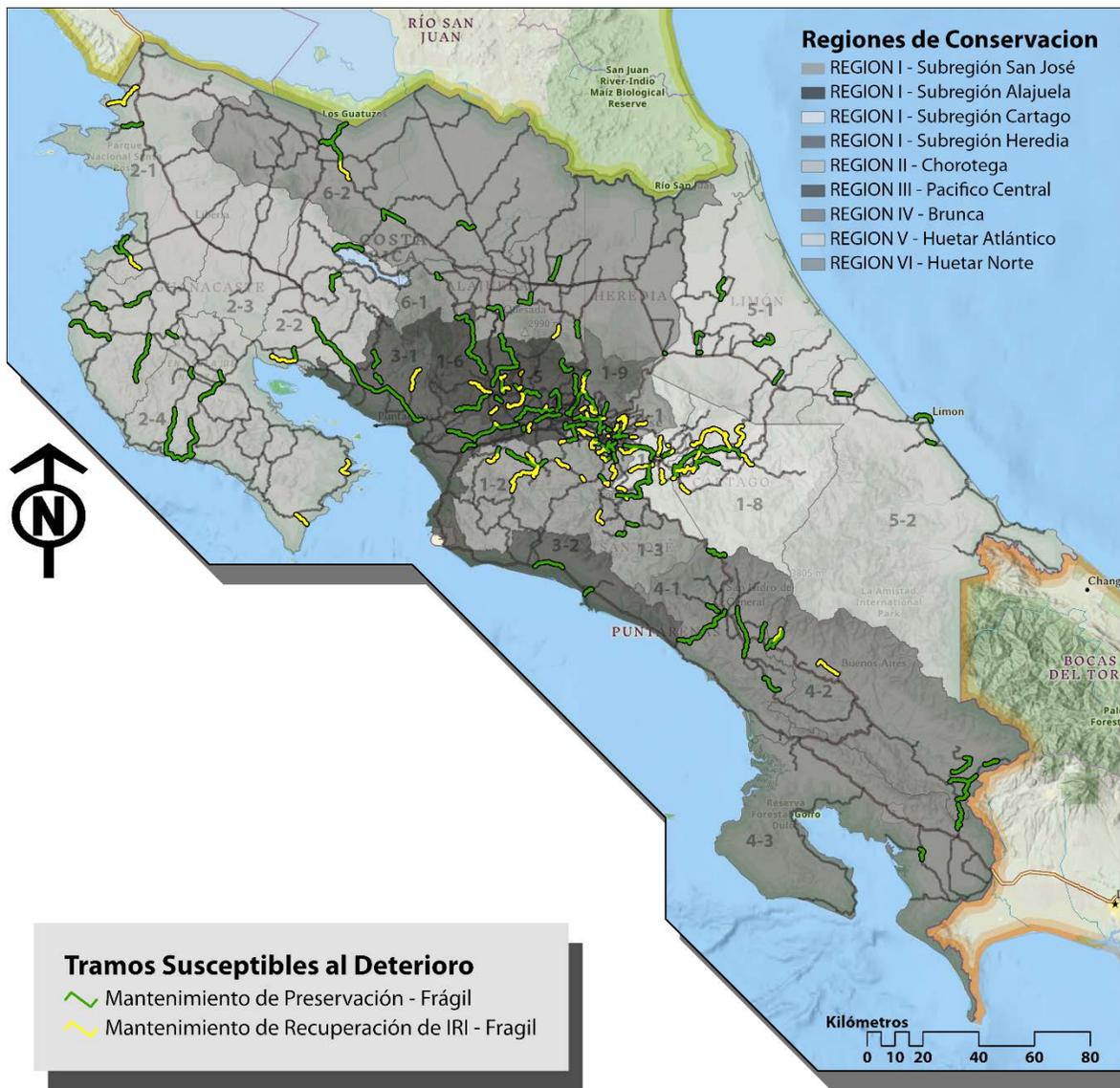


Figura 48. Mapa de secciones de control susceptibles a cambio de estrategia por deterioro

Al combinar los resultados de susceptibilidad con otros factores como el TPD se pueden establecer algunos criterios de importancia o priorización, tales como, los rangos de Transito Promedio Diario asignado a cada sección de control, la Tabla 24 muestra como la mayor cantidad de kilómetros se acumula en secciones de control que presentan menos de 5000 vpd.

Tabla 24: Condición de susceptibilidad estimada en función del Rango de TPD

| Rangos de TPD \ Criterio | Mantenimiento de Preservación - Frágil | | | Mantenimiento de Recuperación de IRI - Frágil | | | Total |
|--------------------------|--|---------------------------|---------------|---|---------------------------|---------------|-------------|
| | Estructural: 85 – 80% Vida remanente | Funcional: IRI > 2,8 m/km | Aplican Ambos | Estructural: 85 – 80% vida remanente | Funcional: IRI > 6,4 m/km | Aplican Ambos | |
| CASOS ESPECIALES | 3,75 km | 13,26 km | | | | | 17,01 km |
| 15MIL - 40MIL | | 106,07 km | 6,13 km | 0,49 km | 3,1 km | | 115,79 km |
| 5MIL - 15MIL | 8,7 km | 187,07 km | 4,3 km | 26,68 km | 20,69 km | 1,54 km | 248,98 km |
| 0 - 5MIL | | 675,4 km | | 36,15 km | 267,86 km | 20,86 km | 1 000,27 km |
| Total | 12,45 km | 981,8 km | 10,43 km | 63,32 km | 291,65 km | 22,4 km | 1 382,05 km |

Por su parte los criterios permiten establecer una posible evolución, donde los tramos que presentan una condición estructural cercana al límite de la ventana de operación de mantenimiento, pueden evolucionar con deterioros que impliquen pasar de la ventana de Mantenimiento a la ventana de Rehabilitación, las tasas de inversión requeridas para revertir esa condición y se pueden estimar empleando la Figura 38, la Figura 39 y se resumen en la Tabla 25.

Tabla 25: Tasa de inversión estimadas para restituir condiciones de mantenimiento

| | | Condición de rescate esperado | |
|----------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| | | Mantenimiento de Preservación | Mantenimiento de Recuperación del IRI |
| Condición de partida | Mantenimiento de Preservación | -- | -- |
| | Mantenimiento de Recuperación del IRI | €119,07 millones / km | -- |
| | Rehabilitación | €207,68 millones / km | €58,62 millones / km |
| | Reconstrucción | €203,30 millones / km | €75,02 millones / km |

Aunque el deterioro de los pavimentos es un proceso paulatino, la identificación de rutas con altos niveles de susceptibilidad a deteriorarse y el comportamiento probabilístico modelado, permiten proyectar distintos escenarios, entre ellos, el peor escenario constituye aquel que significa un deterioro generalizado de las rutas. En este escenario, las rutas en condición de fragilidad por falta de mantenimiento sufren un deterioro tal que llegan hasta una condición final para ser catalogadas como rutas candidatas a ser rehabilitadas o reconstruidas, este escenario aumenta su probabilidad de ocurrencia conforme se extiende el periodo de “abandono” por falta de mantenimiento siguiendo el análisis probabilístico de Markov definido de forma general para la Red Vial Nacional pavimentada de Costa Rica en el 2014 (Porrás Alvarado, y otros, 2014). Bajo este escenario se estaría requiriendo de una inversión cercana a los **₡ 235 000 millones** para restituir la condición originalmente detectada a finales del año 2020.

Por último, al escenario anteriormente descrito habría que sumar las inversiones ineficientes detectadas en este informe en la sección **4.3.2 Análisis del efecto de la inversión considerando las Estrategias de Intervención Recomendadas obtenidas en la ERVN2020 y la condición preliminar ERVN2018**, las cuales rondan un total de **₡ 14 606,77 millones** en prácticas de conservación que no lograron una mejora en la condición de las rutas de la Red Vial Nacional Pavimentada.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

5.1.1 Conclusiones “Capítulo 1: Condición de la Red Vial Nacional - ERVN2020”

CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DE LA ERVN2020

Tanto la condición estructural como la condición funcional de la Red Vial Nacional a finales del Año 2020 mostraron una lenta pero constante tendencia a la mejora, particularmente entre el año 2018 y 2020 se observa como el modelo de contrato aplicado para el mantenimiento de la red logró prácticamente mantener los estándares casi invariables. Se destaca la condición estructural con altos porcentajes de condición buena y una condición no tan aceptable en cuanto a la condición funcional, lo cual se puede interpretar como una Red Vial Nacional Pavimentada con una aceptable capacidad de soportar las cargas vehiculares, pero con una alta propensión a mostrar deficiencias en la regularidad del ruedo (IRI) ante prácticas de “no hacer nada” o “cero mantenimientos”. Esta condición pone en evidencia la susceptibilidad de la Red Vial a mostrar en el corto plazo problemas de deterioros superficiales y la consecuente afectación para los usuarios, al aumentar los costos de operación vehicular por daño a los vehículos, disminuir velocidades de operación y altos consumos de combustible.

RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO EN LA ERVN2020

La evaluación de la resistencia al deslizamiento solo puede evaluarse en pavimentos con buenos niveles de regularidad superficial (IRI inferior a 4,0 m/km), en la ERVN2020 se evaluaron 3 495,50 km y este sigue siendo el indicador que muestra un peor desempeño. Los resultados muestran cómo un 36,3% de 3 495,50 km presentan condiciones **Muy deslizantes** ante la presencia de humedad, 39,5% presentan la condición **Deslizante**, 24,0% muestran una condición **Poco deslizante** y 0,23% se consideran **No deslizantes** en presencia de humedad. Estos resultados se deben combinar con las notas Q, para establecer el tipo de intervenciones requeridas, sin embargo, los resultados indican que más del 75% de la Red Vial Nacional evaluada presenta condiciones *deslizantes o muy deslizantes*. Para los restantes 1 888,31 km de Red Vial Nacional, que no fueron evaluados mediante el Grip Tester, el agarre superficial se combina con bajas velocidades de operación, en estas rutas donde los valores de IRI son **Deficientes** y **Muy deficientes**, se requiere de actividades de intervención que traen como consecuencia un cambio en el agarre superficial, que deberá ser verificado posteriormente.

5.1.2 Conclusiones “Capítulo 2: Estrategias Generales de Intervención - ERVN2020”

NOTAS DE CALIDAD PARA LA ERVN2020

La aplicación de la metodología para definición de notas de calidad en los distintos tramos de la red vial nacional reveló que un **62,8%** de 5 383,81 km califican como **Q1**, y **Q2**, presentando una condición, donde las deflexiones son **Bajas**, sin embargo, el nivel de regularidad superficial se ha desplazado a una condición de **Regular**, en el caso de **Q2**, 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 una pérdida leve de capacidad funcional. tal como los tratamientos de preservación tipo *slurry seals*, *chip seals* o *micropavimentos*.

Adicionalmente, un **25,1%** de 5 383,81 km califican como **Q4** ó **M-RF**, 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 las deflexiones son **Bajas**, la condición de deterioro funcional aumenta considerablemente la tasa de deterioro estructural. Debido al deterioro de la capa de ruedo, estos pavimentos pasarán a **M-RF** o **Q7** en el mediano plazo. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones de mantenimiento de mediano costo que deberían atender la pérdida de capacidad funcional.

El restante **12,1%** de los 5 383,81 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.

ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA LA ERVN2020

Ventana de Conservación Vial 88,0%

Los resultados revelan una red vial con alto porcentaje de secciones candidatas a intervenciones del tipo **Mantenimiento de preservación** para un 62,8% de la Red Vial Nacional evaluada, lo cual indica que hay una buena oportunidad de introducir y fomentar en Costa Rica actividades del tipo sellos asfálticos, como las mencionadas en las definiciones de la sección 2.3.1.

Dentro de la ventana de *Conservación Vial*, encontramos que 25,1% de la red, 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 ruedo para seguridad vial y las velocidades de circulación, así como en la disminución de contaminación por gases, congestión y exceso de ruido.

Ventana de Rehabilitaciones y Reconstrucción 12,0%

Las labores de **Rehabilitación menor**, **Rehabilitación mayor** y **Reconstrucción** suman un 11,0% de las rutas nacionales aproximadamente. La presencia de un 1,0% 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 esta. 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 una posterior disminución de la capacidad estructural de forma acelerada.

De los 3 382,27 km que calificaron para **Mantenimiento de preservación** en la ERVN2018, la gestión realizada logró mantener cerca de un 95,8% en la misma condición para la ERVN2020. 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.

Las notas Q, como índices de calidad de los pavimentos que tienden a combinar tanto la capacidad funcional como la capacidad estructural, se constituyen como indicadores integrales de la condición de los pavimentos, estas notas de calidad pueden usarse para calificar el cumplimiento de distintos estándares o niveles de servicio de los pavimentos y pueden ser complementados con algún indicador adicional relacionado con la presencia o no de distintos tipos de deterioro superficial.

5.1.3 Conclusiones “Capítulo 3: Inversión en Mantenimiento - ERVN2020”

En el presente informe se evalúa la inversión realizada de cara a las condiciones de las rutas, en las labores de conservación vial ejecutadas por el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) entre enero de 2018 y diciembre de 2019. Los fondos Públicos destinados para el mantenimiento de la Red Vial Nacional pavimentada en este período ascienden a un total de **₡ 211 510,32 millones**, es decir, un 16% más que lo invertido entre enero de 2016 y diciembre de 2017 donde los montos registrados alcanzaron los **₡ 177 673,08 millones**.

Del análisis realizado se destacan los siguientes resultados:

1. Las zonas de conservación en promedio invierten **₡ 8 500 millones** en la ERVN2020.
2. La zona de conservación vial donde se dio la mayor inversión en el período de la ERVN2020 corresponde a la zona 4-3, ubicada en la Región IV- Brunca.
3. En el período de análisis, se presentó una inversión mensual promedio de **₡ 7 400 millones**, el mes de noviembre del 2017 presenta el mayor registro mensual, del período de análisis, donde las inversiones superan los **₡ 11 260 millones**.
4. 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 ERVN2018, así como en la ERVN2020 con una inversión cercana a los **₡ 70 327 millones**.

5.1.4 Conclusiones “Capítulo 4: Análisis de Evolución de la Condición – ERVN2020”

LA FRAGILIDAD DE LA RED VIAL NACIONAL Y LAS ESTRATEGIAS DE GESTIÓN

En términos de la gestión de la Red Vial Nacional, tanto el abandono por falta de mantenimiento, la implementación de políticas como “el no hacer nada” o la implementación de actividades de forma reactiva, constituyen prácticas inadecuadas de gestión y es lo que ha llevado a que un 25% la Red Vial Nacional Pavimentada muestre una gran fragilidad, siendo susceptible de presentar deterioros significativos en el corto plazo, es decir, se tiene un alto porcentaje de la red vial pavimentada con bajos niveles de resiliencia y que urge de la implementación de un Sistema de Gestión de Pavimentos que considere tanto la condición estructural como la condición funcional de las vías.

Los datos mostrados revelan que, aunque se reactivaran las actividades de mantenimiento, las prácticas que se han venido aplicando en la red vial por medio de un modelo de mantenimiento por cantidades, aún tienen una importante oportunidad de mejora, pues se siguen implementando actividades de mantenimiento en rutas que necesitan ser rehabilitadas o reconstruidas.

El modelo actual promueve la ejecución de obra y no la gestión de los corredores, los datos muestran que las actividades más frecuentes son aquellas relacionadas con la colocación de sobrecapas, las cuales tienen un efecto directo en eliminar deterioros superficiales y mejorar el IRI, sin embargo, su aplicación generalizada, incluso en rutas cuya capacidad estructural se ha visto disminuida, no pueden garantizar la estabilidad de la red en el largo plazo y demuestra que el criterio de aplicación no responde, en su totalidad, a un análisis de la información de la condición existente y mostrada en este informe.

Aunque el modelo actual de mantenimiento por cantidades ha logrado una mejora paulatina de la condición de la red vial, se encuentra ligado a una inversión permanente para poder mantener esta condición, esta situación impide redistribuir estos recursos para optimizar esta inversión.

Las rutas que muestran una mayor fragilidad por efecto de la falta de mantenimiento se encuentran concentradas en la GAM donde también se encuentra concentrada la mayor densidad de vías del país y la mayoría de la flota vehicular con valores de TPD altos, condiciones que aceleran el deterioro potencial identificado. Esta concentración de rutas frágiles en la GAM constituye un enorme riesgo potencial para la competitividad del país, podría afectar negativamente la movilidad de los ciudadanos, aumentar los costos de operación vehicular, disminuir las velocidades de operación, aumentar los tiempos de viaje y la contaminación ambiental, constituyéndose en enormes costos indirectos producto de la falta de mantenimiento.

5.2 RECOMENDACIONES

Acorde con las disposiciones del informe de la Contraloría General de la República 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 darles sostenibilidad y mejora continua a los diversos procesos de mantenimiento y conservación de la Red Vial Nacional.

Se hace énfasis en las recomendaciones previas a la definición de las políticas de gestión de infraestructura vial con una visión de largo plazo, que trasciendan los períodos 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 generar nuevas bases de datos o unificar los datos dentro del sector vial, con el fin de permitir una adecuada trazabilidad de las inversiones y de esta forma poder evaluar la efectividad de las mismas en la condición de la red vial, así como fortalecer el uso de las bases de datos unificadas existentes, tales como el SIGEPRO.

Se recomienda el uso de las herramientas desarrolladas tanto en la ERVN2018 como en la ERVN2020 (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.

Ante el nuevo panorama vial, donde un 62,8% de la red vial evaluada calificó para **Mantenimiento de Preservación**, 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.

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.

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.
- Porras Alvarado, J. D., Loría Salazar, L. G., Zhang, S., Barrantes Jiménez, R., Valverde Cordero, C., & Otros. (2014). *Enfoque probabilístico del modelo de desempeño de pavimento para la Red Vial Primaria de Costa Rica basado en el IRI*. San Pedro, San José, Costa Rica: LanammeUCR.
- Sanabria Sandino, J., Barrantes Jimenez, R., & Elizondo Salas, A. L. (2019). *Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, años 2018-2019*. San Pedro, San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Sanabria-Sandino, J., Barrantes-Jiménez, R., & Loria Salazar, L. G. (2017). *Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, años 2016-2017*. Universidad de Costa Rica, LanammeUCR. San Pedro, San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- 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.

Valverde Cordero, C., & Barrantes Jimenez, R. (2018). *Diseño de un modelo para la selección de actividades de conservación para la Red Vial Nacional de Costa Rica*. San José, Costa Rica: ICAP.

APÉNDICE A

La información para cada una de las secciones de control evaluadas y los datos recopilados durante la ERVN2020 incluyen al menos los siguientes componentes por sección de control:

Tabla A1: Elementos básicos asociados a la base de datos de las secciones de control - ERVN2020

| Tipo de Dato | Elementos Específicos |
|--|---|
| <i>Información General</i> | Sección de Control Ruta Descripción Zona de Conservación Largo |
| <i>Indicadores de condición y estrategias intervención general</i> | Sensor D0 - FWD Valor IRI Grip Number Nota Q Estrategia Recomendada Estrategia Basada en Grip Number |
| <i>Condición e Inversión</i> | Inversión relativa Inversión Total Análisis de Condición Evolución de la Nota Q |

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



11501-2060 San José, Costa Rica



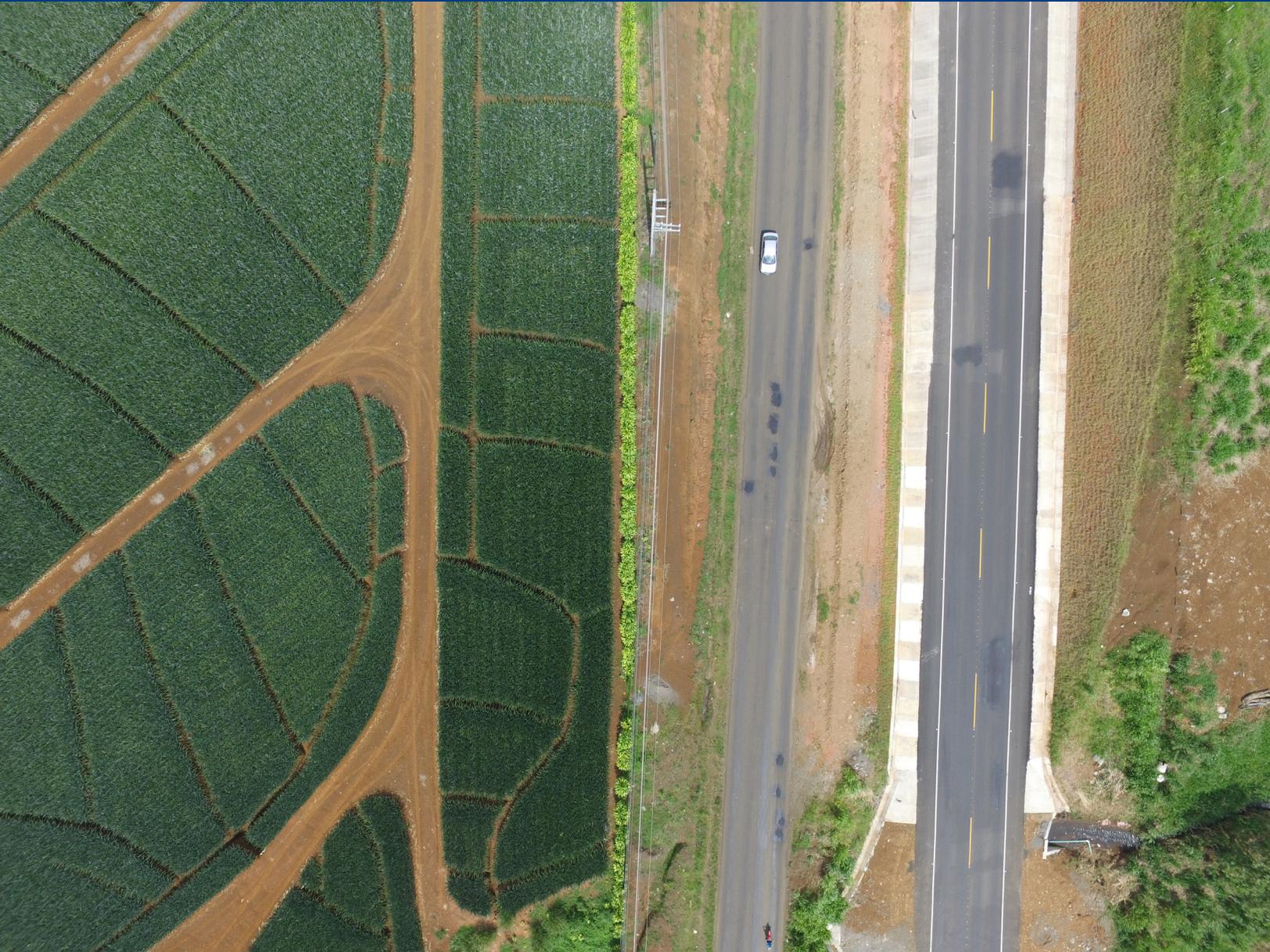
(506) 2511-2500



direccion.lanamme@ucr.ac.cr



www.lanamme.ucr.ac.cr



UCR