



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LanammeUCR

LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Informe de Evaluación

de la Red Vial Nacional
Pavimentada de Costa Rica
Años 2014-2015

INF-PITRA-001-2015
San José, Costa Rica
Junio, 2015



Preparado por:



programa de
Infraestructura
del transporte

UGERVN

Unidad de Gestión y
Evaluación de la
Red Vial Nacional



red

VIAL

EVALUACIÓN

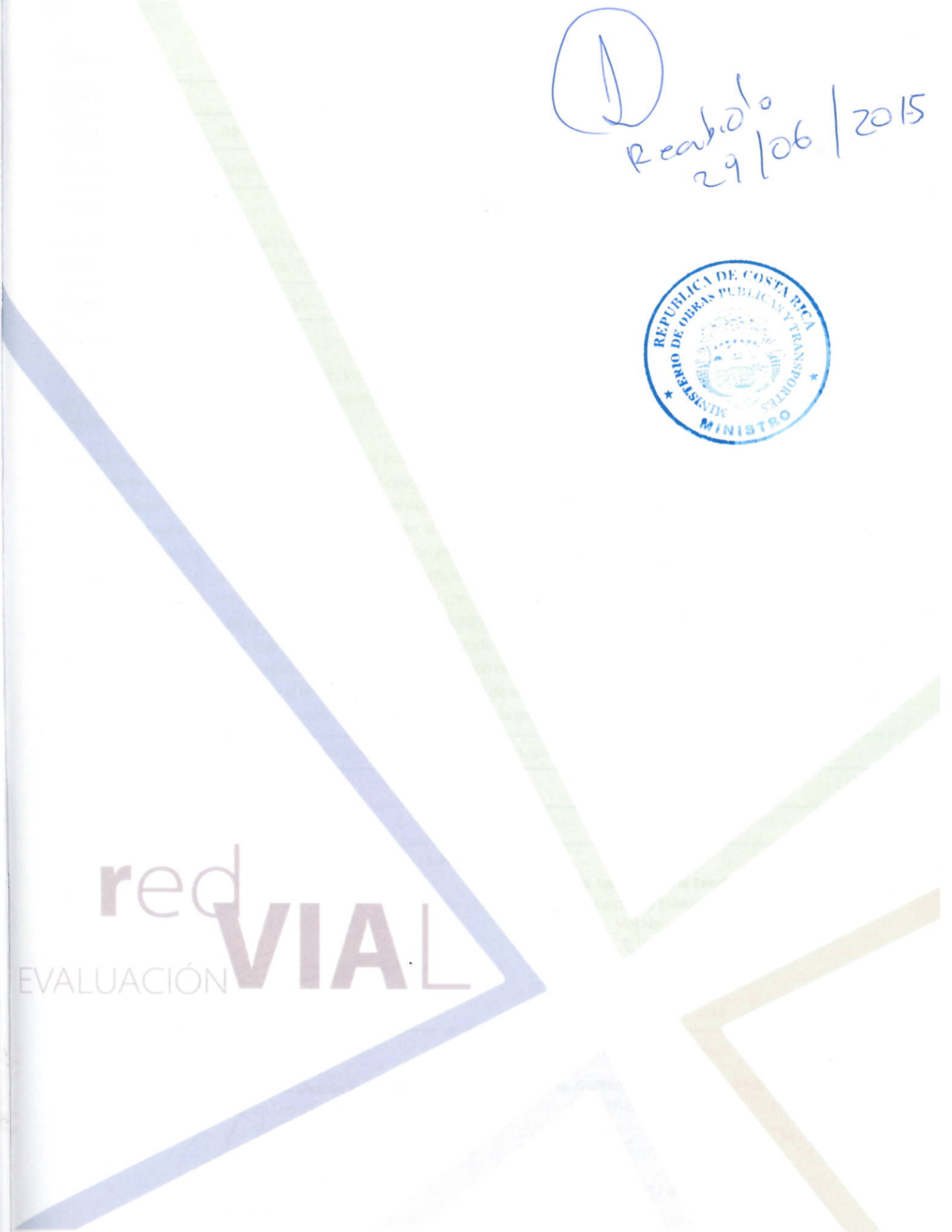
①

Recibido
29/06/2015



red
VIAL

EVALUACIÓN



1. Informe: INF-PITRA-001-2015

2. Copia No. 1

3. Título: INFORME DE EVALUACIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA DE COSTA RICA, AÑOS 2014 -2015

4. Fecha del Informe: Junio, 2015

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 2014 - 2015 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 para facilitar el frenado de los vehículos. 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. Adicionalmente, se realizó la evaluación de la inversión realizada entre agosto del año 2012 y diciembre del año 2013 y su efecto en la condición final de la Red Vial Nacional como un indicador de la eficiencia de la inversión, como herramienta para una 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

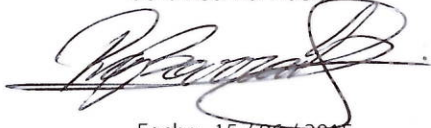
11. Nivel de seguridad: Alto

12. Núm. de páginas: 116

13. Preparado por:

Ing. Roy Barrantes Jiménez

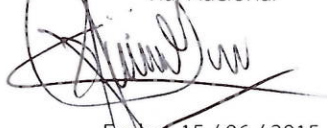
Coordinador Unidad de Gestión y Evaluación
de la Red Vial Nacional



Fecha: 15/06/2015

Ing. Jairo Sanabria Sandino

Unidad de Gestión y Evaluación de la Red
Vial Nacional

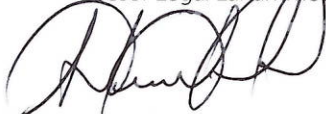


Fecha: 15/06/2015

14. Revisado por:

Lic. Miguel Chacón Alvarado

Asesor Legal LanammeUCR



Fecha: 15/06/2015

15. Aprobado por:

Ing. Guillermo Loría Salazar, Ph.D.

Coordinador General PITRA



Fecha: 15/06/2015

TABLA DE CONTENIDO

POTESTADES	13
OBJETIVOS DE LA CAMPAÑA DE EVALUACIÓN 2014-2015	14
OBJETIVO GENERAL	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
CAPITULO 1	15
1.1 INTRODUCCIÓN	15
1.1.1 DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS	17
1.1.2 OTRAS DEFINICIONES	18
1.2 CAPACIDAD ESTRUCTURAL, DEFLEXIONES OBTENIDAS MEDIANTE EL FWD	18
1.2.1 CRITERIOS DE DE CLASIFICACIÓN POR DEFLECTOMETRÍA DE IMPACTO (FWD)	18
1.2.2 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA RED VIAL CON EL ENSAYO DE DEFLECTOMETRÍA FWD	19
1.2.3 RESULTADOS DE DEFLECTOMETRÍA (FWD) DESGLOSADOS POR PROVINCIA	20
1.2.4 RESULTADOS DE DEFLECTOMETRÍA (FWD) DESGLOSADOS POR ZONA CONAVI	21
1.2.5 RESULTADOS DE DEFLECTOMETRÍA POR MEDIO DE SIG	22
1.3 CAPACIDAD FUNCIONAL, EMPLEANDO EL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)	23
1.3.1 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DEL IRI	23
1.3.2 RESULTADOS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES (IRI)	24
1.3.3 RESULTADOS DE IRI DESGLOSADOS POR PROVINCIA	25
1.3.4 RESULTADOS DE IRI DESGLOSADOS POR ZONA DE CONSERVACIÓN VIAL	26
1.3.5 RESULTADOS DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI) POR MEDIO DE LOS SIG	27
1.4 CONDICIÓN DE LA RED VIAL SEGÚN COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DE PAVIMENTOS (GRIP)	28
1.4.1 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DEL GRIPNUMBER	28
1.4.2 RESULTADOS DE COEFICIENTE DE ROZAMIENTO CON EL ENSAYO DE GRIP	29
1.4.3 RESULTADOS DE AGARRE SUPERFICIAL GRIP DESGLOSADOS POR PROVINCIA	30
1.4.4 RESULTADOS DEL ENSAYO DE GRIP POR ZONA DE CONSERVACIÓN VIAL	31
1.4.5 RESULTADOS DEL ENSAYO DE GRIP POR MEDIO DE LOS SIG	32
CAPITULO 2	33
2.1 INTRODUCCIÓN	33
2.1.1 DEFINICIONES	33
2.2 NOTAS DE CALIDAD Q	34
2.2.1 DEFINICIÓN DE LAS “NOTAS DE CALIDAD Q” A NIVEL DE RED VIAL NACIONAL	34
2.2.2 RESULTADOS DE NOTAS DE CALIDAD PARA LA RED VIAL NACIONAL	36
2.3 ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA LA RED VIAL NACIONAL	40
2.3.1 DEFINICIONES	41
2.3.2 RESULTADOS DE ESTRATEGIAS GENERALES DE INTERVENCIÓN PARA LA RED VIAL NACIONAL	43

2.3.3	PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN PARA MEJORAMIENTO DEL FRENADO DE LOS VEHÍCULOS EN CARRETERA	48
2.3.4	APLICACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN PARA MEJORAMIENTO DEL FRENADO DE LOS VEHÍCULOS EN LA RED VIAL NACIONAL	49
2.4	VALIDACIÓN DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN A NIVEL DE PROYECTO	51
2.4.1	ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI - ASTM D 6433 - 03	51
2.4.2	METODOLOGÍA DE VALORACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	52
2.4.3	RESULTADOS DE PCI EN SECCIONES DE CONTROL SELECCIONADAS	54
 CAPITULO 3		 57
3.1	INTRODUCCIÓN	57
3.1.1	DEFINICIONES	58
3.2	ACTIVIDADES DE PROCESAMIENTO BÁSICO DE LAS ESTIMACIONES DE OBRA VIAL	58
3.3	DATOS DERIVADOS DE LA BASE DE DATOS DE ESTIMACIONES DE OBRA VIAL	60
3.3.1	RESULTADOS TOTALES DE INVERSIÓN	62
3.4	RESUMEN DE INVERSIÓN EMPLEANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	65
3.5	COMPARACIÓN DE RESULTADOS: EVOLUCIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL	66
3.6	COMPARACIÓN DE LOS INDICADORES DE LA RED VIAL ERVN2012 Y ERVN2014	68
3.6.1	COMPARACIÓN DE INDICADORES DE LA ERVN2012 Y ERVN2014 SEGÚN LA CONDICIÓN DE DEFLEXIONES (FWD)	68
3.6.2	COMPARACIÓN DE INDICADORES DE LA ERVN2012 Y ERVN2014 SEGÚN LA CONDICIÓN DE REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI)	70
3.6.3	COMPARACIÓN DE INDICADORES DE LA ERVN2012 Y ERVN2014 SEGÚN LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO O GRIP NUMBER.	71
3.7	ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL POR ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFECTIVIDAD DE LA INVERSIÓN REALIZADA ERVN2012 Y ERVN2014	72
3.7.1	ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN TOTAL EN RED VIAL COMPARANDO LA CONDICIÓN ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN RECOMENDADAS ERVN2012 Y LOS RESULTADOS DE LA ERVN2014	73
3.7.2	ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA INVERSIÓN CONSIDERANDO LAS ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN RECOMENDADAS OBTENIDAS EN LA ERVN2014 Y LA CONDICIÓN PRELIMINAR ERVN2012	76
3.8	MODELOS DE DETERIORO	84
3.8.1	MODELOS DE DETERIORO ENFOQUE PROBABILÍSTICO, CADENAS DE MARKOV- NIVEL DE RED	85
3.8.1.1	PREDICCIONES PROBABILÍSTICAS 2020 PARA LA RED VIAL DE COSTA RICA	86
3.8.2	MODELOS DE DETERIORO PARA SECCIONES DE CONTROL - NIVEL DE PROYECTO	90
3.8.2.1	RESUMEN DEL ANÁLISIS DE MODELOS DE DETERIORO PARA SECCIONES - $PSI_{CR} > 3.2$	94

CAPITULO 4	95
4.1 INTRODUCCIÓN	95
4.2 PRINCIPALES OBJETIVOS DE LA ENCUESTA	95
4.3 ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA ENCUESTA	95
4.3.1 SELECCIÓN DE LA MUESTRA Y COMPOSICIÓN	96
4.4 RESULTADOS	97
4.5 PRINCIPALES PROBLEMAS Y EXPECTATIVAS	103
CAPITULO 5	105
5.1 CONCLUSIONES	105
5.1.1 CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE LA RED VIAL NACIONAL	105
5.1.2 CAPACIDAD FUNCIONAL DE LA RED VIAL NACIONAL	105
5.1.3 RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO EN LA RED VIAL NACIONAL	105
5.1.4 COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE LAS EVALUACIONES 2012 Y 2014	105
5.1.5 CÁLCULO DE LAS NOTAS DE CALIDAD PARA LA RED VIAL NACIONAL	105
5.1.6 USO DEL PCI COMO HERRAMIENTA DE VALIDACIÓN A NIVEL DE PROYECTO	106
5.1.7 DEFINICIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA LA RED VIAL NACIONAL	106
5.1.8 ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN EN LA RED VIAL NACIONAL	106
5.1.9 EVOLUCIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL EN FUNCIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN	107
5.1.10 ANÁLISIS DE LOS MODELOS DE DETERIORO	108
5.1.11 ANÁLISIS DE LA ENCUESTA DE PERCEPCIÓN CIUDADANA SOBRE EL ESTADO DE LA RED VIAL NACIONAL	109
5.2 RECOMENDACIONES	111
BIBLIOGRAFIA	112
ANEXO A	113
ANEXO B	115

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DIVISIÓN DEL TERRITORIO NACIONAL EN LAS 22 ZONAS DE CONSERVACIÓN VIAL	16
FIGURA 2. ESTADO GENERAL DE LA RED VIAL SEGÚN LOS VALORES DE DEFLEXIÓN (FWD, 2012-2013)	19
FIGURA 3. ESTADO DE LA RED VIAL POR PROVINCIAS, SEGÚN LOS VALORES DE DEFLEXIÓN OBTENIDOS	20
FIGURA 4. ESTADO DE LA RED VIAL POR ZONAS CONAVI, SEGÚN LOS VALORES DE DEFLEXIÓN OBTENIDOS	21
FIGURA 5. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL (FWD) DE LA RED VIAL NACIONAL	22
FIGURA 6. ESTADO DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES DE LA RED VIAL SEGÚN EL PARÁMETRO FUNCIONAL IRI	24
FIGURA 7. ESTADO DE LA RED VIAL POR PROVINCIAS SEGÚN SU REGULARIDAD SUPERFICIAL, IRI	25
FIGURA 8. ESTADO DE LA RED VIAL POR ZONAS CONAVI SEGÚN SU REGULARIDAD SUPERFICIAL IRI	26
FIGURA 9. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA CONDICIÓN FUNCIONAL (IRI) DE LA RED VIAL NACIONAL	27
FIGURA 10. CONDICIÓN DEL AGARRE SUPERFICIAL CON BASE EN RANGOS DE CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL, PARA LOS 2 684,05 KM EVALUADOS EMPLEANDO EL ENSAYO DE GRIP TESTER	29
FIGURA 11. ESTADO DE LA RED VIAL POR PROVINCIAS SEGÚN EL ENSAYO DE GRIP	30
FIGURA 12. ESTADO DE LA RED VIAL POR ZONA CONAVI SEGÚN EL ENSAYO DE GRIP	31
FIGURA 13. REPRESENTACIÓN GRÁFICA ENSAYO DE GRIP DE LA RED VIAL NACIONAL	32
FIGURA 14. NOTAS DE CALIDAD Q BASADAS EN CATEGORÍAS DE FWD Y RANGOS DE IRI	34
FIGURA 15. NOTAS DE CALIDAD, LONGITUD EN KILÓMETROS Y PORCENTAJE PARA LA RED VIAL	37
FIGURA 16. NOTAS DE CALIDAD PARA LA RED VIAL DISTRIBUCIÓN POR PROVINCIAS	38
FIGURA 17. NOTAS DE CALIDAD POR ZONA CONAVI	39
FIGURA 18. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS NOTAS Q POR ZONA DE CONSERVACIÓN VIAL	40
FIGURA 19. AGRUPACIÓN DE LAS NOTAS DE CALIDAD PARA DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS	42
FIGURA 20. UBICACIÓN DE LAS NOTAS DE CALIDAD DENTRO DE LAS VENTANAS DE OPERACIÓN	43
FIGURA 21. ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA LA RED VIAL NACIONAL	44
FIGURA 22. ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA LA RED VIAL NACIONAL DISTRIBUCIÓN POR PROVINCIAS	45
FIGURA 23. DISTRIBUCIÓN DE ESTRATEGIAS POR ZONAS DEL CONAVI	46
FIGURA 24. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN POR PROVINCIA	47
FIGURA 25. RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN PARA ATENDER LOS DISTINTOS NIVELES DE PELIGROSIDAD ANTE CARRETERAS DESLIZANTES	48
FIGURA 26. RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN PARA ATENDER LOS DISTINTOS NIVELES DE PELIGROSIDAD ANTE CARRETERAS DESLIZANTES	49
FIGURA 27. RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN PARA ATENDER LOS DISTINTOS NIVELES DE PELIGROSIDAD ANTE CARRETERAS DESLIZANTES. DISTRIBUCIÓN ENTRE Q1 Y Q2	50
FIGURA 28. EQUIPO DE REGISTRO DE IMÁGENES DIGITALES GEORREFERENCIADAS	53
FIGURA 29. PROCESO DE OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN PARA PCI	53
FIGURA 30. RESUMEN DE DETERIOROS POR ÁREA SUPERFICIAL PARA LAS UNIDADES DE MUESTREO	55
FIGURA 31. RESUMEN DE DETERIOROS LINEALES PARA LAS UNIDADES DE MUESTREO	56
FIGURA 32. ESQUEMA DE INSUMOS Y PRODUCTOS BÁSICOS DEL PROCESAMIENTO DE ESTIMACIONES	59
FIGURA 33. INVERSIÓN POR ZONA DE CONSERVACIÓN VIAL, BASE DE DATOS DEL LANAMMEUCR	62
FIGURA 34. DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE LA INVERSIÓN TOTAL, BASE DE DATOS DEL LANAMMEUCR	63

FIGURA 35. INVERSIÓN REALIZADA EN LOS ÍTEMS DE PAGO, ERVN2012 VS ERVN2014, BASE DE DATOS DEL LANAMMEUCR	64
FIGURA 36. MAPA DE INVERSIÓN RELATIVA POR KILÓMETRO DE SECCIÓN DE CONTROL PARA ERVN2014	65
FIGURA 37. EJEMPLO DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE MEDICIONES EN UNA RUTA DE 100 KM	66
FIGURA 38. EJEMPLO DE MÉTODOS DE ANÁLISIS TEMPORALES DE INDICADORES EN RUTA DE 100 KM.	67
FIGURA 39. EVOLUCIÓN DEL LAS CATEGORÍAS DE DEFLEXIÓN EN LA RED VIAL NACIONAL	68
FIGURA 40. EVOLUCIÓN DEL LAS DEFLEXIONES EN LA RED VIAL NACIONAL	70
FIGURA 41. EVOLUCIÓN DEL GRIP NUMBER EN LA RED VIAL NACIONAL	71
FIGURA 42. EVOLUCIÓN DE LAS VÍAS DE ACUERDO CON LAS ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN RECOMENDADAS, COMPARACIÓN ENTRE LA ERVN2012 Y LA ERVN2014	76
FIGURA 43. ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN RELATIVA PARA LAS SECCIONES CONTROL CUYA ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN RECOMENDADA CALIFICÓ COMO MANTENIMIENTO DE PRESERVACIÓN 2014	77
FIGURA 44. ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN RELATIVA PARA LAS SECCIONES CONTROL CUYA ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN RECOMENDADA CALIFICÓ COMO MANTENIMIENTO DE RECUPERACIÓN IRI 2014	78
FIGURA 45. ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN RELATIVA PARA LAS SECCIONES CONTROL CUYA ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN RECOMENDADA CALIFICÓ COMO REHABILITACIÓN MENOR 2014	79
FIGURA 46. ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN RELATIVA PARA LAS SECCIONES CONTROL CUYA ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN RECOMENDADA CALIFICÓ COMO REHABILITACIÓN MAYOR 2014	80
FIGURA 47. ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN RELATIVA PARA LAS SECCIONES CONTROL CUYA ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN RECOMENDADA CALIFICÓ COMO RECONSTRUCCIÓN 2014	81
FIGURA 48. MAPA DE ANÁLISIS DE CONDICIÓN Y EFICIENCIA BASADO EN LA EVOLUCIÓN DE LAS SECCIONES DE CONTROL CON BASE EN LAS ESTRATEGIAS RECOMENDADAS DE INTERVENCIÓN	83
FIGURA 49. METODOLOGÍA EMPLEADA PARA ELABORACIÓN DEL MODELO PROBABILÍSTICO DE DETERIORO (PORRAS ALVARADO, Y OTROS, 2014)	86
FIGURA 50. ESCENARIO 1: PROBABILIDAD DE MANTENER LA CONDICIÓN, DETERIORO ALEATORIO Y SIN MEJORA (PORRAS ALVARADO, Y OTROS, 2014)	87
FIGURA 51. ESCENARIO 2: PROBABILIDAD DE MANTENER LA CONDICIÓN, DETERIORO ESCALONADO Y SIN MEJORA (PORRAS ALVARADO, Y OTROS, 2014)	88
FIGURA 52. ESCENARIO 3: PROBABILIDAD DE MANTENER LA CONDICIÓN, DETERIORO ALEATORIO Y MEJORA ALEATORIA (PORRAS ALVARADO, Y OTROS, 2014)	88
FIGURA 53. ESCENARIO 4: PROBABILIDAD DE MANTENER LA CONDICIÓN, DETERIORO ALEATORIO Y MEJORA SOLO A CONDICIÓN ÓPTIMA (PORRAS ALVARADO, Y OTROS, 2014)	89
FIGURA 54. TENDENCIA EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS (AASHTO, 1993)	90
FIGURA 55. ANÁLISIS DE DATOS DE PSI EN FUNCIÓN DE AÑOS DE PROYECTO - LANAMMEUCR	91
FIGURA 56. ANÁLISIS DE DATOS DE PSI EN FUNCIÓN DE AÑOS REALES - LANAMMEUCR	91
FIGURA 57. INFORME ESQUEMÁTICO DE MODELO DE DETERIORO PARA UNA SECCIÓN DE CONTROL	93
FIGURA 58. NOTAS DE 0 A 100 PARA ACERAS, CALLES/CARRETERAS Y PUENTES	98
FIGURA 59. NOTAS DE 0 A 100 PARA LAS CARRETERAS PRINCIPALES	100
FIGURA 60. ÍNDICES DE PERCEPCIÓN SOBRE LA RED VIAL, NOTAS DE 0 A 100	101
FIGURA 61. EXPECTATIVA SOBRE INVERSIÓN EN OBRA PÚBLICA PARA TODAS LAS REGIONES	104

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: LONGITUD EVALUADA EN CADA PRUEBA, CAMPAÑA DE EVALUACIÓN 2014 -2015	13
TABLA 2: DIVISIÓN DEL TERRITORIO NACIONAL EN 22 ZONAS DE CONSERVACIÓN VIAL	16
TABLA 3: RANGOS DE DEFLEXIÓN SEGÚN TPD, UTILIZADOS PARA CLASIFICAR RESULTADOS DE FWD	18
TABLA 4: DEFLEXIONES FWD OBTENIDAS PARA LA RED VIAL, CAMPAÑA 2014-2015	19
TABLA 5: RANGOS DE CLASIFICACIÓN DE REGULARIDAD SUPERFICIAL PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES (IRI)	23
TABLA 6: RESULTADOS OBTENIDOS, REGULARIDAD SUPERFICIAL DE LA RED VIAL PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES	24
TABLA 7: CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL DEL PAVIMENTO SEGÚN EL GN	28
TABLA 8: RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE EL ENSAYO GRIP DE LA RED VIAL	29
TABLA 9: RESULTADOS DE LAS NOTAS DE CALIDAD PARA LA RED VIAL NACIONAL	37
TABLA 10: RESULTADOS DE LAS ESTRATEGIAS GENERALES DE INTERVENCIÓN PARA LA RED VIAL NACIONAL	44
TABLA 11: ESTRATEGIA GENERAL DE INTERVENCIÓN Y NOTA Q REPRESENTATIVA	51
TABLA 12: RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI (ASTM D 6433 - 03)	51
TABLA 13: DETERIOROS SUPERFICIALES PARA DETERMINAR PCI (DERIVADO DE ASTM D 6433 - 03)	52
TABLA 14: SECCIONES DE CONTROL PARA CALCULO DE PCI, ERVN2014	54
TABLA 15: RESULTADOS DE NOTA DE PCI Y CLASIFICACIÓN POR SECCIÓN DE CONTROL	56
TABLA 16: DISTRIBUCIÓN DE CONTRATISTAS POR ZONA DE CONSERVACIÓN VIAL	57
TABLA 17: PERÍODO Y MONTOS INVERSIÓN POR ZONA CONAVI, ERVN2012	60
TABLA 18: PERÍODO Y MONTOS INVERSIÓN POR ZONA CONAVI, ERVN2014	61
TABLA 19: RESULTADOS OBTENIDOS EN FWD, ERVN2012 Y ERVN2014	68
TABLA 20: RESULTADOS OBTENIDOS EN IRI, ERVN2012 Y ERVN2014	70
TABLA 21: RESULTADOS OBTENIDOS EN GRIP NUMBER, ERVN2012 Y ERVN2014	71
TABLA 22: RESUMEN DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN RECOMENDADAS. ERVN2012 Y ERVN2014	72
TABLA 23: EVOLUCIÓN DE SECCIONES PARA MANTENIMIENTO EN LA ERVN2012	73
TABLA 24: EVOLUCIÓN DE SECCIONES PARA REHABILITACIÓN O RECONSTRUCCIÓN EN LA ERVN2012	74
TABLA 25: INVERSIÓN EN SECCIONES SIN ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN EN LA ERVN2012	75
TABLA 26: RESUMEN DE LA MEJORÍA Y LA EFICIENCIA EN LA INVERSIÓN DE LA ERVN2014	82
TABLA 27: RESUMEN DE LA MEJORÍA Y LA EFICIENCIA EN LA INVERSIÓN DE LA ERVN2012	84
TABLA 28: MODELO 1 PARA EL CÁLCULO DEL PSI_{CR} . (LANAMMEUCR, 2013)	85
TABLA 29: RANGOS DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN FUNCIÓN DEL PSI_{CR}^*	86
TABLA 30: CONDICIÓN INICIAL DE LA RED VIAL NACIONAL BASADOS EN LOS RANGOS DEL PSI_{CR}^*	86
TABLA 31: COMPARACIÓN ENTRE LA CONDICIÓN DEL PSI_{CR} EN EL 2010 Y LA CONDICIÓN DEL 2020 - ESCENARIO 3	89
TABLA 32: ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN R^2	92
TABLA 33: FORMULA GENERAL DE LOS MODELOS DE DETERIORO 2014	92
TABLA 34: CANTIDAD DE SECCIONES QUE PRESENTAN MODELOS DE DETERIORO 2014	94
TABLA 35: ESCENARIO DE EVOLUCIÓN NEGATIVA EMPLEANDO MODELOS DE DETERIORO 2014	94
TABLA 36: ELEMENTOS Y PARÁMETROS PARA SELECCIÓN DE MUESTRA	96
TABLA 37: COMPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN MUESTRA	96
TABLA 38: CALIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA SEGÚN REGIÓN EN QUE RESIDE EL ENTREVISTADO	97

TABLA 39: CALIFICACIÓN DE LAS RUTAS NACIONALES POR PARTE DE LOS ENTREVISTADOS SEGÚN REGIÓN	99
TABLA 40: CALIFICACIÓN PROMEDIO DE LAS DIFERENTES INSTITUCIONES NACIONALES POR PARTE DE LOS ENTREVISTADOS SEGÚN REGIÓN EN QUE RESIDE	100
TABLA 41: ÍNDICE DE INFRAESTRUCTURA SEGÚN EL MEDIO DE TRANSPORTE MÁS EMPLEADO	102
TABLA 42: MODELO ESTIMADO PARA EL ÍNDICE DE INFRAESTRUCTURA (R^2 AJUSTADO=0,032)	102
TABLA 43: OPINIÓN SOBRE LA PROBLEMÁTICA DE LA RED VIAL NACIONAL POR PARTE DE LOS ENTREVISTADOS SEGÚN REGIÓN DE RESIDENCIA, PORCENTAJE DICOTÓMICO Y NO EXCLUYENTE POR REGIÓN	103
TABLA A1: ESCENARIO DE 0 A 2 AÑOS (PERIODO 2014-2016) PARA DETERIORO ESTIMADO DE $PSI_{CR} < 3,2$	113
TABLA A2: ESCENARIO DE 2 A 4 AÑOS (PERIODO 2016-2018) PARA DETERIORO ESTIMADO DE $PSI_{CR} < 3,2$	114
TABLA B1: ELEMENTOS ASOCIADOS A LA BASE DE DATOS DE LAS SECCIONES DE CONTROL - ERVN2014	115

POTESTADES

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

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

La primer campaña de evaluación de la red vial con equipos de alta tecnología se realizó en el año 2002. El principal objetivo de esta campaña fue ajustar los procedimientos de evaluación y la comparación de los resultados con estándares internacionales, por lo que se recorrió un pequeño porcentaje de la Red Vial Nacional pavimentada. La totalidad de la red vial fue evaluada por primera vez en el año 2004, donde fueron evaluados aproximadamente 4 000 kilómetros empleando tanto el perfilómetro láser como el deflectómetro de impacto. Posteriormente, en el año 2006, se realizó la segunda campaña de evaluación, que con los datos adquiridos sobre la extensión de la Red Vial Nacional, así como con la programación de las giras de evaluación y solicitud de permisos, permitió evaluar cerca de 4 400 km de rutas nacionales, también con los parámetros de deflexión ante impacto y regularidad superficial.

Al igual que sucedió con las campañas del año 2006, 2008, 2010-2011 y 2012-2013 la presente campaña se instrumentó con el *Sistema de Posicionamiento Global (GPS)*, con el objeto de mejorar la información relacionada con la ubicación de las mediciones. Adicionalmente, el GPS facilita el almacenamiento de datos en los *Sistemas de Información Geográfica (SIG)*, lo que permite un manejo y análisis de la información más ágil.

En la campaña de evaluación 2014-2015, se incorporaron 80,02 km de rutas de travesía, los cuales equivalen a 41 secciones analizadas. Se generó un registro de la condición superficial de la red vial mediante el equipo de auscultación visual con cámaras georreferenciadas, en forma paralela a la valoración de los indicadores funcionales y estructurales.

La Tabla 1 ilustra la longitud total evaluada en cada una de las mediciones realizadas en la campaña de evaluación 2014

Tabla 1: Longitud evaluada en cada prueba, campaña de evaluación 2014 -2015

Tipo de Medición	Longitud (km)
Deflectometría FWD	5 268,72
Regularidad Superficial IRI	5 268,72
Equipo de Auscultación Visual Geo3D	5 268,72
Coficiente de Rozamiento GRIP	2 684,05*

* Longitud menor debido a la naturaleza del equipo, sólo 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

AÑOS 2014-2015

OBJETIVO GENERAL

Conocer, evaluar y calificar la condición técnica general de la Red Vial Nacional pavimentada¹ en los años 2014-2015 y determinar su evolución o cambio respecto al año 2012-2013.

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 2012 y 2013.
- 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 2012 y 2013 y evaluar la efectividad de dichas inversiones en la condición actual de la Red Vial Nacional.
- Introducir el concepto de modelos de deterioro a nivel de red y a nivel de proyecto.
- Mediante una encuesta registrar la percepción ciudadana sobre la Red Vial.
- Mantener una base de datos actualizada, por medio de los sistemas de información geográfica, de los parámetros técnicos de las carreteras que sea útil para la planificación de proyectos destinados al mejoramiento de la red vial.

¹ En adelante, conocida únicamente como Red Vial

CAPÍTULO 1

CONDICIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL AÑO 2014

1.1 INTRODUCCIÓN

En la presente campaña de evaluación de la red vial, la metodología empleada siguió un modelo similar al utilizado en la campaña del año 2012. Con los conocimientos y experiencia adquiridos en dicha campaña, se procedió a la planificación de las giras de evaluación para cada uno de los equipos. En el caso de las giras de toma de datos de deflectometría, se hizo necesario hacerlas coincidir con el final de la época lluviosa en cada una de las zonas del país, esto con el objeto de que el suelo estuviera en su condición de máxima saturación posible, lo cual arroja las deflexiones más críticas y que reflejan de una manera más real las condiciones de operación de los pavimentos de nuestro país. En esta evaluación los resultados se agrupan también por nivel de tráfico de las vías evaluadas, usando cuatro grupos: Tránsito promedio diario TPD <5 000 vpd, TPD entre 5 000 y 15 000 vpd, TPD entre 15 000 y 40 000 vpd y casos especiales de tránsito pesado intenso. Con estos elementos se definió el cronograma, y se procedió al levantamiento de información de las carreteras con los equipos que se detallan en esta sección.

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

1.1.1 Definición de las unidades de análisis

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

Adicionalmente, el MOPT – CONAVI ha dividido el territorio nacional en grandes zonas de conservación, que corresponden a zonas que se han asignado a uno o varios contratistas para realizar labores de conservación vial por periodos de tres años, la misma finalizó en diciembre del 2014. La inversión realizada en la red vial corresponde con la Licitación Pública N° 20009LN-.000003-CV y define las 22 Zonas de Conservación que se muestran en la Tabla 2.

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

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

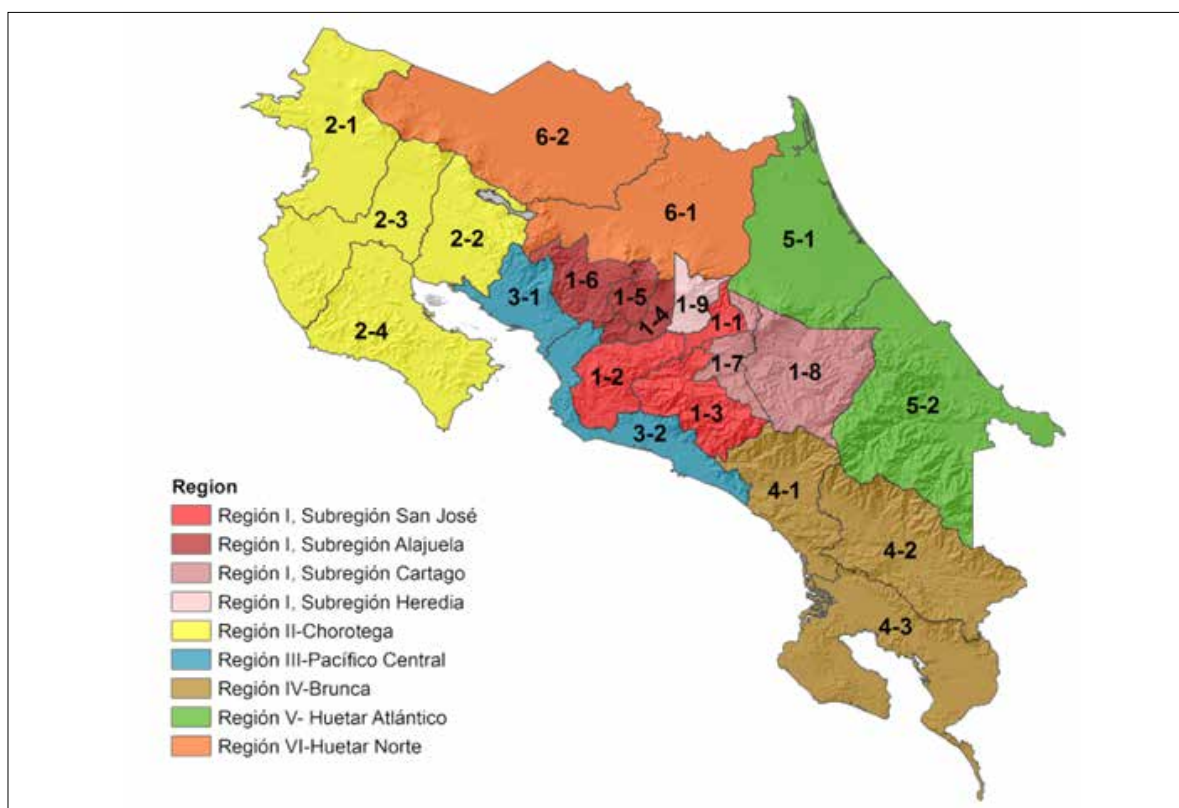


Figura 1. División del territorio nacional en las 22 zonas de Conservación Vial

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

Es a partir del informe de la Red Vial Nacional 2010-2011, que la caracterización final de las secciones de control emplea 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.

1.1.2 Otras Definiciones

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

1. 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).

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

3. 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).

4. 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 una 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).

5. 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.

6. Resistencia al deslizamiento: Se debe interpretar como la capacidad de frenar de un vehículo sobre una superficie de rueda tal como un pavimento asfáltico o hidráulico. Los detalles del equipo de Medición de Rozamiento Superficial o resistencia al deslizamiento, y la metodología seguida de evaluación aparecen en la Ficha Técnica FT – UGERVN – 02 – 13, disponible en el sitio de Internet del LanammeUCR (www.lanamme.ucr.ac.cr).

7. 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.

8. 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 este caso el perfil longitudinal se mide directamente con un equipo láser que permite establecer al milímetro las variaciones del terreno.

1.2 CAPACIDAD ESTRUCTURAL, DEFLEXIONES OBTENIDAS MEDIANTE EL FWD

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

La evaluación de la red vial con el deflectómetro de impacto abarcó 5 268,72 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. A su vez, se emplea el rango de deflexiones en función del TPD implementado desde el 2008 (informe N° UI-PE-03-08), estos rangos; que aparecen en la Tabla 3, tienen por objeto representar más fielmente las condiciones reales de uso de las rutas nacionales.

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

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

Corresponden con rutas con alto TPD y porcentaje alto de vehículos pesados, las cuales son la ruta 1 Carretera General Cañas, tramo La Uruca - entrada a Naranjo, y la ruta 32, tramo Puente sobre el Río Virilla - Limón

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

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

La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos en el parámetro de deflexiones asociadas con la capacidad estructural, para la campaña 2014-2015; la Figura 2 muestra en forma gráfica este resultado. En total, se procesaron más de 14 700 mediciones con dicho equipo.

Tabla 4: Deflexiones FWD obtenidas para la Red Vial, campaña 2014-2015

Tipo de Deflexiones	Longitud (km)	Porcentajes (%)
Bajas según rango del TPD	4 753,40	90,22%
Moderadas según rango del TPD	226,92	4,31%
Altas según rango del TPD	219,95	4,17%
Muy altas según rango del TPD	68,46	1,30%
Total	5 268,72	kilómetros

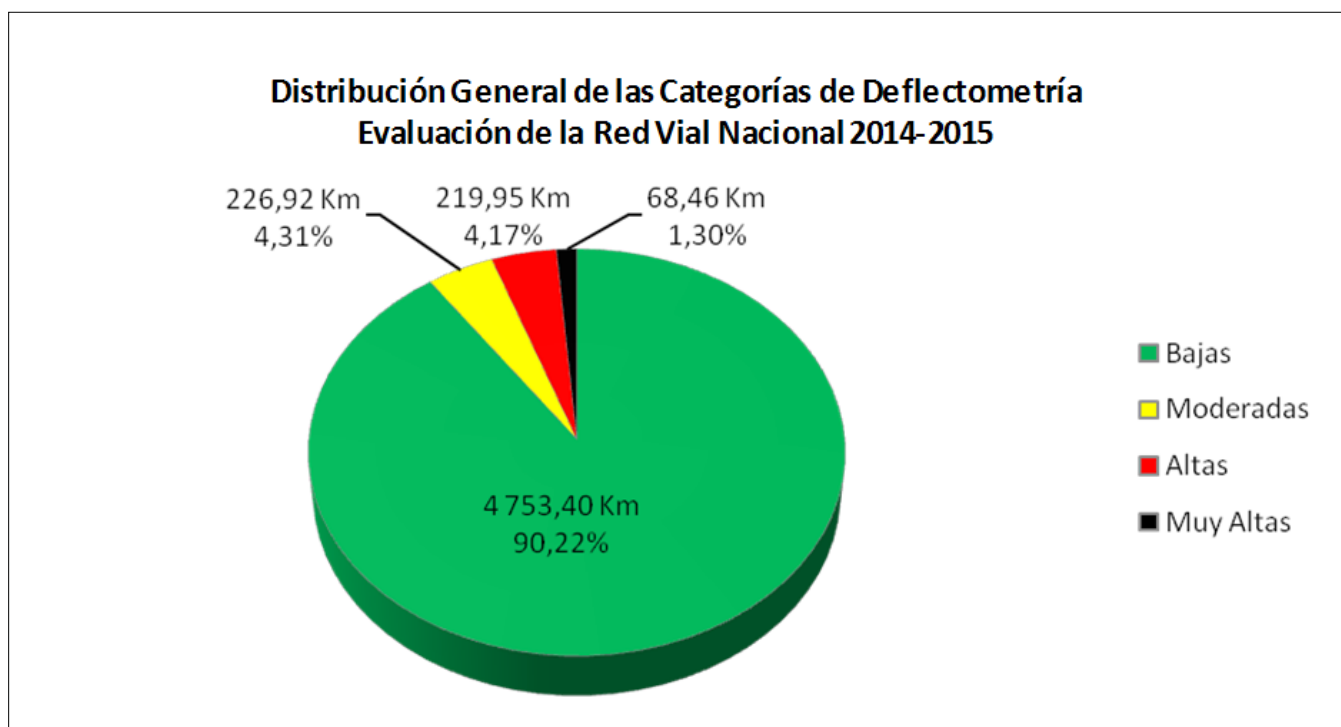


Figura 2. Estado general de la Red Vial según los valores de deflexión (FWD, 2012-2013)

Para la evaluación del 2014 los resultados arrojan que un 90,22% de la red vial evaluada se encuentran en buen estado según el parámetro de deflexión FWD, las deflexiones que superan el estado moderado conforman un 5,47% de la Red Vial.

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

1.2.3 Resultados de deflectometría (FWD) desglosados por provincia

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

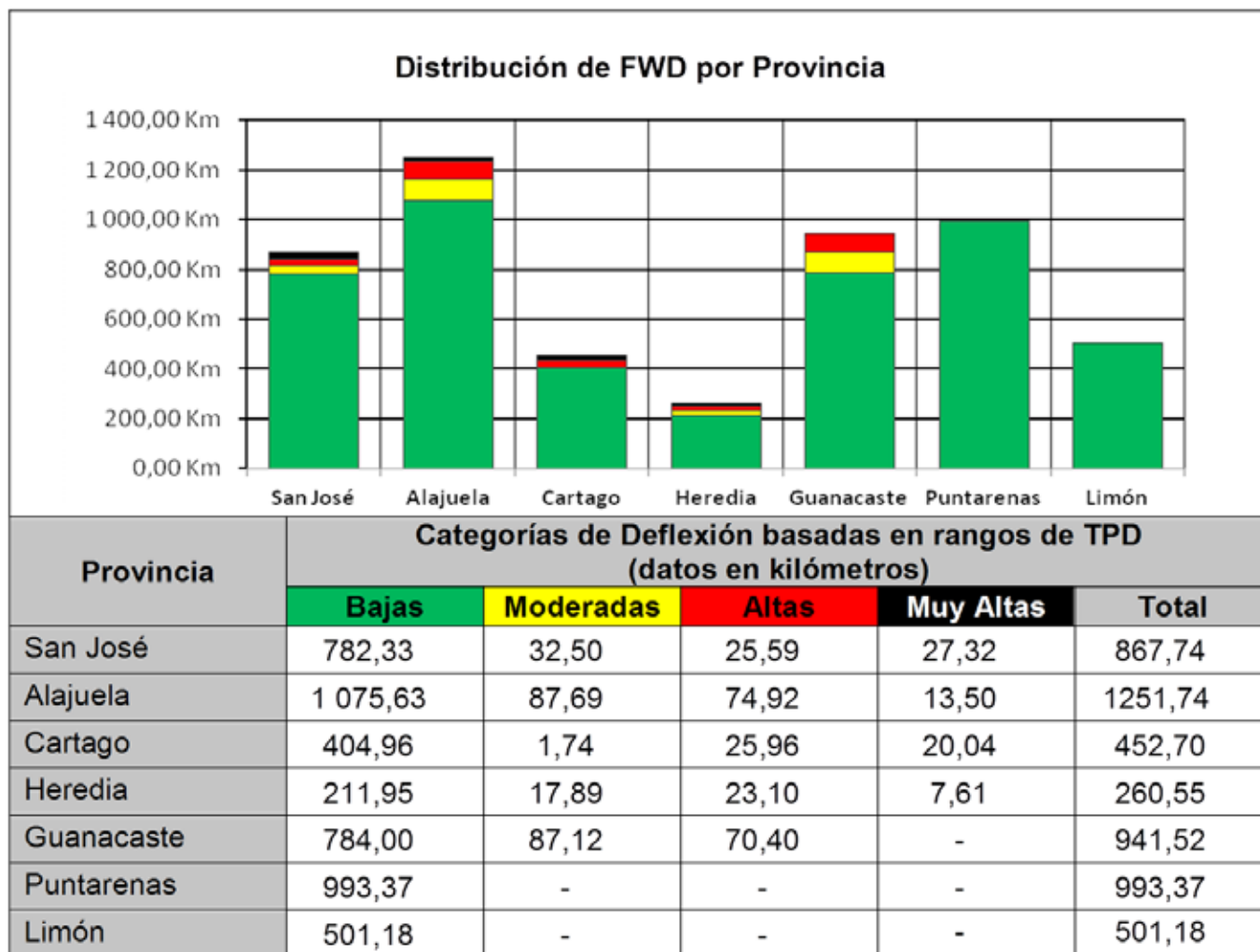


Figura 3. Estado de la red vial por provincias, según los valores de deflexión obtenidos

De la figura anterior se aprecia que San José presenta la mayor cantidad de kilómetros con deflexiones Muy Altas es decir una muy baja capacidad estructural, donde los 27,32 km equivalen a un 3,15% de la rutas de dicha provincia, seguidas por Cartago cuyos 20,04 km equivalen a un 4,43% de la red vial nacional en dicha provincia. Por su parte la mayor cantidad de tramos con deflexiones altas se ubican en Alajuela con 74,92 km y Guanacaste con 70,40 km, Puntarenas y Limón presentan un 100% de sus rutas con deflexiones bajas.

1.2.4 Resultados de deflectometría (FWD) desglosados por Zona CONAVI

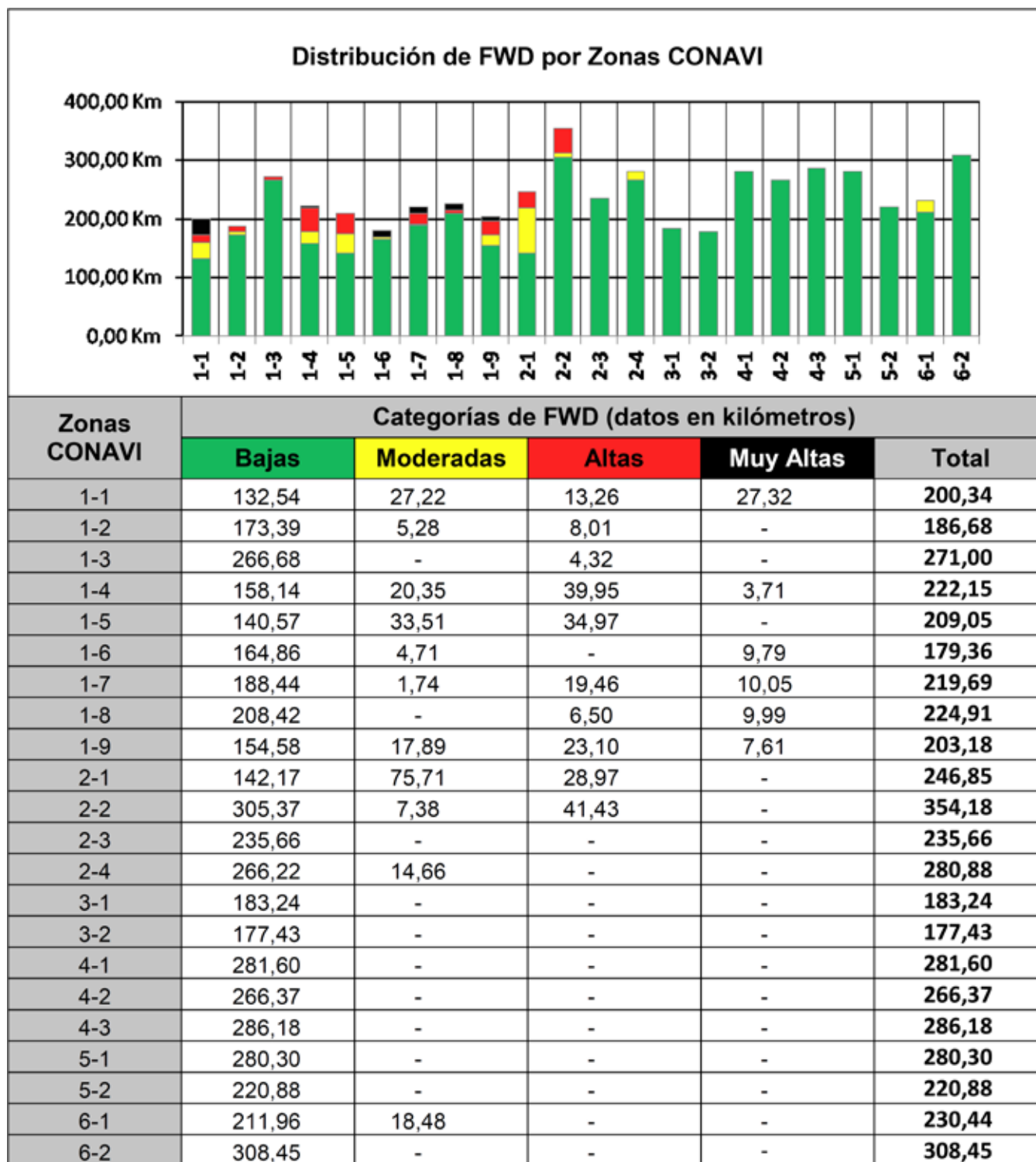


Figura 4. Estado de la red vial por zonas CONAVI, según los valores de deflexión obtenidos

En la Figura 4 destaca las zonas 1-1, que acumulan la mayor cantidad de deflexiones de categoría muy alta, acumulan 27,32 km que corresponde al 13,64% de los 200,32 km de esta zona.

1.2.5 Resultados de deflectometría por medio de SIG

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

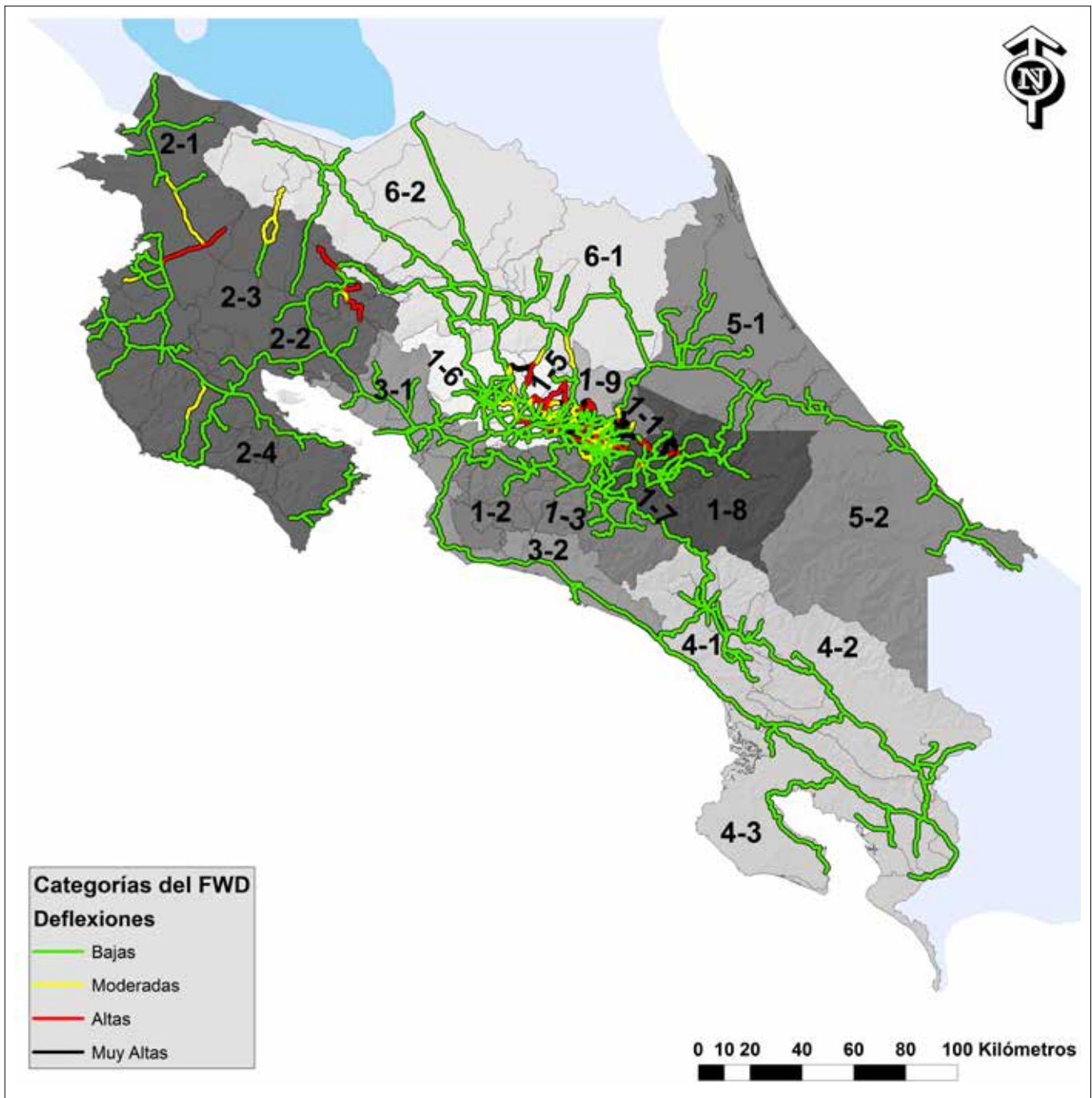


Figura 5. Representación gráfica de la condición estructural (FWD) de la Red Vial Nacional

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

El Índice de Regularidad Internacional (IRI) es uno de los indicadores más importantes de la calidad de una carretera. Se puede interpretar como la regularidad de una vía, es decir, que tanta desviación tiene la superficie de un camino a partir de un plano perfecto, de esta forma una carretera perfectamente plana tiene un valor de IRI de 0, hasta llegar a valores que representan carreteras sumamente irregulares con valores superiores a 3. Existe además una correlación directa entre valores de IRI altos y un aumento en los costos de operación vehicular (ver definición sección 1.1.2).

1.3.1 Criterios de clasificación del IRI

La evaluación de la red vial con el perfilómetro láser abarcó una longitud de 5 268,72 km congruentes con las secciones de FWD evaluadas. Los rangos de regularidad superficial de pavimentos flexibles utilizados para clasificación de estado se muestran en la Tabla 5.

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

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

Fuente: (LanammeUCR, 2008)

Los datos del “perfil longitudinal” (ver definición sección 1.1.2) se emplean en el respectivo cálculo del Índice de Regularidad Internacional, por sus siglas IRI, de las huellas derecha e izquierda, los valores se procesan en tramos de 100 metros de longitud, y el valor representativo es el promedio de los valores del IRI para los sensores izquierdo y derecho del perfilómetro láser; esto debido a que estos sensores son los que toman los datos de la huella de rodamiento de los vehículos en la carretera.

1.3.2 Resultados de regularidad superficial para pavimentos flexibles (IRI)

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 obtenidos, regularidad superficial de la red vial para pavimentos flexibles

Rango de IRI		Longitud (km)	%
Muy Buena	0,0 - 1,0 m/km	0,00	0,00%
Buena	1,0 - 1,9 m/km	237,58	4,51%
Regular	1,9 - 3,6 m/km	1 761,85	33,44%
Deficiente	3,6 - 6,4 m/km	2 169,26	41,17%
Muy Deficiente	mayor a 6,4 m/km	1 100,04	20,88%
Total		5 268,72	kilómetros

La Figura 6 muestra el gráfica que se obtiene de los datos de la Tabla 6. En total, se evaluaron y procesaron con este equipo cerca de 53 700 tramos de 100 metros de longitud en promedio de pavimentos flexibles.

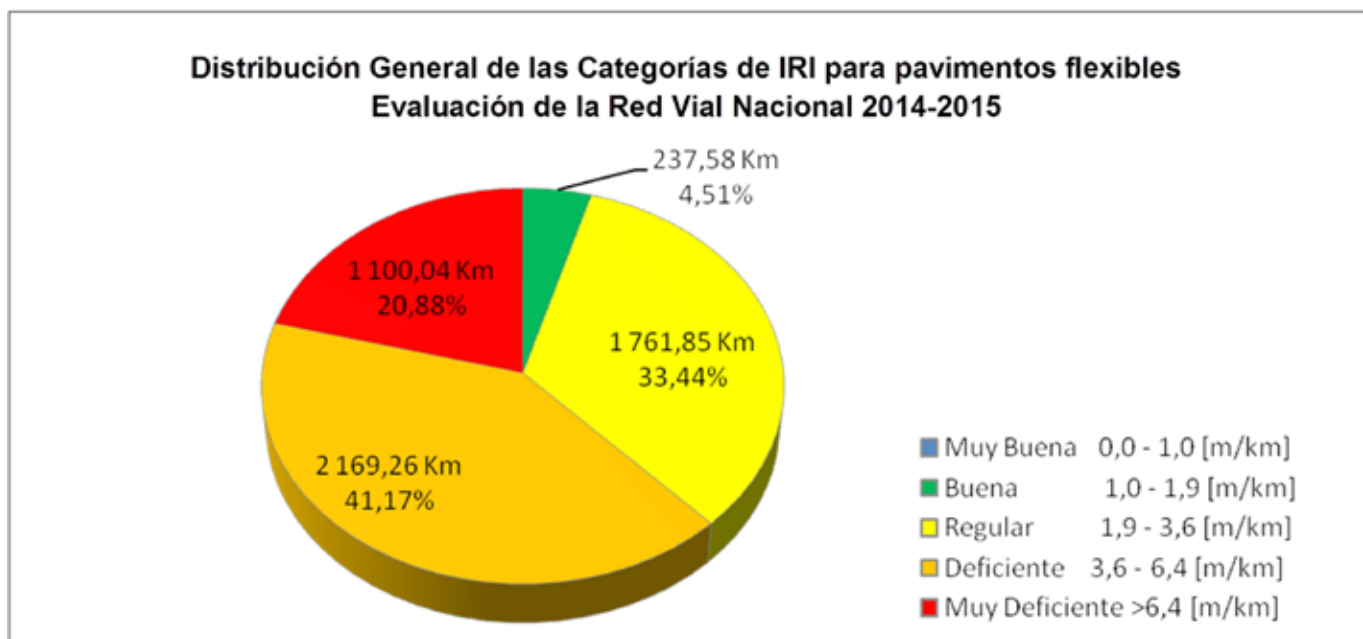


Figura 6. Estado de los pavimentos flexibles de la red vial según el parámetro funcional IRI

Los resultados muestran que 237,58 km que representan un 4,51% de la Red Vial presentan valores de IRI con regularidad superficial buena, mientras que la categoría de condición regular abarca 1 761,85 km para un 33,44%, el restante 62,05% de la Red Vial se encuentran en condiciones deficientes y muy deficientes de regularidad superficial. Cabe destacar que ninguna sección de control, califica en la categoría 0,0 – 1,0 m/Km (ideal en carreteras de alto tránsito), pero si existen dentro de los pavimentos flexibles, tramos individuales 100 m que poseen esta calificación.

1.3.3 Resultados de IRI desglosados por provincia

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

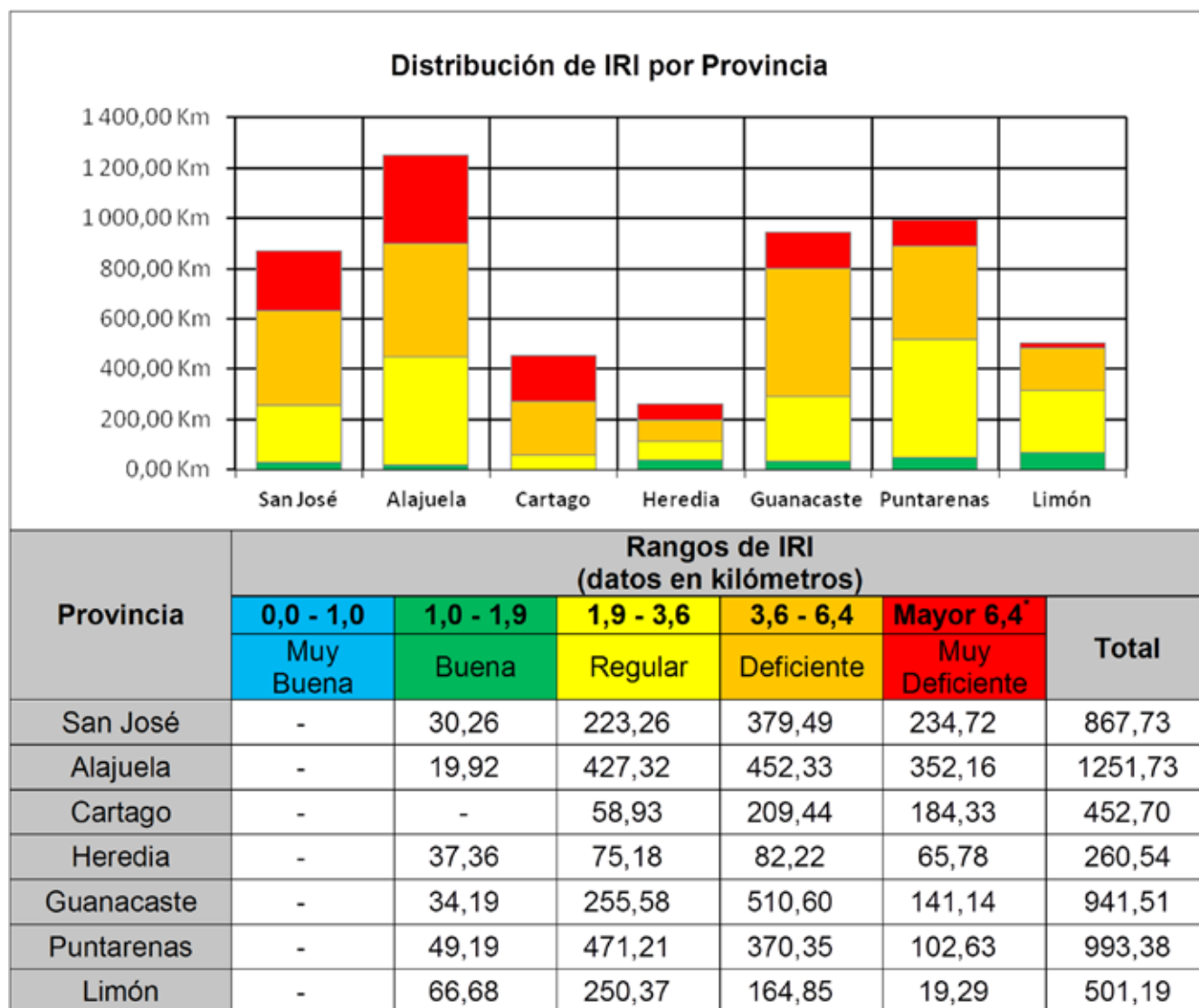


Figura 7. Estado de la red vial por provincias según su regularidad superficial, IRI

La provincia con más kilómetros de red vial evaluados es Alajuela, con 1 251,73 km; la segunda en magnitud es Puntarenas (993,37 km), sigue Guanacaste (941,51 km) y San José (867,72 km), por debajo de los 550 km tenemos a Limón (501,18 km), Cartago (452,69 km) y Heredia (260,54 km).

Las provincias de Guanacaste, Puntarenas y Limón poseen menos de un 15% de sus secciones con valores muy deficientes (>6.4 m/km), las restantes provincias poseen más de un 25% de las vías analizadas con valores de regularidad muy deficientes, esta condición de pérdida de serviciabilidad impacta en forma directa los costos de operación de los vehículos en las secciones analizadas, incrementan el costo de las estrategias de mantenimiento requeridas para su atención y su impacto económico se extiende al deterioro de la flota vehicular que las transita. Destaca el caso de Cartago que presenta un 86,98% de kilómetros con regularidad deficiente y muy deficiente (> 3,6 m/km) y el restante 13,02% son valores regulares y dicha provincia no presenta ninguna sección de control con IRI promedio inferior a 1,9 m/km. Limón y Puntarenas son las provincias donde al menos el 50% de los kilómetros evaluados poseen una condición de regular a buena (<3,6 m/km).

1.3.4 Resultados de IRI desglosados por zona de conservación vial

La distribución de los resultados de IRI por zona de conservación vial, le permite al CONAVI 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.

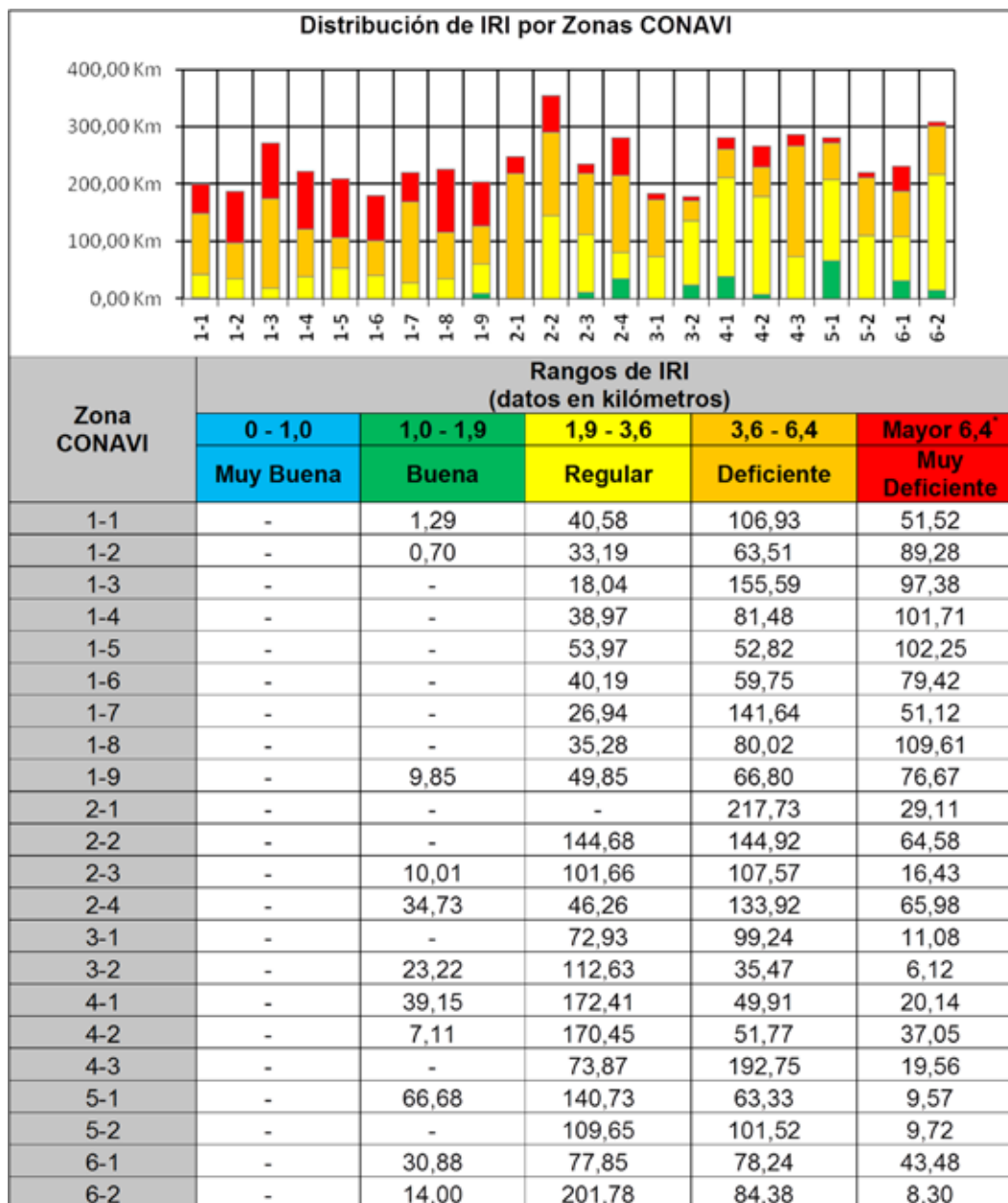


Figura 8. Estado de la red vial por zonas CONAVI según su regularidad superficial IRI

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 el 90% 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 60% 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.

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

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

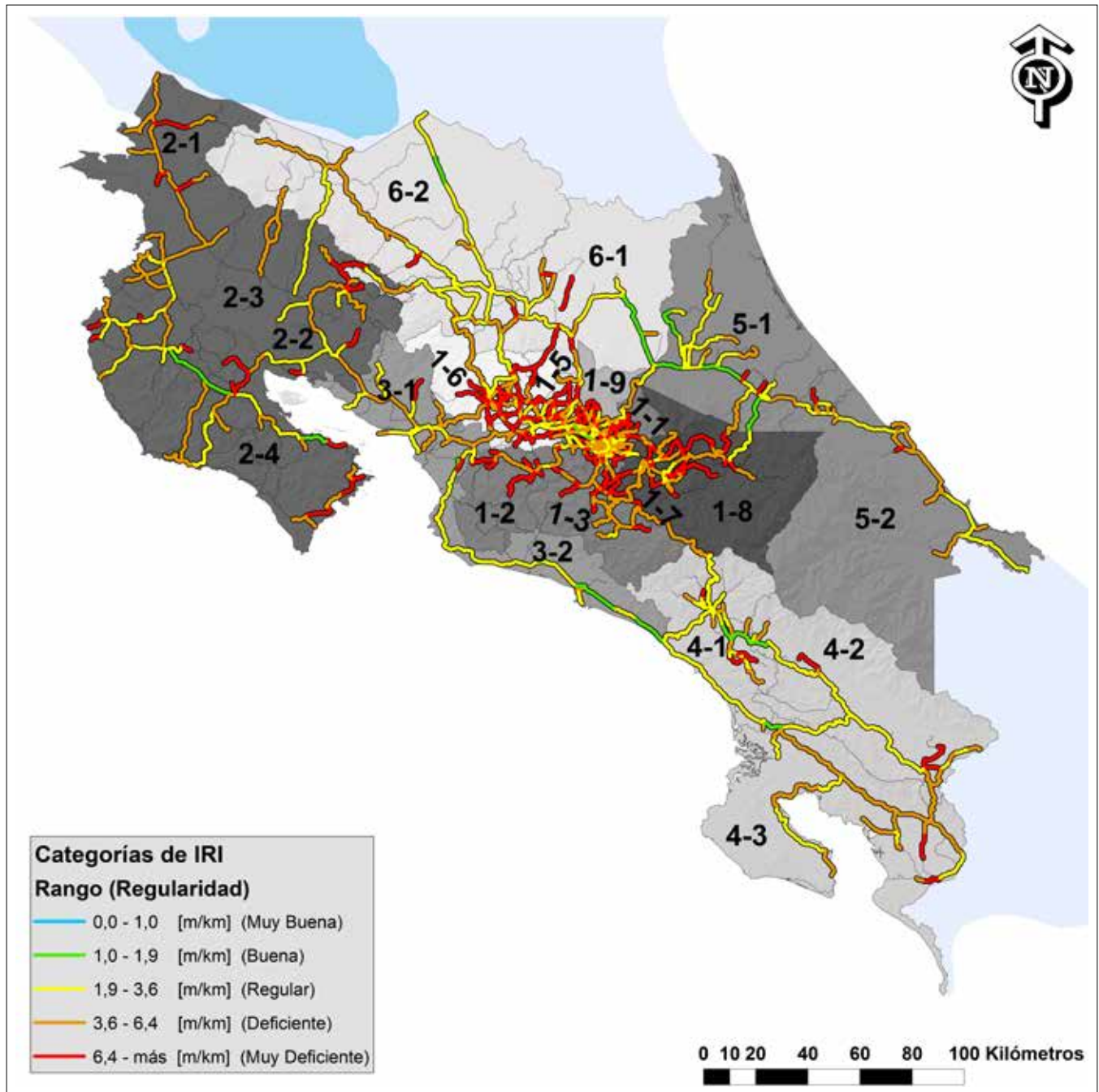


Figura 9. Representación gráfica de la condición funcional (IRI) de la Red Vial Nacional

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

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

1.4.1 Criterios de clasificación del GripNumber

La evaluación de la red vial con el medidor de rozamiento superficial abarcó una longitud de 2 684,05 km de carreteras pavimentadas (50,94% de los 5 268,72 km evaluados en IRI); esto debido principalmente a la naturaleza del equipo: para mantener su precisión no puede ser utilizado en tramos que presenten un valor de IRI mayor de 4,0; de no mantener este cuidado, el equipo se podría dañar o perdería su calibración rápidamente. Todas las mediciones se realizan a una velocidad promedio de 50 km/hora.

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

Tabla 7: Clasificación internacional del pavimento según el GN

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

* Número de accidentes por cada millón de vehículos / kilómetro, en función del coeficiente de fricción, obtenidos en Gran Bretaña, según memorias del 5to Simposio de Características Superficiales de Pavimentos, Toronto, Canadá, 2004. Tabla modificada LanammeUCR 2015

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

1.4.2 Resultados de coeficiente de rozamiento con el ensayo de GRIP

La Tabla 8 muestra los resultados obtenidos en la evaluación del coeficiente de rozamiento; la Figura 11 muestra en forma gráfica dicho estado. En total, se evaluaron y procesaron con este equipo más de 552 491 tramos de 5 metros de longitud en promedio.

Tabla 8: Resultados obtenidos mediante el ensayo GRIP de la red vial

Rango	Condición	Longitud (km)	Porcentaje
> 0,78	Muy Bueno (no deslizante)	69,00	2,57%
0,6 – 0,78	Bueno (poco deslizante)	1 139,13	42,44%
0,5 – 0,6	Regular (deslizante)	922,22	34,36%
< 0,5	Malo (muy deslizante)	553,70	20,63%
Total		2 684,05	kilómetros

* Según clasificación internacional

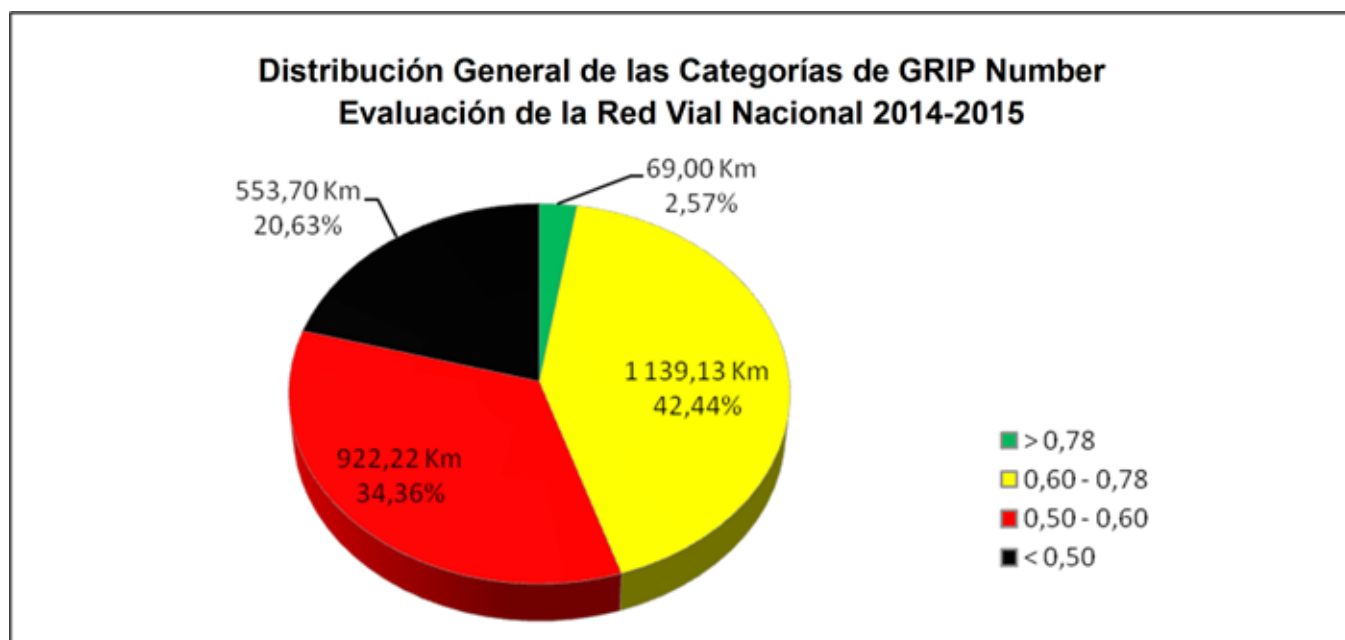


Figura 10. Condición del agarre superficial con base en rangos de clasificación internacional, para los 2 684,05 km evaluados empleando el ensayo de GRIP Tester

Se puede apreciar que al menos un 2,57 % de la longitud evaluada, 69,00 km, presentan un nivel de agarre superficial no deslizante. Un 42,44 % de la longitud evaluada, 1 139,13 km, presentan una condición buena o poco deslizante; las condiciones deslizantes con 34,36 % y muy deslizantes con 20,63 %, son secciones con niveles de rozamiento muy bajos, y por tanto 553,70 km se pueden considerar deslizantes y con una alta probabilidad de presentar condiciones peligrosas para el frenado de los vehículos.

1.4.3 Resultados de agarre superficial GRIP desglosados por provincia

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

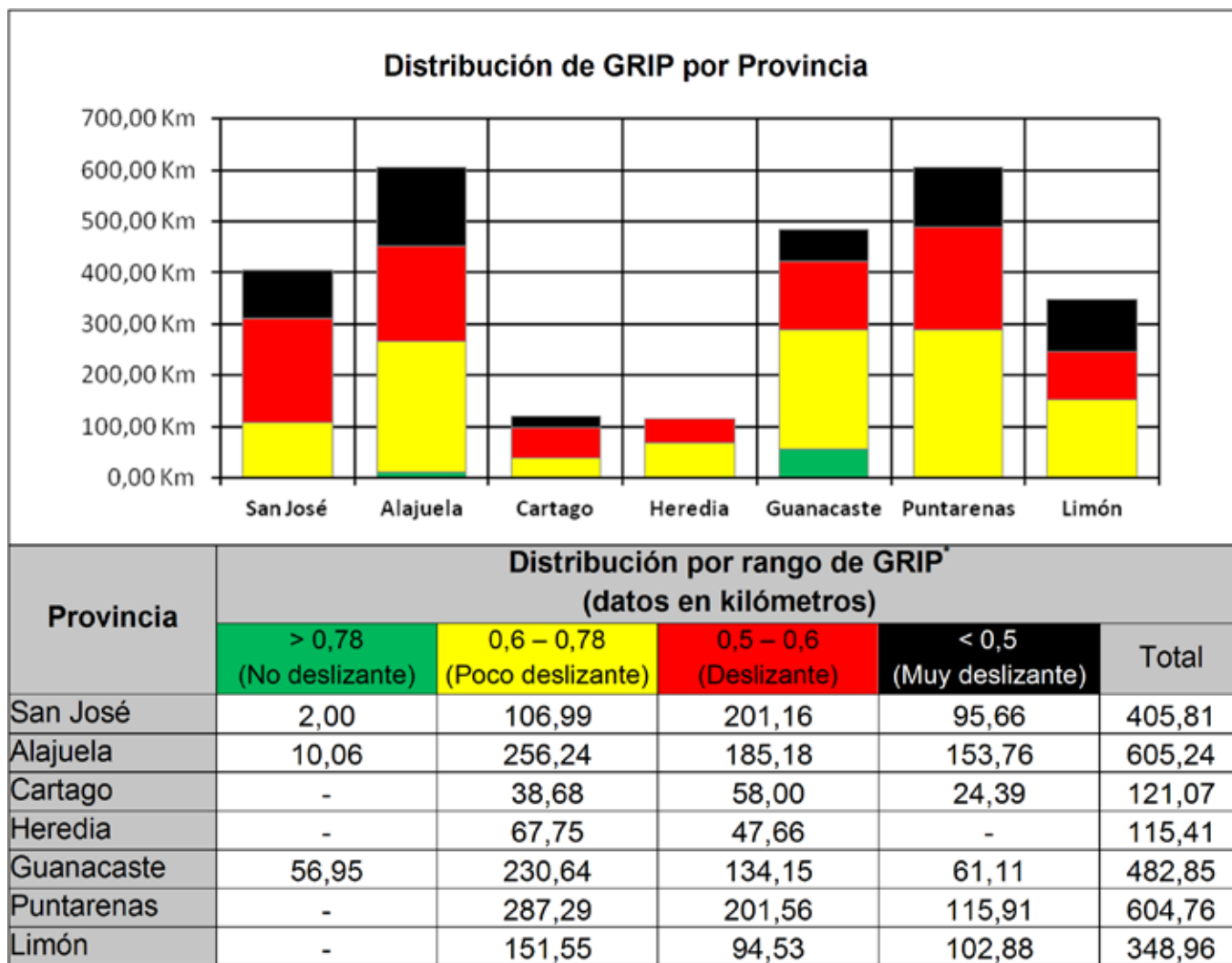


Figura 11. Estado de la red vial por provincias según el ensayo de GRIP

Para los kilómetros que fueron evaluados se observa como la distribución de rangos para este parámetro es similar para todas las provincias, en el caso de las provincias de Cartago y Heredia que presentan menos de 150 km evaluables.

Las provincias porcentualmente promedian 20% de su red en la categoría de muy deslizante, con excepción de la provincia de Heredia que no presenta dicha categoría. En Guanacaste se presenta un 11,79% de su red vial con características no deslizantes, pero al igual que las restantes provincias cerca de un 80% de su red se acumulan en el rango Poco Deslizante y Deslizante.

1.4.4 Resultados del ensayo de GRIP por zona de conservación vial

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

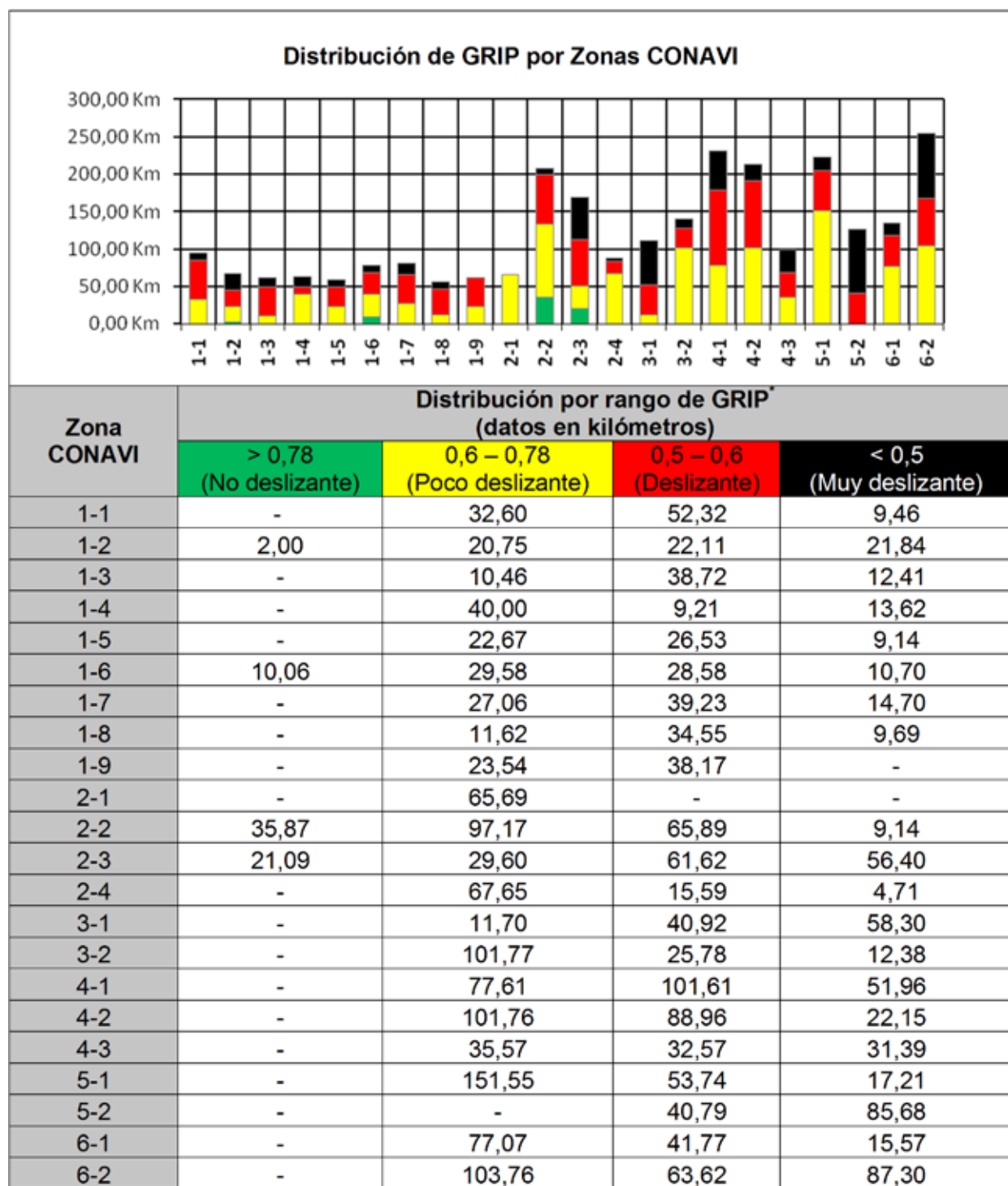


Figura 12. Estado de la red vial por zona CONAVI según el ensayo de GRIP

La distribución por zonas de conservación vial permite al CONAVI identificar aquellas zonas donde la probabilidad de peligrosidad por pavimentos deslizantes es mayor y adicionalmente permite administrar con mejor criterio los recursos destinados a la conservación y mantenimiento de cada zona.

1.4.5 Resultados del ensayo de GRIP por medio de los SIG

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

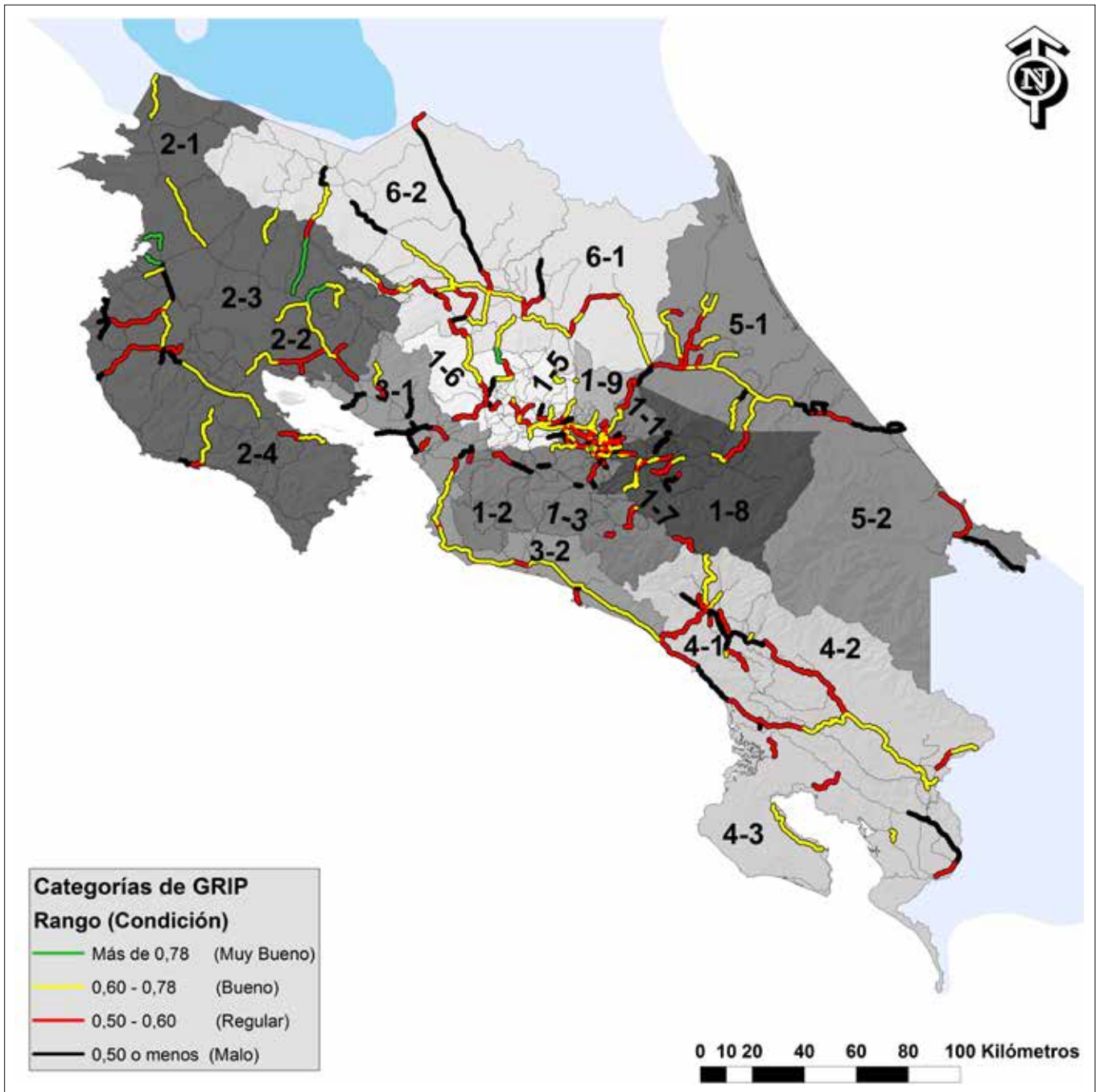


Figura 13. Representación gráfica ensayo de GRIP de la Red Vial Nacional

CAPÍTULO 2

ESTRATEGIAS GENERALES DE INTERVENCION RECOMENDADAS AÑO 2015

2.1 INTRODUCCIÓN

A partir de la Evaluación de la Red Vial Nacional del 2010-2011, se agregó el componente de estrategias generales de intervención a nivel de red, donde la caracterización de las secciones de control definidas en la sección 1.1.1 como las “unidades de análisis”, implica la asignación de una “nota de calidad Q” basada en la combinación espacial de los 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 de calidad 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 adaptadas para la toma de decisiones a nivel de proyecto. De esta forma, cuando dos secciones de control son consideradas candidatas a intervenciones tipo “mantenimiento” por ejemplo, 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 elección y realización de intervenciones específicas deberá responder a un análisis 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. La definición de estrategias presentada en este informe, sin embargo, sí define el límite 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.

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 perdiendo esa “vida remanente” hasta que se definen acciones de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción, según corresponda.

4. Modelo de deterioro: Un modelo de deterioro corresponde con una expresión matemática que permite predecir la posible evolución del estado del pavimento en el tiempo, en base al conocimiento de las condiciones del mismo al momento de su puesta en servicio y al momento de la realización del análisis; además permite pronosticar los efectos, a corto, y largo plazo del mantenimiento efectuado sobre ellos, con el objetivo de realizar estimaciones razonables tanto de las oportunidades en que sea necesario llevar a cabo alguna conservación, como el nivel de deterioro luego de la misma y su progresión en el tiempo.

2.2 NOTAS DE CALIDAD Q

2.2.1 Definición de las “Notas de calidad Q” a nivel de red vial nacional

Cada una de las secciones de control es calificada por su condición estructural, funcional y de resistencia al deslizamiento de acuerdo con los criterios de evaluación y resultados descritos en CAPITULO 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, esta *nota de calidad* establece el diagnóstico final de la condición de la sección y permite establecer una estrategia de intervención final.

Las notas de calidad se establecen de acuerdo con la siguiente matriz de combinación de resultados (Figura 14), generada tomando en consideración los distintos niveles de tránsito vehicular o TPD.

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

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

Figura 14. Notas de calidad Q basadas en categorías de FWD y rangos de IRI

La definición de las notas de calidad es la siguiente:

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

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

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

Q4: En estos pavimentos la calidad de la superficie asfáltica se ha deteriorado hasta un punto donde puede afectarse la velocidad de tránsito, aún en condiciones de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de agregados, agrietamientos y ahuellamientos y ocurre en un 50% o más de la superficie. Aunque la capacidad estructural es buena (se mantiene una buena condición de las capas de subyacentes) la condición de deterioro funcional es de tal severidad que la durabilidad de los pavimentos se disminuye, aumentando la tasa de deterioro estructural de forma elevada. Debido al deterioro de la capa de ruedo estos pavimentos pasarán a las categorías **M-RF** o **Q7** en el mediano plazo. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones de tipo mantenimiento de mediano costo que deberían estar enfocadas a atender la pérdida de capacidad funcional en el corto plazo.

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

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

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

RH-RF: Los pavimentos en esta categoría tienen una condición de ruedo similar a los descritos para la categoría **M-RF**, sin embargo, presentan una peor condición estructural (cerca 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 **R-3** 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, Q-8 y Q-9: 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.

R1-R2: 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 **R3** 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.

R3-NP: Estos pavimentos presentan un altísimo nivel de deterioro. Donde la transitabilidad y la capacidad estructural son inferiores a los niveles aceptables para una carretera pavimentada. En estas rutas, el riesgo para el usuario es muy alto por el nivel de deterioro mostrado. La única alternativa de intervención posible es la de reconstrucción total del pavimento y por tratarse de rutas nacionales deben ser intervenidas urgentemente con soluciones que restituyan el nivel mínimo de seguridad vial, minimizando la posibilidad de accidentes por deterioros y planificando dentro de un esquema de gestión de redes la recuperación de la vía en un plazo razonable. Las intervenciones en estos tramos son las de más alto costo dentro de un sistema de gestión de pavimentos.

2.2.2 Resultados de Notas de calidad para la Red Vial Nacional

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 2014-2015 en la Figura 15.

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

Nota de Calidad	Longitud (km)	Porcentaje (%)	Cantidad de secciones de control
Q1	237,58	4,51%	24
Q2	1 733,11	32,89%	237
Q4	1 939,82	36,82%	313
Q5	16,57	0,31%	6
Q7	136,91	2,60%	23
Q8	12,17	0,23%	7
Q9	86,45	1,64%	17
M-RF	842,89	16,00%	167
RH-RF	73,45	1,39%	22
R-3	127,41	2,42%	29
NP	62,38	1,18%	15
Total	5 268,72 kilómetros		860

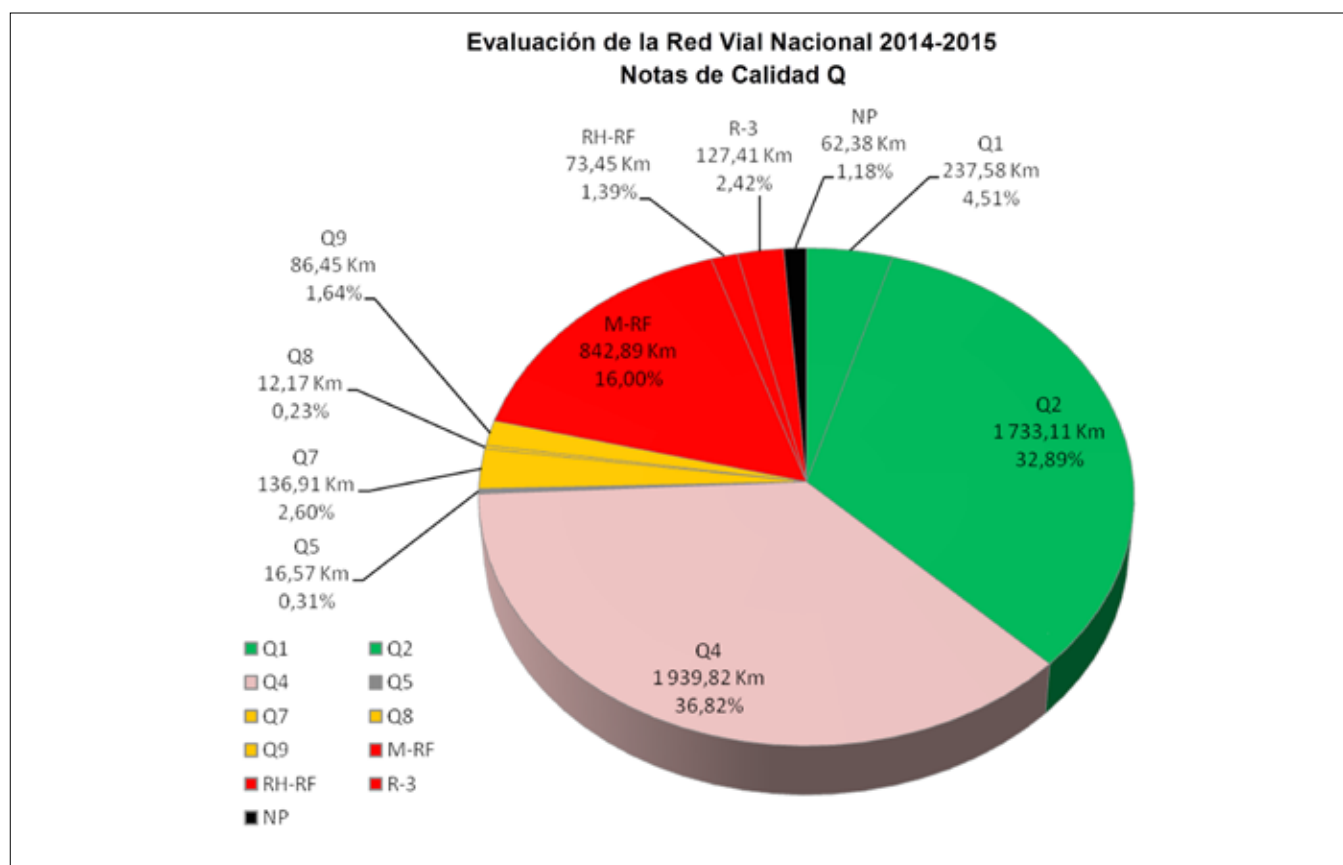


Figura 15. Notas de calidad, longitud en kilómetros y porcentaje para la Red Vial

La clasificación de la red vial por las notas de calidad revela una red vial que concentra un 37,40% en las categorías Q1 y Q2, un 37,13% en las notas Q4 y Q5, un 4,47% en las notas Q7, Q8 y Q9, un 17,39% en las notas M-RF y RH-RF; un 3,6% en las notas R-3 y NP.

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

Distribuyendo esta misma información por provincias tenemos el siguiente comportamiento:

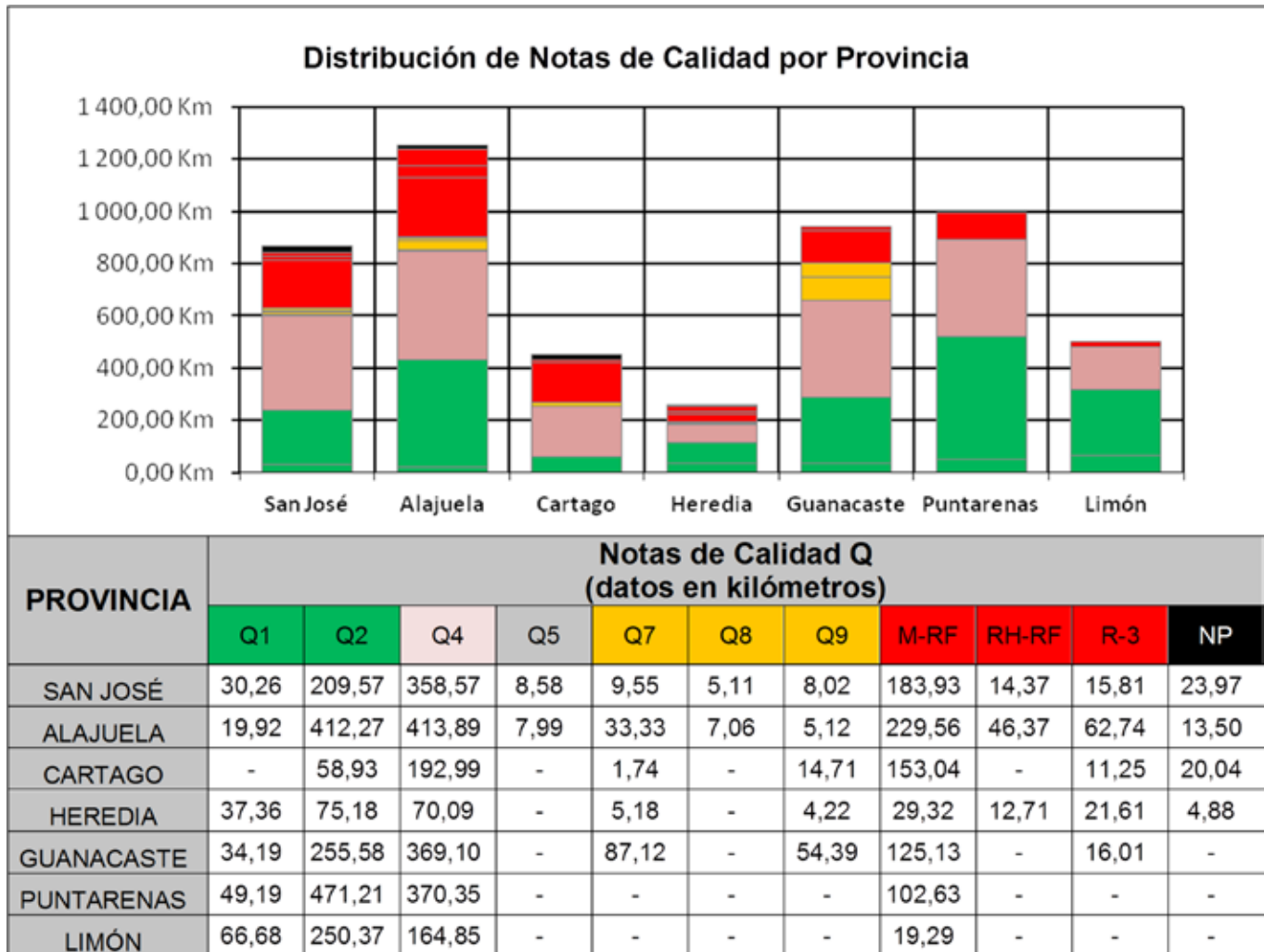
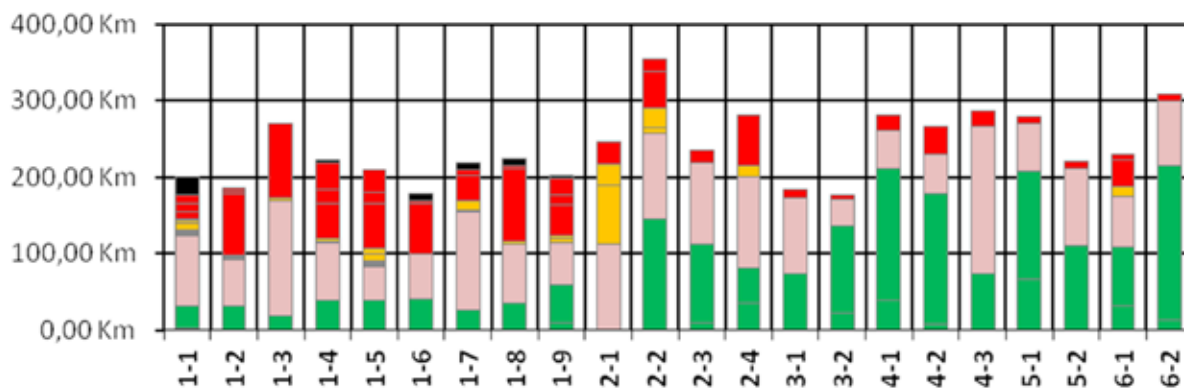


Figura 16. Notas de calidad para la Red Vial distribución por provincias

En la Figura 16 se observa como las provincias de Alajuela, San José y Cartago acumulan la mayor cantidad de kilómetros y secciones de control que presentan las notas Q tipo M-RF, RH-RF, R-2, R3, NP y en forma conjunta representan cerca del 50% de la Red Vial Nacional Evaluada, es de esperarse estrategias de intervención más agresivas en estas tres provincias, Como tendencia general se observa como la Nota Q4 equivale a un 36,82% de la red evaluada en el país, la distribución de esta nota abarca al menos la tercera parte de cada provincia, por lo tanto, se podría esperar que la selección de las estrategias a nivel táctico/operativo por parte de la Administración para recuperar esta condición generarán el mayor impacto y la mayor inversión de recursos en la red vial.

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.

Distribución de Notas de Calidad por Zona CONAVI



Zona CONAVI	Notas de Calidad Q (datos en kilómetros)										
	Q1	Q2	Q4	Q5	Q7	Q8	Q9	M-RF	RH-RF	R-3	NP
1-1	1,29	29,86	91,83	7,99	9,55	2,74	2,20	9,56	9,68	11,67	23,97
1-2	0,70	30,23	62,01	0,59	-	2,37	1,50	80,45	4,69	4,14	-
1-3	-	18,04	151,27	-	-	-	4,32	97,38	-	-	-
1-4	-	38,97	74,72	-	1,64	-	5,12	44,46	18,71	34,83	3,71
1-5	-	38,92	43,19	7,99	9,64	7,06	-	58,46	15,89	27,91	-
1-6	-	40,19	59,75	-	-	-	-	64,93	4,71	-	9,79
1-7	-	26,94	128,32	-	1,74	-	11,58	33,19	-	7,88	10,05
1-8	-	35,28	76,89	-	-	-	3,13	96,25	-	3,37	9,99
1-9	9,85	49,85	54,67	-	5,18	-	4,22	40,21	12,71	21,61	4,88
2-1	-	-	113,06	-	75,71	-	28,97	29,11	-	-	-
2-2	-	144,68	112,12	-	7,38	-	25,42	48,57	-	16,01	-
2-3	10,01	101,66	107,57	-	-	-	-	16,43	-	-	-
2-4	34,73	46,26	119,26	-	14,66	-	-	65,98	-	-	-
3-1	-	72,93	99,24	-	-	-	-	11,08	-	-	-
3-2	23,22	112,63	35,47	-	-	-	-	6,12	-	-	-
4-1	39,15	172,41	49,91	-	-	-	-	20,14	-	-	-
4-2	7,11	170,45	51,77	-	-	-	-	37,05	-	-	-
4-3	-	73,87	192,75	-	-	-	-	19,56	-	-	-
5-1	66,68	140,73	63,33	-	-	-	-	9,57	-	-	-
5-2	-	109,65	101,52	-	-	-	-	9,72	-	-	-
6-1	30,88	77,85	66,82	-	11,42	-	-	36,41	7,07	-	-
6-2	14,00	201,78	84,38	-	-	-	-	8,30	-	-	-

Figura 17. Notas de calidad por Zona CONAVI

Como se mencionó en la sección 1.1.1 el contrato de conservación y mantenimiento vigente en el momento de la evaluación nacional 2014 - 2015 corresponde a la Licitación Pública N°20009LN-.000003-CV, 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 las contrataciones posteriores a la que finalizó en diciembre del 2014.

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.

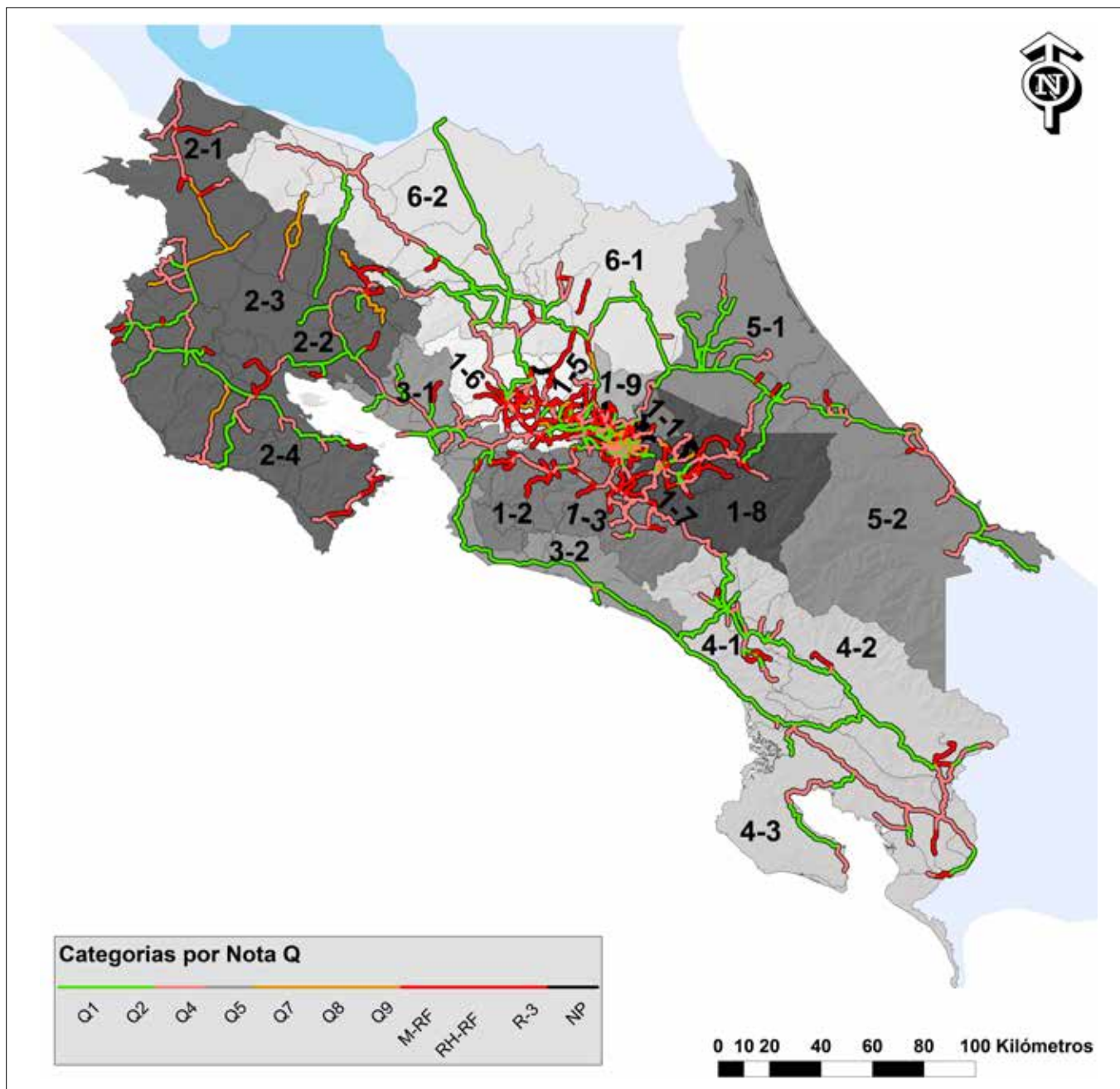


Figura 18. Mapa de distribución de las notas Q por Zona de Conservación Vial

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

Las estrategias de intervención definidas en este informe son:

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

De forma general se definen de la siguiente forma:

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

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

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

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

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

demolición parcial requerida, con el objeto de ajustar la capacidad estructural y la calidad de ruedo, de acuerdo con las solicitudes de carga actuales, de manera que estas intervenciones garanticen el peralte transversal requerido y acorde con el diseño geométrico.

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

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

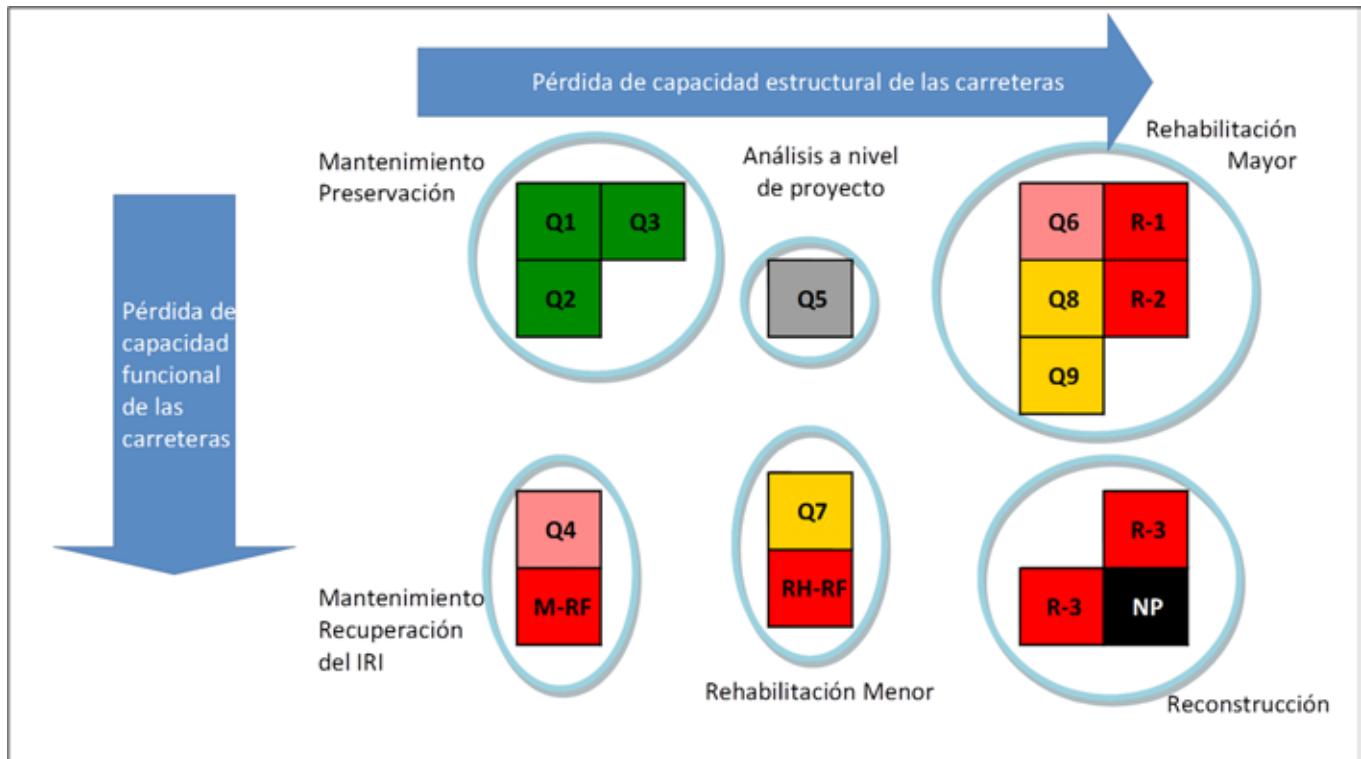


Figura 19. Agrupación de las notas de calidad para definición de estrategias

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

1. La ventana de operación de la **conservación vial** (notas Q1, Q2, Q3, Q4 y M-RF), las cuales se asignan a tramos de carretera que pueden atenderse por medio de labores como “mantenimiento rutinario” o “mantenimiento periódico” (Definición presente en la ley 7798, Ley de creación del Consejo Nacional de Vialidad).
2. La segunda ventana de operación, corresponde a actividades de “**rehabilitación menor**” y “**rehabilitación mayor**” (notas Q6, Q7, Q8, Q9, RH-RF, R-1 y R-2) las acciones de mantenimiento en esta ventana deben enfocarse a mantener la seguridad de los usuarios y la transitabilidad, pero la mejora de estas secciones debe incorporarse dentro de un esquema contractual distinto al vigente en el año 2014 relacionado con las actividades de conservación vial, que permita atender las necesidades reales de estas secciones de control de forma eficiente, evitando enmarcar este tipo de intervención dentro del alcance de los proyectos de conservación vial, ya que este tipo de intervenciones sólo son justificadas cuando se trata de “intervenciones selectivas”. Los resultados mostrados en la Figura 15 muestran que 308,98 km equivalentes a un 5,86% de la Red Vial Nacional evaluada, requieren planificar este tipo de intervención y ajustar el contenido presupuestario para optimizar las inversiones de la ventana de rehabilitación.

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

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

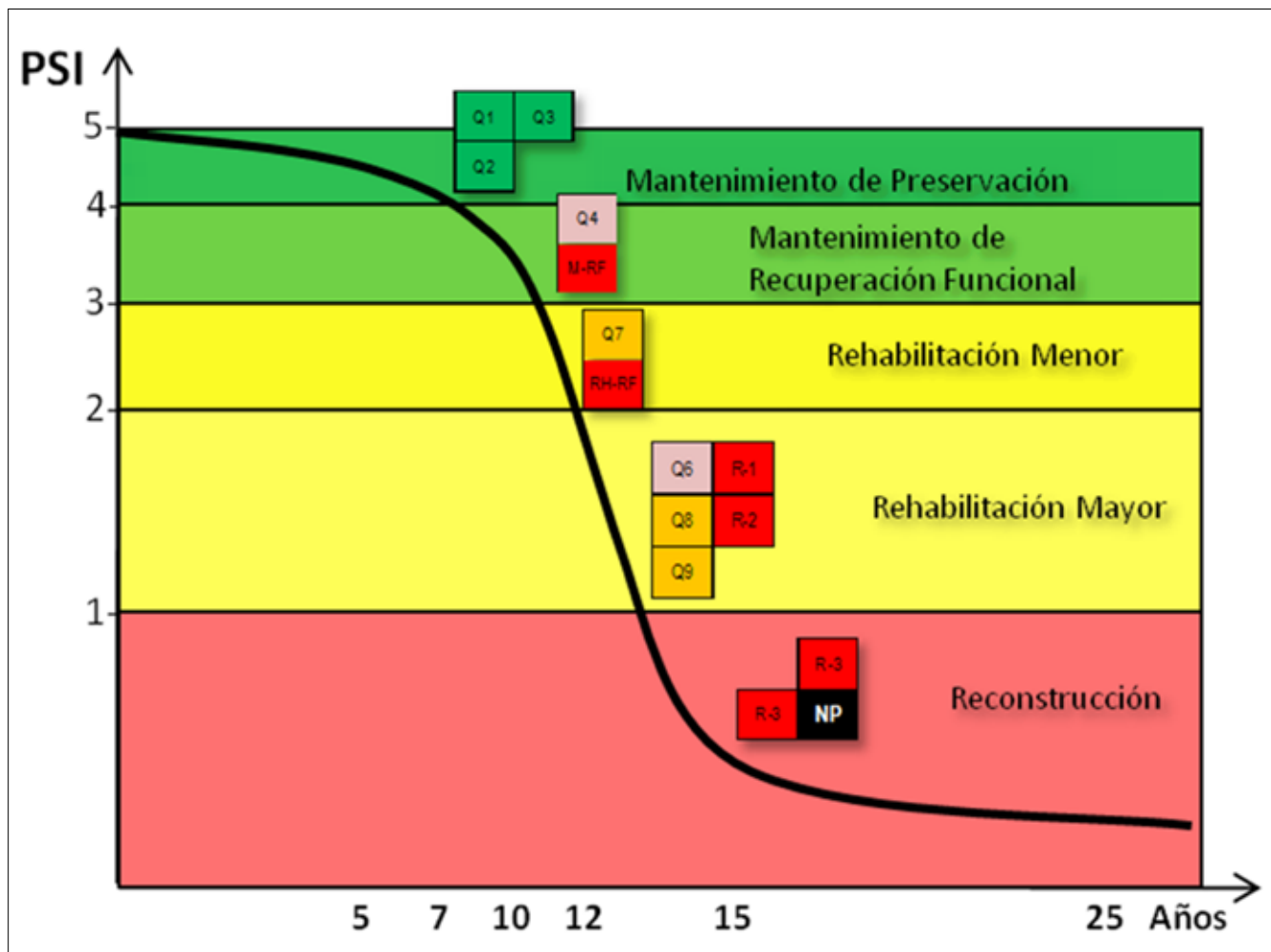


Figura 20. Ubicación de las notas de calidad dentro de las ventanas de operación

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 Nacional

Recomendación de Estrategia de Intervención General Campaña de Evaluación de la Red Vial Nacional 2014-2015	Longitud (km)	Porcentajes (%)
<i>Mantenimiento de Preservación</i>	1 970,69	37,40%
<i>Mantenimiento Recuperación IRI</i>	2 782,71	52,82%
<i>Análisis a nivel de Proyecto</i>	16,57	0,31%
<i>Rehabilitación Menor</i>	210,36	3,99%
<i>Rehabilitación Mayor</i>	98,62	1,87%
<i>Reconstrucción</i>	189,79	3,60%
TOTALES	5 268,72 km	

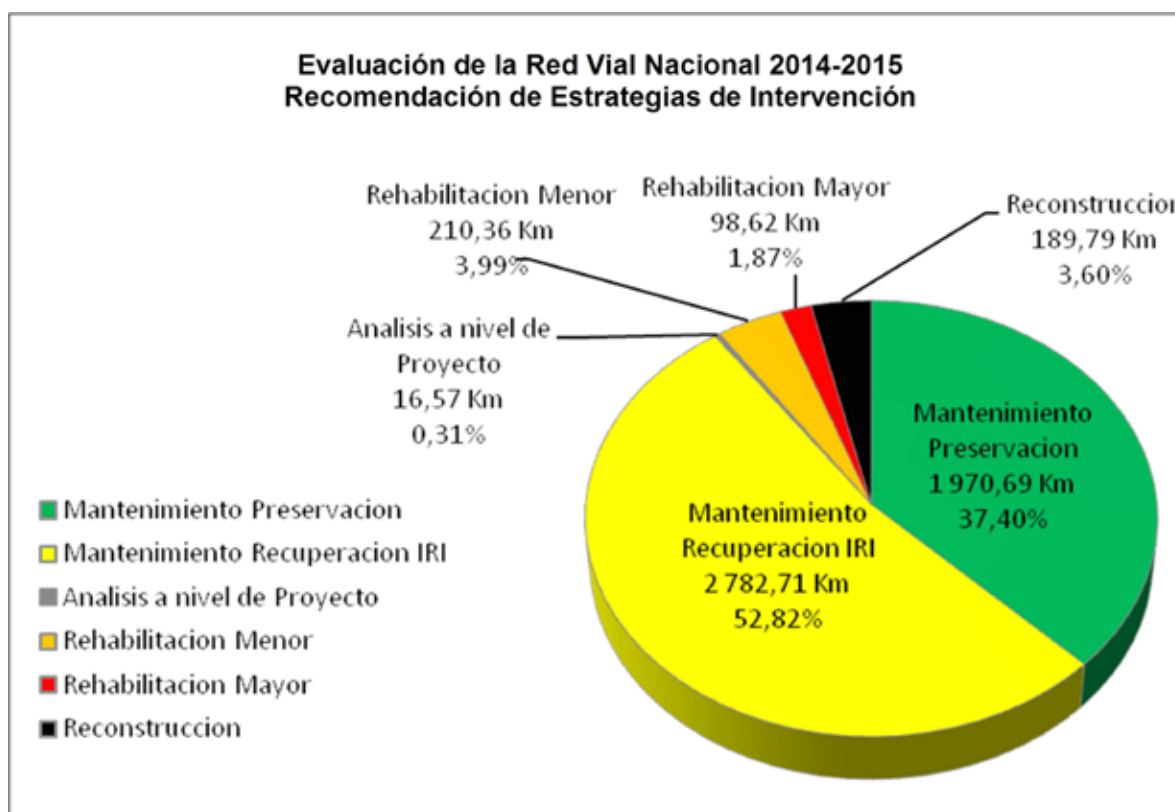


Figura 21. Estrategias de intervención para la Red Vial Nacional

Los resultados revelan una red vial con alto porcentaje de secciones candidatas a intervenciones del tipo mantenimiento de preservación (37,40%) 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” presente en esta misma sección del informe. Adicionalmente un importante porcentaje 52,82% son candidatos a intervenciones que deben tender a una recuperación de la capacidad funcional, es decir, mejorar el confort, disminuir el impacto en los costos de operación vehicular para el usuario, mejorar las condiciones de ruedo para seguridad vial y las velocidades de circulación así como en la disminución de contaminación por gases, congestión y por exceso de ruido. De la misma manera las labores de rehabilitación mayor, menor y reconstrucción suman aproximadamente un 9,47% de las rutas nacionales. Este panorama general de la red vial muestra muy claramente los lineamientos que puede servir de base y guía en la definición de estrategias a nivel de red por parte de la Administración.

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

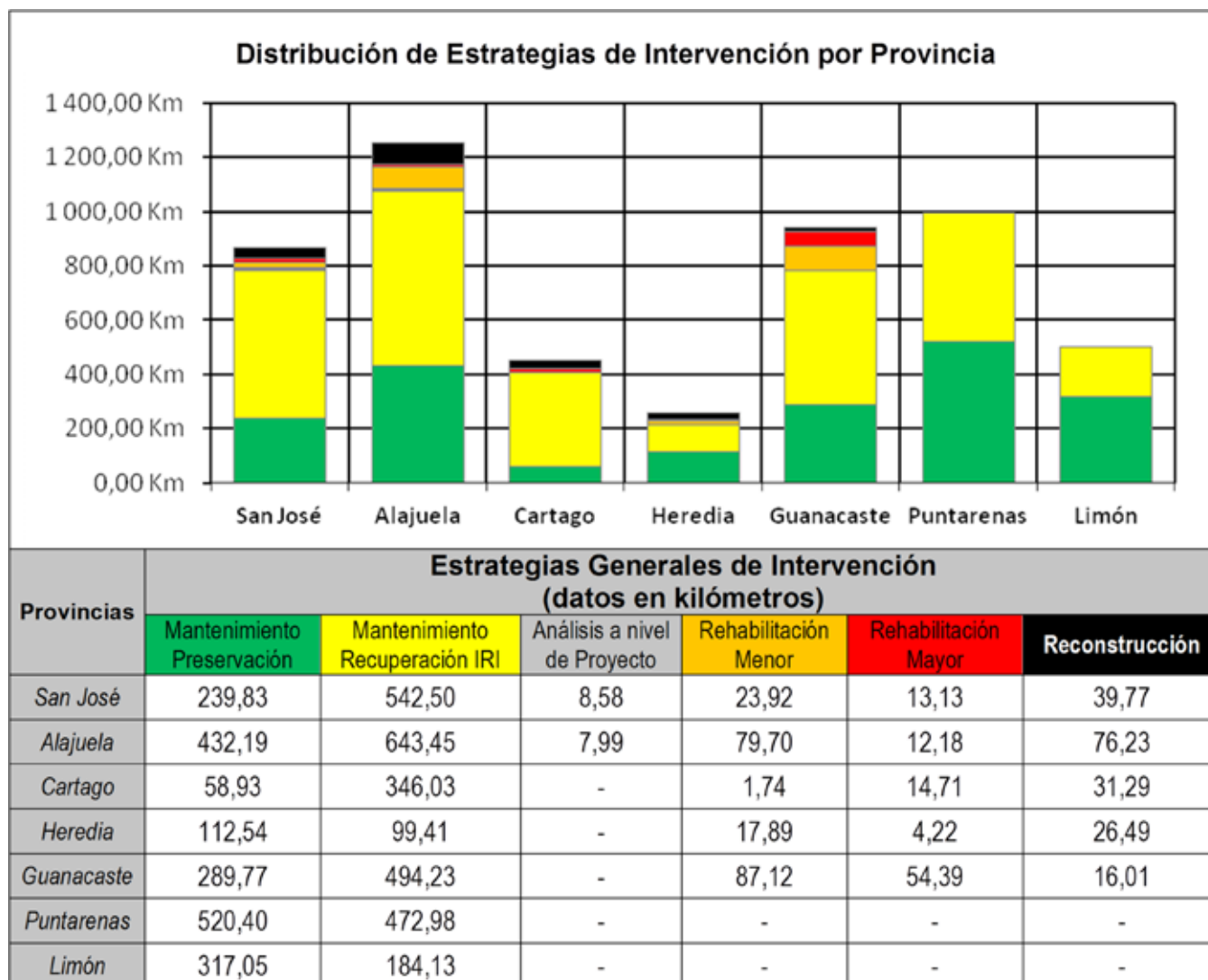


Figura 22. Estrategias de intervención para la Red Vial Nacional distribución por provincias

Consecuente con las notas Q, la agrupación por estrategias generales de intervención a nivel de red, apuntan a las provincias de Alajuela y San José con la mayor cantidad de tramos candidatos a reconstrucción, mientras que las rehabilitaciones mayores se concentran en Guanacaste.

Se procede en la Figura 23 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:

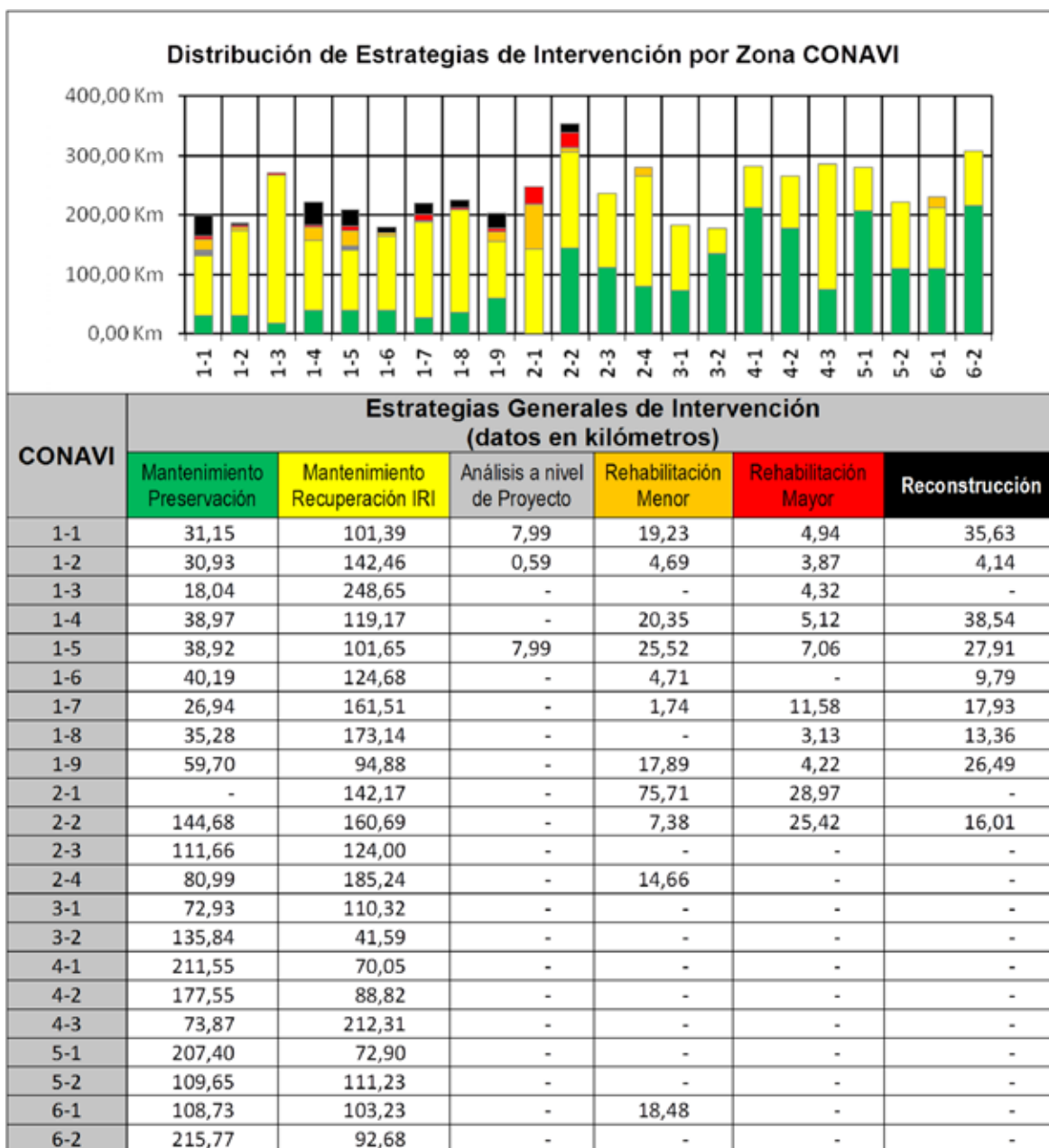


Figura 23. Distribución de estrategias por Zonas del CONAVI

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

De esta forma podemos identificar zonas como la zona 6-2 perteneciente a la provincia de Alajuela en la Zona Norte, donde las labores de intervención se pueden concentrar en actividades de mantenimiento (215,77 km) y recuperación de IRI (98,68 km) en contraste con una zona como la 1-1 de la provincia de San José, donde las labores varían desde mantenimiento de preservación (31,15 km) y recuperación de IRI (101,39 km) hasta rehabilitaciones o reconstrucciones (59,80 km).

Con esta información es posible delimitar las actividades por ejecutar, ya que una labor de mantenimiento realizada en una sección candidata a rehabilitación o reconstrucción puede resultar en un gasto importante, ya que no responde a la verdadera necesidad de la vía y podrían resultar en inversiones ineficientes y de poca durabilidad.

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 presentadas a la condición específica de cada sección de la carretera. De esta forma, queda claro que dos tramos de vía, aunque sean calificados como candidatos para ser intervenidos por el mismo tipo de estrategia, por ejemplo “mantenimiento”, deben ser analizados de forma independiente ya que la actividad de mantenimiento que requiera un tramo puede diferir completamente de la del otro tramo, es decir, un tramo podría requerir de un “perfilado” y “sobrecapa” y el otro de un “sellado de grietas”, siendo ambas actividades de mantenimiento.

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

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

La Figura 24 muestra el mapa generado con esta información.

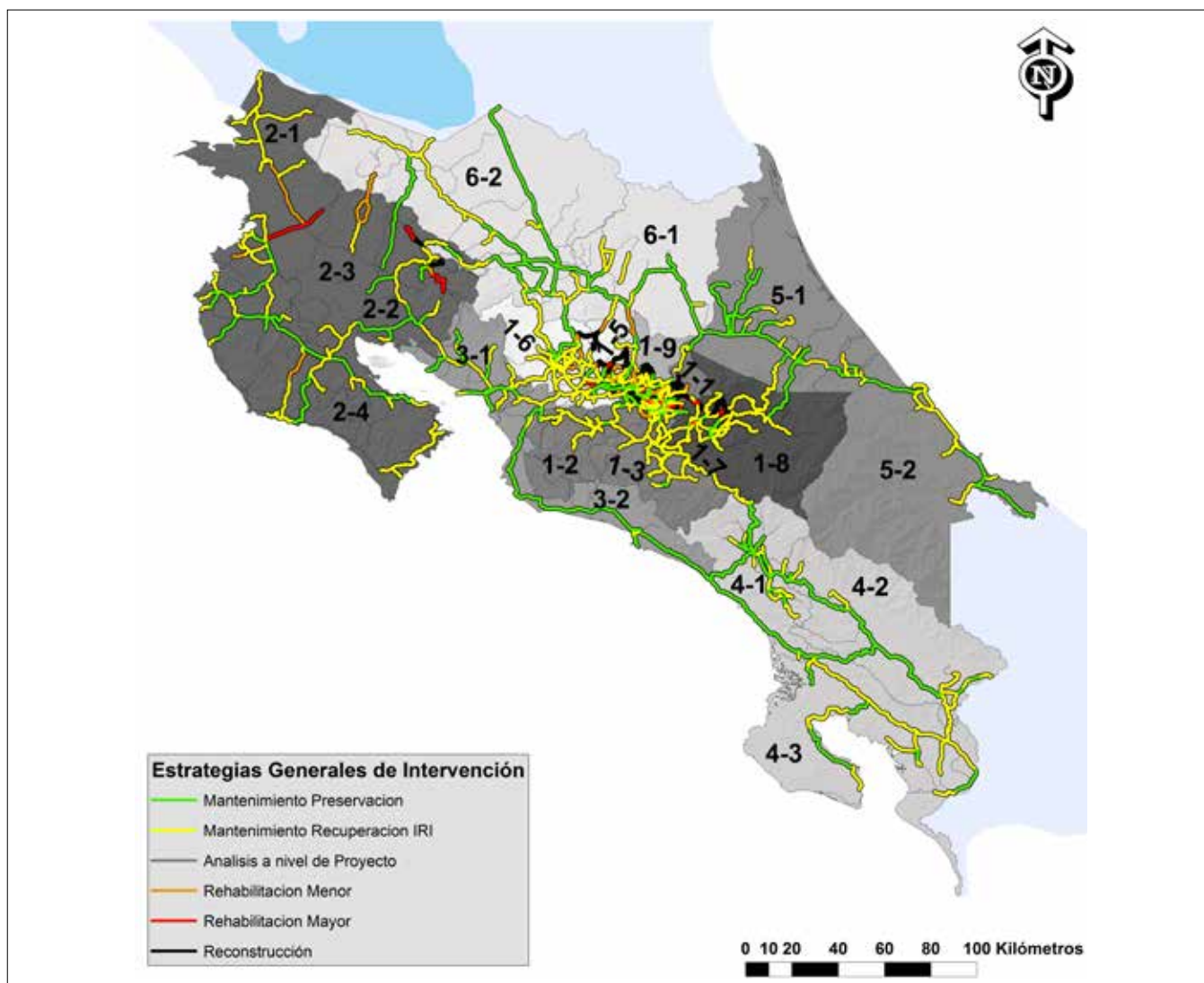


Figura 24. Mapa de distribución de estrategias de intervención por Provincia

2.3.3 Propuestas de intervención para mejoramiento del frenado de los vehículos en carretera.

En esta misma evaluación de la red vial se determinó el grado de peligrosidad de las rutas nacionales pavimentadas relacionada con la capacidad de las rutas de brindar un buen agarre con las llantas de los vehículos. Esta condición de seguridad vial es conocida como “resistencia al deslizamiento” y solo puede ser medida en rutas que presentan una buena - regular condición funcional, es decir valores del índice de regularidad internacional (IRI) menores a 4 m/km. En aquellas rutas donde el IRI es superior a 4 m/km el equipo no puede ser utilizado para medir esta condición de la superficie pues sufre daños y pérdida de su calibración, adicionalmente, en rutas con este grado de deterioro las velocidades se ven disminuidas considerablemente por lo que la resistencia al deslizamiento disminuye su impacto en la seguridad vial del usuario.

Por efecto de la irregularidad de las rutas solo fue posible evaluar un total de 2 684,05 km es decir un 50,94% de los 5 268,72 km evaluados para determinar el IRI en la Red Vial Nacional. Un total de 1 924,98 km se categorizaron con las “notas de calidad” Q1, Q2 y Q3, es decir, corresponden a rutas donde la calidad del ruedo es buena y se admiten intervenciones de tipo “mantenimiento de preservación”. La condición general de la Red Vial Nacional en cuanto a la resistencia al deslizamiento se encuentra detallada en la sección 1.4.2 de este informe.

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

Las recomendaciones generales para corregir los distintos niveles de peligrosidad ante deslizamiento en las rutas nacionales se encuentra en la Figura 25.

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

En la Figura 25 se muestra un esquema que presenta los distintos rangos de resistencia al deslizamiento, desde “> 0,78” considerado como muy bueno hasta “< 0,5” considerado como muy malo; adicionalmente se presentan algunas recomendaciones de intervención, dentro de las muchas opciones existentes para tratamientos de preservación, que pueden ser valoradas para atender y minimizar los distintos niveles de peligrosidad ante resistencia al deslizamiento, estas recomendaciones se definen así:

N.I.: No intervención. El nivel de resistencia al deslizamiento es muy bueno y no requiere de intervenciones para atender la resistencia al deslizamiento.

SS: Sand Seal o sello de arena. Aplicación de una emulsión asfáltica o asfalto diluido sobre la superficie del pavimento a una tasa de colocación definida, posteriormente se aplica una capa de arena graduada para mejorar o retardar condiciones de desprendimientos, desnudamientos o sellado de fisuras menores.

ChS1, 2 y 3: Chip seal o sello de agregado, también conocido como “tratamientos superficiales” del tipo 1 (TS-1), tipo 2 (TS-2) y tipo 3 (TS-3). Aplicación de una emulsión asfáltica o asfalto diluido sobre la superficie del pavimento a una tasa de colocación definida, posteriormente se aplica una capa de agregado graduado en capas desde 1 a 3 variando el tamaño del agregado para mejorar o retardar condiciones de desprendimientos, desnudamientos exudación, mala fricción o sellado de fisuras menores.

Slurry seal: Sello de lechada asfáltica. Aplicación de una mezcla de emulsión asfáltica combinada con un agregado fino, por medio de equipos especializados puede ser utilizada para mejorar o retardar condiciones de desprendimientos, desnudamientos exudación, mala fricción o sellado de fisuras menores.

Micro-pavimentos: Es un tipo de slurry seal que utiliza una emulsión modificada con polímeros plásticos, agregados de alta calidad y aditivos especiales.

2.3.4 Aplicación de las propuestas de intervención para mejoramiento del frenado de los vehículos en la red vial nacional

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

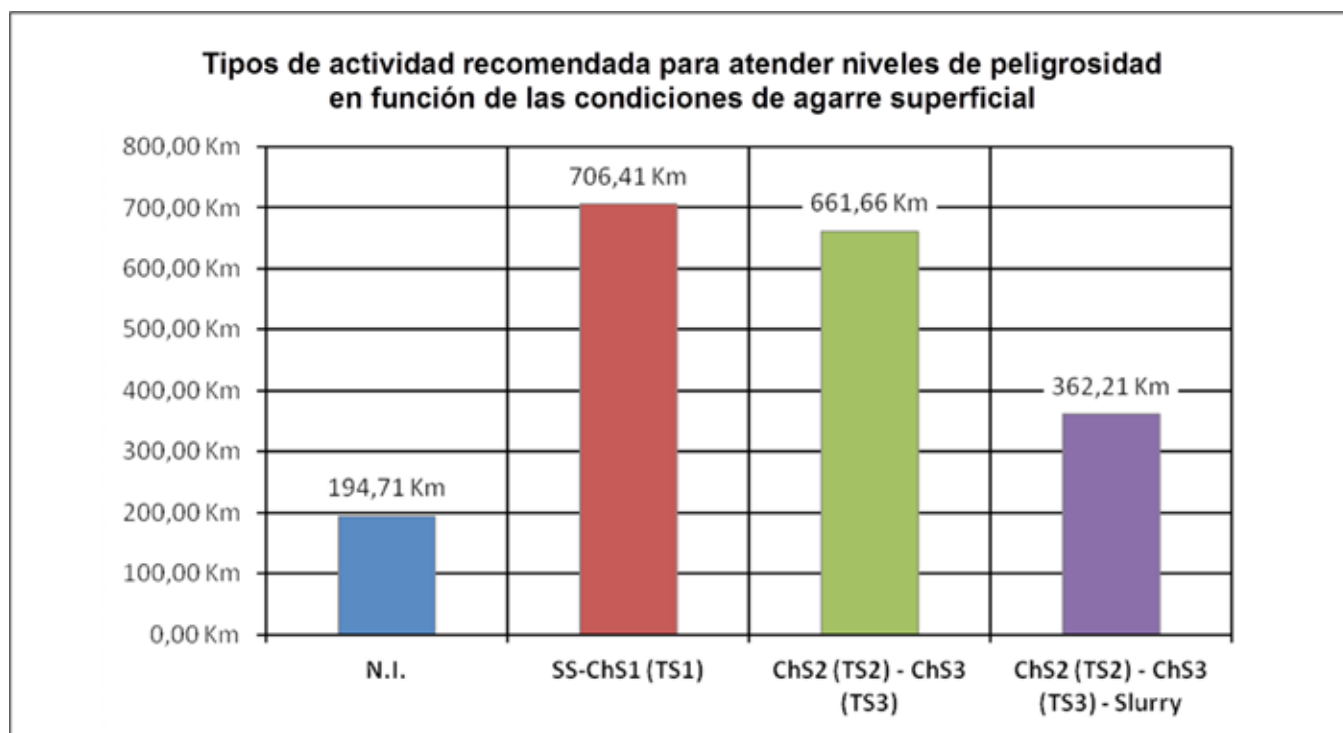


Figura 26. Recomendaciones de intervención para atender los distintos niveles de peligrosidad ante carreteras deslizantes

Tipos de actividad recomendada para secciones con nota Q1 y Q2

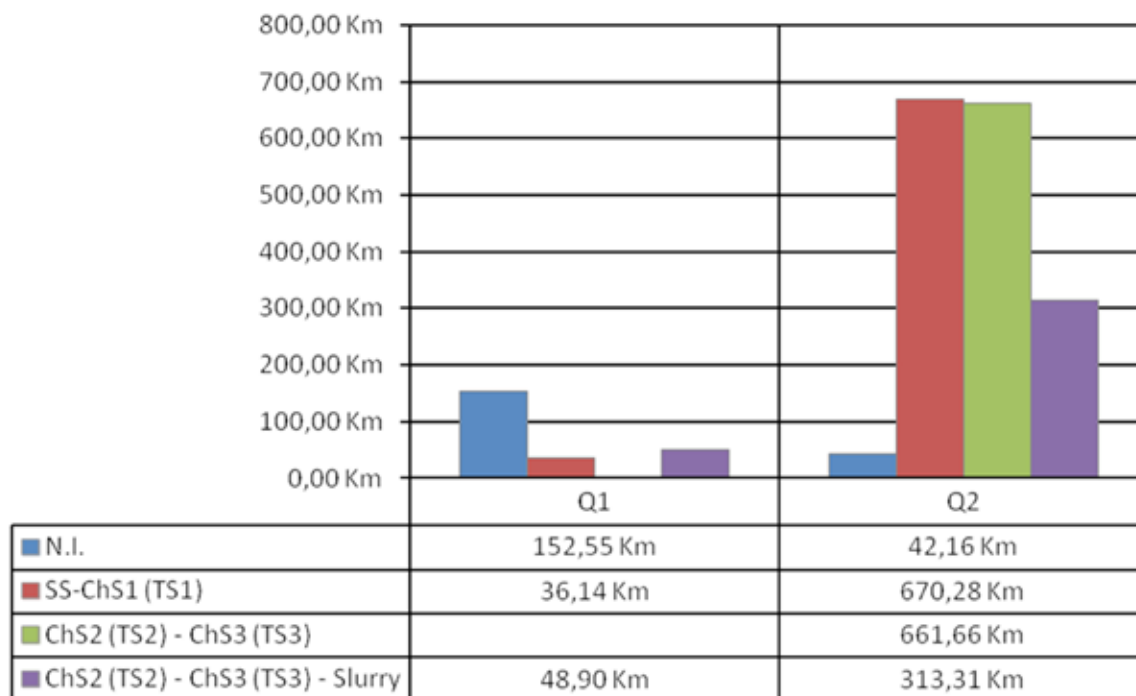


Figura 27. Recomendaciones de intervención para atender los distintos niveles de peligrosidad ante carreteras deslizantes. Distribución entre Q1 y Q2

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.

2.4 VALIDACIÓN DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN A NIVEL DE PROYECTO

El presente apartado plantea el uso del Índice de Condición del Pavimento (PCI), como una herramienta de validación de las estrategias de intervención, mismo que puede ser usado por la administración, inspectores u otros actores a cargo del mantenimiento o rehabilitación de la Red Vial, como un método de verificación a nivel de proyecto, de las estrategias generales de intervención derivadas del presente informe. El PCI se encuentra normado por la ASTM D 6433 - 03 denominada "Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys", la metodología fue desarrollada inicialmente por el U.S. Army Corps of Engineers. Para el análisis se emplearán secciones de control cuya Nota Q sea representativa para cada tipo de Estrategia General de Intervención indicados en la Tabla 11, este tipo de análisis se puede realizar a nivel de red o proyecto según sea el caso.

Tabla 11: Estrategia General de Intervención y Nota Q representativa

Estrategia General	Nota Q representativa
Mantenimiento de Preservación	Q1
Mantenimiento Recuperación de IRI	Q4
Análisis Nivel de Proyecto	Q5
Rehabilitación Menor	Rh-Rf
Rehabilitación Mayor	Q9
Reconstrucción	NP

2.4.1 Índice de Condición de Pavimento PCI - ASTM D 6433 - 03

El Índice de Condición del Pavimento o PCI, por sus siglas en inglés, es un índice que varía entre 0 - 100 donde 0 se asigna para pavimentos fallados o en mal estado, hasta 100 para pavimentos en perfecto estado. En la Tabla 12 se presentan los rangos de PCI con su calificación cualitativa de la condición del pavimento, la asignación de las notas, para calificar la condición del pavimento, se basa en un levantamiento de los deterioros superficiales presentes en una unidad de análisis o proyecto.

Tabla 12: Rangos de calificación del PCI (ASTM D 6433 - 03)

Rango	Clasificación
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

De la Norma ASTM D 6433 - 03 se derivan 19 tipos de deterioros superficiales, mostrados en la Tabla 13, para los cuales se mide el área de afectación o la longitud acorde con lo indicado en la norma. Para cada deterioro documentado se califica la severidad mediante tres niveles cualitativos (baja, media o alta severidad), esta designación se basa en el anexo de la norma empleada o mediante catálogos de deterioro como referencia.

Tabla 13: Deterioros Superficiales para determinar PCI (derivado de ASTM D 6433 - 03)

Código	Descripción
1	Piel de lagarto
2	Exudación
3	Agrietamiento en Bloque
4	Abultamiento y Hundimiento
5	Corrugación
6	Depresión
7	Grieta de borde
8	Grieta de reflexión de junta
9	Desnivel carril / berma
10	Grieta longitudinal y transversal
11	Bacheo
12	Pulimento de agregados
13	Huecos
14	Cruce de vía férrea
15	Ahuellamiento
16	Desplazamiento
17	Grieta parabólica (slip-page)
18	Hinchamiento
19	Desprendimiento de agregados

La manera tradicional en que se calcula este índice es mediante visitas al campo, realizando el levantamiento visual de los deterioros presentes en los tramos por analizar, y posteriormente, se realiza el análisis en la oficina para calcular este índice. Esto puede ser apoyado de una cámara fotográfica o de video y un GPS, para respaldar la información recolectada y aclarar alguna duda que pueda surgir respecto a la evaluación o inventario realizado.

La norma permite análisis a Nivel de Red, mediante la subdivisión de cada *Proyecto o Unidad de Análisis*, en **unidades de muestreo** donde se selecciona una muestra representativa. El análisis a Nivel de Proyecto que se lleva a cabo en la totalidad del *Proyecto o Unidad de Análisis*, e implica un conocimiento exhaustivo de los deterioros que se presentan. Para mayor detalle referirse a la Norma ASTM D6433 - 03.

2.4.2 Metodología de Valoración del Índice de Condición del Pavimento (PCI)

La evaluación desarrollada empleó una técnica de evaluación semi-automatizada, que hace uso del equipo de Registro de Imágenes Digitales Georreferenciadas (Figura 28), el cual cuenta con seis cámaras de alta definición, configuradas respecto a un sistema de coordenadas locales centradas en el vehículo.

El equipo integra Sistema de Posicionamiento Global (GPS), sistemas de pulsos por distancia denominados Distance Measurement Instrument (DMI), así como un sistema de giroscopio conocido como Inertial Measurement Instrument (IMU). La combinación de estos tres dispositivos genera información precisa que se emplea para estimar la ubicación geográfica y combinarla con el registro fotográfico.

Es mediante la configuración de las cámaras en conjunto con los sistemas de ubicación geográfica, que se genera un registro confiable, que facilita la auscultación visual del pavimento con un respaldo fotográfico y una base de datos derivados de la auscultación visual que disminuye el flujo de trabajo requerido para inspección.



Figura 28. Equipo de Registro de Imágenes Digitales Georreferenciadas

La Figura 29 detalla el procedimiento a seguir para obtener y analizar la información con este equipo.

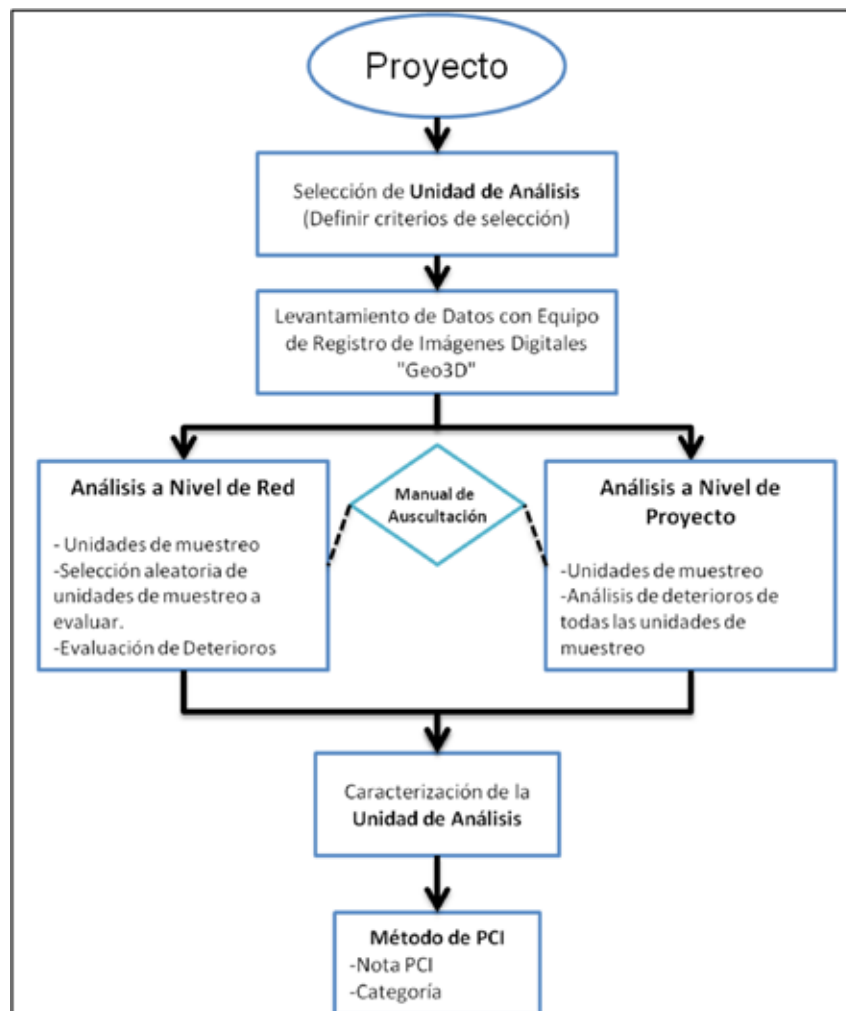


Figura 29. Proceso de obtención y análisis de información para PCI

Para realizar este tipo de evaluación este equipo integra tres elementos básicos detalladas a continuación:

1. Hardware y software que permite el almacenamiento de la información colectada en campo mediante imágenes, las cuales se encuentran georreferenciadas y configuradas de tal forma que permitan cuantificar, calificar y posicionar elementos en la vía
2. Base de datos, que permitan asociar, correctamente, la información que se adquiere por medio de las cámaras.
3. Programa de análisis, protocolos y formularios de auscultación que permitan recabar la información necesaria para el cálculo del PCI.

2.4.3 Resultados de PCI en secciones de control seleccionadas

Se realizó una selección de secciones de control que cumplieran con lo solicitado en la Tabla 11, para las secciones a valorar mediante PCI, la Tabla 14 muestra la Estrategia General, Nota Q y valores de FWD, IRI y otros parámetros.

Tabla 14: Secciones de Control para calculo de PCI, ERVN2014

Estrategia General	Nota Q	Ruta	Sección	Categoría TPD	Longitud	FWD	IRI
Mantenimiento de Preservación	Q1	32	19011	15 mil - 40 mil	1,32 km	19,07	1,78
Mantenimiento Recuperación de IRI	Q4	108	19129	15 mil - 40 mil	0,50 km	34,70	4,60
Análisis Nivel de Proyecto	Q5	39	19102	Casos Especiales	0,72 km	49,79	2,66
Rehabilitación Menor	Rh-Rf	174	19115	5 mil - 15 mil	1,34 km	76,71	7,95
Rehabilitación Mayor	Q9	236	30052	5 mil - 15 mil	1,56 km	95,52	6,17
Reconstrucción	NP	308	40290	0 - 5 mil	1,28 km	139,18	10,75

Para realizar la evaluación de la condición superficial de cada una de las sección de control, se utilizó la norma ASTM D-6433 que indica el procedimiento a seguir para obtener el Índice de Condición del Pavimento (PCI) para pavimentos flexibles. El tipo de evaluación realizada a cada sección de control fue a Nivel de Red, lo cual implica una selección aleatoria de unidades de muestreo, las cuales se definen a partir del ancho promedio de la sección a analizar, variando en este caso entre 5 m y 8 m, lo que permitió definir la longitud de cada unidad en 32 m y 35 m, siendo estas dos medidas muy importantes para poder conocer el área de estudio y extraer la información de deterioros según su densidad respecto al área respectiva.

La Figura 30 muestra el resumen de deterioro superficiales cuya unidad de medida es “m²” y la Figura 31 muestra el resumen de deterioros con unidad de medida es “m”. Estas figuras agrupan un resumen de los principales tipos de deterioros encontrados en las unidades de muestreo de cada sección de control. Para cada sección de control se pudo detectar al menos dos deterioros predominantes, lo cual permite estimar si el tipo de deterioro se correlaciona con un aspecto funcional o en su defecto un reflejo de fallas estructurales.

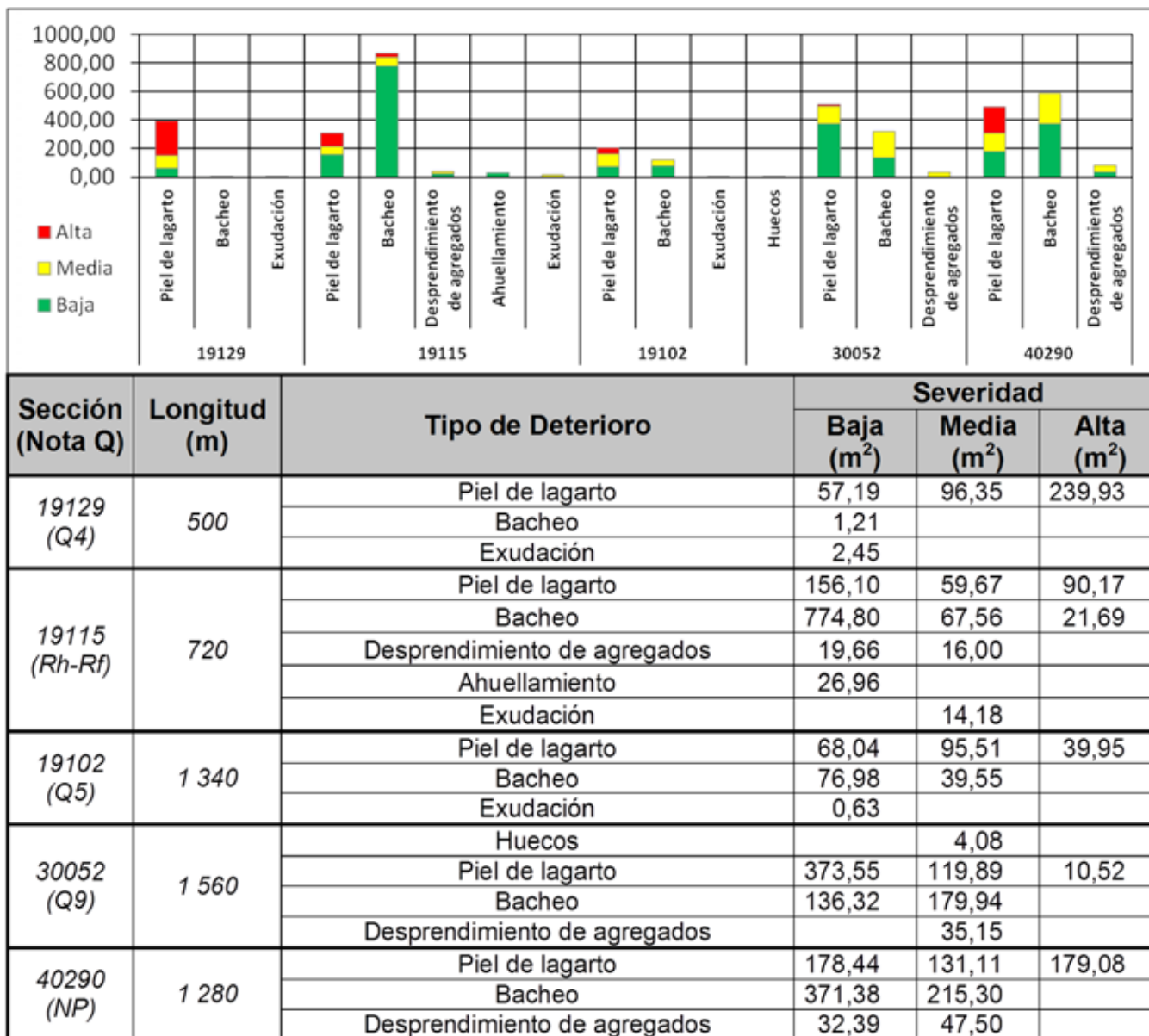


Figura 30. Resumen de Deterioros por Área Superficial para las unidades de muestreo

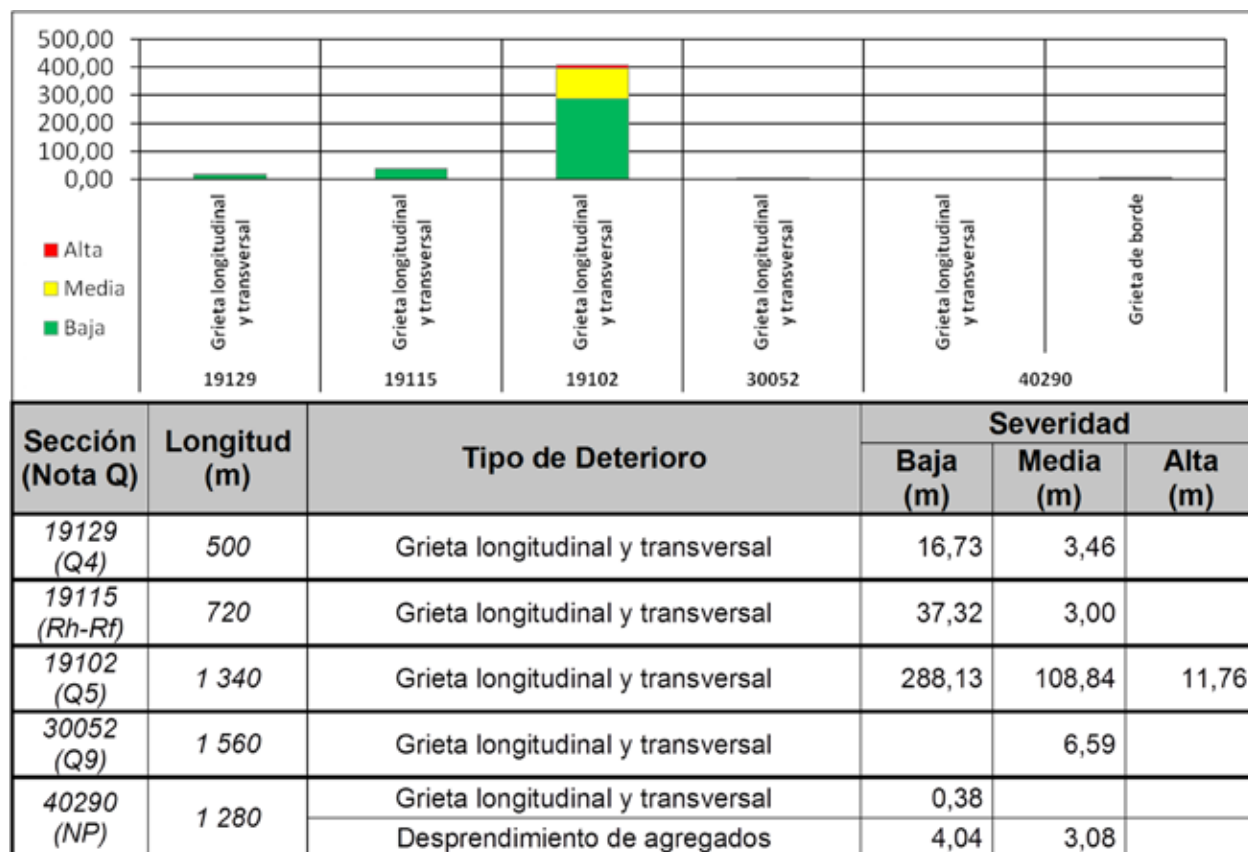


Figura 31. Resumen de Deterioros Lineales para las unidades de muestreo

Una vez que se recolectó el tipo de deterioro, severidad y magnitud para cada unidad de muestreo en las secciones de control seleccionadas, se puede obtener el PCI y darle una clasificación a cada sección de control tal como se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15: Resultados de nota de PCI y clasificación por sección de control

Ruta	Sección de Control	Nota Q	Unidades muestreo	Deterioro Predominante	PCI	Clasificación
32	19011	Q1	14	Sin Deterioro	100	Excelente
108	19129	Q4	12	Piel de Lagarto	71	Muy Bueno
174	19115	Rh-Rf	14	Bacheo / Piel de Lagarto	60	Bueno
39	19102	Q5	11	Grieta Longitudinal/Transversal	58	Bueno
236	30052	Q9	11	Piel de Lagarto / Bacheo	41	Regular
308	40290	NP	12	Bacheo / Piel de Lagarto	29	Malo

En el caso de la nota NP, donde la clasificación obtenida de PCI fue Malo, los deterioros predominantes fueron el Bacheo y “Piel de Lagarto”, con severidades entre Media y Alta, reflejando pérdida de capacidad estructural y funcional. La Nota Q1 clasifica como Excelente, y no presenta deterioro evidente sobre la superficie de ruedo.

El análisis mostrado en esta sección, presenta una correlación directa entre el indicador de PCI y la Nota Q para una misma sección de control, lo cual valida el uso del PCI como complemento válido en el diagnóstico de las vías a nivel de proyecto. A su vez el uso de este tipo de herramientas permite a los encargados del actualizar el estado de una sección de control que posterior a su medición y estrategia general de intervención, definida en el presente informe, presente una nueva condición de estado del pavimento.

CAPÍTULO 3

EFECTO DE LA INVERSIÓN EN LA CONDICIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA. AÑOS 2014-2015

UNA HERRAMIENTA PARA LA TRANSPARENCIA Y LA RENDICIÓN DE CUENTAS.

3.1 INTRODUCCIÓN

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

Mediante Licitación Pública, las empresas constructoras de obras viales nacionales e internacionales registradas en el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos participan en la designación de las zonas de conservación, las cuales se asignan con el fin de ejecutar obras de mantenimiento y busca establecer una correcta gestión de los recursos. La conservación vial se basa en la asignación y disponibilidad presupuestaria, así como con el inventario de vías cubiertas, para el período comprendido en este informe rigió el Cartel de Licitación Pública N° 2009LN-000003-CV y la asignación de empresas asociadas se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16: Distribución de contratistas por Zona de Conservación Vial

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

3.1.1 Definiciones

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

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

2. Ítem de pago: También conocido como renglón de pago. Corresponde con las especificaciones de las distintas actividades definidas en los carteles de licitación para los contratos de Licitación Pública N° 2009LN-000003-CV. 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. Lo anterior en relación con lo dispuesto en el Capítulo IX (artículos 125 – 139) del Reglamento a la Ley de Contratación Administrativa, Decreto Ejecutivo N°33411 del año 2006, que regula los supuestos en los que Administración se encuentra facultada para contratar de forma directa.

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, así entonces, el logro de una “mejoría” o “mejoría parcial” en la condición de una vía solo podría ser considerada eficiente si la inversión realizada logró efectivamente llevar a la vía a un estado de condición equivalente a la de la ventana de operación de la conservación vial (ver sección 5.3 de este informe) pero con una baja inversión. El efecto de intervenir rutas que requieren reconstrucción o rehabilitación con labores de mantenimiento no genera una inversión eficiente pues no se logra la mejoría o se logra con una altísima inversión en actividades poco duraderas como bacheos.

3.2 ACTIVIDADES DE PROCESAMIENTO BÁSICO DE LAS ESTIMACIONES DE OBRA VIAL

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

El documento entregado a CONAVI por parte de la ingeniería de proyecto de cada zona, para cada estimación, agrupa documentación impresa, copias de facturas comerciales, e impresiones de los cuadros de estimación descriptivos, así como elementos de correspondencia y notas de aclaración que presentan las empresas encargadas de la zona, requeridos para justificar las facturas de cobro. Sin embargo, los documentos presentados por cada empresa difieren tanto en el nivel de detalle como en elementos de formato. Para generar una base de datos unificada de las estimaciones de obra vial, se procedió a la adquisición de las estimaciones impresas en distintas dependencias del CONAVI para iniciar un proceso de digitalización manual a través de archivos tipo “PDF” o imágenes escaneadas, recopilación de las bases de datos parciales y búsqueda de información en formato digital, para su posterior extracción en bases de datos de fácil acceso y análisis. Cabe destacar que no existe un sistema automatizado de control y registro de pagos en el CONAVI que permita 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 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:

- En el cartel de licitación se determinan con los diversos ítems de pago, las unidades de medición asociadas, lo cual constituye el documento de referencia para analizar las actividades de conservación.
- La asignación de las secciones de control, rutas y zonas de conservación, conforman los elementos necesarios para ubicar en 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.

En total se procesaron 824 estimaciones de pago en un periodo que abarca las diversas contrataciones directas realizadas entre noviembre del 2010 y agosto del 2011 previo al inicio de los contratos de Conservación Vial, para efectos del informe se denominarán como “**Contrataciones Directas**” y las estimaciones de pago relacionadas con los contratos de la licitación pública N° 2009LN-000003-CV, que para efectos del informe se denominaran como “**Estimaciones de Obra Vial**”, donde se procesó la información correspondientes al período entre setiembre del 2011 hasta diciembre del año 2013, el monto derivado del procesamiento de esta información ronda los **¢ 154 192,68 millones**.

Tomando en consideración que el análisis de 26 estimaciones pago derivadas de las Contrataciones Directas y cerca de 338 estimaciones de pago derivadas de las Estimaciones de Obra Vial se llevaron a cabo en el INF-PITRA-003-2013, el presente informe se encargará de detallar las 460 estimaciones de pago restantes, por un monto de **¢ 86,197 millones**, las cuales se asocian con acciones que impactan la condición evaluada en el presente informe.

Para agrupar las inversiones se emplearán las siglas derivadas de Evaluaciones de la Red Vial Nacional empleando **ERVN** y asociándolas con el año en el cual se llevaron a cabo las mediciones. Para las inversiones analizadas en el INF-PITRA-003-2013 se agrupan con la sigla **ERVN2012** y las 460 inversiones restantes emplean la sigla **ERVN2014**.

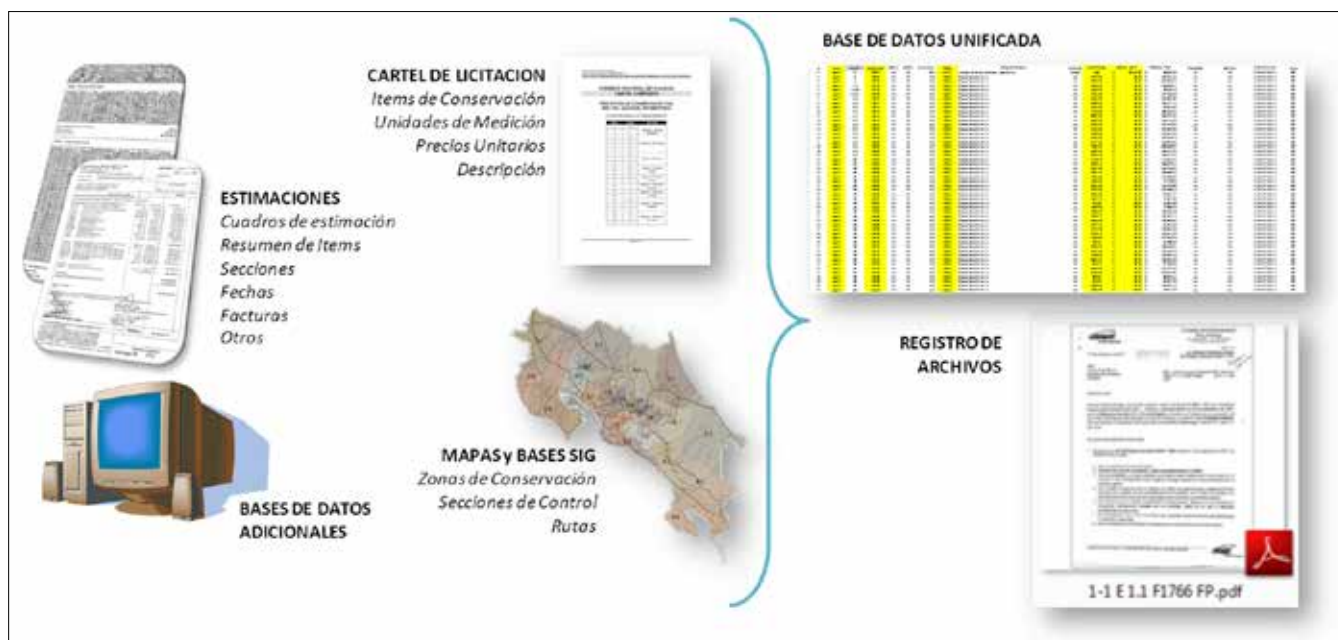


Figura 32. Esquema de insumos y productos básicos del procesamiento de estimaciones

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 puede proceder a 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, para establecer si el grado de inversión promueve o no la mejora de las condiciones de la Red Vial Nacional y generar herramientas para llevar a cabo el respectivo control y fiscalización de los recursos empleados.

La información de la base de datos derivada 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 y realizadas desde el año 2010, la información recopilada se muestra en la Tabla 17 que resume los resultados que se obtuvieron durante la evaluación de la red vial 2012 - 2013 denominada **ERVN2012**, y la Tabla 18 se asocia con la presente evaluación con la sigla **ERVN2014**, los datos son asociados a cantidades colocadas y costos unitarios por zona, y 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 17: Período y Montos inversión por Zona CONAVI, ERVN2012

Contrato	Fondo	Mes Inicial	Mes Final	Monto Inversión
Contratación Directa	Peaje	Nov 2010	Ago 2011	¢274 653 954,18
	Vial	Nov 2010	Ago 2011	¢1 593 976 090,41
Estimaciones de Obra Vial	Peaje	Sep 2011	Ago 2012	¢8 662 312 336,62
	Vial	Sep 2011	Sep 2012	¢57 464 616 280,90
Monto Total de Inversión				¢ 67 995 558 662,12

Se observan de la Tabla 17 los montos que se ejecutaron mediante Contrataciones Directas previas a los contratos de la Licitación Pública N° 2009LN-000003-CV, en forma conjunta se presentan los montos relacionados con las Estimaciones de Obra Vial derivados de los contratos de conservación, las cuales fueron analizadas en el informe de evaluación de la red vial 2012-2013 por un monto de ¢ 67 995 millones. El desglose de los montos invertidos en la Tabla 17 se puede relacionar con el informe INF-PITRA-03-2013.

La Tabla 18 muestra un detalle por zona de conservación, origen de los fondos y período de tiempo en el que se llevaron a cabo las inversiones complementarias para el análisis de la evaluación de la red vial 2014-2015.

Tabla 18: Período y Montos inversión por Zona CONAVI, ERVN2014

Estimaciones de Obra Vial				
Zona	Fondo	Mes Inicial	Mes Final	Monto Inversion
1-1	Peaje	Sep 2012	Feb 2013	₡ 2 861 771 342,01
	Vial	Sep 2012	Dic 2013	₡ 4 738 915 061,30
1-2	Vial	Sep 2012	Dic 2013	₡ 2 583 842 336,84
1-3	Vial	Sep 2012	Dic 2013	₡ 2 664 221 258,88
1-4	Vial	Sep 2012	Dic 2013	₡ 3 839 404 142,74
1-5	Peaje	Ago 2012	Dic 2013	₡ 2 013 663 703,99
	Vial	Jul 2012	Dic 2013	₡ 3 024 666 863,38
1-6	Vial	Ago 2012	Dic 2013	₡ 3 440 016 389,73
1-7	Peaje	Ene 2013	Ene 2013	₡ 19 943 496,54
	Vial	Oct 2012	Dic 2013	₡ 3 484 855 141,90
1-8	Vial	Ago 2012	Dic 2013	₡ 3 904 489 461,03
1-9	Peaje	Ago 2012	Dic 2013	₡ 1 888 581 275,93
	Vial	Ago 2012	Dic 2013	₡ 4 299 469 628,72
2-1	Vial	Jun 2012	Dic 2013	₡ 3 603 226 066,04
2-2	Vial	Jul 2012	Dic 2013	₡ 3 392 248 065,42
2-3	Vial	Ago 2012	Dic 2013	₡ 1 923 598 403,01
2-4	Vial	Jul 2012	Dic 2013	₡ 6 101 330 291,22
3-1	Vial	Jul 2012	Dic 2013	₡ 3 289 738 265,76
3-2	Vial	Ago 2012	Dic 2013	₡ 4 031 283 708,97
4-1	Vial	Sep 2012	Dic 2013	₡ 3 440 740 544,10
4-2	Vial	Sep 2012	Dic 2013	₡ 4 554 004 215,19
4-3	Vial	Sep 2012	Dic 2013	₡ 3 585 039 302,24
5-1	Vial	Ago 2012	Dic 2013	₡ 4 329 354 746,93
5-2	Vial	Sep 2012	Dic 2013	₡ 2 471 939 591,54
6-1	Vial	Sep 2012	Dic 2013	₡ 3 530 096 789,89
6-2	Vial	Ago 2012	Dic 2013	₡ 3 180 690 546,18
Total de Peajes				₡ 6 783 959 818,48
Total de Fondo Vial				₡ 79 413 170 821,01
Monto Total de Inversión				₡ 86 197 130 639,48

Con la información recabada en la ERVN2012 y los nuevos datos de la Tabla 18, se realizó un análisis general de los datos recopilados en la Base de Datos de Estimaciones de Obra Vial. Para tal efecto se emplearon resultados totales, desgloses por ítems, fecha, y diversos productos secundarios, a fin de establecer la eficiencia de las actividades de mantenimiento en el tiempo. Los análisis derivados del uso de bases de datos unificadas de estimaciones de obra vial, logra evidenciar la importancia de las estimaciones para la planificación, fiscalización y gestión.

3.3.1 Resultados Totales de Inversión

El primer producto que se deriva de la información de estimaciones corresponde a datos totales de inversión para las distintas zonas de Conservación Vial del CONAVI, asociados con la ERVN2014, se presentan desglosando las Estimaciones de Obra y los fondos de ingresos por peajes o fondo vial. El resultado de este análisis se muestra en la Figura 33, donde se resumen los resultados de la Tabla 18 y se contrastan con la ERVN2012.

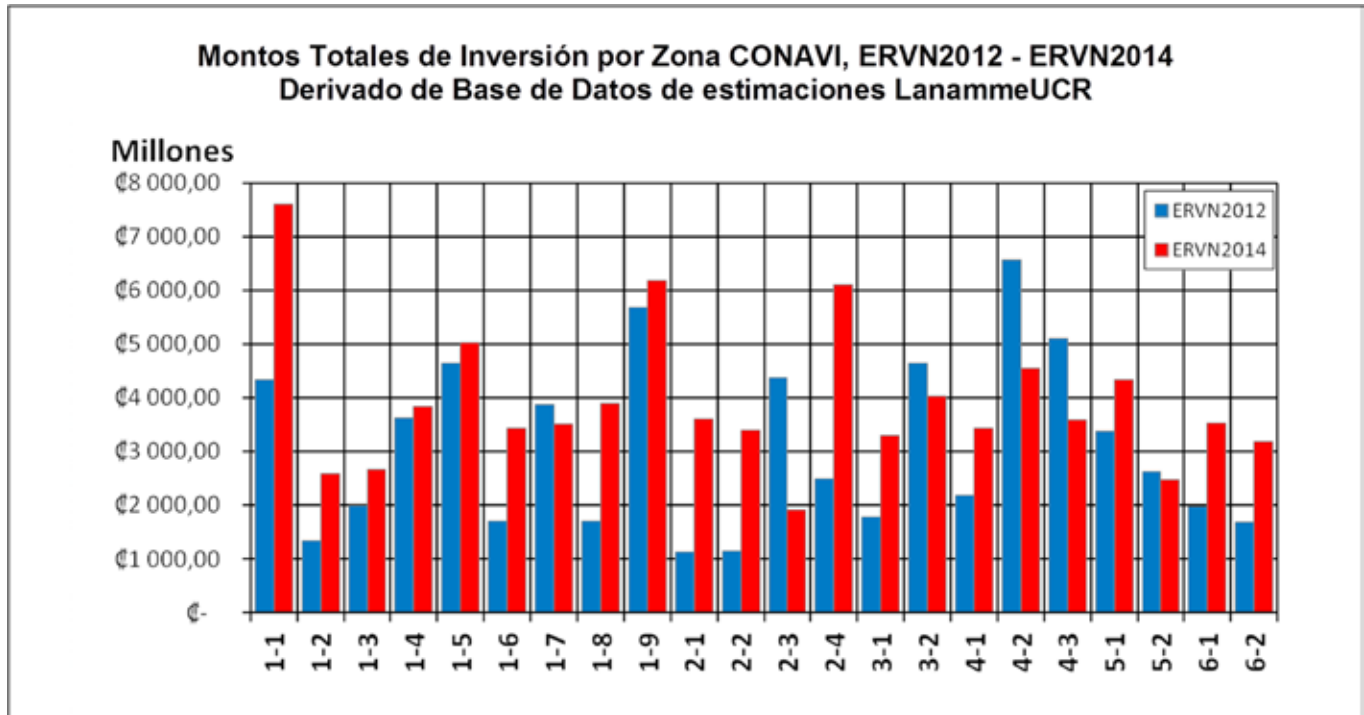


Figura 33. Inversión por Zona de Conservación Vial, Base de Datos del LanammeUCR

La Figura 33 muestra la distribución por zona de fondos invertidos en conservación vial durante la ERVN2014, destacan las inversiones relacionadas con la zona de conservación 1-1 donde se han invertido cerca de ₡ 7 601 millones, una parte proviene del fondo de peaje y el resto del fondo vial, el cual corresponde al mayor nivel de inversión para el período analizado. En la zona 2-4 se han invertido ₡ 6 101 millones lo cual equivale a ₡ 86,72 millones menos que la zona 1-9, siendo la tercera zona con mayor inversión, pero a diferencia de las zonas 1-1 y 1-9 sus fondos provienen solamente de fondo vial.

Para establecer el uso del dinero en el tiempo, la Figura 34 grafica las inversiones empleando una distribución mensual y separando las inversiones analizadas en ERVN2012 de color azul y ERVN2014 de color rojo.

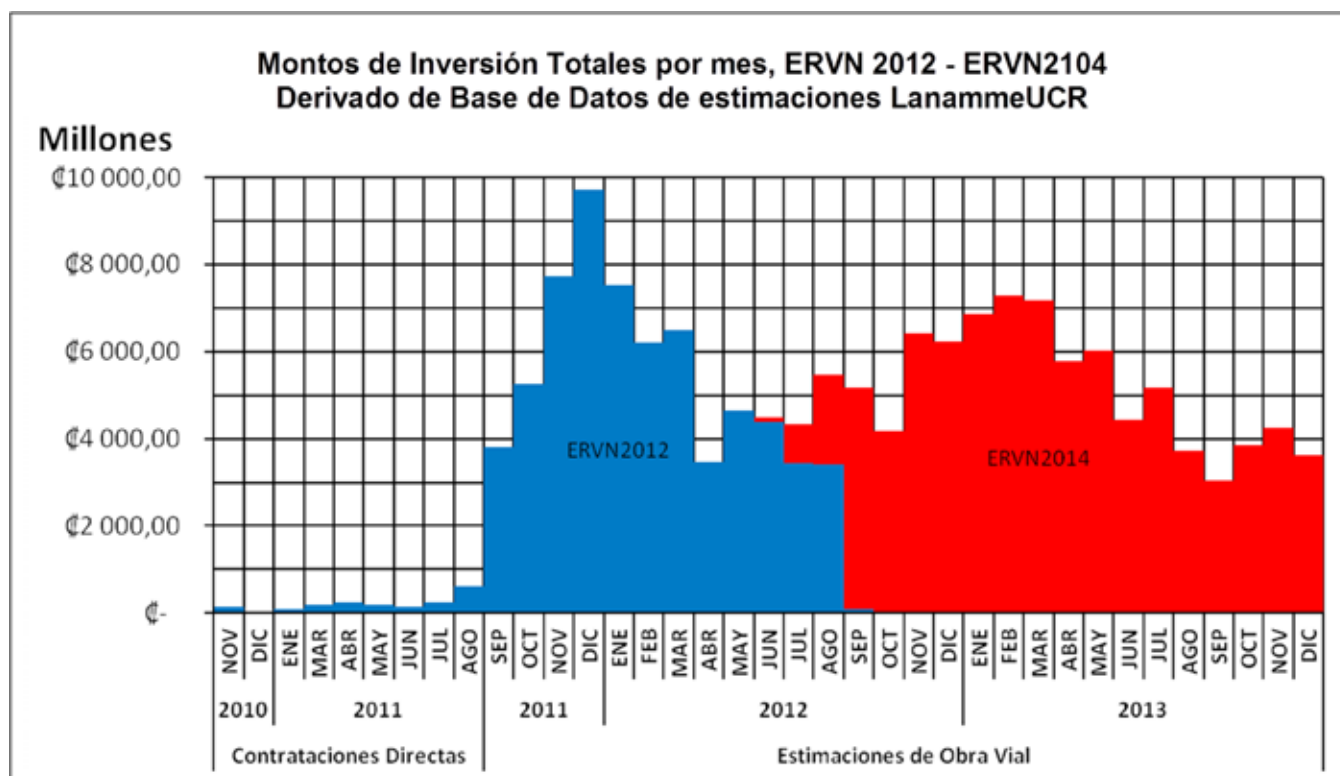
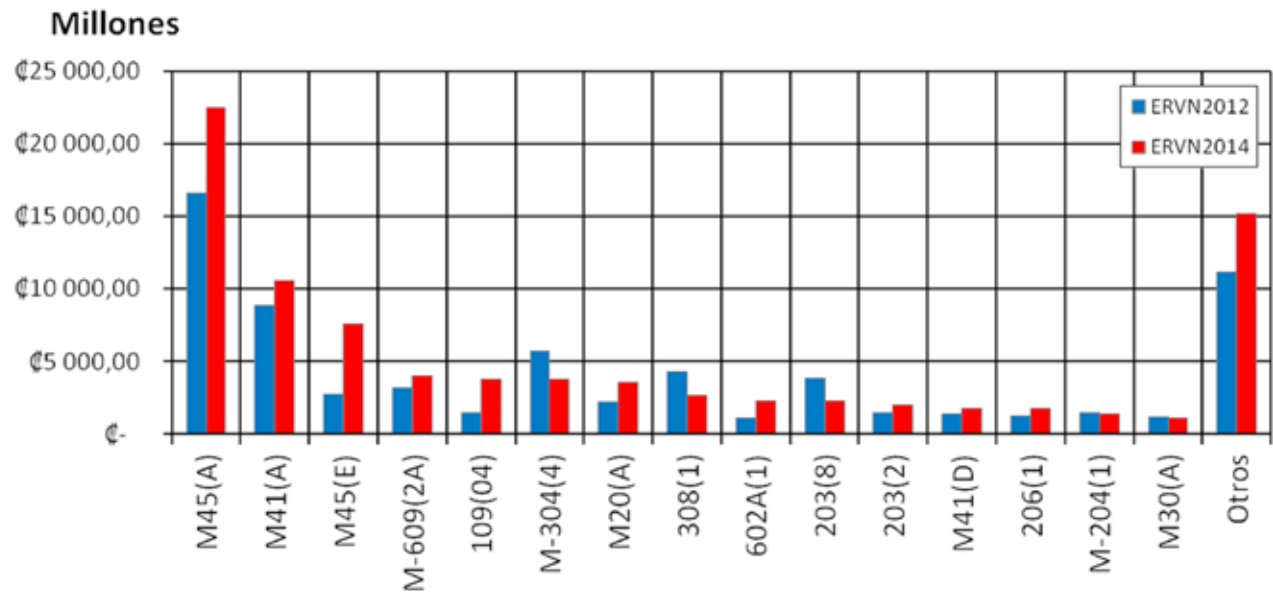


Figura 34. Distribución mensual de la inversión total, Base de Datos del LanammeUCR

De la Figura 34 destaca el mes de diciembre del 2011 que registra el pico de las actividades conservación en términos generales, lo cual se asocia con el inicio oficial de los contratos de conservación de la licitación pública N° 2009LN-000003-CV. En los meses asociados con la ERVN2014 se observa como la media de inversión es inferior a ₡ 6 000 millones. A diferencia de la inversión del mes de diciembre del 2011 por ₡ 9 707 millones, el mes de diciembre del 2012 presentó gastos por ₡ 6 224 millones y presentó valores menores en diciembre del 2013 con una inversión estimada de ₡ 3 630 millones.

Este informe se concentrará en el análisis de los ítems de mantenimiento y conservación, la Figura 35 resume en 16 grupos los 119 elementos de conservación derivados de la Licitación Pública N° 2009LN-000003-CV. Se emplearán los ítems derivados del INF-PITRA-03-2013, los cuales concuerdan con los niveles de inversión por ítem de la ERVN2014. El análisis se hará comparando las dos evaluaciones y la evolución en el uso de los ítems de conservación.

Ítems de conservación vial organizados por inversión total, ERVN2012 - ERVN2014
Derivado de Base de Datos de estimaciones LanammeUCR



Ítem	Descripción	Monto Inversión (millones de colones)	
		ERVN2012	ERVN2014
M45(A)	Pavimento bituminoso en caliente	¢ 16 628,13	¢ 22 531,32
M41(A)	Bacheo con mezcla asfáltica en caliente	¢ 8 883,85	¢ 10 580,28
M45(E)	Pavimento bituminoso en caliente con polímeros	¢ 2 717,64	¢ 7 575,08
M-609(2A)	Cuneta de hormigón de cemento Pórtland	¢ 3 200,33	¢ 3 999,29
109(04)	trabajo costo más porcentaje	¢ 1 493,04	¢ 3 762,95
M-304(4)	Suministro, colocación y compactación de base de agregado triturado, Graduación B	¢ 5 754,67	¢ 3 759,11
M20(A)	Chapea derecho de vía	¢ 2 206,63	¢ 3 536,05
308(1)	Cemento Pórtland	¢ 4 270,80	¢ 2 650,21
602A(1)	Hormigón estructural clase "A" de 225 Kg/cm2	¢ 1 111,30	¢ 2 320,37
203(8)	Material de préstamo	¢ 3 851,88	¢ 2 306,06
203(2)	Excavación común	¢ 1 438,26	¢ 2 014,87
M41(D)	Bacheo de urgencia	¢ 1 430,11	¢ 1 763,41
206(1)	Excavación para estructuras	¢ 1 274,23	¢ 1 748,99
M-204(1)	Suministro, colocación y compactación de sub-base granular, Graduación B	¢ 1 457,78	¢ 1 391,34
M30(A)	Reacondicionamiento de calzada	¢ 1 139,08	¢ 1 081,69
Otros	Otros (Restantes 104 ítems de conservación)	¢ 11 137,82	¢ 15 176,12
Total general (Estimaciones de Obra Vial)		¢ 67 995,56	¢ 86 197,13

Figura 35. Inversión realizada en los ítems de pago, ERVN2012 vs ERVN2014, Base de Datos del LanammeUCR

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 36 muestra la relación entre la inversión total por sección de control y se divide entre el respectivo largo de cada sección para establecer la inversión relativa llevada a cabo en cada sección de control, este tipo de análisis se puede llevar a cabo para cada ítem o elemento de interés.

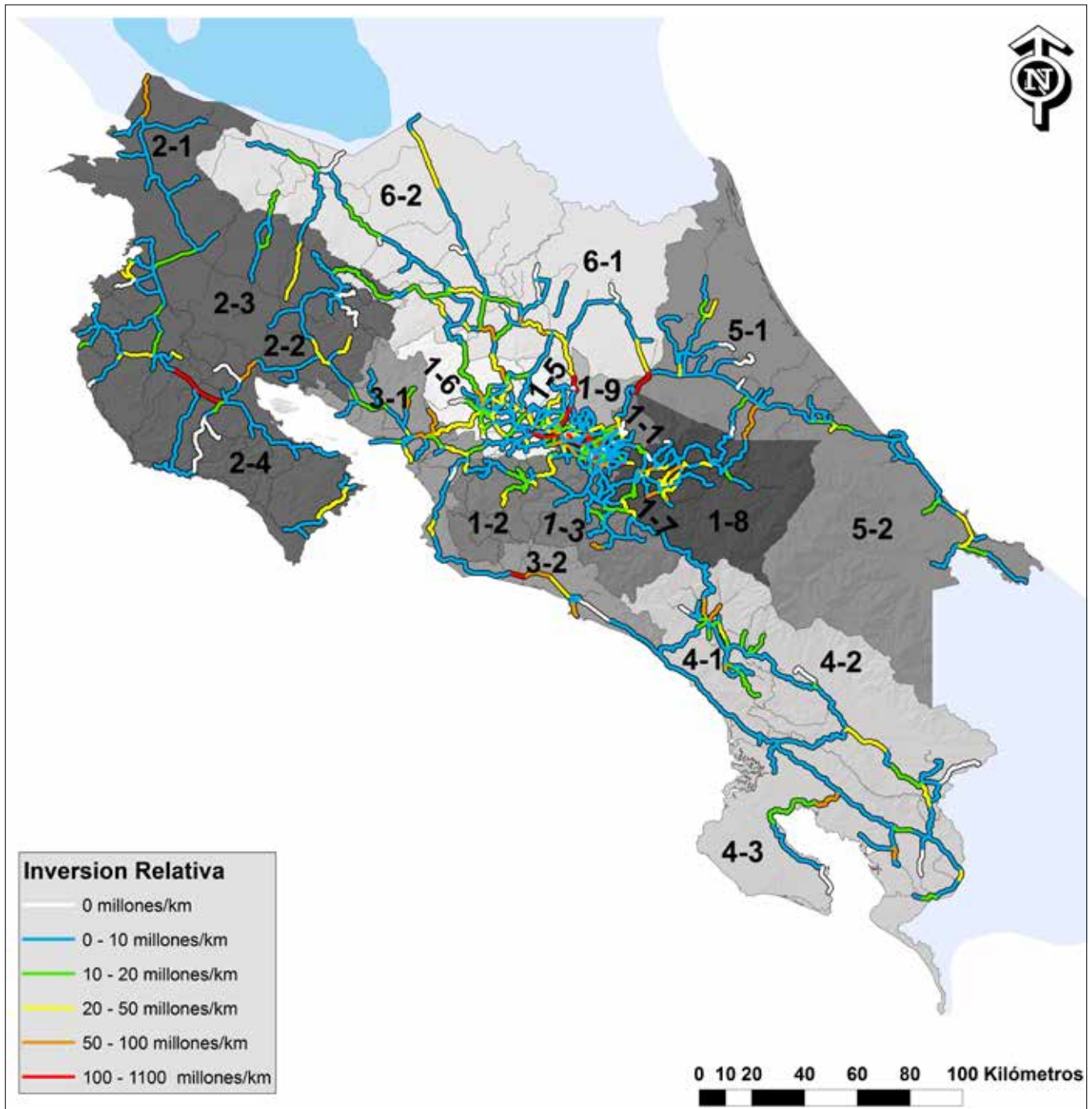


Figura 36. Mapa de inversión relativa por kilómetro de sección de control para ERVN2014

3.5 COMPARACION 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.

En el presente informe se ha modificado la metodología de análisis y se ha incorporado el factor de inversión realizada con el fin de evidenciar de mejor manera el verdadero efecto de la gestión realizada y su impacto en la calidad actual de la Red Vial Nacional; medida a través de parámetros o indicadores de desempeño (i.e. capacidad estructural). Para ejemplificar el tipo de análisis a emplear en el presente informe se presenta el esquema de la Figura 37, en el cual se muestra una ruta hipotética de 100 km, la cual se subdivide en 5 secciones de control y para cada sección de control se asigna una categoría.

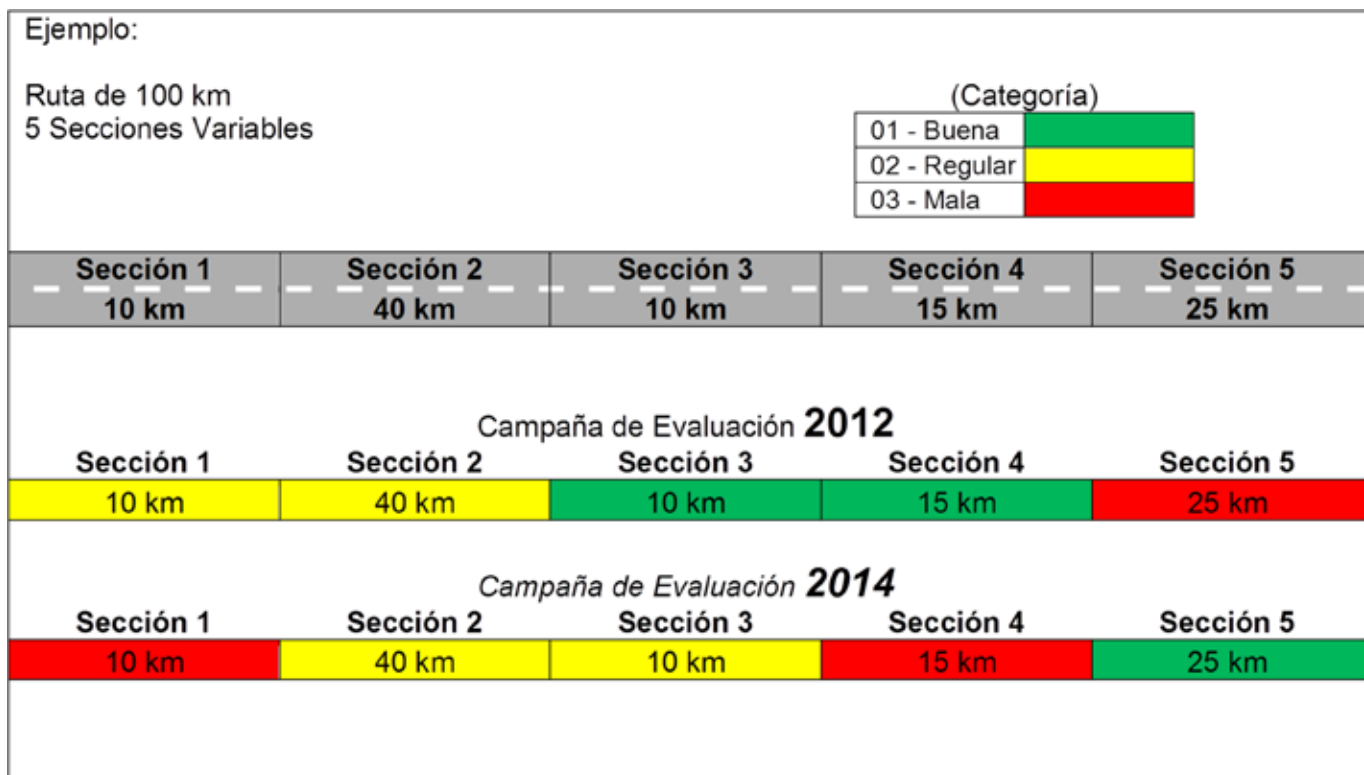


Figura 37. Ejemplo de distribución espacial de mediciones en una ruta de 100 km

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 establecer la evolución de las condiciones de la ruta de 100 km en el tiempo, se ejemplifica a través de la Figura 38, donde se comparan metodologías para analizar en forma temporal los indicadores asociados a cada sección de la ruta.

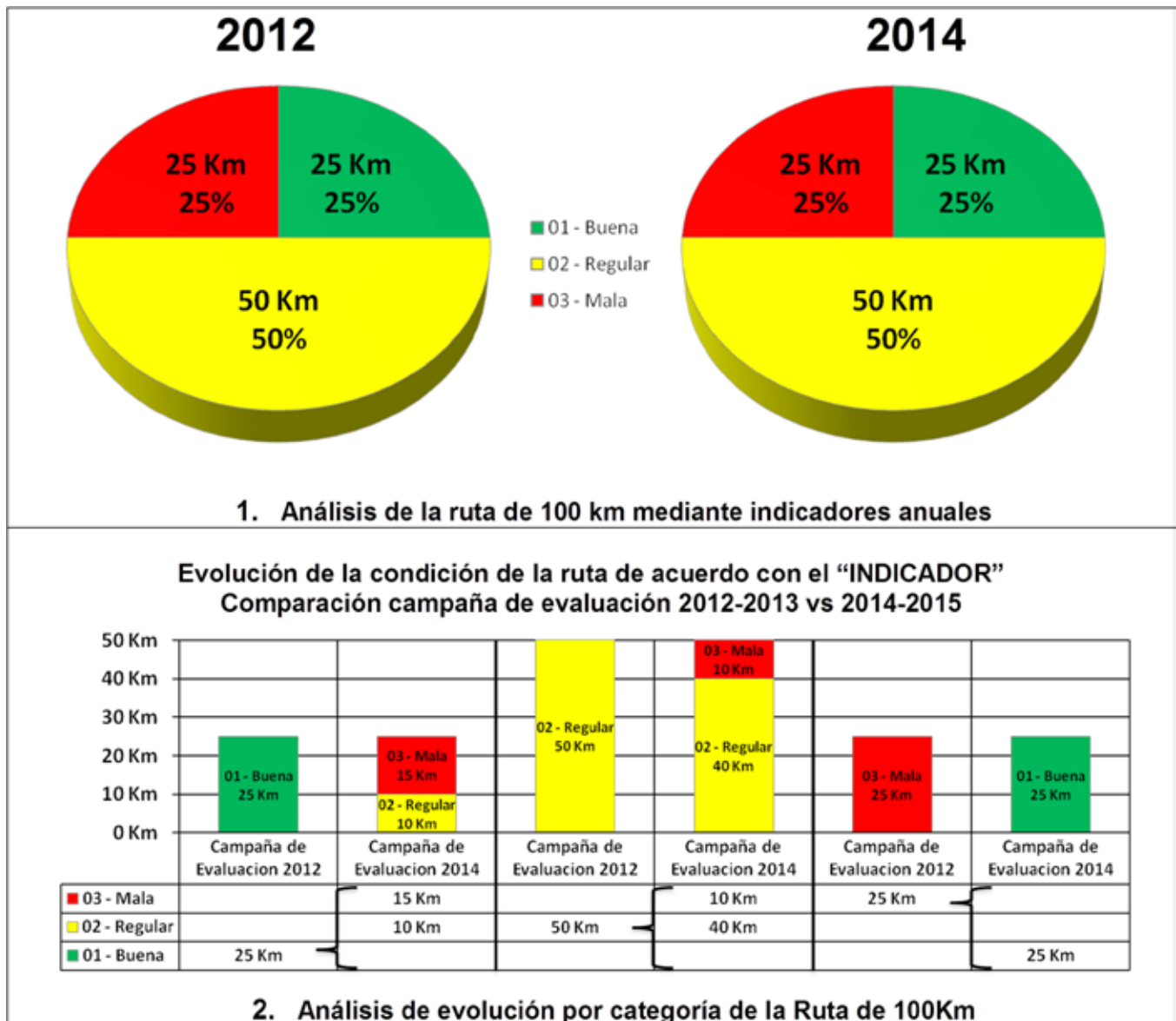


Figura 38. Ejemplo de métodos de análisis temporales de indicadores en ruta de 100 km

En la Figura 38, se observa cómo el análisis del resultado de la condición por medio de gráficas generales de pastel, podría generar la interpretación de que no ha habido cambio alguno en la condición de la ruta, sin embargo, el análisis de evolución por categoría muestra como los 25 km que se encontraban en buena condición en el 2012 se deterioraron por completo en el 2014; de los 50 km en condición regular en el 2012 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 2012 25 km pasaron a una condición buena. Al emplear el segundo tipo de análisis, se busca dar una mejor interpretación del dinamismo presente en la Red Vial Nacional Pavimentada.

3.6 COMPARACIÓN DE LOS INDICADORES DE LA RED VIAL ERVN2012 Y ERVN2014

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

3.6.1 Comparación de indicadores de la ERVN2012 y ERVN2014 según la condición de deflexiones (FWD)

Para el análisis de las categorías de deflexiones, la Tabla 19 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 19: Resultados obtenidos en FWD, ERVN2012 y ERVN2014

Rango de deflexiones FWD	ERVN2012		ERVN2014		
	km Comparables	%	km Comparables	km Nuevos	%
Bajas	4 260,75	87,49%	4 393,45	359,95	90,22%
Moderadas	255,60	5,25%	219,28	7,64	4,31%
Altas	227,65	4,67%	200,62	19,34	4,17%
Muy Altas	126,12	2,59%	56,76	11,70	1,30%
Longitud Total	4 870,12 km		5 268,72 km		

La Figura 39. muestra el comportamiento y evolución de las categorías de deflexión tomando como base los resultados que se obtuvieron en la ERVN2012 y se contrastan con los resultados obtenidos en la evaluación ERVN2014.

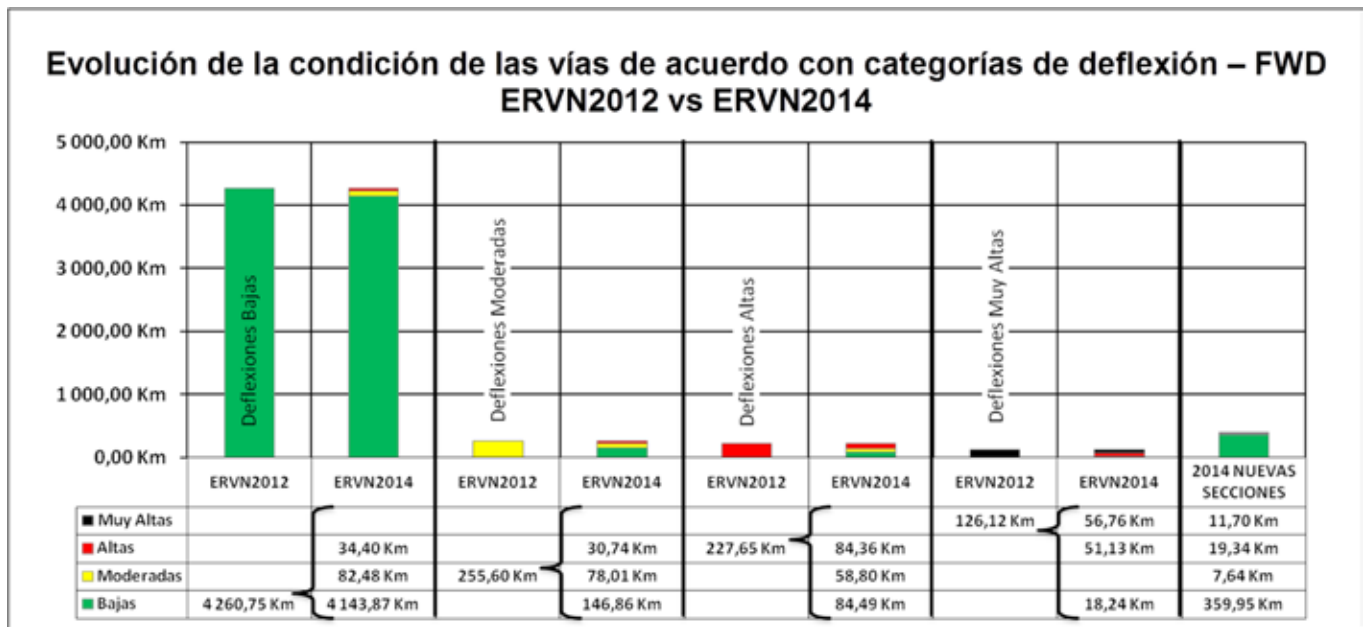


Figura 39. Evolución de las categorías de deflexión en la Red Vial Nacional

Del análisis de la Figura 39 se observa que de 4 260,75 km que presentaban bajas deflexiones en el año 2012, solamente 4 143,87 km lograron mantener su condición. Los restantes 116,88 km se deterioraron acorde con la siguiente distribución: 82,48 km presentan actualmente deflexiones moderadas, 34,40 km.

Al agrupar los 255,60 km que presentaban capacidad estructural moderada (deflexiones moderadas) en el año 2012, se observa como 78,01 km mantuvieron esta condición, se deterioraron 30,74 km con deflexiones altas en el 2014 y los restantes 146,86 km caen en la categoría de bajas deflexiones lo cual implica una mejora de la condición en estos kilómetros para la ERVN2014.

De los 227,65 km que en la ERVN2012 poseían la categoría de deflexiones altas se lograron mejorar 84,49 km a la condición de deflexiones bajas en la ERVN2014. Con un grado menor de mejora se tienen 58,80 km con deflexiones moderadas; y los restantes 84,36 km mantuvieron la condición de deflexión alta.

Finalmente, se tienen los 126,12 km con deflexiones muy altas en la ERVN2012, donde las mejoras se dieron en 18,24 km con deflexiones bajas y los 51,13 km que pasaron a deflexiones altas puede considerarse que recibieron una mejora en su categoría pero su impacto real debe analizarse en función de la eficiencia en el uso de recursos, los restantes 56,75 km mantuvieron su condición de deflexiones muy altas.

Al comparar la ERVN2012 y la ERVN2014 podemos establecer que 4 362,99 km mantuvieron su condición, independiente de la categoría, se presentó un deterioro real de 147,62 km y una mejora de las condiciones de deflexión en 359,52 km; en la campaña ERVN2014 se evaluaron un total de 398,63 km más que en la ERVN2012.

3.6.2 Comparación de indicadores de la ERVN2012 y ERVN2014 según la condición de regularidad superficial (IRI)

La Tabla 20 muestra los resultados obtenidos en ambas evaluaciones, y la Figura 40 muestra la evolución de la condición en la red vial relacionado con los rangos de IRI.

Tabla 20: Resultados obtenidos en IRI, ERVN2012 y ERVN2014

Rango IRI	ERVN2012		ERVN2014		
	Km Comparables	%	km Comparables	km Nuevos	%
0 - 1,0 m/km	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
1,0 - 1,9 m/km	135,18	2,78%	219,37	18,22	4,51%
1,9 - 3,6 m/km	1 610,33	33,07%	1 672,91	88,94	33,44%
3,6 - 6,4 m/km	2 105,14	43,23%	2 006,49	162,78	41,17%
Mayor 6,4 m/km	1 019,46	20,93%	971,35	128,69	20,88%
Longitud Total	4 870,12 km		5 268,72 km		

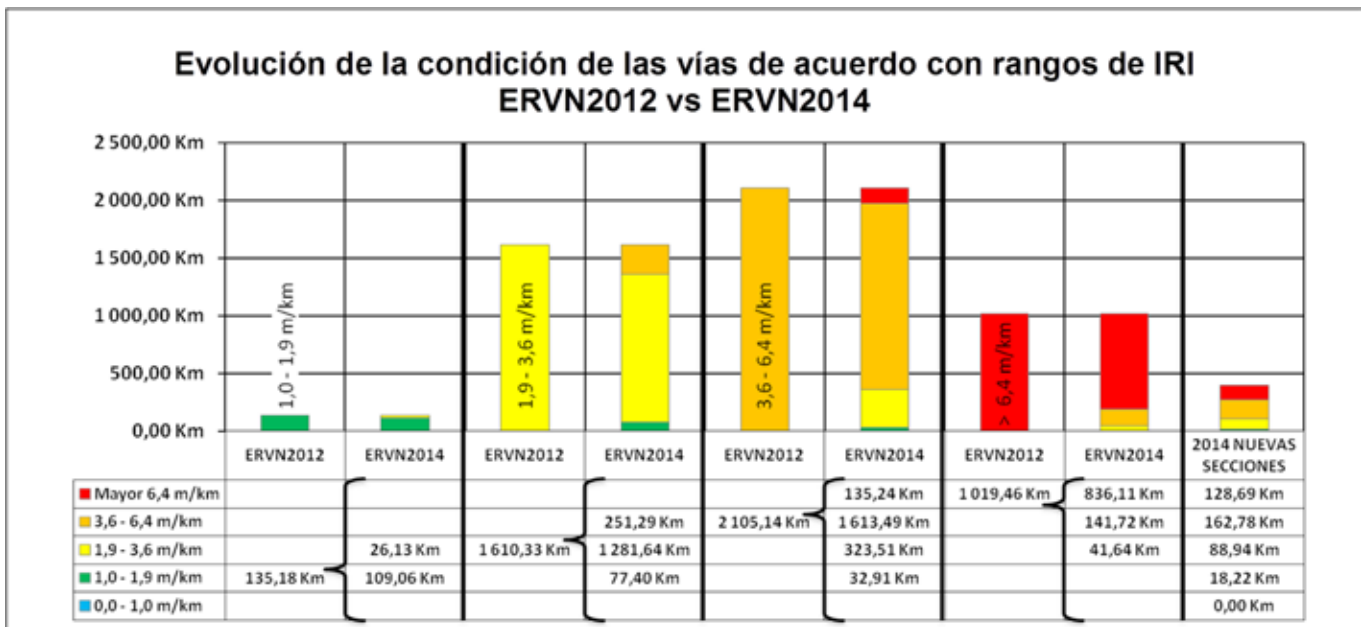


Figura 40. Evolución de las deflexiones en la Red Vial Nacional

De la Figura 40 se concluye que los 135,18 km que se encontraban entre 1,0 - 1,9 m/km en la ERVN2012, 109,06 km mantuvieron esa condición, mientras que 26,13 km pasaron al siguiente rango entre 1,9 - 3,6 m/km. Para los 1 610,33 km que en la ERVN2012 calificaron con valores de IRI entre 1,9 - 3,6 m/km se muestran variaciones de deterioro en 251,29 km, se consiguen mantener 1 281,64 km y se mejoran 77,40 km. Para los 2 105,14 km que se encontraban entre 3,6 - 6,4 m/km en la ERVN2012, se observa un deterioro de 135,24 km, mantienen el rango de IRI 1 613,49 km, se mejora el IRI en 323,51 km que pasan al rango 1,9 - 3,6 m/km y los restantes 32,91 km presentan valores inferiores a 1,9 m/km. De las secciones de control que presentaron valores de IRI superiores a 6,4 m/km en la ERVN2012, un total de 41,64 km presentaron una mejora sustancial, cerca de 141,72 km presentan una mejora

parcial pero aún muestran valores de IRI inaceptables para una ruta nacional, los restantes 836,11 km se mantienen en rangos de IRI superiores a 6,4 m/km equivalentes a una condición funcional muy deficiente.

Se puede resumir que, la campaña ERVN2014 con respecto a la campaña ERVN2012, mantuvieron su rango de IRI al menos 3 840,30 km, se presentó un deterioro general de 412,66 km y se mejoró un total de 617,18 km. En la presente evaluación se contabilizan 398,63 km que no fueron valorados en la campaña ERVN2012.

3.6.3 Comparación de indicadores de la ERVN2012 y ERVN2014 según la resistencia al deslizamiento o 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.

En la campaña ERVN2012 se registran 1 633,37 km y en la campaña ERVN2014 un total de 2 684,05 km lo cual es consistente con los resultados de IRI obtenidos en la evaluación actual, ya que se ha presentado un deterioro de la condición superficial que impide la realización del ensayo de resistencia en las mismas secciones y consecuentemente se evalúan nuevas secciones.

La Tabla 21 muestra los resultados obtenidos en ambas evaluaciones. De la totalidad de datos de GRIP, recopilados en la ERVN2012, se hace énfasis en 284,83 km que corresponden a secciones de control donde el valor de IRI, para la ERVN2014, superan el límite de 4,0 m/km y al respecto del GRIP se consideran secciones no evaluables.

Tabla 21: Resultados obtenidos en Grip Number, ERVN2012 y ERVN2014

Rango de Grip Number	ERVN2012		ERVN2014		
	Km Comparables	%	Km Comparables	Km Nuevos	%
> 0,78	12,86	0,79%	21,09	47,92	2,57%
0,6 - 0,78	826,54	50,60%	642,09	497,04	42,44%
0,5 - 0,6	513,87	31,46%	588,27	333,95	34,36%
< 0,5	280,10	17,15%	381,92	171,78	20,63%
Longitud Total	1 633,37 km		2 684,05 km		

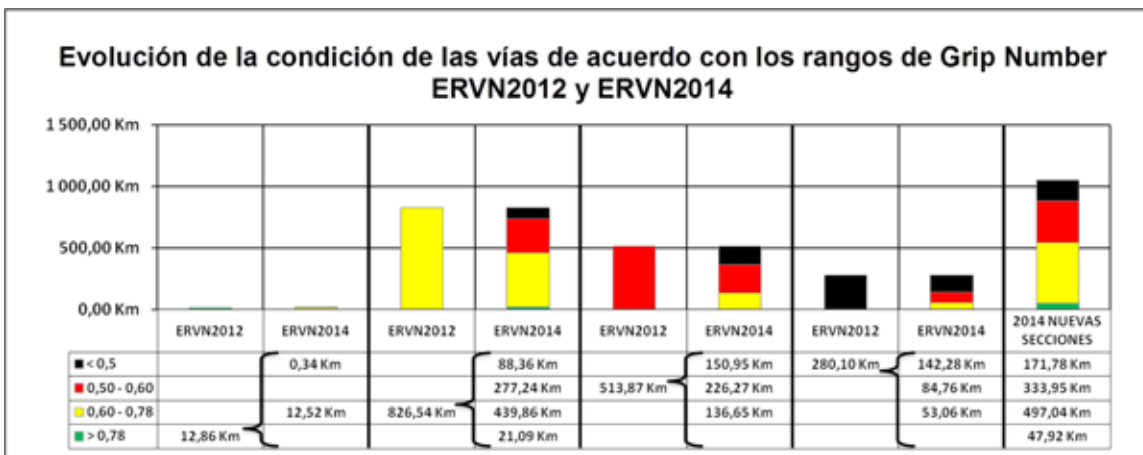


Figura 41. Evolución del Grip Number en la Red Vial Nacional

En la Figura 41 solamente se grafican los 1 633,37 km comparables. Los nuevos kilómetros evaluados para la ERVN2014 equivalen a 1 050,68 km.

De los 12,86 km que presentaban valores de Grip Number no deslizantes (>0,78), en la ERVN2012, no se mantuvo la condición y 12,52 km pasaron de una condición no deslizante (>0,78) a una condición poco deslizante (0,60 - 0,78), los restantes 0,34 km muestran deterioro total en este indicador. Para los 826,54 km con una condición poco deslizante (0,6 - 0,78) en la ERVN2012, se logra mantener esta condición en 439,86 km, se tiene una mejora de 21,09 km que pasan de condición de poco deslizante (0,60 - 0,78) a no deslizante (>0,78), los restantes 365,60 km se deterioraron y perdieron capacidad de colaborar con el frenado de los vehículos. Para los 793,97 km con condiciones deslizantes (0,50 - 0,60) o muy deslizantes (<0,50), solamente 189,71 km pasan a la condición de poco deslizante (0,6 - 0,7), los restantes 604,26 km se encuentran con valores por debajo de 0,6 en Grip Number y se relacionan con una mala condición agarre superficial

3.7 ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL POR ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFECTIVIDAD DE LA INVERSIÓN REALIZADA ERVN2012 Y ERVN2014

A diferencia de los análisis anteriores realizados con base en los indicadores de condición de la red vial de forma independiente, este apartado se concentra en emplear las herramientas de gestión, donde se analiza la condición y evolución de las vías de acuerdo con las Estrategias Generales de Intervención Recomendadas, se combina con la inversión para la ERVN2014 derivada de la Base de Datos de Estimaciones de Obra Vial desarrollada en el LanammeUCR, a fin de establecer la evolución de la Red Vial y el nivel de inversión realizado para obtener la condición descrita por los indicadores a nivel de Red. De esta forma se puede correlacionar de forma directa el efecto real de la inversión con la condición de la red vial. Es posible entonces determinar la eficiencia de las labores realizadas y valorar si las intervenciones empleadas resultan en una adecuada estrategia para rescatar la red vial, o de lo contrario, brindar información para que la Administración pueda reformular el plan de intervención, orientándolo hacia actividades más acordes con las verdaderas necesidades de las carreteras y aumentar la eficiencia de la inversión.

Tabla 22: Resumen de Estrategias de Intervención recomendadas. ERVN2012 y ERVN2014

Estrategia de Intervención Recomendada	ERVN2012		ERVN2014		
	Km Comparables	%	Km Comparables	Km Nuevos	%
Mantenimiento Preservación	1 707,31	35,06%	1 863,54	107,16	37,40%
Mantenimiento Recuperación IRI	2 553,44	52,43%	2 529,92	252,79	52,82%
Análisis a nivel de Proyecto	2,05	0,04%	16,57	-	0,31%
Rehabilitación Menor	253,55	5,21%	202,72	7,64	3,99%
Rehabilitación Mayor	116,42	2,39%	81,95	16,67	1,87%
Reconstrucción	237,34	4,87%	175,42	14,37	3,60%
Longitud Total	4 870,12 km		5 268,72 km		

La base del análisis se centra en los valores de la Tabla 22. La tabla muestra la cantidad de kilómetros y sus respectivos porcentajes con las diferentes recomendaciones del tipo de intervención para la cual eran candidatos los distintos tramos de la Red Vial Nacional, tanto para la ERVN2012 como para la ERVN2014.

3.7.1 Análisis de la evolución total en Red Vial comparando la condición Estrategias de Intervención Recomendadas ERVN2012 y los resultados de la ERVN2014

Para mantener un esquema de análisis similar al de los indicadores se tomará como base los resultados de la ERVN2012 y se compararán con los nuevos datos obtenidos en la ERVN2014. La Tabla 23 contiene los datos de las secciones de control cuya estrategia general de intervención recomendada en la ERVN2012, calificaban como Mantenimiento de Preservación o Mantenimiento de Recuperación de IRI.

Tabla 23: Evolución de secciones para Mantenimiento en la ERVN2012

Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2012	Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2014	Longitud (km)	Conteo de Secciones	Inversión (millones)	Inversión Total (millones)	Inversión Relativa (millones/km)
1 707,31 km Mantenimiento Preservación	Mantenimiento Preservación	1 447,72	173	₡ 18 297,37	₡ 23 985,82	₡ 12,64
	Mantenimiento Recuperación IRI	246,47	34	₡ 5 089,24		₡ 20,65
	Análisis a nivel de Proyecto	8,58	5	₡ 565,28		₡ 65,92
	Rehabilitación Menor	3,05	1	₡ 1,54		₡ 0,51
	Rehabilitación Mayor	1,50	2	₡ 32,39		₡ 21,59
2 553,44 km Mantenimiento Recuperación IRI	Mantenimiento Preservación	346,46	58	₡ 14 674,20	₡ 36 484,72	₡ 42,36
	Mantenimiento Recuperación IRI	2 103,23	340	₡ 20 806,45		₡ 9,89
	Rehabilitación Menor	70,86	15	₡ 682,33		₡ 9,63
	Rehabilitación Mayor	26,07	6	₡ 305,57		₡ 11,72
	Reconstrucción	6,83	1	₡ 16,17		₡ 2,37

De la Tabla 23 se observa que 1 707,31 km calificaban como Mantenimiento de Preservación en la ERVN2012. con base a la inversión realizada, 1 447,72 km lograron mantener esta condición y equivalen a 173 secciones de control. La inversión total realizada de acuerdo con la base de datos del LanammeUCR fue de ₡ 18 297,37 millones. La inversión relativa fue de ₡ 12,64 millones/kilómetro. Los restantes 259,59 km equivalen a 42 secciones de control que recibieron una inversión total de ₡ 5 688,45 millones sin lograr mantener la condición de mantenimiento de preservación.

En forma similar los 2 553,44 km que calificaron para Mantenimiento de Recuperación de IRI en la ERVN2012, lograron mejorar 346,46 km, equivalentes a 58 secciones de control. La inversión total realizada para obtener esta mejora equivale a ₡ 14 674,20 millones y la tasa de inversión relativa fue de ₡ 42,36 millones/kilómetro. Por su parte 2 103,23 km, equivalentes a 340 secciones de control, mantuvieron la condición de Mantenimiento de Recuperación de IRI obtenida en el 2012 al invertir ₡ 20 806,45 millones, con una tasa de inversión de ₡ 9,89 millones/kilómetro. De las restantes secciones, tenemos para 96,93 km, equivalentes a 21 secciones de control, una inversión total de ₡ 987,89 millones, los cuales muestran diversos niveles de deterioro, adicionalmente la inversión realizada en una sección de control por ₡ 16,17 millones destinados a 6,83 km pasan a una condición de reconstrucción a pesar de la inversión realizada, mostrando una pérdida tanto de capacidad estructural como funcional. Los datos mostrados en la Tabla 23 equivalen a 4 260,75 km de un total de 4 870,12 km de carreteras comparables, y equivalen a un 87,48% de la Red Vial Nacional pavimentada que se pueden comparar con la ERVN2012.

La Tabla 24 contiene los datos de aquellas secciones de control cuya estrategia general de intervención recomendada en la ERVN2012, calificaba como Análisis a nivel de Proyecto, Rehabilitación Menor, Rehabilitación mayor y Reconstrucción. Los resultados mostrados en la requieren de un análisis más detallado, ya que las estrategias de mantenimiento y conservación tienen por objetivo mantener y mejorar la condición de la Red Vial Nacional en aquellas rutas cuya condición permita labores de ese tipo. Para que la evolución de una sección de control sea considerada como una mejora, los indicadores de condición deben pasar de la ventana de operación de “rehabilitación” a la ventana de operación de “mantenimiento”, donde se logró una mejora significativa en la capacidad estructural y el valor de IRI mejoró logrando un aumento en la capacidad funcional de la vía; la condición de Mantenimiento de Preservación reúne estas características, por su parte la ventana de operación de Mantenimiento de Recuperación de IRI tiene una capacidad estructural adecuada pero la condición funcional no es la óptima, por lo que se ha denominado esta evolución como una mejora parcial, ya que las actividades que se ejecutaron no recuperaron la capacidad funcional de la sección de control. Los datos mostrados en la Tabla 24 equivalen a 609,37 km de un total de 4 870,12 km de carreteras comparables, y equivalen a un 12,51% de la Red Vial Nacional pavimentada que se pueden comparar con la ERVN2012.

Tabla 24: Evolución de secciones para Rehabilitación o Reconstrucción en la ERVN2012

Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2012	Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2014	Longitud (km)	Conteo de Secciones	Inversión (millones)	Inversión Total (millones)	Inversión Relativa (millones/km)
2,05 km Análisis a nivel de Proyecto	Mantenimiento Recuperación IRI	1,18	1	₡ 59,83	₡ 69,93	₡ 50,92
	Rehabilitación Mayor	0,87	1	₡ 10,10		₡ 11,61
253,55 km Rehabilitación Menor	Mantenimiento Preservación	47,09	5	₡ 2 868,48	₡ 5 055,41	₡ 60,92
	Mantenimiento Recuperación IRI	98,60	28	₡ 1 110,82		₡ 11,27
	Rehabilitación Menor	78,01	13	₡ 930,30		₡ 11,93
	Rehabilitación Mayor	21,49	7	₡ 142,64		₡ 6,64
	Reconstrucción	8,38	2	₡ 3,18		₡ 0,38
116,42 km Rehabilitación Mayor	Mantenimiento Preservación	22,28	4	₡ 2 939,01	₡ 3 538,45	₡ 131,94
	Mantenimiento Recuperación IRI	27,13	8	₡ 336,11		₡ 12,39
	Análisis a nivel de Proyecto	7,99	1	₡ 25,80		₡ 3,23
	Rehabilitación Menor	26,29	5	₡ 111,85		₡ 4,26
	Rehabilitación Mayor	23,09	5	₡ 42,62		₡ 1,85
	Reconstrucción	9,65	3	₡ 83,06		₡ 8,61
237,34 km Reconstrucción	Mantenimiento Recuperación IRI	53,32	15	₡ 715,99	₡ 1 769,63	₡ 13,43
	Rehabilitación Menor	24,52	7	₡ 127,84		₡ 5,21
	Rehabilitación Mayor	8,94	2	₡ 59,38		₡ 6,65
	Reconstrucción	150,57	35	₡ 866,42		₡ 5,75

De los 2,05 km, equivalentes a 2 secciones, que calificaron como Análisis a Nivel de Proyecto; 1,18 km mejoraron parcialmente su condición hasta ser candidatos a mantenimiento de recuperación de IRI, en este caso la inversión alcanzó los ₡ 59,83 millones para una sección. Para una sección de 0,87 km, la inversión fue de ₡ 10,10 millones donde se presentó un deterioro a pesar de la inversión.

De los 253,55 km que se recomendaron para rehabilitaciones menores en el 2012, lograron mejorar 5 secciones de control equivalentes a 47,09 km, con una inversión realizada que alcanza los ₡ 2 868,48 millones y una inversión relativa de ₡ 50,92 millones/kilómetro. Adicionalmente 98,60 km pasaron a la ventana de Mantenimiento de Recuperación de IRI donde la inversión fue de ₡ 1 110,82 millones y la relación entre costo por kilómetro alcanzó los ₡ 11,27 millones/kilómetro, así mismo, 78,01 km mantuvieron una condición de Rehabilitación Menor y la inversión fue de ₡ 930,30 millones. Finalmente 29,87 km se deterioraron con respecto a la condición de rehabilitación menor luego de una inversión de ₡ 145,81 millones distribuidos en 9 secciones de control.

En relación con las labores de rehabilitación mayor recomendadas en la ERVN2012, y por el grado de deterioro de las rutas, era necesario un nivel de intervención mayor, el cual no está comprendido en las labores de normales de mantenimiento y conservación que realiza el CONAVI, con estos elementos en consideración se observa cómo un total de 4 secciones que abarcan 22,28 km recibieron inversión cercana a los ₡ 2 939,01 millones y posterior a esta inversión calificaron para Mantenimiento de Preservación, la inversión relativa que se registra es de ₡ 131,94 millones/kilómetro, lo cual equivale al mayor gasto por kilómetro. Este tipo de inversiones se consideran poco eficientes por la concentración de gran cantidad de recursos destinados para mantenimiento en la rehabilitación de pocos kilómetros de la red vial, a su vez las actividades permitidas en los contratos limitan las acciones disponibles para ejecutar labores de rehabilitación mayor. Para las restantes secciones, se llevaron a cabo inversiones por ₡ 473,76 millones, los cuales se distribuyeron en 61,41 km que presentaron una mejora parcial de su condición, donde debe analizarse el verdadero impacto de las 14 secciones de control. La condición de rehabilitación mayor se mantuvo constante para 5 secciones de control equivalentes a 23,09 km, mientras con una inversión relativa de ₡ 42,62 millones. Las restantes 3 secciones de control equivalentes a 9,65 km presentaron deterioro con una inversión de ₡ 83,06 millones.

Para las 57 secciones (237,34 km) que calificaron para reconstrucción en la ERVN2012, de los resultados se tiene que 35 secciones mantuvieron su condición de reconstrucción con una inversión relativa de ₡ 5,75 millones/kilómetro, las mejoras parciales se presentan en 24 secciones de control para 86,78 km con una inversión de ₡ 903,21 millones, el impacto real derivado de estas estrategias, debe analizarse en detalle para cada proyecto.

Tabla 25: Inversión en secciones sin Estrategia de Intervención en la ERVN2012

Estrategia Recomendada de Intervención ERVN2012	Estrategia Recomendada de Intervención 2014	Longitud (km)	Conteo de Secciones	Inversión (millones)	Inversión Total (millones)	Inversión Relativa (millones/km)
398,62 km Secciones no valoradas mediante estrategias en la ERVN2012	Mantenimiento Preservación	107,16	21	₡ 5 061,63	₡ 7 147,56	₡ 47,24
	Mantenimiento Recuperación IRI	252,79	54	₡ 2 017,22		₡ 7,98
	Rehabilitación Menor	7,64	4	₡ 24,73		₡ 3,24
	Rehabilitación Mayor	16,67	1	₡ -		₡ -
	Reconstrucción	14,37	3	₡ 43,98		₡ 3,06

En la Tabla 25 se muestran datos de la ERVN2014 que no poseen una estrategia general de intervención previa. De los 398,62 km equivalentes a 83 secciones de control, 21 secciones (107,16 km) califican como Mantenimiento de Preservación, la inversión asciende a ₡ 5 061,63 millones; 54 secciones (252,79 km) caen en la estrategia de Mantenimiento de Recuperación de IRI con una inversión

de ¢ 2 017,22 millones. En la ventana de Rehabilitación se contabilizan 5 secciones de control (24,31 km) recibieron una inversión de ¢ 24,73 millones. La presente evaluación valoró 14,37 km que no poseen un punto de comparación en la ERVN2012 pero que actualmente califican para Reconstrucción, estas secciones presentan inversiones de ¢ 43,98 millones.

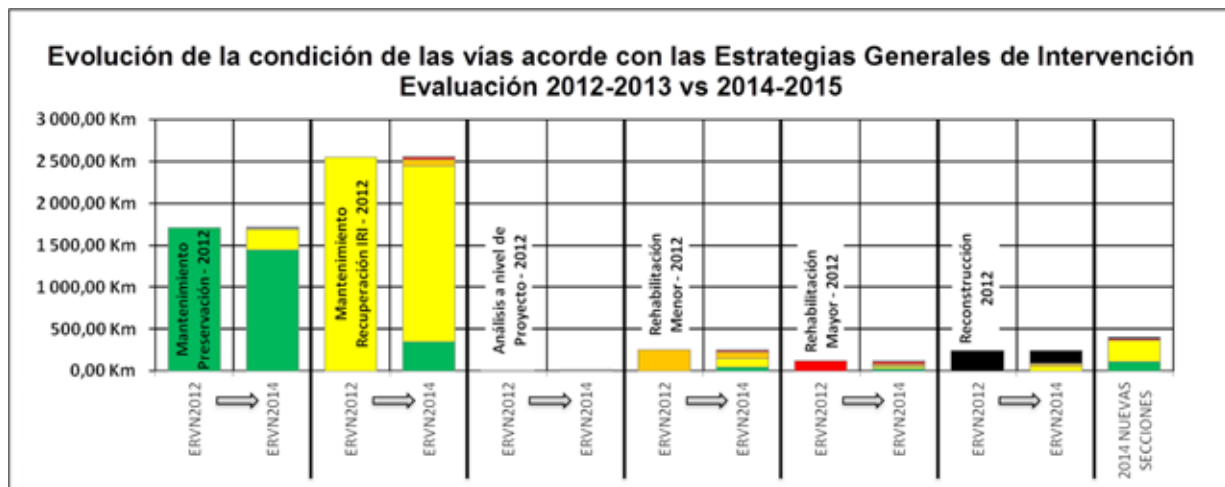


Figura 42. Evolución de las Vías de acuerdo con las Estrategias de Intervención Recomendadas, comparación entre la ERVN2012 y la ERVN2014

Empleando como referencia la Figura 42 que resume la evolución en la condición de las rutas, en forma conjunta con la Tabla 23, Tabla 24 y la Tabla 25 que resumen la inversión realizada, se puede observar que aunque la condición global de la Red Vial Nacional se mantiene prácticamente invariable desde la ERVN2012, los efectos de la inversión revelan deficiencias significativas en la gestión de la inversión y el mantenimiento de los activos viales.

3.7.2 Análisis del efecto de la inversión considerando las Estrategias de Intervención Recomendadas obtenidas en la ERVN2014 y la condición preliminar ERVN2012

El análisis desarrollado en el apartado 3.7.1 se basa en establecer la condición de las secciones evaluadas en el 2012 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 2014, este análisis permite establecer la inversión que se requirió para obtener condición actual de la red vial.

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

- **Mantiene la Condición:** Esta calificación solamente aplica para aquellas secciones que se encuentran en la ventana de “Mantenimiento de Preservación” y las inversiones realizadas mantienen esta condición en el tiempo.
- **Mejora:** Se considera una mejora a cualquier sección cuya inversión mejore los indicadores hasta calificar para la ventana de “Mantenimiento de Preservación”.
- **Mejora Parcial:** aplica para aquellas secciones cuya condición de mejora que no alcanzan el estándar de “Mantenimiento de Preservación”, por tanto se considera la mejora se considera parcial. 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 la Figura 43, Figura 44, Figura 45, Figura 46 y Figura 47. Este apartado muestra la nueva condición de las carreteras en la ERVN2014 y se verifica la inversión total empleada para obtener el estado actual de la Red Vial.

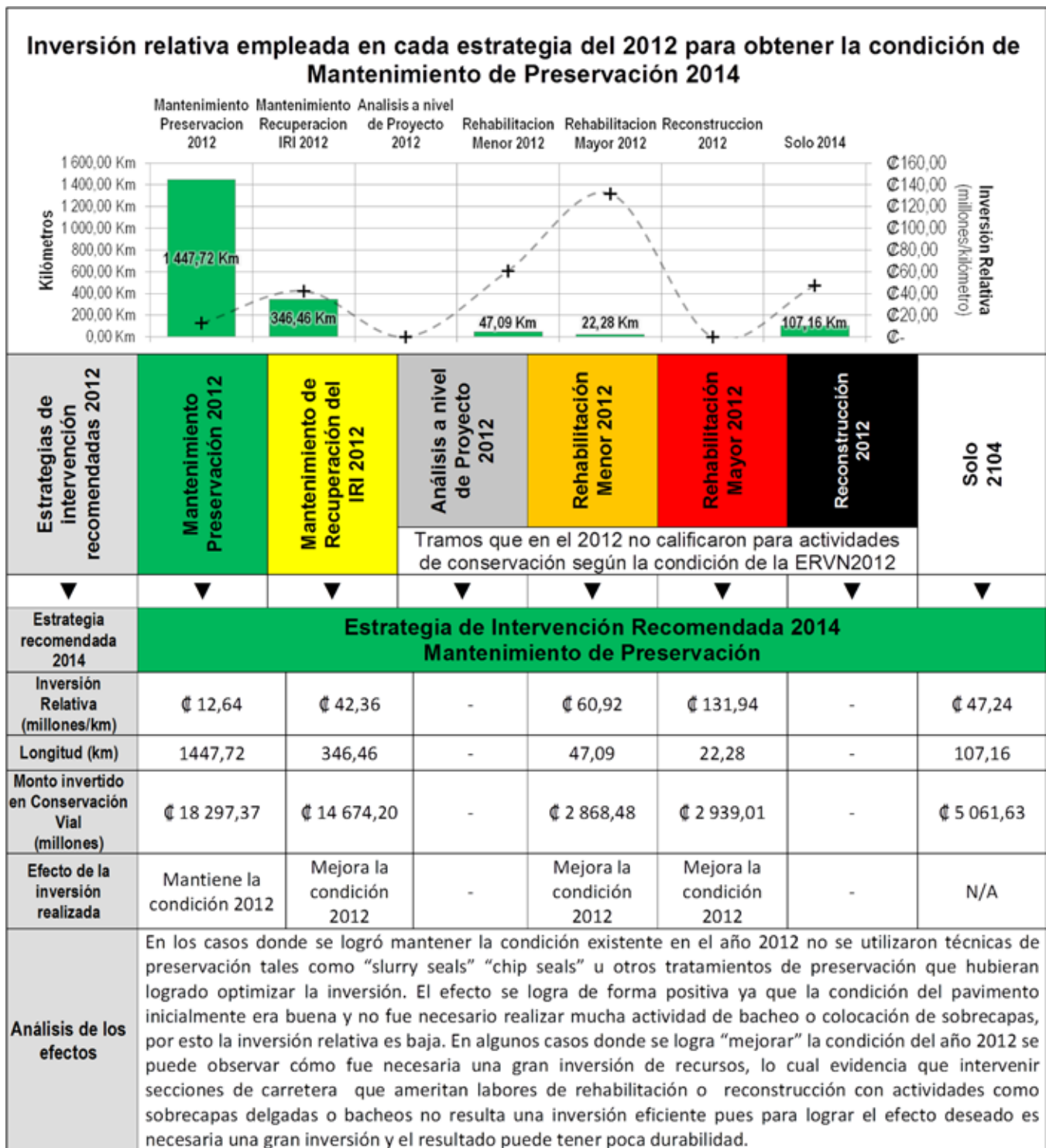


Figura 43. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Mantenimiento de Preservación 2014

Inversión relativa empleada en cada estrategia del 2012 para obtener la condición de Mantenimiento de Recuperación IRI 2014



Estrategias de intervención recomendadas 2012	Mantenimiento Preservación 2012	Mantenimiento de Recuperación del IRI 2012	Análisis a nivel de Proyecto 2012	Rehabilitación Menor 2012	Rehabilitación Mayor 2012	Reconstrucción 2012	Solo 2014
	Tramos que en el 2012 no calificaron para actividades de conservación según la condición de la ERVN2012						
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Estrategia recomendada 2014	Estrategia de Intervención Recomendada 2014 Mantenimiento de Recuperación del IRI						
Inversión Relativa (millones/km)	¢ 20,65	¢ 9,89	¢ 50,92	¢ 11,27	¢ 12,39	¢ 13,43	¢ 7,98
Longitud (km)	246,47	2103,23	1,18	98,60	27,13	53,32	252,79
Monto invertido en Conservación Vial (millones)	¢ 5 089,24	¢ 20 806,45	¢ 59,83	¢ 1 110,82	¢ 336,11	¢ 715,99	¢ 2 017,22
Efecto de la inversión realizada	Deterioro de la condición 2012	Mejora Parcial de la condición 2012	Mejora Parcial de la condición 2012	Mejora Parcial de la condición 2012	Mejora Parcial de la condición 2012	Mejora Parcial de la condición 2012	N/A
Análisis de los efectos	<p>En estos casos, de 2 782,72 km califican como “mantenimiento de recuperación de IRI” en el año 2014, de los cuales 252,79km (9,08%) no poseen un dato 2012 para comparar. Se considera que se presentó un deterioro en 246,47 km (8,86%) que vienen de una condición mejor en el año 2012, es decir, estas secciones han sufrido deterioro a pesar de la inversión realizada de ¢5 089,24 millones de colones. Para las restantes secciones equivalentes a 2 283,46 km se considera que las secciones han tenido una mejora parcial ya que no se lograron llevar a su condición óptima de “mantenimiento de preservación” y las inversiones mantienen la condición de “mantenimiento de recuperación de IRI” o evolucionan hasta esta ventana de operación. Nuevamente se evidencia que intervenir secciones de carretera que ameritan labores de rehabilitación o reconstrucción con actividades como sobrecapas delgadas o bacheos no resulta una inversión eficiente pues para lograr el efecto deseado es necesaria una gran inversión y el resultado puede tener poca durabilidad.</p>						

Figura 44. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Mantenimiento de Recuperación IRI 2014

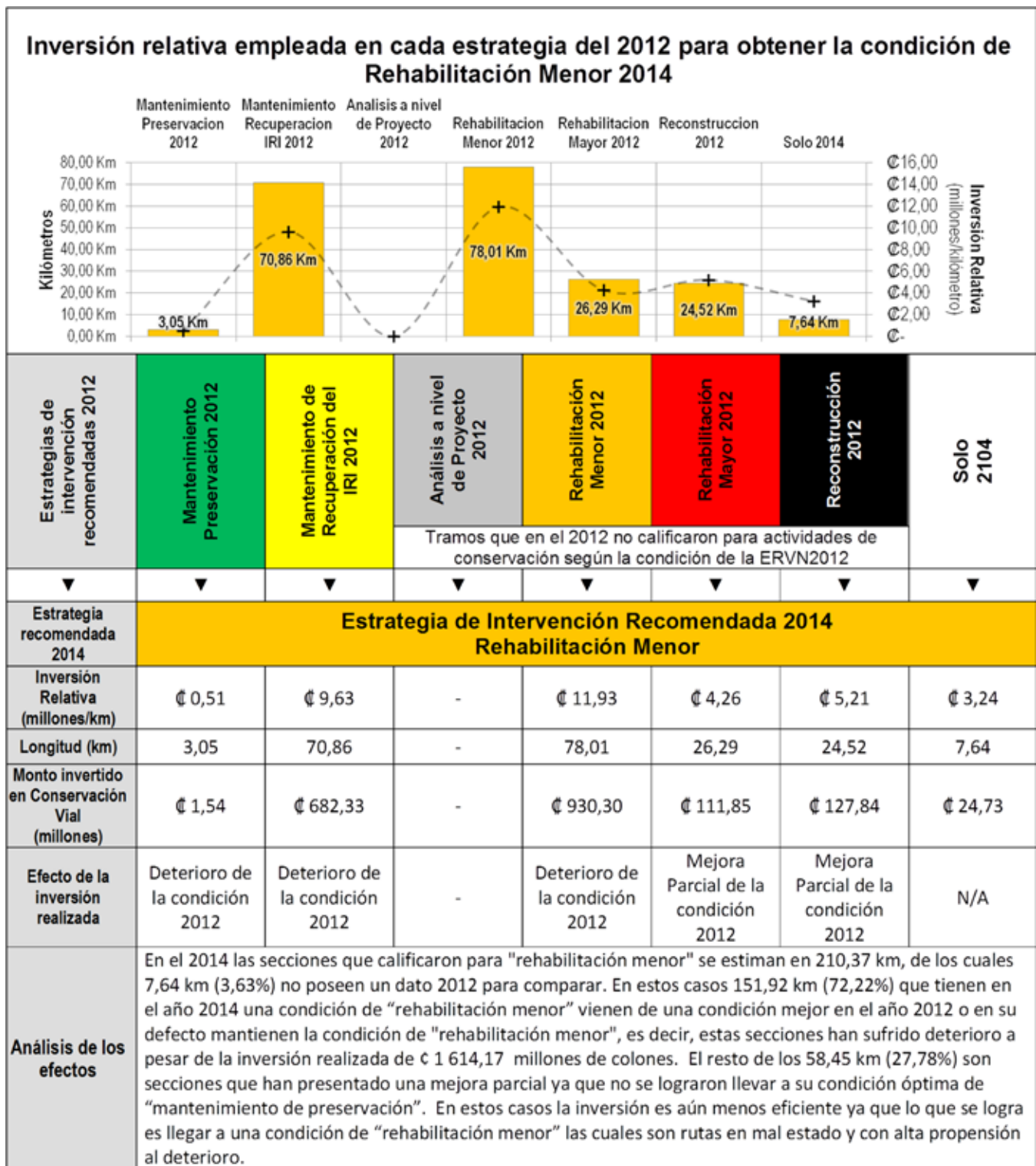
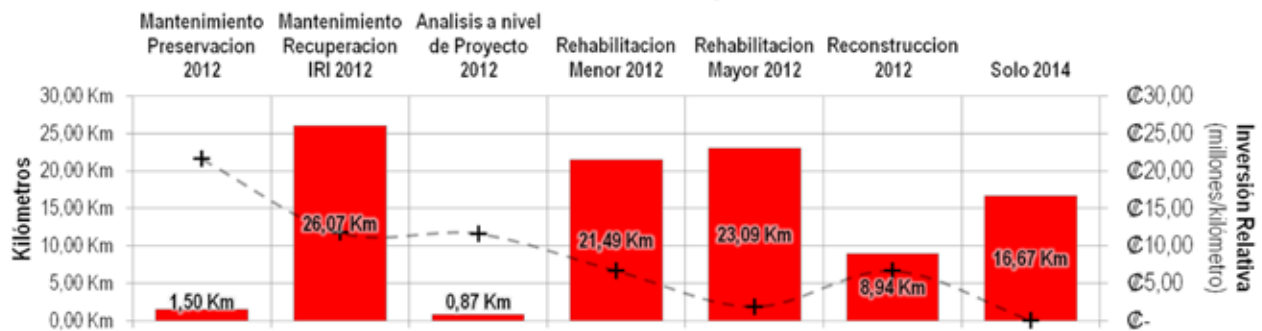


Figura 45. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Rehabilitación Menor 2014

Inversión relativa empleada en cada estrategia del 2012 para obtener la condición de Rehabilitación Mayor 2014



Estrategias de intervención recomendadas 2012	Mantenimiento Preservación 2012	Mantenimiento de Recuperación del IRI 2012	Análisis a nivel de Proyecto 2012	Rehabilitación Menor 2012	Rehabilitación Mayor 2012	Reconstrucción 2012	Secciones Nuevas
	Tramos que en el 2012 no calificaron para actividades de conservación según la condición de la ERVN2012						
Estrategia recomendada 2014	Estrategia de Intervención Recomendada 2014 Rehabilitación Mayor						
Inversión Relativa (millones/km)	€ 21,59	€ 11,72	€ 11,61	€ 6,64	€ 1,85	€ 6,65	€ 0,00
Longitud (km)	1,50	26,07	0,87	21,49	23,09	8,94	16,67
Monto invertido en Conservación Vial (millones)	€ 32,39	€ 305,57	€ 10,10	€ 142,64	€ 42,62	€ 59,38	€ 0,00
Efecto de la inversión realizada	Deterioro de la condición 2012	Deterioro de la condición 2012	Deterioro de la condición 2012	Deterioro de la condición 2012	Deterioro de la condición 2012	Mejora Parcial de la condición 2012	N/A
Análisis de los efectos	Para los 98,63 km que calificaron como "rehabilitación mayor" en el 2014, tenemos 16,67 km (16,905) que no poseen un dato 2012 para comparar. En estos casos 73,02 km (74,03%) son secciones que califican según los datos del año 2014 una condición de "rehabilitación mayor" y vienen de una condición de "rehabilitación mayor" o mejor en el año 2012, es decir, estas secciones han sufrido deterioro a pesar del monto invertido de € 533,32 millones de colones. Para 8,94 km (9,06%) se pasa de una condición de reconstrucción a "rehabilitación mayor" se considera una mejora parcial ya que no se logró llevar a su condición óptima de "mantenimiento de preservación". Este caso representa la condición más alarmante ya que lo que se logra es llegar a una condición de "rehabilitación mayor" que es una condición inaceptable para una ruta nacional y el gasto realizado es alto.						

Figura 46. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Rehabilitación Mayor 2014

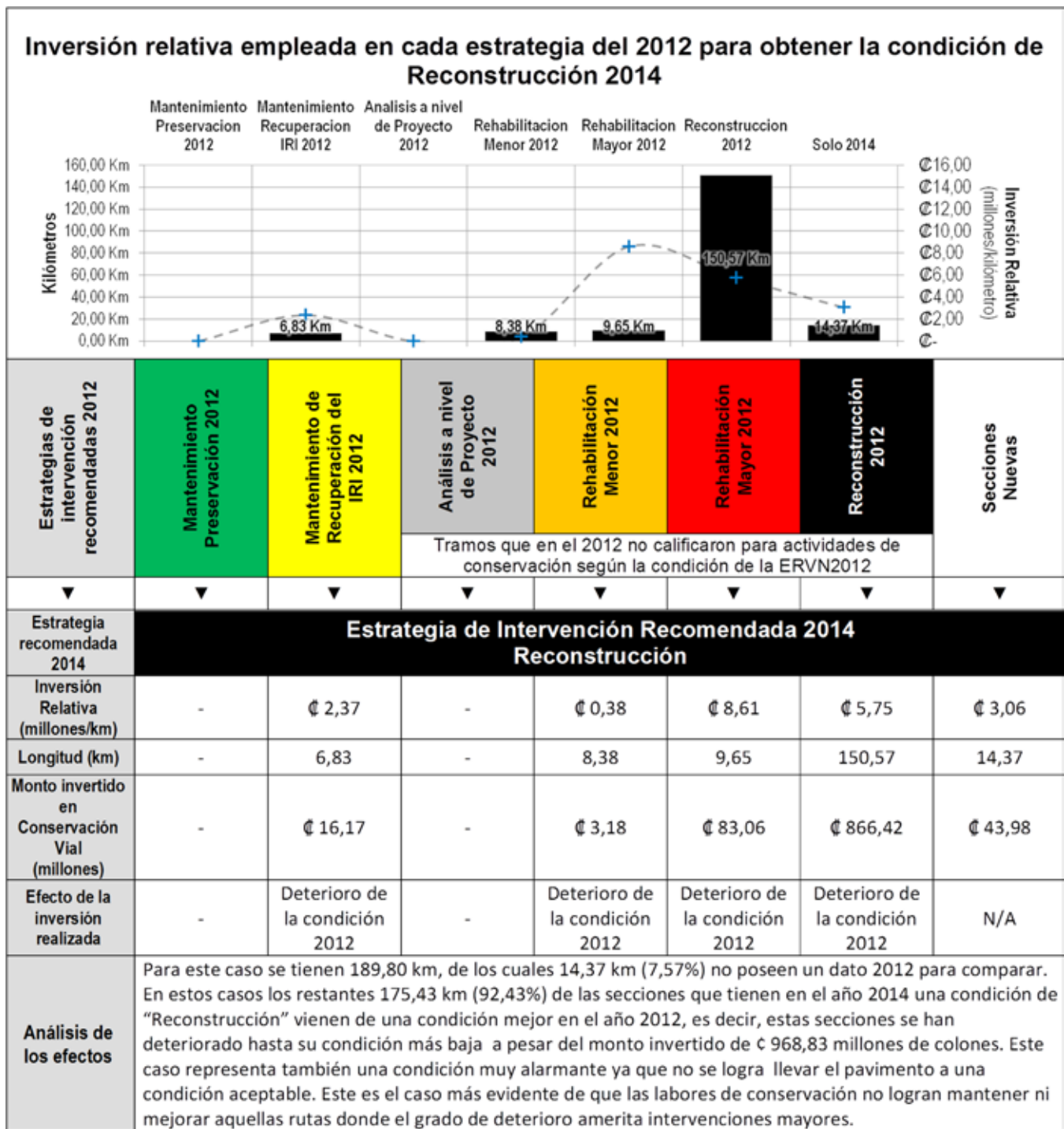


Figura 47. Análisis de la Inversión Relativa para las secciones control cuya Estrategia de Intervención Recomendada calificó como Reconstrucción 2014

El efecto de la inversión se considera que logra efectos positivos, en la Red Vial Nacional, si las acciones de conservación realizadas se emplean en secciones dentro de las ventanas de operación de Mantenimiento, por el contrario deben establecerse mecanismos que mejoren o controlen la inversión para los tramos que en la ERVN2012 no calificaron para actividades de mantenimiento, ya que las herramientas definidas en los contratos de conservación pueden incurrir en grandes inversiones relativa (millones de colones por kilómetro) o en su defecto generar mejoras con poca sostenibilidad en el tiempo. Para las secciones que sufrieron deterioro en su condición es evidente que la inversión no logra los efectos deseados de mejorar o mantener la condición, el resumen se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26: Resumen de la mejoría y la eficiencia en la inversión de la ERVN2014

ANALISIS DE MEJORA	Inversión que logra efectos positivos en la ERVN2014		Inversión que no logra los efectos deseados en la ERVN2014*		TOTALES (km)
	Longitud (km)	Inversión (miles de millones)	Longitud (km)	Inversión (miles de millones)	
MANTIENE LA CONDICION	1 447,73	₡ 18,30	-	₡ -	1 447,73
MEJORA LA CONDICION	346,46	₡ 14,67	69,36	₡ 5,81	415,82
MEJORA PARCIAL DE LA CONDICION	2 103,23	₡ 20,81	247,95	₡ 2,55	2 351,18
DETERIORO DE LA CONDICION	-	₡ -	655,39	₡ 8,77	655,39
Totales Generales	3 897,42 km	₡ 53,78	972,70 km	₡ 17,13	4 870,12

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

En la Tabla 26 se analizan 4 870,12 km de la Red Vial Nacional con una inversión estimada en ₡ 70 910,00 millones, de los cuales 972,70 km (19,97%) reciben una inversión equivalente a ₡ 17 130,00 millones (24,15 %) en los proyectos de conservación vial, en estas secciones no se logra los efectos deseados en cuanto a la recuperación de la Red Vial Nacional. Aunque se pueden observar algunas mejorías, éstas se logran en rutas donde la condición de deterioro ameritaba intervenciones mayores, tales como rehabilitaciones o reconstrucciones y que fueron intervenidas básicamente con actividades de conservación tales como sobrecapas delgadas o bacheos, lo cual implicó una enorme inversión. Dado que existen actividades mucho más eficientes para mantener y recuperar una red vial como la Red Vial Nacional, no se pueden considerar estas mejoras como una inversión óptima de los recursos, así mismo, las mejoras observadas se concentraron mayoritariamente en actividades que impactan solo la superficie del pavimento, por lo que existe una gran fragilidad de las rutas y una alta probabilidad que estas intervenciones no tengan la durabilidad deseada.

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 siguiente.

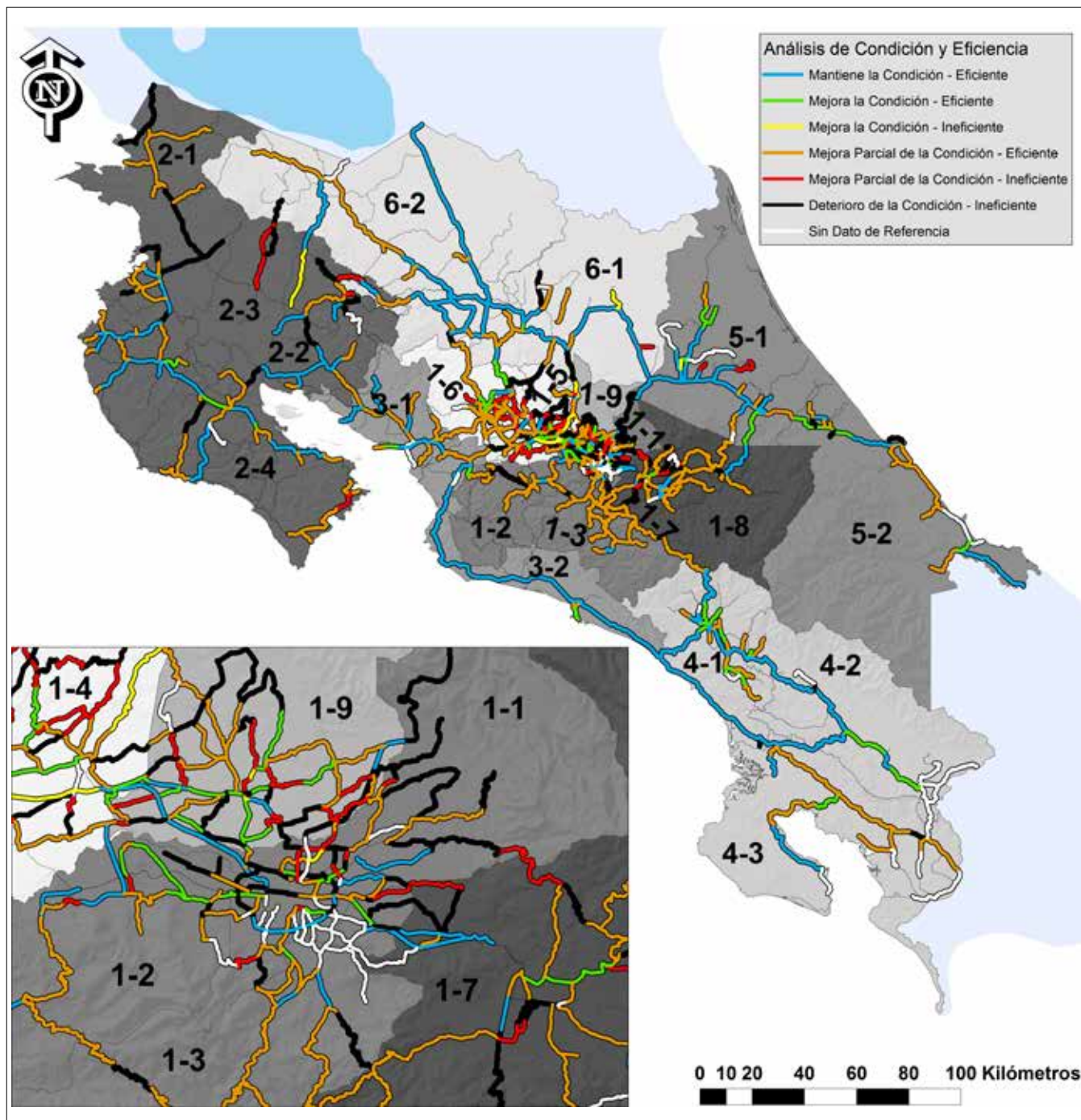


Figura 48. Mapa de análisis de condición y eficiencia basado en la evolución de las secciones de control con base en las estrategias recomendadas de intervención

A fin de establecer elementos de comparación relacionados con la inversión registrada para el presente informe, la Tabla 27 muestra los resultados de la mejoría y la eficiencia en la inversión de la ERVN2012, derivados del “Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada años 2012-2013” (LanammeUCR, 2013).

Tabla 27: Resumen de la mejoría y la eficiencia en la inversión de la ERVN2012

ANÁLISIS DE MEJORA	Inversión que logra efectos positivos en la ERVN2012		Inversión que no logra los efectos deseados en la ERVN2012*		TOTALES (km)
	Longitud (km)	Inversión (miles de millones)	Longitud (km)	Inversión (miles de millones)	
MANTIENE LA CONDICION	1 358,60	€ 13,8	-	-	1 358,6
MEJORA LA CONDICION	185,80	€ 10,3	53,2	€ 1,9	239,0
MEJORA PARCIAL DE LA CONDICION	2 019,30	€ 21,6	310,1	€ 3,3	2 329,4
DETERIORO DE LA CONDICION	-	-	667,1	€ 7,2	667,1
Totales Generales	3 563,70 km	€ 45,7	1 030,4 km	€ 12,4	4 594,2

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

3.8 MODELOS DE DETERIORO

Dentro del desarrollo de herramientas de gestión, los modelos de deterioro para predecir el desempeño del pavimento es un elemento esencial de la infraestructura del transporte. A nivel de red, la predicción del desempeño de pavimentos es esencial para la asignación de recursos de forma racional. A nivel de Red, la predicción del desempeño de pavimentos se requiere planear las actividades y priorización de proyectos, mientras que a nivel de proyectos ésta información se emplea para el establecimiento y designación de las acciones correctivas necesarias como el manteniendo y rehabilitación. Dentro de las técnicas disponibles para establecer los modelos de deterioro se encuentran: extrapolación lineal, regresión (empírico), mecanicista-empírico, distribución probabilística y markoviano (Solminihaç, 1998). El nivel de detalle de los modelos se define en función de los resultados y su uso.

Para establecer los modelos de deterioro, se debe partir de los métodos empíricos de diseño de pavimentos, derivados de pistas de ensayo. El "Interim Guide for the Design of Rigid and Flexible Pavement" (AASHO, 1961), donde se destaca el registro de deterioro de las estructuras, empleados para establecer algunos de los conceptos básicos de serviciabilidad. A partir del "AASHTO Guide for Design of Pavement Structures" (AASHTO, 1993), se introdujo el concepto de serviciabilidad en el diseño de pavimentos como *una medida de su capacidad para brindar una superficie de ruedo poco rugosa y comfortable al usuario*.

El concepto de serviciabilidad está basado en cinco aspectos fundamentales como sigue (Dujisin & Arroyo, 1995):

1. Las carreteras están hechas para el confort y conveniencia del usuario.
2. El confort, o calidad de la transitabilidad, es materia de una respuesta subjetiva de la opinión del usuario.
3. La serviciabilidad puede ser expresada por medio de la calificación hecha por los usuarios de la carretera y se denomina la calificación de la serviciabilidad (PSR).
4. Existen características físicas de un pavimento que pueden ser medidas objetivamente y que pueden relacionarse a las evaluaciones subjetivas. Este procedimiento produce un índice de serviciabilidad objetivo.
5. El comportamiento puede representarse por la historia de la serviciabilidad del pavimento.

Inicialmente la Clasificación de Serviciabilidad Presente (PSR, por sus siglas en inglés), generada por la AASHTO, se basa en una relación entre la opinión de los conductores, que al transitar tramos de las pistas de ensayo emplearon una escala de calificación del 1 al 5, donde 1 representa una condición muy mala y 5 una condición excelente. El registro de estos datos y su posterior análisis mediante correlaciones matemáticas, da origen al Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual es una combinación matemática de valores obtenidos de las evaluaciones de campo, para predecir el PSR de los pavimentos.

En el presente apartado se tomarán en consideración dos tipos de modelo de deterioro, el primero consiste en un análisis a nivel de red empleando el proceso de la cadena de Márkov con predicciones del PSI para el año 2020, el segundo modelo se basa en un análisis de regresión basado en datos de PSI por sección de control, con el cual se estima la predicción de valores para las secciones de control con PSI mayores a 3, extrapolando los resultados en algunas secciones hasta el 2018.

Para homogenizar los resultados de los distintos modelos de deterioro, se emplearan los valores del Índice de Serviciabilidad Presente desarrollados en Costa Rica, en adelante PSI_{CR} , derivado del informe de investigación LM-PI-UMP-010-R1 “Calibración del Modelo de Serviciabilidad de Pavimentos Flexibles de AASHTO para Costa Rica” desarrollado por la Unidad de Materiales y Pavimentos del LanammeUCR, el cual se orientó principalmente en determinar la relación entre los parámetros subjetivos (percepción humana) de serviciabilidad de un pavimento y los parámetros objetivos (IRI), para Costa Rica, utilizando la metodología aplicada por el AASHTO.

Tabla 28: Modelo 1 para el cálculo del PSI_{CR} . (LanammeUCR, 2013)

Modelo	Rango de Aplicación (Valores de IRI)
$PSI_{CR} = 0,015 * IRI^2 - 0,470 * IRI + 4,989$	0 - 10 [m/km]

Considerado que el modelo se desarrolló para valores de IRI de 1 a 9 m/km y utilizando la zona de tendencia lineal es que se define el rango de aplicación, según lo establecido en la Tabla 28, por tanto el uso de las ecuaciones para valores de IRI mayores a 10 no es aconsejable ya que las ecuaciones se indefinen a partir de este punto.

3.8.1 Modelos de deterioro enfoque probabilístico, Cadenas de Markov- Nivel de Red

En el estudio denominado “Enfoque probabilístico del modelo de desempeño de pavimento para la Red Vial Primaria de Costa Rica basado en el IRI” (Porrás Alvarado, y otros, 2014), se utilizó el proceso de las cadenas de Márkov para determinar matrices de transición de probabilidades o “TPMs” por sus siglas en inglés, que son las herramientas empleadas para evaluar la condición y predecir el desempeño del pavimento dentro del modelo planteado.

El modelo de predicción de Márkov es un proceso estocástico regido por tres restricciones. La primera restricción es que el proceso es discreto en el tiempo. La segunda es que debe tener estados espaciales contables o finitos. La tercera restricción es que debe satisfacer la propiedad de Márkov. La propiedad de Márkov se cumple si el estado futuro del proceso depende del estado presente, pero no en sus estados pasados. En el campo de pavimentos, la propiedad de Márkov satisface si la condición futura de la red es dependiente de la condición presente de la red y no de su condición pasada (Porrás Alvarado, y otros, 2014). El proceso de análisis y la metodología empleada se describe en la Figura 49.

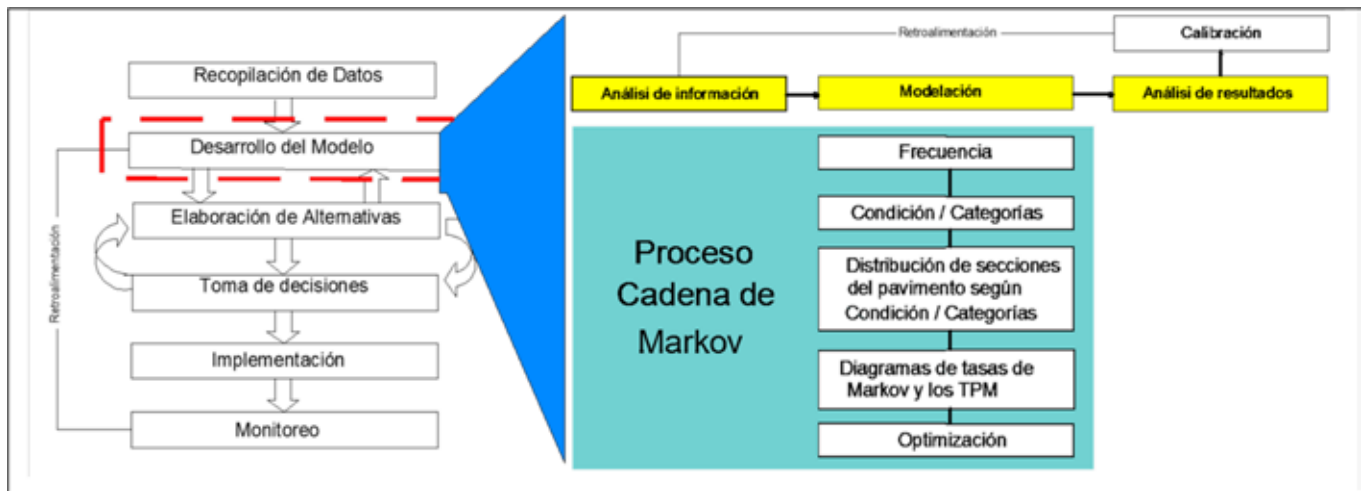


Figura 49. Metodología empleada para elaboración del modelo probabilístico de deterioro. (Porras Alvarado, y otros, 2014)

Del documento de modelos de deterioro probabilístico combinado con el modelo de PSR_{CR} se tienen los rangos de condición de pavimento mostrados en la Tabla 29.

Tabla 29: Rangos de Condición del Pavimento en función del PSI_{CR} *

Código	Condición del Pavimento	PSI_{CR}
1	Buena	5,00 – 3,70
2	Regular	3,70 – 3,20
3	Malo	3,20 – 2,60
4	Muy Malo	Menor a 2,60

* Adaptado (Porras Alvarado, y otros, 2014)

3.8.1.1 Predicciones probabilísticas 2020 para la Red Vial de Costa Rica

En la Tabla 30 se muestra la condición de la Red Vial Nacional, acorde con los datos recopilados en las evaluaciones realizadas por el LanammeUCR, empleados como referencia para el desarrollo de las cadenas de Markov.

Tabla 30: Condición inicial de la Red Vial Nacional basados en los rangos del PSI_{CR} *

Año	Condición PSI_{CR} (%)				Cantidad de Secciones	Longitud de la Red (km)
	Buena	Regular	Malo	Muy Malo		
2004	30,85	27,69	27,58	13,88	539	3460
2006	26,42	29,99	25,06	18,53	780	4365
2008	27,72	32,36	23,50	16,41	780	4365
2010	22,06	35,21	22,96	19,77	780	4365

* Adaptado (Porras Alvarado, y otros, 2014)

Las matrices de transición generadas en el documento emplean los datos de los años 2004 y 2006 para definir las matrices iniciales, las cuales pasaron por un proceso de optimización para reducir el error entre la distribución real de la Red Vial y la distribución calculada empleando las matrices iniciales. Las matrices finales generadas se emplean para analizar 4 escenarios de evolución de la red. Basándose en las matrices de transición de probabilidades calculadas, se estimaron las condiciones previstas para la red vial nacional del año 2020.

Para el cálculo de las matrices de transición se plantea la probabilidad de acciones de deterioro, mejora (basada en acciones de mantenimiento o rehabilitación) y en todos los casos se analiza la probabilidad de que la condición inicial se mantenga invariante. En el estudio se plantean 4 escenarios:

- Escenario 1: No se plantean acciones de mantenimiento o rehabilitación y se combinan las probabilidades de que la red vial mantenga las condiciones iniciales en conjunto con la probabilidad de que el deterioro que se presente sea aleatorio.
- Escenario 2: No se plantean acciones de mantenimiento o rehabilitación y se combinan las probabilidades de que la red vial mantenga las condiciones iniciales en conjunto con la probabilidad de que el deterioro que se presente sea escalonado, cada condición existente solo puede decaer un nivel.
- Escenario 3: Se plantean las probabilidades de implementar acciones de mantenimiento o rehabilitación aleatorias donde la condición de mejora puede ser parcial u optima, se combinan las probabilidades de que la red vial mantenga las condiciones iniciales en conjunto con la probabilidad de que el deterioro que se presente sea aleatorio.
- Escenario 4: Se plantean las probabilidades de implementar acciones de mantenimiento o rehabilitación donde la condición de mejora siempre es optima, se combina con las probabilidades de que la red vial mantenga las condiciones iniciales y la probabilidad de deterioro se delimita al caso escalonado, donde cada condición existente solo puede decaer un nivel.

Los resultados de los 4 escenarios de predicción de la condición del pavimento para el año 2020 se presentan en la Figura 50, Figura 51, Figura 52 y Figura 53 derivados del informe “Enfoque probabilístico del modelo de desempeño de pavimento para la Red Vial Primaria de Costa Rica basado en el IRI” (Porrás Alvarado, y otros, 2014).

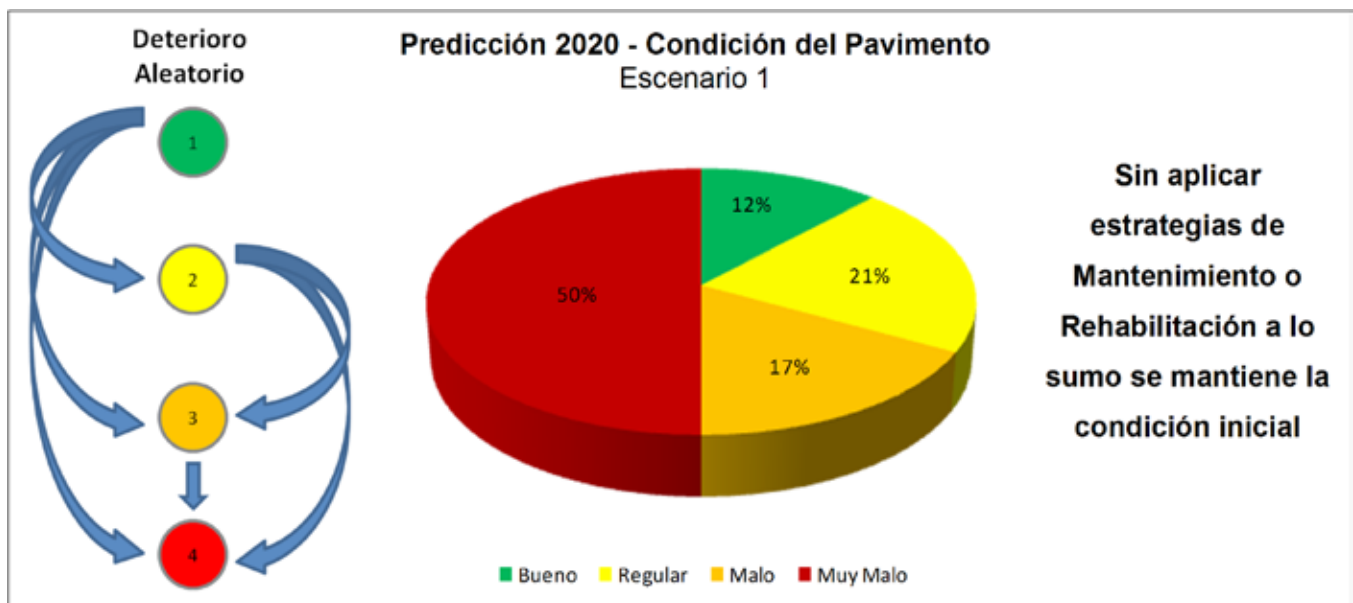


Figura 50. Escenario 1: probabilidad de mantener la condición, deterioro aleatorio y sin mejora (Porrás Alvarado, y otros, 2014)

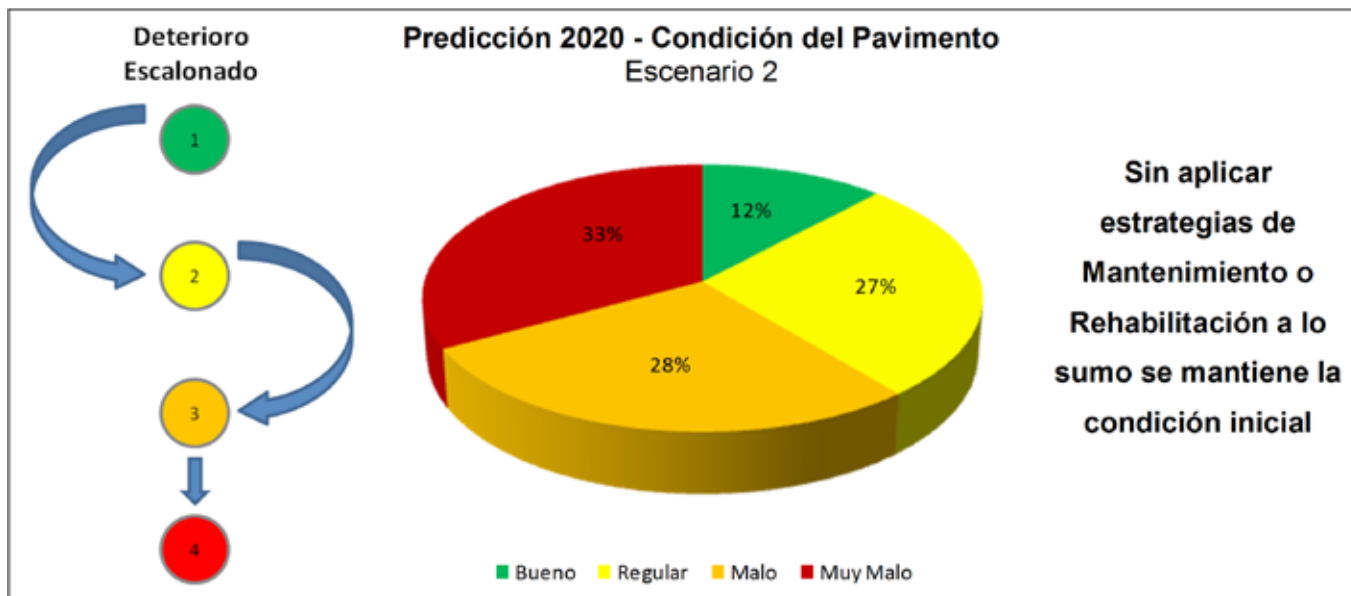


Figura 51. Escenario 2: probabilidad de mantener la condición, deterioro escalonado y sin mejora (Porras Alvarado, y otros, 2014)

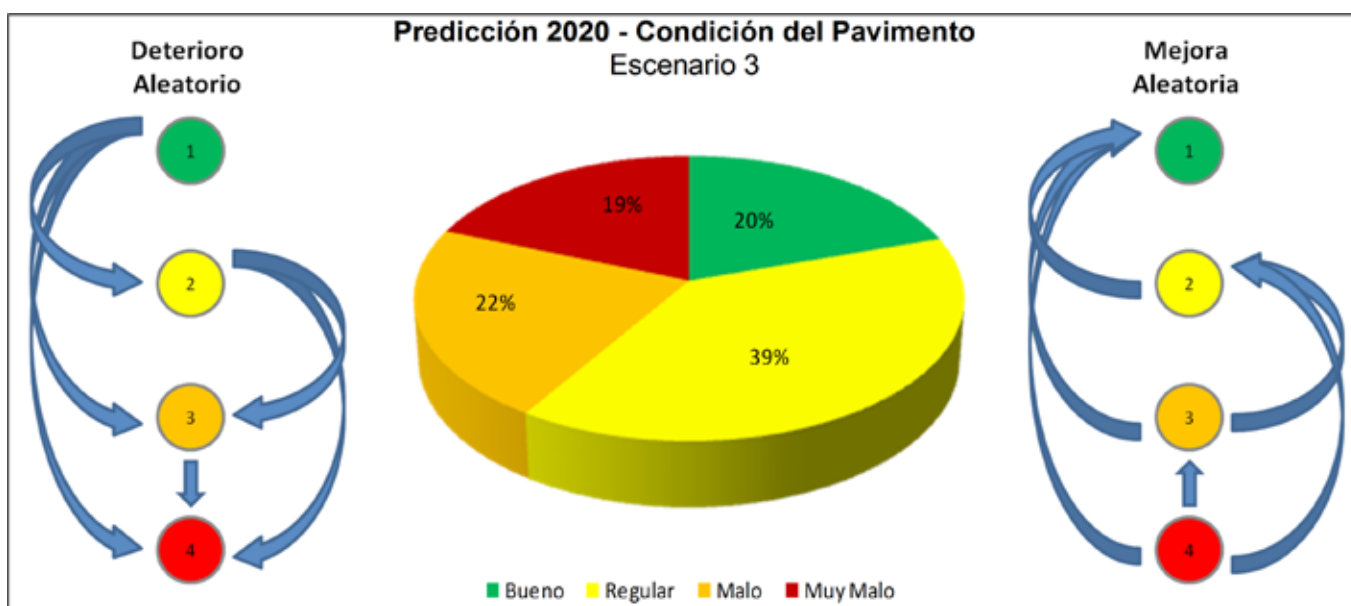


Figura 52. Escenario 3: probabilidad de mantener la condición, deterioro aleatorio y mejora aleatoria (Porras Alvarado, y otros, 2014)

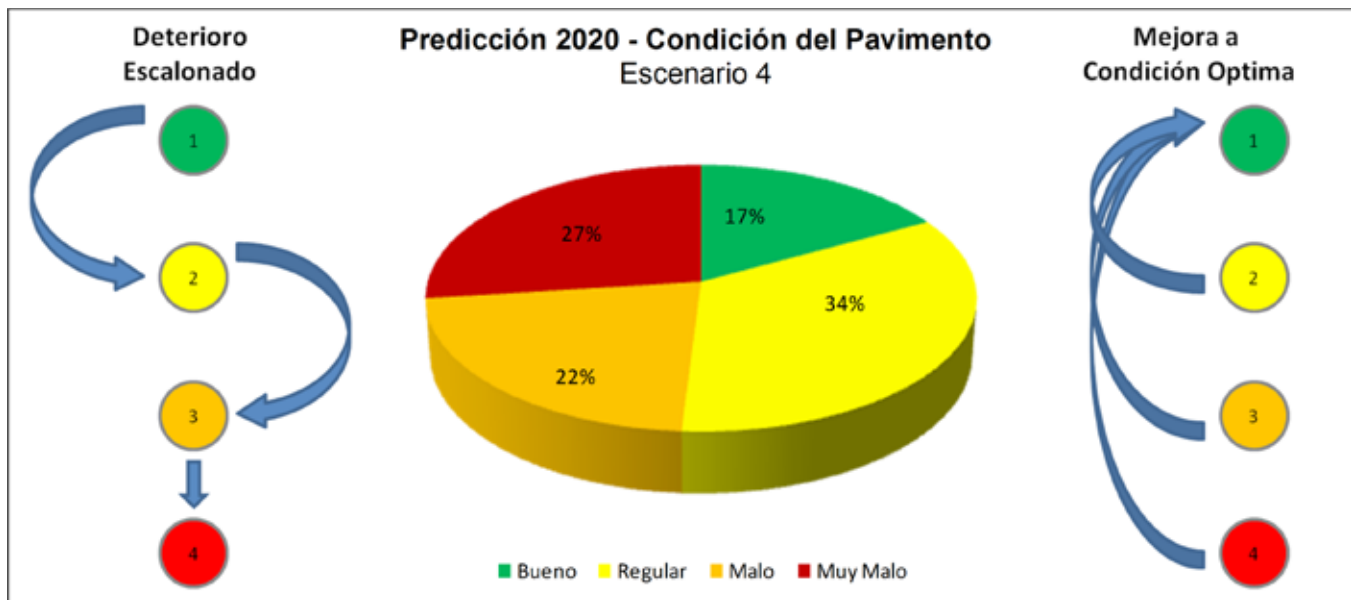


Figura 53. Escenario 4: probabilidad de mantener la condición, deterioro aleatorio y mejora solo a condición óptima (Porrás Alvarado, y otros, 2014)

Para los dos escenarios analizados sin reparación, se observa que los resultados para el año 2020 en las categorías de Bueno equivalen a un 12%, la categoría de Regular se encuentran dentro de un rango aproximado entre 21% - 27% generando una distribución similar. Las diferencias, entre el escenario 1 y el escenario 2, se presentan en la distribución de las categorías con un PSI_{CR} por debajo de 3,2. El escenario 1 acumula un 50% de kilómetros de la Red Vial en la condición Muy Malo, mientras que el escenario 2 alcanza 33%.

Los escenarios 3 y 4 muestran la importancia de considerar programas de mantenimiento y rehabilitación estos permiten frenar en cierta medida el deterioro de la condición, mientras que en los escenarios 1 y 2 la condiciones Malas y Muy Malas acumulan entre 67% - 61%, al implementarse las estrategias de mantenimiento el nuevo rango para las condiciones Malas y Muy Malas es de 41% - 49%, se logra reducir casi un 10%.

De los escenarios planteados el informe “Enfoque probabilístico del modelo de desempeño de pavimento para la Red Vial Primaria de Costa Rica basado en el IRI” (Porrás Alvarado, y otros, 2014), el autor considera que el **escenario 3**, representa las condiciones probabilísticas que describen las políticas de mantenimiento y rehabilitación empleadas para atender la Red Vial Nacional. Más aún, el sistema derivado del escenario 3 tiene un comportamiento similar a la condición de equilibrio dinámico, lo cual indica que el actual presupuesto para preservación y las políticas de mantenimiento empleadas, mantendrán el sistema en condiciones similares a las actuales en los siguientes años. La Tabla 31 muestra los datos base del año 2010 y los compara con un escenario probabilístico para el año 2020.

Tabla 31: Comparación entre la condición del PCI_{CR} en el 2010 y la condición del 2020-escenario 3

Año	Condición PSI_{CR} (%)			
	Buena	Regular	Malo	Muy Malo
2010	22,06	35,21	22,96	19,77
2020	20,33	39,56	21,73	18,38
Diferencias	1,73	-4,35	1,23	1,39

3.8.2 Modelos de deterioro para Secciones de Control - Nivel de Proyecto

Para el desarrollo del modelo de deterioro a nivel de proyecto, se usó el método de regresión (empírico). Para el desarrollo del modelo se recopiló datos históricos de IRI para cada una de las secciones de control de la red vial, los datos se caracterizan estadísticamente, verificando la distribución de los datos, empleando las siguientes variables:

- N: número de datos usados de todos los disponibles.
- Desviación estándar: mide el grado de dispersión de los datos con respecto al promedio de estos.
- Curtosis: explica donde se encuentra la mayor concentración de datos, ya sea en valores extremos, valores medios o valores alejados.
- Promedio: el valor característico de la serie de datos.
- Intervalo de confianza 95%: rango de valores donde se estima el valor característico.
- PSICR: Dato derivado del modelo de PSI en función del valor de IRI (Tabla 29).

El análisis de los datos de IRI por sección de control, permite establecer al promedio de IRI (valor característico) y las variables estadísticas para cada año de evaluación, con esta información se procede a calcular los valores de PSI_{CR} (Tabla 29) para cada sección, empleando los datos disponibles de las evaluaciones del 2004, 2006, 2008, 2010, 2012 y los datos 2014 del presente documento. La tendencia natural del comportamiento de los pavimentos en el tiempo se puede expresar en función del PSI, tal como se muestra en la Figura 54.

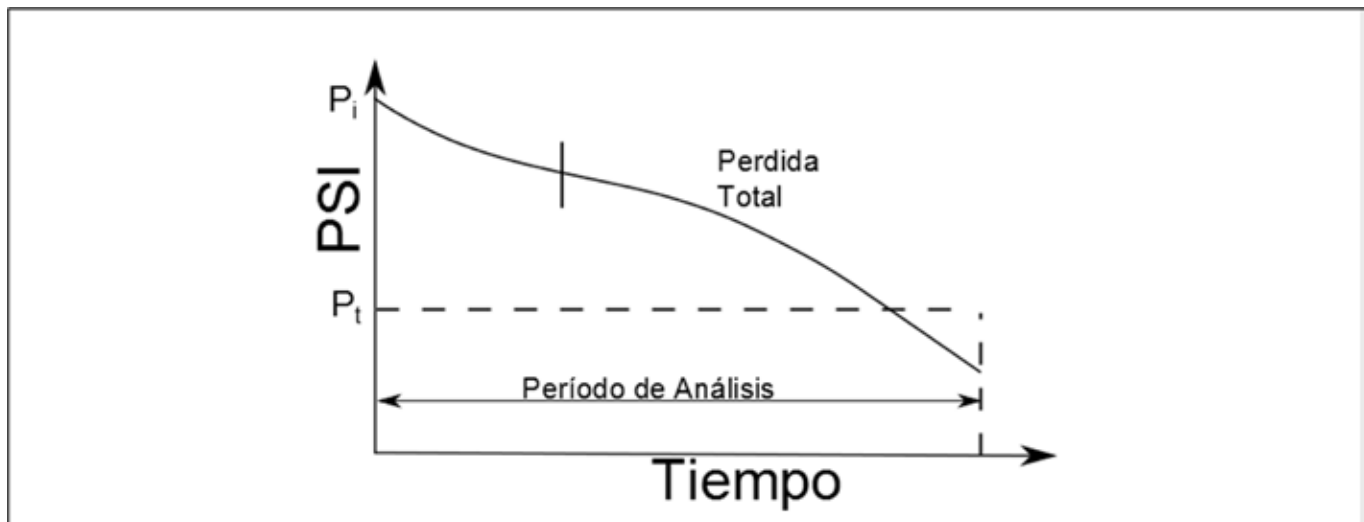


Figura 54. Tendencia en el comportamiento de los pavimentos (AASHTO, 1993)

Para analizar los datos de PSI_{CR} , se utilizan aquellos años que en forma consecutiva presenten una tendencia al descenso, esto porque como el nombre lo indica son “Modelos de Deterioro” y se busca un comportamiento que logre describir la serviciabilidad del pavimento tanto en años anteriores como una posible proyección a años posteriores. Los modelos que se obtienen de este proceso de análisis equivalen a una envolvente de deterioro, ya que las secciones en análisis pueden recibir actividades de mantenimiento y presentar una curva de deterioro desacelerado.

El proceso de análisis emplea como base una ecuación cuadrática, donde se delimita el rango de los valores de PSI (eje de las ordenadas) entre 5 y 0. En el eje de las abscisas se define el año como unidad temporal. El primer análisis consiste en ajustar los valores del eje X para determinar un año que sea equivalente al año 0 del proyecto en el cual se tiene un valor de PSI de referencia y los valores de

PSI calculados para cada año de evaluación se ajustan hasta encontrar una curva que ajuste los datos reales, el análisis esquemático se plantea en la Figura 55.

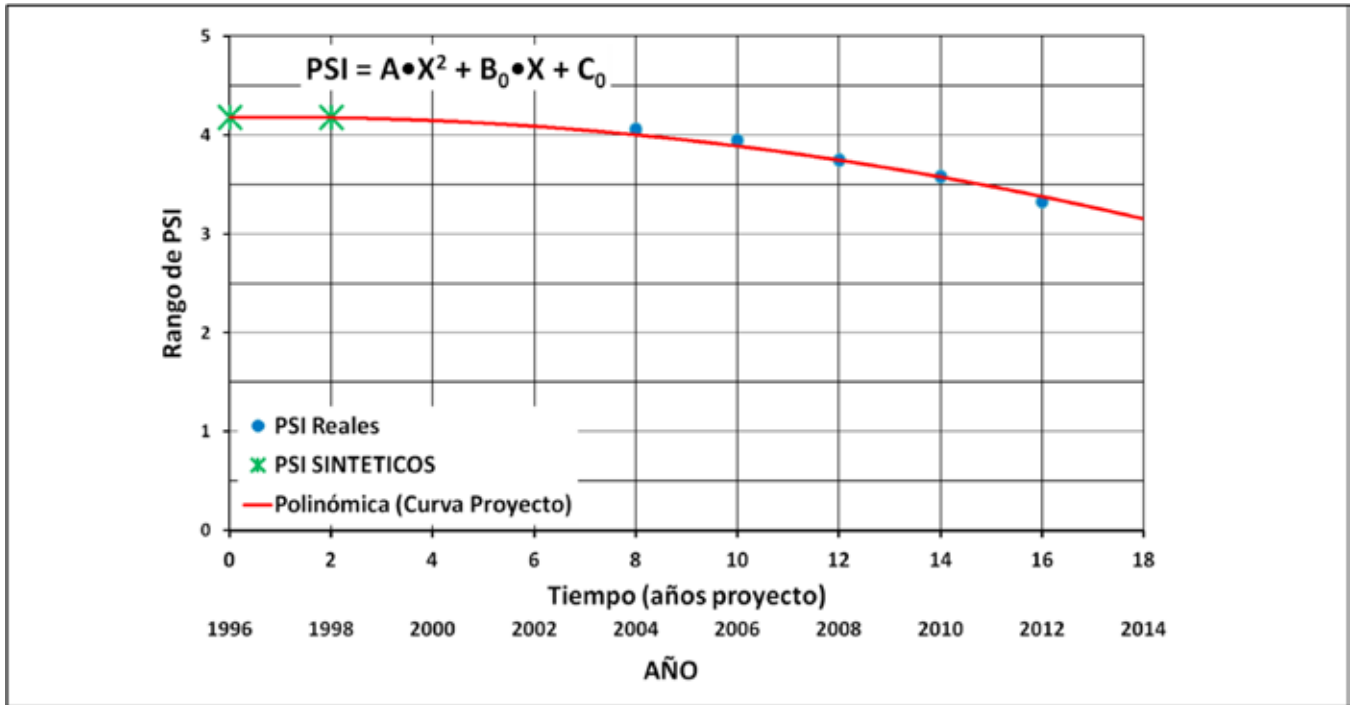


Figura 55. Análisis de datos de PSI en función de años de proyecto - LanammeUCR

Como se puede observar en la Figura 55, la curva de PSI se encuentra en función del período de análisis denominado “años de proyecto”, para generar el modelo de deterioro final la curva de mejor ajuste se modifica la escala temporal para que el eje de las abscisas corresponda con los años reales, esto se logra mediante una traslación en el eje. La traslación modifica los coeficientes B y C de la ecuación cuadrática y se mantiene constante el coeficiente A, se ejemplifica el proceso en la Figura 56.

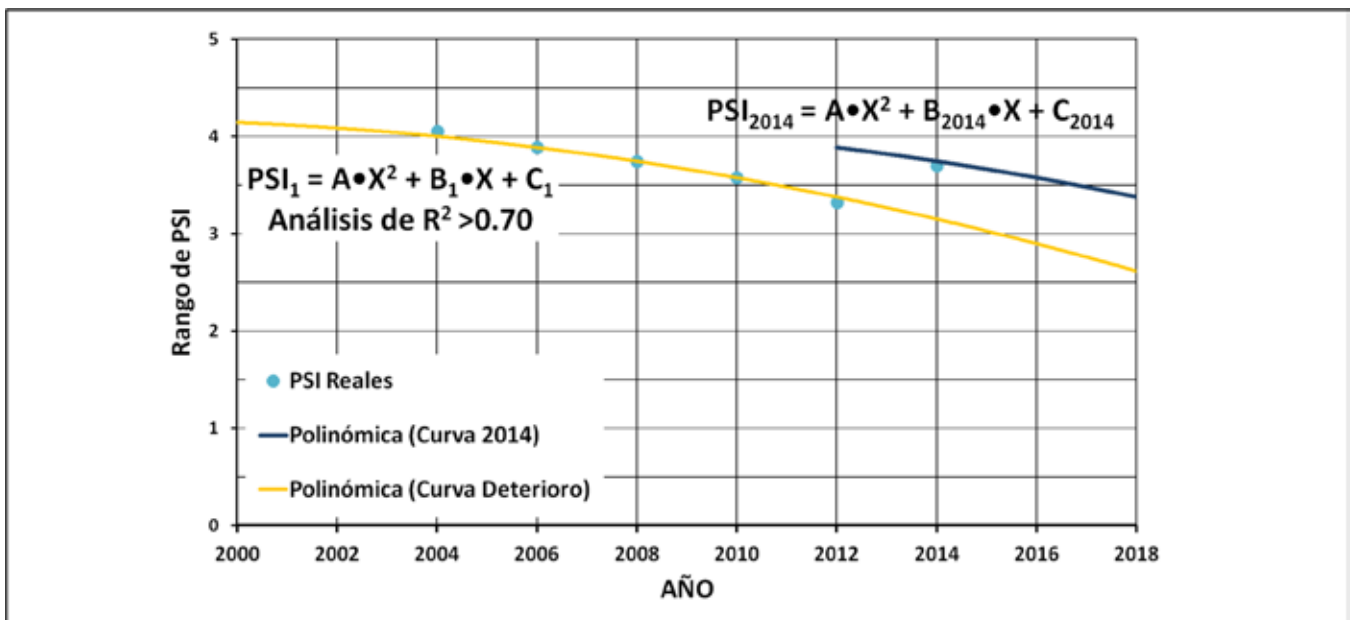


Figura 56. Análisis de datos de PSI en función de años reales - LanammeUCR

Para la ecuación que describe la Figura 56 debe calcular el coeficiente de correlación ó R^2 para los datos de PSI empleado en el modelo de deterioro, en este análisis se excluyen los valores sintéticos mostrados en la Figura 55. El análisis se encarga de comparar el valor real de PSI con el PSI teórico. En la Tabla 32 se muestran las ecuaciones para el cálculo de R^2 .

Tabla 32: Ecuaciones para el cálculo del coeficiente de correlación R^2

Ecuación	Descripción
$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST}$	R^2 : Coeficiente de correlación.
$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$	SSE: Suma cuadrática de los errores, empleado en el análisis de varianza.
$SST = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)^2}{n}$	SST: Suma total de los cuadrados corregida. Representa la variación en los valores de respuesta que idealmente serian explicados con el modelo.

Los valores teóricos obtenidos del análisis están representados por (\hat{y}_i) , por su parte los valores reales, derivados de los datos, están representados por y_i y n el numero de datos usados para determinar la curva. La ecuación final PSI_{2014} se obtiene al analizar el valor de PSI_{CR} calculado con el promedio de IRI y verificando si la curva desarrollada predijo el deterioro del año 2014 o en su defecto ante una intervención que mejora la condición de IRI del año 2014 se procede a trasladar las curva de deterioro en el eje de las abscisas a fin de generar una curva que se emplee para modelar el deterioro a partir de la nueva condición en la Figura 56 se define el modelo de deterioro para las secciones de control evaluadas en el 2014 de la siguiente manera.

Tabla 33: Formula General de los Modelos de Deterioro 2014

Modelo	Rango de Aplicación (X = Año)	Secciones de Control Modelables
$PSI_{2014} = A * X^2 + B_{2014} * X + C_{2014}$	2014 - 2018	$PSI_{CR} > 3,2 *$

* Límite inferior de la Condición Regular del Pavimento según la Tabla 29

Tal como se indica en la Tabla 33, los modelos de deterioro de la ERVN2014 se desarrollarán para las secciones de control a nivel de proyecto cuyo valor de PSI_{CR} sea superior a 3,2. Los coeficientes “A”, “ B_{2014} ” y “ C_{2014} ” que se obtienen del análisis, se incorporarán como parte de la base de datos de las secciones de control.

En la Figura 57 se muestra un resumen del análisis y tipos de resultados que se pueden obtener de la generación de Modelos de Deterioro en función del PSI_{CR} , para las secciones de control, la ecuación cuadrática característica de un tramo evaluado permite explicar el comportamiento del deterioro de un pavimento en años anteriores (representado con la curva punteada azul), así como la proyección de lo que se espera en años posteriores (curva verde).

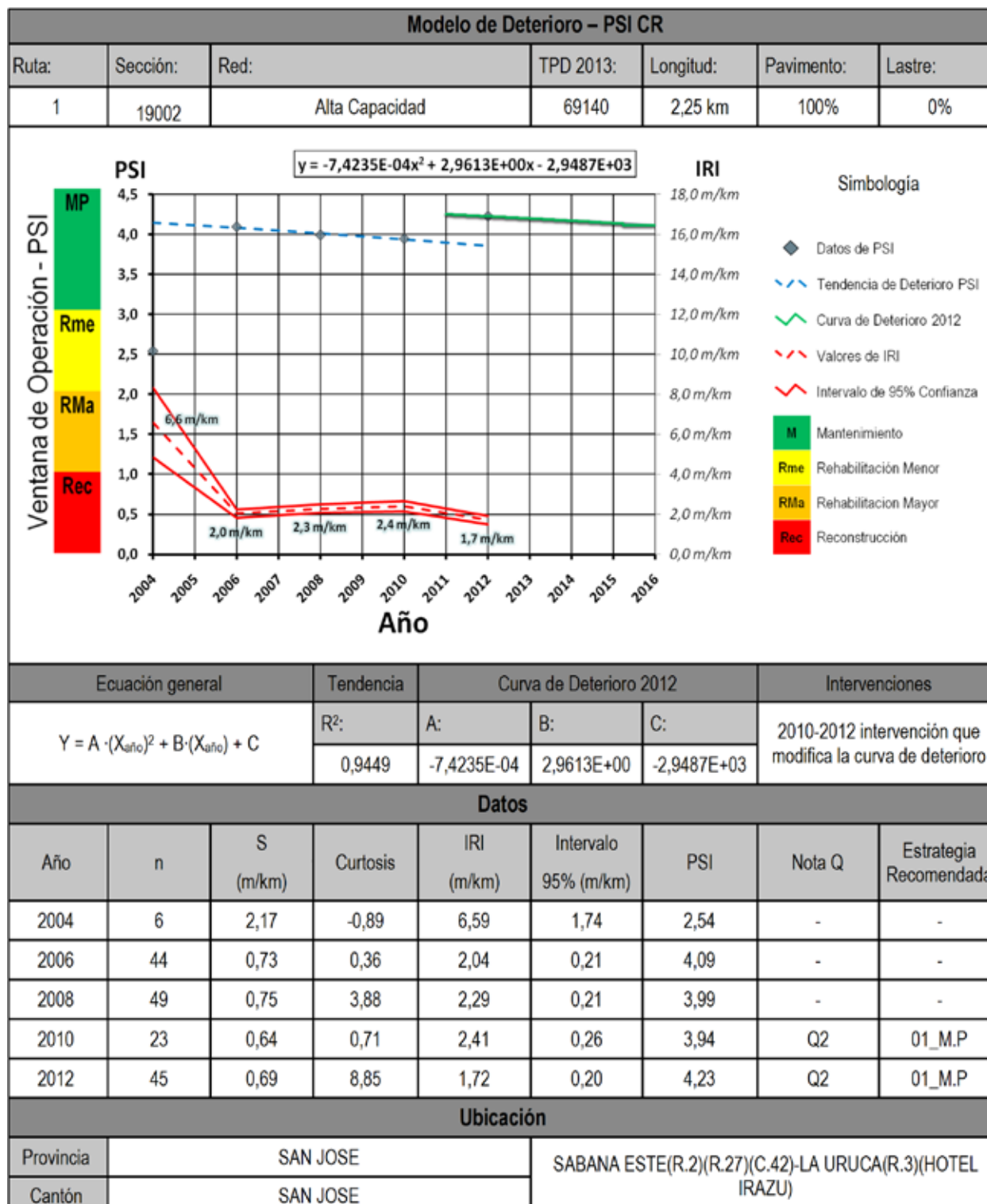


Figura 57. Informe esquemático de modelo de deterioro para una sección de control

La tabla de datos mostrada en la Figura 57 es un arreglo de información de la sección 19002 recopilada hasta la ERVN2012, el valor de IRI registrado en la ERVN2014 es de 2,09 m/km y acorde con la ecuación mostrada en la Tabla 28 la sección obtiene un $PSI_{CR} = 4,17$. Empleando los coeficientes mostrados en la Figura 57 para modelar el deterioro del PSI, se tiene que el valor esperado para el 2014 era de $PSI = 4,24$. En ambos casos se observa que las estrategias recomendadas en este tramo son de mantenimiento y el deterioro adicional que se registró en el PSI 2014 con respecto al valor esperado fue inferior a 0,1.

3.8.2.1 Resumen del análisis de Modelos de deterioro para Secciones - $PSI_{CR} > 3.2$

De las 860 secciones de control que se evaluaron durante la ERVN2014, 44 secciones calificaron para reconstrucción, 63 secciones calificaron para rehabilitación, 330 secciones poseen valores de PSI inferiores o iguales a 3,2 y 44 secciones tienen valores de PSI > 3,2 sin embargo no reúnen las condiciones e información requerida para generar el modelo de deterioro 2014. Para 379 secciones de control se pudo generar los modelos de deterioro y agregar como parte de su base de datos los coeficientes "A", " B_{2014} " y " C_{2014} " requeridos para el modelo de PSI_{2014} . La Tabla 34 muestra la respectiva distribución.

Tabla 34: Cantidad de Secciones que presentan Modelos de Deterioro 2014

Condición	Cantidad de Secciones	Longitud (Porcentaje)	Modelos de Deterioro 2014 $PSI_{2014} = A * X^2 + B_{2014} * X + C_{2014}$
Reconstrucción	44	189,79 km (3,60%)	No Aplica
Rehabilitación	63	260,39 km (4,94%)	No Aplica
PSI <3.2	330	1 807,24 km (34,30%)	No Aplica
PSI > 3.2 sin modelo	44	331,53 km (6,29%)	No Aplica
PSI > 3.2	379	2 679,79 km (50,86%)	Si Aplica

De la Tabla 34 se aprecia como en el 2014 al menos un 57,15% de la Red Vial Nacional califica con un PSI por encima de 3,2. Empleando los modelos derivados del análisis, de las 379 secciones, se puede estimar en que período de tiempo las secciones de control se deterioran por debajo del límite de condición de PSI = 3,2 sin extrapolar más allá del 2018. Los resultados del análisis de escenarios de deterioro empleando los modelos 2014 se muestran en la Tabla 35.

Tabla 35: Escenario de evolución negativa empleando Modelos de Deterioro 2014

Evolución del Deterioro a condición de PSI < 3,2	Longitud (Porcentaje de la Red Vial)	Cantidad de Secciones
0 - 2 años	642,63 km (12,20%)	105
2 - 4 años	411,67 km (7,81%)	61
hasta 4 años	1625,49 km (30,85%)	213

Los escenarios de evolución que se plantean en la Tabla 35 muestran como 642,63 km pueden presentar alto nivel de deterioro en los próximos 2 años, se requiere un análisis para cada caso a fin de estimar las estrategias de intervención óptimas para evitar este escenario. En un segundo lapso de tiempo 411,67 km pueden llegar a niveles de deterioro por debajo del PSI de 3,2 en un período comprendido entre 2 a 4 años, estas 61 secciones tienen una mayor capacidad de mantener su condición, sin embargo, esta capacidad no implica que las secciones deben permanecer sin atención, por el contrario, es importante mejorar sus condiciones con intervenciones oportunas y eficientes. Las restantes 213 secciones equivalentes a 1625,49 km se encuentran dentro del rango de mantenimiento y el tipo de inversiones que reciben generan deterioros desacelerados donde la oportuna atención de las estrategias de intervención general recomendadas en el presente informe en conjunto con análisis detallado para cada caso, pueden significar inversiones eficientes de bajo costo que logren generar efectos positivos en el mediano plazo.

CAPÍTULO 4

ESTUDIO DE PERCEPCIÓN CIUDADANO SOBRE EL ESTADO DE LA RED VIAL NACIONAL. AÑOS 2014-2015

4.1 INTRODUCCIÓN

Un aspecto sumamente importante dentro del análisis y la gestión de una red vial de carreteras es el relacionado con la percepción de los usuarios sobre la condición de dicha red de comunicación. Hay que recordar que el fin último de una red de carreteras es satisfacer las necesidades de transporte de los usuarios promoviendo la movilidad y el transporte de bienes y servicios de forma segura y eficiente. Desde esta perspectiva es que las normas internacionales para la gestión de activos viales indican la conveniencia de realizar encuestas sobre la percepción o satisfacción del cliente en cuanto a las redes viales de transporte, con el propósito de maximizar la eficiencia de los planes de gestión y enfocarlos en el cumplimiento del fin último mencionado anteriormente.

Para estos efectos se realizó durante enero del año 2015 un primer Estudio de la Percepción Ciudadana sobre la Red Vial de Costa Rica 2014 que se enmarca dentro de las tareas conjuntas que viene desarrollando el LanammeUCR con el Centro de Investigaciones y Estudios Políticos y como complemento a los resultados técnicos de evaluación de la Red Vial Nacional presentados en este informe bienal.

4.2 PRINCIPALES OBJETIVOS DE LA ENCUESTA

Los objetivos relacionados con la encuesta de percepción ciudadana son los siguientes:

- Caracterizar la percepción sobre el estado de la red vial.
- Indagar las expectativas de las personas sobre la red vial en el futuro.
- Construir índices sobre percepción y conocimiento de la red vial.

4.3 ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA ENCUESTA

La encuesta busca analizar la percepción de la población sobre el estado de la red vial, para poder analizar los resultados se deben delimitar la selección de la muestra y recopilar datos generales sobre cada persona entrevistada para establecer la composición de la muestra.

Las secciones generales de la encuesta buscan establecer la combinación de medios de transporte empleados por parte de los entrevistados, el nivel de conocimiento general de la estructura administrativa encargada de mantener o construir carreteras, la jerarquización de las carreteras existentes y conocimiento de rutas principales, y finalmente se enfoca en dar una calificación al sistema vial del país.

4.3.1 Selección de la muestra y composición

En la Tabla 36 se detallan los aspectos considerados para la selección de la muestra.

Tabla 36: Elementos y parámetros para selección de muestra

Elemento	Parámetro	
<i>Población</i>	Personas mayores de 18 años con teléfono residencial.	
<i>Marco muestral</i>	Números telefónicos contruidos con base en los bancos telefónicos residenciales (primeros cuatro dígitos) más otros cuatro dígitos generados aleatoriamente.	
<i>Tamaño de la muestra</i>	1215 personas.	
<i>Margen de error</i>	±2,8 puntos porcentuales al 95% de confianza para el caso de variables dicotómicas con $p = 0,50$.	
<i>Estratificación</i>	Región metropolitana	54,1%
	Resto del Valle Central	25,2%
	Resto del país	20,7%
<i>Selección de informantes dentro del hogar</i>	Cuotas de sexo y edad.	

Fuente: Encuesta Percepción de la Red Vial del país LanammeUCR - CIEP. 2014

La composición de la muestra derivada de la base de datos de la entrevista se puede observar en la Tabla 37.

Tabla 37: Composición de la población muestra

Característica		Porcentaje (%)	
		Parcial	Total
<i>Sexo</i>	Hombre	47,2	100
	Mujer	52,8	
<i>Nivel educativo</i>	Primaria o menos	24,1	100
	Secundaria	39,8	
	Universitaria	34,7	
	No responde	1,4	
<i>Nacionalidad</i>	Costarricense	96,1	100
	Otra	3,9	
<i>Ingreso subjetivo</i>	No les alcanza, tienen grandes dificultades	9,1	100
	No les alcanza, tienen dificultades	23,9	
	Les alcanza justo, sin grandes dificultades	38,3	
	Les alcanza bien, pueden ahorrar	18,6	
	No responde	10,2	
<i>Ingreso familiar</i>	Menos de 400 mil	38,0	100
	De 400 mil a 1 millón	24,0	
	Más de 1 millón	9,3	
	No responde	28,7	

Fuente: Encuesta Percepción de la Red Vial del país LanammeUCR - CIEP. 2014

4.4 RESULTADOS

En la Tabla 38 se muestran los resultados de tres puntos concretos de la infraestructura vial del país: el estado de las calles y carreteras, el estado de los puentes y el estado de las aceras, y dos escenarios de percepción entre el estado actual y un estado anterior.

Tabla 38: Calificación de la infraestructura según región en que reside el entrevistado

Región	Estado de las calles y carreteras del país						Total
	Muy malas	Malas	Regular	Buenas	Muy buenas	NR	
Metropolitana	39,6	31,1	19,6	8,2	1,2	0,3	100
Resto del Valle Central	38,6	31,7	19,9	8,5	1,3	0	100
Resto del país	28,6	29,8	27,4	9,9	2,8	1,6	100
Todas las regiones	37	30,9	21,3	8,6	1,6	0,5	100
Región	Estado de los puentes						Total
	Muy malas	Malas	Regular	Buenas	Muy buenas	NR	
Metropolitana	31,2	33,3	25,1	8,4	0,9	1,1	100
Resto del Valle Central	25,8	34	30,4	8,2	0	1,6	100
Resto del país	22,6	29	33,7	11,5	0,8	2,4	100
Todas las regiones	28,1	32,6	28,2	9	0,7	1,5	100
Región	Estado las aceras del país						Total
	Muy malas	Malas	Regular	Buenas	Muy buenas	NR	
Metropolitana	40,8	29,8	20,5	7,5	1,1	0,3	100
Resto del Valle Central	38,2	26,5	20,9	13,4	0,7	0,3	100
Resto del país	30,2	28,2	26,6	9,1	0,8	5,2	100
Todas las regiones	37,9	28,6	21,9	9,3	0,9	1,3	100
Región	¿El estado actual de las calles y carreteras en comparación a que hace tres años?					Total	
	Peor	Igual	Mejor	NR			
Metropolitana	36,2	41,9	19,8	2,1	100		
Resto del Valle Central	37,3	37,6	24,5	0,7	100		
Resto del país	31,3	39,7	27	2	100		
Todas las regiones	35,5	40,3	22,5	1,7	100		
Región	¿El estado actual de las calles y carreteras comparación a que hace diez años?					Total	
	Peor	Igual	Mejor	NR			
Metropolitana	29,8	26,6	37,7	5,8	100		
Resto del Valle Central	30,7	22,5	41,5	5,2	100		
Resto del país	24,6	26,6	42,5	6,3	100		
Todas las regiones	29,0	25,6	39,7	5,8	100		

Fuente: Encuesta Percepción de la Red Vial del país LanammeUCR - CIEP. 2014

En cuanto al estado de las calles y carreteras del país, cerca del 70% de la población opina que están malas o muy malas, situación similar en cada una de las regiones. En relación del estado actual con el estado de hace tres años, seis de cada diez las cataloga como mejor o iguales. En comparación con hace diez años el 65,3% cree que están mejor o igual. Seis de cada diez entrevistados opinan que el estado de los puentes es malo o muy malo, observándose una diferencia entre los residentes en la región Metropolitana y resto del país, en donde la opinión de este último es más favorable. En cuanto a las aceras del país 66,6% de los entrevistados opinan que están malas o muy malas.

Las escalas desde muy malo a muy bueno se transformaron a una nota de 0 a 100 donde 0 es la peor y 100 la mejor, los resultados se muestran en la Figura 58.

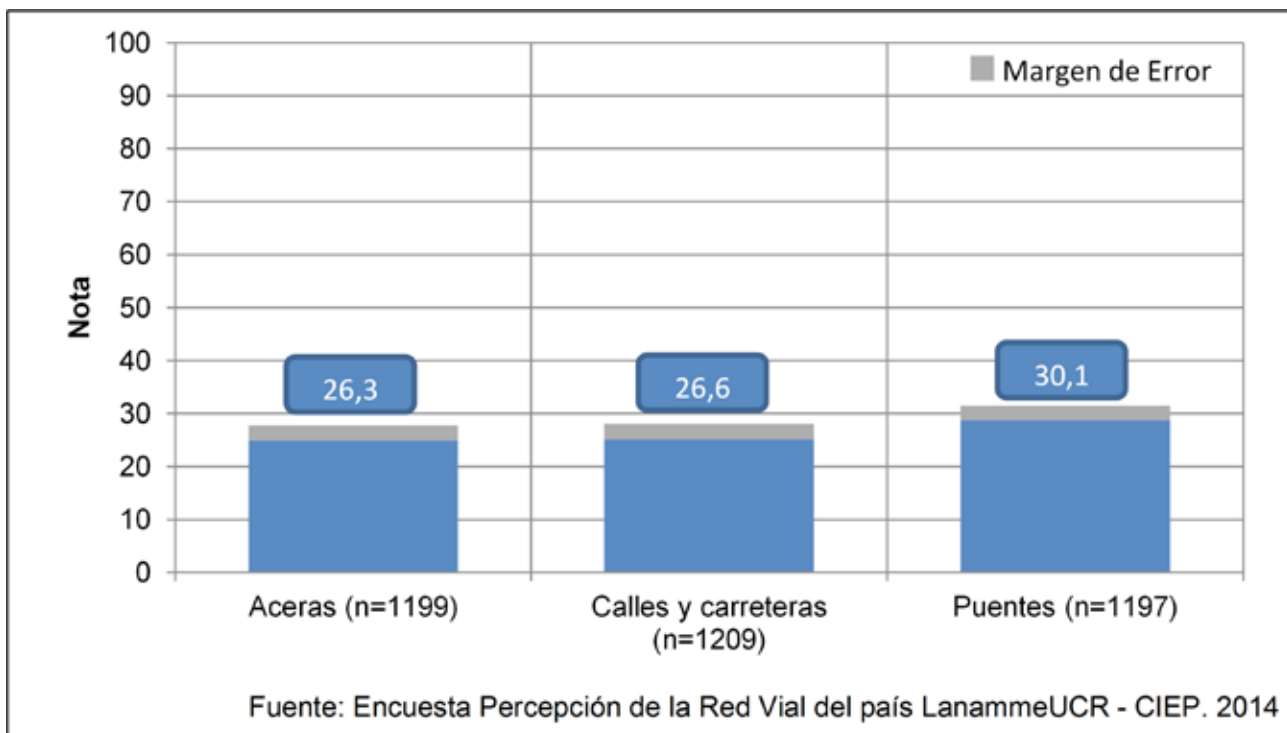


Figura 58. Notas de 0 a 100 para aceras, calles/carreteras y puentes

Numéricamente tanto aceras, calles/carreteras y puentes rondan la nota de 25 que apenas representa la cuarta parte del índice de percepción de infraestructura, pues obtienen 26, 26 y 30 respectivamente (Figura 58). Tomando en cuenta el margen de error no se distinguen diferencias entre la valoración de calles/carreteras y aceras, mientras que sí hay una mejor valoración de los puentes, por encima del error muestral.

Adicionalmente al examen de la infraestructura en general, se particularizó en cinco vías nacionales importantes que conectan el país de norte a sur y de oeste a este, los resultados se pueden observar en la Tabla 39.

Tabla 39: Calificación de las rutas nacionales por parte de los entrevistados según región

Región	Estado carretera San José - Frontera Norte							Total
	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	No la utiliza	NR	
Metropolitana	3,5	11,3	19	24,5	0	37	0	100
Resto del Valle Central	3,3	13,4	15	25,2	0	37,9	0	100
Resto del país	4,8	10,3	17,5	20,2	0	37,7	0	100
Todas las regiones	3,7	11,6	17,7	23,8	0	37,4	0	100
Región	Estado carretera San José - Frontera Sur							Total
	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	No lo utiliza	NR	
Metropolitana	3,8	9,6	19,3	19	2,4	42,2	3,7	100
Resto del Valle Central	5,6	9,5	15,7	22,9	2,9	39,9	3,6	100
Resto del país	4	7,5	20,6	14,3	1,6	40,9	11,1	100
Todas las regiones	4,3	9,1	18,7	19	2,4	41,3	5,2	100
Región	Estado carretera San José - Caldera							Total
	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	No lo utiliza	NR	
Metropolitana	3,3	5,9	16,3	52,2	8,2	12,9	1,1	100
Resto del Valle Central	3,3	10,8	12,4	45,4	9,5	17,6	1	100
Resto del país	3,2	7,1	16,3	36,9	5,6	25,8	5,2	100
Todas las regiones	3,3	7,4	15,3	47,3	8	16,8	1,9	100
Región	Estado carretera San José - Limón							Total
	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	No la utiliza	NR	
Metropolitana	8,1	20,4	18,1	21,2	1,2	29,5	1,5	100
Resto del Valle Central	5,9	12,4	23,2	19	1,6	34	3,9	100
Resto del país	7,1	14,3	19,8	13,1	2	35,3	8,3	100
Todas las regiones	7,3	17,1	19,8	18,9	1,5	31,9	3,5	100
Región	Estado carretera Costanera							Total
	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	No la utiliza	NR	
Metropolitana	2,7	6,8	15,5	31,5	5,9	34,7	2,7	100
Resto del Valle Central	1,6	7,5	15	25,2	9,2	37,9	3,6	100
Resto del país	4,8	3,6	18,3	27,4	7,1	30,2	8,7	100
Todas las regiones	2,9	6,3	16	29,1	7	34,6	4,2	100

Fuente: Encuesta Percepción de la Red Vial del país LanammeUCR - CIEP. 2014

En primer lugar, para la carretera San José- Frontera Norte se encuentra que alrededor del 37% de las personas no utiliza la ruta y en promedio 26,3% de los usuarios califican de buena o muy buena el estado de la carretera. La carretera San José-Frontera Sur, en general 21,4% de los entrevistados la califican el estado de la carretera de bueno o muy bueno pero cerca del 41% no utilizan esta vía. La carretera San José-Caldera obtiene mayor porcentaje de uso, en promedio 55,3% de los entrevistados la califican el estado de la misma como bueno o muy bueno. Porcentajes similares se obtiene por cada una de las regiones. En general, 20,4% de los entrevistados califica de bueno o muy bueno el estado de la carretera San José- Limón. Cerca del 36% califica de bueno o muy bueno el estado de la carretera Costanera. Comportamiento similar se presenta por cada una de las regiones.

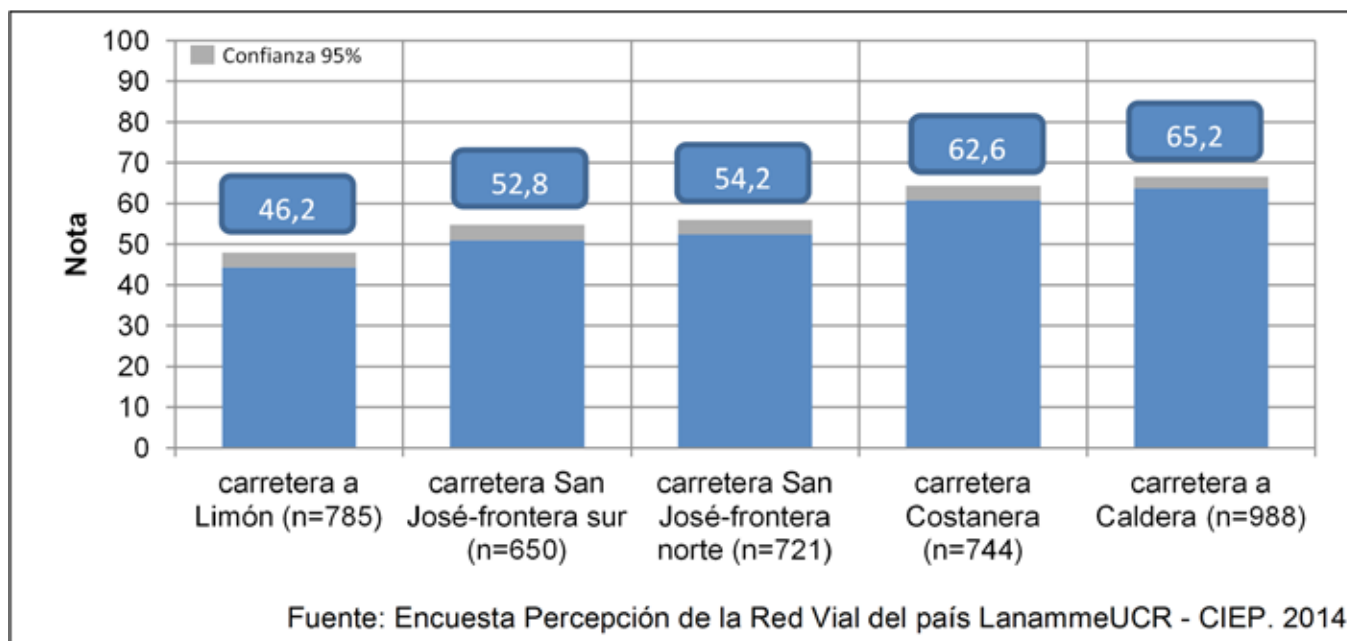


Figura 59. Notas de 0 a 100 para las carreteras principales

En la Figura 59 se muestra la interpretación de los resultados en términos de puntuaciones (de 0 a 100), las cinco carreteras evaluadas por los costarricenses obtienen notas inferiores a 70, en orden descendente se ubican de la siguiente forma: Caldera (65,2), Costanera (62,6), San José-frontera norte (54,2), San José-frontera sur (52,8) y Ruta 32, carretera a Limón (46,2). No hay, sin embargo, diferencias estadísticamente significativas entre la carretera a Caldera y la Costanera; en otras palabras, *aunque ambas son mejor calificadas que el resto, no se sabe cuál es la mejor entre estas dos (con un 95% de confianza)*.

En cuanto a la opinión de los entrevistados sobre el desempeño de las instituciones nacionales involucradas con el mantenimiento construcción y desarrollo de las calles y carreteras del país, se realizó una calificación de cero a diez (cero es la nota mínima y diez es la nota máxima) donde se puede destacar en términos generales, un 27,3% de los entrevistados le da una nota superior o igual a 7 al desempeño realizado por el MOPT. Por regiones la calificación más frecuente se encuentra en notas entre 5 y menos de 7. Los resultados promedio se pueden observar en la Tabla 40.

Tabla 40: Calificación promedio de las diferentes instituciones nacionales por parte de los entrevistados según región en que reside

Región	Institución			
	MOPT	CONAVI	Municipalidades	Lanamme
Metropolitana	4,99	4,75	4,91	6,13
Resto del Valle Central	5,36	5,05	4,76	5,90
Resto del país	5,48	5,20	5,20	6,43
Todas las regiones	5,18	4,92	4,93	6,13

Fuente: Encuesta Percepción de la Red Vial del país LanammeUCR - CIEP. 2014

En promedio el MOPT posee una calificación de 5,18, la calificación que se le otorga la CONAVI es de 4,92, en general, 25% de los entrevistados le da una nota de 7 o superior, cuatro de cada 10 le asignado una nota entre 5 y 7. En cuanto al desempeño de las municipalidades, obtiene una nota promedio de 4,93, es de rescatar que en la resto del país obtienen una nota superior al promedio con 5,20. La entidad mejor calificada es el Lanamme, con una nota general de 6,13.

Con las preguntas e indicadores antes vistos se construyeron tres índices. El primero, llamado índice de infraestructura, corresponde a un promedio de 0 a 100 entre las valoraciones del estado de las calles, carreteras, puentes y aceras. El índice de carreteras principales promedia las notas a las cinco vías principales. Por su parte, el índice institucional corresponde a la media de valoraciones de las cuatro instituciones de la Tabla 40, pero modificando la escala de 0 a 100 para poderse comparar con los dos anteriores, en la Figura 60, se muestran los índices obtenidos.

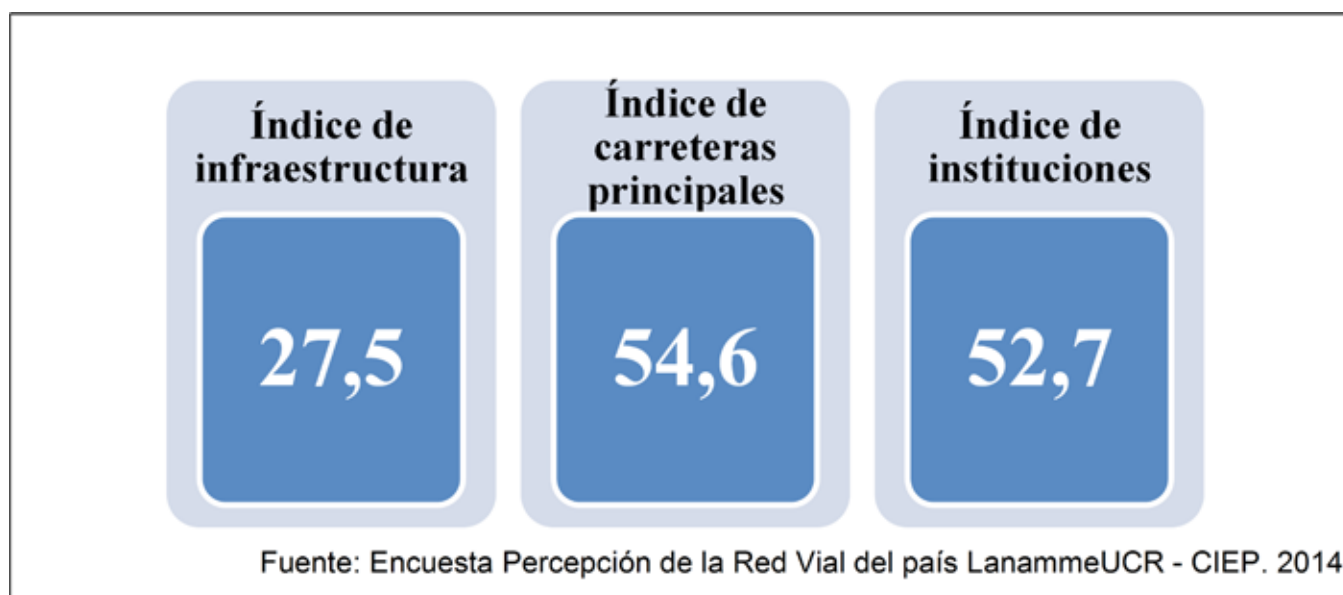


Figura 60. Índices de percepción sobre la Red Vial, Notas de 0 a 100

La nota media más alta es la de carreteras principales (54,6) mientras la menor es de infraestructura (27,5); el índice institucional es intermedio (52,7). No obstante, debe tenerse presente que el índice de carreteras aplica solamente para una muestra de 355 personas dado que las valoraciones de las carreteras fueron realizadas únicamente por los usuarios de ellas.

Interesa conocer si existen variaciones importantes en el índice de infraestructura cuando se cruza con otras variables. En primer lugar, según el medio de transporte más utilizado no se observan variaciones significativas estadísticamente ($p=0,198$). Es decir, el índice no cambia sustantivamente según el transporte principal que usan las personas.

Tabla 41: Índice de infraestructura según el medio de transporte más empleado

Medio de transporte	Índice de Infraestructura
Moto	29,8
Taxi	28,6
Vehículo automóvil	28,0
Bicicleta	27,8
Autobús	27,6
Tren	27,4
Es chofer de autobús, taxi o tren	25,0
Movilizarse a pie	20,0
Combinando todos los medios	27,5

Fuente: Encuesta Percepción de la Red Vial del país LanammeUCR - CIEP. 2014

En segundo lugar, se buscó si el nivel de conocimiento que presentan las personas se relaciona con la forma con que evalúan el estado de la infraestructura. En la encuesta se emplearon preguntas para establecer el conocimiento de los entrevistados sobre instituciones y rutas del país. Esta información se utiliza como covariable en un modelo de regresión donde la variable dependiente es el índice de infraestructura y se especifican como controles el sexo, la edad, el nivel educativo, el ingreso económico y la región. En la Tabla 42 se pueden observar los coeficientes, errores estándar y significancia de los datos para cada variable, dentro del modelos de mínimos cuadrados ordinarios, para obtener el índice de infraestructura, a fin de determinar si existe alguna relación directa entre cada variable y la nota.

Tabla 42: Modelo estimado para el índice de infraestructura (R^2 ajustado=0,032)

Variable	Coficiente	Error estándar	Significancia
Intercepto	29,886	2,496	0,000
Índice de conocimiento	-0,280	0,392	0,475
Mujer	-2,350	1,154	0,042
Edad	-0,108	0,038	0,004
Primaria o menos	4,650	1,681	0,006
Secundaria	1,922	1,330	0,149
Metropolitana	-1,557	1,367	0,255
Resto del país	4,095	1,686	0,015
Ingresos alcanzan	3,975	1,188	0,001

Fuente: Encuesta Percepción de la Red Vial del país LanammeUCR - CIEP. 2014

El modelo estimado por mínimos cuadrados ordinarios muestra que no existe una relación estadísticamente significativa entre el conocimiento sobre la red vial y la percepción sobre su estado. Sí se observan variaciones significativas al 5% para algunos de los controles sociodemográficos, en particular las mujeres muestran una menor valoración positiva de la infraestructura respecto a los hombres. Las personas con educación primaria o sin estudios tienden a valorar más positivamente la infraestructura respecto a quienes tienen educación universitaria o superior. Los habitantes del resto del país poseen un índice mayor en comparación con quienes viven en el resto del Valle Central (pero los de la región metropolitana no indican diferencias). Finalmente entre personas cuyos ingresos alcanzan en el hogar la valoración es mejor respecto a quienes no les alcanzan.

4.5 PRINCIPALES PROBLEMAS Y EXPECTATIVAS

El principal problema que los entrevistados expresan en cuanto a la Red Vial Nacional, es los huecos en las calles, seguido por las falta de señalización, carreteras en mal estado, parches, bacheos, entre otros. En la Tabla 43 se muestra las opiniones sobre la problemática de la red vial nacional, donde los entrevistados tenían la oportunidad de usar respuestas múltiples, para cada ítem analizado, se coloca que porcentaje del 100% de cada región considera que ese problema como el más relevante.

Tabla 43: Opinión sobre la problemática de la red vial nacional por parte de los entrevistados según región de residencia, porcentaje dicotómico y no excluyente por región

Problemas de la red vial*	Metropolitana	Resto del Valle Central	Resto del país	Todas las regiones
<i>Huecos</i>	50,4%	53,9%	46,8%	50,5%
<i>Señalización</i>	33,8%	26,8%	28,6%	30,9%
<i>Carreteras en mal estado, parches, bacheos, etc.</i>	28,3%	26,1%	27,0%	27,5%
<i>Mucho tránsito, congestionamiento</i>	24,5%	16,7%	13,9%	20,3%
<i>Falta mantenimiento</i>	17,2%	15,7%	15,5%	16,5%
<i>Demarcación</i>	17,7%	14,1%	16,3%	16,5%
<i>Calles angostas, estrechas, pocos carriles</i>	16,0%	15,0%	10,7%	14,7%
<i>Falta de aceras, espaldones, puentes peatonales</i>	14,2%	16,7%	11,1%	14,2%
<i>Puentes</i>	10,8%	12,7%	17,5%	12,7%
<i>Otras razones</i>	12,9%	8,5%	12,3%	11,7%
<i>Falta de planificación, administración</i>	10,8%	7,5%	6,7%	9,1%
<i>Alcantarillado</i>	8,1%	8,8%	4,8%	7,6%
<i>No responde</i>	3,7%	5,9%	12,3%	6,0%
<i>Problemas naturales, derrumbes, topografía, inundaciones, hundimientos</i>	5,6%	5,6%	4,8%	5,4%
<i>Iluminación, poca iluminación</i>	2,9%	4,9%	3,6%	3,5%
<i>Semáforos</i>	5,2%	1,6%	1,6%	3,5%

Fuente: Encuesta Percepción de la Red Vial del país LanammeUCR - CIEP. 2014

De la Tabla 43 se puede observar como el 50,4% de los habitantes del área metropolitana coincide en que los huecos son el principal problema de la red vial, de la muestra de entrevistados del resto del valle central 53,9% coincide con el problema de los huecos y de los entrevistados del resto del país solamente un 46,8% considera los huecos como el principal problema, al generar el mismo estadístico para la combinación de todas las entrevistas, el porcentaje es de 50,5%. Como el análisis es de opción múltiple, cada problema posee un porcentaje independiente, que contabiliza su selección u omisión por parte de los entrevistados.

Dentro del apartado de expectativas y ante la consulta “*En el mantenimiento y construcción de obras públicas en el país, ¿cree usted que debe invertir más el Estado, la empresa privada?*”, los entrevistados expresan una expectativa de cual actor debe realizar la inversión requerida para llevar a cabo el mantenimiento y construcción de las obras públicas del país, los resultados de esta consulta se detallan en la Figura 61.

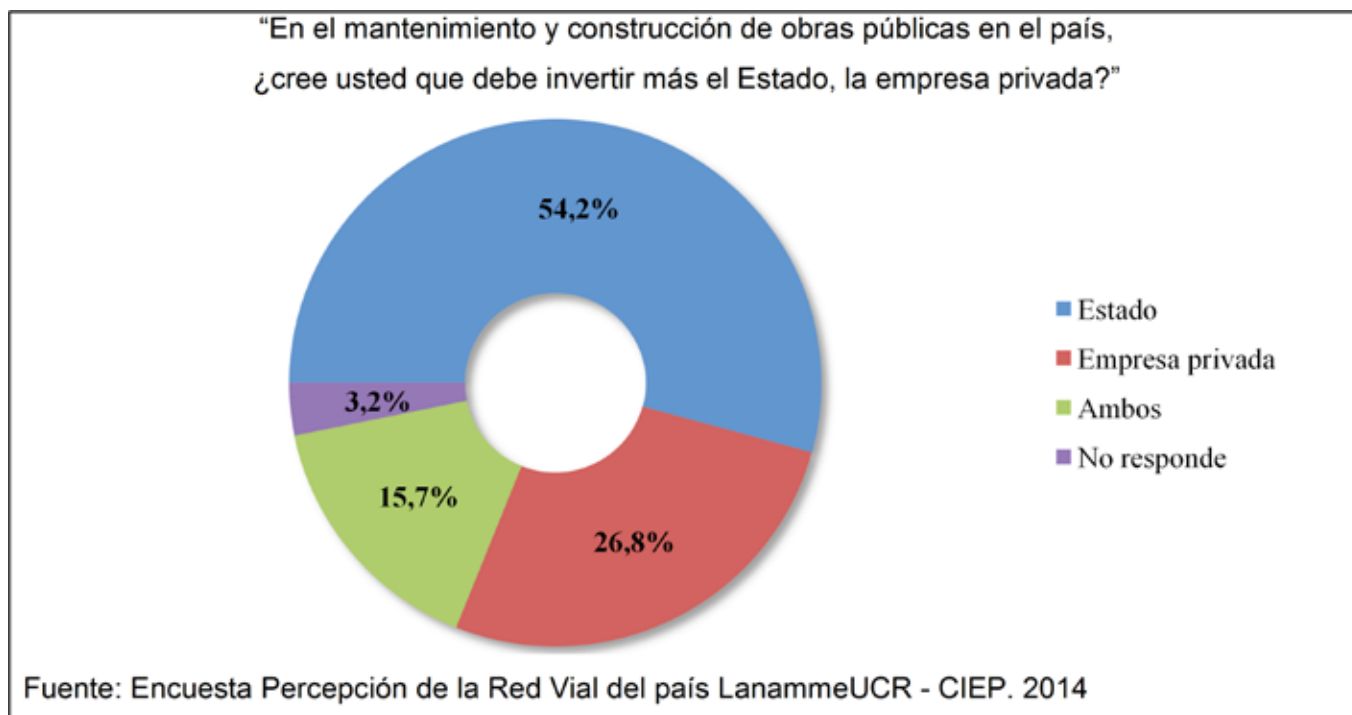


Figura 61. Expectativa sobre inversión en obra pública para todas las regiones

De la Figura 61 se observa que, cerca del 55% de los entrevistados expresan que el Estado es quien debe intervenir mas en el mantenimiento y construcción de las obras públicas del país. Cualquier subdivisión de este resultado arroja porcentajes superiores al 50% indistinto de la región.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

5.1.1 Capacidad estructural de la Red Vial Nacional

La capacidad estructural de la Red Vial Nacional, es decir, la capacidad que tienen las carreteras de resistir las cargas de los vehículos sin fallar es, en la mayoría de sus rutas, aceptable. Para el presente informe un 94,53% de la Red Vial presenta una buena capacidad estructural y el restante 5,47% si requiere de intervenciones importantes y de alto costo para recuperar la capacidad de las vías.

5.1.2 Capacidad funcional de la Red Vial Nacional

La capacidad funcional de las vías es medida mediante los valores del índice de regularidad internacional (IRI). Los resultados de la evaluación revelan que un 62,05% de la Red Vial Nacional posee estándares de regularidad deficientes y muy deficientes. Del restante 37,95% solamente se registra un 4,51% de la red en condición buena y el resto de la red califica en una condición regular, los cuales están asociados a elevados costos de operación vehicular para los usuarios, bajas velocidades de operación y altos niveles de congestión y de contaminación ambiental.

5.1.3 Resistencia al deslizamiento en la Red Vial Nacional

La evaluación de la resistencia al deslizamiento solo puede evaluarse en pavimentos con bajos niveles de deterioro superficial, en esta evaluación solo se evaluó 2 684,05 km, ya que los restantes 2 584,67 km tenían elevados niveles de deterioro que impedían su evaluación con Grip Tester. Los resultados muestran como un 20,63% de 2 684,05 km presentan condiciones muy deslizantes ante la presencia de humedad, un 34,36% de 2 684,05 km en condición deslizante, un 44,44% de 2 684,05 km en condición poco deslizante y un 2,57% de 2 684,05 km en buena condición.

5.1.4 Comparación de resultados entre las evaluaciones 2012 y 2014

La comparación de resultados muestra una red vial que en términos generales ha mantenido su condición casi sin variaciones importantes desde el año 2012, sin embargo, el análisis de la evolución de la Red Vial Nacional muestra la misma tendencia que en el año 2012, con una lenta propensión al deterioro, condición que queda evidenciada en el tipo de deterioros que se han presentado y por el elevado monto de las inversiones necesarias para mantener la condición actual.

5.1.5 Cálculo de las notas de calidad para la red vial Nacional

La aplicación de la metodología para definición de notas de calidad en los distintos tramos de la red vial nacional reveló que un 37,40% de 5 268,72 km califican como **Q1** y **Q2**, presentando una condición en la mayoría de pavimentos donde la capacidad estructural sigue siendo muy buena, sin embargo, el nivel de regularidad superficial se ha desplazado a una condición de “regular” donde la calidad del manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y se pueden presentar problemas para transitar a altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir deformaciones en la mezcla asfáltica, parches y agrietamientos de severidad baja. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones de tipo mantenimiento de preservación de bajo costo, enfocadas en corregir la pérdida de capacidad funcional, tales como tratamientos de preservación tipo “slurry seals”, “chip seals” o micropavimentos.

Adicionalmente, un 36,82% de 5 268,72 km presentan 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 circunstancias, las capas de ruedo de mezcla asfáltica caliente (M.A.C.), pueden tener grandes baches y grietas profundas; incluyendo pérdida de agregados, agrietamientos y ahuellamientos, lo que ocurre en más de un 50% de la superficie. Aunque la capacidad estructural es buena (se mantiene un buena condición de las capas de subyacentes) la condición de deterioro funcional es de tal severidad que la durabilidad de los pavimentos se disminuye, aumentando la tasa de deterioro estructural de forma elevada. Debido al deterioro de la capa de ruedo estos pavimentos pasarán a las categorías **MR-F** 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.

El restante 25,78% de 5 268,72 km evaluados, presenta condiciones variadas que representan en su mayoría pavimentos en una situación de extremo deterioro. Dichos caminos pueden ser transitados a velocidades muy reducidas y con considerables problemas de manejo, debido a que existen grandes baches y grietas profundas en la carpeta asfáltica.

5.1.6 Uso del PCI como herramienta de validación a nivel de proyecto

En la sección 2.4, se empleó el PCI de la norma ASTM D6433 - 03 como una herramienta de validación de la nota Q a nivel de proyecto. La valoración mediante un registro de imágenes georreferenciadas que reflejen la condición superficial relacionada con el momento en que se midieron los indicadores estructurales y funcionales, generó una correlación directa entre los resultados del PCI y la Nota Q.

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

Los resultados revelan una red vial con alto porcentaje de secciones candidatas a intervenciones del tipo mantenimiento de preservación (37,40%) lo cual indica una buena oportunidad de introducir y fomentar en Costa Rica actividades del tipo sellos asfálticos, como las mencionadas en la definición de “mantenimiento de preservación”. Adicionalmente un importante porcentaje (>52%) son candidatas a intervenciones que deben tender a una recuperación de la capacidad funcional, es decir, mejorar el confort, disminuir el impacto en los costos de operación vehicular para el usuario, mejorar las condiciones de ruedo para seguridad vial y las velocidades de circulación así como en la disminución de contaminación por gases, congestión y por exceso de ruido. De la misma manera las labores de rehabilitación mayor, menor y reconstrucción suman aproximadamente un 9,46% de las rutas nacionales.

5.1.8 Análisis de la inversión en la Red Vial Nacional

El informe muestra información derivada de un total de 824 estimaciones de pago, realizadas por el CONAVI, que suman un monto total de inversión de **₡ 154 192,68 millones**, 364 de estas estimaciones fueron analizadas previamente en el ERVN2012. En el periodo comprendido entre setiembre del año 2012 y diciembre del año 2013 denominado ERVN2014 se contabilizan 460 estimaciones para una inversión de **₡ 86 197,13 millones**. La siguiente información se puede extraer de los datos recabados:

- La zona de conservación vial donde se dio la mayor inversión en el período ERVN2014 corresponde a la zona 1-1, ubicada en la Región I, Subregión de San José, y asignada a la empresa Constructora Hernán Solís S.R.L. La inversión realizada es cercana a los ₡ 7 601 millones; a diferencia de los ₡ 4 332 millones invertidos durante el ERVN2012. La principal actividad del ERVN2014 para la zona 1-1 corresponde a los ítems M45(E) “Pavimento Bituminoso en Caliente con Polímeros” y M45(A) “Pavimento Bituminoso en Caliente” por un total de ₡ 3 484 millones; relacionados con colocación de sobrecapas, lo cual supera los ₡ 1 921 millones invertidos en los mismos ítems durante la ERVN2012 para la zona 1-1.
- La distribución temporal de la inversión, durante la ERVN2014, presenta una inversión promedio de ₡ 5 000 millones, la mayor inversión de este período se registra en febrero y marzo del 2013, donde mensualmente se supera ₡ 7 000 millones, comparado con el registro de la ERVN2012, en particular el período entre setiembre del 2011 y agosto del 2012 donde la inversión mensual promedio supera los ₡ 4 600 millones, el pico de inversión se alcanza entre noviembre del 2011 y enero del 2012, cada uno de estos meses superan los ₡ 7 500 millones, y el pico de inversión se registro en el mes de diciembre del 2011 alcanzando los ₡ 9 700 millones, se puede considerar que la ERVN2012 posee picos de inversión muy marcados, mientras que la ERVN2014 presenta una inversión que se distribuye en forma más homogénea a los largo del tiempo.

- La distribución de recursos en función de las actividades de conservación realizadas, denotan un incremento de la inversión en el ítem M45(A) “Pavimento Bituminoso en Caliente” el cual se relaciona con actividades de recarpeteo, en forma comparativa este ítem se relaciona con la actividad de mayor inversión tanto en la ERVN2012 como en la ERVN2014, pasa de ser el 24,45% de la inversión total a conformar un 26,14% en la presente campaña. Para ítem M41(A) “Bacheo con Mezcla Asfáltica en Caliente” el cual equivale a la segunda actividad con la mayor inversión, con un 13,07% para la ERVN2012 y en la ERVN2014 equivale a un 12,27%. El primer cambio de prioridad se presenta en el uso del M45(E) “Pavimento Bituminoso en Caliente con Polímeros”, el cual pasa de ser el séptimo ítem con un 4,00% de la inversión registrada en la ERVN2012, a ser el tercer ítem, al alcanzar una inversión cercana al 8,79%, se relaciona a su vez con las actividades de recarpeteo, pero implica el uso de aditamentos que deben mejorar las características de desempeño de la carpeta asfáltica. Otro ítem que destaca por la variación porcentual es el M-304(4) “Suministro, colocación y compactación de base de agregado triturado, Graduación B”, el cual pasa de un 8,46% en la ERVN2012 a un 4,36% en la ERVN2014, lo cual implica una disminución en las actividades relacionadas con la colocación de base. Los restantes ítems presentados en la Figura 35 al analizar los porcentuales, se observa que equivalen a valores inferiores a 4,70%..

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

En sección 3.7 del informe, se plantean análisis comparativos entre la estrategia de intervención determinada en la ERVN2012 y las nuevas estrategias de intervención definidas en la ERVN2014, y tal como se definió en la sección 2.3.1, las estrategias de intervención se pueden agrupar en tres grandes ventanas de operación que corresponden con Mantenimiento, Rehabilitación y Reconstrucción. El apartado 3.7.1 plantea las recomendaciones de intervención que se generaron en la ERVN2012 y que evolución se presentó al analizar los datos de la ERVN2014, un segundo análisis se plantea en la sección 3.7.2 donde se analizan los resultados obtenidos en la ERVN2014 y que inversión fue necesaria.

- En el **apartado 3.7.1** se plantean análisis comparativos entre la estrategia de intervención determinada en la ERVN2012 y las nuevas estrategias de intervención definidas en la ERVN2014, de los 1 707,31 km que calificaron para Mantenimiento de Preservación se puede observar como 1 447,72 km logran mantener esta condición, dentro de este escenario se observa una inversión relativa de ₡ 12,64 millones/km. Los restantes 259,59 km presentan distintos niveles de deterioro, 246,47 km presentaron un deterioro relacionado principalmente con las categorías de IRI que pasa de condiciones buenas a regulares en la ERVN2012 a una condición deficiente o muy deficiente en la ERVN2014, en términos generales se puede evidenciar que las intervenciones en la Red Vial Nacional no responden a una estrategia clara de rescate de la condición de las vías. Para los 2553,44 km que calificaron para mantenimiento en la ERVN2012, se observan mejoras en 346,46 km que pasan a una condición de “Mantenimiento de Preservación” con inversiones que rondan los ₡ 42,36 millones/km, este tipo de inversión se encuentra dentro de las ventanas de operación de mantenimiento, para 2 103,23 km las inversiones de ₡ 9,89 millones/km, lo cual permite mantener dentro de la ventana de operación de mantenimiento a 340 secciones de control, sin llevar a un estado óptimo su condición. Las inversiones que se observan en la Tabla 24 parecen indicar que no se ha incorporado el concepto básico de “ventanas de operación” el cual establece que aquellas rutas calificadas como candidatos a intervenciones tipo rehabilitación o reconstrucción no deberían ser intervenidas con labores de conservación vial ya que esto implica una alta inversión con resultados poco durables y por lo tanto, poco eficientes, esto queda claramente evidenciado ya que cerca de 351,81 km recibieron una inversión cercana a los ₡ 2 403,19 millones, y a pesar de las inversiones recibidas mediante los proyectos de conservación vial, no logran los efectos deseados en cuanto a la recuperación de la Red Vial Nacional, y se mantienen dentro de la ventana de operación de Rehabilitación o Reconstrucción en la ERVN2014. De la Tabla 24 se destacan 249,60 km que lograron migrar a la ventana de operación de mantenimiento, sin embargo la inversión realizada es cercana a los ₡8 030,24 millones, se debe analizar la eficacia de los tratamientos recibidos por estas secciones, considerando que existen actividades mucho más eficientes para mantener y recuperar una red vial como la Red Vial Nacional, no se pueden considerar las mejoras detectadas como una inversión óptima de los recursos, así mismo, las mejoras observadas se concentraron en actividades que impactan solo la superficie del pavimento, por lo que existe una gran fragilidad de las rutas y una alta probabilidad que estas intervenciones no tengan la durabilidad deseada.
- En el **apartado 3.7.2** se analizó las estrategias de intervención derivadas del ERVN2014, y se verifica la condición previa registrada en la ERVN2012, a fin de establecer un costo aproximado de inversión relacionado con una determinada estrategia de

intervención. Para 1 970,69 km candidatos para Mantenimiento de Preservación, se puede observar cómo un 73,46% proviene de secciones que logran mantener calificación, 17,58% son secciones que recibieron atención para mejorar su superficie de ruedo ya que su condición estructural se mantiene dentro del rango de deflexiones bajas, un 3,52% proviene de ventanas de operación de rehabilitación o reconstrucción con tasas de inversión superiores a los ¢ 60,00 millones/km, y los restantes 5,44% son secciones que no poseen un dato de referencia en la ERVN2012, esta información explica el 37,40% de los 5 268,72 km evaluados en la ERVN2014. Dentro de la ventana de mantenimiento se tienen 2 782,71 km donde las Nota Q indican que el pavimento requiere Mantenimiento de Recuperación del IRI, dentro de este apartado se tiene que un 8,86% de esta longitud provienen del deterioro del IRI en pavimentos catalogados para mantenimiento de preservación en la ERVN2012 con una inversión relativa de ¢ 20,65 millones/km, a su vez 2 103,23 km que corresponden a un 75,58% de las secciones que calificaron para Mantenimiento de Recuperación de IRI ya presentaban esta misma condición en la ERVN2012 y mantienen su condición con inversiones cercanas a los ¢ 9,89 millones/km, y solamente un 6,48% provienen de secciones de control que fueron catalogadas para las ventanas de operación de rehabilitación, reconstrucción o que no tienen un valor de referencia en la ERVN2012, la inversión realizada mejora en forma parcial su condición estructural, sin embargo en todos los casos las intervenciones realizadas no logran valores de IRI inferiores a 3,64 m/km y los valores de IRI se asocian con superficies de ruedo deficientes o muy deficientes, de los 5 268,72 km evaluados estos 2 782,71 km corresponden a un 52,82% de la red vial nacional. Los restantes 515,33 km equivalen a un 9,78% de la red vial nacional evaluada y reciben inversiones cercanas a los ¢ 4 075,16 millones y pertenecen a las ventanas de operación de rehabilitación o reconstrucción.

Al analizar solamente la ventana de operación de mantenimiento se tiene que un 90,22% de los 5 268,72 km evaluados, y recibe una inversión cercana al 94,78% de los ¢ 78 051,52 millones derivados de los registros por sección de control de los contratos de conservación vial. Se puede observar como una adecuada optimización de los recursos de conservación que se emplean para atender la ventana de mantenimiento deben articular mecanismos que limiten el deterioro de las secciones calificadas para Mantenimiento de Preservación, mejorando el indicador de IRI para aquellas secciones en la condición de frontera o mediante sellos asfálticos que protegen la capa de ruedo. Un segundo elemento dentro de esta ventana de operación lo constituye la disminución sistemática de los 2 782,71 km enfocándose en estrategias de recuperación del IRI por debajo de los 3,64 m/km, así como minimizar el deterioro estructural de aquellas secciones que dentro del sistema de asignación de recursos quedan a la espera de mejorar su IRI.

Para las secciones que calificaron para las ventanas de rehabilitación o reconstrucción se tiene una cobertura de 515,33 km equivalente a un 9,78% de la red vial evaluada y la inversión realizada corresponde a un 5,22% de los ¢ 78 051,52 millones, se tienen que al menos 116,88 km provienen del deterioro de secciones que en la ERVN2012 pertenecían a la ventana de mantenimiento. Las inversiones, empleando las herramientas derivadas de los programas de conservación, se recomiendan dentro del marco de asegurar la transitabilidad y seguridad de los usuarios de las rutas, esto a la espera de los correspondientes paquetes de reconstrucción y rehabilitación requeridos para atender las necesidades reales de estas rutas.

5.1.10 Análisis de los Modelos de Deterioro

Los Modelos de Deterioro son herramientas de gestión, que permiten predecir el desempeño del pavimento, asignar recursos en una forma racional, establecer parámetros de priorización, así como valorar el impacto que se obtiene al aplicar cambios en la gestión y buscar procesos que optimicen tanto el nivel de servicio como los recursos asignados. En la sección 3.8 del presente documento se emplean dos tipos de modelos de deterioro, en el apartado 3.8.1 se describe un modelo probabilístico a Nivel de Red empleando el proceso de las cadenas de Markov para generar matrices de transición de probabilidad que permiten el análisis de múltiples escenarios de deterioro y escenarios de deterioro/mantenimiento; el segundo modelo de deterioro se muestra en el apartado 3.8.2 y se encarga de analizar los indicadores del pavimento y se emplea como herramienta de análisis métodos de regresión que definen para cada sección de control un modelo de deterioro. Para unificar los resultados que se obtienen de los análisis de modelos de deterioro, se plantea el uso del PSICR, como el indicador de la condición del pavimento en ambos modelos.

- En el **apartado 3.8.1** el análisis de Markov (Porras Alvarado, y otros, 2014) establece las condiciones del pavimento en los años 2004, 2006, 2008 y 2010; con los datos de condición del período comprendido entre el 2004 - 2008 plantea 4 escenarios de deterioro, mantenimiento y rehabilitación, los resultados del 2010 sirven para la calibración de los modelos y la posterior

extrapolación al año 2020. Los resultados del escenario 3 equivalen a un deterioro aleatorio con acciones de mantenimiento y rehabilitación aleatorios, según Porras Alvarado este tipo de combinaciones probabilísticas generaron el modelo de predicción que presenta una mejor correlación con las condiciones actuales de Costa Rica. Los resultados que se obtienen de este modelo de deterioro indican que las acciones de mantenimiento que se están llevando a cabo consiguen mantener en equilibrio la condición actual y la condición estimada para el 2020 sin generar mejoras notables en la Red Vial, cerca del 40% de la Red Vial se encuentra en condiciones malas y muy malas la condición regular explica cerca del 37% de las condiciones presentes en la Red Vial con una tendencia al incremento, mientras que la condición buena se mantiene en rangos cercanos al 20%.

- En el **apartado 3.8.2** se realiza un análisis a nivel de proyecto de los valores de PSICR para un 90% de las secciones de control de la Red Vial Nacional Pavimentada, el análisis consiste en generar envolventes de deterioro para cada sección con un $PSICR > 3,2$ que es el límite entre la condición del pavimento regular y la condición mala. El análisis generó modelos de deterioro aproximadamente para un 50% de la Red Vial, los cuales presentaban valores de $PSI^{CR} > 3,2$. Extrapolando los resultados de los modelos de deterioro determinísticos hasta el año 2018, equivalente a dos campañas de evaluación, se tienen los siguientes resultados: En los próximos 2 años se podría dar un incremento acelerado del deterioro en 642 km equivalentes a un 12,20% de la Red Vial. Para 411,67 km que corresponden al 7,81% de la Red Vial, el deterioro por debajo de la condición regular podría presentarse en un lapso entre 2 a 4 años, mientras que cerca de 1 625,49 km lo cual equivale a un 30,85% de la Red Vial presentan una alta probabilidad de no alcanzar condiciones de deterioro malas o muy malas dentro de ese lapso de 4 años.

Al analizar en forma conjunta los modelos de deterioro probabilísticos y determinísticos, se puede observar como el escenario para el 2020, empleando los datos de IRI y las cadenas de Markov, muestran cerca de un 59% de la red vial en condiciones regulares y buenas equivalente a un incremento de un 2% con respecto a las secciones con la misma condición en el año 2010. Los modelos de deterioro a nivel de proyecto toman en consideración las Estrategias Generales de Intervención, y permiten calificar la condición del 2014 donde se observa que cerca de un 57,15% de la red vial se encuentra dentro del rango de condición buena y regular, este porcentaje es similar a los datos de la Tabla 30, donde el registro del año 2010 muestra que el porcentaje de la Red Vial en condición buena o regular era de un 57,27%, lo cual indica que en 4 años no se han presentado cambios apreciables en la condición buena y regular de la Red Vial.

De los modelos determinísticos se proyecta que un 12,20% de la Red Vial presenta una tendencia acelerada al deterioro en los próximos 2 años, posterior a estos dos años y extrapolando hasta el 2018 un 7,81% de la Red Vial presenta la misma tendencia a deteriorarse por debajo de la condición regular. Si las estrategias de gestión se encargan de recuperar secciones de la Red Vial que se encuentran en condiciones malas y muy malas sin minimizar el deterioro de las secciones con $PSI > 3,2$ se presentan el tipo de acciones indicadas en el escenario 3 de las cadenas de Markov, donde las mejoras que se presentan son aleatorias y los procesos de deterioro siguen a su vez un ciclo aleatorio. La generación de los modelos de deterioro determinísticos para las secciones de control, busca minimizar la pérdida aleatoria del patrimonio vial, al estimar el proceso de deterioro de las distintas secciones de control que actualmente se encuentran en una condición regular o buena.

5.1.11 Análisis de la Encuesta de Percepción Ciudadana sobre el Estado de la Red Vial Nacional

Como un aspecto fundamental, dentro de la gestión de activos en una red vial, la percepción de los usuarios sobre el estado de la infraestructura, principales corredores e instituciones se convierte en un instrumento que permite a la administración maximizar la eficiencia de los planes de gestión y enfocarlos en satisfacer las necesidades identificadas por parte del usuario. Los resultados de la encuesta realizada para la ERVN2014 se resumen en tres índices de percepción, empleando una escala de 0 a 100.

- **Índice de Infraestructura 27,5:** El desglose de este índice se muestra en la Tabla 38, donde la nota general de la infraestructura se subdividió en tres aspectos el primero fue la valoración de las calles y carreteras del país, donde el 67,9% de los encuestados las considera malas y muy malas; el segundo elemento fue la valoración de los puentes, un 60,7% de los entrevistados consideran que estas estructuras se encuentran en un estado malo y muy malo; el tercer elemento a considerar fue el estado de las aceras del país, se presentan resultados muy similares con respecto al estado de las calles y carreteras presentando un 66,5% de entrevistados que consideran su estado como malo y muy malo. La ponderación de estos tres componentes genera el índice de percepción de infraestructura.

- **Índice de carreteras principales 54,6:** En este apartado el usuario empleo la misma calificación de 0 a 100, para 5 vías principales de la red vial nacional, las cuales interconectan las fronteras y los puertos. Para calificar las rutas se empleo como muestra a los entrevistados que transitan o han transitado la ruta. Las carreteras denominadas Interamericanas con sus respectivos tramos San José – Frontera Norte y San José – Frontera Sur, presentan una calificación entre 54,2 - 52,8, no existe una diferencia real entre ambas carreteras al tomar en consideración el rango de confianza de 95%, la interconexión con las fronteras califica para un 53,5. En el caso de las rutas que interconectan con los muelles tenemos la carretera a Limón que en forma absoluta califica con la nota más baja dentro de los 5 corredores analizados. La Costanera con una nota de 62,6 y la carretera a Caldera o Concesión “San José – Caldera” con una nota de 65,2 presentan las notas más altas, y al analizar las diferencias estadísticas se puede establecer que la percepción de los usuarios sobre estas rutas no permite definir cual ruta es mejor respecto a la otra con un 95% de confianza.
- **Índice de Instituciones 52,7:** El análisis del MOPT, CONAVI, Municipalidades y el LanammeUCR, como instituciones relacionadas en el mantenimiento, construcción y desarrollo de las carreteras del país cada una en el ámbito de sus competencias; donde la percepción de los entrevistados se calificó en una escala de 0 a 10, el promedio de las calificaciones para cada institución no supera la nota de 7. Al modificar la escala del análisis para cada institución en la escala de 0 a 100 y ponderar los resultados se obtiene el índice de instituciones.

El análisis de los índices de percepción, denotan una baja calificación de la infraestructura para un 27,5 de 100, este resultado es independiente de diversas características de los entrevistados como los medios de transporte empleados, aspectos educativos o región en la cual se habita. Al respecto del índice relacionado con las carreteras principales, se observa como los valores de estas carreteras superan el valor de 27,5 obtenido en el índice de infraestructura en forma general, con valores mínimos de 46,2 y donde los usuarios califican la condición de una carretera en forma independiente al tipo de administración, al presentarse paridad estadística entre una ruta nacional a cargo del CONAVI con respecto a una ruta concesionada calificándolas entre 62,6 y 65,2. La percepción sobre las instituciones, no presentan una nota de aceptabilidad en su desempeño, en el caso de las instituciones encargadas de las acciones estratégicas y la ejecución a nivel de proyecto reciben en promedio una nota de 5,01 por su parte el área de fiscalización que ejerce el LanammeUCR alcanza la nota de 6,13.

Dentro de los indicadores se establecieron dos consultas que buscan establecer cómo ha evolucionado la percepción sobre la infraestructura en Costa Rica, un 65,3% de los entrevistados consideran que la red vial actual se encuentra mejor o igual que hace 10 años, esta percepción de igualdad o mejora disminuye levemente al consultar sobre el estado de la red vial hace 3 años, donde un 62,8% de los entrevistados considera que la red vial se encuentra igual o mejor, sin embargo dos terceras partes, de este porcentaje, consideran que la condición preponderante es una red que no presenta ni deterioro ni mejora.

Las problemáticas que se detectan en la red vial derivadas de la encuesta de percepción del usuario indican que un 50,5% de los entrevistados consideran que los “huecos” son el problema más importante. El segundo problema señalado por la encuesta de percepción se relaciona con problemas de “señalización” donde concuerdan un 30,9% de los entrevistados. El tercer problema en el cual coinciden un 27,5% de los entrevistados es una combinación de factores como “carreteras en mal estado, parches, bacheos, etc.”, lo cual sugiere que el tipo de soluciones y mejoras al problema de “huecos” detectado por los usuarios difiere del uso de parches o bacheos y se requiere de soluciones más integrales. Los demás elementos analizados como problemática incluyen aspectos de tránsito, aspectos geométricos, falta de mantenimiento entre otros. Cerca del 55% de los entrevistados considera que la inversión requerida para mantener y construir obra pública en el país es responsabilidad del Estado.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda al MOPT, CONAVI, COSEVI y otras entidades relacionadas con el sector vial implementar un sistema de gestión vial, efectivo, con el debido soporte técnico y programa de inversión a largo plazo, que garantice la recuperación, desarrollo, la sostenibilidad del patrimonio vial y una mayor seguridad vial en un umbral de 10 años, objetivo que requiere el país para dar soporte a su desarrollo económico y social. No se podrá mejorar la calidad de la inversión realizada en la red de carreteras con el mismo estilo de gestión que se ha venido utilizando hasta ahora, ya que el presente informe demuestra un avance casi nulo para recuperar la red vial pavimentada entre 2012 y 2014.

Se recomienda definir las políticas de gestión de infraestructura vial con una visión de largo plazo, que trasciendan los periodos de gobierno (4 años), y que plantee objetivos para la infraestructura vial de manera 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 el uso de las herramientas desarrolladas tanto en la ERVN2012 como en el ERVN2014 (PCI, Modelos de Deterioro, Otros), a fin modificar la tendencia observada en los modelos de deterioro, con base en estos nuevos elementos fortalecer 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 el uso de las “encuestas de percepción” u otros elementos de cotejo, que generen acercamiento con la percepción de los usuarios, a fin de crear un espacio donde el usuario pueda externar las inquietudes y molestias, que sirvan para mejorar la gestión.

Es importante que las instituciones MOPT-CONAVI-COSEVI empiecen a analizar los tramos de pavimento deslizante que se han detectado en esta evaluación para aplicar 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 mejor rozamiento para el frenado y la estabilidad en curvas. Esto contribuiría sensiblemente a reducir los accidentes de tránsito en nuestro país.

Es importante la implementación de bases de datos unificadas que permitan una adecuada trazabilidad de las inversiones y de esta forma poder evaluar la efectividad de las mismas en la condición de la red vial. Estos sistemas deben ser endémicos del CONAVI y deben ser sostenibles en el tiempo de forma que se promueva la transparencia de la inversión de los fondos públicos.

BIBLIOGRAFÍA

1. AASHO. (1961). The AASHO Road Test: History and Description of Project (Vol. 61). Washington, DC., U.S.A.: Highway Research Board.
2. AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. Washington, D.C., U.S.A.: AASHTO.
3. ASTM International. (2003). ASTM D 6433-03 Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International.
4. Dujisin, D., & Arroyo, A. (1995). Desarrollo de una Relación Índice de Serviciabilidad. Santiago, Chile: Cámara Chilena de la Construcción.
5. LanammeUCR. (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.
6. LanammeUCR. (2013). Calibración del Modelo de Serviciabilidad de Pavimentos Flexibles de AASTHO para Costa Rica. Montes de Oca, San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
7. LanammeUCR. (2013). Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, Años 2012-2013 (Primera Edición ed.). Montes de Oca, San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
8. 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.
9. Solminihaç, H. (1998). Gestión de Infraestructura Vial. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.

ANEXO A

Secciones de control derivadas del análisis del apartado 3.8.2.

Tabla A1. Escenario de 0 a 2 años (Periodo 2014-2016) para deterioro estimado de $PSI_{CR} < 3,2$

Zona de Conservación	Rutas	Secciones	Cantidad de Secciones	Longitud acumulada
1-1	2, 32, 39, 101, 102, 108, 110, 176, 201, 205, 209, 211, 216	19004, 40500, 10950, 10990, 19097, 19099, 19073, 19019, 19020, 19021, 19038, 19071, 19118, 19075, 19041, 19048, 10281, 19052, 19056, 10360	20	61,66 km
1-2	121, 167, 209, 239, 310	10460, 10520, 19082, 11220, 10491, 10772, 10771	7	27,11 km
1-3	206, 209, 222, 226	10242, 10202, 10190, 10181, 10142, 10152	6	34,49 km
1-4	3, 118, 122, 123	20132, 20082, 20150, 20290, 20310	5	19,98 km
1-5	1, 141, 722	20031, 20040, 20600, 20221	4	32,48 km
1-6	135, 156, 702, 703	20241, 21450, 20840, 20231	4	13,37 km
1-7	2, 10, 202, 219, 230, 251	10030, 30040, 30332, 30492, 30250, 30500, 30230, 30120	8	52,90 km
1-8	10, 224	30021, 30472, 30620, 30450	4	14,79 km
1-9	5, 111, 112, 113, 116, 117, 122	40060, 40140, 40152, 40560, 40180, 40251, 40261, 40430, 40370	9	20,65 km
2-1	1, 164	50040, 50060, 50400	3	56,21 km
2-2	1, 142	50000, 50150, 50093	2	24,95 km
2-3	21, 151, 253	50211, 51060, 51090	4	33,60 km
2-4	21, 150, 160, 624	50732, 50652, 50600, 60860	4	34,46 km
3-1	1	20060, 60200, 60220, 60240	4	54,32 km
3-2	3, 235	20700, 60462, 60461	3	9,72 km
4-1	326, 330	10881, 10840	2	16,79 km
4-2	2, 168, 617	60040, 61000, 60992	3	20,41 km
4-3	2, 223	60001, 60401	2	24,89 km
5-1	32	70090	1	12,93 km
5-2	32, 36, 234	70471, 70030, 70230	3	31,89 km
6-1	126, 140, 748	21800, 20662, 20942	3	15,63 km
6-2	141, 142, 702	20682, 21341, 20880, 21370	4	29,44 km
Total			105	642,63 km

Tabla A2. Escenario de 2 a 4 años (Periodo 2016-2018) para deterioro estimado de $PSI_{CR} < 3,2$

Zona de Conservación	Rutas	Secciones	Cantidad de Secciones	Longitud acumulada
1-1	2, 32, 39, 110, 207, 214, 215	19005, 40550, 19095, 19102, 19034, 19050, 19059, 19069	8	13,84 km
1-2	105, 147, 177	19026, 10450, 19123	3	5,07 km
1-3	209, 215, 226	19070, 10212, 10201, 11211, 19062, 11270, 10130	7	32,88 km
1-4	120, 124, 125, 136	40640, 20560, 20264, 20321, 20450	5	19,48 km
1-5	1, 141, 708	20010, 20440, 20921	3	19,14 km
1-6	702	20830	1	29,58 km
1-7	2, 219, 236	10250, 30090, 30240, 30051	4	22,95 km
1-8	10, 224	30471, 30462	2	13,80 km
1-9	114, 116	40210, 40170	2	9,84 km
2-1	N.A	N.A	N.A	N.A
2-2	1, 142	50110, 50310, 50942	3	38,43 km
2-3	21, 180	50092, 50100, 50520	3	26,75 km
2-4	18, 150	50741, 50171	2	8,73 km
3-1	606, 622	60681, 60450, 60440	3	17,45 km
3-2	34, 618	60162, 60082, 60130	3	34,99 km
4-1	244, 322, 334	10831, 10562, 11042	3	15,24 km
4-2	2, 617	60052, 60991	2	29,81 km
4-3	2	60002	1	7,96 km
5-1	249	70600	1	4,17 km
5-2	36	70001	1	6,11 km
6-1	140	20661	1	10,92 km
6-2	4	21011, 21351, 20722	3	44,59 km
Total			61	411,67 km

ANEXO B

Se adjunta un disco compacto donde se resume la información para cada una de las secciones de control evaluadas y los datos recopilados durante la campaña de evaluación de la red vial nacional 2014-2015 que incluye al menos los siguientes componentes por sección de control:

Tabla B1. Elementos asociados a la base de datos de las secciones de control - ERVN2014

Tipo de Dato	Elementos Específicos
Información General	Sección de Control Ruta Descripción Zona de Conservación Largo
Indicadores de condición y estrategias intervención general	Sensor D0 - FWD Valor IRI Grip Number Nota Q Estrategia Recomendada Estrategia Basada en Grip Number
Condición e Inversión	Inversión relativa Inversión Total Análisis de Condición Evolución de la Nota Q
Inversión realizada en los 15 ítems de conservación vial derivados de la sección 3.3.1 del INF-PITRA-003-2015	Ítems: M45_A, m41_A, M_304_4, 308_1, 203_8, M_609_2A, M45_E, M20_A, 109_04, M_204_1, 203_2, M41_D, 206_1, M30_A, 602A_1, Otros
Modelos de Deterioro 2014 $PSI_{2014} = A * X^2 + B_{2014} * X + C_{2014}$	Constantes: A B ₂₀₁₄ C ₂₀₁₄



LanammeUCR

LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Unviersidad de Costa Rica • Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Código Postal 11501-2060 San José, Costa Rica • **Tel:** (506) 2511-2500 • **Fax:** (506) 2511-4440

Email: direccion.lanamme@ucr.ac.cr • **Web:** www.lanamme.ucr.ac.cr