



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

OPTIMIZACIÓN DE POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN LA ZONA CENTRAL DE CHILE

SEBASTIÁN ANDRÉS MUÑOZ SUÁREZ

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROFESOR GUÍA:
GERARDO ECHEVERRÍA GOMEZ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
FEDERICO DELFÍN ARIZTÍA
MIGUEL VALDÉS FLORES

SANTIAGO DE CHILE
NOVIEMBRE 2012

OPTIMIZACIÓN DE POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN LA ZONA CENTRAL DE CHILE

La gestión de pavimentos busca conservar las condiciones de seguridad, comodidad, capacidad estructural y nivel de servicio adecuados de la red vial, a lo largo del período de servicio, para la demanda de tránsito vehicular y soportando las condiciones climáticas y del entorno de la zona de emplazamiento, reduciendo los costos de los usuarios, generando beneficios sociales y reduciendo las emisiones al medio ambiente. Para llevar a cabo lo anterior, se requiere de la aplicación de acciones de conservación óptimas.

El presente trabajo de título se enmarca en el área de la gestión de pavimentos. En este contexto, se propone como objetivo principal realizar una optimización de las políticas de conservación de pavimentos asfálticos de la zona central de Chile bajo un enfoque socio-económico, y con consideraciones técnicas, que contribuya a realizar una asignación eficiente de recursos en conservación. Por otra parte, con el propósito de optimizar la rentabilidad económica-social de las políticas de conservación, se establece como objetivo específico determinar el límite de eficiencia de la aplicación de estas políticas.

Para el desarrollo de este trabajo, se utilizó el módulo de análisis estratégico del programa de gestión de pavimentos conocido como HDM-4. Para el ajuste de los modelos de deterioro de pavimentos asfálticos y de costos de operación vehicular de este programa a las condiciones chilenas, se consideraron los factores de calibración de estudios previos. La metodología usada consideró la definición de escenarios representativos de caminos pavimentados con carpeta asfáltica de la zona central de Chile caracterizados por las variables de “tramificación”: tránsito y estructura, junto con su estado de deterioro. Posteriormente, para cada escenario definido, se simuló y evaluó económicamente en HDM-4 la aplicación de más de doscientas alternativas de conservación. Finalmente se obtuvo una matriz de alternativas mediante las cuales se propone la solución óptima de conservación para cada situación.

A la luz de los resultados obtenidos, se observa que es conveniente el uso de las alternativas de conservación que consideran carpetas de refuerzo de espesor más bien delgado y/o sellos asfálticos aplicados oportunamente, en vez de esperar un mayor deterioro que implique la reconstrucción del pavimento. Lo anterior se ve reflejado en que, en todos los casos analizados, las alternativas de reconstrucción se encuentran muy por debajo de la curva correspondiente al “límite de eficiencia”. El momento más oportuno para la aplicación de carpetas de refuerzo y sellos (condición de respuesta), resulta cuando el indicador de regularidad superficial IRI alcanza valores entre 3 y 4,5 m/km.

La realización de evaluaciones técnico-económicas es altamente conveniente para utilizar como un criterio más en la cuantificación y asignación de recursos para la conservación. De esta manera, se propone ampliar el análisis realizado considerando el clima y materiales de las carpetas de rodadura existentes en la red vial nacional e incorporar en el análisis los modelos de seguridad, de emisiones y de balance de energía de HDM-4.

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar mi paso por la escuela, no puedo dejar de mirar atrás y sentirme profundamente agradecido por todas las personas que, directa e indirectamente, han sido determinantes en mi formación como persona y como profesional.

En primer lugar agradezco a mis padres y hermano por su amor incondicional, comprensión, esfuerzo y enseñanzas; a mis familiares por su alegría, protección y cariño.

Agradezco a todos quienes me ayudaron a finalizar este proceso. A mis amigos de la escuela y a todos mis compañeros de estudio y profesores, quienes me apoyaron siempre y tuvieron la generosidad de compartir sus valores, reflexiones, habilidades y conocimientos, en especial a Leonardo Pizarro, Sergio Román, Francisco Castro, Mario Muñoz por su amistad, por su ayuda y aliento.

A todos los que fueron fundamentales en este trabajo, a los profesores Gerardo Echeverría y Federico Delfín por su tiempo y dedicación, por sus comentarios constructivos que contribuyeron significativamente en este Trabajo de Título. Especialmente agradezco a don Miguel Valdés por el planteamiento del trabajo, por la entrega de información y en general por orientar generosamente su desarrollo.

Agradezco al Departamento de Gestión Vial de la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas por permitirme acceder a la herramienta utilizada y por la entrega de información, y a todos los profesionales que con sus comentarios permitieron guiar este trabajo.

Finalmente, agradezco a todas las persona que no fueron se mencionaron, pero que aportaron con algún grano de arena en todo este proceso.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes Generales.....	1
1.2 Objetivo	4
1.3 Metodología.....	4
1.4 Alcances y Limitaciones.....	5
1.5 Contenido por capítulos.....	6
2. SISTEMAS DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS	7
2.1 Generalidades	7
2.2 Definiciones básicas de la Gestión Vial	8
2.3 Componentes de un Sistema de Gestión de Pavimentos	9
2.3.1 Recolección de parámetros para la evaluación del Estado de las Calzadas de Asfalto	10
2.3.2 Evaluación del Estado de las Calzadas Pavimentadas	10
2.4 Sistemas de Gestión de Conservación Vial: Modelo HDM-4.....	12
2.4.1 Reseña histórica.....	12
2.4.2 Descripción del HDM-4	12
2.4.3 Marco analítico de HDM-4	14
2.4.4 Aplicación del Ciclo de Gestión.....	16
3. ANÁLISIS TECNICO DEL COMPORTAMIENTO DE PAVIMENTOS DE ASFALTO.....	18
3.1 Generalidades	18
3.2 Fallas en pavimentos asfálticos	19
3.2.1 Fallas de tipo funcional	20
3.2.2 Fallas de tipo estructural.....	22
3.3 Modelos de comportamiento en pavimentos flexibles	23
3.3.1 Modelos de deterioro HDM	23
3.3.1.1 Deterioro de la Capa de Rodadura.....	23
3.3.1.2 Deformación	27
3.3.1.3 Textura de la capa de rodadura.....	30
3.3.1.4 Interacción de deterioros	30
3.4 Evaluación técnica de pavimentos.....	31
3.4.1 Evaluación Funcional	32
3.4.1.1 Rugosidad.....	32
3.4.1.2 Fallas Superficiales.....	32
3.4.1.3 Pérdida de Fricción.....	33
3.4.1.4 Trabajos de Conservación	33
3.4.2 Evaluación Estructural.....	34

4. POLITICAS DE CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	37
4.1 Generalidades	37
4.2 Acciones de conservación	38
4.2.1 Acciones de conservación para pavimentos asfálticos.....	38
5. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS	43
5.1 Generalidades	43
5.2 Evaluación Privada y Social de Proyectos	43
5.3 Alternativa Base de Comparación	44
5.4 Beneficios	44
5.4.1 Ahorro de costos de conservación de la vía	45
5.5 Costos	45
5.5.1 Costo de Construcción.....	45
5.5.2 Costos de Conservación	46
5.5.3 Costos de Usuarios	46
5.5.4 Costos Exógenos	47
5.6 Criterios de selección de Proyectos de Conservación	48
5.6.1 Valor Actualizado Neto (VAN)	48
5.6.2 Tasa interna de retorno (TIR)	48
5.6.3 Razón beneficio-costo (B/C)	49
5.6.4 Beneficios del primer año (FYB)	49
5.7 Horizonte de Evaluación	49
5.8 Tasa de Descuento	50
5.9 Priorización de Alternativas a Nivel de Tramo	50
5.10 Comentarios.....	50
6. DEFINICIÓN DE ESCENARIOS CONSIDERADOS EN EL ESTUDIO	51
6.1 Caracterización de pavimentos asfálticos de la zona central.....	55
6.1.1 Zona Climática	55
6.1.2 Tipo de Carpeta de Rodadura.....	57
6.1.3 Estructura.....	57
6.1.4 Condición del Pavimento	58
6.1.5 Características Constantes	58
6.2 Caracterización del tránsito	61
6.2.1 Demanda vehicular actual: TMDA	61
6.2.2 Flota Vehicular representativa.....	62
6.2.2.1 Descripción de la Flota Vehicular.....	63
6.2.2.2 Distribución Porcentual del Tráfico Inicial	64
6.2.3 Demanda vehicular futura	64
6.3 Resultados de la modelación	66
6.3.1 Tramo Estructura Débil con Tránsito Bajo	68
6.3.2 Tramo Estructura Débil con Tránsito Medio	74
6.3.3 Tramo Estructura Media con Tránsito Bajo	81
6.3.4 Tramo Estructura Media con Tránsito Medio	88
6.3.5 Tramo Estructura Media con Tránsito Alto	95

6.3.6 Tramo Estructura Fuerte con Tránsito Medio	102
6.3.7 Tramo Estructura Fuerte con Tránsito Alto.....	109
7. CONCLUSIONES	117
7.1 General.....	117
7.2 Comentarios del trabajo.....	118
7.3 Conclusiones.....	119
7.4 Recomendaciones	120
BIBLIOGRAFÍA.....	124
ANEXO A. ESTÁNDARES DE CONSERVACIÓN	126
ANEXO B. DATOS CALIBRADOS DE MODELO DE DETERIORO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.....	148
ANEXO C. DATOS CALIBRADOS DE MODELO DE COSTOS DE OPERACIÓN DE USUARIOS.....	157
ANEXO D. EVALUACIÓN BENEFICIOS ALTERNATIVAS ÓPTIMAS	165
ANEXO F. DICCIONARIO TÉRMINOS EN HDM-4	187

INDICE DE TABLAS

TABLA 2.1: DATOS RECOLECTADOS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.	10
TABLA 2.2: LÍMITES DEL ICP PARA LA ASIGNACIÓN DEL ESTADO DE LOS PAVIMENTOS.	11
TABLA 2.3: PROCESOS DE GESTIÓN	16
TABLA 2.4: FUNCIONES DE GESTIÓN Y LAS APLICACIONES HDM-4 CORRESPONDIENTES.....	17
TABLA 3.1: CARACTERÍSTICAS DE LOS PAVIMENTOS Y SU RELACIÓN CON LOS UMBRALES	31
TABLA 3.2: COMPARACIÓN DE MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	35
TABLA 6.1: VARIABLES A CONSIDERAR EN LA MATRIZ DE TRAMIFICACIÓN	52
TABLA 6.2: MATRIZ DE TRAMIFICACIÓN	53
TABLA 6.3: LÍMITES DEL ICP PARA LA ASIGNACIÓN DEL ESTADO DE LOS PAVIMENTOS	54
TABLA 6.4: DEFINICIÓN DEL CLIMA	56
TABLA 6.5: DEFINICIÓN DE ESTRUCTURAS	58
TABLA 6.6: VALORES DE LA CONDICIÓN DE TRAMOS.....	58
TABLA 6.7: DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GENERALES DE TRAMOS	59
TABLA 6.8: DEFINICIÓN DE TRÁNSITO POR TRAMO.....	62
TABLA 6.9: CARACTERÍSTICAS DE VEHÍCULOS PROMEDIO POR CATEGORÍA DE LA FLOTA VEHICULAR CHILENA	63
TABLA 6.10: PARTICIPACIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE VEHÍCULOS	64
TABLA 6.11: TASA DE CRECIMIENTO.....	66
TABLA 6.12: ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN TRAMO 01-EDTB-D	68
TABLA 6.13: EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE DETERIORO CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA EN EL TRAMO 01-EDTB-D	69
TABLA 6.14: ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN TRAMO 02-EDTB-M	70
TABLA 6.15: EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE DETERIORO CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA EN EL TRAMO 02-EDTB-M	71
TABLA 6.16: ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN TRAMO 03-EDTB-R	72
TABLA 6.17: EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE DETERIORO CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA EN EL TRAMO 03-EDTB-R	73
TABLA 6.18: ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN TRAMO 04-EDTM-D	74
TABLA 6.19: EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE DETERIORO CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA EN EL TRAMO 04-EDTM-D	76
TABLA 6.20: ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN TRAMO 05-EDTM-M	77
TABLA 6.21: EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE DETERIORO CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA EN EL TRAMO 05-EDTM-M	78
TABLA 6.22: ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN TRAMO 06-EDTM-R	79
TABLA 6.23: EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE DETERIORO CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA EN EL TRAMO 06-EDTM-R	80
TABLA 6.24: ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN TRAMO 07-EMTB-D	81
TABLA 6.25: EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE DETERIORO CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA EN EL TRAMO 07-EMTB-D	83
TABLA 6.26: ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN TRAMO 08-EMTB-M.....	84
TABLA 6.27: EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE DETERIORO CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA EN EL TRAMO 08-EMTB-M	85
TABLA 6.28: ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN TRAMO 09-EMTB-R.....	86

TABLA 6.29: EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE DETERIORO CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA EN EL TRAMO 09-EMTB-R	87
TABLA 6.30: ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN TRAMO 10-EMTM-D	88
TABLA 6.31: EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE DETERIORO CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA EN EL TRAMO 10-EMTM-D	90
TABLA 6.32: ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN TRAMO 11-EMTM-R.....	91
TABLA 6.33: EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE DETERIORO CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA EN EL TRAMO 11-EMTM-R	92
TABLA 6.34: ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN TRAMO 12-EMTM-M.....	93
TABLA 6.35: EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE DETERIORO CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA EN EL TRAMO 12-EMTM-M.....	94
TABLA 6.36: ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN TRAMO 13-EMTA-D	95
TABLA 6.37: EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE DETERIORO CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA EN EL TRAMO 13-EMTA-D	97
TABLA 6.38: ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN TRAMO 14-EMTA-M	98
TABLA 6.39: EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE DETERIORO CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA EN EL TRAMO 14-EMTA-M	99
TABLA 6.40: ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN TRAMO 15-EMTA-R	100
TABLA 6.41: EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE DETERIORO CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA EN EL TRAMO 15-EMTA-R	101
TABLA 6.42: ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN TRAMO 16-EFTM-D.....	102
TABLA 6.43: EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE DETERIORO CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA EN EL TRAMO 16-EFTM-D.....	104
TABLA 6.44: ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN TRAMO 17-EFTM-M	105
TABLA 6.45: EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE DETERIORO CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA EN EL TRAMO 17-EFTM-M.....	106
TABLA 6.46: ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN TRAMO 18-EFTM-R	107
TABLA 6.47: EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE DETERIORO CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA EN EL TRAMO 18-EFTM-R.....	108
TABLA 6.48: ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN TRAMO 19-EFTA-D	109
TABLA 6.49: EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE DETERIORO CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA EN EL TRAMO 19-EFTA-D	111
TABLA 6.50: ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN TRAMO 20-EFTA-M.....	112
TABLA 6.51: EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE DETERIORO CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA EN EL TRAMO 20-EFTA-M.....	113
TABLA 6.52: ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN TRAMO 21-EFTA-R.....	114
TABLA 6.53: EVOLUCIÓN DE INDICADORES DE DETERIORO CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA EN EL TRAMO 21-EFTA-R	115

INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 6.1: LIMITE DE EFICIENCIA DE CONSERVACIÓN TRAMO 01-EDTB-D	68
GRÁFICO 6.2: EVOLUCIÓN DEL IRI CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA EN EL TRAMO 01-EDTB-D	69
GRÁFICO 6.3: LIMITE DE EFICIENCIA DE CONSERVACIÓN TRAMO 02-EDTB-M	70
GRÁFICO 6.4: EVOLUCIÓN DEL IRI CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA EN EL TRAMO 02-EDTB-M	71
GRÁFICO 6.5: LIMITE DE EFICIENCIA DE CONSERVACIÓN TRAMO 03-EDTB-R	72
GRÁFICO 6.6: EVOLUCIÓN DEL IRI CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA EN EL TRAMO 03-EDTB-R	73
GRÁFICO 6.7: LIMITE DE EFICIENCIA DE CONSERVACIÓN TRAMO 04-EDTM-D	75
GRÁFICO 6.8: EVOLUCIÓN DEL IRI CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA EN EL TRAMO 04-EDTM-D	76
GRÁFICO 6.9: LIMITE DE EFICIENCIA DE CONSERVACIÓN TRAMO 05-EDTM-M.....	77
GRÁFICO 6.10: EVOLUCIÓN DEL IRI CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA EN EL TRAMO 05-EDTM-M.....	78
GRÁFICO 6.11: LIMITE DE EFICIENCIA DE CONSERVACIÓN TRAMO 06-EDTM-R	79
GRÁFICO 6.12: EVOLUCIÓN DEL IRI CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA EN EL TRAMO 06-EDTM-R	80
GRÁFICO 6.13: LIMITE DE EFICIENCIA DE CONSERVACIÓN TRAMO 07-EMTB-D	82
GRÁFICO 6.14: EVOLUCIÓN DEL IRI CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA EN EL TRAMO 07-EMTB-D	83
GRÁFICO 6.15: LIMITE DE EFICIENCIA DE CONSERVACIÓN TRAMO 08-EMTB-M.....	84
GRÁFICO 6.16: EVOLUCIÓN DEL IRI CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA EN EL TRAMO 08-EMTB-M.....	85
GRÁFICO 6.17: LIMITE DE EFICIENCIA DE CONSERVACIÓN TRAMO 09-EMTB-R.....	86
GRÁFICO 6.18: EVOLUCIÓN DEL IRI CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA EN EL TRAMO 09-EMTB-R.....	87
GRÁFICO 6.20: LIMITE DE EFICIENCIA DE CONSERVACIÓN TRAMO 10-EMTM-D.....	89
GRÁFICO 6.21: EVOLUCIÓN DEL IRI CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA EN EL TRAMO 10-EMTM-D.....	90
GRÁFICO 6.22: LIMITE DE EFICIENCIA DE CONSERVACIÓN TRAMO 11-EMTM-R.....	91
GRÁFICO 6.23 EVOLUCIÓN DEL IRI CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA EN EL TRAMO 11-EMTM-R.....	92
GRÁFICO 6.24: LIMITE DE EFICIENCIA DE CONSERVACIÓN TRAMO 12-EMTM-M.....	93
GRÁFICO 6.25 EVOLUCIÓN DEL IRI CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA EN EL TRAMO 12-EMTM-M.....	94
GRÁFICO 6.26: LIMITE DE EFICIENCIA DE CONSERVACIÓN TRAMO 13-EMTA-D	96
GRÁFICO 6.27: EVOLUCIÓN DEL IRI CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA EN EL TRAMO 13-EMTA-D	97
GRÁFICO 6.28: LIMITE DE EFICIENCIA DE CONSERVACIÓN TRAMO 14-EMTA-M.....	98
GRÁFICO 6.29: EVOLUCIÓN DEL IRI CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA EN EL TRAMO 14-EMTA-M.....	99
GRÁFICO 6.30: LIMITE DE EFICIENCIA DE CONSERVACIÓN TRAMO 15-EMTA-R	100

GRÁFICO 6.31: EVOLUCIÓN DEL IRI CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA EN EL TRAMO 15-EMTA-R	101
GRÁFICO 6.32: LIMITE DE EFICIENCIA DE CONSERVACIÓN TRAMO 16-EFTM-D	103
GRÁFICO 6.33: EVOLUCIÓN DEL IRI CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA EN EL TRAMO 16-EFTM-D	104
GRÁFICO 6.34: LIMITE DE EFICIENCIA DE CONSERVACIÓN TRAMO 17-EFTM-M	105
GRÁFICO 6.35: EVOLUCIÓN DEL IRI CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA EN EL TRAMO 17-EFTM-M	106
GRÁFICO 6.36: LIMITE DE EFICIENCIA DE CONSERVACIÓN TRAMO 18-EFTM-R	107
GRÁFICO 6.37: EVOLUCIÓN DEL IRI CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA EN EL TRAMO 18-EFTM-R	108
GRÁFICO 6.38: LIMITE DE EFICIENCIA DE CONSERVACIÓN TRAMO 19-EFTA-D.....	110
GRÁFICO 6.39: EVOLUCIÓN DEL IRI CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA EN EL TRAMO 19-EFTA-D.....	111
GRÁFICO 6.40: LIMITE DE EFICIENCIA DE CONSERVACIÓN TRAMO 20-EFTA-M.....	112
GRÁFICO 6.41: EVOLUCIÓN DEL IRI CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA EN EL TRAMO 20-EFTA-M.....	113
GRÁFICO 6.42: LIMITE DE EFICIENCIA DE CONSERVACIÓN TRAMO 21-EFTA-R.....	114
GRÁFICO 6.43: EVOLUCIÓN DEL IRI CON APLICACIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA EN EL TRAMO 21-EFTA-R.....	115

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1: COMPOSICIÓN DEL INVENTARIO DE PAVIMENTOS EN CHILE	1
FIGURA 2.1: ESTRUCTURA DEL HDM-4.....	13
FIGURA 2.2: CONCEPTO DE ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA EN HDM-4	15
FIGURA 2.3: EFECTO DEL ESTADO DE LA CARRETERA EN LOS COSTOS DE OPERACIÓN DEL VEHÍCULO.....	15
FIGURA 2.4: CICLO DE GESTIÓN DE LA CONSERVACIÓN DE CAMINOS	17
FIGURA 3.1: EVOLUCIÓN DEL TIPO DE CARPETA DE RODADURA EN CAMINOS PAVIMENTADOS.....	18
FIGURA 3.2: PROPORCIÓN DEL TIPO DE CARPETA DE RODADURA ACTUAL	18
FIGURA 3.3: MODELACIÓN DEL INICIO Y PROGRESIÓN DEL DETERIORO	24
FIGURA 3.4: INICIO Y PROGRESIÓN DEL AGRIETAMIENTO	25
FIGURA 3.5: INICIO Y PROGRESIÓN DE LA PÉRDIDA DE ÁRIDOS	26
FIGURA 3.6: INICIO Y PROGRESIÓN DE BACHES	27
FIGURA 3.7: FORMA FUNCIONAL DEL AHUELLAMIENTO INCLUIDOS LOS EFECTOS DE LAS GRIETAS E INGRESO DE AGUA.....	28
FIGURA 3.8: FORMA FUNCIONAL DEL MODELO DE RUGOSIDAD	29
FIGURA 3.9: INTERACCIÓN DE DETERIOROS EN HDM-4.....	30
FIGURA 3.10: CLASIFICACIÓN DE MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE UN PAVIMENTO.....	34
FIGURA 5.1: CÁLCULO DE LOS BENEFICIOS DE UN PROGRAMA PARA VARIOS AÑOS	45
FIGURA 5.2: RELACIÓN COSTES-ESTÁNDAR DE LA CARRETERA	46
FIGURA 6.1: TRAMIFICACIÓN DE UN CAMINO.....	51
FIGURA 6.2: DEFINICIÓN EN HDM-4 DE UN TRAMO HOMOGÉNEO (<i>SECTION</i>)	52
FIGURA 6.3: SECTORIZACIÓN DE UN TRAMO	53

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes Generales

La red vial de Chile, actualizada a diciembre del año 2010, estaba conformada por 18.146 Kilómetros de caminos pavimentados y 59.618 Kilómetros de caminos no pavimentados (Departamento de Gestión Vial, 2011). La figura 1.1 muestra la evolución de la composición de la red vial según tipo de capa de rodadura de pavimentos por calzada.

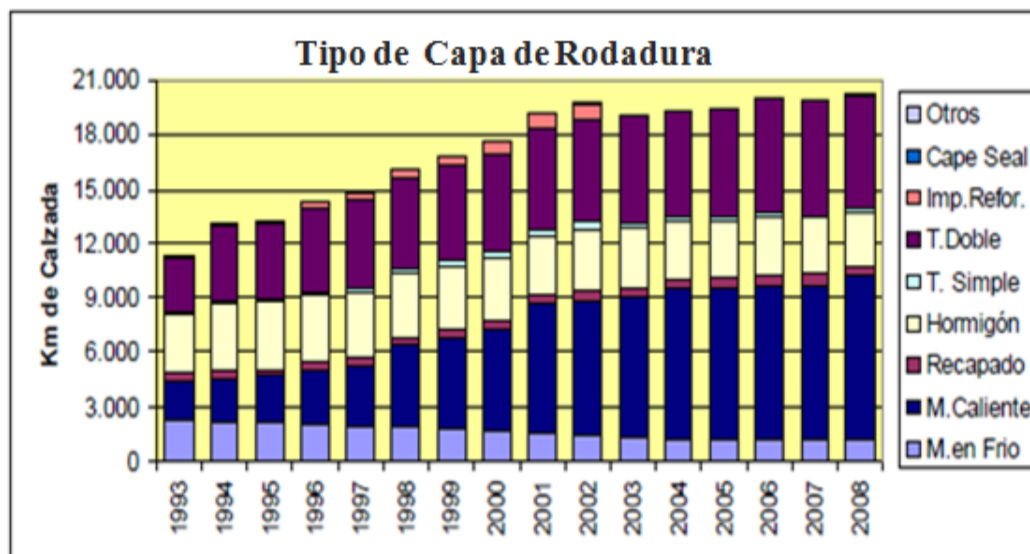


Figura 1.1: Composición del Inventario de Pavimentos en Chile (Inventario Vial de Caminos Pavimentados 2010, Departamento de Gestión Vial)

La infraestructura existente es el fruto de grandes inversiones, la última estimación disponible señala que el patrimonio vial alcanza los US\$24.656 millones (Dirección de Vialidad, MOP, 2010). Además de constituir un importante activo fijo, la red vial es un factor importante para el desarrollo económico y social del país al permitir el transporte terrestre de bienes y personas.

Los pavimentos, luego de su construcción y puesta en servicio, comienzan un proceso de deterioro progresivo debido principalmente a las sollicitaciones externas producidas por el tránsito y diversos agentes climáticos. La velocidad de deterioro se ha acentuado en las últimas décadas debido al aumento considerable del tránsito de vehículos pesados, tanto en volumen como en carga por eje. Estas sollicitaciones en muchos casos han sobrepasado la capacidad con la cual se diseñaron originalmente los pavimentos. Lo anterior ha provocado pérdidas del patrimonio vial y aumentos de los costos de transporte de los usuarios.

Para evitar que los caminos experimenten un deterioro acelerado, las autoridades deben invertir cuantiosas sumas en trabajos de conservación o rehabilitación, los cuales deben aplicarse en forma oportuna para resguardar el patrimonio vial y minimizar los costos de los usuarios, y de esta manera asegurar el funcionamiento y la seguridad a largo plazo de la

red vial. La experiencia señala que una mantención caminera adecuada y oportuna resulta económica y es la alternativa razonable cuando se trata de obtener la máxima eficiencia de las inversiones realizadas en la construcción y en la explotación (Salgado et al, 1987)

Uno de los objetivos primordiales de la conservación es evitar la pérdida innecesaria de capital invertido mediante la protección física de la estructura básica y de la superficie del camino. Esta conservación procura evitar la destrucción de partes de la estructura de los caminos y la necesidad de una posterior rehabilitación o reconstrucción (Gaete, 1994).

Las conservaciones que no son realizadas en el momento oportuno, originan un rápido deterioro de la infraestructura vial y en un corto tiempo los caminos llegan a un estado tal que el costo de su rehabilitación puede llegar a ser entre tres a cinco veces más de lo que habría costado su oportuno mantenimiento (Dirección de Vialidad, MOP, 2004). A esto se debe agregar el aumento en el costo de operación de los vehículos, el que supera rápidamente el costo de las conservaciones a medida que los caminos van empeorando su estado.

Por su parte, existe una tendencia al alza en los costos por kilómetro de mantenimiento de caminos, principalmente en lo relativo a caminos pavimentados. En la zona central, por ejemplo, el costo¹ por Km. se incrementó en un 20,4% el 2002 y en un 25,8% el 2003 (con respecto al 2001). El incremento de costos podría estar reflejando el deterioro de los caminos por anterior déficit de conservación, ya que la inversión en conservación por kilómetro crece con el deterioro de la red pues se requieren más reposiciones (Dirección de Vialidad, MOP, 2004)

El problema de prevenir el deterioro prematuro de los caminos va a seguir existiendo mientras existan caminos y vehículos que los utilicen. Más aún, irá en aumento con el crecimiento de la red vial nacional, con el incremento en los flujos de tránsito por el crecimiento poblacional, el incremento de las tasas de motorización y el desarrollo económico del país.

Las necesidades de conservación de carreteras aumentan con el desarrollo de un país. De hecho, la cantidad dedicada a conservación, respecto a la dedicada a construcción, en los países más desarrollados supera, en la mayoría de los casos, el 50% del presupuesto destinado a carreteras.

Gestión Vial

La importancia que tiene una adecuada y oportuna conservación de los pavimentos, tanto por el gasto público incurrido en el patrimonio vial como por las inversiones para su conservación, requiere del estudio de soluciones técnicamente factibles y de la aplicación de herramientas que puedan establecer la asignación de los recursos destinados a este propósito, sujetos a restricciones presupuestarias, en forma eficiente, de modo de minimizar el costo total del transporte por carreteras (construcción, conservación y usuarios). En

¹ Indicadores de inversión por Km., la cual es variable según el tipo de conservación que se haga, por ejemplo, si son reposiciones será más alta que si se hacen sellos o conservación rutinaria

Chile, el responsable de la conservación de la red vial nacional es el Departamento de Gestión Vial (DGV), perteneciente a la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas.

El concepto de “gestión de pavimentos” ha evolucionado en forma acelerada en el último tiempo, pasando hoy en día al concepto de “gestión de infraestructura vial”. Su objetivo básico es usar información segura y consistente para desarrollar criterios de decisión, otorgar alternativas realistas y contribuir a la eficiencia en la toma de decisiones, para así conseguir un programa de acción económicamente óptimo y en el cual se tenga una retroalimentación de las consecuencias de las decisiones tomadas, como medio de asegurar su efectividad (Barrera et al, 2003).

Uno de los sistemas más utilizados para la ayuda en la toma de decisiones en gestión de infraestructura vial es el sistema *Highway Development and Management* (HDM). Las versiones de los modelos HDM han sido ampliamente utilizadas por las agencias y consultores para estudiar las consecuencias técnico-económicas que tienen las inversiones de infraestructura vial.

La versión más reciente de esta herramienta analítica de planificación de la conservación vial, HDM-4, permite realizar evaluaciones técnico-económicas de inversión y de conservación basado en un análisis del ciclo de vida de caminos y de los efectos de las actividades de conservación preestablecidas en los costos de operación de vehículos y tiempos de viaje de los usuarios, de cuya comparación se logran los beneficios que sustentan la aceptabilidad del proyecto, al ser comparados con la inversión y sus respectivos costos de mantenimiento.

Con la modelación del comportamiento de los pavimentos, es posible predecir la evolución anual de cada uno de los tipos de deterioros pudiendo programar acciones de conservación en función de umbrales de intervención definidos por el usuario y que responden a políticas y estándares predefinidos. La evaluación de un conjunto de estándares con acciones de conservación y umbrales asociados determina aquellos de mayor beneficio social en función del estado actual y futuro del pavimento, los niveles de tránsito y las condiciones climáticas.

Como todos los sistemas basados en modelos matemáticos empíricos y manejados mediante métodos computacionales, para obtener resultados actualizados y ajustados a las condiciones particulares de cada país o región, HDM se debe retroalimentar con la información más reciente y real para la calibración de sus modelos de comportamiento de pavimentos y de costos operacionales de los usuarios. La importancia del proceso de calibración de los modelos está en el impacto económico, ya que debido a la influencia directa del inicio y progresión de los deterioros del pavimento, se hace necesaria una adecuada adaptación de ellos, de modo que se pueda efectuar una evaluación económica certera de los proyectos viales (De Solminihac et al, 2002)

Planteamiento del problema

La conservación de la red vial en un determinado estándar implica tomar decisiones respecto de la asignación de recursos bajo restricciones presupuestarias. Desde esta perspectiva, el presente trabajo pretende realizar un análisis de la influencia de las políticas de conservación en la rentabilidad socio-económica de las inversiones comprometidas bajo distintos escenarios, y que tienda a determinar las soluciones óptimas de conservación según las características generales y al estado de los caminos, para evaluar futuras estrategias de planificación y mejorar la eficiencia del uso de los recursos para la conservación de caminos.

1.2 Objetivo

El objetivo principal del presente trabajo es realizar una optimización de las políticas de conservación, bajo un enfoque socio-económico y con consideraciones técnicas, que represente una solución preventiva del deterioro de pavimentos asfálticos de la red vial interurbana de la zona central de Chile y que contribuya a realizar una asignación eficiente de recursos en conservación.

Objetivos Específicos

- Desarrollar escenarios en pavimentos asfálticos de la zona central de Chile, principalmente de sus características y condición representativa.
- Analizar los parámetros considerados en HDM-4 y estudiar el comportamiento de los pavimentos asfálticos considerando los modelos de deterioro que incluye el programa.
- Desarrollar un análisis estratégico en HDM-4 mediante una evaluación económico-social de las políticas de conservación activas en cada escenario y bajo restricciones presupuestarias predefinidas.
- Optimizar la rentabilidad económica-social de las políticas de conservación de los caminos estudiados (determinación de frontera de eficiencia)

1.3 Metodología

Este trabajo se desarrolló considerando, básicamente, las siguientes etapas:

En la primera etapa se establecieron criterios de selección de caminos asfálticos de la zona central de Chile de acuerdo a la estructura (composición de capas) y al tránsito, que junto al clima, son las variables más relevantes en el comportamiento de pavimentos asfálticos pues definen tanto el inicio como la progresión del deterioro que en ellos se puede presentar, junto con la interacción entre las diferentes manifestaciones de daño y desgaste superficial.

A partir de la información proporcionada por el DGV, se configuró el factorial de experimento o matriz de tramificación y sus valores que fueron posteriormente analizados, considerando: tres tipos de capacidad estructural de los pavimentos asfálticos (Inventario Vial 2010); tres niveles de tránsito (Base SECTO 2010) y tres condiciones del pavimento² (Informe PAM Zona Central 2010).

En la segunda etapa, en base a estudios recientes donde se calibraron los modelos que incluye HDM-4 de deterioro y de costos de operación de los usuarios a la realidad de los pavimentos asfálticos de Chile, se estructuraron los parámetros de dichos modelos. Para los modelos de deterioro se consideró el estudio de DDQ Ingenieros Consultores Ltda. (2010), mientras que para el modelo de costos de operación de los usuarios se consideró el estudio de Len y Asociados Ingenieros Consultores Ltda. (2006) y los precios sociales de MIDEPLAN (2011). Para los datos complementarios de los tramos de estudio que requiere HDM-4, se consideraron las referencias del DGV.

En la tercera etapa se realizó una evaluación estratégica en HDM-4 de cada uno de los escenarios considerados en la matriz de tramificación, considerando inicialmente la aplicación de los estándares de conservación definidas por el DGV, a los cuales se realizó un análisis de rentabilidad socioeconómica (VAN Social) en un periodo de 15 años. Este enfoque permitió perfilar claramente los lineamientos generales de las políticas más adecuadas para cada escenario y limitar las alternativas a optimizar. Posteriormente, se flexibilizaron los criterios de intervención para obtener el máximo VAN Social posible dentro de las alternativas ya seleccionadas, a las que además se verifica la consistencia con la condición resultante al término del período de evaluación.

Dado que la optimización realizada es válida en la medida que no existan restricciones presupuestarias, y como en la práctica los fondos destinados a conservación son limitados, en la cuarta etapa se seleccionan las alternativas que involucren menores recursos de capital, pero cuidando que el VAN Social disminuya lo menos posible. Esto se logró utilizando como técnica de optimización el criterio de la frontera de eficiencia, expresada en términos del VAN Social y de los Costos asociados las políticas de conservación en los casos analizados.

1.4 Alcances y Limitaciones

Alcances

Como se ha mencionado, este trabajo contempla el análisis de las políticas de conservación de pavimentos asfálticos de la zona central de Chile bajo un enfoque socio-económico y con consideraciones técnicas, del que se espera que permita apoyar la toma de decisión en escenarios homologables a los estudiados respecto de que alternativas de conservación aplicar en el largo plazo de acuerdo a las condiciones de la capacidad estructural, tránsito y condición del pavimento.

² Los parámetros para determinar el Estado de la red pavimentada fueron obtenidos antes del terremoto del 27 de Febrero del 2010.

Cabe consignar que la especificación de la materialidad y de la ubicación de los pavimentos de estudio responde a la necesidad de acotar la red vial a un grupo significativo de esta y de limitar la cantidad de información que se debió procesar en HDM-4 para efectos de este trabajo.

La principal herramienta que se utilizó para el análisis, fue el programa HDM-4 versión 1.3, al cual se tuvo acceso gracias al Departamento de Gestión Vial (DGV), quien además proporcionó todos los datos requeridos para el análisis que se desarrolla.

Limitaciones

El estudio se centra solo en la conservación de carpetas de rodadura de asfalto, excluyendo del análisis la conservación de elementos de saneamiento (alcantarillas, cunetas, fosos, etc.) y de elementos de seguridad vial (señalización, barreras de seguridad y demarcación).

Desde el punto de vista de los costos asociados a trabajos de conservación, este trabajo solo considera los costos directos, excluyendo totalmente los costos y beneficios exógenos (contaminación, accidentes, demoras, costos asociados a trabajos de desvíos de tránsito durante la construcción, etc).

1.5 Contenido por capítulos

Esta investigación se compone de ocho capítulos, los cuales se describen a continuación:

En este primer capítulo se ha explicado la importancia de una adecuada y oportuna conservación de los pavimentos, los objetivos de este trabajo y la metodología implementada.

Los Capítulos 2, 3, 4 y 5 corresponden al marco teórico. El Capítulo 2 presenta todo lo relativo a la gestión de la conservación de pavimentos, donde se definen sus principales componentes y del sistema HDM-4, para continuar en el Capítulo 3 con un análisis técnico del comportamiento y modelación de pavimentos asfálticos. A continuación, en el Capítulo 4, se describen las principales acciones de conservación y los umbrales de intervención que componen las políticas de conservación de pavimentos asfálticos. Posteriormente, en el Capítulo 5 se hace un análisis económico de los costos y beneficios que se obtienen por la aplicación de acciones de conservación en carreteras.

La definición de los escenarios que se contemplan en el trabajo se presenta en el Capítulo 6. Luego, en el Capítulo 7, se analizan los resultados de la evaluación estratégica en HDM-4 de la modelación de los escenarios establecidos.

Finalmente, el Capítulo 8 contiene las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo.

2. SISTEMAS DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS

2.1 Generalidades

El problema relacionado con la falta de una adecuada y oportuna conservación de pavimentos, como ya se mencionó, se refleja en un rápido deterioro de los mismos, lo que en el largo plazo se traduce en que se deba incurrir en altos gastos para la rehabilitación con el propósito de recuperar los niveles de servicio, además de producir elevados costos de operación a los usuarios.

El interés por resolver el problema descrito y mejorar los estándares de la ingeniería de caminos ha motivado numerosas investigaciones, las cuales han permitido, junto al avance computacional, mejorar significativamente los Sistemas de Gestión de Pavimentos (SGP). Existen varios autores que han sugerido definiciones referentes a los SGP. Una de las más difundidas, especialmente en Norte América, define un SGP como un conjunto coordinado de actividades relacionadas a la planificación, diseño, construcción, mantenimiento, evaluación e investigación de los pavimentos. Su principal objetivo es utilizar información confiable y criterios de decisión, dentro de una estructura organizada, para producir un programa de pavimentos rentable. Algunos ejemplos de estos sistemas son: el MARCH (*Maintenance Assessment, Rating and Costing for Highways*) desarrollado en el Reino Unido, el PMS de Washington D.C. en los Estados Unidos, y el PEMM (*Pavement Evaluation Maintenance Management*) en Dinamarca, entre otros.

En Chile, en el año 1983 las autoridades de la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas de Chile plantearon la necesidad de implementar un Sistema de Gestión Vial para el país, iniciándose en 1984 un extenso proyecto de investigación. En 1989, con la investigación “Estudio para la evaluación de la Eficacia de la Conservación de Pavimentos Asfálticos” (Videla et al, 1992b), se logró desarrollar un sistema computacional para realizar la Gestión Integral de la Mantención de Pavimentos denominado GIMP. Este sistema utilizaba complejos modelos para la simulación del deterioro y la evaluación económica de la conservación de pavimentos, los cuales se aplicaban a un gran número de tramos de caminos, cada uno con diferentes alternativas de conservación

Todo SGP requiere asignar acciones de conservación y ser aplicado a distintos caminos de la red, según el tipo de deterioro que presenten. Las acciones de conservación son todos aquellos trabajos que permiten restablecer o mejorar la condición estructural y/o funcional del pavimento. Su aplicación permite además disminuir los costos de operación de los usuarios

Modelo de Gestión Actual de la Conservación de Caminos Pavimentados

La determinación de las actividades de conservación en los caminos pavimentados las definen las Direcciones Regionales de Vialidad, disponiendo para ello de las modalidades de conservación indicadas y un marco presupuestario anual disponible para dichos propósitos. Cada Dirección Regional, siguiendo los lineamientos del Nivel Central, escoge

de manera individual qué proyectos y bajo qué modalidad los va a desarrollar, pero que en forma general responden a los criterios siguientes:

- De acuerdo a necesidades y antecedentes técnicos, económicos y socio-políticos.
- Priorización no parametrizada.
- Decisiones a través de Equipo Multidisciplinario.

La aplicación de las acciones de conservación en los caminos pavimentados debe responder a un análisis técnico-económico de la red evaluada, bajo la aplicación de una herramienta para la gestión vial de uso frecuente en esta área, como el Software HDM-4 “Highway Development and Management”, auspiciado por el Banco Mundial y que actualmente dispone la Dirección de Vialidad para la Evaluación Técnico-Económica de redes de caminos.

2.2 Definiciones básicas de la Gestión Vial

La Gestión Vial como concepto incluye una terminología que es necesaria definir previamente. Para los alcances de este trabajo, se consideran las siguientes definiciones básicas (en el capítulo 5 se verán en detalle):

- Conservación Vial: Conjunto de acciones, medios materiales y humanos encaminados a mantener o mejorar el nivel de servicio de una carretera, impidiendo el deterioro de la estructura de la carretera y mejorando la seguridad de personas y vehículos (Arancibia M., 1995).
- Acción de Conservación: Trabajos tendientes a solucionar o prevenir un problema de deterioro de un pavimento.
- Estrategia de Conservación: Conjunto de operaciones técnicamente posibles y recomendables. Luego de un completo análisis económico, con costos reales, la estrategia puede ser optimizada reduciéndose a un pequeño conjunto de opciones que son las que finalmente se aplican (Banco Mundial, 1988). Si a una estrategia se le agregan valores de umbrales para cada deterioro, se tiene lo que se llama un “estándar de conservación”.
- Política de Conservación: Una política de conservación corresponden a aquellos criterios bajo los cuales se aplicarán las acciones de conservación, es decir, en que instante de la vida del pavimento se deberá aplicar conservación, ya sea fijando periodos fijos o la condición que debe alcanzar el pavimento antes de ser conservado.

Con las políticas de conservación se mantienen los niveles de funcionalidad que la autoridad gubernamental define como deseables o admisibles para las diferentes categorías de caminos. En este caso, la estrategia queda definida por un conjunto de opciones de conservación que deben estar consideradas en la modelación con las restricciones que considere la administración para activar estas opciones.

2.3 Componentes de un Sistema de Gestión de Pavimentos

Un SGP está en general configurado por los elementos básicos siguientes (Gaete R., 1994):

- i. Información de inventario de la red: El inventario de la red se refiere al catastro de aquellas características de los pavimentos relativamente constantes en el corto y mediano plazo, como son: individualización de los caminos, características del tránsito (volumen y carga), tipo de pavimento, capas constitutivas, suelo de fundación, número de pistas, ancho de pistas, pendientes, curvaturas, etc.
- ii. Información del estado funcional y estructural de los caminos: La información del estado de los caminos consigna la evaluación periódica de los pavimentos, registrando antecedentes de deterioro superficial, calidad de rodadura y capacidad estructural.
- iii. Modelos de predicción del comportamiento durante su vida útil: Los modelos de predicción de la evolución del comportamiento de los pavimentos son relaciones matemáticas, que a partir de los antecedentes de inventario y estado actual del pavimento, permiten predecir su deterioro futuro, año a año, en función de las solicitaciones de tránsito y clima a que estarán sometidos y de las políticas de conservación que se consideren.
- iv. Estándares de conservación para el deterioro anual y previsto: El conocimiento del estado actual de los pavimentos y la predicción de la evolución de su deterioro en el tiempo, permiten definir el tipo de falla actual o esperada a futuro y especificar la conservación técnicamente adecuada y lo que es más importante, con la anticipación suficiente para que su programación física y financiera asegure su ejecución en el momento oportuno.
- v. Evaluación económica de las alternativas de conservación: La evaluación económica considera como beneficio el ahorro de costos de operación de los vehículos, originado por el mejoramiento de la serviciabilidad de los pavimentos resultante de la aplicación de acciones de conservación, entregando indicadores de rentabilidad que permiten optimizar la inversión en conservación, tanto desde el punto de vista técnico como económico.
- vi. Configuración de un programa de actuaciones: Finalmente, con las alternativas evaluadas es posible configurar un programa de conservación a nivel regional y/o nacional, que considere las restricciones presupuestarias propias del país en que se apliquen.

2.3.1 Recolección de parámetros para la evaluación del Estado de las Calzadas de Asfalto

Para evaluar estructuralmente las características y deterioros de un pavimento se ha desarrollado un sistema de auscultación visual sistemático, que consiste en examinar unidades de muestreo del pavimento, distribuidas regularmente a lo largo del camino. Luego de un procesamiento de estos datos, se obtiene información del estado de las calzadas pavimentadas agrupadas en 5 categorías: Muy Bueno, Bueno, Regular, Malo y Muy Malo.

La metodología de recolección de los parámetros de deterioro se encuentra contenida en el documento “Instructivo de Inspección Visual de Caminos Pavimentados”. Este documento entrega los criterios bajo los cuales deben ser inspeccionados los pavimentos asfálticos y los pavimentos de hormigón, se detallan las zonas y unidades de muestra de las calzadas sobre las cuales se miden deterioros específicos contenidos en el mismo documento y se proveen las fichas de registro de las variables relevantes del proceso.

En pavimentos asfálticos las variables a registrar son las siguientes:

Tabla 2.1: Datos recolectados en Pavimentos Asfálticos.

1.	Ancho de Pista	7	Envejecimiento de la carpeta
2.	Grietas	8.	Ancho de Berma
3.	Pérdida de Áridos	9.	Tipo de Berma
4.	Exudación	10.	Estado de Berma
5.	Ahuellamiento	11.	Descenso de la Berma > 1 cm
6.	Baches Abiertos	12.	Rompimiento de Borde

Este procedimiento se realiza en la red vial de tuición de la Dirección de Vialidad cada dos años y tiene como objetivo final evaluar el estado de las calzadas y registrar en forma histórica su evolución de manera de correlacionarlo con otras variables disponibles en la Dirección de Vialidad.

Los datos recolectados deben ser validados, procurando que estos correspondan tanto en longitud como en calidad de la información para pasar al siguiente proceso de determinación del estado.

2.3.2 Evaluación del Estado de las Calzadas Pavimentadas

La metodología para la determinación del estado de los caminos pavimentados se basa en el Índice de Condición del Pavimento (ICP) el cual a partir de ecuaciones matemáticas correlaciona los deterioros que presentan los pavimentos con la percepción del estado del pavimento que provee un panel de expertos en infraestructura vial.

Sumado al registro de los deterioros estructurales, deben incorporarse además los valores de IRI los cuales son medidos anualmente por el Laboratorio Nacional de Vialidad o a través de la contratación del servicio. La cobertura necesaria de este parámetro para

entregar un valor de estado con alta confiabilidad hace imprescindible que al menos en el transcurso de dos años sean medidos todos los caminos pavimentados.

El desarrollo extenso de las ecuaciones que entregan las correlaciones, fue sometido a un riguroso proceso estadístico para validar sus resultados tanto en valores cualitativos como cuantitativos. Se entregan ecuaciones diferenciadas por tipo de carpeta de rodadura y rangos de asignación del estado en función de la clasificación administrativa vigente de los caminos. Las Ecuaciones 6.1, 6.2 entregan las fórmulas del ICP en función del tipo de carpeta de rodadura y niveles de deterioro. Además en la Tabla 6.3 se entregan los límites de asignación del estado de acuerdo al rango de valores del ICP y a la clasificación administrativa de los caminos.

Ecuación 2.1: ICP para Pavimentos Asfálticos.

$\text{ICP} = 9,64 - 0,637 \text{ IRI} - 0,046 \text{ Ahuell.} - 0,047 \text{ Baches} - 0,034 \text{ G. Fatiga} - 0,027 \text{ Exudación} - 0,02 \text{ G. Lineales}$			
$R^2 = 0,95$	$r = -0,97$	$S = 0,586$	$DW = 1,76$

Donde:

R2: coeficiente de determinación.

r: coeficiente de correlación.

S: error estándar.

DW: Estadístico Durbin Watson

Tabla 2.2: Límites del ICP para la asignación del Estado de los Pavimentos.

Estado	Caminos Nacionales y Regionales	Caminos Comunales
Muy Bueno	9,0 a 10,0	8,0 a 10,0
Bueno	8,0 a 9,0	5,0 a 8,0
Regular	5,0 a 8,0	3,5 a 5,0
Malo	2,5 a 5,0	2,0 a 3,5
Muy Malo	1,0 a 2,5	1,0 a 2,0

Fuente: Departamento de Gestión Vial

Luego de validados los parámetros de ingreso al ICP, se procede a determinar el estado de aquellos caminos que cuentan con la información completa tanto de medición de deterioros estructurales como deterioros funcionales (IRI).

En el proceso finalizado en el primer cuatrimestre de 2010 se evaluaron 11.321,95 kilómetros, de los cuales 2.243,40 kilómetros se encuentran en estado Muy Bueno (19,8%), 4.913,61 kilómetros en estado Bueno (43,4%), 3.111,80 kilómetros en estado Regular (27,5%), 577,78 kilómetros en estado Malo (5,1%) y 475,36 kilómetros en estado Muy Malo (4,2%). Lo anterior refleja que un 90,7% de los caminos evaluados se encuentra en estado adecuado para el tránsito y puede inferirse que en ellos los costos de los usuarios de las vías, cuantificados en costos de operación y tiempo de viaje son acotados y las labores

de conservación han sido adecuadas para limitar los deterioros y la pérdida de serviciabilidad asociada.

Adicionalmente el buen desempeño de este indicador va en directa correlación con la preservación de nuestro patrimonio vial el cual en el informe de diciembre de 2008 se estimaba en US\$24.656 millones registrando un incremento del 4,6% respecto de la medición anterior del año 2005. Este indicador cuantifica la valorización de nuestros activos viales, los cuales comprenden la red pavimentada, en función de su estado, la red no pavimentada, ambas administradas por la Dirección de Vialidad, la red concesionada, puentes y túneles.

2.4 Sistemas de Gestión de Conservación Vial: Modelo HDM-4

2.4.1 Reseña histórica

El Modelo HDM-4 está basado en investigaciones realizadas por el Banco Mundial, conocidas como “*The Highway Design and Maintenance Standards Model*” (Paterson, 1987). El modelo desarrollado corresponde a expresiones empíricas obtenidas a partir de mediciones efectuadas principalmente en Brasil. Las relaciones de deterioro consideradas en el modelo HDM-4 predicen agrietamiento, pérdida de áridos, baches, ahuellamiento y rugosidad. Las distintas formas de deterioro se encuentran interrelacionadas, de modo que los valores de salida de un modelo sirven de parámetros de ingreso al modelo siguiente, para predecir finalmente la progresión de la rugosidad, defecto del cual dependen los costos de operación de operación de los usuarios.

Un precedente importante de lo anterior, se registra en el año 1969 con el surgimiento del Modelo de Desarrollo y Gestión de Caminos HDM (por sus siglas en inglés *Highway Development and Management*), el cual fue impulsado y desarrollado por el Banco Mundial en conjunto con instituciones de investigación y agencias de administración de carreteras con el objetivo de tener una metodología única de evaluación de proyectos de conservación y mejoramiento de caminos para justificar los préstamos monetarios que se otorgan a los países subdesarrollados o en vías de desarrollo.

2.4.2 Descripción del HDM-4

El modelo HDM es un modelo de simulación del comportamiento del ciclo de vida de las carreteras considerando todas las relaciones entre ésta, el ambiente y el tráfico dentro de una economía nacional o regional que determina la composición y la estructura de costos de las variables. El modelo realiza un análisis detallado con base en los datos suministrados por el usuario.

No es un modelo de optimización en el sentido de que no es capaz de encontrar la “solución óptima absoluta” del problema sino que realiza cálculos correspondientes a cada alternativa y suministra los indicadores para que el usuario ordene las alternativas y posteriormente seleccione la que de acuerdo con su objetivo considere óptima.

Para cada alternativa el modelo puede calcular el “costo total de transporte”. La alternativa que resulte tener el costo mínimo es en principio la más conveniente a la sociedad.

El modelo fue concebido como una herramienta para el análisis de alternativas de mejoramiento vial. Por tanto, parte del supuesto de que existe una carretera, la cual ya ha sido sometida a un cierto nivel de inversión por parte de la agencia. El problema por lo tanto se reduce en comparar los incrementos en la inversión por parte de la agencia con los beneficios adicionales que dicho incremento conlleva.

El usuario debe definir una alternativa base o “sin proyecto” (que no equivale a hacer nada) contra la cual se compararán las otras posibles alternativas de inversión. En este sentido, el resultado de la comparación de cada alternativa lo que nos indica es el beneficio neto de implantar esa alternativa con respecto a continuar con la alternativa “base”. Bajo estas condiciones, la alternativa “óptima” (aquella que tiene el costo total mínimo de transporte) es la que produce el mayor beneficio entre todas las alternativas comparadas.

El HDM-4 tiene tres modalidades principales: Análisis de Estrategias, Análisis de Programa, y Análisis de Proyecto, cada una de las cuales puede ser adaptadas para las diferentes funciones de la gestión de carreteras. En la figura 2.1 se muestra un esquema general de la estructura del modelo HDM-4.

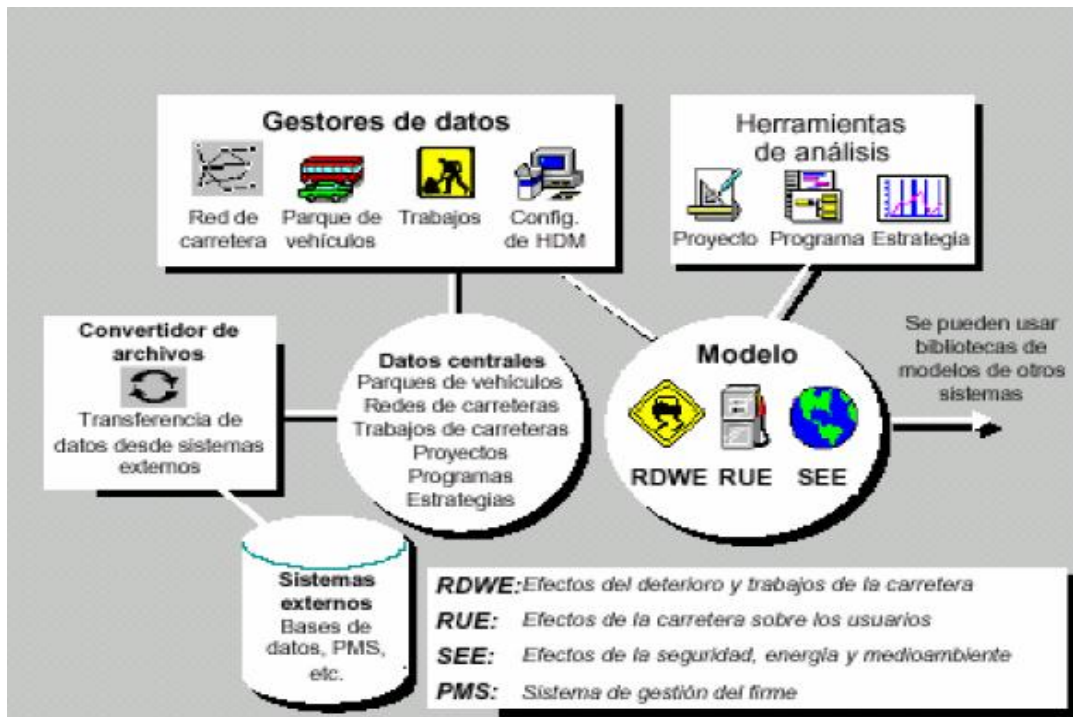


Figura 2.1: Estructura del HDM-4
(Kerali, H. G. R.,2000)

2.4.3 Marco analítico de HDM-4

El marco analítico del HDM-4 se basa en el ciclo de vida de la capa de rodadura, y se aplica para predecir lo siguiente en el funcionamiento del mismo:

- Deterioro del pavimento
- Efecto de las obras de reparación
- Efectos para los usuarios de la carretera
- Efectos socioeconómicos y medioambientales

Una vez construidos los pavimentos, las carreteras se deterioran generalmente por los siguientes factores:

- Cargas de tránsito
- Factores medioambientales
- Efectos de sistemas de drenaje inadecuados

La tasa de deterioro del pavimento está directamente afectada por los estándares de conservación aplicados para reparar defectos en la superficie de rodamiento, como grietas, desprendimientos de agregados, baches, etc., o para conservar integridad estructural del pavimento (tratamiento superficiales, refuerzos, etc.), permitiendo así que la carretera soporte el tráfico para el que ha sido diseñada. Las condiciones generales del pavimento a largo plazo dependen de los estándares de conservación o mejora aplicados a la carretera. En la figura 3.2 (ISOHDM Technical Secretariat V2, 2003) se pueden ver las tendencias previstas en rendimiento de pavimentos representadas por el índice internacional de rugosidad (IRI por sus siglas en inglés). El IRI es un índice de desgaste de la carretera que representa la irregularidad promedio producida ya sea por desprendimiento, roderas, baches, agrietamiento, etc., y el HDM-4 lo puede predecir de acuerdo con los datos de las características anteriores, o también el usuario puede estimar un IRI determinado de acuerdo con su experiencia. Cuando se define un estándar de conservación, se impone un límite al nivel de deterioro al que se permite llegar al pavimento. Como consecuencia, además de los costos de capital de la construcción de carreteras, los costos totales en que incurren los organismos implicados dependerán de los estándares de conservación aplicados a las redes de carreteras (ISOHDM Technical Secretariat V2, 2003)

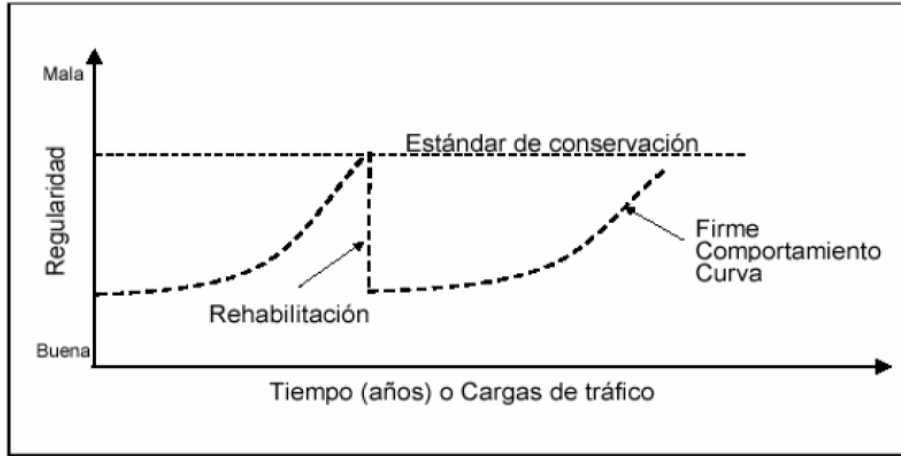


Figura 2.2: Concepto de análisis del ciclo de vida en HDM-4 (Kerali, H. G. R, 2000)

El concepto económico que utiliza el modelo HDM 4 para el cálculo de los beneficios sociales es el excedente del consumidor. Para esto, utiliza los modelos de predicción de la condición del pavimento, de los efectos de los trabajos de mantenimiento, de los costos operativos vehiculares en función a estas condiciones futuras y al volumen de tráfico para cada tipo de vehículo.

Los costos de operación para el usuario son básicamente de tres tipos: Costos de operación del vehículo, costos de tiempo de viaje y costos por accidentes. En figura 4.3 se pueden observar claramente los efectos del estado de la carretera sobre los costos de los usuarios.

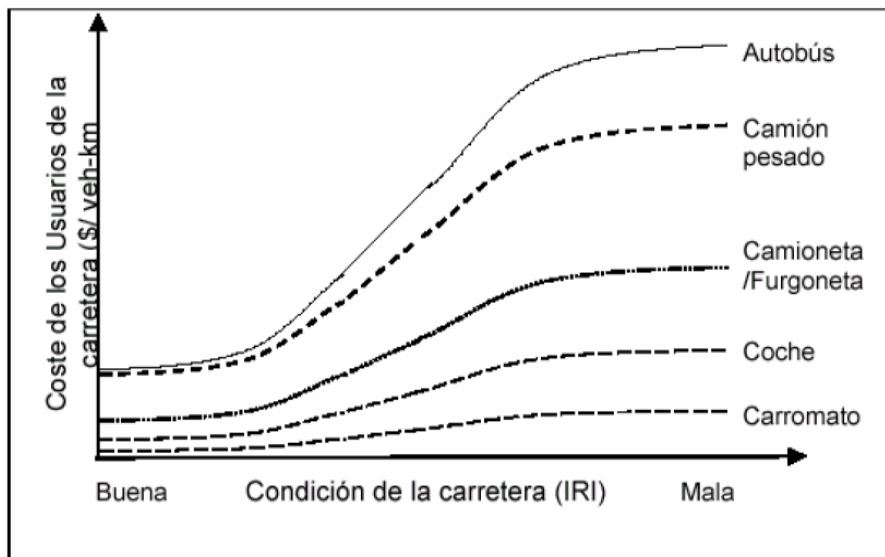


Figura 2.3: Efecto del estado de la carretera en los costos de operación del vehículo (Kerali, H. G. R., 2000)

El cálculo del beneficio se obtiene comparando los flujos de costos de las alternativas a evaluar contra los costos de una alternativa base, que consiste en una propuesta de conservación con acciones mínimas.

El HDM-4 está diseñado para hacer estimaciones de costos, comparativas y análisis económicos de diferentes opciones de inversión. Estima los costos de un gran número de alternativas año a año, para un período de análisis definido por el usuario. Todos los costos futuros se actualizan al año inicial del período de análisis. Para hacer las comparaciones se necesitan especificaciones detalladas de programas de inversión, estándares de diseño y alternativas de conservación, junto con costos unitarios, volúmenes de tránsito previstos y condiciones medioambientales.

2.4.4 Aplicación del Ciclo de Gestión

Tradicionalmente las decisiones a tomar en cuenta a un proyecto a realizarse se basan en datos históricos de proyectos anteriores, simplemente realizando un ajuste para la inflación, sin embargo se ha visto que lo más recomendable es adaptarse a las necesidades de cada proyecto.

En la figura 2.4 se muestra un diagrama que ilustra el ciclo de gestión de la conservación de caminos y en la tabla 2.4 se muestran los diferentes módulos de HDM-4 y las funciones de gestión a las que están enfocadas principalmente.

Tabla 2.3: Procesos de Gestión

Actividad	Horizonte temporal	Personal responsable	Cobertura espacial	Detalle de los datos
Planeación	A largo plazo (estratégica)	Alta dirección y nivel de políticas	Toda la red	Muy general
Programación	Medio plazo (táctica)	Profesionales de nivel medio	Red o subred	↓
Preparación	Año del presupuesto	Profesionales de menor nivel	Nivel de esquema/tramos	
Operaciones	Inmediato /muy corto plazo	Técnicos/ subprofesionales	Fino/detallado	Interactivo

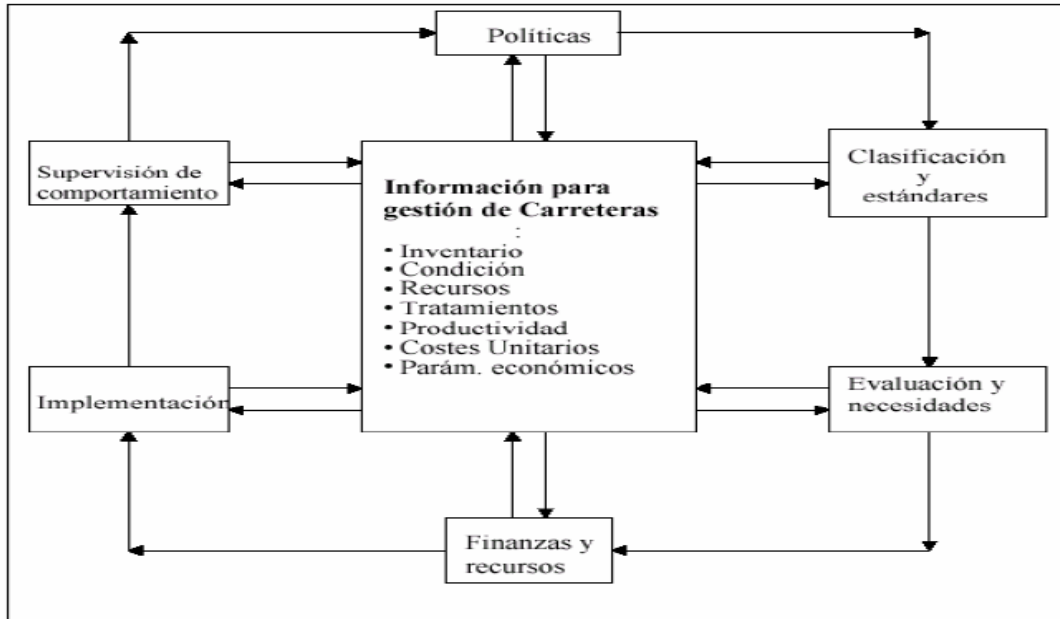


Figura 2.4: Ciclo de Gestión de la Conservación de Caminos
(Kerali, H. G. R., 2000)

Tabla 2.4: Funciones de Gestión y las aplicaciones HDM-4 correspondientes

Función de gestión	Descripciones comunes	Aplicaciones HDM-4
Planeación	Sistema de análisis de estrategias	HDM-4: Análisis de estrategias
	Sistema de planeación de la red	
Programación	Sistema de análisis del programa	HDM-4: Análisis de programas
	Sistema de gestión de pavimentos	
Preparación	Sistema presupuestal	HDM-4: Análisis de proyectos
	Sistema de análisis de proyectos	
	Sistema de gestión de pavimentos	
	Sistema de gestión de puentes	
	Sistema de diseño del pavimento/refuerzo	
Operaciones	Sistema de contratación	(No cubierto por HDM-4)
	Sistema de gestión proyectos	
	Sistema de gestión de la conservación	
	Sistema de gestión de equipos	
	Sistema de gestión financiera/contable	

(Kerali, H. G. R., 2000)

3. ANÁLISIS TÉCNICO DEL COMPORTAMIENTO DE PAVIMENTOS DE ASFALTO

3.1 Generalidades

La Figura 1.3 muestra la proporción según tipo de carpeta de rodadura a diciembre de 2008, se puede observar que más del 50% se compone por pavimentos asfálticos, de los cuales un 6% son mezclas en frío y un 2 % recapados asfálticos sobre pavimentos de hormigón. De estas mezclas asfálticas sólo el 0,4% ha sido elaborado con asfaltos elastoméricos. Los tratamientos superficiales dobles alcanzan un 30%, donde sólo el 1% ha sido ejecutado con asfaltos elastoméricos.

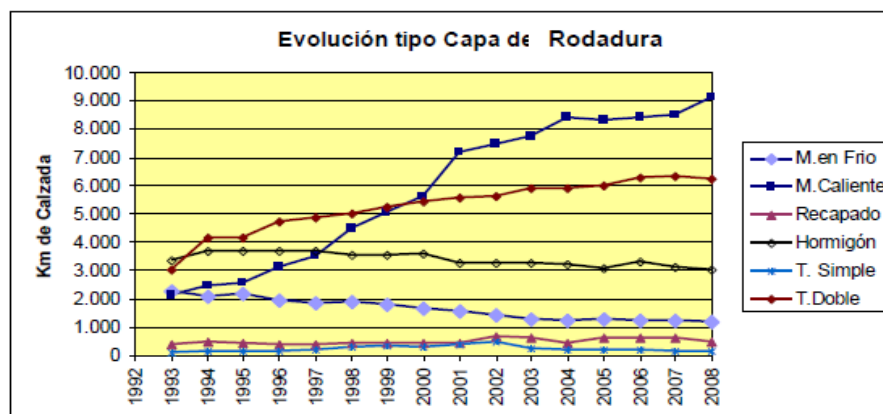


Figura 3.1: Evolución del Tipo de Carpeta de Rodadura en Caminos Pavimentados. (Inventario Vial de Caminos Pavimentados, DGV)

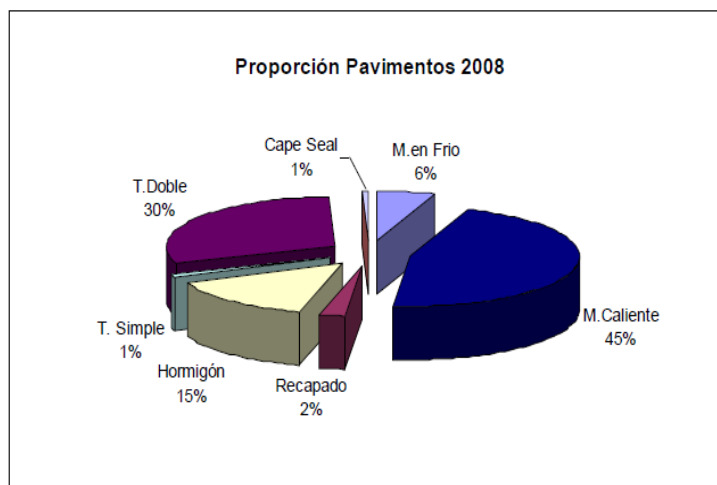


Figura 3.2: Proporción del Tipo de Carpeta de Rodadura Actual (Inventario Vial de Caminos Pavimentados, DGV)

Como primer paso fundamental en la asignación de una acción de conservación, es necesario conocer los distintos tipos de falla o deterioro que pueden presentar los pavimentos y las causas que los originan, las técnicas de reparación utilizadas y también el efecto que su aplicación produce en la evolución futura del comportamiento.

Una vez que se tiene el diagnóstico del estado del pavimento, se pueden definir las acciones de conservación más adecuadas según el tipo de deterioro al cual se aplican. Estas acciones de conservación una vez definidas, servirán de base para el posterior establecimiento de políticas de conservación, entendiéndose como tales la fijación de su aplicación en el tiempo, ya sea por medio de periodos de intervalos fijos o mediante una condición que debe alcanzar el pavimento antes de ser conservado.

Los principales problemas que se presentan en los pavimentos asfálticos en servicio son la resistencia a la fatiga y la deformación permanente, como consecuencia de una inadecuada dosificación ligante-agregado, sus interacciones, el método y la temperatura de colocación, mezclado y compactación de la mezcla asfáltica.

Las propiedades deseables en las mezclas asfálticas son: resistentes al desplazamiento, a la fatiga, al deslizamiento, a la deformación plástica, impermeables, durables, grado adecuado de flexibilidad. El desempeño, durabilidad y resistencia de la mezcla asfáltica depende directamente de las propiedades del ligante y el agregado, su interrelación, y de los procesos de elaboración, colocación y compactación.

El asfalto se clasifica como material viscoelástico porque exhibe características viscosas y elásticas simultáneamente, es decir que es un material de comportamiento intermedio entre el sólido de Hooke (elástico) y el líquido de Newton (viscoso).

Las propiedades del asfalto cambian con el tiempo, y debido a esto las especificaciones utilizadas para el diseño de las mallas viales basadas en las propiedades físicas iniciales no aseguran un buen desempeño después que el asfalto ha sido mezclado con el agregado, aplicado y puesto en marcha para soportar los esfuerzos mecánicos propios del transporte. Durante este proceso de elaboración de una mezcla asfáltica, los asfaltos se oxidan por acción del oxígeno del aire y de las altas temperaturas de mezclado, permitiendo que el fenómeno de envejecimiento inicie en forma inmediata, y posteriormente, es inducido por los diversos factores climáticos que inciden en los pavimentos. Por lo tanto, para conseguir carpetas asfálticas con una mayor durabilidad se debe considerar el efecto del cambio en la composición química del cemento asfáltico en el proceso de mezclado en caliente y durante el tiempo de servicio. Para incluir este efecto antes que nada es necesario estudiar el fenómeno de oxidación del asfalto, ya que de hecho son las características de oxidación del ligante del petróleo las que condicionan el comportamiento y durabilidad del pavimento después de su elaboración, así como la composición química inicial.

3.2 Fallas en pavimentos asfálticos

Las fallas presentes en pavimentos de asfalto se pueden agrupar en dos categorías (Gaete R., 1995): Fallas de tipo funcional y Fallas de tipo estructural. Las fallas correspondientes a cada tipo se describen a continuación:

3.2.1 Fallas de tipo funcional

Son aquellas fallas que afectan directamente a la comodidad y seguridad del usuario que transita por la vía. Dentro de este tipo de fallas las más importantes son las irregularidades, el desprendimiento de material y la pérdida de fricción.

a) Irregularidad superficial

Este tipo de falla funcional se manifiesta como deterioros permanentes del pavimento, produciendo una variación de la superficie con respecto a la rasante proyectada. Se traduce finalmente en una irregularidad superficial generalizada, denominada también como rugosidad, la que afecta en forma significativa los costos de operación de los usuarios. Dentro de las fallas de irregularidad superficial se distinguen los siguientes tipos:

i. Ahuellamiento

Depresiones longitudinales, canalizadas en la zona de paso de los neumáticos. Es el resultado de la compactación debida al tránsito y del correspondiente desplazamiento de la mezcla hacia los lados de la huella. Las causas posibles son: baja estabilidad de la mezcla asfáltica, compactación insuficiente de las capas granulares, bases o sub-bases granulares inestables debido a una presión de poros positiva bajo carga en momentos que se está cerca de la saturación, carga excesiva en la sub-rasante y falta de soporte lateral proveniente de la berma.

ii. Calamina

Son ondulaciones transversales regulares en la superficie del pavimento, que están muy cercanas unas de otras, alternando valles y montañas. Se producen principalmente por baja estabilidad de la mezcla asfáltica y esfuerzos de corte dinámicos en la capa superficial, en cierta fase con el sistema de suspensión y amortiguación del vehículo.

iii. Desplazamiento

Es un tipo de movimiento plástico que origina una deformación ondulada en la superficie del pavimento. Se puede producir por: comportamiento inestable de la mezcla asfáltica base granular reflejada en la superficie, acumulación de paradas y partidas de vehículos en un mismo punto, como por ejemplo en intersecciones y exceso de riego de la liga que puede actuar de lubricante entre las capas.

iv. Levantamiento

Es un levantamiento localizado del pavimento debido a hinchamiento del suelo de sub-rasante o de alguna otra capa de la estructura. Se puede producir también por la expansión del hielo en las capas inferiores del pavimento.

v. Depresión

Depresión aislada de la superficie del pavimento, usualmente de forma circular, debido posiblemente a problemas de adherencia entre la capa de rodadura y la base, pérdida de cohesión en la base o falta de capacidad de carga de suelo.

b) Desprendimiento de materiales

i. Pérdida de áridos

Pérdida progresiva de los áridos desde la superficie hacia abajo o desde los bordes hacia el interior. Las causas posibles son: partículas de arcilla en el recubrimiento superficial, insuficiente cantidad de asfalto, mala adherencia entre el bitumen y las partículas de agregados debido a un exceso de humedad de ellos, compactación insuficiente especialmente en pavimentación con tiempo frío permitiendo la infiltración del agua y sales que facilitan la pérdida del asfalto, endurecimiento del asfalto debido a la edad y fracturamiento de los áridos debido a cargas o a causas naturales, favoreciendo la pérdida de las partículas debido a la acción del tránsito.

ii. Pérdida de asfalto

Pérdida del asfalto alrededor de los áridos, en la pista de rodadura, debido a: mala adherencia entre el asfalto y los áridos, pavimentación en condiciones desfavorables y estancamiento de agua en el pavimento.

iii. Bache

Cavidad en la superficie del pavimento originada por la pérdida de los materiales de ella. Las causas posibles son: agrietamientos y/o excesiva pérdida de áridos, defecto puntual de la superficie o de la base del camino (mala calidad de los materiales o de fabricación), falta de capacidad de soporte por falla del drenaje, existencia de un estrato de arcilla, etc.

iv. Peladura

Pérdida de la superficie de rodadura en largas extensiones debido a una mala adherencia entre la capa de rodadura y la base.

v. Exudación de asfalto

Aparición del asfalto en la superficie del pavimento debido a la migración desde las capas inferiores formando una película de asfalto en la superficie. Normalmente se presenta en la huella de rodadura en zonas calurosas. La causa posible es un exceso de contenido de asfalto en relación a los huecos de los agregados minerales, produciendo una baja en la estabilidad de la mezcla; a consecuencia del tránsito, se fuerza a salir el exceso de asfalto hacia la superficie.

c) **Pérdida de fricción**

Este es un defecto que interesa principalmente en lo referente a la seguridad del usuario, especialmente en zonas de frenado y curvas. La pérdida de resistencia al patinaje se produce como consecuencia de una disminución combinada tanto de la macrotextura como de la microtextura superficial, debido al progresivo desgaste y pulimiento de los áridos. Este fenómeno origina una pérdida de fricción entre el neumático y la superficie de rodadura. En Chile, se tienen por lo general superficies de una adecuada textura, debido a que los áridos utilizados -principalmente de origen granítico- tienen buena resistencia al desgaste y pulimiento.

3.2.2 Fallas de tipo estructural

Son aquellas fallas relacionadas con la capa de capacidad estructural del pavimento para resistir una determinada sollicitación de tránsito. La principal manifestación de este tipo de fallas son las grietas, las que producen una reducción en el aporte estructural de las capas asfálticas, lo cual se refleja en un aumento de la deflexión. Estas grietas se pueden presentar en la superficie del pavimento de distintas maneras:

a) Grietas longitudinales

Son grietas paralelas al eje central del pavimento. Se pueden encontrar en el centro de la calzada, entre pistas, al borde del pavimento, en la huella de los vehículos, etc. Las causas posibles son: falla por fatiga del pavimento (en la huella de los vehículos), falta de soporte lateral (por inexistencia de berma o infiltración de agua por la berma) y fallas de construcción en la unión entre pistas contiguas.

b) Grietas transversales

Son grietas que se ubican aproximadamente en ángulo recto con el eje central del pavimento. Las causas posibles son: contracción de la carpeta de rodadura causada por muy bajas temperaturas, rigidización del cemento en las mezclas asfálticas y reflexión de grietas existentes en capas asfálticas antiguas.

c) Grietas pie de cocodrilo

Son grietas interconectadas que forman un reticulado de polígonos, asemejando la piel de un cocodrilo. Su causa más frecuente es el fatigamiento más bien generalizado de toda la estructura del pavimento que se anticipa en una excesiva deflexión de la superficie. Esto puede deberse a sub-dimensionamiento de una o más capas de la estructura o a pérdida de soporte por exceso de humedad en las capas de base, sub-base y/o sub-rasante.

d) Grietas erráticas

Son grietas que se presentan en diferentes posiciones a lo largo y ancho de la superficie de pavimento, sin una orientación definida. Estas grietas muestran el aspecto de una

combinación de grietas longitudinales y transversales. Las causas posibles son: hinchamiento de capas granulares, reflexión de grietas y acción de heladas.

3.3 Modelos de comportamiento en pavimentos flexibles

Una de las principales herramientas de los Sistemas de Gestión de Pavimentos son los modelos de comportamiento, que permiten estimar el deterioro a lo largo de su vida útil, y tomando en consideración las distintas acciones de conservación que se proyectan realizar. La acción de las solicitaciones de tránsito y clima sobre los pavimentos provoca un deterioro progresivo de los mismos, que se manifiesta en la aparición de distintos tipos de fallas como se describió en la sección anterior, las cuales finalmente se traducen en una irregularidad de la superficie del camino.

Esta irregularidad afecta al confort y seguridad de los usuarios, y produce un aumento en sus costos de operación. El principal objetivo de estos modelos es poder evaluar el efecto que tiene la aplicación de distintas políticas de conservación en caminos, para estimar los costos involucrados de conservación y de usuarios, y así poder seleccionar las políticas más convenientes.

3.3.1 Modelos de deterioro HDM

El deterioro del pavimento es generalmente función del diseño original, tipos de materiales, calidad de la construcción, volumen de tránsito, cargas de los ejes, geometría, condiciones ambientales, edad del pavimento y políticas de conservación.

El modelo de análisis de deterioro de la carretera (RD) se basa en la identificación de la forma funcional y las variables primarias de fuentes externas, usando diferentes técnicas estadísticas para cuantificar sus impactos. Esto tiene la ventaja de que los modelos resultantes combinan las bases, teóricas y experimentales, de sus modelos mecánicos con los comportamientos observados en los estudios empíricos.

Para los pavimentos de asfalto, los modelos de deterioro que considera HDM-4, por categoría, son los siguientes:

3.3.1.1 Deterioro de la Capa de Rodadura

Es una serie de manifestaciones superficiales de la capa de rodadura que hacen que la circulación sea menos segura y confortable y que los costos de operación aumenten. Su forma típica de presentación posee dos fases, inicio y progreso del deterioro. La fase de inicio es el periodo anterior al comienzo del deterioro de la superficie de un modelo definido, y la fase de progreso es el periodo durante el cual el área comienza a sufrir un deterioro severo y típicamente en algunos casos sigue la forma de una curva S como la que se muestra en la figura 3.3. La determinación de las etapas para cada tipo de deterioro se

hace considerando que existe una interacción entre todos los tipos de daños que puede sufrir un pavimento.

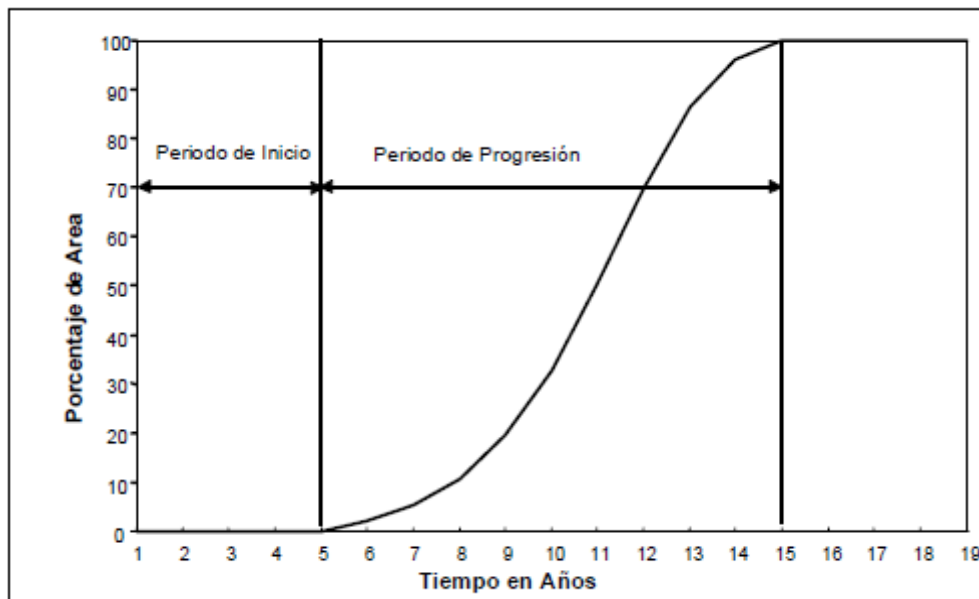


Figura 3.3: Modelación del Inicio y Progresión del Deterioro (DICTUC, 2006)

Los modelos jerarquizados por nivel de deterioro son:

- a) Agrietamiento: Es uno de los deterioros más importantes en los pavimentos asfálticos. La fatiga y el envejecimiento son los principales factores que contribuyen al agrietamiento de las capas de pavimento. Su propagación se acelera a través del resquebrajamiento resultante del paso del tiempo y de la adición de agua, lo que puede debilitar definitivamente las capas subyacentes. Existen dos tipos de agrietamiento considerados en HDM-4:

- Agrietamiento Estructural: este tipo de agrietamiento considera las grietas estructurales totales (grietas a lo largo y ancho de mas de 1 mm de ancho) y las grietas estructurales anchas (grietas de 3 mm o más con desconchado o grietas interconectadas). Son causadas principalmente por las cargas de tránsito, el envejecimiento y el medioambiente.

El agrietamiento de pavimentos asfálticos es modelado en dos fases: inicio y progresión. La predicción del inicio de grietas corresponde a un modelo probabilístico, establecido cuando el 0.5 % del área de la superficie se encuentra agrietada.

El modelo utilizado para simular la progresión del agrietamiento es una función sigmoide (forma de S), donde la razón de progresión depende primeramente del área agrietada y el tiempo desde la iniciación del agrietamiento, sin efecto significantes de las cargas de tránsito o la firmeza del pavimento (lo cual se puede apreciar en la figura 3.4)

- Agrietamiento Térmico Transversal: este tipo de agrietamiento corresponde a fisuras no conectadas a través del pavimento, las cuales son causadas generalmente por la oscilación térmica, o por condiciones de hielo/deshielo. Es por esto que el agrietamiento transversal ocurre solo en algunos tipos de climas.

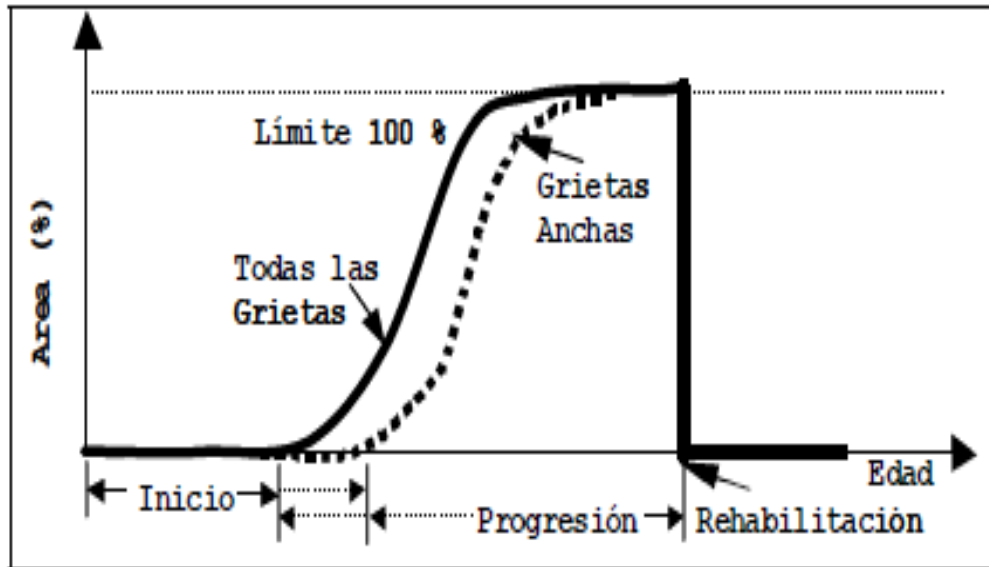


Figura 3.4: Inicio y progresión del agrietamiento (DICTUC, 2006)

- b) Pérdida de árido: Es la pérdida progresiva de material de la capa, causado por efectos del clima y/o erosión producida por el tránsito. Es común que este tipo de deterioro se manifieste en construcciones de baja calidad y en capas asfálticas muy delgadas, tales como tratamientos superficiales, lechada asfáltica y mezclas abiertas en frío.

Este deterioro, al igual que el agrietamiento, es modelado en una fase de inicio y otra de progresión. Para modelar la iniciación de este deterioro se utilizó un modelo probabilístico, el cual establece su inicio cuando el 0.5% del área de la superficie está desprendida. El inicio está fuertemente influenciado por el envejecimiento y la calidad de construcción, y también influye el volumen total de tránsito. La progresión de la pérdida de árido también tiene forma de S (figura 3.5).

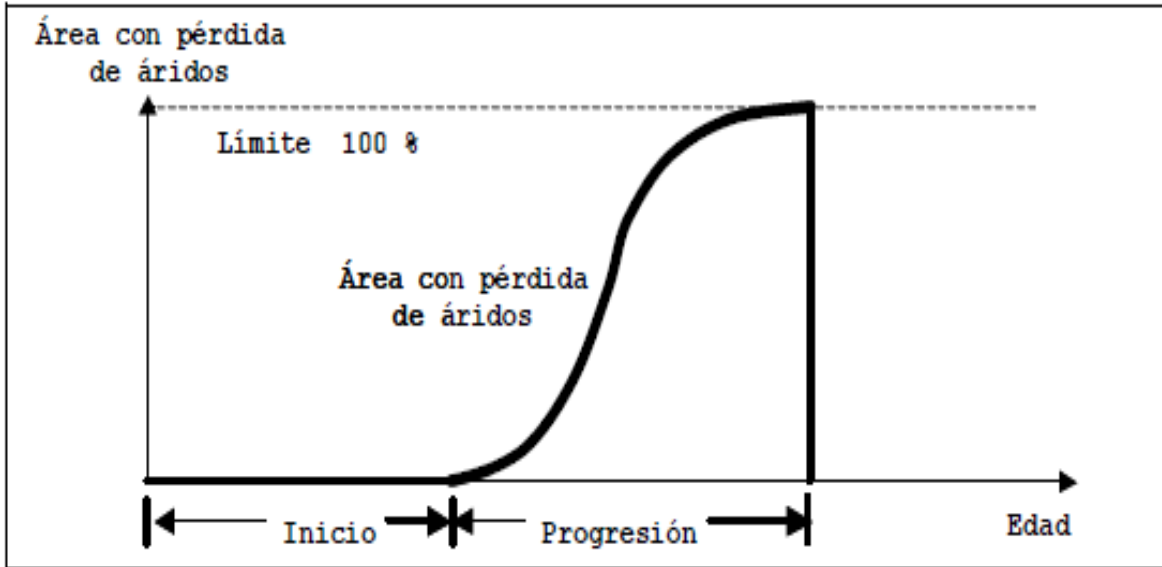


Figura 3.5: Inicio y progresión de la pérdida de áridos (DICTUC, 2006)

- c) Baches: Generalmente se desarrollan en una capa de rodadura que previamente haya sufrido desprendimiento de árido, agrietamiento, o ambos. La presencia de agua acelera la formación de baches, lo que debilita la estructura del pavimento, disminuyendo la resistencia de la superficie y de los materiales de la base hasta su posible desintegración.

El modelo de baches, tal como para los otros deterioros superficiales, primeramente define un período de inicio seguido por la aparición anual de nuevos baches. El inicio de las áreas con baches debido al agrietamiento, surge cuando el área total del agrietamiento estructural ancho sobrepasa el 20%. El desprendimiento que da origen a los baches se inicia cuando el área desprendida excede el 30%.

La progresión de los baches viene dada por la suma de tres componentes: una debida a la aparición de baches por causa del deterioro de grietas anchas, la segunda debida a la aparición de baches a partir de la pérdida de áridos (delaminación), y la tercera debida al agrandamiento de los baches existentes (figura 3.6).

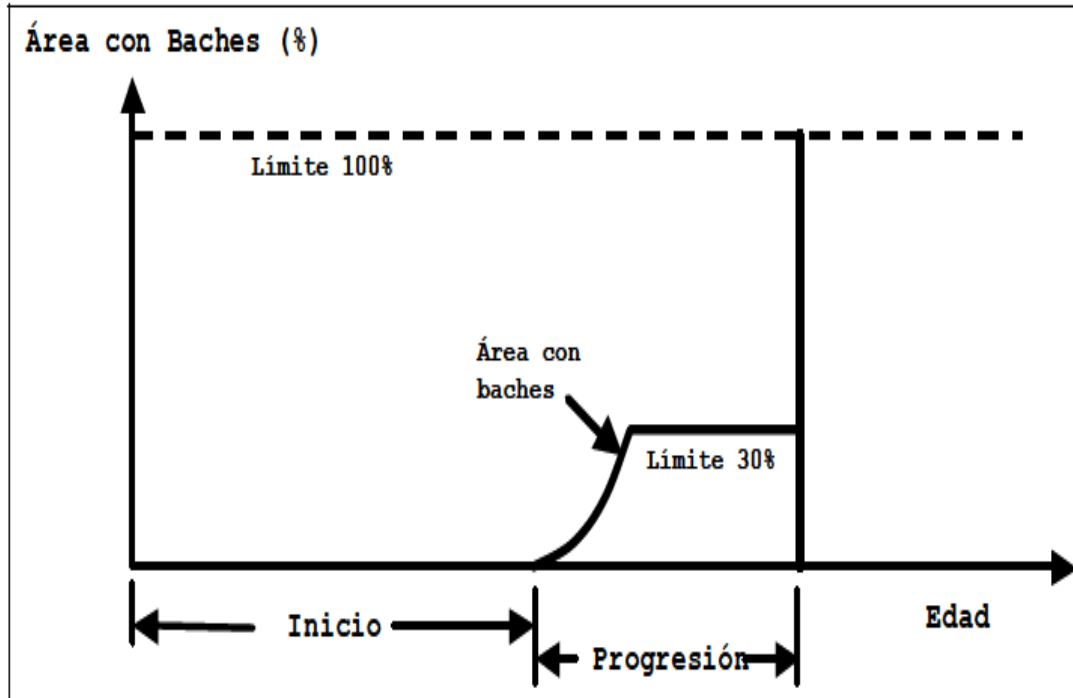


Figura 3.6: Inicio y progresión de baches (DICTUC, 2006)

- d) Rompimiento de borde: Es la pérdida de la superficie y de los materiales de la base en el borde del pavimento, causado por la fricción y falla por corte entre la pista y la berma. Generalmente ocurre en caminos estrechos con bermas no pavimentadas, donde las ruedas del vehículo pasan por encima o cerca de los bordes del pavimento. Este modelo se pronostica que ocurrirá en caminos con una anchura de calzada superior al máximo definido por el usuario, para el cual el programa establece un valor predefinido de 7.2 m con un máximo de 7.5 m, es decir que no se pronostica rotura de borde en los caminos con un ancho superior a 7.5 m.

En la modelación del deterioro del pavimento es importante asegurarse que la suma de las áreas de la superficie con y sin desperfectos sea igual al 100% en cualquier año analizado.

3.3.1.2 Deformación

Modelos que simulan la variación del perfil longitudinal y transversal del camino. Se caracterizan por ser modelos continuos que sólo consideran las ecuaciones de progresión. Estos modelos dependen del daño superficial del pavimento, por lo cual se calculan después de obtener el incremento del deterioro superficial en el año de análisis. Estos modelos corresponden a:

Ahuellamiento: Es la deformación permanente o irrecuperable de las capas del pavimento asociada principalmente a las cargas debida al tránsito que ocasionan la aparición de un canal longitudinal formado bajo la huella que describen las ruedas de los vehículos que

transitan sobre el pavimento, tal deformación aumenta y crece en el tiempo siendo cada vez mayor su profundidad.

La modelación se realiza después de la evaluación de todos los deterioros de la superficie, al final del año que esté siendo analizado. Este modelo se basa en la densificación inicial (base, sub-base y capas subyacentes), deformación estructural, deformación plástica y el desgaste superficial.

El desarrollo del ahuellamiento se divide en tres fases: una fase inicial donde empieza a observarse una deformación en la huella de la rueda; una fase estable durante la cual se presentan pequeñas deformaciones con una tasa de crecimiento muy baja y uniforme; y por último una fase final en donde se incrementa fuertemente la tasa de deformación debido, principalmente, a la aparición de grietas que facilitan el ingreso del agua al interior de la estructura, debilitando las capas y propiciando una condición que facilita el aumento del ahuellamiento.

Los factores que más influyen en la magnitud y duración de estas fases son la compactación, la calidad de los materiales, el contenido de humedad y las cargas debidas al tipo y volumen de vehículos (figura 3.7).

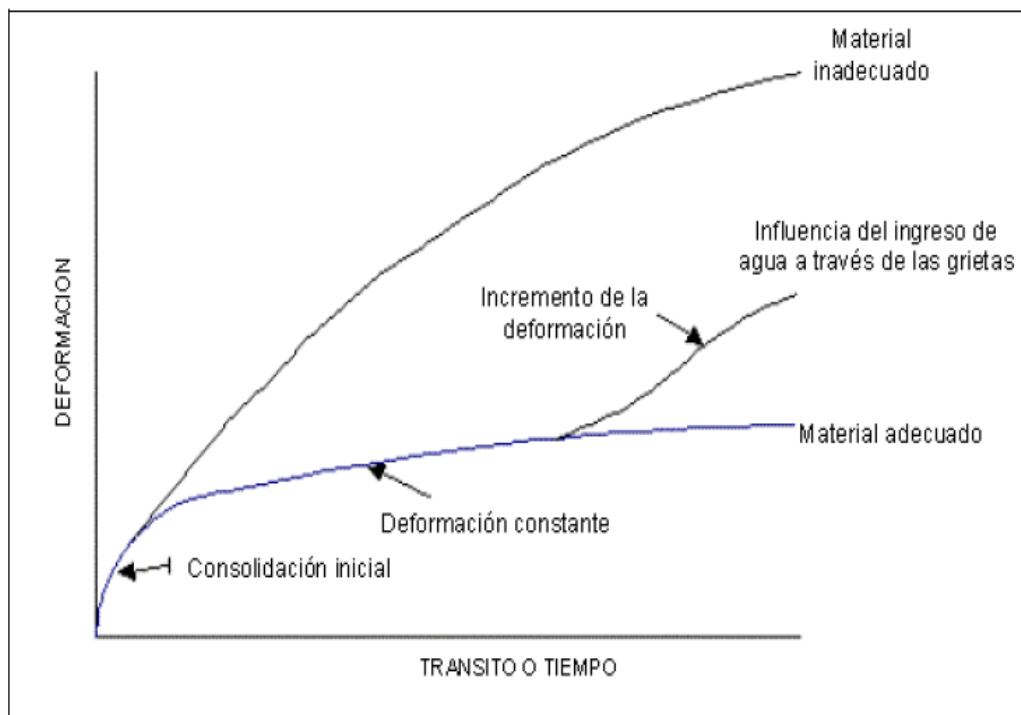


Figura 3.7: Forma funcional del ahuellamiento incluidos los efectos de las grietas e ingreso de agua (DICTUC, 2006)

Rugosidad: Es la irregularidad superficial del pavimento percibida por cualquier usuario de un camino. Las percepciones de la cálida del rodado desde hace mucho tiempo son consideradas como un criterio importante para la aceptación del servicio proporcionado por

el camino. Esta es una característica del perfil longitudinal que se percibe especialmente en la superficie de rodado en al huella de ruedas de los vehículos, y es considerada como el mejor indicador con respecto al comportamiento funcional y estructural de un camino, debido a que afecta directamente a la manera en la que los pavimentos sirven al público.

La rugosidad se define como la desviación de una superficie con respecto a una superficie completamente plana, que afecta la dinámica del vehículo, la calidad de la rodadura, las cargas dinámicas y el drenaje. Lo anterior definición implica, en principio, que la rugosidad es un defecto y comprende aquellas variaciones de la superficie que influyen en el movimiento y el funcionamiento de un vehículo. En la actualidad la rugosidad se expresa en términos de lo que se conoce como IRI (Índice de Rugosidad Internacional) y que se mide en m/km.

Este modelo consta de varios componentes: la componente estructural de la rugosidad está relacionado con la deformación de los materiales del pavimento bajo presiones impuestas por el peso del tránsito, la componente medioambiental de regularidad que se origina por factores que incluyen fluctuaciones en la temperatura y en la humedad, y otras componentes definidas anteriormente como el agrietamiento, baches y ahuellamiento.

La modelación de la progresión de la rugosidad es una combinación de la predicción de todos los modelos en sus valores individuales, siendo este modelo de tipo incremental, ya que relaciona los cambios en la rugosidad. Este modelo predice a evolución de la rugosidad en función del tránsito acumulado, capacidad estructural, tiempo y rugosidad inicial; es válido para niveles bajos de deterioro superficial, y requiere ajuste adicional cuando existe un deterioro más acentuado (figura 4.10)

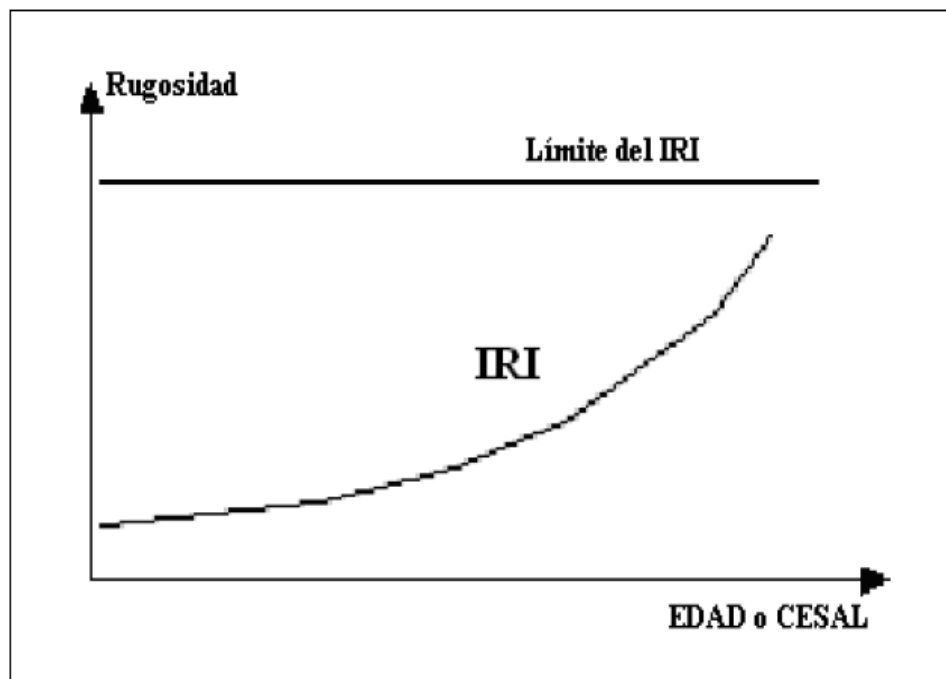


Figura 3.8: Forma funcional del Modelo de Rugosidad (DICTUC, 2006)

3.3.1.3 Textura de la capa de rodadura

Modelos continuos que se representan sólo por ecuaciones progresivas y depende de las deformaciones para ser modeladas. Estos modelos muestran dos tipos de textura clasificadas como macrotextura y microtextura. La microtextura de la superficie determina la máxima resistencia al deslizamiento alcanzado en un pavimento seco, mientras que la macrotextura determina la capacidad del drenaje, y por lo tanto, que tan efectiva será la microtextura cuando el pavimento esté húmedo.

La mayor parte de los accidentes relacionado con el deslizamiento ocurren en pavimentos húmedos. Los cambios en la macrotextura debido al desgaste y a la compactación de la acción del tránsito tienen importantes consecuencias económicas y de seguridad. Una pérdida en la adecuada condición de la micro y macro textura generará problemas que pueden llevar a un aumento de la accidentabilidad y costos de operación vehicular.

Los submodelos considerados en el modelo de textura son:

- Profundidad de la textura: relacionada a la macrotextura.
- Coeficiente de rozamiento: fuertemente influenciado por la microtextura, siendo una medida del grado de pulido de la capa de pavimento.

3.3.1.4 Interacción de deterioros

La relación entre los modelos descritos anteriormente se presenta en la figura 3.9:

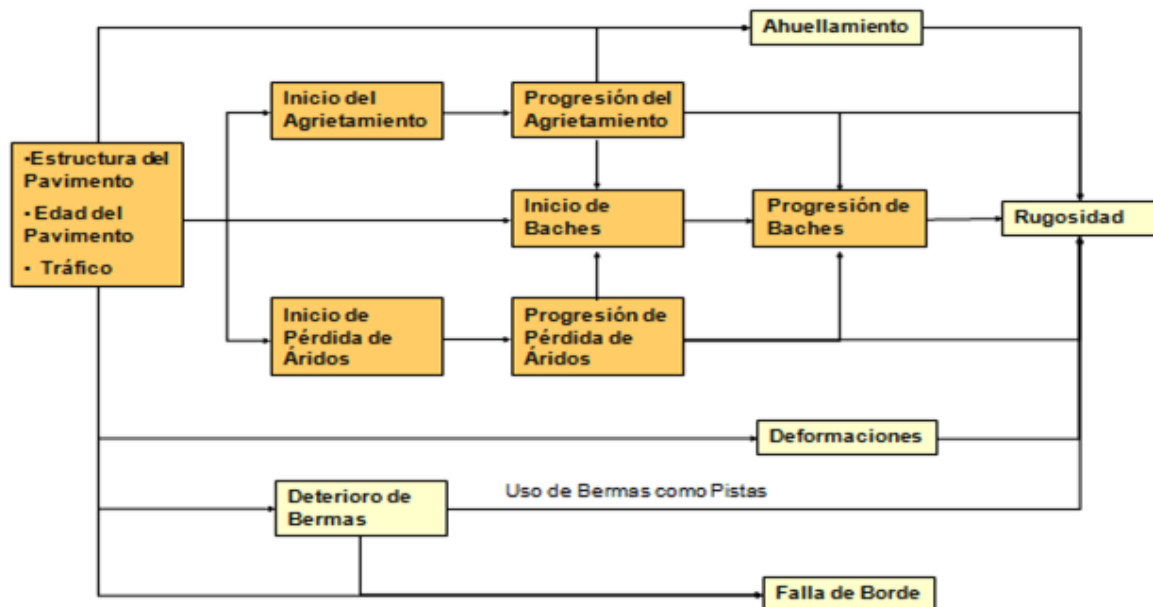


Figura 3.9: Interacción entre modelos de deterioro en HDM-4 para predecir la progresión de la rugosidad (DGV, 2003)

3.4 Evaluación técnica de pavimentos

El estado de una carretera está determinado por los siguientes parámetros: la seguridad, la comodidad de rodadura, la durabilidad y en cierta medida la estética. No existe actualmente un método para considerar estos parámetros en forma global. Sin embargo, se pueden medir y evaluar separadamente algunas características de las carreteras. A continuación en la Tabla 3.1, se indican las relaciones más importantes entre las necesidades de los usuarios con sus respectivos indicadores y los sistemas y equipos de evaluación utilizados actualmente en nuestro país.

Tabla 3.1: Características de los pavimentos y su relación con los umbrales

Necesidades	Características pavimentos (indicadores)	Sistemas y equipos de evaluación
Seguridad	Resistencia al deslizamiento	1. Péndulo portátil 2. Mancha de arena 3. Mu Meter
Comodidad	Irregularidad superficial transversal	1. Perfilómetro transversal 2. Perfilómetro óptico
	Irregularidad superficial longitudinal	1. Mays Meter 2. Naastra Roughness meter 3. Perfilómetro óptico
Comportamiento Estructural	Respuesta estructural	1. Base profunda 2. Viga Benkelman 3. Deflectómetro transitivo 4. Deflectómetro de impacto 5. Clima (Temperatura, densidad y humedad) 6. Tránsito 7. Calicatas
	Respuesta superficial	1. Inspección Visual

Fuente: De Solminihac, 1998

La evaluación técnica del estado del pavimento, tanto desde el punto de vista del nivel de servicio que otorga al usuario, como de la capacidad de resistir las solicitaciones de cargas durante un periodo de su vida útil³, es el paso fundamental para asignar las acciones de conservación más adecuadas que deben ser aplicadas en el pavimento a evaluar. El

³ Se entiende por vida útil, el número acumulado de ejes equivalentes que soportará el pavimento en los años de vida de diseño. El número ejes equivalentes de diseño tiene además asociado un coeficiente de confiabilidad que puede ser desde un 50% hasta un 90%, según sea la importancia del camino.

diagnóstico de las condiciones del pavimento comprende básicamente una evaluación del estado funcional del pavimento y una evaluación de las condiciones estructurales de este.

3.4.1 Evaluación Funcional

La evaluación funcional del pavimento, tiene por objeto el reconocimiento de aquellas deficiencias que se relacionan principalmente con la calidad de la superficie y el estado general de las condiciones del pavimento, considerando todos aquellos factores que afectan negativamente a la serviciabilidad, seguridad y costos del usuario. Entre este tipo de deficiencias se encuentran:

- Rugosidad
- Fallas superficiales
- Pérdida de fricción.

3.4.1.1 Rugosidad

Se define por rugosidad a las irregularidades presentes en la superficie del pavimento, las cuales afectan la calidad de rodado de los vehículos, y por lo tanto la calidad del servicio brindada al usuario. Uno de los principales esfuerzos para calificar y cuantificar esta calidad de servicio, fue desarrollado durante la prueba AASHO (1). En ella se propusieron los siguientes términos para definir la calidad con que el pavimento sirve al usuario.

- i. PSR (Present Serviciability Rating): El juicio subjetivo de un observador respecto a la capacidad actual del pavimento para servir al usuario.
- ii. PSI (Present Serviciability Index): Corresponde a una estimación del PSR basada en correlaciones con mediciones objetivas de rugosidad y otros defectos presentes en el pavimento tales como grietas, baches y ahuellamiento.

El PSI fue correlacionado con los parámetros de deterioro del pavimento y de esta forma se originaron las fórmulas AASHO (1) de diseño estructural.

Otra medida de rugosidad corresponde al IRI (Índice de Rugosidad Internacional) el cual fuera desarrollado en Brasil para el Banco Mundial como el parámetro de deterioro más importante del modelo HDM III (2).

3.4.1.2 Fallas Superficiales

Son aquellos defectos que se manifiestan en la superficie del pavimento, y son medibles sin la necesidad de equipos especiales. Estos defectos tienen una importancia relativa en la serviciabilidad del pavimento, sin embargo su detección oportuna es importante debido a que permite prevenir el posible desencadenamiento de un deterioro acelerado y/o establecer un diagnóstico más preciso de las causas que originan el deterioro. Es importante por lo tanto, efectuar un adecuado reconocimiento y cuantificación de estas fallas. Esto se realiza

mediante una inspección visual empleando fichas diseñadas especialmente para este efecto. Estas fichas según la importancia del proyecto pueden ser elaboradas con diferentes grados de detalle.

Entre los defectos en pavimentos asfálticos que son convenientes identificar y cuantificar conjuntamente con las medidas de rugosidad se cuentan:

- Fisuras y grietas
- Baches
- Asentamientos
- Pérdida de áridos
- Peladuras
- Ahuellamiento
- Exudación

3.4.1.3 Pérdida de Fricción

Este es un defecto que tiene relación directa con la seguridad del usuario, particularmente en segmentos de alta velocidad, zonas de frenado (cruce de peatones, colegios, etc.) y curvas de radio pequeño o curvas de radio amplio con peraltes menores a 6%. La pérdida de fricción se produce como consecuencia de una disminución combinada o individual de la macrotextura como de la microtextura superficial del pavimento, lo cual puede originar accidentes, particularmente cuando el pavimento se encuentra mojado. Para medir la resistencia al patinaje en un pavimento existen diversos equipos, entre los de mayor uso en Chile se cuentan: el Ensayo de Mancha de Arena, Péndulo Británico y Mu-Meter. En aeropuertos se emplea también el ensayo de la Mancha de Grasa y Péndulo Dinámico.

Debido a que la pérdida de fricción está asociada a un aumento de la lisura del pavimento, esto contribuye además con otros dos fenómenos asociados a pavimentos lisos:

- i. Aumento del "spray" (nebulización), asociado al paso de vehículos a alta velocidad, reduciendo considerablemente la visibilidad.
- ii. Aumento del reflejo de las luces de noche y aumento del encandilamiento.

3.4.1.4 Trabajos de Conservación

Las soluciones típicas asociadas a la restauración de la funcionalidad de un pavimento asfáltico son las acciones de conservación preventivas tales como:

1. Reparación de baches abiertos.
2. Sellado de grietas mayores a 3 mm. de abertura.
3. Tratamiento en base a capas sellantes:
 - Sellos de Lechada Asfáltica (Slurry Seal)
 - Sellos de Agregado
4. Fresado superficial y reemplazo del espesor frezado.

5. Recapado funcional: Capa delgada de asfalto la cual no aporta capacidad estructural en forma significativa.

En todos estos casos el pavimento debe encontrarse estructuralmente sano.

3.4.2 Evaluación Estructural

La evaluación estructural del pavimento, tiene por objeto la cuantificación de la capacidad estructural remanente del pavimento. La falta de capacidad estructural de un pavimento genera en este un deterioro progresivo que se manifiesta en niveles excesivos de agrietamientos y deformaciones, no recuperables a través de la simple aplicación de acciones de conservación preventivas, como las definidas en el párrafo anterior.

Para evaluar la capacidad estructural remanente del pavimento existen diversos procedimientos, los cuales se pueden clasificar según sea la metodología a utilizar. La Figura 3.8, muestra un esquema de clasificación de los métodos de evaluación estructural, los cuales se explican con más detalle a continuación.

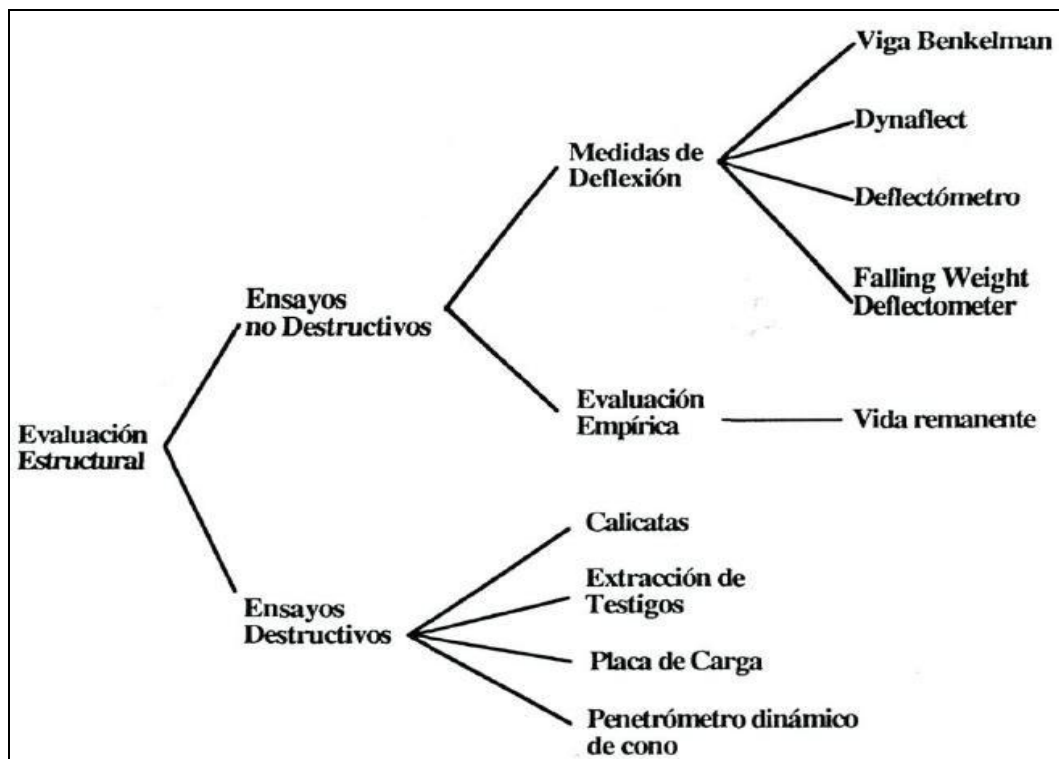


Figura 3.10: Clasificación de métodos para la evaluación estructural de un pavimento (Thenoux, G.; Gaete, R, 1995)

Tabla 3.2: Comparación de métodos para la evaluación estructural

Procedimiento	Ventajas	Desventajas
Viga Benkelman	- Aparato más simple para medir deflexiones y de menor costo. - No altera el pavimento. - Parámetro base de métodos de evaluación estructural.	- Bajo rendimiento. - Mide sólo deflexión máxima.
Deflectómetro	- Alto rendimiento. - No altera el pavimento.	- Equipo sofisticado de alto costo. - Sólo deflexión máxima es utilizable como parámetro de evaluación.
Dynafleet	- Alto rendimiento. - No altera el pavimento. - Mide deflexiones en varios puntos del cuenco.	- Equipo sofisticado de alto costo. - Cargas menores y menor precisión.
Falling Weight Deflectometer (FWD)	- Alto rendimiento. - No altera el pavimento. - Mide deflexiones en varios puntos del cuenco. - Parámetro base de evaluación de algunos métodos.	- Equipo sofisticado de alto costo.
Vida remanente	- Estimación simple y costo mínimo si se cuenta con la información.	- Dificultad de estimar tránsito a la fecha. - Poco recomendable.
Calicatas	- Evalúa en forma real las propiedades de los materiales del pavimento.	- Alteración del pavimento. - Muy bajo rendimiento.
Extracción de testigos	- Evalúa en forma real las propiedades de los materiales de la capa de rodado. - Alteración mínima del pavimento. - Necesario y recomendable para los métodos de diseño.	- Sólo aplicable a los materiales de superficie.
Placa de carga	- Evalúa en forma real la capacidad de soporte de las capas de pavimento.	- Alteración significativa del pavimento a un alto costo. - Muy bajo rendimiento.
Penetrómetro (DCP)	- Evalúa en forma real las propiedades de los materiales granulares del pavimento. - Alteración menor del pavimento.	- Sólo aplicable a capas granulares.

Las razones por las cuales la capacidad estructural de un pavimento requiere ser reforzada puede deberse a una o más de las siguientes causas:

1. Pavimento cercano a cumplir su vida de diseño. Los ejes equivalentes acumulados han alcanzado los límites considerados en el diseño original.
2. Se proyectó un espesor de diseño insuficiente. Un espesor de proyecto insuficiente se puede relacionar con algunas de las siguientes causas:
 - Tránsito de diseño subestimado.
 - Emplear parámetros de diseño no representativos tales como; resistencia subrasante, resistencia capas estructurales, condiciones de drenaje, juntas de traspaso de cargas (hormigón), estratigrafías de carga, etc.

3. Calidad de la construcción. Aun estando bien diseñado un pavimento la mala calidad de la construcción puede minorar substancialmente la capacidad estructural de un pavimento.
4. Conservación. Al igual que el punto anterior, aun estando bien diseñado y construido un pavimento la inadecuada conservación de la estructura y sistema de drenajes del pavimento, pueden provocar el deterioro acelerado de este.
5. Fiscalización: La inadecuada fiscalización de una red caminera trae como consecuencia un mal uso de los pavimentos y un aumento de las sobrecargas.

4. POLITICAS DE CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

4.1 Generalidades

Actualmente la red vial del país tiene una longitud de 80.443,246 kilómetros, de los cuales 17.570,5 kilómetros corresponden a la red vial pavimentada, es decir un 21,8%. De esta red pavimentada debe descontarse la red vial concesionada, que alcanza a diciembre de 2008 una longitud de 2.366 kilómetros y sobre la cual operan contratos de concesión cuyos estándares están fijados por las respectivas bases de licitación y sobre los cuales la Dirección de Vialidad no ejecuta actividad de conservación alguna. Por lo tanto, la red que es de tuición de la Dirección de Vialidad tiene una longitud de aproximadamente 15.205 kilómetros. La Dirección de Vialidad, de acuerdo a su lineamiento estratégico y los objetivos del servicio, diseña y ejecuta la conservación vial de la red bajo su tuición en cuatro modalidades:

- i. Conservación por Administración Directa
- ii. Conservación por Contratos Globales de Conservación
- iii. Conservación por Contratos Globales Mixtos de Conservación
- iv. Conservación por Contratos Individuales -Tradicionales o Específicos

La cobertura que se alcanza con estas modalidades en la red pavimentada, es del orden del 70%. Estas cuatro modalidades logran suplir en parte las necesidades que se presentan en las carpetas de rodadura y tienen como objetivo restituir la capacidad estructural de pavimento y asegurar su vida útil, actuando mayoritariamente en respuesta a los niveles de deterioro y a los requerimientos de las Direcciones Regionales de Vialidad, las cuales debido al alto conocimiento de su red pueden plantear proyectos y necesidades específicas las cuales son cubiertas en función de las disponibilidades presupuestarias en el corto y mediano plazo.

El desafío para la Dirección de Vialidad es atender oportunamente, de acuerdo a la planificación basada en los lineamientos de la política de conservación vial, aquellos caminos que dada su importancia en la conectividad vial no sobrepasen niveles de deterioro que hagan necesaria una conservación mayor. Así, se logra gestionar adecuadamente los recursos presupuestarios disponibles y permite aumentar la efectividad y cobertura de la conservación vial. La conservación oportuna, siempre será más rentable y eficiente que una conservación tardía donde cualquier acción de conservación es ineficaz y escapa al marco de este compromiso.

De esta forma, la implementación de un Sistema de Gestión de Mantenimiento, permite planificar y gestionar las modalidades de conservación, considerando las operaciones rutinarias y periódicas, como por ejemplo la planificación de programas de sellos y recapados.

4.2 Acciones de conservación

La conservación vial tiene como objetivo fundamental el mantener o mejorar el nivel de servicio de una carretera, impidiendo el deterioro de la estructura de la carretera y mejorando la seguridad de personas y vehículos.

Para el logro de este objetivo, existen diversas opciones de acciones de conservación a aplicar.

Se presentan a continuación una descripción de las acciones de conservación conocidas a nivel nacional y también algunas soluciones usadas en el extranjero (pueden ser objeto de futuras investigaciones).

4.2.1 Acciones de conservación para pavimentos asfálticos

De acuerdo a la clasificación presentada en el estudio titulado “Sistemas de gestión de la conservación de pavimentos asfálticos” (DICTUC, julio de 1992), se describen a continuación las acciones de conservación para pavimentos asfálticos listados en orden de efectividad y costo creciente.

a) Sellado de grietas (*Crack sealing*)

Las grietas que presentan los pavimentos asfálticos se pueden clasificar según su abertura en: mayores de 3 mm y menores de 3 mm.

Las grietas de abertura menor de 3 mm generalmente no revisten mayores problemas para el tránsito y si son estables, incluso, podrían dejarse de sellar. Sin embargo, lo más recomendable es sellarlas mediante un riego neblina o una lechada asfáltica y así impedir la infiltración de agua hacia capas subyacentes y el consiguiente debilitamiento de la estructura del pavimento. Esta acción, generalmente de aplicación masiva, no se incluye en el ítem de conservación rutinaria, sino que se especifica en forma como conservación periódica.

Las grietas de abertura mayor a 3 mm necesariamente deberán ser tratadas mediante un sellado de grietas, de lo contrario infiltraciones de agua, sales y otros materiales incompresibles, podrían debilitar significativamente la estructura del pavimento. Esta acción, de aplicación localizada, se considera incluida dentro de la conservación rutinaria.

b) Bacheo (*Patching*)

Una de las fallas que eventualmente puede presentar un pavimento asfáltico, consiste en el desprendimiento localizado de las capas asfálticas, originando una cavidad llamada bache. En la mayoría de los casos, esta deficiencia responde a problemas de diseño y/o construcción del pavimento asfáltico que conducen a fallas de las capas de sustentación,

base y/o sub-base. También se puede originar producto de espesores insuficientes, poco asfalto en la mezcla o drenaje inadecuado.

La acción de reparación de este tipo de falla recibe el nombre de bacheo, y consiste básicamente en la reposición del pavimento en la zona afectada.

El bacheo corresponde a una acción de conservación de tipo correctiva y localizada, pudiendo ser superficial o profundo, dependiendo de si es necesario remover sólo las capas asfálticas o también parte de las capas granulares constituyentes de la estructura.

c) Riego de neblina (*Fog seal*)

El riego neblina corresponde a una de las acciones de conservación más sencillas. Consiste básicamente en la aplicación de un ligero riego de emulsión asfáltica diluida en agua sobre una superficie asfáltica existente para reducir la pérdida de áridos y/o para cubrir un asfalto oxidado con otro fresco. Generalmente para este tipo de acción de conservación se emplean emulsiones de quiebre lento.

Los principales objetivos que debe cumplir un riego de neblina son:

- Sellar poros y grietas superficiales de ancho inferior a 3 mm.
- Rejuvenecer superficies secas u oxidadas.
- Impermeabilizar la superficie.
- Evitar la desintegración superficial, con el objeto de mejorar la retención del agregado se aplica un riego neblina de emulsión bituminosa como última capa de un tratamiento superficial, también llamado “tercer riego”.

Al aplicar el Riego Neblina, se debe cubrir en forma homogénea la superficie del pavimento, sin alterar significativamente su textura para evitar la producción de superficies resbaladizas.

Este tipo de sello se caracteriza por ser de bajo costo. Sin embargo, adolece de algunas desventajas tales como:

- Solo permite restablecer superficies envejecidas y levemente fisuradas.
- Es de corta duración. El beneficio proporcionado a la superficie se extiende por poco tiempo, aproximadamente de 1 a 2 años.
- Repetidas aplicaciones pueden originar superficies resbaladizas.
- El pavimento no se puede transitar recién efectuado el riego, debiendo dejar un tiempo de curado de aproximadamente 24 horas, entre la aplicación y la apertura del tráfico.

d) Sello de lechada asfáltica (*Slurry seal*)

Están constituidas por una mezcla de agregados pétreos finos (arenas), emulsión asfáltica de quiebre lento, una pequeña proporción de polvo mineral (*filler*), si es necesario, y agua en cantidad suficiente para obtener consistencia adecuada que permita extenderla sin que se derrame.

Estas mezclas se aplican sobre superficies fisuradas, agrietadas, desgastadas o envejecidas, pero que aún conservan su valor estructural y portante. El sello de lechada asfáltica no incrementa la resistencia estructural del pavimento existente. Un pavimento estructuralmente débil en ciertas áreas localizadas, deberá ser reparado antes de aplicar el sello de lechada. Ahuellamientos, hundimientos, ondulaciones y otras irregularidades en la superficie deben también ser corregidas antes de poner un sello de lechada asfáltica.

El espesor normal en que se aplica una lechada asfáltica varía entre 3 y 12 mm aproximadamente, dependiendo del tamaño máximo de la arena que se emplee. Los objetivos de una lechada asfáltica son:

- Penetrar en fisuras, grietas y poros superficiales de un pavimento asfáltico envejecido, restituyendo una superficie bien impermeabilizada y rejuvenecida, como una forma de prolongar su vida útil.
- En carpetas de rodado muy lisas y peligrosas para el tránsito de los vehículos, incrementar la micro-rugosidad de la superficie del pavimento, transformándola en una superficie antideslizante.
- Sellado de tratamientos superficiales, para una mejor defensa frente al tránsito y agentes atmosféricos.
- Rejuvenecer superficies de pavimento envejecidas.
- Homogeneizar el color de un pavimento y sub-secuentemente mejorar la delineación existente.
- Nuevos métodos de aplicación de lechadas asfálticas, permiten además corregir varios tipos de deformaciones de pavimentos asfálticos, como es el caso de ahuellamientos leves.

e) Sello de agregados (*Resealing*)

Una de las acciones de conservación de pavimentos asfálticos más utilizadas actualmente, es el de sellos de agregados. La razón principal de esta situación es la abundancia en nuestro país de agregados pétreos de buena calidad.

El sello de agregados corresponde a un tratamiento superficial simple, sobre una superficie asfáltica existente generalmente deteriorada. Consiste en un riego de ligante asfáltico sobre una superficie especialmente preparada para el tratamiento, seguido de un riego de agregados pétreos, posteriormente compactados, preferentemente de un solo tamaño (monotamaño).

Los principales beneficios que proporciona este tratamiento son:

- Mejorar la textura superficial, proporcionando una adecuada resistencia al patinaje y permitiendo un mejor drenaje superficial.
- Proporcionar una carpeta impermeabilizante, protegiendo las capas subyacentes de la estructura.
- Rejuvenecer superficies secas u oxidadas.
- Proporcionar una cubierta resistente a la abrasión.

Sin embargo, debido a su limitado espesor (inferior a 2,5 cm), estos tratamientos no son capaces de restaurar deformaciones superficiales significativas, ni tampoco aumentar la resistencia estructural del pavimento. Por otro lado, los sellos de agregados frecuentemente presentan algunas fallas, las que se manifiestan al poco tiempo de terminada la obra y que son propias de la calidad, tanto del diseño como de la construcción. Las fallas más comúnmente observadas son: estrías, exudación y pérdida del agregado superficial.

f) Refuerzo (*Overlay*)

La capa de refuerzo corresponde a una carpeta de mezcla asfáltica, usualmente de concreto asfáltico, colocada con un espesor tal que permita aportar estructuralmente a la capacidad portante del pavimento superficial existente (habitualmente $e \geq 5$ cm). Esta capa se utiliza para mejorar la irregularidad superficial del pavimento y/o para reforzarlo estructuralmente.

Algunos de los principales objetivos que debe cumplir una capa de refuerzo son:

- Mejorar el nivel de serviciabilidad del pavimento existente.
- Restaurar la resistencia estructural del pavimento existente que ha sido perdida por fatiga u otro tipo de falla.
- Incrementar la capacidad portante del pavimento. De esta manera es posible adecuar la estructura a solicitaciones de carga y/o volúmenes de tránsito mayores.

Adicionalmente a los efectos de regularización de superficie o de refuerzo de pavimento, la capa de refuerzo de pavimento aporta otros beneficios tales como:

- Protege el pavimento contra climas adversos.
- Mejora la resistencia al patinaje.
- Provee una superficie que permite un eficiente drenaje superficial, disminuyendo el riesgo de hidroplaneo y de proyección de agua.

La capa de refuerzo presenta una serie de ventajas respecto de otras acciones de conservación, entre las cuales se pueden mencionar:

- Menor interferencia del tránsito, debido a que las mezclas en caliente en planta pueden ser abiertas al tráfico inmediatamente después que su temperatura baja a niveles normales.
- El ligante asfáltico y los agregados son calentados antes de mezclarse, lo cual permite utilizar asfaltos más viscosos en su elaboración y una mejor dosificación en planta.
- A diferencia de los sellos agregados, en las capas de refuerzo no existe el problema de la pérdida superficial de agregados.

g) Reconstrucción

La reconstrucción de un camino consiste en la ejecución de los trabajos de remoción y reemplazo significativo de los materiales que conforman el pavimento dañado. Esto puede significar una nueva especificación de los tipos de capas superficiales y de base, como también de sus espesores. Se requiere aplicar esta acción cuando el pavimento llega a un deterioro tal que no es posible su rehabilitación mediante provisión de simples capas de

recapado. Al igual que los refuerzos, esta acción permite regularizar la superficie y mejorar la resistencia estructural.

5. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS

5.1 Generalidades

La evaluación económica de la conservación de las carreteras se basa en la generación de flujos monetarios, durante todos los años a lo largo de la vida de servicio del pavimento, en costos de construcción, conservación, usuarios y otros adicionales, para distintas alternativas de proyectos de inversión. Estos flujos se originan de la comparación de costos entre una alternativa base respecto de otras alternativas de conservación. Al modelar en el pavimento distintas situaciones de proyectos de conservación, se generan, respecto de la alternativa base, beneficios por la disminución en los costos de los usuarios y costos adicionales producidos por el mayor gasto en conservación. Esta alternativa base se compara con los diferentes proyectos, se evalúa y se selecciona el plan de inversiones más conveniente desde el punto de vista económico.

Este capítulo comprende una identificación y descripción de los costos y beneficios involucrados en la evaluación de la conservación de pavimentos, y los criterios posibles de utilizar para la selección de las alternativas más adecuadas.

La evaluación económica se utiliza, tanto para determinar la factibilidad como para elegir entre distintas estrategias de un proyecto. En el análisis se evalúan y consideran todos los costos o flujos de dinero asociados a cada estrategia propuesta a lo largo de la vida útil. De esta manera, la evaluación económica ayuda a elegir la estrategia de inversión que se considere más adecuada para los intereses institucionales. En todo caso, se deben examinar todas las estrategias técnicamente viables dentro del tiempo previsto para el análisis, incluyendo la comparación con la situación existente.

5.2 Evaluación Privada y Social de Proyectos

Los costos involucrados en la evaluación pueden ser calculados en términos privados, sociales o de componente extranjera.

Los costos privados representan los costos de los recursos valorizados a precio de mercado, incurridos tanto en la conservación del pavimento, como por los usuarios del camino. Estos valores incluyen impuestos, aranceles, etc.

Los costos sociales, en cambio, no incluyen estas componentes de impuestos y otras distorsiones del mercado, valorizando solamente los costos que se tienen para la sociedad y no los costos que recibe cada ente particular. Como las carreteras son bienes de uso público, se considerará que los recursos involucrados en las evaluaciones se valoren en términos sociales.

La componente extranjera finalmente, corresponde al desembolso en divisas en que se incurre para cada recurso.

Es importante señalar que en el caso de los proyectos viales ejecutados bajo el régimen de las concesiones, se debe efectuar además una evaluación en términos privados para analizar la rentabilidad del concesionario.

5.3 Alternativa Base de Comparación

La situación “sin proyecto”, o alternativa base de comparación, debe determinarse como la situación actual “optimizada”, es decir, a aquella que resulta de la ejecución de obras menores, o medidas de gestión factibles y de pequeños montos de inversión, que mejoren las condiciones de operación del camino (MIDEPLAN, 1991). Estas medidas consideran normalmente la mantención de rutina, la cual involucra acciones mínimas que puedan preservar la integridad del pavimento y la seguridad de los usuarios, como: bacheos, sellado de grietas aisladas, mantención de bermas, control de vegetación, drenaje, demarcación, señalización, etc.

5.4 Beneficios

Existen básicamente dos tipos de beneficios, aquellos cuantificables y aquellos no cuantificables o intangibles. En los proyectos de mantenimiento vial urbano, entre los cuantificables, se puede distinguir los siguientes:

a) Ahorro de tiempo de viaje de los usuarios

Este es un beneficio directo que se produce al modificar las características de diseño y construcción de la red vial y sus elementos; se mide a través de asignarle valor al tiempo de viaje de los distintos usuarios que transitan por la red.

b) Ahorro de costos de operación de los vehículos

Los costos de operación pueden clasificarse en dos grandes rubros.

- i. Ahorro de costos de combustible de los vehículos: Corresponde al ahorro que se produce en el consumo de combustible de los vehículos, principalmente por efecto de mejoramiento de las características de diseño y construcción de la red vial y sus elementos.
- ii. Ahorro de otros costos de operación de los vehículos: Corresponde al ahorro proveniente de un menor consumo de repuestos, mano de obra, neumáticos, lubricantes, etc., producido por un mejoramiento en el estado de la carpeta de rodado, como consecuencia del proyecto.

Tanto el ahorro de tiempo de viaje de los usuarios, como el ahorro en el consumo de combustible de los vehículos, corresponden a beneficios que cobran especial relevancia en los proyectos cuya tipología es de “Mejoramiento”. En cambio, el ahorro de otros costos de operación de vehículos es el más relevante en los proyectos cuya tipología es “Conservación”, “Reparación” y “Reposición” de vías.

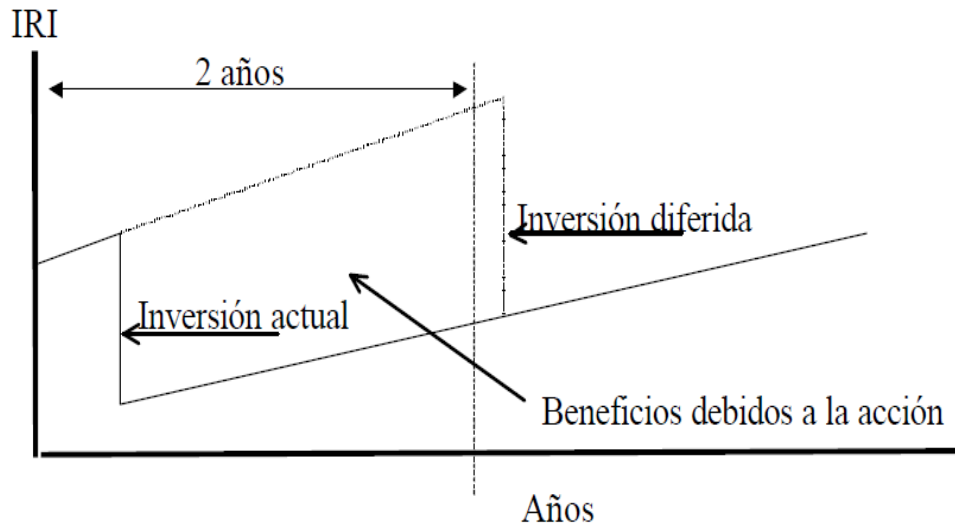


Figura 5.1: Cálculo de los beneficios de un programa para varios años
(Manual HDM 4, Vol 2)

5.4.1 Ahorro de costos de conservación de la vía

Corresponde a una eventual disminución en el costo de conservación de las vías, por causa del proyecto.

a) Beneficios Intangibles

El concepto de intangibles se refiere a la identificación de beneficios de difícil cuantificación, pero que pueden incidir en la decisión cuando se debe optar entre varias alternativas de proyecto. Entre éstos cabe mencionar el mejoramiento urbano, la reducción de la contaminación atmosférica, la protección del patrimonio arquitectónico, mayor seguridad para el usuario, etc.

También se consideraron “intangibles” aquellos beneficios derivados de un aumento de tránsito, que en términos estrictos son cuantificables.

5.5 Costos

Los principales costos que se consideran para la evaluación económica de la conservación de caminos son los siguientes

5.5.1 Costo de Construcción

El costo de construcción de un pavimento nuevo se calcula como la suma de los costos de preparación del terreno, movimiento de tierra, construcción del pavimento, obras de drenaje y gastos administrativos. El valor del terreno no es considerado para efectos de evaluación social, ya que constituye una simple transacción legal. Al efectuar posteriormente la

comparación entre las alternativas de conservación sobre un pavimento existente, este costo ya está desembolsado y por lo tanto no variará para cada una de éstas. En consecuencia, el efecto del costo inicial de construcción del camino será nulo para el análisis económico entre alternativas de conservación.

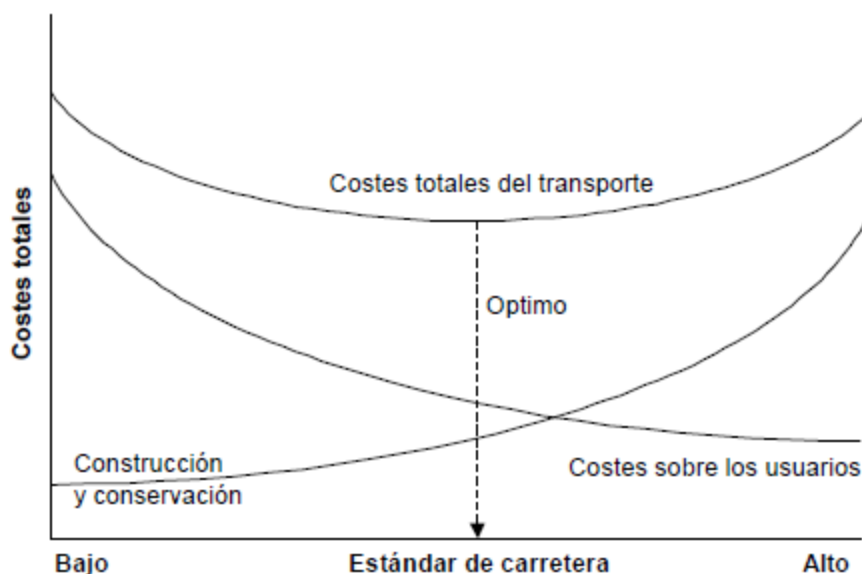


Figura 5.2: Relación costes-estándar de la carretera
(Manual HDM 4, Vol 4)

5.5.2 Costos de Conservación

Estos costos corresponden a los incurridos anualmente por las autoridades viales en las obras de conservación. Estas actividades de conservación tienen diferentes magnitudes de recursos involucrados y efectos en el comportamiento de los pavimentos, según se trate de actividades de tipo rutinario, preventivo o rehabilitación, de acuerdo a lo explicado en el capítulo III.

Para cada acción de conservación se calcula un valor unitario de acuerdo a los recursos utilizados en mano de obra, equipos, materiales y administración. Para la conservación rutinaria se especifica un valor fijo por kilómetro al año y para las de tipo preventiva y de rehabilitación, un valor unitario por metro cuadrado, los que multiplicados por la cantidad física total de obras, dan como resultado el costo total en conservación para un período determinado.

En el caso específico del refuerzo o recarpeteo asfáltico, este costo unitario por metro cuadrado varía de acuerdo al espesor considerado.

5.5.3 Costos de Usuarios

Esta estimación tiene por objeto permitir predecir el efecto de la condición del pavimento y de las conservaciones previstas, en los costos en que incurren los usuarios por la operación de los vehículos. La importancia de estos costos se debe a que representan un gran porcentaje del costo total de la carretera (entre 50 y 80%), y por lo tanto, son altamente

significativos en la toma de decisiones para la gestión vial (Watanatada et al, 1987). Estos costos se pueden clasificar fundamentalmente en los siguientes:

- Consumo de combustible y lubricantes.
- Consumo de neumáticos.
- Consumo de repuestos y horas de mantención.
- Depreciación e intereses.
- Tiempo de pasajeros y tripulación.

Como resultado de una revisión bibliográfica de los estudios referentes al tema, efectuada en nuestro país (González et al, 1989), se llegó a la conclusión que los modelos propuestos por HDM-III son los más adecuados para ser utilizados como metodología fuente. Su principal ventaja radica en la incorporación de conceptos físicos y mecánicos para la modelación del comportamiento de los vehículos y del consumo de los recursos involucrados, a diferencia de los estudios realizados hasta 1980, basados en relaciones empíricas y simples modelos estadísticos agregados, que fueron la base para los estudios de Kenya y del HDM-II (Hide et a, 1975).

Con el objeto de evaluar en mejor forma los proyectos viales que se implementan en Chile, se realizó una adaptación y calibración de los modelos HDM-4 que estiman los costos de operación vehicular (VOC) según las condiciones locales. Las relaciones que permiten realizar esta predicción se muestran en detalle en el Anexo B.

Debido a que la mayoría de estos componentes varían según el nivel de la rugosidad de camino, la cual corresponde a la principal variable generadora de costos y beneficios en los proyectos de conservación, para efectos de aplicar una metodología que permita determinar las políticas de conservación más adecuadas a aplicar en carreteras, se ajustó un modelo simplificado de las relaciones HDM-4 chilenas, que permitiera realizar el cálculo de estos costos de un modo más expedito, en función del nivel de IRI del camino para cada tipo de vehículo.

5.5.4 Costos Exógenos

Existen otros costos involucrados en la evaluación de las alternativas de conservación en pavimentos asfálticos que no son usualmente considerados por las metodologías, pero que pueden ser incluidos en los modelos en forma de un costo exógeno si en algún caso particular se justificara. Entre estos costos se pueden considerar: los de congestión, las demoras producidas a los usuarios durante la ejecución de las obras de conservación, costos de rehabilitación del pavimento al término del período de evaluación y los de accidentes.

Las carreteras pueden considerarse un patrimonio invertido por el país, que se podría evaluar en miles de millones de pesos. Al deteriorarse estas vías en el tiempo, se produce una pérdida de este valor patrimonial. El valor de esta pérdida en algún momento de la vida de servicio, podría teóricamente ser calculado como el monto de inversión en rehabilitación que es necesario incurrir para recuperar el nivel de servicio inicial, de modo de obtener un estado del pavimento igual al de un camino nuevo.

5.6 Criterios de selección de Proyectos de Conservación

Una vez que se han estimado los flujos de costos y beneficios producidos por las comparaciones durante un determinado período de evaluación, entre las distintas alternativas de conservación técnicamente factibles respecto de una alternativa base, se debe proceder a la selección de aquella que resulte más conveniente desde el punto de vista económico.

Para efectuar la selección del proyecto más adecuado de inversión en base a estos flujos de costos y beneficios, existen distintos criterios de comparación, de los cuales los más utilizados en evaluación de proyectos son: el valor actualizado neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR), la razón beneficio-costos (B/C) y los beneficios del primer año (FYB).

5.6.1 Valor Actualizado Neto (VAN)

Se calcula como la suma total de los flujos netos de costos y beneficios de una alternativa, llevados a valor presente durante todo el período de análisis.

$$VAN = \frac{B_1 * C_1}{(1+r)} + \frac{B_2 * C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{B_n * C_n}{(1+r)^n} \quad (\text{Ecuación 5.1})$$

Donde:

n: Período de análisis en años

r: Tasa anual de descuento

Bi: Beneficios generados por la alternativa de conservación en los años 1, 2,..n

Ci: Costos generados por la alternativa de conservación en los años 1, 2,..n

Un proyecto de inversión será económicamente rentable si el VAN resulta positivo, es decir si los flujos de los beneficios netos son mayores que el costo de oportunidad de capital. Este indicador mide el aumento de la riqueza del inversionista por invertir en el proyecto, en lugar de hacerlo en la alternativa que rinde la tasa de descuentos (Fontaine, 1980). En el caso de la evaluación social de proyectos, este indicador representa una buena medida del aumento del bienestar general del país.

5.6.2 Tasa interna de retorno (TIR)

Es la tasa anual de descuento a la cual el valor presente neto VAN es igual a cero. Debido a la dificultad de poder despejar este valor de la relación 4-9, este cálculo debe realizarse por medio de iteraciones, encontrando un valor r^* (TIR) el que puede dar como resultado más de una solución.

Este indicador es en general solo aplicable a proyectos que se comportan normalmente, es decir, para aquellos que en sus primeros años tienen costos de inversión y después generan beneficios (MIDEPLAN, 1991). Como en el caso de la conservación de pavimentos se tienen inversiones durante el período de análisis, por ejemplo un refuerzo, este indicador puede no ser el más adecuado para la selección de la mejor alternativa.

5.6.3 Razón beneficio-costo (B/C)

Se calcula como el cuociente entre los beneficios presentes y los costos presentes

$$B/C = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+r)^i}}{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}} \quad (\text{Ecuación 5.2})$$

Un proyecto resulta rentable cuando la razón B/C es mayor que 1. Este indicador tiene la dificultad de que su valor de la rentabilidad es relativo, es decir no refleja la magnitud de los montos involucrados, por lo que en general no es conveniente considerarlo para decidir entre distintas opciones de inversión, especialmente en presencia de restricciones presupuestarias.

5.6.4 Beneficios del primer año (FYB)

Otro indicador usual en evaluación de proyectos, corresponde a los beneficios del primer año. Este indica que si la relación entre los flujos netos del primer año ($B_1 - C_1$) y la inversión en capital incurrido por la ejecución del proyecto (I_0), es menor que la tasa de descuento imperante, conviene postergar el proyecto. La aplicación de este criterio supone que los beneficios son crecientes en el tiempo.

$$FYB = \frac{B_1 - C_1}{I_0} * 100 \quad (\text{Ecuación 5.3})$$

5.7 Horizonte de Evaluación

Para evaluar económicamente proyectos de inversión se debe definir un período de análisis u horizonte de evaluación, el cual dependerá de las características particulares del proyecto. Como criterio usual de selección de este horizonte de evaluación, se recomienda utilizar un período igual a la vida útil de la obra más importante o representativa del proyecto. En el caso de la conservación de carreteras, correspondería a la construcción inicial del pavimento, la cual se le considera frecuentemente para efectos del diseño una vida útil de 15 años. Períodos menores de evaluación no permiten incorporar, en su totalidad, las conservaciones preventivas y de rehabilitación que forman parte del ciclo de un pavimento asfáltico. Por otra parte, utilizar horizontes mayores tiene el inconveniente de no tener la certeza de las proyecciones a futuro, especialmente las tasas de crecimiento de tránsito, y además, los valores actualizados en el muy largo plazo se hacen poco significativos. Por estas razones, se consideró adecuado utilizar un período para la evaluación de 15 años.

Cabe señalar, sin embargo, que si el horizonte de evaluación utilizado es menor que la vida útil económica del proyecto, entonces corresponderá estimar su valor residual al término de dicho período, el cual será siempre menor que la inversión original, y se considera como un beneficio percibido durante el último año de análisis.

5.8 Tasa de Descuento

La tasa de descuento representa el costo del dinero o costo de oportunidad del capital. En el caso de la evaluación social de proyectos se debe utilizar una tasa social de descuento que considere las restricciones presupuestarias de los organismos públicos. La tasa social de descuento a utilizar es la que propone el Ministerio de Planificación Nacional de Chile (MIDEPLAN, 2011), que es del 6% para el año 2012.

5.9 Priorización de Alternativas a Nivel de Tramo

En base a los indicadores económicos obtenidos en la etapa anterior, se escogió para cada camino o celda, aquellos estándares o alternativas de conservación que fueran más convenientes de realizar, según criterios de optimización para el uso de estos recursos. Existe bastante consenso de que las alternativas más convenientes de realizar son aquellas que presentan el mayor valor actual neto (VAN), ya que este indicador refleja de mejor forma el aumento de la riqueza del país, debido a la materialización de los proyectos. Lo anterior es válido en la medida que no existan restricciones presupuestarias. Como en la práctica los fondos destinados a conservación son limitados, debe seleccionarse otras opciones adicionales que involucren menores recursos de capital, tratando de que el VAN disminuya lo menos posible.

5.10 Comentarios

Es fundamental para una adecuada evaluación económica de las alternativas de conservación en pavimentos, efectuar un análisis y cálculo de todos los costos y beneficios involucrados. En este caso, la mayor componente se debe al ahorro en los costos de los usuarios, los que a su vez dependen en gran medida del nivel de rugosidad que tenga el pavimento. Al efectuar la comparación económica entre las distintas alternativas, se obtienen distintos criterios para la selección de la alternativa más adecuada.

En general, se puede postular que la mejor alternativa es aquella que maximiza el Valor Actual Neto (VAN), ya que refleja el mayor aumento en el bienestar social. Esto es válido en la medida que no se tengan restricciones presupuestarias. Como en la práctica los fondos disponibles por las agencias de carreteras son limitados, la selección según el criterio del mayor VAN debe complementarse con alguna técnica que considere estas restricciones de presupuesto, de modo de poder seleccionar otras opciones de conservación que puedan disminuir los costos de conservación, sin reducir en forma sustancial los beneficios sociales.

6. DEFINICIÓN DE ESCENARIOS CONSIDERADOS EN EL ESTUDIO

La evolución de los pavimentos en el tiempo, como se mencionó y quedó reflejado en los modelos presentados en el capítulo 3, están gobernados principalmente por el tipo de carpeta, la estructura, el tránsito y el clima asociados a un camino. En los pavimentos asfálticos estas variables definen tanto el inicio como la progresión del deterioro que en ellos se puede presentar, junto con la interacción entre las diferentes manifestaciones de deterioro superficial. Lo anterior, implica que estas tres variables son las más indicadas para establecer los criterios de decisión en cuanto a las políticas de conservación que se debería aplicar (Gaete, 1994).

Para llevar a cabo un análisis estratégico, o a nivel macro de la red vial, se pueden considerar tramos representativos de la red, que involucren homogeneidad en la zona climática, el tránsito, el tipo de estructura, y estado de la red. Posteriormente, este tramo tipo representativo puede ser extrapolado al resto de la red vial (Barrera et al, 2002).

En este capítulo, se definen los escenarios que simulan las condiciones de caminos de pavimentos asfálticos de la zona central, los que se procesan en HDM-4 (versión 1.03) para analizar las políticas de conservación relativas a cada caso.

Matriz de Tramificación

El proceso de subdivisión de un camino en base a aquellos parámetros que presentan una cierta constancia en el tiempo se define como tramificación. Se pueden definir tramos homogéneos en función de los siguientes parámetros: características climáticas, ancho de calzada, TMDA⁴, Ejes Equivalentes (EE), tipo de superficie, tipo de base, terreno (Barrera et al, 2002). Estos parámetros permiten seleccionar un conjunto de caminos que poseen características similares y que garantizan cierta confiabilidad al evaluar su comportamiento. En la figura 6.1 se ilustra la tramificación de un camino.

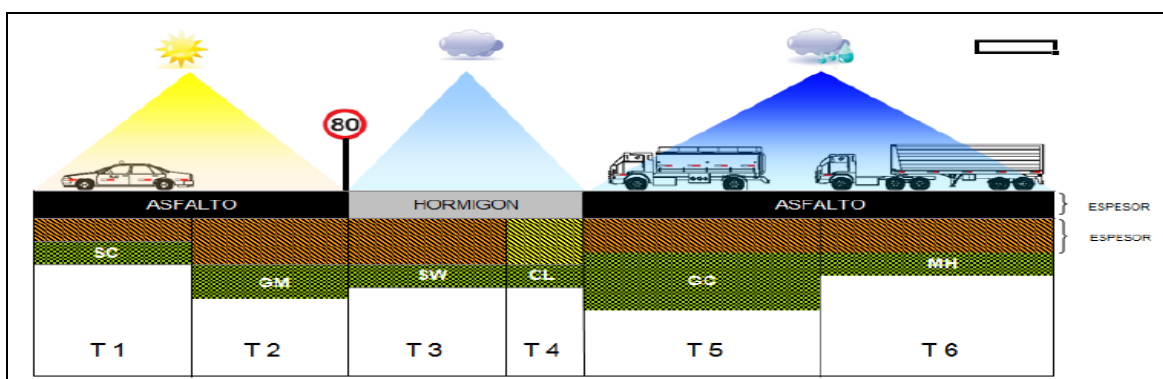


Figura 6.1: Tramificación de un camino
(Garrido R., 2012)

⁴ Se puede considerar como variable de tramificación el tránsito de un camino si se conoce el tránsito en un periodo y la tasa de crecimiento del mismo.

En la interfaz de HDM-4, se trabaja en base a tramos homogéneos (llamados “sections”), las cuales son identificados con un nombre único y un ID. Dentro de los atributos que HDM-4 considera que deben ser uniformes a lo largo de un tramo se encuentran: clase de camino, tipo de flujo de velocidad, zona climática, patrón de flujo de tránsito, ancho de calzada, construcción del pavimento, volumen de tránsito. En la Figura 6.2 se ilustra una ventana del programa con la definición de un tramo homogéneo.

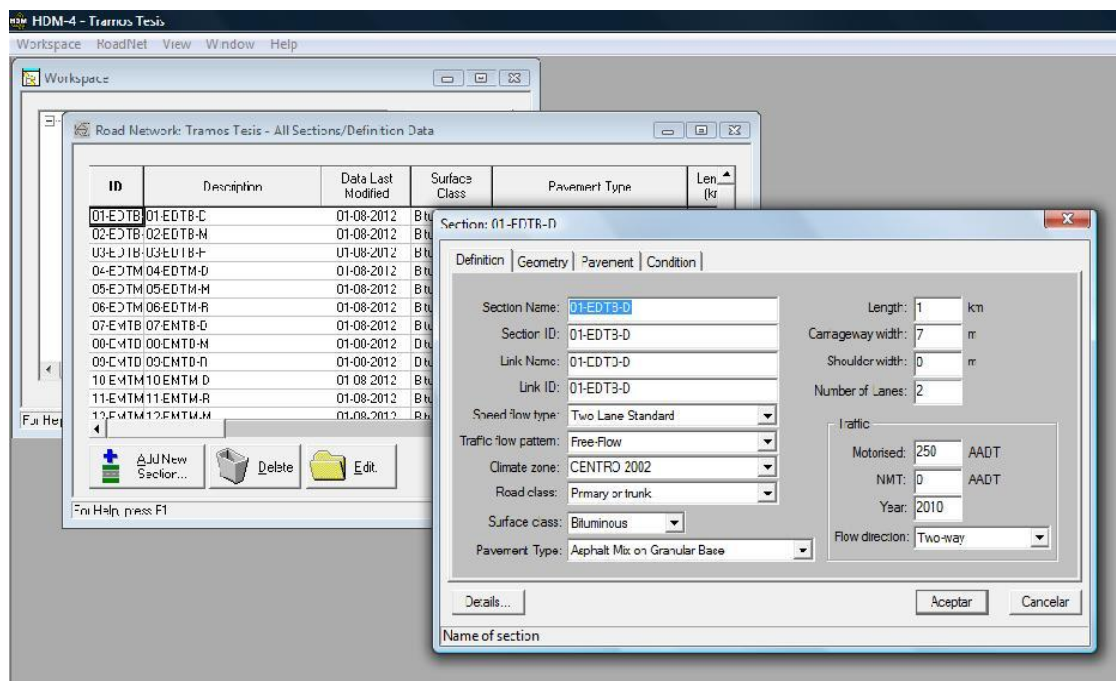


Figura 6.2: Definición en HDM-4 de un tramo homogéneo (*Section*)
(Elaboración propia)

Como se ha señalado, el alcance de este trabajo son los pavimentos asfálticos de la zona central, lo cual implica que los parámetros del tipo de rodadura y el clima están predefinidos para el análisis. En consecuencia, la tramificación se desarrolla a partir de la estructura y el tránsito de caminos representativos, los que son definidos con datos reales de la red vial proporcionados por el Departamento de Gestión Vial. En la tabla 6.1 se presentan las variables y los niveles considerados en la matriz de tramificación, la cual se muestra concretamente en tabla 6.2.

Tabla 6.1: Variables a considerar en la Matriz de Tramificación

Variable de Tramificación	Niveles	Clases de Niveles
Estructura (Capacidad)	3	Débil (ED), Media (EM), Fuerte (EF)
Tránsito	3	Bajo (TB), Medio (TM), Alto (TA)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.2 Matriz de Tramificación

Estructura (Capacidad)	Débil			Media			Fuerte		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
Tránsito	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
Código	EDTB	EDTM	X	EMTB	EMTM	EMTA	X	EFTM	EFTA

Fuente: Elaboración propia

En la matriz se excluyeron los casos marcados con “X”, ya que por condiciones de diseño es improbable que se den en la realidad, ya sea por la factibilidad económica -como el caso de un camino de estructura fuerte con nivel de tránsito bajo, lo cual se traduciría en una rentabilidad baja- o por la factibilidad técnica -como el caso de un camino de una estructura con una baja resistencia con niveles de tránsito alto-.

Sectorización

Dentro de cada tramo homogéneo se discriminaron sectores distintos en función de las condiciones de estado del pavimento, proceso definido como sectorización. La figura 6.2 ilustra la sectorización de un tramo.

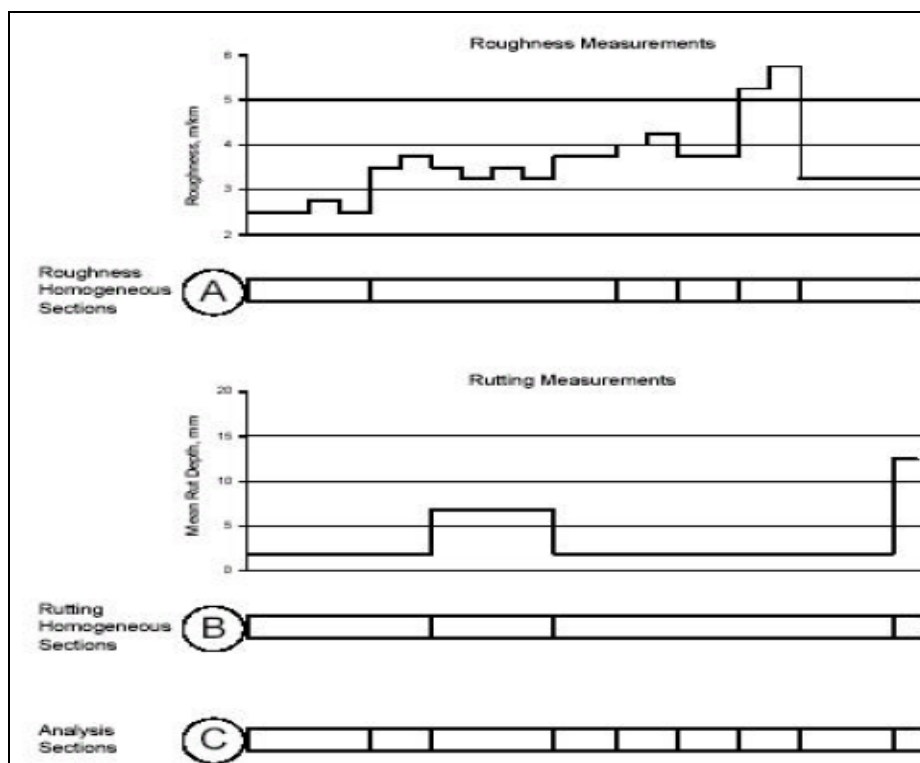


Figura 6.3: Sectorización de un tramo
(Barrera et al, 2002)

La metodología para la determinación del estado de los caminos pavimentados se basa en el Índice de Condición del Pavimento (ICP) el cual a partir de ecuaciones matemáticas correlaciona los deterioros que presentan los pavimentos con la percepción del estado del pavimento que provee un panel de expertos en infraestructura vial (Dirección de Vialidad,

MOP, 2010). En la Ecuación 6.1 se presenta la fórmula del ICP para pavimentos asfálticos y en la Tabla 6.3 se entregan los límites de asignación del estado de acuerdo al rango de valores del ICP y a la clasificación administrativa de los caminos.

Ecuación 6.1: ICP para pavimentos asfálticos

$$ICP = 9,64 - 0,637 \cdot IRI - 0,046 \cdot Ahuell - 0,047 \cdot Baches - 0,034 \cdot G.Fatiga - 0,027 \cdot Exud - 0,02 \cdot G.Lin..$$

$$R^2 = 0,95 \quad r = -0,97 \quad S = 0,586 \quad DW = 1,76$$

Donde:

R^2 : coeficiente de determinación.

r: coeficiente de correlación.

S: error estándar.

DW: Estadístico Durbin Watson

Tabla 6.3: Límites del ICP para la asignación del Estado de los Pavimentos

Estado	Caminos Nacionales y Regionales	Caminos Comunales
Muy Bueno	9,0 a 10,0	8,0 a 10,0
Bueno	8,0 a 9,0	5,0 a 8,0
Regular	5,0 a 8,0	3,5 a 5,0
Malo	2,5 a 5,0	2,0 a 3,5
Muy Malo	1,0 a 2,5	1,0 a 2,0

En este trabajo se consideraron solo los estados de pavimento regular, malo y muy malo, pues estos representan deterioros más susceptibles de aplicar acciones de conservación. Para la definición de estos estados, se consideraron los registros de condiciones de pavimentos asfálticos de la zona central del año 2010⁵.

Calibración de modelos incorporados en HDM-4

La calidad de un modelo no sólo depende de contar con relaciones adecuadas, sino que requiere de una correcta adaptación y calibración al medio local, para así realizar evaluaciones técnico-económicas eficientes que permitan planificar actividades de mantenimiento oportunas en el corto y mediano plazo acordes a condiciones específicas. En este sentido, el tipo de relaciones contenidas en los modelos HDM, permiten, en teoría, una adecuada transferencia a otros medios distintos al que fue desarrollado originalmente.

La importancia del proceso de calibración de los modelos está en el impacto económico, ya que debido a la influencia directa del inicio y progresión de los deterioros del pavimento, se hace necesaria una adecuada adaptación de ellos, de modo que se pueda efectuar una evaluación económica certera de los proyectos viales (De Solminihac et al, 2002)

⁵ Los registros no consideran los efectos del terremoto de marzo del 2010.

Cabe consignar que un modelo que es calibrado en base a mediciones en caminos específicos, se encontrará siempre con el problema de la gran dispersión que presentan los datos, debido a características especiales de cada camino que no son posibles de asociar a una variable objetiva. Por este motivo, es necesario tener presente que sólo es posible formular una relación que reproduzca en promedio el universo de caminos, pero no necesariamente será capaz de representar adecuadamente a cada uno de ellos individualmente (Len y Asociados, 2006).

En este trabajo, para obtener resultados actualizados y ajustados a las condiciones particulares de Chile, se consideraron estudios - licitados por la Dirección de Vialidad del MOP- con la calibración de los modelos que incluye sistema HDM-4. Para los modelos de deterioro de pavimentos asfálticos se consideró el trabajo “Estudio Básico Seguimiento de Pavimentos Asfálticos” (DDQ Ingenieros Consultores Ltda, 2010); mientras que para los modelos de costos operativos de los usuarios (VOC) se consideró el estudio “Actualización de la Metodología para la estimación de los Costos de Operación Vehicular (HDM4)” (Len y Asociados Ingenieros Consultores Ltda, 2006). Los valores de los parámetros calibrados se presentan en el Anexo B y C, respectivamente.

En el trabajo de DDQ Ingenieros Consultores Ltda se considera la calibración de los modelos de deterioro de pavimentos asfálticos de: agrietamiento, baches, ahuellamiento y rugosidad. La pérdida de áridos en mezclas asfálticas se considera despreciable. Los factores de calibración se estiman con un valor medio global, el cual tiene una correlación con las variables de tramificación (tránsito, capacidad estructural y clima). Cabe mencionar que la calibración de los modelos de deterioro considerada, estima el deterioro promedio, en la cual se asume una confiabilidad aceptable y un rendimiento óptimo respecto de las mediciones en terreno.

Con respecto a los modelos de costos VOC-HDM-4, el trabajo de Len y Asociados considera la calibración en flujo libre de los modelos de: velocidad a flujo libre, consumo de combustible, consumo de neumáticos, consumos de repuestos, consumo de mano de obra en mantención, consumo de lubricantes, y del modelo de depreciación e intereses. Se destaca la utilización del modelo de congestión (flujo libre) que incluye el modelo VOC de HMD-4 y de los tipos de vehículos considerados, los cuales son más representativos de la realidad local actual.

Para aquellos parámetros que no fueron calibrados en los estudios mencionados, se consideraron valores recomendados por el DGV.

6.1 Caracterización de pavimentos asfálticos de la zona central

6.1.1 Zona Climática

El clima en el cual se sitúa un camino tiene un impacto significativo en el deterioro de éste, y en algunos aspectos en los costos de usuario.

En el caso de Chile, a lo largo del territorio se presentan diversos tipos de clima que, para efectos de realizar análisis del comportamiento de los pavimentos de los caminos en la red nacional, el Departamento de Gestión Vial agrupa en las macro zonas norte, centro y sur. Estos climas representan en forma general las condiciones ambientales imperantes en estas zonas (DICTUC 2006)

En el presente trabajo se consideran los caminos ubicados en la zona central, compuesta por las regiones V, VI, VII y Metropolitana. Esta zona se caracteriza por las estaciones bien definidas, en primavera las temperaturas son moderadas, y en verano es seco y cálido con temperaturas que pueden sobrepasar los 30°C, con las noches más frescas.

Se consideró la información proporcionada por el Departamento de Gestión Vial de los parámetros que definen el clima de la zona central y sus respectivos valores representativos -datos de entrada en el modelo HDM para definir las zonas climáticas-, los cuales se muestran en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4: Definición del Clima

Zona Climática Centro 2002	
Clasificación por Humedad	Semi-árida
Índice de Humedad	-40
Duración Estación Seca	0,6
Precip. Media Mensual (mm)	40
Clasificación por Temperatura	Sub-Tropical Frío
Temperatura Media (°C)	14,1
Rango Temp. Media (°C)	35
Días T > 32°C	45
Índice de Heladas	55
% Tiempo con Nieve	0
% Tiempo con Agua	30

Fuente: Base de Datos, Departamento de Gestión Vial

Los valores de los parámetros de la Tabla 6.4 se obtuvieron de datos históricos de clima de todas las regiones del país y se promediaron para cada una de las zonas climáticas de tramificación.

En el programa HDM, una zona climática queda definida por una combinación entre la clasificación de ésta por humedad (árida, sub-árida, sub-húmeda, húmeda, muy húmeda) y la clasificación por temperatura (tropical, subtropical, subtropical-cálida, subtropical-fría, moderadamente-fría, moderadamente-helada). Cada una de estas clasificaciones tienen asociados datos de precipitación, humedad, temperatura, índice de congelación etc., los cuales permiten definir con mayor precisión una zona climática.

El índice de humedad es capaz de identificar el grado de humedad o sequedad de una zona climática, pero no tiene la capacidad de distinguir climas con variaciones de humedad. Los

climas húmedos tendrán un índice positivo al contrario que los climas secos que tendrán un índice negativo.

Los datos de temperaturas requeridos por el programa son tres: temperatura media anual, rango de temperatura (temperatura media mensual) y los días con temperaturas superiores a los 32°C (en la modelación de pavimentos de hormigón).

El índice de congelación (FI) se obtiene de la diferencia entre la temperatura ambiente media y 0°C (grados por día). El índice es negativo cuando la temperatura ambiente está por debajo de los 0°C y positivo cuando se dan las condiciones inversas.

6.1.2 Tipo de Carpeta de Rodadura

El programa ofrece la posibilidad de manejar una amplia gama de tipos de caminos, los cuales se definen por una combinación del tipo de capa de rodadura (asfalto, hormigón, sin pavimentar) y del tipo de base (bituminosa, estabilizada, granular).

En este trabajo, se consideró una carpeta de mezcla asfáltica en caliente cerrada⁶ sobre una base granular, pavimento tradicionalmente utilizado en Chile en la red de caminos primarios.

6.1.3 Estructura

La estructura de los pavimentos asfálticos se caracteriza por el espesor de las capas, el módulo de la capa de rodadura, el módulo de la base y subbase, y el CBR de la subrasante. Estos datos de estructura se utilizan para calcular el número estructural ajustado (SNP), el cual consiste en la sumatoria de los productos entre los espesores de las capas constitutivas del pavimento y sus factores estructurales (provistos según tipo de material por la AASHTO), incluyendo el módulo de la subrasante. El SNP considera los efectos del drenaje y las estaciones del año.

En la tabla 6.4 se entregan los valores utilizados para tramificar los caminos de asfalto de acuerdo a su estructura. Estos valores son típicos de estructuras utilizadas en nuestro país para resistir distintos niveles de tránsito, ya que mientras mayor es el espesor de las capas del pavimento, y/o se utilizan materiales con mejor capacidad, la estructura es capaz de resistir mayores volúmenes de tránsito.

⁶ Tipo de carpeta de rodadura con mayor presencia (cobertura) en la zona central

Tabla 6.5: Definición de Estructuras

Tipo de Estructura	Espesor (mm)			Coeficiente Estructural			CBR Subrasante (%)	SNP	Deflexión (mm)
	Capa Asfalto	Base	Subbase	a1 (carpeta)	a2 (base)	a3 (subbase)			
Est. Débil	50	150	150	0,42	0,13	0,12	40	4,46	0,59
Est. Media	100	150	150	0,42	0,13	0,12	40	5,31	0,45
Est. Fuerte	150	150	200	0,42	0,13	0,12	40	6,53	0,32

Fuente: Elaboración propia

6.1.4 Condición del Pavimento

De acuerdo a los registros del estado de los pavimentos asfálticos de la zona central, se definieron las siguientes condiciones:

Tabla 6.6: Valores de la Condición de Tramos

Deterioro	Estado		
	Regular (R)	Malo (M)	Muy Malo (D)
IRI (m/km)	4,2	4,7	5,2
Area total de grietas (% del area total de la calzada)	5	20	30
Area con pérdida de áridos (% del área total de la calzada)	5	20	30
Número de unidades de baches (no./km)	5	10	30
Quiebre de borde (m2/km)	20	20	20
Ahuellamiento (mm)	3,5	5,1	7,8
Profundidad de Textura (mm)	1	1	1
Resistencia al deslizamiento (50 km/h)	0,5	0,5	0,5

Fuente: Elaboración propia

6.1.5 Características Constantes

- Tipo de relación Velocidad/Capacidad: La capacidad para modelar los efectos del volumen del tránsito sobre las velocidades permite evaluar las consecuencias económicas de las mejoras de la capacidad de la carretera (congestión debida al tránsito). En este trabajo se utilizó una relación velocidad/capacidad para una carretera de dos pistas estándar.
- Modelo de Tránsito: La intensidad de tránsito que tiene una carretera influye en el deterioro que esta puede presentar en el tiempo. Para este estudio se consideró un

modelo de tránsito para carretera interurbana, que corresponden a la mayoría de los caminos tipo en estudio.

- Clase de Carretera: La carretera se clasifica de acuerdo a una jerarquía funcional en primaria (o nacional), secundaria (o regional) y terciaria (o local). Para este estudio se asignó la categoría de carretera primaria.
- Dimensiones del Tramo: Cada tramo queda definido por sus características físicas. Para este estudio se consideraron los siguientes:
 - Longitud: 1.0 m
 - Ancho de calzada: 7.0 m
 - Ancho de berma: 0 m
 - Número de pistas: 2

En este caso, se estas variables se definen constantes para enfocar el análisis solo en las políticas de conservación.

- Trabajos Previos: Están relacionados a los trabajos de conservación, rehabilitación y construcción realizados con anterioridad. Existen cuatro variables que definen la edad del pavimento y que se utilizan en los modelos:
 - EDAD1: corresponde al año del último tratamiento preventivo.
 - EDAD2: corresponde al año del último repavimentado (resellado).
 - EDAD3: corresponde al año de la última rehabilitación (capa de rodadura).
 - EDAD4: corresponde al año de la última reconstrucción o nueva construcción.
- Parámetros Generales: En la Tabla 6.5 se presentan los datos históricos, las características geométricas y la condición de drenaje definidos para todos los tramos.

Tabla 6.7: Definición de parámetros generales de tramos

Tipo de parámetro	Característica Evaluada	Unidad de Medida	Valor
Datos Históricos de la Carretera	Capa Rodadura	CDS	1,25
	Base	CDB	0,8
Características Geométricas	Subidas + Bajadas	m/km	16,7
	Curva Horizontal Media	°/km	155,1
	Velocidad Límite	km/h	100
Condición del drenaje	Drenaje	DF	2

Fuente: Elaboración Propia

- Calidad de Construcción de la Carpeta de Rodado (CDS o CCR): Este parámetro forma parte de las ecuaciones tanto de inicio como de progresión de los modelos de agrietamiento y pérdida de áridos, y como dato de entrada al momento de definir un refuerzo de la carpeta. El CDS influye indirectamente en el modelo de progresión del IRI y este último a su vez en la determinación del VAN.

El valor CDS (o CCR) es más sensible respecto al IRI en zonas con climas subtropical cálido (zona norte) que acepta como máximo 100 grietas térmicas por kilómetro, las cuales son generalmente causadas por altos cambios de temperatura en el día o en condiciones de hielo – deshielo, a diferencia de los climas subtropical frío (zona centro) y templado frío (zona sur) que por definición del modelo no acepta este tipo de agrietamiento.

Los valores de este factor fluctúan entre 0,5 y 1,5, y dependen del diseño de la mezcla asfáltica asociado al contenido óptimo de asfalto de ésta durante la construcción. En la práctica es difícil estimar este dato de entrada a menos que se cuente con los antecedentes de la mezcla al momento de su colocación, dato principalmente registrado por la empresa constructora a través del Laboratorio de Autocontrol.

-Calidad de Construcción de la Base (CDB o CCB): Similar al caso de la calidad de construcción de la carpeta de rodado (CDS), este parámetro es de difícil obtención en la práctica puesto que depende de la calidad del material de la base granular y de su compactación, los cuales no siempre están a disposición de las agencias que gestionan los caminos. El CDB afecta directamente el modelo de inicio y progresión de baches, así como también, es un dato de entrada al momento de definir reconstrucciones y ensanches. Influye indirectamente en el modelo de progresión de IRI por su efecto sobre los baches y, por ende, afecta la obtención del VAN.

-Velocidad Límite (vel): Este dato de entrada depende de las características geométricas del camino, afectando directamente la determinación de los costos de usuarios de carreteras, *Road Users Cost* (RUC), y por ende en el cálculo del VAN. Se encuentra presente en la ecuación de obtención de la velocidad de circulación de los vehículos en determinado camino, valor que permite obtener el consumo de combustible, las horas del conductor, tiempo de viaje de los pasajeros y costos generales.

-Drenaje y Bermas: La condición del drenaje y bermas corresponde a un dato de entrada en pavimentos de asfalto y hormigón.

La condición del drenaje para pavimentos de asfalto se define en términos de cinco medidas cualitativas: excelente, buena, regular, pobre y muy pobre. Ésta además se mide en forma cuantitativa mediante el factor de drenaje (DF), asociada al tipo de drenaje existente en el camino. Como valor del factor de drenaje (DF) se definió un drenaje representativo de condición regular, lo que corresponde a un DF igual a 2, según recomendaciones de HDM-4.

Para las Bermas se debe especificar el número de bermas y descenso de ésta, en pavimentos de asfalto. Puesto que todos los tramos son de calzada única con una pista por sentido, se

consideró en todas las modelaciones dos bermas por calzada. Para el descenso de berma se consideró el valor predefinido y recomendado por HDM-4, igual a 15 mm, que corresponde a un descenso medio.

6.2 Caracterización del tránsito

En los modelos de deterioro los parámetros de solicitación por tránsito comúnmente empleados son el número de ejes equivalentes y el número de ejes totales que circulan sobre el pavimento. Los ejes equivalentes son empleados en aquellos modelos de comportamiento que afectan a la estructura global del pavimento (grietas, ahuellamiento, rugosidad) y que inciden mayormente en la evaluación económica de los pavimentos y la definición de políticas de conservación, en tanto que el número de ejes totales influye en mayor medida sobre aquellos modelos que reflejan el deterioro superficial (pérdida de áridos o baches generados a partir de ésta) (DICTUC, 2006).

En HDM-4, como parámetro de tránsito, se ingresa la cantidad diaria de ejes equivalentes que pasan por un tramo a una edad determinada. De esta manera, es posible estimar el tránsito acumulado para cualquier edad conociendo las tasas anuales de crecimiento del parque vehicular.

6.2.1 Demanda vehicular actual: TMDA

La demanda de un camino está determinada por el flujo de vehículos que circula por él. El flujo vehicular de un camino se representa por el Tránsito Medio Diario Anual (TMDA), es decir la cantidad de vehículos que circulan cada día, en ambas direcciones, en promedio durante el año. En este trabajo, para la estimación del tránsito, se consideraron los registros de la Base SECTO 2010 proporcionado por el DGV.

Como criterio de tramificación por tránsito se utilizó el TMDA total de una flota vehicular tipo, el cual queda definido a partir del tránsito diario característico para el tipo de calzada en estudio medido al inicio del proyecto, la distribución porcentual, la tasa de crecimiento y la estratigrafía de carga por tipo de vehículo. Estos parámetros se consideraron constantes para todos los tramos homogéneos.

El tránsito representativo de cada nivel de la tramificación se estimó considerando el TMDA ponderado de cada nivel (ecuación 6.2) basado en los datos de tránsito y longitud de los tramos disponible en la base de datos para caminos pavimentos asfálticos de la zona central. Para llevar a cabo lo anterior, el criterio adoptado para definir los niveles de tránsito, consistió en asignar la misma cantidad de kilómetros de caminos a cada nivel. De esta manera, se comenzó por ordenar en forma creciente los valores de tránsitos, procediéndose luego a realizar la suma acumulada de las longitudes (en km) de los tramos. La suma total acumulada de kilómetros, se dividió en tres niveles, obteniéndose a partir de estos datos el valor medio de las variables para cada nivel de tránsito a través del promedio ponderado de las mismas.

Ecuación 6.2: Cálculo TMDA medio para cada nivel

$$TMDA_{Medio} = \frac{\sum_i TMDA_i * L_i}{\sum_i L_i}$$

Donde:

TMDA_{medio}: Media ponderada de tránsito para cada nivel.

TMDA_i: Tránsito medio diario anual de un determinado tramo.

L_i: Longitud del tramo.

Con este criterio se determinaron niveles con la misma cantidad de kilómetros de caminos, garantizando una distribución equitativa de los caminos en los niveles de las variables consideradas. En la tabla 6.8 se entregan los valores de TMDA determinados para cada uno de los niveles definidos en la tramificación.

Tabla 6.8: Definición de Tránsito por tramo

Tramo i	Tipo de Tránsito		
	Bajo	Medio	Alto
TMDA	250	650	2300

Fuente: Elaboración propia

6.2.2 Flota Vehicular representativa

En la evaluación de proyectos de caminos es imprescindible la obtención de los costos de operación de los vehículos que resultan impactados por proyectos de conservación. Para estos efectos se procede a agrupar mediante criterios adecuados los vehículos que experimentan costos de operación similares, lo que da origen a categorías homogéneas. Por otro lado, generalmente cada categoría seleccionada contiene una cantidad apreciable de marcas y modelos diferentes, por lo que se hace necesaria la selección de algunos vehículos que sean representativos, desde el punto de vista de los costos de operación de cada categoría (Len y Asociados, 2006)

Una flota vehicular corresponde a la composición de diferentes tipos de vehículos que transita por una red de carreteras. Las características de la flota se representan por grupos de vehículos dentro de clases, definidos de acuerdo a atributos comunes tales como tamaño, utilización o rendimiento.

En HDM-4 la flota vehicular queda definida por los tipos de vehículos y sus características, la composición inicial del tráfico (porcentaje de distribución por tipo de vehículos) y la tasa anual de crecimiento del tráfico. El programa incluye vehículos motorizados y no motorizados, y no existe límite en el tipo de vehículo que se puede especificar. Los vehículos motorizados se clasifican en cinco grupos: ciclomotores, autos, furgonetas, camiones y autobuses. Los vehículos no motorizados se clasifican en: carros de tracción animal, bicicletas, peatones y carromatos.

Definidos todos los parámetros, HMD-4 permite calcular velocidad, intensidad y capacidad de tráfico, costos de operación del vehículo, costos de tiempos de viaje, costos de accidentes y la evaluación de los efectos ambientales del ruido y emisiones de los vehículos. Además permite configurar múltiples grupos de flotas vehiculares para su uso en diferentes análisis, y gran cantidad de datos vienen predefinidos en el sistema, pudiendo ser modificados.

Cabe mencionar la importancia de la definición de la flota vehicular en el análisis económico, ya que los ahorros en los costos de operación vehicular para un tramo en HDM-4 se calculan como la diferencia entre los costos de operación anuales para toda la flota vehicular, sin y con proyecto de conservación.

En este trabajo se utilizó la flota vehicular definida en el estudio “Actualización de la Metodología para la estimación de los Costos de Operación Vehicular (HDM4)” de Len y Asociados Ingenieros Consultores Ltda (2006). En esta investigación se obtuvo una cantidad razonable de categorías de un conjunto de vehículos con características homogéneas, los cuales permiten determinar en forma práctica los beneficios de proyectos viales aplicados a la realidad nacional. Los criterios principales en la definición de las distintas categorías de vehículos dicen relación con las características físicas, técnicas y la magnitud de su utilización. Para materializar lo anterior se midieron en puntos específicos de caminos los tipos de vehículos, marcas, modelos, año de fabricación, potencia, etc.

6.2.2.1 Descripción de la Flota Vehicular

A continuación se presentan las categorías de vehículos y sus características definidas para cada tramo homogéneo que considera este trabajo.

Tabla 6.9: Características de vehículos promedio por categoría de la flota vehicular chilena

Tipo	Categoría	Número de Ruedas	Tipo de Neumático	Diámetro de Ruedas	Cilindrada	Potencia nominal máxima	Área frontal	Peso Bruto	Coef. Roce aerodinámico
				[m]	[cc]	[HP]	[m ²]	[Kg]	
Autos y stations	A1	4	Radial	0,56	1.256	75	1,92	1.283	0,32
	A2	4	Radial	0,56	1.549	101	1,93	1.333	0,33
	A3	4	Radial	0,62	2.023	134	2,03	1.676	0,33
Camionetas, jeeps y furgones	CJF1	4	Radial	0,63	1.591	99	2,19	1.679	0,46
	CJF2	4	Radial	0,66	2.344	117	2,2	1.853	0,46
	CJF3	4	Radial	0,71	3.521	167	2,38	2.283	0,44
	CJF4	4	Radial	0,57	1.831	68	2,29	1.682	0,41
	CJF5	4	Radial	0,68	2.572	81	2,33	2.110	0,46
Camiones simples 2 ejes	CS2E	6	Rad-Conv	0,73	4.051	123	3,95	5.830	0,7
Camiones simples+2 ejes	CS+2E	11	Rad-Conv	0,97	6.689	233	6,64	15.290	0,83
Camiones semiremolques	CSR	20	Rad-Conv	1	11.855	379	7,31	27.090	0,63
Camiones remolques	CR	18	Rad-Conv	1	7.481	309	6,88	29.810	0,63
Buses interurbanos	BI	6	Rad-Conv	1,02	12.000	366	8,23	17.190	0,65

Fuente: Len y Asociados, 2006

Los datos de la flota vehicular quedan definidos por los datos de entrada del programa HDM-4, correspondiente a las características básicas de cada vehículo. Tanto los costos unitarios asociados a cada vehículo como las características técnicas de éstos se presentan en el Anexo C.

6.2.2.2 Distribución Porcentual del Tráfico Inicial

Dentro de la definición del volumen de tránsito, un factor muy importante es la distribución porcentual por tipo de vehículo, ya que cada uno de estos tiene distintos efectos en la modelación del comportamiento del pavimento y en los costos de operación.

En este trabajo se consideró una misma distribución porcentual del tráfico para todos los tramos homogéneos, de manera que se produzcan deterioros en el pavimento que sean comparables entre sí, sin distorsiones producidas por efecto del aumento de vehículos más pesados. La tabla 6.10 muestra la distribución de vehículos que componen la flota representativa, la cual se basa en la distribución determinada en el estudio de Len y Asociados (2006).

Tabla 6.10: Participación de las categorías de vehículos

Tipo de Vehículo	Categoría	Distribución Porcentual
		%
Autos y stations	A1	4,3
	A2	10,5
	A3	7,7
Camionetas, jeeps y furgones	CJF1	5,5
	CJF2	11,1
	CJF3	3,6
	CJF4	4,3
	CJF5	6,4
Camiones simples 2 ejes	CS2E	9,3
Camiones simples+2 ejes	CS+2E	3,6
Camiones semiremolques	CSR	15,7
Camiones remolques	CR	10,1
Buses interurbanos	BI	7,9

Fuente: Len y Asociados, 2006

La composición inicial del tráfico es definida en HDM-4 como la proporción de cada vehículo representativo que usa la carretera, como un porcentaje del TMDA. Estos datos se utilizan para calcular los volúmenes actuales por tipo de vehículo en el año analizado.

6.2.3 Demanda vehicular futura

El número de viajes que se realizarán a futuro en la red vial, es difícil de predecir. Una posibilidad es suponer que la tendencia histórica de crecimiento del tránsito se va a mantener a futuro, otra posibilidad es analizar cada sector productivo, estimar el desarrollo que tendrá, y a partir de eso, derivar el tránsito asociado. El proyectar el tránsito histórico

puede ser un buen método para algunos proyectos específicos, pues es relativamente simple, y muchas veces entrega información de calidad similar a otros métodos. No obstante, es conveniente tener presente aplicar sólo a aquellos caminos en que convergen vehículos provenientes de muchas actividades productivas, y por lo tanto sería extremadamente difícil hacer un análisis específico para cada una de ellas (MIDEPLAN, 2006).

Tasas de Crecimiento Anual

El tránsito futuro de cada periodo de evaluación se estimó considerando el TMDA proyectado, cuya ecuación se presenta a continuación:

Ecuación 6.3: Cálculo TMDA proyectado

$$TMDA_t = TMDA_0 \sum_{n=1}^N r_n (1 + i_n)^{t-1}$$

Donde:

$TMDA_t$: Tránsito medio diario anual proyectado en el periodo t.

$TMDA_0$: Tránsito medio diario anual inicial.

$r_n(\%)$: Porción del tipo de vehículo n de la flota.

$i_n(\%)$: Tasa de crecimiento anual del tipo de vehículo n.

Las tasas de crecimiento empleadas en este estudio son las que se presentan en la tabla 6.11. Dichos valores corresponden a las tasa de registros históricos considerados para las evaluaciones realizadas por el Departamento de Gestión Vial, y que en este caso se asimilaron a las categorías definidas anteriormente.

Tabla 6.11: Tasa de Crecimiento

Tipo de Vehículo	Categoría	Tasa de Crecimiento
		%
Autos y stations	A1	3,7
	A2	3,7
	A3	3,7
Camionetas, jeeps y furgones	CJF1	2,1
	CJF2	2,1
	CJF3	2,1
	CJF4	2,1
	CJF5	2,1
Camiones simples 2 ejes	CS2E	2,8
Camiones simples+2 ejes	CS+2E	3,5
Camiones semiremolques	CSR	2,8
Camiones remolques	CR	2,8
Buses interurbanos	BI	4,1

Fuente: Elaboración propia (basado en asimilación base de datos del DGV).

6.3 Resultados de la modelación

Los resultados que se presentan en esta sección, corresponden a las políticas óptimas desde el punto de vista social (que maximizan el VAN) para cada tramo modelado, para un horizonte de evaluación de 15 años. En el Anexo D se presenta las distintas salidas del modelo.

Cabe recordar que del punto de vista del modelo, la alternativa óptima de mantenimiento de cada tramo corresponde a la que obtiene mejor indicador de evaluación social (VAN Social), medido este último como la diferencia de los Beneficios Sociales que genera cada alternativa en comparación con la Alternativa Base. El detalle de la evaluación de los beneficios de la alternativa óptima sin restricción de cada tramo se muestra en el Anexo D.

Restricción presupuestaria

La conservación de carreteras se ha financiado, tradicionalmente, con cargo a los presupuestos generales del Estado. La limitación de los presupuestos públicos ha supuesto, en muchos casos, una disminución real de la inversión total en carreteras y, en la mayoría de ellas, una disminución notable de los recursos económicos destinados a su conservación, al prevalecer el deseo político de no querer renunciar, en mayor o menor grado, a los programas de construcción de infraestructuras viarias. Esta prioridad de la financiación de

la construcción sobre las necesidades crecientes de conservación a través de los presupuestos generales, que parece equivocada, ha llevado a no cubrir las necesidades y déficits experimentados (Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2002).

El Banco Mundial recomienda invertir en conservación un 2% del valor patrimonial de la red de carreteras en cada país (Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2002).

A continuación se presentan, de acuerdo a las definiciones previas, los resultados entregados por HDM4 que se consideran en este trabajo. Para cada tramo se presenta: las tablas con las diez políticas de conservación y la alternativa óptima con restricción presupuestaria de mayor VPN social; los gráficos de la relación VPN-RAC respectiva y el límite de eficiencia de conservación; las tablas de la evolución del estado de cada parámetro de deterioro y el gráfico del IRI de la alternativa óptima. La nomenclatura utilizada se encuentra en el Anexo F.

6.3.1 Tramo Estructura Débil con Tránsito Bajo

Tabla 6.12: Alternativas de Conservación Tramo 01-EDTB-D

Lugar	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
				(MM\$/km)	(MM\$/km)	
1	RP15A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRI>5,0m/km y TMDA<1200	0,100	0,228	2,275
2	RP13A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IRI>5,0m/km y TMDA<1200	0,103	0,226	2,193
3	RP16A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRI>6,0m/km y TMDA<1200	0,089	0,213	2,383
4	RP14A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IRI>6,0m/km y TMDA<1200	0,091	0,211	2,307
5	P11	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>3,5m/km	0,132	0,206	1,561
6	P21	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>4,0m/km	0,132	0,206	1,561
7	P31	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>5,0m/km	0,132	0,206	1,561
8	RC001A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>3,5m/km y TMDA<300	0,132	0,206	1,561
9	RC028A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>4,0m/km	0,132	0,201	1,529
			Baches>70nº/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>35%			
10	PT01	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>3,5m/km	0,141	0,197	1,394
		Recapado con 50 mm de carpeta	Área Agrietada>10%			
		Lechada Asfáltica	Bachear hasta 80 m2/km/año			
Base	Alternativa Base	-	-	0,05	0,00	0,000
Restricción Presupuestaria (2012-2026)						
Presupuesto (MM\$/km)	0.06					
Alt. Óptima con Restricción Presupuestaria (AORP)	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC (MM\$/km)	VPN (MM\$/km)	VPN/RAC
	SS01	Lechada Asfáltica	Agrietamiento>15%	0,08	0,16	2,117

Gráfico 6.1: Limite de Eficiencia de Conservación Tramo 01-EDTB-D

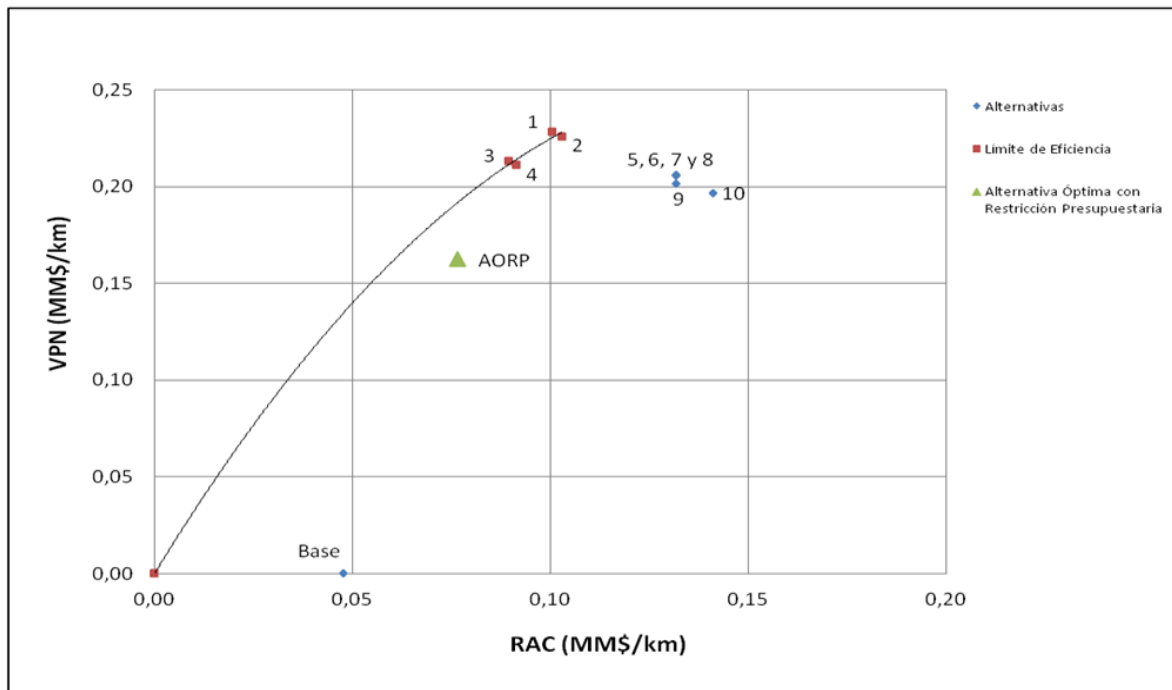


Tabla 6.13: Evolución de indicadores de deterioro con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 01-EDTB-D

Year	MT	Pavement Type	Average Structural Number		Roughness IRI (m/km)		Cracking Area (%)			Total Cracking Area (%)		Ravellated Area (%)		Potholes		Edge-break Area (m ² /km)		Rutting		Texture Depth (mm)		Skid Resistance SFCS50
			SNPK	RI	Structural	Wick Structural	Transverse Thermal	ACRA	ARV	Number per km	Area (%)	Area (m ² /km)	Mean Rut Depth (mm)	Std. Dev of Rut Depth	TD	Resistance						
2012	265	Before works	4.57	5.38	3.04	0.00	0.00	0.00	0.00	3664	29.34	34	0.05	7.88	4.61	0.68	0.50					
		After works	4.14	3.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.50	0.00	0.64	0.50					
2013	273	Before works	4.14	2.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	1.29	1.09	0.79	0.50					
		After works	4.14	2.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.79	0.50					
2014	281	Before works	4.14	2.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	1.48	1.24	0.69	0.50					
		After works	4.14	2.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.24	0.69	0.50					
2015	289	Before works	4.14	2.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	1.67	1.39	0.64	0.50					
		After works	4.14	2.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	1.67	1.39	0.64	0.50					
2016	297	Before works	4.14	2.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	1.85	1.53	0.60	0.50					
		After works	4.14	2.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	1.85	1.53	0.60	0.50					
2017	306	Before works	4.14	2.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	2.04	1.67	0.57	0.50					
		After works	4.14	2.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	2.04	1.67	0.57	0.50					
2018	315	Before works	4.14	3.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	2.23	1.81	0.54	0.50					
		After works	4.14	3.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	2.23	1.81	0.54	0.50					
2019	324	Before works	4.14	3.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0	0.00	2.42	1.94	0.52	0.50					
		After works	4.14	3.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0	0.00	2.42	1.94	0.52	0.50					
2020	334	Before works	4.14	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.44	0	0.00	2.61	2.08	0.50	0.50					
		After works	4.14	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.44	0	0.00	2.61	2.08	0.50	0.50					
2021	344	Before works	4.14	3.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.16	0	0.00	2.80	2.31	0.48	0.50					
		After works	4.14	3.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.16	0	0.00	2.80	2.31	0.48	0.50					
2022	354	Before works	4.14	3.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.08	0	0.00	2.99	2.33	0.47	0.50					
		After works	4.14	3.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.08	0	0.00	2.99	2.33	0.47	0.50					
2023	364	Before works	4.14	3.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.22	0	0.00	3.18	2.46	0.45	0.50					
		After works	4.14	3.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.22	0	0.00	3.18	2.46	0.45	0.50					
2024	375	Before works	4.14	3.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.61	0	0.00	3.38	2.59	0.44	0.50					
		After works	4.14	3.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.61	0	0.00	3.38	2.59	0.44	0.50					
2025	386	Before works	4.14	3.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.27	0	0.00	3.57	2.70	0.43	0.50					
		After works	4.14	3.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.27	0	0.00	3.57	2.70	0.43	0.50					
2026	398	Before works	4.14	3.67	1.52	0.00	0.00	0.00	0.00	1.52	9.09	0	0.00	3.76	2.82	0.42	0.50					
		After works	4.14	3.67	1.52	0.00	0.00	0.00	0.00	1.52	9.09	0	0.00	3.76	2.82	0.42	0.50					

Gráfico 6.2: Evolución del IRI con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 01-EDTB-D

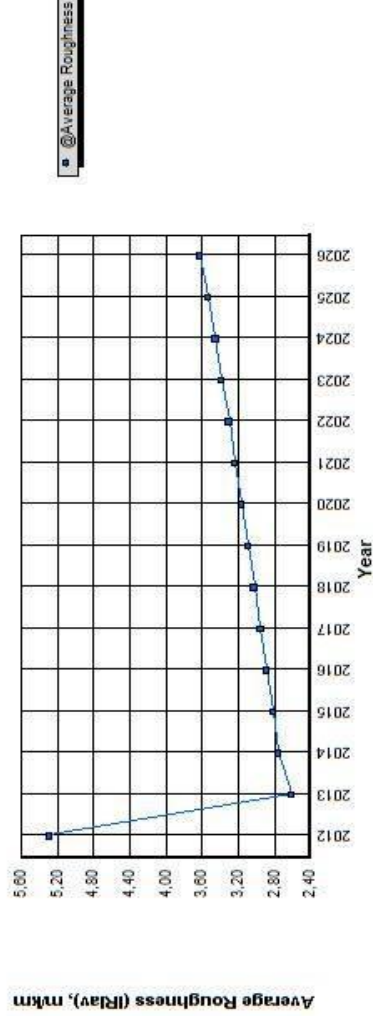


Tabla 6.14: Alternativas de Conservación Tramo 02-EDTB-M

Lugar	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
				(MM\$/km)	(MM\$/km)	
1	RP15A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRI>5,0m/km y TMDA<1200	0,097	0,170	1,750
2	RP13A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IRI>5,0m/km y TMDA<1200	0,100	0,168	1,683
3	RP16A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRI>6,0m/km y TMDA<1200	0,085	0,155	1,822
4	RP14A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IRI>6,0m/km y TMDA<1200	0,087	0,153	1,762
5	P11	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>3,5m/km	0,132	0,149	1,129
6	P21	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>4,0m/km	0,132	0,149	1,129
7	RC001A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>3,5m/km y TMDA<300	0,132	0,149	1,129
8	P31	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>5,0m/km	0,127	0,148	1,169
9	RC019A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>3,5m/km	0,132	0,145	1,104
			Baches>70n ² /Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>35%			
10	RC020A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>3,5m/km	0,132	0,145	1,104
			Baches>100n ² /Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>35%			
Base	Base Alternative	-	-	0,048	0,000	0,000
Restricción Presupuestaria (2012-2026)						
Presupuesto (MM\$/km)	0.06					
Alt. Óptima con Restricción Presupuestaria (AORP)	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
	SS01	Lechada Asfáltica	Agrietamiento>15%	0,076	0,121	1,588

Gráfico 6.3: Limite de Eficiencia de Conservación Tramo 02-EDTB-M

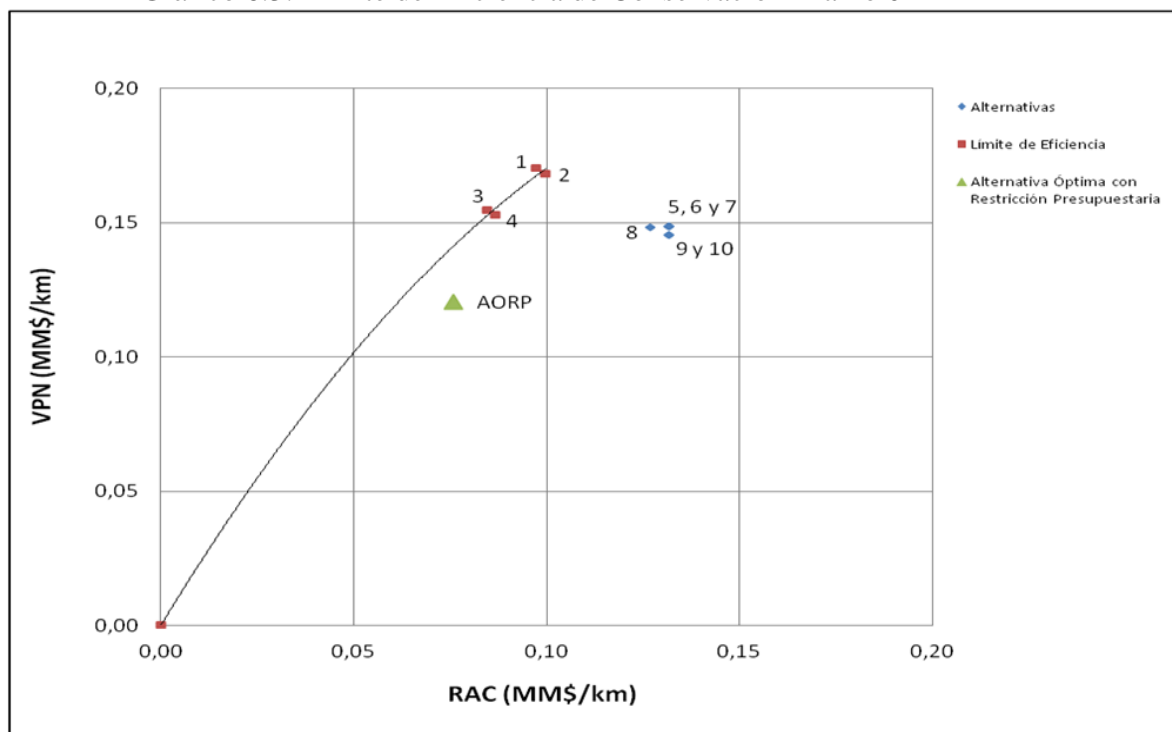


Tabla 6.15: Evolución de indicadores de deterioro con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 02-EDTB-M

Year	MT	AAADT	Pavement Type	Average Structural Number	Roughness IRI (m/km)		All Structural	Cracking Area (%)			Revelled Area (%)		Potholes		Edge-break Area (m ² /km)	Rutting		Texture Depth (mm)	Skid Resistance
					RI	SI		ACA	W/C	Structural	Thermal	ARV	NPT	APOT		ARB	Mean Rut Depth (mm)		
2012	265		AMGB	4.57	4.85	21.43	0.00	7.87	4.00	25.43	19.46	11	0.02	20.00	5.18	3.59	0.68	0.50	
2013	273		AMGB	4.57	4.85	21.43	0.00	7.87	4.00	25.43	19.46	11	0.02	20.00	5.18	3.59	0.68	0.50	
2014	281		AMGB	4.54	5.02	27.71	0.00	11.50	4.00	31.71	18.83	13	0.02	20.00	5.28	3.64	0.68	0.50	
2015	289		AMGB	4.14	2.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.30	1.10	0.78	0.50	
2016	297		AMGB	4.14	2.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.30	1.10	0.78	0.50	
2017	306		AMGB	4.14	2.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.48	1.24	0.69	0.50	
2018	315		AMGB	4.14	2.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.48	1.24	0.69	0.50	
2019	324		AMGB	4.14	2.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.67	1.39	0.63	0.50	
2020	334		AMGB	4.14	2.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.67	1.39	0.63	0.50	
2021	344		AMGB	4.14	2.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.86	1.54	0.59	0.50	
2022	354		AMGB	4.14	3.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.86	1.54	0.59	0.50	
2023	364		AMGB	4.14	3.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.05	1.68	0.56	0.50	
2024	375		AMGB	4.14	3.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.05	1.68	0.56	0.50	
2025	386		AMGB	4.14	3.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.24	1.82	0.54	0.50	
2026	398		AMGB	4.14	3.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.24	1.82	0.54	0.50	
			AMGB	4.14	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.43	1.95	0.52	0.50	
			AMGB	4.14	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.43	1.95	0.52	0.50	
			AMGB	4.14	3.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.62	2.08	0.50	0.50	
			AMGB	4.14	3.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.62	2.08	0.50	0.50	
			AMGB	4.14	3.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.81	2.21	0.48	0.50	
			AMGB	4.14	3.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.81	2.21	0.48	0.50	
			AMGB	4.14	3.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	3.00	2.34	0.46	0.50	
			AMGB	4.14	3.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	3.00	2.34	0.46	0.50	
			AMGB	4.14	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	3.20	2.47	0.45	0.50	
			AMGB	4.14	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	3.20	2.47	0.45	0.50	
			AMGB	4.14	3.58	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	7.42	0	0.00	0.00	3.39	2.59	0.44	0.50	
			AMGB	4.14	3.58	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	7.42	0	0.00	0.00	3.39	2.59	0.44	0.50	
			AMGB	4.14	3.58	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	7.42	0	0.00	0.00	3.58	2.71	0.42	0.50	
			AMGB	4.14	3.58	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	7.42	0	0.00	0.00	3.58	2.71	0.42	0.50	

Gráfico 6.4: Evolución del IRI con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 02-EDTB-M

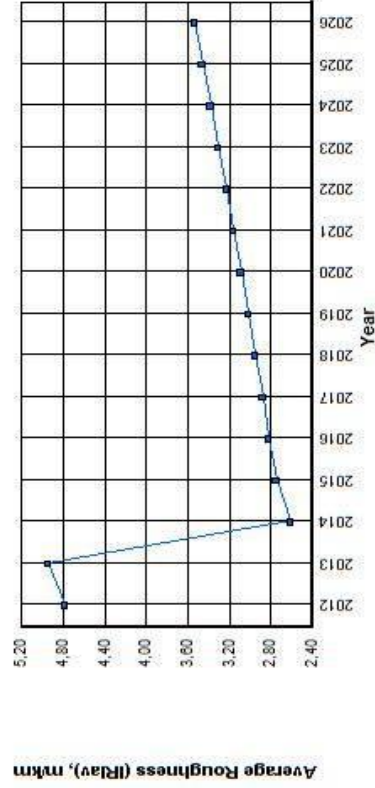


Tabla 6.16: Alternativas de Conservación Tramo 03-EDTB-R

Lugar	Código Alternativa	Carácterística	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
				(MM\$/km)	(MM\$/km)	
1	RP15A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRb>5,0m/km y TMDA<1200	0,087	0,076	0,874
2	RP13A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IRb>5,0m/km y TMDA<1200	0,089	0,074	0,833
3	RP16A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRb>6,0m/km y TMDA<1200	0,079	0,061	0,772
4	RP14A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IRb>6,0m/km y TMDA<1200	0,080	0,059	0,737
5	P31	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,110	0,056	0,511
6	P11	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,132	0,056	0,428
7	P21	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,132	0,056	0,428
8	RC001A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km y TMDA<300	0,132	0,056	0,428
9	RC031A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,114	0,056	0,489
			Baches>70n ² /Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
10	RC032A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,114	0,056	0,489
			Baches>100n ² /Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
Base	Base Alternativa	-	-	0,048	0,000	0,000
Restricción Presupuestaria (2012-2026)						
Presupuesto (MM\$/km)	0,06					
Alt. Óptima con Restricción Presupuestaria (AORP)	Código Alternativa	Carácterística	Criterio	RAC (MM\$/km)	VPN (MM\$/km)	VPN/RAC
	SS03	Lechada Asfáltica	Agrietamiento>25%	0,070	0,048	0,684

Gráfico 6.5: Limite de Eficiencia de Conservación Tramo 03-EDTB-R

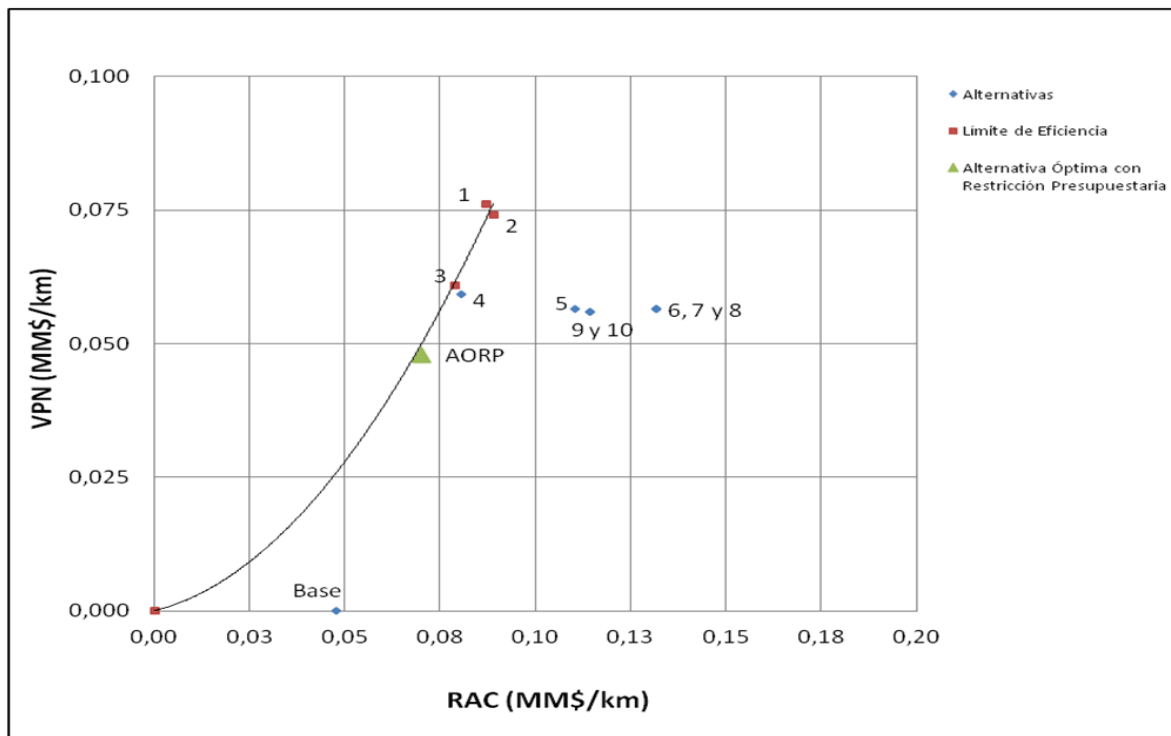
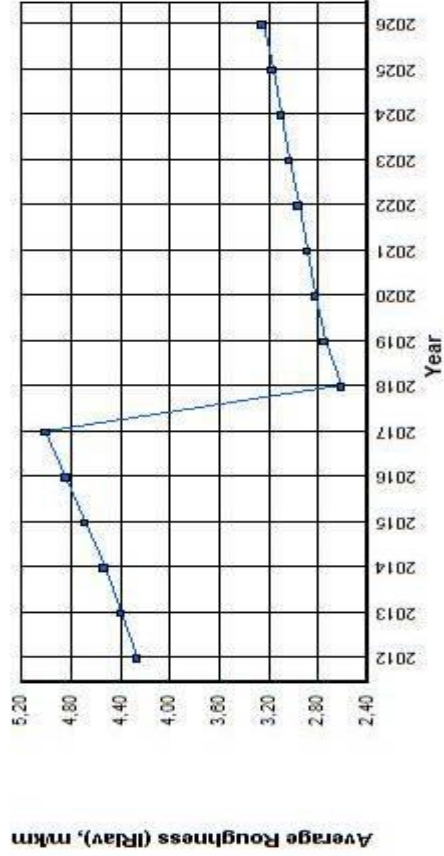


Tabla 6.17. Evolución de indicadores de deterioro con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 03-EDTB-R

Year	MT	Pavement Type	Average Structural Number		Roughness		Cracking Area (%)			Total Cracking		Revealed Area (%)		Potholes			Edge-break Area (m ² /km)		Rutting		Texture Depth (mm)		Skid Resistance			
			SNR	SNR	IRI	IRI	All Structural	Wide Structural	Transverse	Thermal	FCI	FCI	Area	Area	Number per	Area	Area	Area	Area	Area	Mean Rut	Std. Dev. of	TD	TD	SKFS0	SKFS0
2012	265	AMGB	4.57	4.33	4.33	3.24	1.00	7.83	4.72	6	0.01	20.00	3.58	2.71	0.68	0.80	0.68	0.68	3.58	2.71	0.68	0.68	3.58	2.71	0.68	0.80
2013	273	AMGB	4.56	4.46	4.46	3.24	1.00	11.44	4.36	7	0.01	20.00	3.68	2.77	0.68	0.80	0.68	0.68	3.68	2.77	0.68	0.68	3.68	2.77	0.68	0.80
2014	281	AMGB	4.54	4.60	4.60	9.24	1.00	15.85	3.91	8	0.01	20.00	3.78	2.83	0.68	0.80	0.68	0.68	3.78	2.83	0.68	0.68	3.78	2.83	0.68	0.80
2015	289	AMGB	4.52	4.76	4.76	13.08	1.00	21.09	3.59	9	0.01	20.00	3.88	2.89	0.68	0.80	0.68	0.68	3.88	2.89	0.68	0.68	3.88	2.89	0.68	0.80
2016	297	AMGB	4.49	4.92	4.92	17.44	1.00	27.17	2.78	10	0.01	20.00	3.99	2.95	0.68	0.80	0.68	0.68	3.99	2.95	0.68	0.68	3.99	2.95	0.68	0.80
2017	306	AMGB	4.46	5.09	5.09	22.29	1.00	34.11	2.09	12	0.02	20.00	4.10	3.02	0.68	0.80	0.68	0.68	4.10	3.02	0.68	0.68	4.10	3.02	0.68	0.80
2018	315	STGB	4.46	2.80	2.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	1.50	0.77	0.50	0.50	0.50	0.50
2019	324	STGB	4.14	2.72	2.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	1.31	1.11	0.77	0.77	1.31	1.11	0.77	0.50
2020	334	STGB	4.14	2.79	2.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	1.50	1.26	0.67	0.67	1.50	1.26	0.67	0.50
2021	344	STGB	4.14	2.92	2.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	1.69	1.41	0.62	0.62	1.69	1.41	0.62	0.50
2022	354	STGB	4.14	2.99	2.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	1.89	1.56	0.58	0.58	1.89	1.56	0.58	0.50
2023	364	STGB	4.14	3.06	3.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	2.08	1.70	0.55	0.55	2.08	1.70	0.55	0.50
2024	375	STGB	4.14	3.14	3.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	2.27	1.84	0.52	0.52	2.27	1.84	0.52	0.50
2025	386	STGB	4.14	3.21	3.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	2.46	1.97	0.50	0.50	2.46	1.97	0.50	0.50
2026	398	STGB	4.14	3.28	3.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	2.65	2.10	0.48	0.48	2.65	2.10	0.48	0.50

Gráfico 6.6: Evolución del IRI con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 03-EDTB-R



Comentarios

1. La alternativa óptima corresponde a la repavimentación con tratamiento superficial simple, la cual se mantiene invariable en este tramo al nivel de deterioro del pavimento de cada escenario.
2. Los mayores beneficios de la aplicación de esta alternativa se obtienen cuando el pavimento presenta una condición de mayor deterioro pues, debido a los criterios de intervención, se debe aplicar antes en el horizonte de evaluación que las otros escenarios en este tramo. Se aprecia además que el bajo tránsito hace que el deterioro del pavimento aumente lentamente, en consecuencia la intervención se posterga hasta que el deterioro alcanza los niveles del criterio para la aplicación de la alternativa óptima.
3. Si se considera una restricción presupuestaria, la alternativa óptima corresponde a una lechada asfáltica donde, al igual que en el caso sin restricción, los mayores beneficios se obtienen con la aplicación en una condición de mayor deterioro del tramo.

6.3.2 Tramo Estructura Débil con Tránsito Medio

Tabla 6.18: Alternativas de Conservación Tramo 04-EDTM-D

Lugar	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
				(MM\$/km)	(MM\$/km)	
1	RP15A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRI>5,0m/km y TMDA<1200	0,100	0,768	7,658
2	RP13A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IRI>5,0m/km y TMDA<1200	0,103	0,767	7,451
3	P11	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>3,5m/km	0,132	0,767	5,822
4	P21	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>4,0m/km	0,132	0,767	5,822
5	P31	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>5,0m/km	0,132	0,767	5,822
6	PT01	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>3,5m/km	0,132	0,767	5,822
		Lechada Asfáltica	Área Agrietada>10%			
		Bacheo	Bachear hasta 80 m ² /km/año			
7	P12	Recapado con 60 mm de carpeta	IRI>3,5m/km	0,147	0,751	5,096
8	P22	Recapado con 60 mm de carpeta	IRI>4,0m/km	0,147	0,751	5,096
9	P32	Recapado con 60 mm de carpeta	IRI>5,0m/km	0,147	0,751	5,096
10	RC004A	Recapado con 60 mm de carpeta	IRI>3,5m/km y 300< TMDA<1200	0,147	0,751	5,096
Base	Base Alternative	-	-	0,048	0,000	0,000
Restricción Presupuestaria (2012-2026)						
Presupuesto (MM\$/km)	0.06					
Alt. Óptima con Restricción Presupuestaria (AORP)	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
	SS01	Lechada Asfáltica	Agrietamiento>25%	(MM\$/km)	(MM\$/km)	
				0,074	0,526	7,145

Gráfico 6.7: Limite de Eficiencia de Conservación Tramo 04-EDTM-D

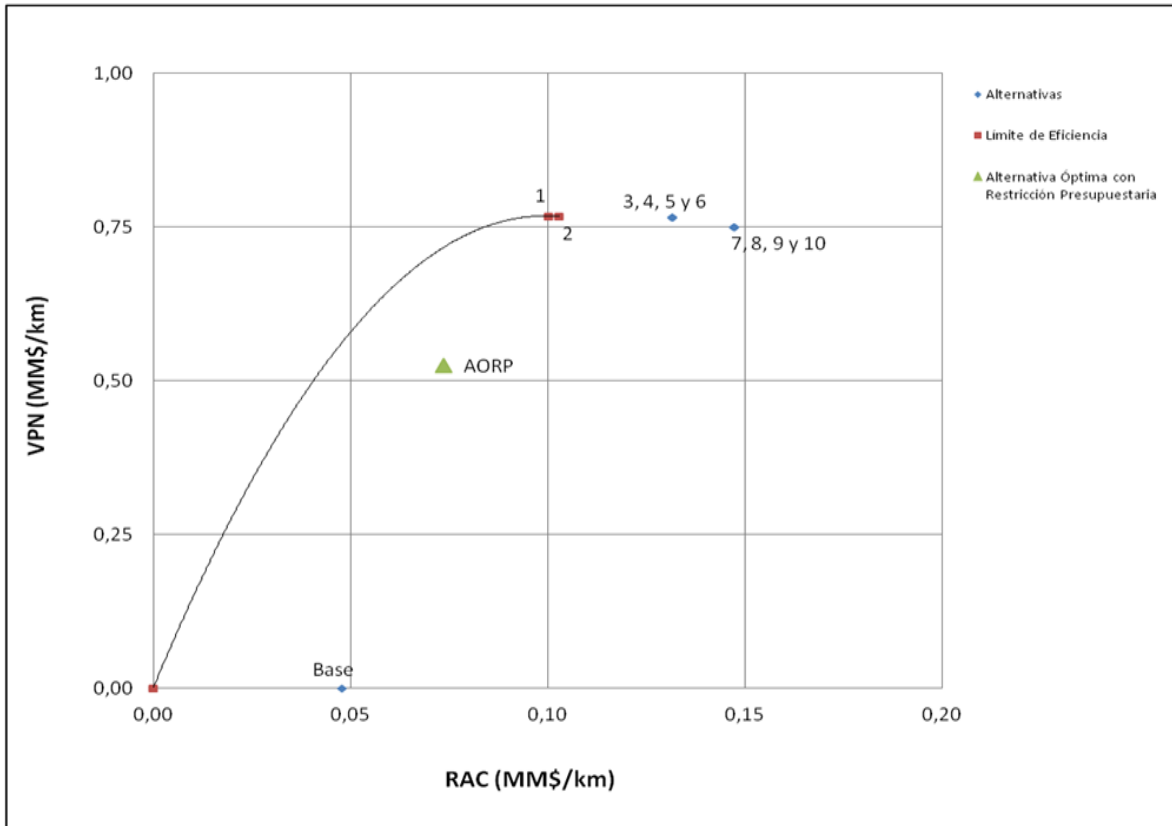


Tabla 6.19: Evolución de indicadores de deterioro con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 04-EDTM-D

Year	MT	Pavement Type	Average Structural Number (ASNR)	Roughness IRI (mm)	Crackling Area (%)			Ravelled Area (%)			Potholes		Edge-break Area (m ² /km)	Mean Rut Depth (mm)	Rutting		Texture Depth (mm)	Skid Resistance SRS50
					All Structural	Wide Structural	Transverse	Total Cracking	ARV	Number per km	Area (%)	Mean Rut Depth (mm)			Std. Dev. of Rut Depth (mm)			
2012	688	Before works	4.57	5.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
		After works	4.57	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.50
2013	709	Before works	4.14	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.50
		After works	4.14	2.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.50
2014	729	Before works	4.14	2.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.50
		After works	4.14	2.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.50
2015	751	Before works	4.14	2.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.50
		After works	4.14	2.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.50
2017	796	Before works	4.14	3.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.50
		After works	4.14	3.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.50
2018	819	Before works	4.14	3.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.50
		After works	4.14	3.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.50
2019	843	Before works	4.14	3.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.50
		After works	4.14	3.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.50
2020	868	Before works	4.14	3.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.50
		After works	4.14	3.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.50
2021	894	Before works	4.14	3.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.50
		After works	4.14	3.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.50
2022	920	Before works	4.14	3.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.50
		After works	4.14	3.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.50
2023	948	Before works	4.14	3.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.50
		After works	4.14	3.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.49
2024	976	Before works	4.13	3.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.49
		After works	4.13	3.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.49
2025	1005	Before works	4.13	3.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.49
		After works	4.12	4.14	1.65	0.00	0.00	14.38	38.66	26	0.04	0.00	0.00	4.19	3.07	0.29	0.49	
2026	1035	Before works	4.12	4.14	1.65	0.00	0.00	14.38	38.66	26	0.04	0.00	0.00	4.19	3.07	0.29	0.49	
		After works	4.12	4.14	1.65	0.00	0.00	14.38	38.66	26	0.04	0.00	0.00	4.19	3.07	0.29	0.49	

Gráfico 6.8: Evolución del IRI con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 04-EDTM-D

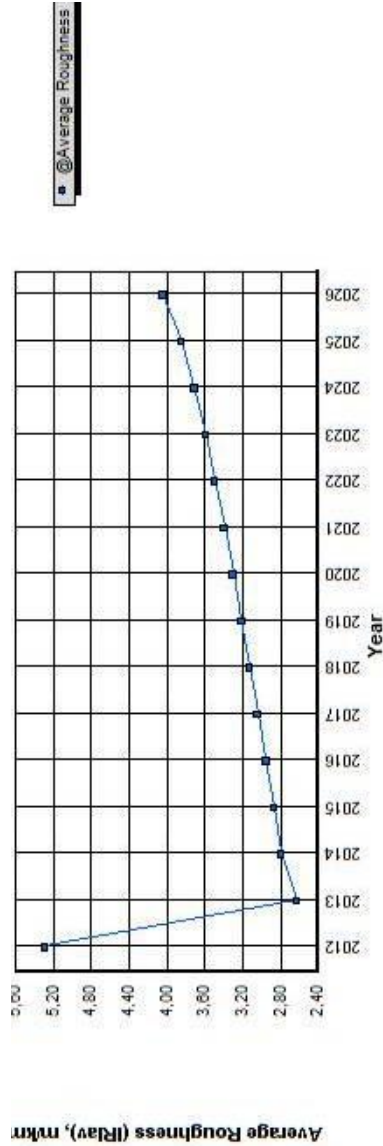


Tabla 6.20: Alternativas de Conservación Tramo 05-EDTM-M

Lugar	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
				(MM\$/km)	(MM\$/km)	
1	P11	Recapado con 50 mm de carpeta	IRB>3,5m/km	0,132	0,561	4,262
2	P21	Recapado con 50 mm de carpeta	IRB>4,0m/km	0,132	0,561	4,262
3	PT01	Recapado con 50 mm de carpeta	IRB>3,5m/km	0,132	0,561	4,262
		Lechada Asfáltica	Área Agrietada>10%			
		Bacheo	Bachear hasta 80 m2/km/año			
4	RP15A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRB>5,0m/km y TMDA<1200	0,097	0,557	5,725
5	RP13A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IRB>5,0m/km y TMDA<1200	0,100	0,556	5,570
6	P31	Recapado con 50 mm de carpeta	IRB>5,0m/km	0,127	0,553	4,356
7	P12	Recapado con 60 mm de carpeta	IRB>3,5m/km	0,147	0,545	3,702
8	P22	Recapado con 60 mm de carpeta	IRB>4,0m/km	0,147	0,545	3,702
9	RC004A	Recapado con 60 mm de carpeta	IRB>3,5m/km y 300< TMDA<1200	0,147	0,545	3,702
10	P32	Recapado con 60 mm de carpeta	IRB>5,0m/km	0,142	0,538	3,797
Base	Base Alternativa	-	-	0,048	0,000	0,000
Restricción Presupuestaria (2012-2026)						
Presupuesto (MM\$/km)	0,11					
Alt. Óptima con Restricción Presupuestaria (AORP)	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
	RP15A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRB>5,0m/km y TMDA<1200	0,097	0,557	5,725

Gráfico 6.9: Limite de Eficiencia de Conservación Tramo 05-EDTM-M

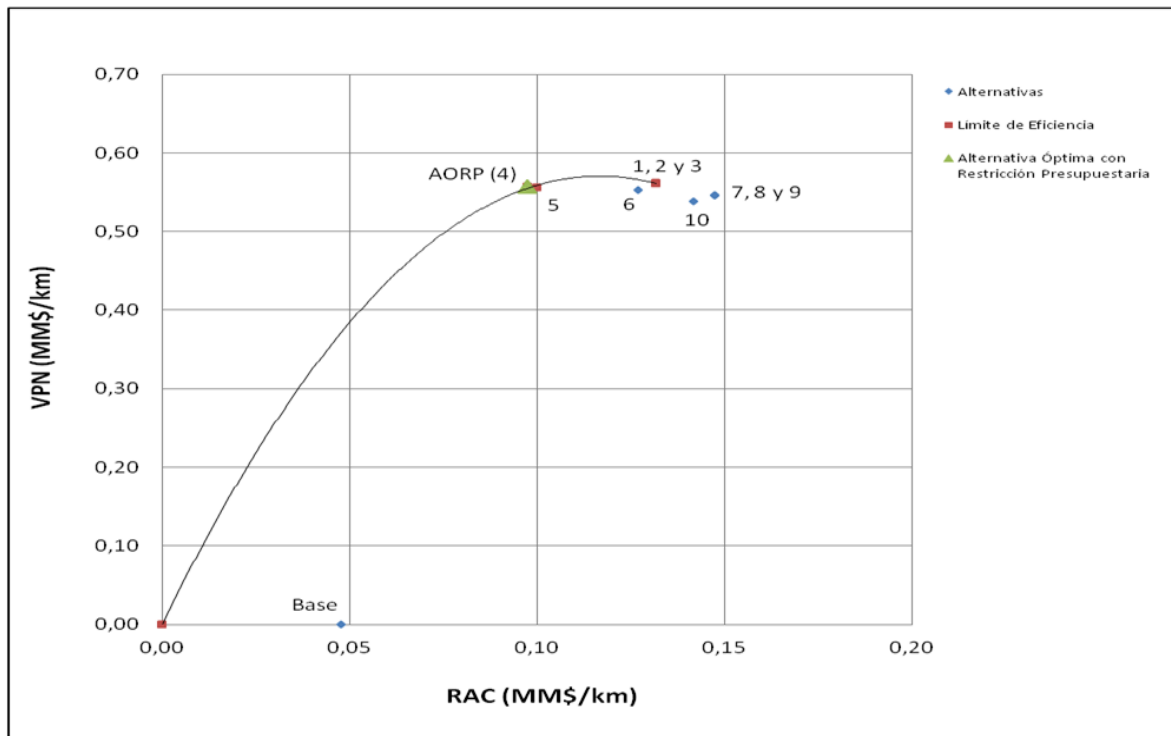


Tabla 6.21: Evolución de indicadores de deterioro con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 05-EDTM-M

Year	MT AADT	Pavement Type	Average Structural Number		Roughness IRI (m/km)		Cracking Area (%)			Raveled Area (%)		Potholes		Edge-break Area (sq/km)		Rutting		Texture Depth (mm)	Skid Resistance SFCE50
			SNPK	Structural	RI	All Structural	Wide Structural	Transverse Thermal	Total Cracking	ARV	NFT	Area (%)	APOT	Mean Rut Depth (mm)	Std. Dev of Rut Depth	RDS	TD		
2012	688	Before works	4.57	18.72	4.86	18.72	10.70	4.00	22.72	19.73	13	0.02	20.00	5.78	3.87	0.68	0.50		
2012	688	After works	4.57	0.00	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.50		
2013	709	Before works	5.44	1.86	1.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.75	0.65	0.68	0.50		
2013	709	After works	5.44	1.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.75	0.65	0.68	0.50		
2014	729	Before works	5.44	1.93	1.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.51	1.27	0.68	0.50		
2014	729	After works	5.44	1.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.51	1.27	0.68	0.50		
2015	751	Before works	5.44	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	2.28	1.84	0.68	0.50		
2015	751	After works	5.44	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	2.28	1.84	0.68	0.50		
2016	773	Before works	5.44	2.07	2.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	3.07	2.39	0.68	0.50		
2016	773	After works	5.44	2.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	3.07	2.39	0.68	0.50		
2017	796	Before works	5.44	2.15	2.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	3.89	2.90	0.68	0.50		
2017	796	After works	5.44	2.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	3.89	2.90	0.68	0.50		
2018	819	Before works	5.44	2.22	2.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	4.73	3.36	0.68	0.50		
2018	819	After works	5.44	2.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	4.73	3.36	0.68	0.50		
2019	843	Before works	5.44	2.30	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	5.59	3.78	0.68	0.50		
2019	843	After works	5.44	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	5.59	3.78	0.68	0.50		
2020	868	Before works	5.44	2.38	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	6.47	4.15	0.68	0.50		
2020	868	After works	5.44	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	6.47	4.15	0.68	0.50		
2021	894	Before works	5.44	2.47	2.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	7.38	4.46	0.68	0.50		
2021	894	After works	5.44	2.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	7.38	4.46	0.68	0.50		
2022	920	Before works	5.44	2.56	2.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	8.32	4.72	0.67	0.50		
2022	920	After works	5.44	2.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	8.32	4.72	0.67	0.50		
2023	948	Before works	5.44	2.65	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	9.28	4.91	0.67	0.50		
2023	948	After works	5.44	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	9.28	4.91	0.67	0.50		
2024	976	Before works	5.44	2.74	2.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	10.26	5.02	0.67	0.49		
2024	976	After works	5.44	2.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	10.26	5.02	0.67	0.49		
2025	1005	Before works	5.44	2.84	2.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	11.28	5.06	0.67	0.49		
2025	1005	After works	5.44	2.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	11.28	5.06	0.67	0.49		
2026	1035	Before works	5.44	2.94	2.94	0.50	0.00	0.00	0.50	0.45	0	0.00	0.00	12.32	5.02	0.67	0.49		
2026	1035	After works	5.44	2.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.45	0	0.00	0.00	12.32	5.02	0.67	0.49		

Gráfico 6.10: Evolución del IRI con aplicación de alternativa optima en el Tramo 05-EDTM-M

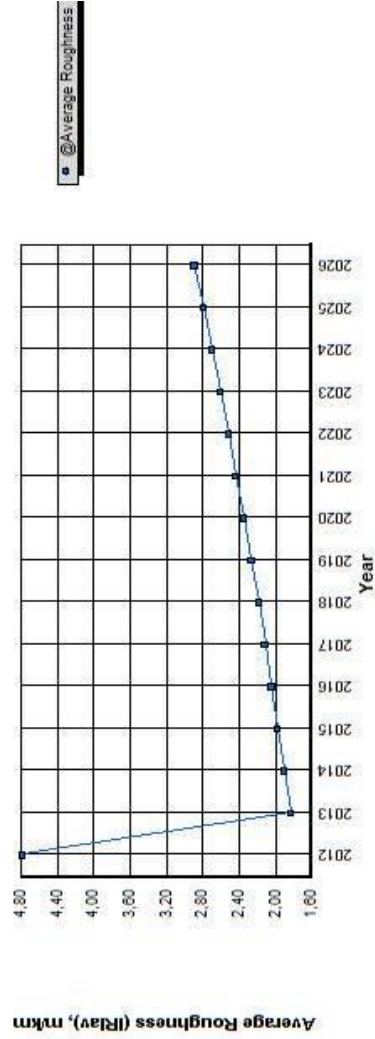


Tabla 6.22: Alternativas de Conservación Tramo 06-EDTM-R

Lugar	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
				(MM\$/km)	(MM\$/km)	
1	P11	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,132	0,163	1,236
2	P21	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,132	0,163	1,236
3	PT01	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,132	0,163	1,236
		Lechada Asfáltica	Área Agrietada>10%			
		Bacheo	Bachear hasta 80 m2/km/año			
4	P12	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,147	0,147	0,998
5	P22	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,147	0,147	0,998
6	RC004A	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>3,5m/km y 300< TMDA<1200	0,147	0,147	0,998
7	RP15A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRb>5,0m/km y TMDA<1200	0,087	0,140	1,610
8	RP13A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IRb>5,0m/km y TMDA<1200	0,089	0,139	1,557
9	P31	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,110	0,129	1,166
10	RC031A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,110	0,124	1,124
			Baches>70n ² /Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
Base	Base Alternative	-	-	0,048	0,000	0,000
Restricción Presupuestaria (2012-2026)						
Presupuesto (MM\$/km)	0.11					
Alt. Óptima con Restricción Presupuestaria (AORP)	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC (MM\$/km)	VPN (MM\$/km)	VPN/RAC
	RP15A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRb>5,0m/km y TMDA<1200	0,087	0,140	1,610

Gráfico 6.11: Limite de Eficiencia de Conservación Tramo 06-EDTM-R

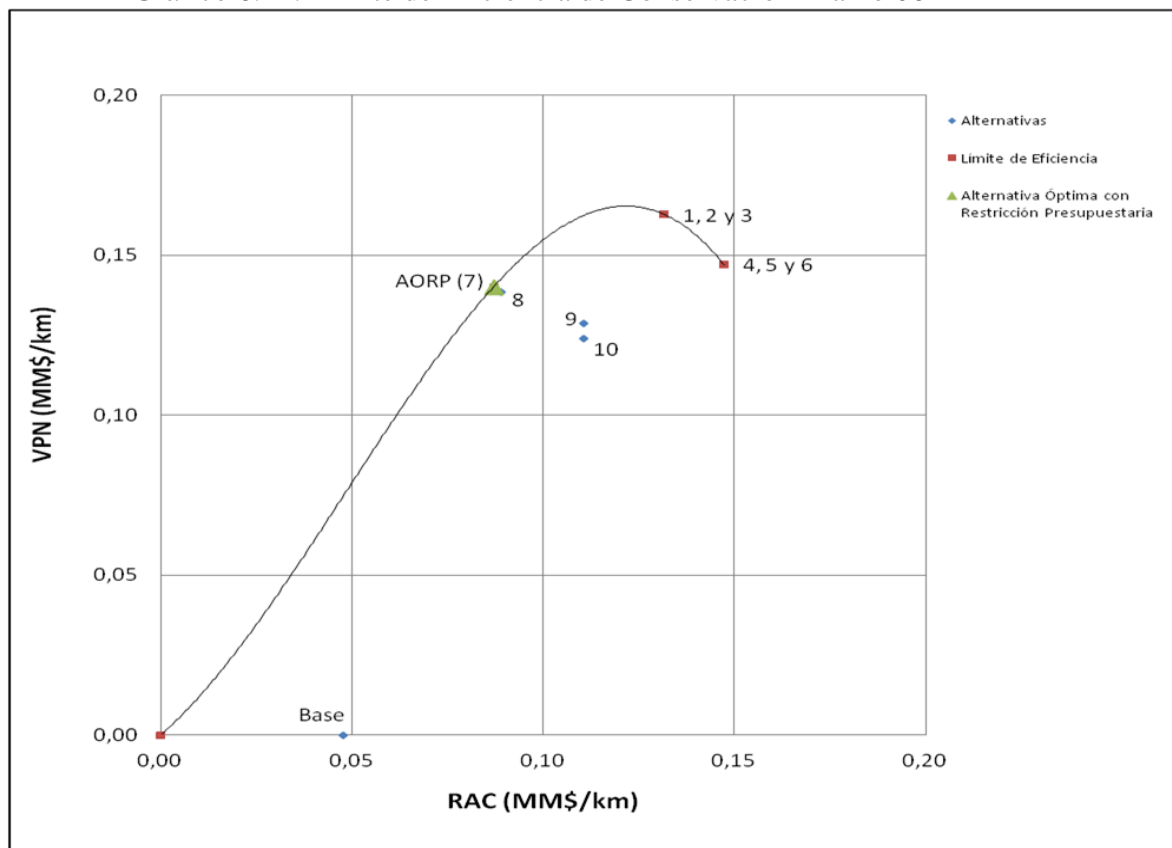
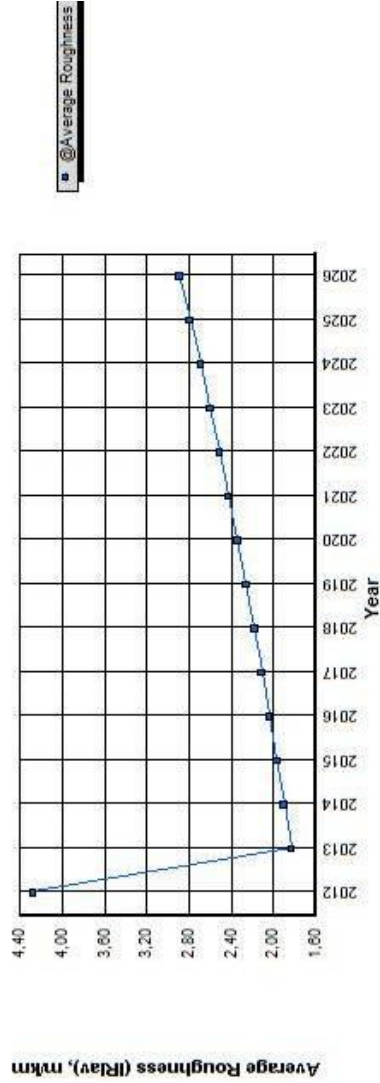


Tabla 6.23: Evolución de indicadores de deterioro con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 06-EDTM-R

Year	MT	Pavement Type	Roughness		Cracking Area (%)				Reinforced Area (%)		Potholes		Rutting			Texture		Skid Resistance SFCS50
			Structural Number SNPK	IRI (m/km)	All Structural ACA	Wide Structural ACW	Transverse Thermal ACT	Total Cracking ACRA	ARV	NPT	Area (%)	Edge-break Area (m ² /km)	Mean Rut Depth (mm)	Std. Dev of Rut Depth	RDS	TD	TD	
2012	688	AMGB	4.57	4.34	5.41	4.57	1.00	6.41	4.86	6	0.01	20.00	4.17	3.06	0.68	0.50		
		After works	4.57	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.50		
2013	709	AMAP	5.41	1.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.75	0.65	0.68	0.50		
		After works	5.41	1.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.75	0.65	0.68	0.50		
2014	729	AMAP	5.41	1.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.26	0.68	0.68	0.50		
		After works	5.41	1.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.26	0.68	0.68	0.50		
2015	751	AMAP	5.41	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	2.27	1.84	0.68	0.50		
		After works	5.41	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	2.27	1.84	0.68	0.50		
2016	773	AMAP	5.41	2.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	3.07	2.39	0.68	0.50		
		After works	5.41	2.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	3.07	2.39	0.68	0.50		
2017	796	AMAP	5.41	2.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	3.89	2.90	0.68	0.50		
		After works	5.41	2.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	3.89	2.90	0.68	0.50		
2018	819	AMAP	5.41	2.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	4.72	3.36	0.68	0.50		
		After works	5.41	2.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	4.72	3.36	0.68	0.50		
2019	843	AMAP	5.41	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	5.59	3.78	0.68	0.50		
		After works	5.41	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	5.59	3.78	0.68	0.50		
2020	868	AMAP	5.41	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	6.47	4.15	0.68	0.50		
		After works	5.41	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	6.47	4.15	0.68	0.50		
2021	894	AMAP	5.41	2.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	7.34	4.46	0.68	0.50		
		After works	5.41	2.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	7.34	4.46	0.68	0.50		
2022	920	AMAP	5.41	2.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	8.32	4.72	0.67	0.50		
		After works	5.41	2.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	8.32	4.72	0.67	0.50		
2023	948	AMAP	5.41	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	9.28	4.91	0.67	0.50		
		After works	5.41	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	9.28	4.91	0.67	0.50		
2024	976	AMAP	5.41	2.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	10.26	5.02	0.67	0.49		
		After works	5.41	2.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	10.26	5.02	0.67	0.49		
2025	1005	AMAP	5.41	2.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	11.28	5.06	0.67	0.49		
		After works	5.41	2.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	11.28	5.06	0.67	0.49		
2026	1035	AMAP	5.41	2.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	12.33	5.02	0.67	0.49		
		After works	5.41	2.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	12.33	5.02	0.67	0.49		

Gráfico 6.12: Evolución del IRI con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 06-EDTM-R



Comentarios

1. En este tramo la alternativa óptima depende de la condición del pavimento, siendo la repavimentación con tratamiento superficial simple la mejor alternativa para el escenario de mayor deterioro, mientras que para las condiciones regular y mala, el recapado con 50 mm de carpeta es la alternativa más conveniente. Se observa que el aumento del tránsito en la misma estructura (débil) permite la aplicación de alternativas más costosas con una cierta tolerancia al deterioro del pavimento.
2. Si se considera una restricción presupuestaria, al igual que la situación sin restricción, la alternativas óptimas de este tramo dependen del nivel de deterioro. De esta manera, para el nivel de mayor deterioro la mejor alternativa es la lechada asfáltica y para los niveles regular y malo es la repavimentación con tratamiento superficial simple. Se aprecia además que, en este caso, los mayores beneficios se obtienen cuando el deterioro es medio.

6.3.3 Tramo Estructura Media con Tránsito Bajo

Tabla 6.24: Alternativas de Conservación Tramo 07-EMTB-D

Lugar	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
				(MM\$/km)	(MM\$/km)	
1	RP15A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRb>5,0m/km y TMDA<1200	0,100	0,137	1,368
2	RP13A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IRb>5,0m/km y TMDA<1200	0,103	0,135	1,309
3	RP16A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRb>6,0m/km y TMDA<1200	0,095	0,130	1,375
4	RP14A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IRb>6,0m/km y TMDA<1200	0,097	0,128	1,319
5	P31	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,132	0,106	0,806
6	RC001A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km y TMDA<300	0,132	0,106	0,806
7	RE11A	Reconstrucción con Tratamiento Superficial Simple	IRb>6,0m/km y TMDA<1200	0,133	0,091	0,683
8	P32	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,147	0,090	0,611
9	RC002A	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>4,0m/km y TMDA<300	0,147	0,090	0,611
10	RE09A	Reconstrucción con Tratamiento Superficial Doble	IRb>6,0m/km y TMDA<1200	0,136	0,089	0,656
Base	Base Alternative	-	-	0,048	0,000	0,000
Restricción Presupuestaria (2012-2026)						
Presupuesto (MM\$/km)	0.06					
Alt. Óptima con Restricción Presupuestaria (AORP)	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC (MM\$/km)	VPN (MM\$/km)	VPN/RAC
	SS03	Lechada Asfáltica	Agrietamiento>25%	0,065	0,048	0,747

Gráfico 6.13: Limite de Eficiencia de Conservación Tramo 07-EMTB-D

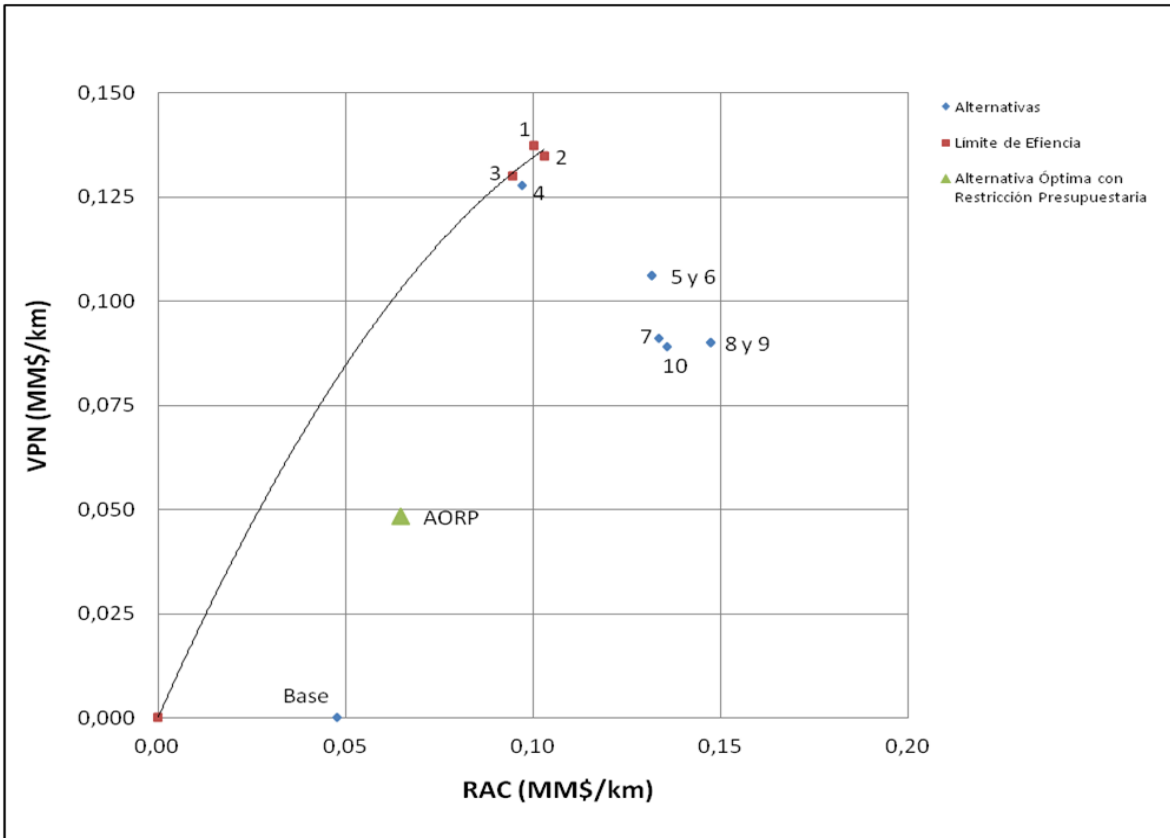


Tabla 6.25: Evolución de indicadores de deterioro con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 07-EMTB-D

Year	MI	AADT	Pavement Type	Average Structural Number (SNR)	Roughness IRI (m/km)		Cracking Area (%)			Ravelled Area (%)		Potholes			Edge-break Area (m ² /km)	Rutting		Texture Depth (mm)	Skid Resistance SKFSO
					Before works	After works	All Structural	Wide Structural	Transverse	Total Cracking	ABV	ABY	NP	APQT		ABR	Mean Rut Depth (mm)		
2012	265		AMCB	5.38	5.46	24.65	7.54	6.00	30.95	20.91	0	0	0	20.00	8.94	0.00	1.50	0.50	
2013	273		STCB	4.14	2.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0.00	1.09	0.79	0.50	
2014	281		STCB	4.14	2.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	1.29	1.09	0.79	0.50	
2015	289		STCB	4.14	2.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	1.48	1.24	0.69	0.50	
2016	297		STCB	4.14	2.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	1.67	1.39	0.64	0.50	
2017	306		STCB	4.14	2.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	1.85	1.53	0.60	0.50	
2018	315		STCB	4.14	2.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	2.04	1.67	0.57	0.50	
2019	324		STCB	4.14	3.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	2.23	1.81	0.54	0.50	
2020	334		STCB	4.14	3.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.00	2.42	1.94	0.52	0.50	
2021	344		STCB	4.14	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	1.44	0	0	0	0.00	2.61	2.08	0.50	0.50	
2022	354		STCB	4.14	3.26	0.00	0.00	0.00	0.00	1.44	0	0	0	0.00	2.80	2.21	0.48	0.50	
2023	364		STCB	4.14	3.34	0.00	0.00	0.00	0.00	2.16	0	0	0	0.00	3.08	2.33	0.47	0.50	
2024	375		STCB	4.14	3.41	0.00	0.00	0.00	0.00	3.08	0	0	0	0.00	3.18	2.46	0.45	0.50	
2025	386		STCB	4.14	3.49	0.00	0.00	0.00	0.00	4.22	0	0	0	0.00	3.18	2.46	0.45	0.50	
2026	398		STCB	4.14	3.57	0.00	0.00	0.00	0.00	5.61	0	0	0	0.00	3.38	2.59	0.44	0.50	
			STCB	4.14	3.67	1.52	0.00	0.00	0.00	7.27	0	0	0	0.00	3.57	2.70	0.43	0.50	
			STCB	4.14	3.67	1.52	0.00	0.00	1.52	9.09	0	0	0	0.00	3.76	2.82	0.42	0.50	

Gráfico 6.14: Evolución del IRI con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 07-EMTB-D

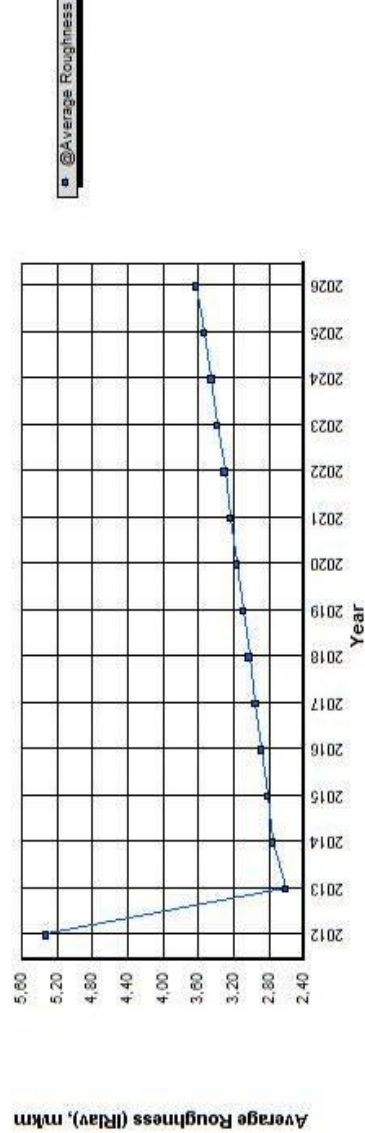


Tabla 6.26: Alternativas de Conservación Tramo 08-EMTB-M

Lugar	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
				(MM\$/km)	(MM\$/km)	
1	RP15A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRI>5,0m/km y TMDA<1200	0,097	0,098	1,008
2	RP13A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IRI>5,0m/km y TMDA<1200	0,100	0,096	0,960
3	RP16A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRI>6,0m/km y TMDA<1200	0,089	0,088	0,984
4	RP14A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IRI>6,0m/km y TMDA<1200	0,091	0,086	0,940
5	P31	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>5,0m/km	0,127	0,070	0,548
6	RC001A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>3,5m/km y TMDA<300	0,132	0,068	0,519
7	P32	Recapado con 60 mm de carpeta	IRI>5,0m/km	0,142	0,054	0,384
8	RE11A	Reconstrucción con Tratamiento Superficial Simple	IRI>6,0m/km y TMDA<1200	0,124	0,053	0,430
9	RC002A	Recapado con 60 mm de carpeta	IRI>4,0m/km y TMDA<300	0,147	0,052	0,355
10	RE09A	Reconstrucción con Tratamiento Superficial Doble	IRI>6,0m/km y TMDA<1200	0,126	0,051	0,408
Base	Base Alternativa	-	-	0,048	0,000	0,000
Restricción Presupuestaria (2012-2026)						
Presupuesto (MM\$/km)	0.06					
Alt. Óptima con Restricción Presupuestaria (AORP)	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
	SS02	Lechada Asfáltica	Agrietamiento>20%	0,065	0,032	0,492

Gráfico 6.15: Limite de Eficiencia de Conservación Tramo 08-EMTB-M

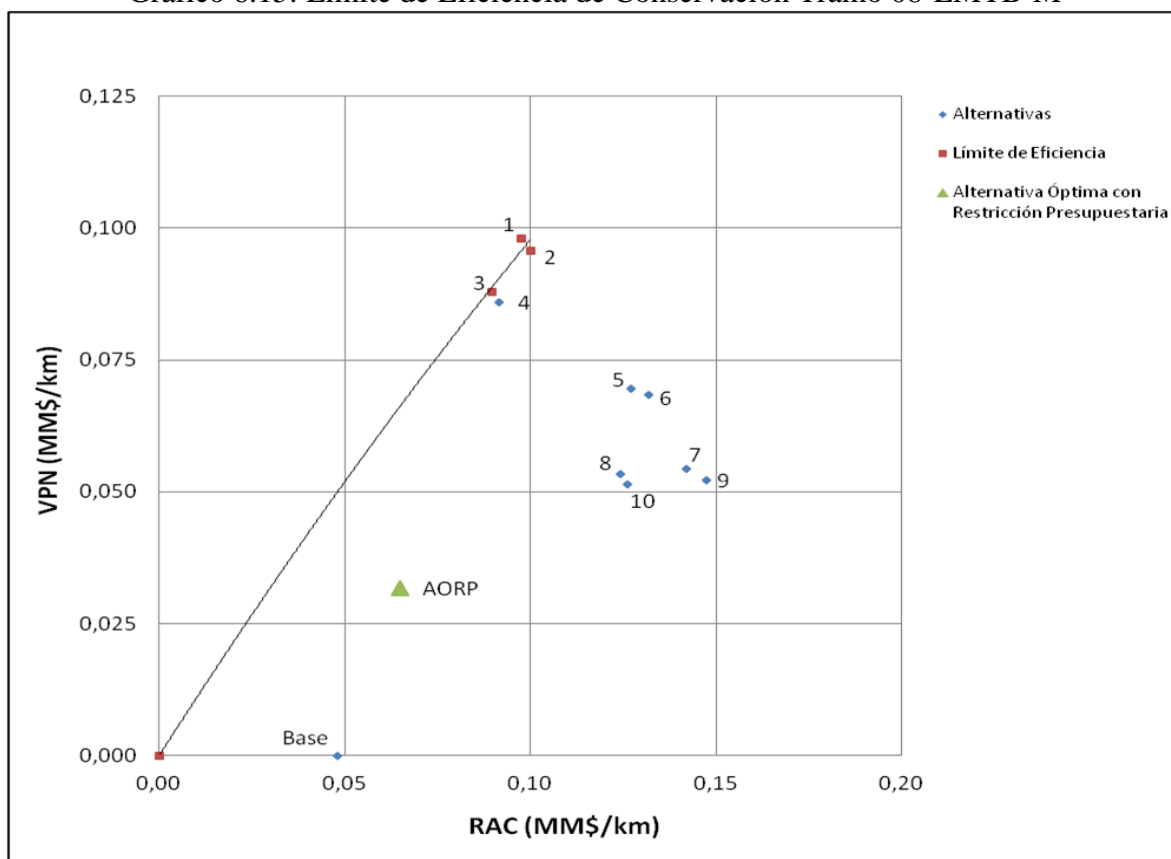


Tabla 6.27: Evolución de indicadores de deterioro con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 08-EMTB-M

Year	MT	Pavement Type	Average Structural Index		Roughness IRI (m/km)		Cracking Area (%)			Ravellled Area (%)		Potholes		Edge-break Area (m ² /km)		Routing		Texture Depth (mm)	Skid Resistance SFPSO	
			SI ₁	SI ₂	RI	RI ₁	RI ₂	SI ₁	SI ₂	SI ₃	SI ₄	SI ₅	SI ₆	SI ₇	SI ₈	SI ₉	SI ₁₀			SI ₁₁
2012	AADT 265	Before works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
		After works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
2013	273	Before works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
		After works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
2014	281	Before works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
		After works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
2015	289	Before works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
		After works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
2016	297	Before works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
		After works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
2017	306	Before works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
		After works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
2018	315	Before works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
		After works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
2019	324	Before works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
		After works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
2020	334	Before works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
		After works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
2021	344	Before works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
		After works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
2022	354	Before works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
		After works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
2023	364	Before works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
		After works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
2024	375	Before works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
		After works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
2025	386	Before works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
		After works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
2026	398	Before works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50
		After works	5.40	4.94	3.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50

Gráfico 6.16: Evolución del IRI con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 08-EMTB-M

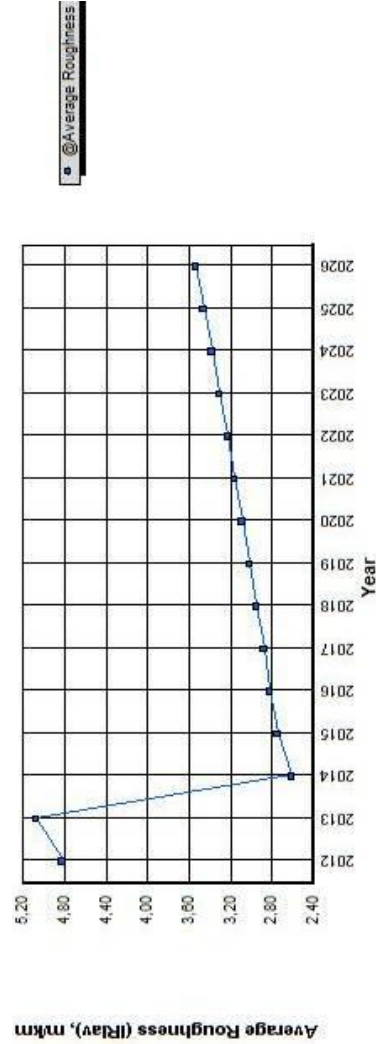


Tabla 6.28: Alternativas de Conservación Tramo 09-EMTB-R

Lugar	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
				(MM\$/km)	(MM\$/km)	
1	RP15A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IR>5,0m/km y TMDA<1200	0,092	0,064	0,691
2	RP13A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IR>5,0m/km y TMDA<1200	0,094	0,061	0,653
3	RP16A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IR>6,0m/km y TMDA<1200	0,085	0,053	0,624
4	RP14A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IR>6,0m/km y TMDA<1200	0,087	0,051	0,590
5	P31	Recapado con 50 mm de carpeta	IR>5,0m/km	0,118	0,039	0,331
6	RC001A	Recapado con 50 mm de carpeta	IR>3,5m/km y TMDA<300	0,132	0,035	0,263
7	P32	Recapado con 60 mm de carpeta	IR>5,0m/km	0,131	0,026	0,196
8	RC004A	Recapado con 60 mm de carpeta	IR>3,5m/km y 300< TMDA<1200	0,122	0,024	0,199
9	RE11A	Reconstrucción con Tratamiento Superficial Simple	IR>6,0m/km y TMDA<1200	0,116	0,022	0,191
10	RE09A	Reconstrucción con Tratamiento Superficial Doble	IRI>6,0m/km y TMDA<1200	0,117	0,020	0,173
Base	Base Alternative	-	-	0,048	0,000	0,000
Restricción Presupuestaria (2012-2026)						
Presupuesto (MM\$/km)	0.06					
Alt. Óptima con Restricción Presupuestaria (AORP)	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
	Base Alternative	-	-	0,048	0,000	0,000

Gráfico 6.17: Limite de Eficiencia de Conservación Tramo 09-EMTB-R

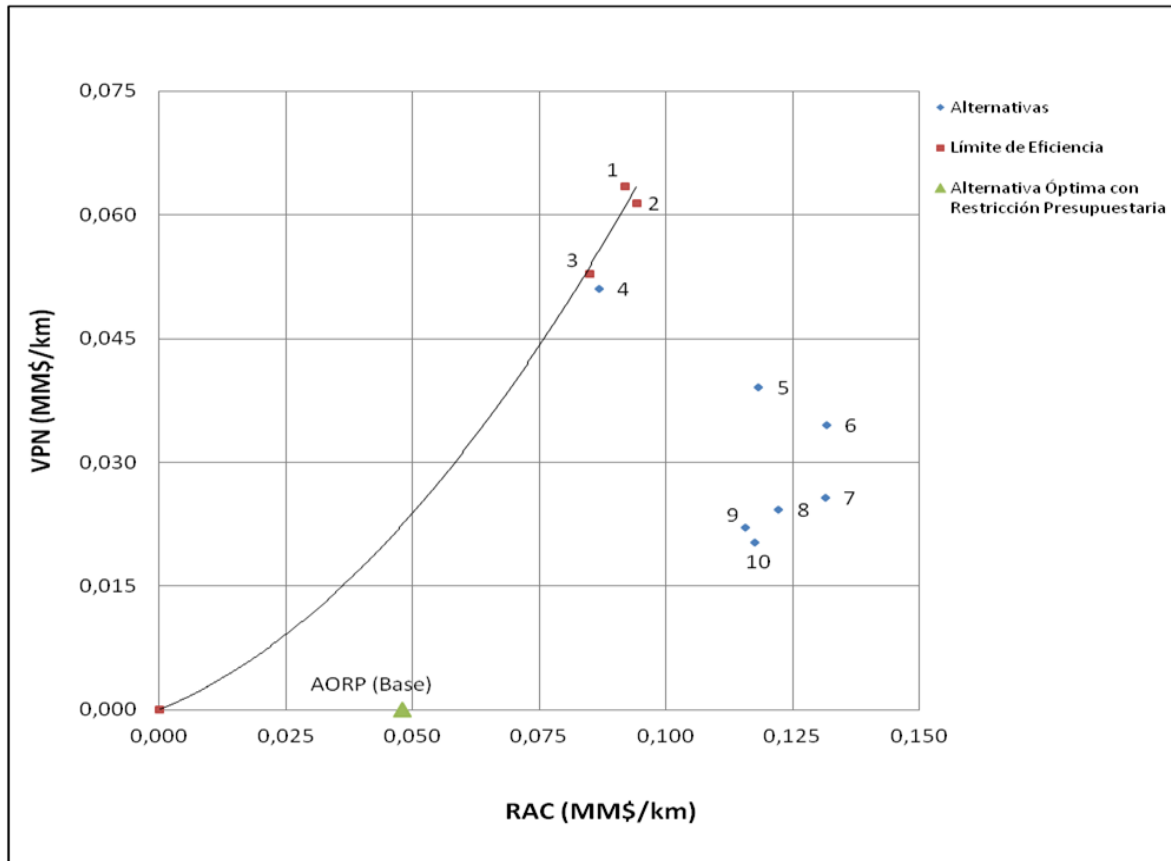
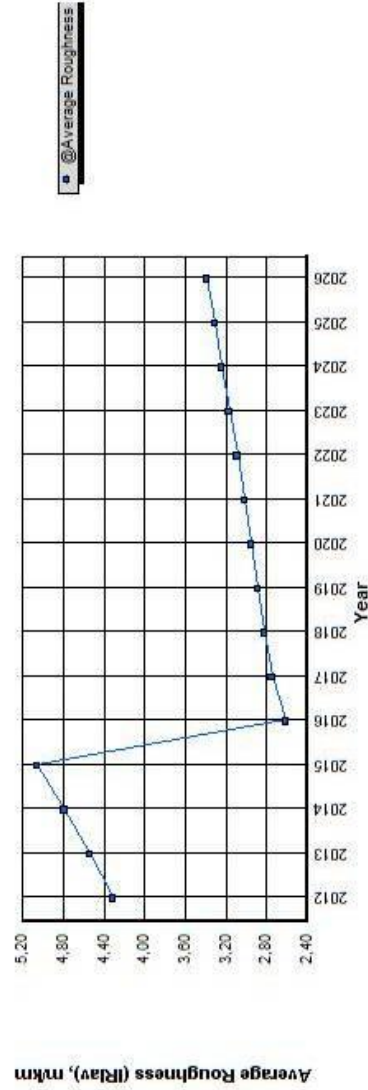


Tabla 6.29: Evolución de indicadores de deterioro con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 09-EMTB-R

Year	MT	Pavement Type	Average Structural Number (SNR)		Roughness IRI (m/km)		Cracking Area (%)			Ravelled Area (%)		Potholes		Edge-break Area (m ² /km)		Rutting		Texture Resistance	
			Before works	After works	RI	SI	All Structural	Structural	Wide	Transverse	Total Cracking	ARV	MP	Area (%)	ARB	Mean Rut Depth (mm)	Std. Dev of Rut Depth	TD	SKFSO
2012	265	AMGB	4.42	4.40	4.42	4.40	1.33	1.00	5.40	4.96	5	0.01	20.00	4.63	3.31	0.68	0.50		
2013	273	AMGB	4.66	4.83	4.66	4.83	1.47	1.00	5.83	4.92	6	0.01	20.00	6.11	4.01	0.68	0.50		
2014	281	AMGB	5.43	5.26	4.92	5.26	1.62	1.00	6.26	4.87	6	0.01	20.00	7.64	4.54	0.68	0.50		
2015	289	AMGB	5.42	5.19	5.72	5.19	1.78	1.00	6.72	4.83	7	0.01	20.00	9.21	4.90	0.68	0.50		
2016	297	STGB	4.14	4.14	2.72	4.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.31	1.11	0.77	0.50		
2017	306	STGB	4.14	4.14	2.79	4.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.49	1.25	0.68	0.50		
2018	315	STGB	4.14	4.14	2.85	4.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.68	1.40	0.63	0.50		
2019	324	STGB	4.14	4.14	2.92	4.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.87	1.54	0.59	0.50		
2020	334	STGB	4.14	4.14	2.95	4.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.06	1.68	0.56	0.50		
2021	344	STGB	4.14	4.14	2.99	4.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.06	1.68	0.56	0.50		
2022	354	STGB	4.14	4.14	3.06	4.14	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	2.25	1.82	0.53	0.50		
2023	364	STGB	4.14	4.14	3.13	4.14	0.00	0.00	0.00	0.92	0	0.00	0.00	2.44	1.96	0.51	0.50		
2024	375	STGB	4.14	4.14	3.20	4.14	0.00	0.00	0.00	1.51	0	0.00	0.00	2.64	2.10	0.49	0.50		
2025	386	STGB	4.14	4.14	3.28	4.14	0.00	0.00	0.00	2.29	0	0.00	0.00	2.83	2.23	0.47	0.50		
2026	398	STGB	4.14	4.14	3.35	4.14	0.00	0.00	0.00	3.29	0	0.00	0.00	3.02	2.35	0.46	0.50		
		STGB	4.14	4.14	3.43	4.14	0.00	0.00	0.00	4.54	0	0.00	0.00	3.22	2.48	0.44	0.50		
		STGB	4.14	4.14	3.43	4.14	0.00	0.00	0.00	4.54	0	0.00	0.00	3.22	2.48	0.44	0.50		

Gráfico 6.18: Evolución del IRI con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 09-EMTB-R



Comentarios

1. La alternativa óptima corresponde a la repavimentación con tratamiento superficial simple, la cual se mantiene invariable en este tramo al nivel de deterioro del pavimento de cada escenario.
2. Los mayores beneficios de la aplicación de esta alternativa se obtienen cuando el pavimento presenta una condición de mayor deterioro pues, debido a los criterios de intervención, se debe aplicar antes en el horizonte de evaluación que los otros escenarios en este tramo. Se aprecia además que el bajo tránsito hace que el deterioro del pavimento aumente lentamente, en consecuencia la intervención se posterga hasta que el deterioro alcanza los niveles del criterio para la aplicación de la alternativa óptima.
3. Se aprecia que, si se compara con el tramo con el mismo nivel de tránsito (bajo) y los mismos niveles de deterioro, los beneficios de la aplicación de las mismas alternativas disminuyen en una estructura con mayor resistencia.
4. Si se considera una restricción presupuestaria, se observa que para los niveles de deterioro alto y medio la alternativa óptima corresponde a una lechada asfáltica que, al igual que en el caso sin restricción, los mayores beneficios se obtienen con la aplicación en una condición más desfavorable del tramo. Para un nivel regular de deterioro, resulta más conveniente aplicar la alternativa base.

6.3.4 Tramo Estructura Media con Tránsito Medio

Tabla 6.30: Alternativas de Conservación Tramo 10-EMTM-D

Lugar	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
				(MM\$/km)	(MM\$/km)	
1	RP15A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRI>5,0m/km y TMDA<1200	0,100	0,903	9,004
2	RP13A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IRI>5,0m/km y TMDA<1200	0,103	0,902	8,761
3	RP16A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRI>6,0m/km y TMDA<1200	0,095	0,874	9,251
4	P31	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>5,0m/km	0,132	0,874	6,637
5	RP14A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IRI>6,0m/km y TMDA<1200	0,097	0,873	9,011
6	P32	Recapado con 60 mm de carpeta	IRI>5,0m/km	0,147	0,857	5,814
7	P11	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>3,5m/km	0,178	0,849	4,755
8	PT01	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>3,5m/km	0,178	0,849	4,755
		Lechada Asfáltica	Área Agrietada>10%			
		Bacheo	Bachear hasta 80 m2/km/año			
9	P21	Recapado con 50 mm de carpeta	IRI>4,0m/km	0,173	0,845	4,877
10	RE11A	Reconstrucción con Tratamiento Superficial Simple	IRI>6,0m/km y TMDA<1200	0,133	0,836	6,263
Base	Base Alternative	-	-	0,048	0,000	0,000
Restricción Presupuestaria (2012-2026)						
Presupuesto (MM\$/km)	0.06					
Alt. Óptima con Restricción Presupuestaria (AORP)	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
	SS02	Lechada Asfáltica	Agrietamiento>20%	0,074	0,636	

Gráfico 6.19: Limite de Eficiencia de Conservación Tramo 10-EMTM-D

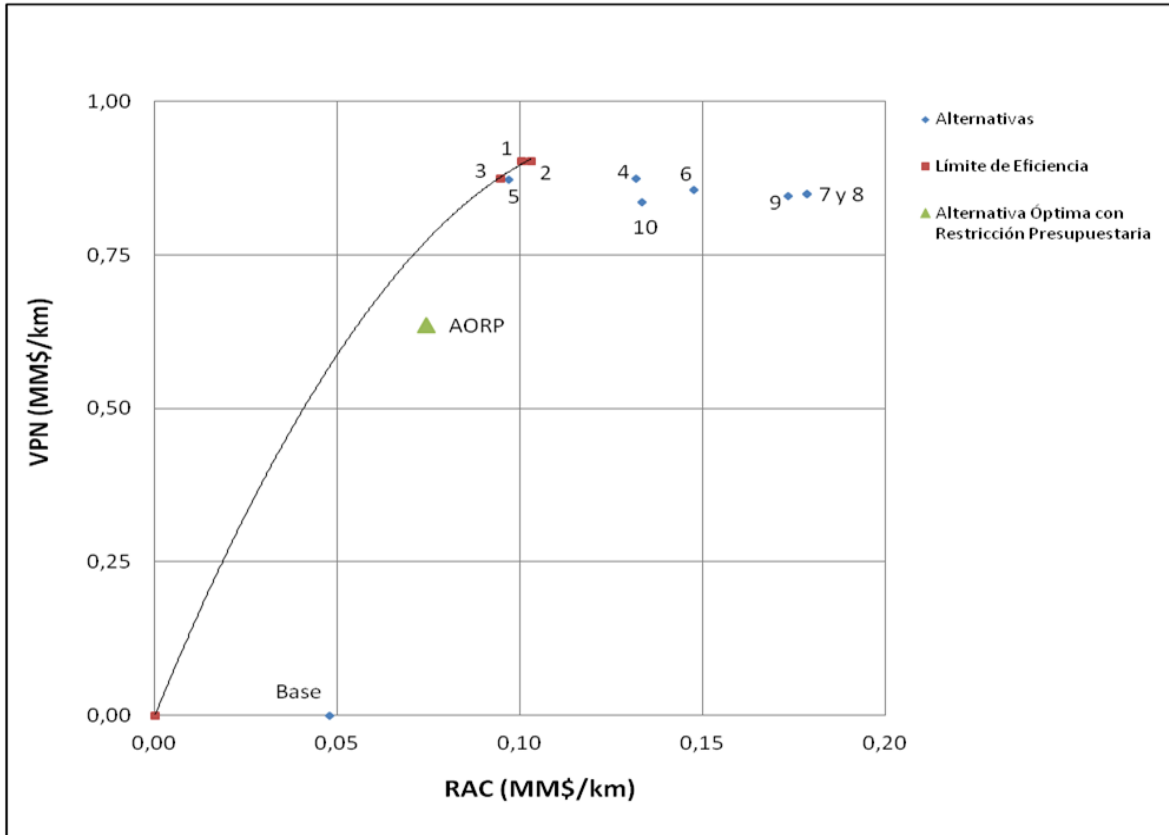


Tabla 6.31: Evolución de indicadores de deterioro con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 10-EMTM-D

Year	MT	Pavement Type	Average Structural Number (SNPK)	Roughness IRI (m/km)	All Structural	Cracking Area (%)			Total Cracking	Ravelled Area (%)	Potholes		Edge-break Area (m ² /km)	Rutting			Texture Depth (mm)	Skid Resistance (SK50)
						W/Cracks	Transverse	Longitudinal			Number per Area (%)	Depth (mm)		Std. Dev. of Rut Depth (mm)	Max. Rut Depth (mm)	TD		
2012	688	Before works	5.38	5.54	35.59	13.97	6.00	41.59	28.86	32	0.05	20.00	9.00	4.86	0.68	0.50		
2013		After works	5.38	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	1.50	0.66	0.50		
2014	709	Before works	4.14	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.44	1.21	0.66	0.50		
2015		After works	4.14	2.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.65	1.38	0.57	0.50		
2016	751	Before works	4.14	2.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.86	1.54	0.51	0.50		
2017		After works	4.14	2.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.07	1.69	0.47	0.50		
2018	796	Before works	4.14	3.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	2.28	1.84	0.44	0.50		
2019		After works	4.14	3.17	0.00	0.00	0.00	0.00	1.38	0	0.00	0.00	2.59	1.99	0.42	0.50		
2020	843	Before works	4.14	3.25	0.00	0.00	0.00	0.00	2.84	0	0.00	0.00	2.70	2.14	0.40	0.50		
2021		After works	4.14	3.35	0.00	0.00	0.00	0.00	4.99	0	0.00	0.00	2.70	2.14	0.40	0.50		
2022	894	Before works	4.14	3.44	0.00	0.00	0.00	0.00	7.96	0	0.00	0.00	2.91	2.28	0.38	0.50		
2023		After works	4.14	3.53	0.00	0.00	0.00	0.00	11.89	0	0.00	0.00	3.12	2.42	0.36	0.50		
2024	948	Before works	4.14	3.65	1.13	0.00	0.00	1.13	16.81	0	0.00	0.00	3.33	2.55	0.34	0.50		
2025		After works	4.14	3.65	3.43	0.00	0.00	3.43	22.87	0	0.00	0.00	3.55	2.69	0.33	0.50		
2026	1005	Before works	4.13	3.77	3.43	0.00	0.00	3.43	22.87	0	0.00	0.00	3.76	2.82	0.31	0.49		
		After works	4.13	3.93	7.66	0.00	0.00	7.66	30.13	0	0.00	0.00	3.98	2.95	0.30	0.49		
		Before works	4.12	4.14	14.38	1.65	0.00	14.38	38.66	26	0.04	0.00	4.19	3.07	0.29	0.49		
		After works	4.12	4.14	14.38	1.65	0.00	14.38	38.66	26	0.04	0.00	4.19	3.07	0.29	0.49		

Gráfico 6.20: Evolución del IRI con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 10-EMTM-D

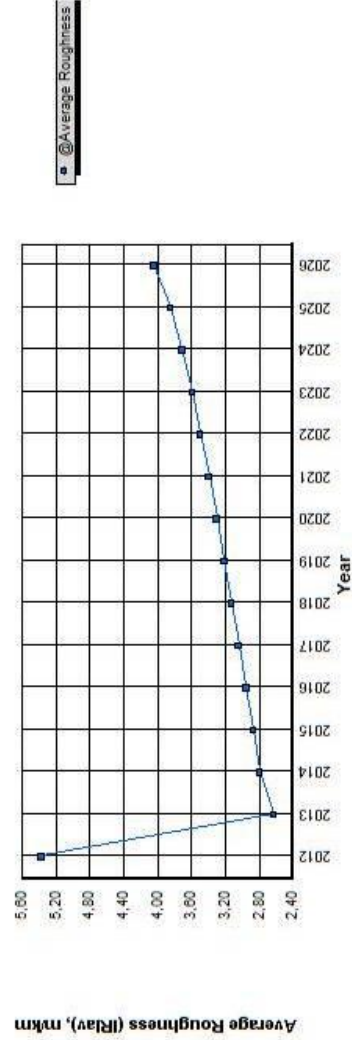


Tabla 6.32: Alternativas de Conservación Tramo 11-EMTM-R

Lugar	Código Alternativa	Carácterística	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
				(MM\$/km)	(MM\$/km)	
1	RP15A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRb>5,0m/km y TMDA<1200	0,100	0,768	7,658
2	RP13A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IRb>5,0m/km y TMDA<1200	0,103	0,767	7,451
3	P31	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,132	0,739	5,612
4	RP16A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRb>6,0m/km y TMDA<1200	0,092	0,734	7,993
5	RP14A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IRb>6,0m/km y TMDA<1200	0,094	0,733	7,789
6	P32	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,147	0,722	4,899
7	P11	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,178	0,714	4,000
8	PT01	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,178	0,714	4,000
		Lechada Asfáltica	Área Agrietada>10%			
		Bacheo	Bachear hasta 80 m2/km/año			
9	P21	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,173	0,711	4,099
10	RE11A	Reconstrucción con Tratamiento Superficial Simple	IRb>6,0m/km y TMDA<1200	0,129	0,698	5,428
Base	Base Alternative	-	-	0,048	0,000	0,000
Restricción Presupuestaria (2012-2026)						
Presupuesto (MM\$/km)	0,06					
Alt. Óptima con Restricción Presupuestaria (AORP)	Código Alternativa	Carácterística	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
	SS03	Lechada Asfáltica	Agrietamiento>25%	0,072	0,531	7,360

Gráfico 6.21: Limite de Eficiencia de Conservación Tramo 11-EMTM-R

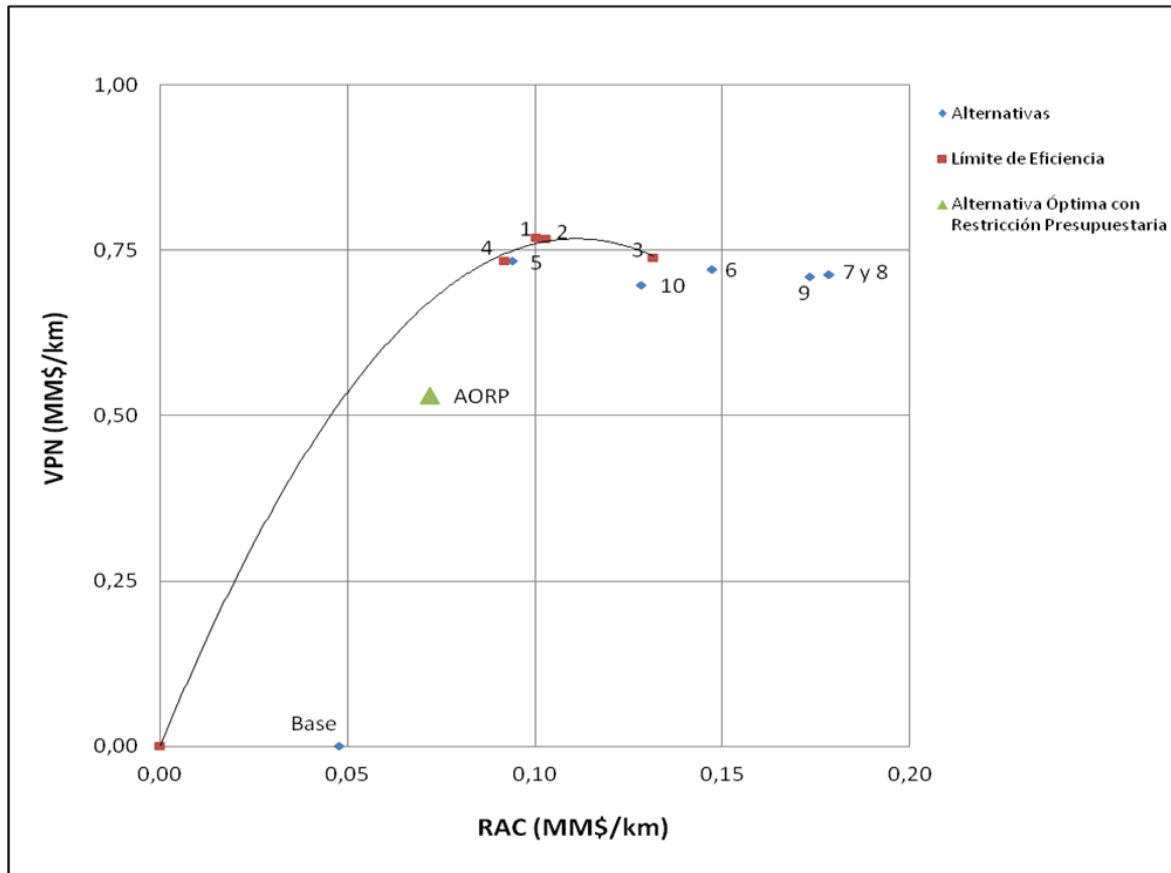


Tabla 6.33: Evolución de indicadores de deterioro con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 11-EMTM-R

Year	MT	Pavement Type	Average Structural Number		Roughness IRI (m/km)		Cracking Area (%)			Revelled Area (%)		Potholes		Edge-break Area (m ² /km)		Rutting		Texture Depth (mm)		Skid Resistance
			SNFK	SNFC	RI	Structural	All Structural	Wide Structural	Transverse Thermal	Total Cracking	ARV	NPT	Area (%)	Area (%)	APOT	AEB	Mean Rut Depth (mm)	Std. Dev of Rut Depth	RDS	
2012	688	Before works	5.40	25.32	5.01	10.70	4.00	29.32	19.07	11	0.02	20.00	6.50	4.08	0.68	0.50				
2012	688	After works	5.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.50				
2013	709	Before works	4.14	0.00	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.44	1.21	0.66	0.50				
2013	709	After works	4.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.44	1.21	0.66	0.50				
2014	729	Before works	4.14	0.00	2.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.65	1.38	0.57	0.50				
2014	729	After works	4.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.65	1.38	0.57	0.50				
2015	751	Before works	4.14	0.00	2.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.86	1.54	0.51	0.50				
2015	751	After works	4.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.86	1.54	0.51	0.50				
2016	773	Before works	4.14	0.00	2.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.07	1.69	0.47	0.50				
2016	773	After works	4.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.07	1.69	0.47	0.50				
2017	796	Before works	4.14	0.00	3.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.28	1.84	0.44	0.50				
2017	796	After works	4.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.28	1.84	0.44	0.50				
2018	819	Before works	4.14	0.00	3.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.49	1.99	0.42	0.50				
2018	819	After works	4.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.49	1.99	0.42	0.50				
2019	843	Before works	4.14	0.00	3.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.70	2.14	0.40	0.50				
2019	843	After works	4.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.70	2.14	0.40	0.50				
2020	868	Before works	4.14	0.00	3.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.91	2.28	0.38	0.50				
2020	868	After works	4.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.91	2.28	0.38	0.50				
2021	894	Before works	4.14	0.00	3.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	3.12	2.42	0.36	0.50				
2021	894	After works	4.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	3.12	2.42	0.36	0.50				
2022	920	Before works	4.14	0.00	3.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	3.33	2.58	0.34	0.50				
2022	920	After works	4.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	3.33	2.58	0.34	0.50				
2023	948	Before works	4.14	0.00	3.65	1.13	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	3.55	2.69	0.33	0.50				
2023	948	After works	4.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	3.55	2.69	0.33	0.50				
2024	976	Before works	4.13	0.00	3.77	3.43	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	3.76	2.82	0.31	0.49				
2024	976	After works	4.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	3.76	2.82	0.31	0.49				
2025	1005	Before works	4.13	0.00	3.95	7.66	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	3.98	2.95	0.30	0.49				
2025	1005	After works	4.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	3.98	2.95	0.30	0.49				
2026	1035	Before works	4.12	0.00	4.14	14.38	1.65	0.00	0.00	0	0.04	0.00	4.19	3.07	0.29	0.49				
2026	1035	After works	4.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.04	0.00	4.19	3.07	0.29	0.49				

Gráfico 6.22 Evolución del IRI con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 11-EMTM-R

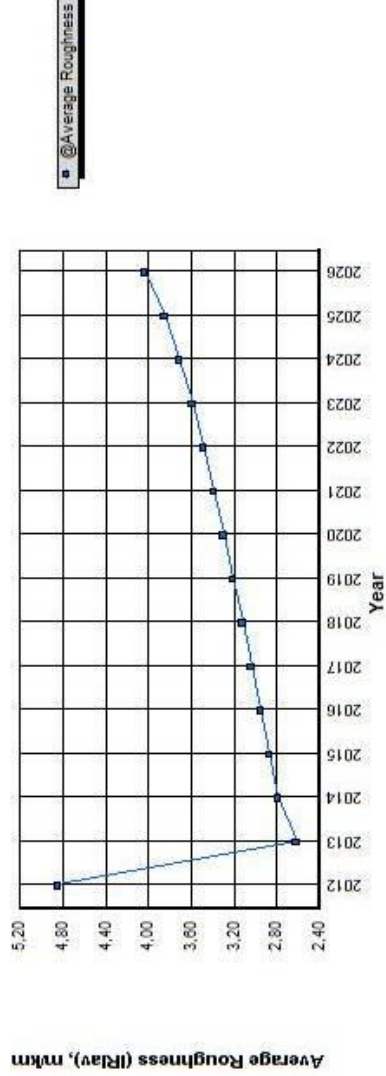


Tabla 6.34: Alternativas de Conservación Tramo 12-EMTM-M

Lugar	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
				(MM\$/km)	(MM\$/km)	
1	RP15A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRb>5,0m/km y TMDA<1200	0,095	0,607	6,422
2	RP13A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IRb>5,0m/km y TMDA<1200	0,097	0,606	6,251
3	P31	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,122	0,584	4,767
4	P32	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,136	0,569	4,170
5	RP16A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRb>6,0m/km y TMDA<1200	0,087	0,568	6,526
6	RP14A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IRb>6,0m/km y TMDA<1200	0,089	0,567	6,364
7	P11	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,178	0,562	3,148
8	PT01	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,178	0,562	3,148
		Lechada Asfáltica	Área Agrietada>10%			
		Bacheo	Bachear hasta 80 m2/km/año			
9	P21	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,173	0,559	3,222
10	P12	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,203	0,537	2,646
11	RC004A	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>3,5m/km y 300< TMDA<1200	0,203	0,537	2,646
Base	Base Alternative	-	-	0,048	0,000	0,000
Restricción Presupuestaria (2012-2026)						
Presupuesto (MM\$/km)	0.06					
Alt. Óptima con Restricción Presupuestaria (AORP)	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
	SS02	Lechada Asfáltica	Agrietamiento>20%	0,07	0,43	5,979

Gráfico 6.23: Limite de Eficiencia de Conservación Tramo 12-EMTM-M

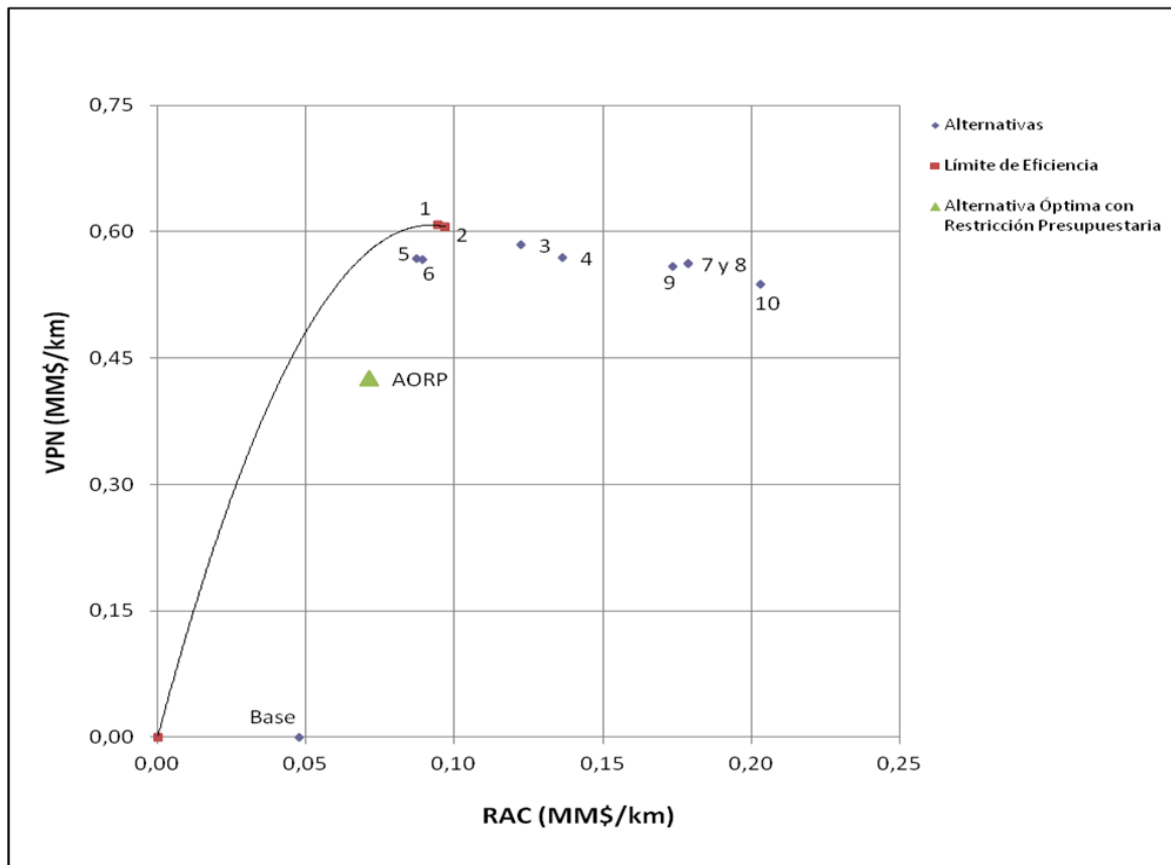
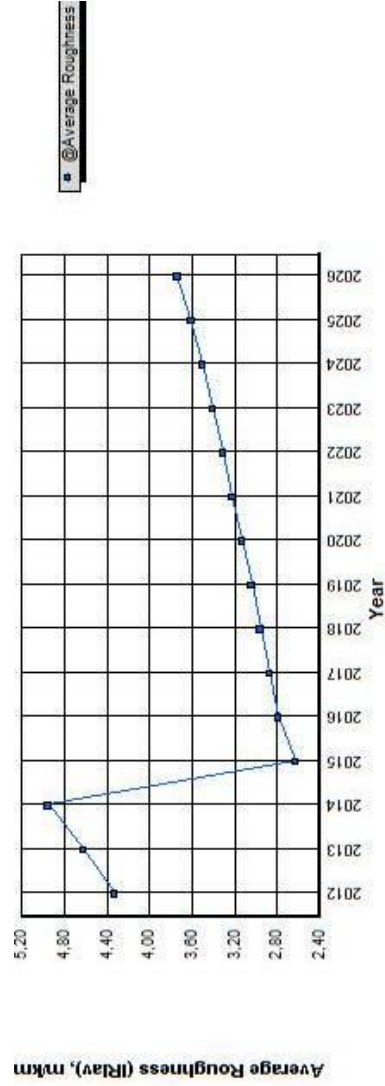


Tabla 6.35: Evolución de indicadores de deterioro con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 12-EMTM-M

Year	MT	Pavement Type	Average Structural Number	Roughness IRI (m/km)		Cracking Area (%)			Ravelled Area (%)		Potholes		Edge-break Area (m ² /km)	Rutting			Texture Depth (mm)	Skid Resistance
				RI	SNPK	All Structural	Wide Structural	Transverse Thermal	Total Cracking	ARV	Area (%)	Number per km		APOT Area (%)	Mean Rut Depth (mm)	Std. Dev of Rut Depth		
2012	688	AMGB	5.43	4.46	884	5.12	1.00	984	4.52	5	0.01	20.00	4.69	3.34	0.68	0.50		
		After works	5.43	4.46	884	5.12	1.00	984	4.52	5	0.01	20.00	4.69	3.34	0.68	0.50		
2013	709	AMGB	5.39	4.78	1584	11.15	1.00	1684	3.82	6	0.01	20.00	6.31	4.09	0.68	0.50		
		After works	5.39	4.78	1584	11.15	1.00	1684	3.82	6	0.01	20.00	6.31	4.09	0.68	0.50		
2014	729	AMGB	5.32	2.50	25.11	19.05	1.00	26.11	2.89	6	0.01	20.00	7.98	4.63	0.68	0.50		
		After works	5.32	2.50	25.11	19.05	1.00	26.11	2.89	6	0.01	20.00	7.98	4.63	0.68	0.50		
2015	751	STGB	4.14	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.45	1.22	0.65	0.50		
		After works	4.14	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.45	1.22	0.65	0.50		
2016	773	STGB	4.14	2.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.66	1.38	0.56	0.50		
		After works	4.14	2.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.66	1.38	0.56	0.50		
2017	796	STGB	4.14	2.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.87	1.54	0.51	0.50		
		After works	4.14	2.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.87	1.54	0.51	0.50		
2018	819	STGB	4.14	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.08	1.70	0.47	0.50		
		After works	4.14	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.08	1.70	0.47	0.50		
2019	843	STGB	4.14	3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	2.29	1.85	0.44	0.50		
		After works	4.14	3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	2.29	1.85	0.44	0.50		
2020	868	STGB	4.14	3.18	0.00	0.00	0.00	0.00	1.44	0	0.00	0.00	2.50	2.00	0.41	0.50		
		After works	4.14	3.18	0.00	0.00	0.00	0.00	1.44	0	0.00	0.00	2.50	2.00	0.41	0.50		
2021	894	STGB	4.14	3.27	0.00	0.00	0.00	0.00	3.02	0	0.00	0.00	2.71	2.15	0.39	0.50		
		After works	4.14	3.27	0.00	0.00	0.00	0.00	3.02	0	0.00	0.00	2.71	2.15	0.39	0.50		
2022	920	STGB	4.14	3.36	0.00	0.00	0.00	0.00	5.37	0	0.00	0.00	2.93	2.29	0.37	0.50		
		After works	4.14	3.36	0.00	0.00	0.00	0.00	5.37	0	0.00	0.00	2.93	2.29	0.37	0.50		
2023	948	STGB	4.14	3.45	0.00	0.00	0.00	0.00	8.65	0	0.00	0.00	3.14	2.43	0.35	0.50		
		After works	4.14	3.45	0.00	0.00	0.00	0.00	8.65	0	0.00	0.00	3.14	2.43	0.35	0.50		
2024	976	STGB	4.14	3.55	0.00	0.00	0.00	0.00	12.97	0	0.00	0.00	3.38	2.57	0.34	0.49		
		After works	4.14	3.55	0.00	0.00	0.00	0.00	12.97	0	0.00	0.00	3.38	2.57	0.34	0.49		
2025	1005	STGB	4.14	3.67	1.52	0.00	0.00	1.52	18.41	0	0.00	0.00	3.57	2.70	0.32	0.49		
		After works	4.14	3.67	1.52	0.00	0.00	1.52	18.41	0	0.00	0.00	3.57	2.70	0.32	0.49		
2026	1035	STGB	4.13	3.81	4.21	0.00	0.00	4.21	25.11	0	0.00	0.00	3.78	2.83	0.31	0.49		
		After works	4.13	3.81	4.21	0.00	0.00	4.21	25.11	0	0.00	0.00	3.78	2.83	0.31	0.49		

Gráfico 6.24 Evolución del IRI con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 12-EMTM-M



Comentarios

1. La alternativa óptima corresponde a la repavimentación con tratamiento superficial simple, la cual se mantiene invariable en este tramo al nivel de deterioro del pavimento de cada escenario.
2. Los mayores beneficios de la aplicación de esta alternativa se obtienen cuando el pavimento presenta una condición de mayor deterioro pues, debido a los criterios de intervención, se debe aplicar antes en el horizonte de evaluación que las otros escenarios en este tramo.
3. Si se considera una restricción presupuestaria, se observa que la alternativa óptima es la base

6.3.5 Tramo Estructura Media con Tránsito Alto

Tabla 6.36: Alternativas de Conservación Tramo 13-EMTA-D

Lugar	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
				(MM\$/km)	(MM\$/km)	
1	PT01	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,14	1,82	12,865
		Lechada Asfáltica	Área Agrietada>10%			
		Bacheo	Bachear hasta 80 m2/km/año			
2	P21	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,13	1,81	13,778
3	P31	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,13	1,81	13,778
4	P22	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,15	1,80	12,200
5	P32	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,15	1,80	12,200
6	P11	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,17	1,78	10,530
7	RC013A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,18	1,76	9,986
			Baches>70n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
8	RC014A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,18	1,76	9,986
			Baches>100n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
9	RC015A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,18	1,76	9,986
			Baches>130n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
10	RC016A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,18	1,76	9,986
			Baches>70n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>30%			
Base	Base Alternative	-	-	0,15	0,00	0,000
Restricción Presupuestaria (2012-2026)						
Presupuesto (MM\$/km)	0,22					
Alt. Óptima con Restricción Presupuestaria (AORP)	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
	Base Alternative	-	-	0,148	0,000	0,000

Gráfico 6.25: Limite de Eficiencia de Conservación Tramo 13-EMTA-D

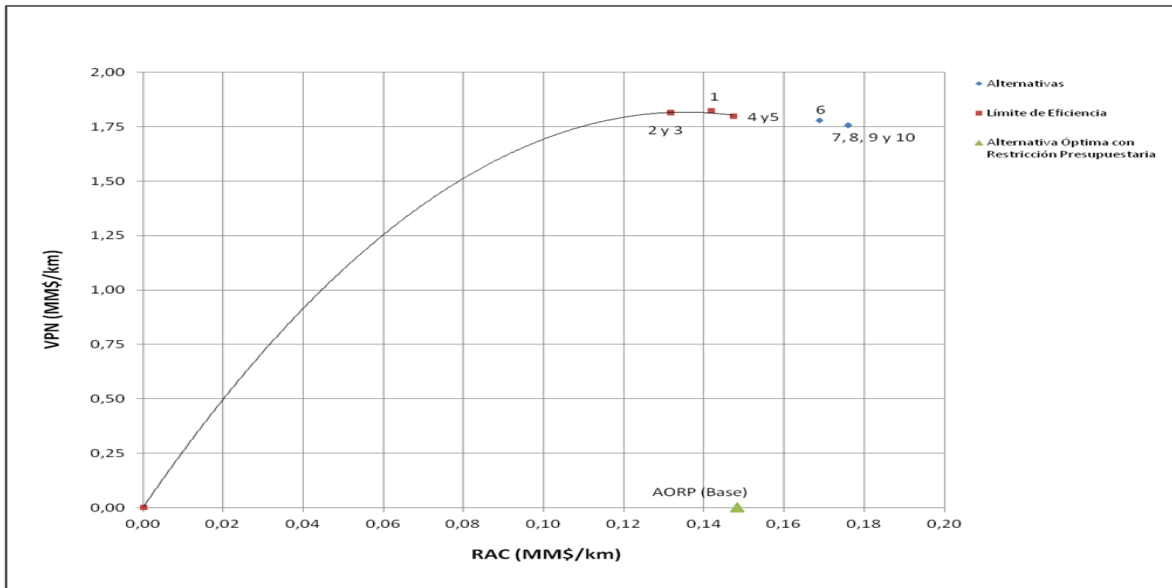


Tabla 6.37: Evolución de indicadores de deterioro con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 13-EMTA-D

Year	MT	Pavement Type	Average Structural Number	Roughness IRI (m/km)	Cracking Area (%)			Total Cracking ACRA	Ravelled Area (%) ARV	Number per km NPT	Area (%) APOT	Edge-beak Area (m ² /km) AEB	Rutting		Texture Depth (mm) TD	Skid Resistance SFCS0
					Wide Structural ACW	Transverse Thermal ACT	Structural ACA						Mean Rut Depth (mm) RMD	Std. Dev of Rut Depth RDS		
2012	2436	Before works	5.38	5.43	10.72	6.00	36.64	29.34	44	0.06	20.00	8.38	4.73	0.68	0.50	
		After works	5.38	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.50	
2013	2507	Before works	6.29	1.89	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.55	0.48	0.68	0.50	
		After works	6.29	1.89	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.55	0.48	0.68	0.50	
2014	2581	Before works	6.29	1.98	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.10	0.94	0.68	0.50	
		After works	6.29	1.98	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.10	0.94	0.68	0.50	
2015	2656	Before works	6.29	2.07	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.66	1.38	0.67	0.49	
		After works	6.29	2.07	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.66	1.38	0.67	0.49	
2016	2734	Before works	6.29	2.17	0.50	0.00	0.50	0.45	0	0.00	0.00	2.24	1.82	0.67	0.49	
		After works	6.29	2.17	0.50	0.00	0.50	0.45	0	0.00	0.00	2.24	1.82	0.67	0.49	
2017	2815	Before works	6.28	2.27	1.21	0.00	1.21	0.38	0	0.00	0.00	2.84	2.23	0.67	0.49	
		After works	6.28	2.27	1.21	0.00	1.21	0.38	0	0.00	0.00	2.84	2.23	0.67	0.49	
2018	2898	Before works	6.28	2.38	2.43	0.00	2.43	0.26	0	0.00	0.00	3.45	2.63	0.67	0.49	
		After works	6.28	2.38	2.43	0.00	2.43	0.26	0	0.00	0.00	3.45	2.63	0.67	0.49	
2019	2983	Before works	6.27	2.50	4.33	0.00	4.33	0.07	0	0.00	0.00	4.08	3.01	0.67	0.49	
		After works	6.27	2.50	4.33	0.00	4.33	0.07	0	0.00	0.00	4.08	3.01	0.67	0.49	
2020	3072	Before works	6.27	2.63	7.09	0.00	7.09	0.00	0	0.00	0.00	4.72	3.36	0.67	0.49	
		After works	6.27	2.63	7.09	0.00	7.09	0.00	0	0.00	0.00	4.72	3.36	0.67	0.49	
2021	3162	Before works	6.25	2.77	10.91	1.89	10.91	0.50	0	0.00	0.00	5.39	3.69	0.67	0.49	
		After works	6.25	2.77	10.91	1.89	10.91	0.50	0	0.00	0.00	5.39	3.69	0.67	0.49	
2022	3256	Before works	6.35	2.85	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	5.43	3.71	0.10	0.48	
		After works	6.35	2.85	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	5.43	3.71	0.10	0.48	
2023	3353	Before works	6.35	2.92	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	5.48	3.73	0.10	0.48	
		After works	6.35	2.92	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	5.48	3.73	0.10	0.48	
2024	3453	Before works	6.35	3.01	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	5.52	3.75	0.10	0.48	
		After works	6.35	3.01	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	5.52	3.75	0.10	0.48	
2025	3555	Before works	6.35	3.09	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	5.57	3.77	0.10	0.48	
		After works	6.35	3.09	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	5.57	3.77	0.10	0.48	
2026	3662	Before works	6.35	3.18	0.50	0.00	0.50	0.45	0	0.00	0.00	5.61	3.79	0.10	0.48	
		After works	6.35	3.18	0.50	0.00	0.50	0.45	0	0.00	0.00	5.61	3.79	0.10	0.48	

Gráfico 6.26: Evolución del IRI con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 13-EMTA-D

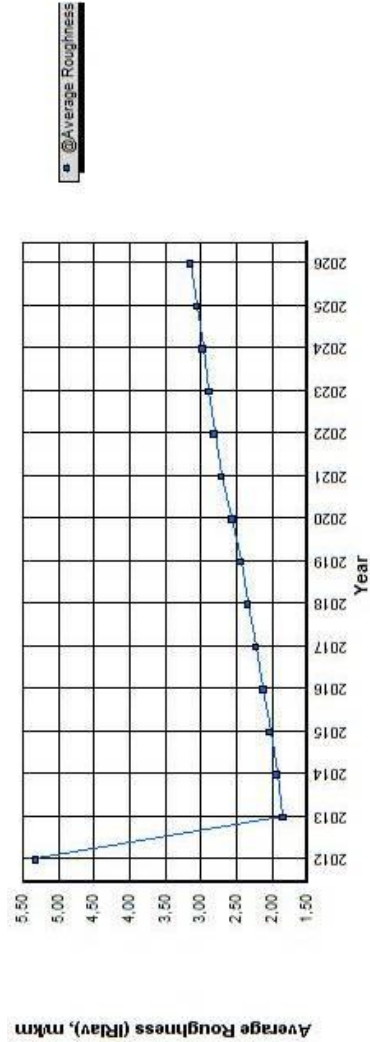


Tabla 6.38: Alternativas de Conservación Tramo 14-EMTA-M

Lugar	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
				(MM\$/km)	(MM\$/km)	
1	PT01	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,14	1,41	10,002
		Lechada Asfáltica	Área Agrietada>10%			
		Bacheo	Bachear hasta 80 m2/km/año			
2	P21	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,13	1,41	10,698
3	P22	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,15	1,39	9,447
4	P11	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,17	1,37	8,127
5	P31	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,13	1,37	10,793
6	P32	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,14	1,35	9,557
7	RC013A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,18	1,35	7,702
			Baches>70n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
8	RC014A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,18	1,35	7,702
			Baches>100n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
9	RC015A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,18	1,35	7,702
			Baches>130n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
10	RC016A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,18	1,35	7,702
			Baches>70n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>30%			
Base	Base Alternative	-	-	0,15	0,00	0,000
Restricción Presupuestaria (2012-2026)						
Presupuesto (MM\$/km)	0,22					
Alt. Óptima con Restricción Presupuestaria (AORP)	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC (MM\$/km)	VPN (MM\$/km)	VPN/RAC
	Base Alternative	-	-	0,15	0,00	0,000

Gráfico 6.27: Limite de Eficiencia de Conservación Tramo 14-EMTA-M

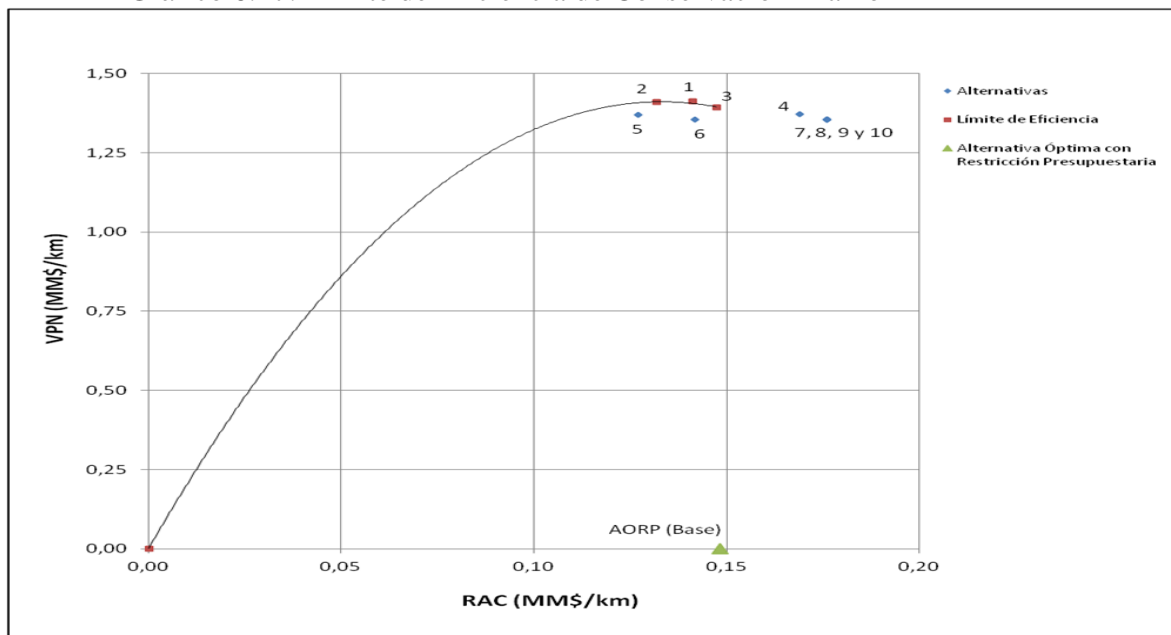


Tabla 6.39: Evolución de indicadores de deterioro con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 14-EMTA-M

Year	MT	Pavement Type	Average Structural Number	Roughness IRI (m/km)	Cracking Area (%)			Potholes		Edge-Check Area (m ² /km)	Rutting		Texture Depth (mm)	Skid Resistance SFCS50
					All Structural ACA	Wide Structural ACW	Transverse Thermal ACT	Total Cracking ACRA	Number per km		Area (%)	Mean Rut Depth (mm)		
2012	2436	Before works	5,40	4,90	2,43	7,87	4,00	25,43	15	0,02	5,68	3,82	0,68	0,50
		After works	5,40	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,70	0,50
2013	2507	Before works	6,28	1,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,55	0,48	0,68	0,50
		After works	6,28	1,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,55	0,48	0,68	0,50
2014	2581	Before works	6,28	1,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	1,09	0,93	0,68	0,50
		After works	6,28	1,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	1,09	0,93	0,68	0,50
2015	2656	Before works	6,28	2,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	1,66	1,38	0,67	0,49
		After works	6,28	2,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	1,66	1,38	0,67	0,49
2016	2734	Before works	6,28	2,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	2,23	1,81	0,67	0,49
		After works	6,28	2,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	2,23	1,81	0,67	0,49
2017	2815	Before works	6,28	2,27	0,50	0,00	0,00	0,50	0	0,00	2,83	2,23	0,67	0,49
		After works	6,28	2,27	0,50	0,00	0,00	0,50	0	0,00	2,83	2,23	0,67	0,49
2018	2898	Before works	6,28	2,37	1,21	0,00	0,00	1,21	0	0,00	3,44	2,62	0,67	0,49
		After works	6,28	2,37	1,21	0,00	0,00	1,21	0	0,00	3,44	2,62	0,67	0,49
2019	2983	Before works	6,28	2,49	2,43	0,00	0,00	2,43	0	0,00	4,07	3,00	0,67	0,49
		After works	6,28	2,49	2,43	0,00	0,00	2,43	0	0,00	4,07	3,00	0,67	0,49
2020	3072	Before works	6,27	2,61	4,33	0,00	0,00	4,33	0	0,00	4,72	3,56	0,67	0,49
		After works	6,27	2,61	4,33	0,00	0,00	4,33	0	0,00	4,72	3,56	0,67	0,49
2021	3162	Before works	6,26	2,74	7,69	0,00	0,00	7,69	0	0,00	5,38	3,68	0,67	0,49
		After works	6,26	2,74	7,69	0,00	0,00	7,69	0	0,00	5,38	3,68	0,67	0,49
2022	3256	Before works	6,25	2,89	10,91	1,89	0,00	10,91	0	0,00	6,07	3,99	0,67	0,48
		After works	6,25	2,89	10,91	1,89	0,00	10,91	0	0,00	6,07	3,99	0,67	0,48
2023	3353	Before works	6,34	2,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	6,11	4,01	0,10	0,48
		After works	6,34	2,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	6,11	4,01	0,10	0,48
2024	3453	Before works	6,34	3,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	6,16	4,03	0,10	0,48
		After works	6,34	3,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	6,16	4,03	0,10	0,48
2025	3555	Before works	6,34	3,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	6,20	4,04	0,10	0,48
		After works	6,34	3,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	6,20	4,04	0,10	0,48
2026	3662	Before works	6,34	3,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	6,24	4,06	0,10	0,48
		After works	6,34	3,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	6,24	4,06	0,10	0,48

Gráfico 6.28: Evolución del IRI con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 14-EMTA-M

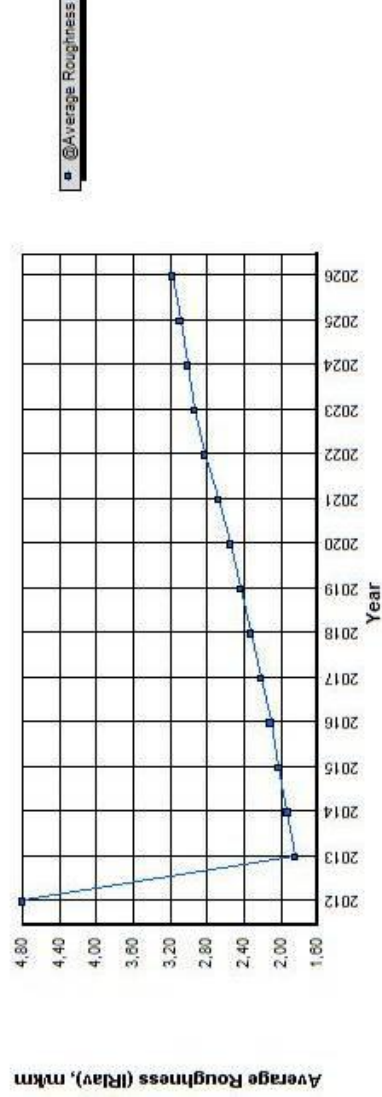


Tabla 6.40: Alternativas de Conservación Tramo 15-EMTA-R

Lugar	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
				(MM\$/km)	(MM\$/km)	
1	P21	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb-4,0m/km	0,132	0,586	4,447
2	PT01	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb-3,5m/km	0,141	0,584	4,156
		Lechada Asfáltica	Área Agrietada>10%			
		Bacheo	Bachear hasta 80 m2/km/año			
3	P22	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb-4,0m/km	0,147	0,569	3,864
4	P11	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb-3,5m/km	0,169	0,548	3,250
5	RC013A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb-3,5m/km	0,173	0,527	3,042
			Baches>70n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
6	RC014A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb-3,5m/km	0,173	0,527	3,042
			Baches>100n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
7	RC015A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb-3,5m/km	0,173	0,527	3,042
			Baches>130n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
8	RC016A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb-3,5m/km	0,173	0,527	3,042
			Baches>70n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>30%			
9	RC017A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb-3,5m/km	0,173	0,527	3,042
			Baches>100n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>30%			
10	RC018A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb-3,5m/km	0,173	0,527	3,042
			Baches>130n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>30%			
Base	Base Alternative	-	-	0,148	0,000	0,000
Restricción Presupuestaria (2012-2026)						
Presupuesto (MM\$/km)	0,22					
Alt. Óptima con Restricción Presupuestaria (AORP)	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
	Base Alternative	-	-	0,148	0,000	0,000

Gráfico 6.29: Limite de Eficiencia de Conservación Tramo 15-EMTA-R

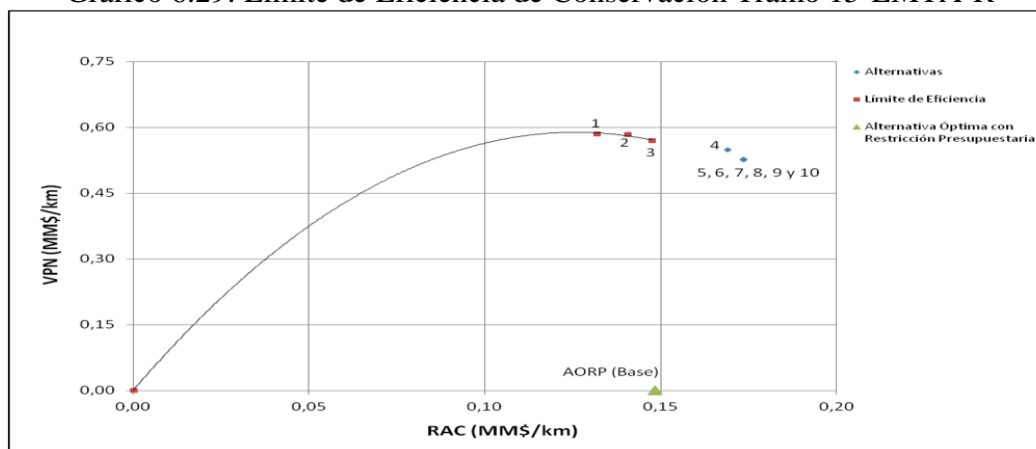
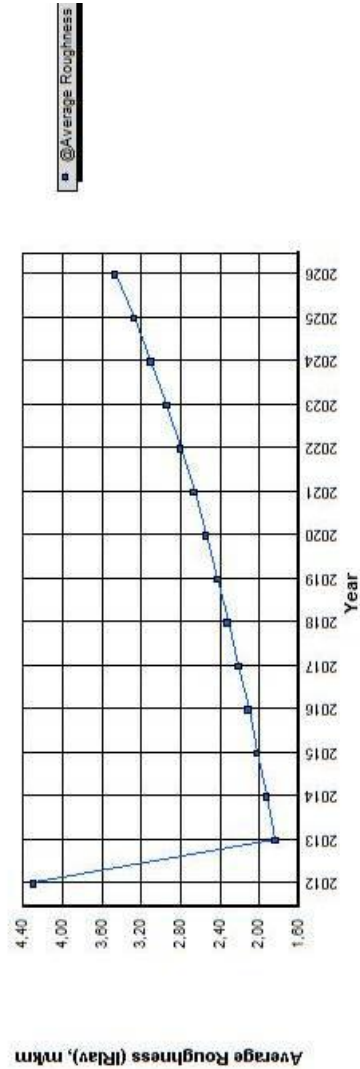


Tabla 6.41: Evolución de indicadores de deterioro con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 15-EMTA-R

Year	MT AADT	Pavement Type	Average Structural Number		Roughness IRI (m/km)		All Structural		Cracking Area (%)			Raveled Area (%)		Potholes Number per km		Edge-break Area (m ² /km)		Routing Mean Rut Depth (mm)		Texture Depth (mm)	Skid Resistance SFC50
			SNPK	SNPK	RI	IRI	ACA	Structural	Wide Structural	Transverse Thermal	ACW	ACT	ACRA	ARV	NPT	APOT	ABB	RDM	Std. Dev of Rut Depth		
2012	2416	Before works AMGB	543	543	4.37	1.80	6.83	3.24	1.00	0.00	7.83	4.72	7	0.01	20.00	4.08	3.01	0.68	0.50		
2013	2507	After works AMAP	628	628	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.50		
2014	2581	After works AMAP	628	628	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.00	0.54	0.68	0.50		
2015	2666	After works AMAP	628	628	1.97	1.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.09	0.93	0.68	0.50		
2016	2734	After works AMAP	628	628	2.07	2.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.65	1.38	0.67	0.49		
2017	2815	After works AMAP	628	628	2.16	2.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	2.53	1.81	0.67	0.49		
2018	2898	After works AMAP	628	628	2.26	2.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	2.33	1.81	0.67	0.49		
2019	2983	After works AMAP	628	628	2.37	2.37	0.56	0.00	0.00	0.00	0.56	0.44	0	0.00	0.00	2.82	2.22	0.67	0.49		
2020	3072	After works AMAP	627	627	2.48	2.48	1.33	0.00	0.00	0.00	1.33	0.37	0	0.00	0.00	3.44	2.62	0.67	0.49		
2021	3162	After works AMAP	626	626	2.60	2.60	2.62	0.00	0.00	0.00	2.62	0.24	0	0.00	0.00	4.07	3.00	0.67	0.49		
2022	3256	After works AMAP	625	625	2.73	2.73	4.62	0.00	0.00	0.00	4.62	0.04	0	0.00	0.00	4.71	3.35	0.67	0.49		
2023	3353	After works AMAP	624	624	2.87	2.87	7.50	0.00	0.00	0.00	7.50	0.00	0	0.00	0.00	5.38	3.68	0.67	0.49		
2024	3453	After works AMAP	620	620	3.02	3.02	11.46	1.89	0.00	0.00	11.46	0.50	0	0.00	0.00	6.06	3.99	0.67	0.48		
2025	3555	After works AMAP	614	614	3.18	3.18	16.70	4.86	0.00	0.00	16.70	0.00	0	0.00	0.00	6.77	4.26	0.67	0.48		
2026	3662	After works AMAP	605	605	3.36	3.36	23.46	9.22	0.00	0.00	23.46	0.50	0	0.00	0.00	7.49	4.50	0.67	0.48		
		After works AMAP	605	605	3.55	3.55	31.95	15.00	0.00	0.00	31.95	0.00	0	0.00	0.00	8.24	4.70	0.67	0.48		
		After works AMAP	605	605	3.55	3.55	31.95	15.00	0.00	0.00	31.95	0.00	0	0.00	0.00	9.01	4.86	0.67	0.48		

Gráfico 6.30: Evolución del IRI con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 15-EMTA-R



Comentarios

1. La alternativa óptima, para las condiciones de mayor deterioro, está compuesta por un recapado con 50 mm de carpeta, una lechada asfáltica y un bacheo. Mientras que para una condición de deterioro regular la alternativa óptima es el recapado con 50 mm de carpeta.
2. Los mayores beneficios de la aplicación de esta alternativa se obtienen cuando el pavimento presenta una condición de mayor deterioro pues, debido a los criterios de intervención, se debe aplicar antes en el horizonte de evaluación que las otros escenarios en este tramo.
3. Si se considera una restricción presupuestaria, se observa que la alternativa óptima es la base.

6.3.6 Tramo Estructura Fuerte con Tránsito Medio

Tabla 6.42: Alternativas de Conservación Tramo 16-EFTM-D

Lugar	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
				(MMS\$/km)	(MM\$/km)	
1	RP15A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRb>5,0m/km y TMDA<1200	0,100	0,586	5,845
2	RP13A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IRb>5,0m/km y TMDA<1200	0,103	0,585	5,685
3	P11	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,132	0,585	4,445
4	P21	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,132	0,585	4,445
5	P31	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,132	0,585	4,445
6	PT01	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,140	0,577	4,123
		Lechada Asfáltica	Área Agrietada>10%			
		Bacheo	Bachear hasta 80 m2/km/año			
7	RC022A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,132	0,573	4,356
			Baches>70n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
8	RC023A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,132	0,573	4,356
			Baches>100n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
9	RC024A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,132	0,573	4,356
			Baches>130n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
10	RC025A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,132	0,573	4,356
			Baches>70n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>30%			
Base	Base Alternativa	-	-	0,048	0,000	0,000
Restricción Presupuestaria (2012-2026)						
Presupuesto (MMS\$/km)	0.06					
Alt. Óptima con Restricción Presupuestaria (AORP)	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
	SS01	Lechada Asfáltica	Agrietamiento>15%	0,08	0,39	5,087

Gráfico 6.31: Limite de Eficiencia de Conservación Tramo 16-EFTM-D

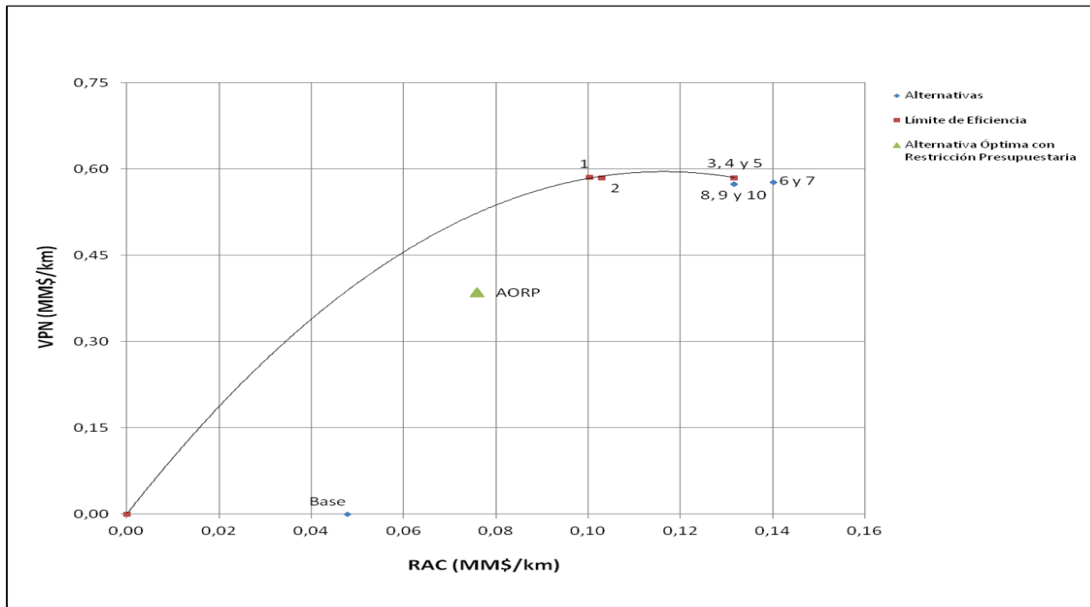


Tabla 6.43: Evolución de indicadores de deterioro con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 16-EFTM-D

Year	MT	Pavement Type	Average Structural Number		Roughness IRI (m/km)		Cracking Area (%)			Ravelled Area (%)		Potholes		Edge-break Area		Rutting		Texture Depth (mm)		Skid Resistance SFC50	
			SNPK	SNR	RI	IRI	All Structural	Wide Structural	Transverse Thermal	Total Cracking	ARV	ARV	Number per Km	Area (%)	APOT	AEB	ARV	Mean Rut Depth (mm)	Std. Dev. of Rut Depth		RDS
2012	688	Before works	6.58	4.14	5.38	30.64	10.72	6.00	36.64	29.34	33	0.05	20.00	8.03	4.65	0.68	0.50				
2013	709	Alter works	6.58	4.14	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.50				
2014	729	Before works	4.14	4.14	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.44	1.21	0.66	0.50				
2015	751	Alter works	4.14	4.14	2.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.65	1.38	0.57	0.50				
2016	773	Before works	4.14	4.14	2.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.86	1.54	0.51	0.50				
2017	796	Alter works	4.14	4.14	2.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1.86	1.54	0.51	0.50				
2018	819	Before works	4.14	4.14	3.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.07	1.69	0.47	0.50				
2019	843	Alter works	4.14	4.14	3.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.28	1.84	0.44	0.50				
2020	868	Before works	4.14	4.14	3.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.49	1.99	0.42	0.50				
2021	894	Alter works	4.14	4.14	3.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.70	2.14	0.40	0.50				
2022	920	Before works	4.14	4.14	3.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2.70	2.14	0.40	0.50				
2023	948	Alter works	4.14	4.14	3.65	1.13	0.00	1.13	16.81	16.81	0	0.00	0.00	3.55	2.69	0.33	0.50				
2024	976	Before works	4.13	4.13	3.77	3.43	0.00	3.43	22.87	22.87	0	0.00	0.00	3.76	2.82	0.31	0.49				
2025	1005	Alter works	4.13	4.13	3.77	3.43	0.00	3.43	22.87	22.87	0	0.00	0.00	3.76	2.82	0.31	0.49				
2026	1035	Before works	4.12	4.12	4.14	14.38	1.65	7.66	30.13	30.13	0	0.00	0.00	3.98	2.95	0.30	0.49				
		Alter works	4.12	4.12	4.14	14.38	1.65	7.66	30.13	30.13	26	0.04	0.00	4.19	3.07	0.29	0.49				
		Alter works	4.12	4.12	4.14	14.38	1.65	7.66	30.13	30.13	26	0.04	0.00	4.19	3.07	0.29	0.49				

Gráfico 6.32: Evolución del IRI con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 16-EFTM-D

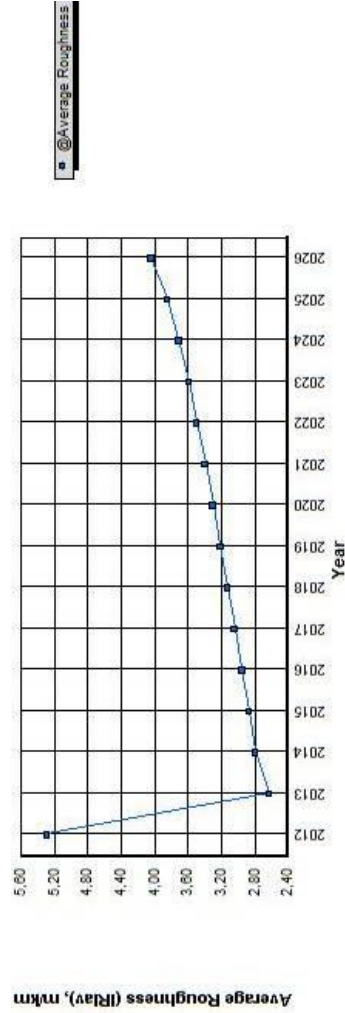


Tabla 6.44: Alternativas de Conservación Tramo 17-EFTM-M

Lugar	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
				(MM\$/km)	(MM\$/km)	
1	P11	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,132	0,436	3,314
2	P21	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,132	0,436	3,314
3	RP15A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRb>5,0m/km y TMDA <1200	0,097	0,432	4,434
4	RP13A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble	IRb>5,0m/km y TMDA <1200	0,100	0,430	4,311
5	PT01	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,140	0,429	3,070
		Lechada Asfáltica	Área Agrietada>10%			
		Bacheo	Bachear hasta 80 m2/km/año			
6	P31	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,127	0,428	3,370
7	RC013A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,132	0,427	3,240
			Baches>70n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
8	RC014A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,132	0,427	3,240
			Baches>100n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
9	RC015A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,132	0,427	3,240
			Baches>130n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
10	RC016A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,132	0,427	3,240
			Baches>70n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>30%			
Base	Base Alternative	-	-	0,048	0,000	0,000
Restricción Presupuestaria (2012-2026)						
Presupuesto (MM\$/km)	0.11					
Alt. Óptima con Restricción Presupuestaria (AORP)	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
	RP15A	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple	IRb>5,0m/km y TMDA <1200	(MM\$/km)	(MM\$/km)	

Gráfico 6.33: Limite de Eficiencia de Conservación Tramo 17-EFTM-M

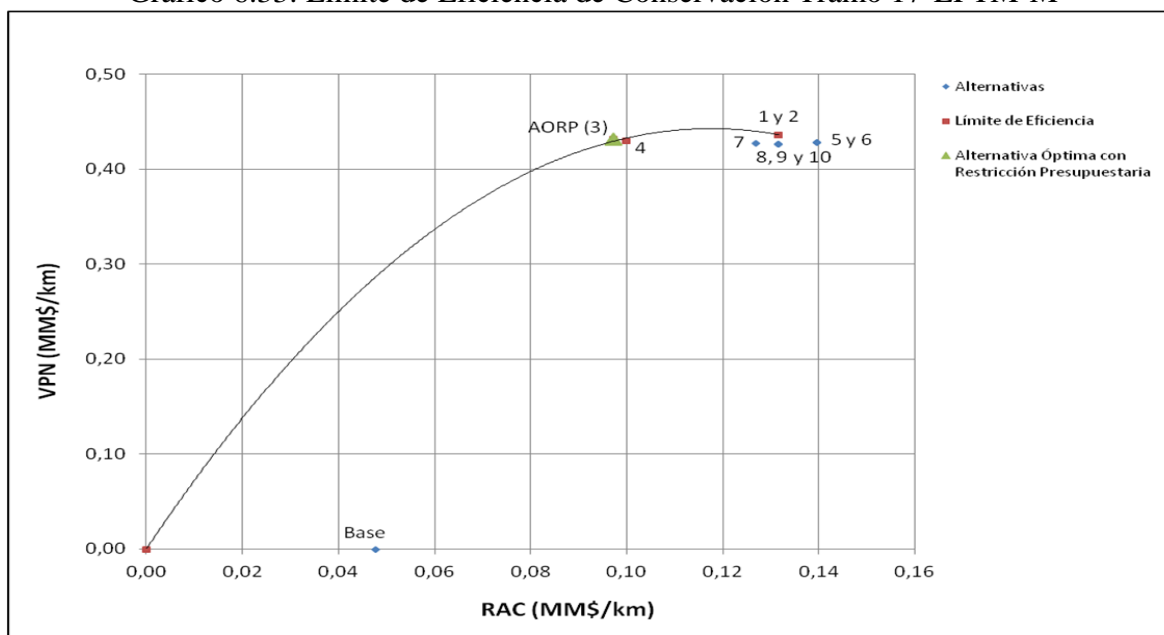


Tabla 6.45: Evolución de indicadores de deterioro con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 17-EFTM-M

Year	MT	Pavement Type	Average Structural Number SNPK	Roughness IRI (m/km)		Cracking Area (%)				Ravelled Area (%)		Potholes		Edge-break Area (m ² /km)			Rutting		Texture Depth (mm)	Skid Resistance SFC50
				Structural ACA	RI	All Structural ACW	Wide Structural ACW	Transverse Thermal ACT	Total Cracking ACRA	Area (%) ARV	Number per km NPT	Area (%) APOT	Area (%) AEB	Mean Rut Depth (mm) RDM	Std.Dev of Rut Depth RDS	TD				
2012	688	Before works	6.62	4.86	21.43	7.87	0.00	0.00	0.00	0.00	19.46	11	0.02	20.00	5.33	3.66	0.68	0.50		
2012	688	After works	6.62	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.50		
2013	709	Before works	7.50	1.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.21	0.19	0.68	0.50		
2013	709	After works	7.50	1.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.21	0.19	0.68	0.50		
2014	729	Before works	7.50	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.41	0.36	0.68	0.50		
2014	729	After works	7.50	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.41	0.36	0.68	0.50		
2015	751	Before works	7.50	1.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.62	0.54	0.68	0.50		
2015	751	After works	7.50	1.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.62	0.54	0.68	0.50		
2016	773	Before works	7.50	2.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.84	0.73	0.68	0.50		
2016	773	After works	7.50	2.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.84	0.73	0.68	0.50		
2017	796	Before works	7.50	2.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.06	0.91	0.68	0.50		
2017	796	After works	7.50	2.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.06	0.91	0.68	0.50		
2018	819	Before works	7.50	2.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.29	1.09	0.68	0.50		
2018	819	After works	7.50	2.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.29	1.09	0.68	0.50		
2019	843	Before works	7.50	2.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.52	1.28	0.68	0.50		
2019	843	After works	7.50	2.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.52	1.28	0.68	0.50		
2020	868	Before works	7.50	2.32	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.45	0	0.00	0.00	1.76	1.46	0.68	0.50		
2020	868	After works	7.50	2.32	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.45	0	0.00	0.00	1.76	1.46	0.68	0.50		
2021	894	Before works	7.50	2.39	1.21	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	0.38	0	0.00	0.00	2.01	1.65	0.68	0.50		
2021	894	After works	7.50	2.39	1.21	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	0.38	0	0.00	0.00	2.01	1.65	0.68	0.50		
2022	920	Before works	7.50	2.48	2.43	0.00	0.00	0.00	0.00	2.43	0.26	0	0.00	0.00	2.26	1.83	0.67	0.50		
2022	920	After works	7.50	2.48	2.43	0.00	0.00	0.00	0.00	2.43	0.26	0	0.00	0.00	2.26	1.83	0.67	0.50		
2023	948	Before works	7.49	2.57	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	4.33	0.07	0	0.00	0.00	2.52	2.01	0.67	0.50		
2023	948	After works	7.49	2.57	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	4.33	0.07	0	0.00	0.00	2.52	2.01	0.67	0.50		
2024	976	Before works	7.48	2.67	7.09	0.00	0.00	0.00	0.00	7.09	0.00	0	0.00	0.00	2.79	2.20	0.67	0.49		
2024	976	After works	7.48	2.67	7.09	0.00	0.00	0.00	0.00	7.09	0.00	0	0.00	0.00	2.79	2.20	0.67	0.49		
2025	1005	Before works	7.47	2.77	10.91	1.89	0.00	0.00	0.00	10.91	0.50	0	0.00	0.00	3.06	2.38	0.67	0.49		
2025	1005	After works	7.47	2.77	10.91	1.89	0.00	0.00	0.00	10.91	0.50	0	0.00	0.00	3.06	2.38	0.67	0.49		
2026	1035	Before works	7.44	2.89	15.99	4.86	0.00	0.00	0.00	15.99	0.00	0	0.00	0.00	3.35	2.57	0.67	0.49		
2026	1035	After works	7.44	2.89	15.99	4.86	0.00	0.00	0.00	15.99	0.00	0	0.00	0.00	3.35	2.57	0.67	0.49		

Gráfico 6.34: Evolución del IRI con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 17-EFTM-M

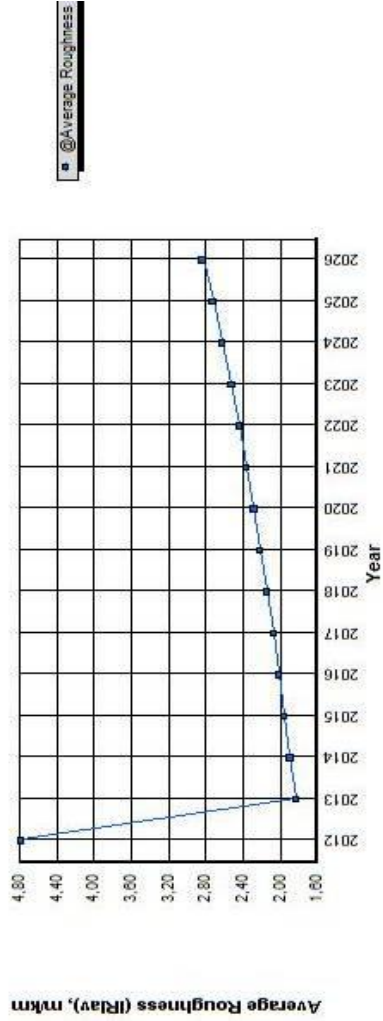


Tabla 6.46: Alternativas de Conservación Tramo 18-EFTM-R

Lugar	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
				(MMS/km)	(MM\$/km)	
1	P11	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,132	0,240	1,824
2	P21	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,132	0,240	1,824
3	PT01	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,139	0,233	1,673
		Lechada Asfáltica	Área Agrietada>10%			
		Bacheo	Bachear hasta 80 m2/km/año			
4	RC013A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,132	0,232	1,765
			Baches>70n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
5	RC014A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,132	0,232	1,765
			Baches>100n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
6	RC015A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,132	0,232	1,765
			Baches>130n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
7	RC016A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,132	0,232	1,765
			Baches>70n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>30%			
8	RC017A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,132	0,232	1,765
			Baches>100n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>30%			
9	RC018A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,132	0,232	1,765
			Baches>130n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>30%			
10	RC019A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,132	0,232	1,765
			Baches>70n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>35%			
Base	Base Alternative	-	-	0,048	0,000	0,000
Restricción Presupuestaria (2012-2026)						
Presupuesto (MM\$/km)	0,11					
Alt. Óptima con Restricción Presupuestaria (AORP)	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC (MMS/km)	VPN (MM\$/km)	VPN/RAC
	RP15A	Repavimentación con Tratamiento	IRI>5,0m/km y TMDA<1200	0,09	0,22	2,489

Gráfico 6.35: Limite de Eficiencia de Conservación Tramo 18-EFTM-R

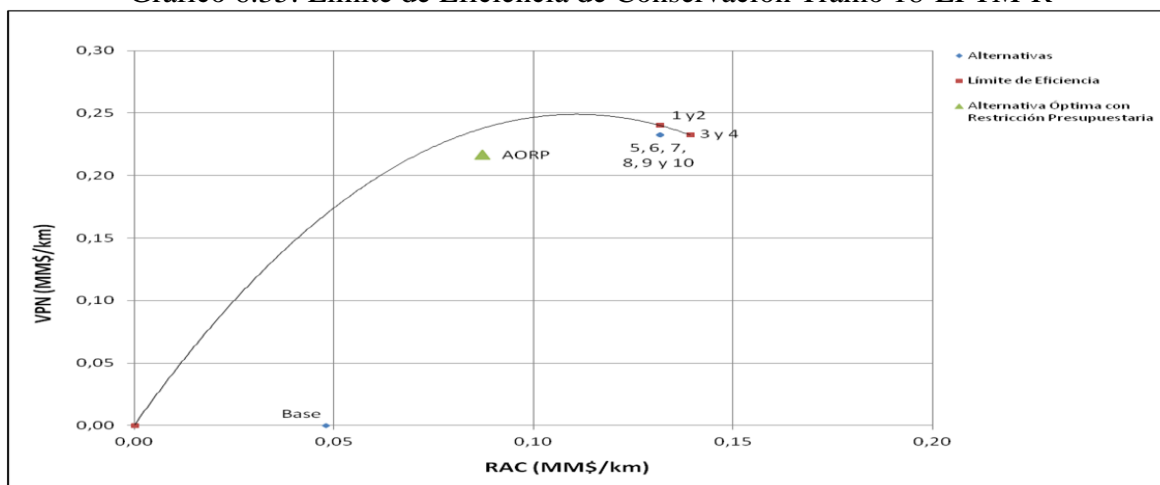
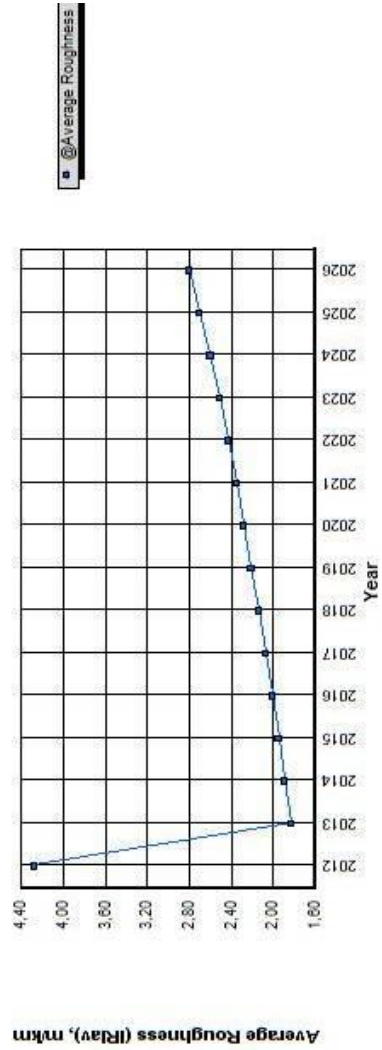


Tabla 6.47: Evolución de indicadores de deterioro con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 18-EFTM-R

Year	MT	Pavement Type	Average Structural Number	Roughness IRI (m/km)		Cracking Area (%)				Ravelled Area (%)		Potholes		Edge-Weak Area (m ² /km)			Rutting			Texture Depth (mm)	Skid Resistance SF250
				SNPK	RI	All Structural ACA	Wide Structural ACW	Transverse Thermal ACT	Total Cracking ACRA	ARV	Area (%)	Number per km	Area (%)	ABP	APOT	Mean Rut Depth (mm)	RDM	Std. Dev of Rut Depth	RDS		
2012	688	After works	667	4.33	6.83	3.24	1.00	7.83	4.72	6	0.01	20.00	3.73	0.00	2.80	0.68	0.50				
2013	709	After works	751	1.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.70	0.50				
2014	729	After works	751	1.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.20	0.00	0.18	0.68	0.50				
2015	751	After works	751	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.41	0.00	0.36	0.68	0.50				
2016	773	After works	751	1.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.62	0.00	0.54	0.68	0.50				
2017	796	After works	751	2.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.84	0.00	0.73	0.68	0.50				
2018	819	After works	751	2.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.06	0.00	0.91	0.68	0.50				
2019	843	After works	751	2.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.29	0.00	1.09	0.68	0.50				
2020	868	After works	751	2.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.52	0.00	1.28	0.68	0.50				
2021	894	After works	751	2.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.76	0.00	1.46	0.68	0.50				
2022	920	After works	751	2.39	0.50	0.00	0.00	0.50	0.45	0	0.00	0.00	2.01	0.00	1.65	0.68	0.50				
2023	948	After works	751	2.47	1.21	0.00	0.00	1.21	0.38	0	0.00	0.00	2.26	0.00	1.83	0.67	0.50				
2024	976	After works	751	2.56	2.43	0.00	0.00	2.43	0.26	0	0.00	0.00	2.52	0.00	2.01	0.67	0.50				
2025	1005	After works	750	2.65	4.33	0.00	0.00	4.33	0.07	0	0.00	0.00	2.79	0.00	2.20	0.67	0.49				
2026	1035	After works	748	2.86	7.09	0.00	0.00	7.09	0.00	0	0.00	0.00	3.06	0.00	2.38	0.67	0.49				
					10.91	1.89	0.00	10.91	0.50	0	0.00	0.00	3.34	0.00	2.56	0.67	0.49				
						1.89	0.00	1.89	0.50	0	0.00	0.00	3.34	0.00	2.56	0.67	0.49				

Gráfico 6.36: Evolución del IRI con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 18-EFTM-R



Comentarios

1. La alternativa óptima, para la condición de mayor deterioro, es una repavimentación con tratamiento superficial simple. Mientras que para una condición de deterioro regular y media la alternativa óptima es el recapado con 50 mm de carpeta.
2. Los mayores beneficios de la aplicación de esta alternativa se obtienen cuando el pavimento presenta una condición de mayor deterioro pues, debido a los criterios de intervención, se debe aplicar antes en el horizonte de evaluación que las otros escenarios en este tramo.
3. Si se considera una restricción presupuestaria, se observa que la alternativa óptima corresponde a una lechada asfáltica si se tiene un alto nivel de deterioro, y una repavimentación con un tratamiento superficial simple si se tiene un deterioro medio o regular.

6.3.7 Tramo Estructura Fuerte con Tránsito Alto

Tabla 6.48: Alternativas de Conservación Tramo 19-EFTA-D

Lugar	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
				(MMS\$/km)	(MMS\$/km)	
1	P11	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,23	1,09	4,653
2	PT01	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,23	1,09	4,653
		Lechada Asfáltica	Área Agrietada>10%			
		Bacheo	Bachear hasta 80 m2/km/año			
3	P21	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,23	1,07	4,703
4	P12	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,27	1,05	3,907
5	P31	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,18	1,04	5,815
6	P32	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,21	1,04	5,021
7	P22	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,26	1,03	3,950
8	RP07A	Repavimentación con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica	IRb>5,0m/km 1200>TMDA>3000	0,40	0,98	2,477
9	RP08A	Repavimentación con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica	IRb>6,0m/km 1200>TMDA>3000	0,38	0,92	2,461
10	RE05A	Reconstrucción con 70 mm de carpeta, 120 mm de base asfáltica, 150 mm de base granular y 150 mm de subbase	IRb>6,0m/km y 1200>TMDA>3000	0,41	0,89	2,207
Base	Base Alternative	-	-	0,15	0,00	0,000
Restricción Presupuestaria (2012-2026)						
Presupuesto (MMS\$/km)	0,22					
Alt. Óptima con Restricción Presupuestaria (AORP)	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
	Base Alternative	-	-	(MMS\$/km)	(MMS\$/km)	
	Base Alternative	-	-	0,15	0,00	0,000

Gráfico 6.37: Limite de Eficiencia de Conservación Tramo 19-EFTA-D

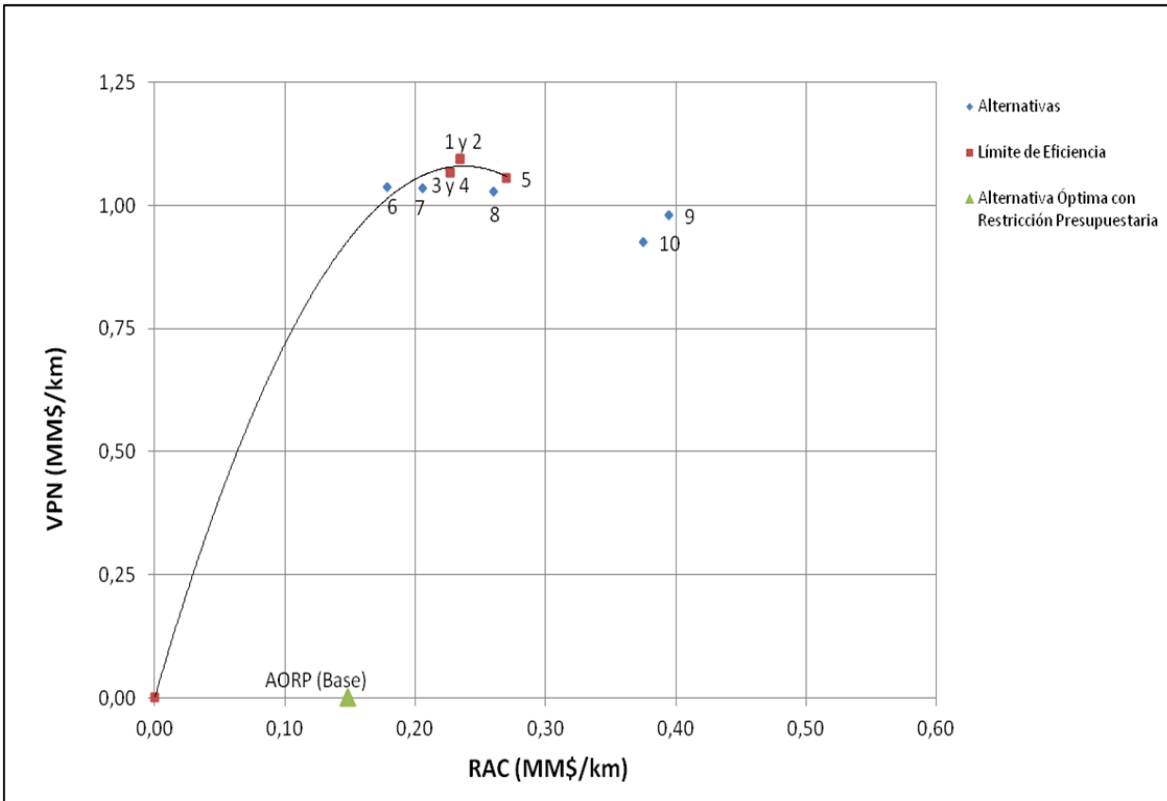


Tabla 6.49: Evolución de indicadores de deterioro con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 19-EFTA-D

Year	MT	Prement Type	Average Structural Strength (MPa)	Roughness IRI (m/km)	Cracking Area (%)			Ravelled Area (%)			Potholes			Rutting			Texture Depth (mm)	Skid Resistance SF50
					All Structural	Wide Structural	Transverse	Total Cracking	Ravelled Area (%)	Number per Area (%)	APOT Area (%)	Edge-break Area (m ² /km)	Mean Rut Depth (mm)	Std. Dev of Rut Depth (mm)	TD			
2012	2436	Before works	6.58	3.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.50	
2013	2436	After works	6.58	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.50	
2014	2807	Before works	7.50	2.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50	
2014	2807	After works	7.50	2.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50	
2015	2656	Before works	7.50	2.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50	
2015	2656	After works	7.50	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.49	
2016	2734	Before works	7.50	3.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.49	
2016	2734	After works	7.50	3.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.49	
2017	2815	Before works	7.50	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.49	
2017	2815	After works	7.50	3.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.49	
2018	2898	Before works	7.50	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.49	
2018	2898	After works	7.50	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.49	
2019	2983	Before works	8.33	2.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.49	
2019	2983	After works	8.33	2.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.49	
2020	3072	Before works	8.33	2.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.49	
2020	3072	After works	8.33	2.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.49	
2021	3162	Before works	8.33	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.49	
2021	3162	After works	8.33	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.49	
2022	3256	Before works	8.33	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.48	
2022	3256	After works	8.33	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.48	
2023	3353	Before works	8.33	3.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.48	
2023	3353	After works	8.33	3.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.48	
2024	3453	Before works	9.16	2.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.48	
2024	3453	After works	9.16	2.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.48	
2025	3555	Before works	9.16	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.48	
2025	3555	After works	9.16	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.48	
2026	3662	Before works	9.16	3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.48	
2026	3662	After works	9.16	3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.48	

Gráfico 6.38: Evolución del IRI con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 19-EFTA-D

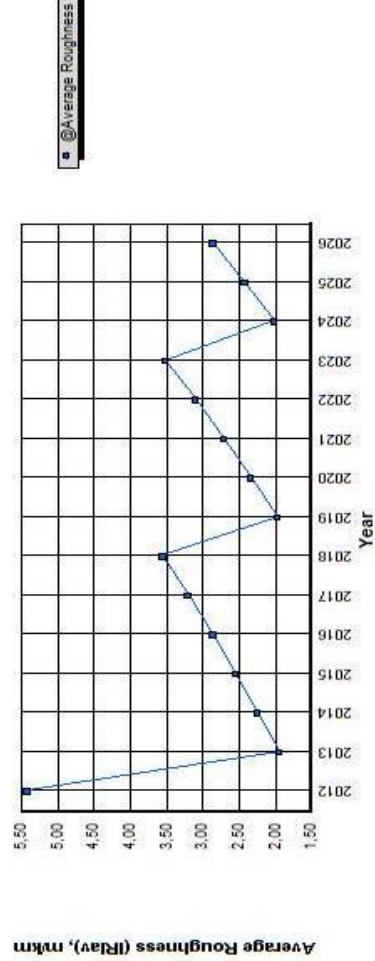


Tabla 6.50: Alternativas de Conservación Tramo 20-EFTA-M

Lugar	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
				(MM\$/km)	(MM\$/km)	
1	P11	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,235	0,845	3,596
2	PT01	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,235	0,845	3,596
		Lechada Asfáltica	Área Agrietada>10%			
		Bacheo	Bachear hasta 80 m2/km/año			
3	P21	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,227	0,818	3,608
4	P12	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,270	0,806	2,987
5	P31	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,178	0,790	4,425
6	P32	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,206	0,787	3,818
7	P22	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,260	0,780	2,996
8	RF07A	Repavimentación con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica	IRb>5,0m/km 1200>TMDA>3000	0,395	0,731	1,849
9	RF08A	Repavimentación con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica	IRb>6,0m/km 1200>TMDA>3000	0,357	0,638	1,787
10	RC013A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,479	0,628	1,311
			Baches>70n°/Km			
			Ahuellamiento>10mm			
			Área Dañada>25%			
Base	Base Alternative	-	-	0,148	0,000	0,000
Restricción Presupuestaria (2012-2026)						
Presupuesto (MM\$/km)	0,22					
Alt. Óptima con Restricción Presupuestaria (AORP)	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
	Base Alternative	-	-	0,148	0,000	0,000

Gráfico 6.39: Limite de Eficiencia de Conservación Tramo 20-EFTA-M

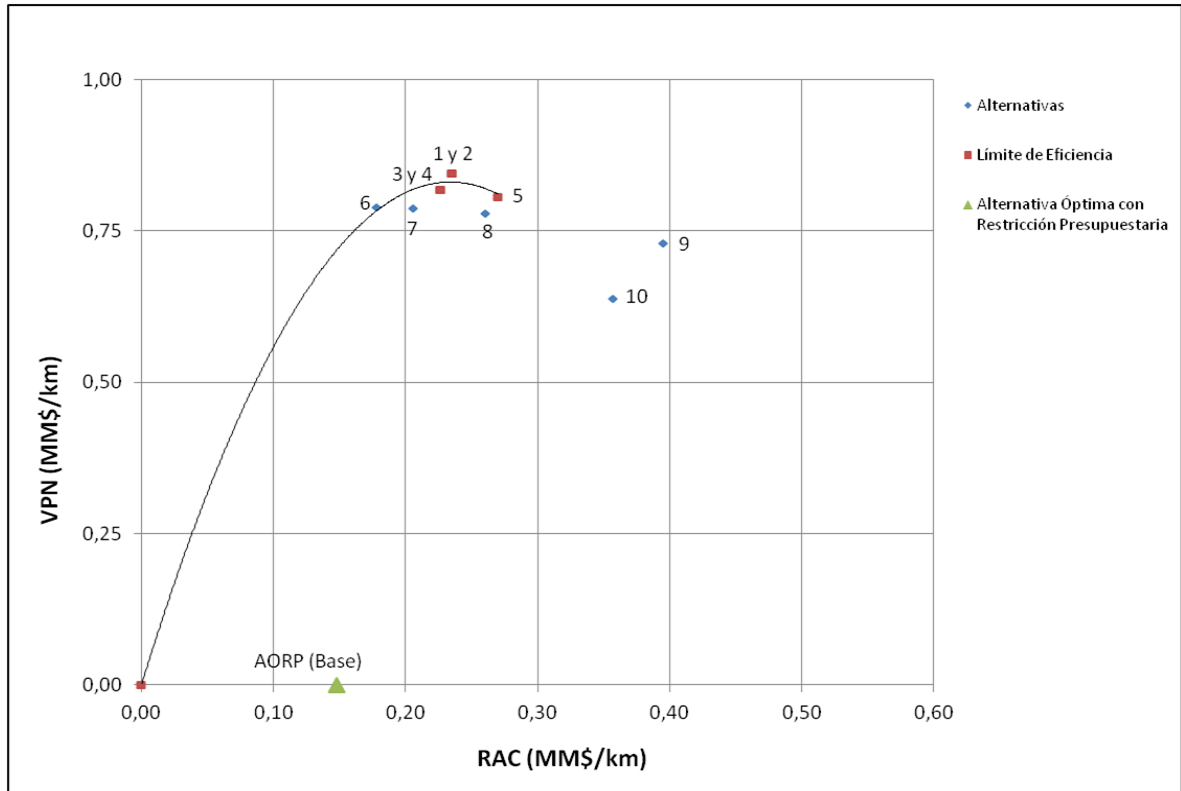


Tabla 6.51: Evolución de indicadores de deterioro con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 20-EFTA-M

Year	MT	Pavement Type	Average Structural Number		Roughness IRI (m/km)		Cracking Area (%)			Routled Area (%)		Potholes		Edge-break Area		Routing		Texture		Skid Resistance SFC50
			SNPK	SN	RI	IRI	All Structural ACA	Wide Structural ACW	Transverse Thermal ACT	Total Cracking ACRA	ARV	AR	Number per km	NPT	Area (%)	APOT	AB	AB	Mean Rut Depth RDM	
2012	2436	AMGB	6.62	5.12	16.78	7.87	4.00	20.78	19.92	11	0.02	20.00	8.77	4.82	0.68	0.50				
2012	2436	AMAP	6.62	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.50				
2013	2507	AMAP	7.50	2.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	3.23	2.49	0.68	0.50				
2013	2507	AMAP	7.50	2.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	3.23	2.49	0.68	0.50				
2014	2581	AMAP	7.50	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	6.46	4.14	0.68	0.50				
2014	2581	AMAP	7.50	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	6.46	4.14	0.68	0.50				
2015	2656	AMAP	7.50	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	9.78	4.98	0.67	0.49				
2015	2656	AMAP	7.50	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	9.78	4.98	0.67	0.49				
2016	2734	AMAP	7.50	3.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	13.20	4.91	0.67	0.49				
2016	2734	AMAP	7.50	3.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	13.20	4.91	0.67	0.49				
2017	2815	AMAP	7.50	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	16.74	5.02	0.67	0.49				
2017	2815	AMAP	7.50	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	16.74	5.02	0.67	0.49				
2018	2898	AMAP	7.50	3.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	20.38	6.11	0.67	0.49				
2018	2898	AMAP	7.50	3.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	20.38	6.11	0.67	0.49				
2019	2983	AMAP	8.34	2.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	4.40	3.19	0.68	0.49				
2019	2983	AMAP	8.34	2.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	4.40	3.19	0.68	0.49				
2020	3072	AMAP	8.34	2.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	8.88	4.84	0.68	0.49				
2020	3072	AMAP	8.34	2.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	8.88	4.84	0.68	0.49				
2021	3162	AMAP	8.34	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	13.50	4.86	0.67	0.49				
2021	3162	AMAP	8.34	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	13.50	4.86	0.67	0.49				
2022	3256	AMAP	8.34	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	18.26	5.48	0.67	0.48				
2022	3256	AMAP	8.34	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	18.26	5.48	0.67	0.48				
2023	3353	AMAP	8.34	3.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	23.19	6.96	0.67	0.48				
2023	3353	AMAP	8.34	3.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	23.19	6.96	0.67	0.48				
2024	3453	AMAP	9.17	2.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.48				
2024	3453	AMAP	9.17	2.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	0.00	0.70	0.48					
2025	3555	AMAP	9.17	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	5.78	3.87	0.68	0.48				
2025	3555	AMAP	9.17	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	5.78	3.87	0.68	0.48				
2026	3662	AMAP	9.17	3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	11.67	5.06	0.68	0.48				
2026	3662	AMAP	9.17	3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	11.67	5.06	0.68	0.48				
2026	3662	AMAP	9.17	3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	17.75	5.33	0.67	0.48				
2026	3662	AMAP	9.17	3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	17.75	5.33	0.67	0.48				

Gráfico 6.40: Evolución del IRI con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 20-EFTA-M

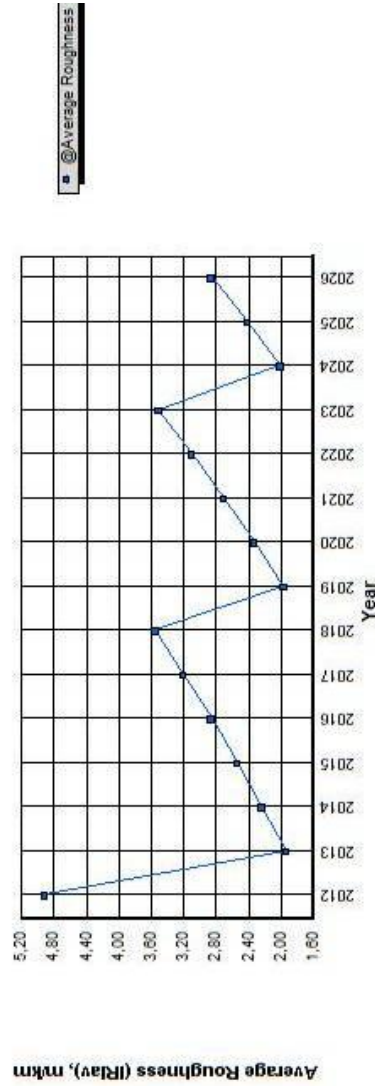


Tabla 6.52: Alternativas de Conservación Tramo 21-EFTA-R

Lugar	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
				(MM\$/km)	(MM\$/km)	
1	P11	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,235	0,662	2,819
2	PT01	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,235	0,662	2,819
		Lechada Asfáltica	Área Agrietada>10%			
		Bacheo	Bachear hasta 80 m2/km/año			
3	P21	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,227	0,636	2,803
4	P12	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,270	0,624	2,311
5	P22	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>4,0m/km	0,260	0,597	2,294
6	P32	Recapado con 60 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,197	0,578	2,932
7	P31	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>5,0m/km	0,171	0,572	3,345
8	RP07A	Repavimentación con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica	IRb>5,0m/km 1200>TMDA>3000	0,376	0,525	1,398
9	RC013A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,479	0,446	0,932
		Recapado con 50 mm de carpeta	Baches>70n°/Km			
		Recapado con 50 mm de carpeta	Ahuellamiento>10mm			
		Recapado con 50 mm de carpeta	Área Dañada>25%			
10	RC014A	Recapado con 50 mm de carpeta	IRb>3,5m/km	0,479	0,446	0,932
		Recapado con 50 mm de carpeta	Baches>100n°/Km			
		Recapado con 50 mm de carpeta	Ahuellamiento>10mm			
		Recapado con 50 mm de carpeta	Área Dañada>25%			
Base	Base Alternative	-	-	0,148	0,000	0,000
Restricción Presupuestaria (2012-2026)						
Presupuesto (MM\$/km)	0,22					
Alt. Óptima con Restricción Presupuestaria (AORP)	Código Alternativa	Característica	Criterio	RAC	VPN	VPN/RAC
	Base Alternative	-	-	0,148	0,000	0,000

Gráfico 6.41: Limite de Eficiencia de Conservación Tramo 21-EFTA-R

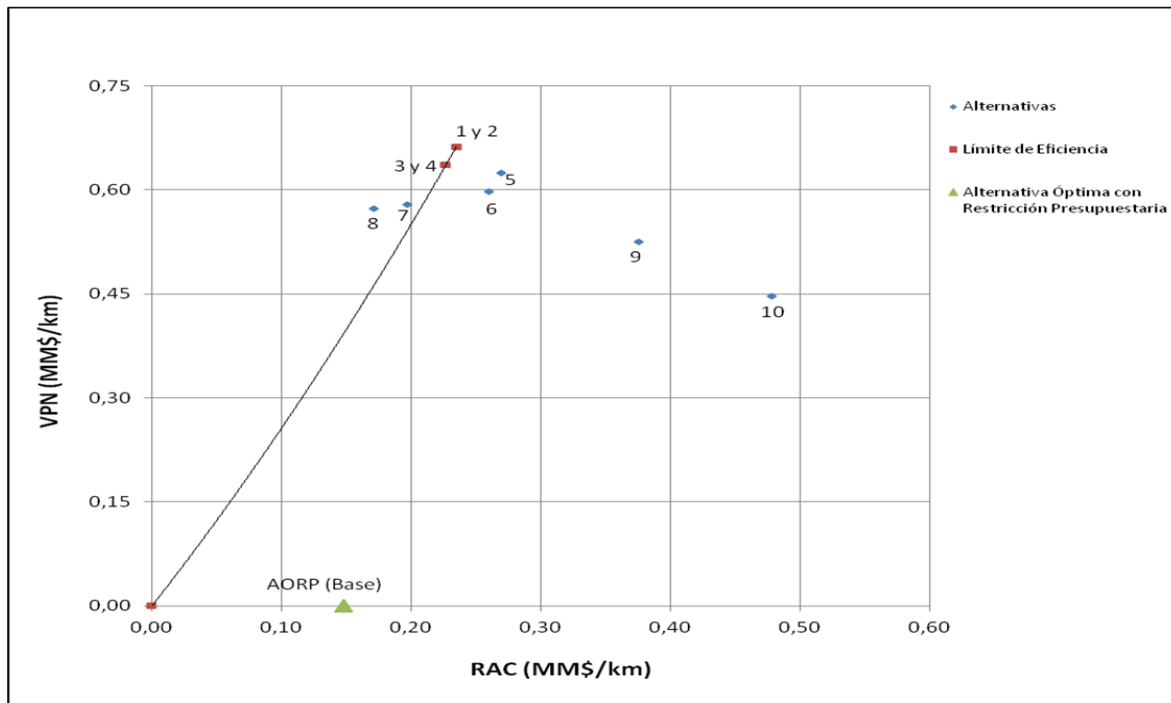
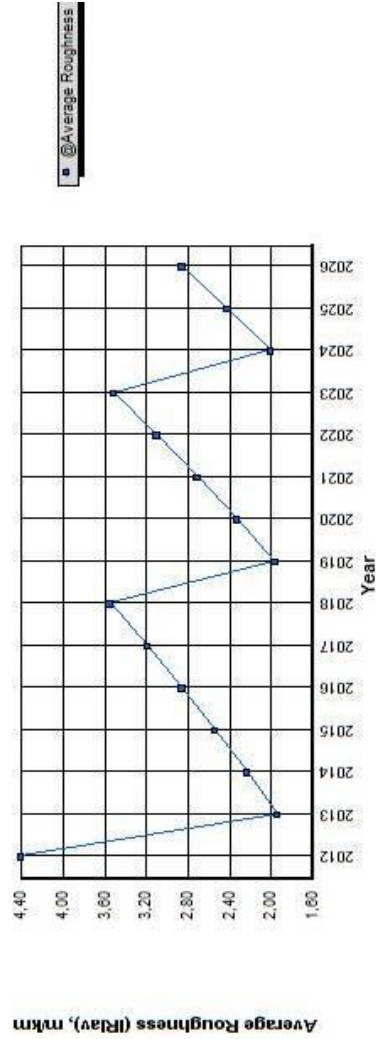


Tabla 6.53: Evolución de indicadores de deterioro con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 21-EFTA-R

Year	MT	Pavement Type	Average Structural Number SNPR	Roughness IRI (m/km)	Cracking Area (%)			Total Cracking ACRA	Revelled Area (%) ARV	Number per km NET	Potholes Area (%)		Edge-break Area (m ² /km)	Rutting			Texture Depth (mm)	Skid Resistance SRSU
					All Structural ACA	Wide Structural ACW	Transverse Thermal ACT				Area (%)	Area (%)		Mean Rut Depth (mm) RMD	Std. Dev of Rut Depth RDS	TD		
2012	2436	AMCB	667	4.60	0.00	2.55	0.00	2.55	4.56	0	0.01	20.00	7.17	0.40	0.68	0.50		
2012	2436	AMAP	667	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.50		
2013	2807	AMAP	751	2.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	3.20	2.47	0.68	0.50		
2013	2807	AMAP	751	2.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	3.20	2.47	0.68	0.50		
2014	2881	AMAP	751	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	6.43	4.13	0.68	0.50		
2014	2881	AMAP	751	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	6.43	4.13	0.68	0.50		
2015	2656	AMAP	751	2.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	9.75	4.97	0.67	0.49		
2015	2656	AMAP	751	2.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	9.75	4.97	0.67	0.49		
2016	2734	AMAP	751	3.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	13.17	4.92	0.67	0.49		
2016	2734	AMAP	751	3.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	13.17	4.92	0.67	0.49		
2017	2815	AMAP	751	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	16.70	5.01	0.67	0.49		
2017	2815	AMAP	751	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	16.70	5.01	0.67	0.49		
2018	2898	AMAP	751	3.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	20.35	6.11	0.67	0.49		
2018	2898	AMAP	751	3.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	20.35	6.11	0.67	0.49		
2019	2983	AMAP	835	2.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	4.40	3.19	0.68	0.49		
2019	2983	AMAP	835	2.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	4.40	3.19	0.68	0.49		
2020	3072	AMAP	835	2.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	8.88	4.84	0.68	0.49		
2020	3072	AMAP	835	2.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	8.88	4.84	0.68	0.49		
2021	3162	AMAP	835	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	13.50	4.86	0.67	0.49		
2021	3162	AMAP	835	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	13.50	4.86	0.67	0.49		
2022	3256	AMAP	835	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	18.26	5.48	0.67	0.48		
2022	3256	AMAP	835	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	18.26	5.48	0.67	0.48		
2023	3353	AMAP	835	3.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	23.19	6.96	0.67	0.48		
2023	3353	AMAP	835	3.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	23.19	6.96	0.67	0.48		
2024	3453	AMAP	918	2.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	5.78	3.87	0.68	0.48		
2024	3453	AMAP	918	2.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	5.78	3.87	0.68	0.48		
2025	3555	AMAP	918	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	11.67	5.06	0.68	0.48		
2025	3555	AMAP	918	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	11.67	5.06	0.68	0.48		
2026	3662	AMAP	918	3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	17.75	5.33	0.67	0.48		
2026	3662	AMAP	918	3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	17.75	5.33	0.67	0.48		

Gráfico 6.42: Evolución del IRI con aplicación de alternativa óptima en el Tramo 21-EFTA-R



Comentarios

1. La alternativa óptima en este tramo corresponde a un recapado con 50 mm de carpeta, el cual se mantiene invariable al nivel de deterioro del pavimento de cada escenario.
2. Los mayores beneficios de la aplicación de esta alternativa se obtienen cuando el pavimento presenta una condición de mayor deterioro pues, debido a los criterios de intervención, se debe aplicar antes en el horizonte de evaluación que los otros escenarios en este tramo.
3. Si se considera una restricción presupuestaria, se observa que la alternativa óptima es la base.

7. CONCLUSIONES

7.1 General

Una administración eficiente de una red de caminos requiere de la aplicación de conservaciones oportunas y eficaces. La evaluación técnica del estado del pavimento, tanto desde el punto de vista funcional como estructural, la calibración de los modelos de deterioro y la estimación del tránsito representan actividades fundamentales para asignar las acciones de conservación adecuadas.

Los resultados presentados permiten definir políticas o umbrales adecuados de actuación, para programar la conservación de los pavimentos asfálticos de la zona central asimilables a los tramos considerados. Esta metodología toma consideración los aspectos técnicos y económicos requeridos para el análisis del mantenimiento de pavimentos asfálticos.

Los criterios de conservación propuestos son una herramienta que permite pre-seleccionar para la evaluación final solamente las alternativas de conservación más adecuadas para ser aplicadas a un tramo de la red, de acuerdo a sus características de tránsito, capacidad estructural y condición del pavimento. El contar con políticas de conservación pre-optimizadas permite, por una parte, simplificar el proceso de asignación de alternativas de conservación, seleccionando para la evaluación final sólo aquellas que presentan una rentabilidad que las haga competitivas a nivel de red, lo cual aumenta la eficiencia del sistema y, por otra, mejora los indicadores económicos al aumentar el valor presente neto total para la red para un mismo monto de presupuesto disponible, produciendo una mayor eficiencia en la asignación de estos recursos.

Para la realización del análisis se utilizó la herramienta de gestión de caminos HDM-4. En el desarrollo de este trabajo se comprobó la gran cantidad de parámetros que incorporan cada modelo de este sistema y su calibración, lo cual refleja de alguna manera la complejidad de la gestión de la conservación de una red de caminos.

En general el HDM-4 es un programa en el cual tanto la evaluación técnica como económica, dependen directa e indirectamente de la progresión del IRI en el tiempo. Cada uno de los deterioros del pavimento produce un efecto conjunto que se ve reflejado en el indicador técnico IRI, el cual afecta directamente a los costos de usuarios de carretera. Sin embargo, se debe considerar que el IRI tiende a promediar los deterioros y no resulta un buen indicador de desempeño por sí solo para ciertas estructuraciones.

Para la obtención del VAN, HDM-4 cuantifica los beneficios entre distintas alternativas considerando los beneficios de los usuarios, costos de administración y beneficios asociados a las distintas alternativas de conservación. Bajo este marco, los beneficios de los usuarios se asocian al nivel de deterioro del pavimento a partir de los costos de operación vehicular (VOC), principalmente afectados por deterioros funcionales del pavimento.

Cabe consignar que las consideraciones utilizadas en la determinación de los parámetros de entrada en HDM-4 son válidas para este análisis a nivel de red. Para una evaluación más específica a nivel de proyecto, es conveniente aumentar la rigurosidad de los parámetros de entrada, en los que se debe disponer con mayor precisión y cobertura, de las características físicas del pavimento, el estado de deterioro y las solicitaciones (tránsito y clima) a las que está expuesto el pavimento.

Por otro lado, las políticas de conservación resultantes han sido estimadas a partir de la metodología elaborada, considerando exclusivamente los aspectos técnicos y económicos presentados. Otras razones que justificaran una conservación distinta a las propuestas en ciertos caminos, como por ejemplo, expectativas de desarrollo agrícola, industrial, turístico, etc, o simplemente razones de tipo político y estratégico, deben analizarse en forma particular para los caminos que lo requieran.

7.2 Comentarios del trabajo

El objetivo general planteado en este trabajo consistió en realizar una optimización de las políticas de conservación de pavimentos asfálticos de la zona central de Chile, bajo un enfoque socio-económico y con consideraciones técnicas, que contribuya a realizar una asignación eficiente de recursos en conservación.

El trabajo fue desarrollado de un modo bastante generalizado, utilizándose en el análisis técnico y económico los modelos de deterioro y costos de operación vehicular del sistema de gestión de caminos HDM-4 ajustados a las condiciones chilenas según calibraciones recientes, lo cual permite asegurar un margen aceptable de confiabilidad de los resultados obtenidos en el largo plazo. Se debe tener presente que los resultados de los modelos HDM son más confiables si se consideran sólo los primeros años del período de análisis.

A partir de datos reales, se caracterizó la red de caminos de pavimentos asfálticos de la zona central de Chile, en función de las variables más determinantes en su comportamiento: clima, tránsito y estructura. Lo anterior, junto a la definición de los estados del pavimento se configuró cada escenario analizado.

De acuerdo a los objetivos del trabajo, se usó el módulo de análisis estratégico de HDM-4, donde se definió un período de evaluación de 15 años con una tasa de descuento social del 6%. Lo anterior, permitió escoger el estándar de conservación que maximiza el VAN del beneficio social (ahorros en los costos de los usuarios menos costo de conservación) para cada tramo homogéneo según su estructura, tránsito y estado del pavimento.

La búsqueda de la solución óptima de conservación para cada caso tipo se realizó simulando y evaluando económicamente la aplicación de una serie de políticas alternativas a cada uno de esos casos, lo que representó analizar más de 200 alternativas por cada tramo. Se obtuvo una matriz de soluciones mediante las cuales se propone la solución óptima de conservación o rehabilitación para cada situación o combinación de tránsito y estado actual. Estas soluciones óptimas corresponden a un conjunto de acciones de conservación definidas para cada uno de los 15 años comprendidos dentro del horizonte de evaluación, cuantificadas en términos de cantidades de obra y presupuestos por cada tramo.

7.3 Conclusiones

Para las modelaciones de todos los escenarios se obtuvieron resultados coherentes respecto a lo esperado para los niveles de deterioro definidos y progresión de las curvas de deterioro para cada tramo.

La conservación debería realizarse de preferencia en aquellas vías donde sea más rentable hacerlo. Como se ha señalado, ello es función, principalmente, del tránsito (TMDA) y del estado de la vía. Mientras mayor el TMDA más rentable será la conservación. Mientras más malo sea el estado actual del camino, mayores serán también los beneficios de conservarlo.

Al efectuar la comparación económica entre las distintas alternativas de conservación, se obtienen distintos criterios para la selección de la política más adecuada. En general, se puede postular que la mejor opción es aquella que maximiza el Valor Actual Neto (VAN), ya que refleja el mayor aumento en el bienestar social. Esto es válido en la medida que no se tengan restricciones de presupuestarias. Como en la práctica los fondos disponibles por las agencias de carreteras son limitados, la selección según el criterio del mayor VAN debe complementarse con alguna técnica que considere estas restricciones de presupuesto, a fin de poder seleccionar otras opciones que puedan disminuir los costos de conservación, sin reducir en forma sustancial los beneficios sociales (técnica del “límite de eficiencia”).

Se demostró que las alternativas de reconstrucción son menos convenientes, ya que estas se encuentran muy por debajo de la curva “límite de eficiencia”, lo cual indica claramente que es mejor conservar adecuadamente el pavimento mediante carpetas de refuerzo y/o sellos, antes que esperar un mayor deterioro para reconstruirlo.

Se recomienda conservar adecuadamente los pavimentos de una red de caminos mediante carpetas de refuerzo y/o sellos, antes que esperar un mayor deterioro para reconstruirlos, ya que de este modo se obtiene un mayor beneficio social, y además, se protege de mejor forma el patrimonio vial.

Los caminos con tránsito alto requieren que los refuerzos se efectúen cuando el pavimento se encuentra en mejor condición que los caminos con tránsito medio y bajo. En este caso, el momento más oportuno para la aplicación de carpetas de refuerzo resulta cuando la irregularidad superficial IRI alcanza valores cercanos a 3 m/km.

Según los resultados obtenidos, se observa que es conveniente el uso de alternativas de conservación que consideren refuerzos de espesor más bien delgados, siempre que estos sean aplicados cuando el estado de deterioro del pavimento no resulte aún evidente. El momento más oportuno para la aplicación de carpetas de refuerzo (condición de respuesta), resulta cuando la irregularidad superficial IRI alcanza valores entre 3 y 4,5 m/km.

7.4 Recomendaciones

La realización de evaluaciones técnico-económicas es altamente conveniente para utilizar como un criterio más en la cuantificación y asignación de recursos para la conservación vial. La cobertura y calidad de los datos de entrada al modelo guardan estrecha relación con la representatividad y confiabilidad de los resultados obtenidos, es por ello que debe buscarse los mecanismos para gestionar la calidad de la información suministrada por las Direcciones Regionales de Vialidad y tender a alcanzar un 100% de la red evaluada, siendo complementada con lo que se pueda conseguir con la contratación de Empresas Consultoras y la medición de IRI por el Laboratorio Nacional de Vialidad. La idea es poder verificar la variación de los parámetros en el tiempo, en todos los caminos pavimentados y establecer correlaciones estadísticas de su evolución, lo cual puede ser utilizado en la calibración de modelos de deterioro de HDM-4.

En relación a lo anterior, la información de IRI particularmente es muy relevante en la evaluación ya que afecta directamente el costo de operación de los usuarios, por lo que idealmente se debería contar con mediciones de deterioro en sus tres edades para poder generar una línea de vida del pavimento completa, de no ser esto posible, por lo menos contar con datos de su edad inicial, en particular lo más cercano a su construcción, debido a la fuerte influencia del valor IRIo en la calibración del modelo de rugosidad.

Con respecto a la evaluación de la capacidad estructural, resultaría altamente recomendable una evaluación por medio de equipos que miden la deflexión del pavimento, en especial el Falling Weight Deflectometer, ya que se podrían calcular los espesores de recapado de un modo más preciso y con un mayor rendimiento. Las medidas que entrega este equipo están estandarizadas para su uso por parte de los métodos AASHTO y Shell. Además se puede hacer uso de varios métodos de cálculos que emplean métodos computacionales de análisis de multicapa.

Se deben utilizar criterios de asignación de los recursos que persigan eficiencia, por ejemplo, basados en los resultados de la aplicación de los modelos HDM y su incorporación en programas de conservación tales como el PAM nacional y los PAM regionales que prepara el Departamento de Gestión Vial.

En cuanto a la información del inventario vial, se recomienda poner especial énfasis al compararla con la realidad de los caminos, debido a que en ocasiones se pueden encontrar intervenciones que aún no han sido registradas.

La predicción de deterioro está determinada, entre otros factores, por la resistencia de los pavimentos, la cual está acotada por las consideraciones de diseño, de manera que si el tránsito vehicular en un año determinado supera los límites de diseño, la predicción del deterioro no será buena. A lo indicado se agrega que la evolución del tránsito tiene una fuerte incidencia, no proporcional, en las necesidades de conservación y de cambios de estándar. De esta manera, se debe tener especial cuidado con la medición de los flujos vehiculares (TMDA), como también, el determinar factores de distribución para la flota vehicular para diferentes tipos de caminos, de modo de asignar con mayor precisión las solicitudes de tránsito.

Para los caminos donde la política de conservación implique aplicar un recapado, que por lo demás es una de las acciones de conservación con mayor predominio en la red nacional, y de acuerdo a la

experiencia chilena en cuanto a la información utilizada para la evaluación estructural (principalmente en base a testigos), para su diseño se aconseja el método AASHTO en su última versión 1993, y el método del Asphalt Institute. Las opciones de diseñar un recapado asfáltico sobre la estructura existente o la reposición parcial o completa de la primera capa estructural a través del frezado representan grandes ventajas al permitir rehabilitar un pavimento aumentando su capacidad estructural y al mismo tiempo causando un impacto menor en el ambiente y los usuarios al compararlo con una reconstrucción.

Respecto de los costos de conservación rutinaria se sugiere que deben estar determinados regionalmente, según las necesidades propias de la zona climática en las que se encuentran ubicados. Si las necesidades de conservaciones rutinarias no se atienden efectivamente en forma anual, es conveniente calcular un costo anual que refleje esta situación.

Sistema de Gestión

La concepción de una carretera exige, desde el primer momento, la contemplación agregada y conjunta de todas las actividades que requerirá durante su vida útil. Ello implica la necesidad de valorar las posibles estrategias de construcción, conservación y explotación de manera integrada.

La conservación no debe entenderse como algo aislado, sino que debe engranar, como pieza fundamental, con otras actividades de gestión de la carretera (capacidad, seguridad, información, etc.) a fin de dar un servicio de calidad al usuario.

La gestión de las carreteras debe basarse en una óptima circulación de información entre los agentes y su evaluación en criterios de máxima objetividad, lo que supone el establecimiento de índices técnicos que homogenicen la información a través de la creación de bancos de datos. La transparencia y objetividad de la información son esenciales para que no se produzcan sesgos en su tratamiento.

HDM y diseño de pavimentos

En general, los métodos de diseño de pavimentos están basados en modelos de deterioro, entre ellos el de AASHTO está basado en evolución de la serviciabilidad (que es un parámetro subjetivo y por lo tanto sólo puede ser estimado, no medido físicamente). Por otro lado, HDM posee modelos para predecir múltiples deterioros y en tal sentido podría también ser una base para generar metodologías de diseño, pese que el objetivo de los sistemas HDM es evaluar comportamientos y fundamentar inversiones en el área vial. De esta forma, para el diseño de un pavimento con el método de AASHTO se podría modelar la progresión de deterioro y ver el desempeño de cada diseño, considerando que lo que se controla es IRI, ahuellamiento u otro deterioro y no serviciabilidad.

Para llevar a cabo lo anterior, se debe considerar, al menos, que la calibración de los modelos a las condiciones locales, y que se consideran factores de seguridad o confiabilidad para incorporar la variabilidad intrínseca del comportamiento de materiales, procesos constructivos, datos de tránsito, etc.

Financiamiento

En múltiples ocasiones, las administraciones públicas se enfrentan con situaciones adversas para la ejecución de trabajos de conservación con medios propios, dada la irregularidad temporal con la que se presentan, su rigidez organizativa y financiera, las variables necesidades de personal y la dificultad que implica la obtención de dotaciones extraordinarias. A fin de lograr superar tales problemas e incrementar, supuestamente, la eficiencia en la gestión, muchas administraciones de carreteras del mundo dedican un gran esfuerzo a la incorporación de la iniciativa privada en la gestión de los contratos de conservación. Así mismo, muchos países buscan mecanismos, al margen de los presupuestos generales del Estado, para allegar recursos a su financiación. Sería conveniente, en cada caso, analizar las diversas alternativas de gestión y adoptar, siempre, la más conveniente para el interés y gasto público.

La solución de los problemas presupuestarios de la conservación pasa por lograr un flujo suficiente y estable de recursos para evitar los problemas impuestos por las limitaciones presupuestarias. En este sentido, conviene mencionar que el problema de la financiación presupuestaria no está, en la mayoría de los casos, en la falta de recursos económicos totales para infraestructuras viarias, sino en su inadecuada distribución, al no dar a la conservación la prioridad que tiene.

Debe asegurarse un financiamiento oportuno, suficiente y estable para la conservación vial. La única forma eficiente y exitosa de generar y mantener fondos suficientes para conservar la red vial es mediante pagos que efectúen los usuarios específicamente a ese fin, a cambio de los cuales tendrían derecho a recibir un eficaz servicio de conservación vial. Conviene a los usuarios pagar por este servicio, pues los caminos deteriorados les significan un gasto mucho mayor. En otras palabras, pagan por la conservación, o las vías les "cobrarán una tarifa" mucho mayor, pues aumentarán sus costos operacionales.

Experiencias en otros países demuestran que la creación de un fondo específico para financiar la conservación de carreteras ayuda a garantizar una fuente estable de financiación. El Banco Mundial ha estudiado diversas formas de cobrar por el uso de los caminos y en definitiva, todo indica que una tarifa o cargo dentro del precio de los combustibles es la mejor forma, ya que su costo de recaudación es en general inferior a 1% del monto recaudado y además existe una relación entre la cantidad de combustible que se emplea y el uso de los caminos. La manera adecuada de recaudar esa tarifa o cargo es hacerlo al producirse las operaciones mayoristas de combustibles refinados, es decir, simultáneamente con las ventas de las refinerías a las empresas distribuidoras y al momento de efectuarse los trámites de importación. Con este sistema es difícil evadir el cobro. Sin perjuicio de los cargos en los combustibles, pueden emplearse mecanismos de cobro complementarios, incorporados, por ejemplo, en el permiso anual de circulación vehicular, que contribuyan a corregir algunas faltas de equidad derivadas del solo cobro a través de los combustibles.

Desarrollos futuros

Durante la elaboración de esta trabajo, han ido surgiendo una serie de inquietudes respecto a otros posibles desarrollos, con el objeto de mejorar algunos aspectos empleados en el análisis técnico y económico, de modo que reflejen de mejor manera la realidad. Entre los aspectos que se debería seguir investigando a futuro se proponen los siguientes:

Lo primero sería generalizar los resultados a toda la red vial ampliando la cobertura del análisis a todos los casos posibles en términos del clima y materiales de las carpetas de rodadura existentes.

Adicionalmente, se podría ampliar el análisis considerando los modelos de seguridad, de emisiones y de balance de energía de HDM-4. Los parámetros que se requieren para modelar los efectos de los accidentes son el volumen de tránsito, longitud del tramo de carretera, tasas de accidentes y costo unitario de accidente; para modelar las emisiones de los vehículos se requieren datos de: volumen anual del tránsito, longitud del tramo de la carretera, velocidad de los vehículos, consumo de combustible y la vida útil de los vehículos; y para el balance de energía se requiere el consumo de energía de los vehículos y de los trabajos en la carretera.

Por su parte, en el caso de carreteras de elevado tránsito es necesario estudiar los impactos producidos durante la ejecución de faenas de conservación, como por ejemplo, tiempos de espera, congestiones, accidentes, contaminación, etc., y establecer una metodología para su evaluación.

Con respecto a las acciones de conservación, en el análisis se consideraron las que tradicionalmente son utilizadas en Chile. Sin embargo, existen nuevas técnicas de conservación ampliamente utilizadas en el extranjero, entre ellas: geotextiles, uso de asfaltos con polímeros, técnicas de reciclado, etc., las que es necesario investigar, de modo de incorporarlas a futuro en los Sistemas de Gestión de Pavimentos.

BIBLIOGRAFÍA

Arancibia, M. (1995). “Optimización de políticas de conservación vial bajo restricciones presupuestarias”. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Banco Mundial (1988). “Modelo para el análisis y evaluación de inversiones viales HDM-III”. Washington, EE.UU.

Barrera, E., Miranda, J., De Solminihac, H., Hidalgo, P. (2003) “Recomendaciones para la utilización de HDM-4 en Chile”. MOP, Santiago, Chile.

Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (2002) “Documento de Síntesis y Recomendaciones” Grupo de Trabajo Sobre Financiación de la Conservación de Carreteras en España. Madrid, España.

DDQ Ingenieros Consultores Ltda. (2010). “Estudio Básico Seguimiento de Pavimentos Asfálticos” Informe Ejecutivo. Santiago, Chile.

De Solminihac, H. (1998) “Gestión de infraestructura vial” Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago.

DICTUC (2006). “Análisis de sensibilidad de parámetros del modelo HDM-4 y actualización de metodología para la determinación del estado de caminos pavimentados”. Santiago, Chile.

Gaete, R. (1994). “Análisis técnico y económico de acciones de conservación en pavimentos asfálticos”. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

Kerali, H. G. R. (2000). “Overview of HDM-4”. The Highway Development and Management Series, Volume one, Association Mondiale de la Route AIPCR.

Len y Asociados Ingenieros Consultores Ltda. (2006). “Actualización de la Metodología para la estimación de los Costos de Operación Vehicular (HDM4)” Informe Final. Santiago, Chile.

MIDEPLAN (2011), “Precios sociales para la evaluación social de proyectos”. Ministerio de Planificación Nacional de Chile. Santiago, Chile.

MIDEPLAN (2006). “Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos de Transporte Interurbano” Ministerio de Planificación y Cooperación, División de Planificación, Estudios e Inversión. Santiago, Chile.

MOP (2012) “Manual de Carreteras: Mantenimiento Vial (vol. 7)”. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Vialidad. Santiago, Chile.

MOP (2011). “Red Vial Nacional: Dimensionamiento y Características” Ministerio de Obras Públicas, Departamento de Gestión Vial. Santiago, Chile.

MOP (2010) “Políticas de Conservación Vial 2010”. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Vialidad. Santiago, Chile.

MOP (2010). “Proposiciones de acciones de mantenimiento y estado de la calzada y bermas para caminos pavimentados de la red vial nacional” Ministerio de Obras Públicas, Departamento de Gestión Vial. Santiago, Chile.

MOP (2004) “Programa de conservaciones viales” Informe final de evaluación. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Vialidad. Santiago, Chile.

Salgado, J., Gutiérrez, P. y Romero, F. (1987) “Sistema de gestión y seguimiento de caminos” Revista de Ingeniería de Construcción, N°2. Santiago, Chile.

Thenoux, G., Gaete, R. (1995). “Evaluación técnica del pavimento y comparación de métodos de diseño de capas de refuerzo asfáltico” Revista Ingeniería de Construcción, N° 14(1995:Jul./Dic.), pp.56-72. Santiago, Chile.

Videla, C., Echeverría, G., Gaete, R., Caroca, R. y Espinoza, F. (1992). “Estudio para la evaluación de la eficacia de la conservación en pavimentos asfálticos. Vol 3: Acciones y Estándares de Conservación” Informe Final. Departamento de Ingeniería de Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

Wightman, D., Stannard, E., Dakin, J. (2000). “Software User Guide”. The Highway Development and Management Series, Volume three, Association Mondiale de la Route AIPCR.

ANEXO A. ESTÁNDARES DE CONSERVACIÓN

En este anexo se indica el universo de las diferentes combinaciones de estándares de conservación para pavimentos flexibles considerados, donde se señala el criterio o umbral de intervención y la característica o tipo de intervención (Políticas de Conservación, Departamento de Gestión Vial).

Estándares de Conservación – Pavimentos Flexibles

CÓDIGO	NOMBRE	CRITERIO	CARACTERÍSTICAS
BASE 1	Base 1	TMDA<300 y Bachear hasta 80 m ² /km/año	Bacheo
		1 vez al año	Rutinaria
BASE 2	Base 2	300<TMDA<1200 y Bachear hasta 80 m ² /km/año	Bacheo
		IRI>8m/km	Reconstrucción con Tratamiento Superficial Doble
BASE 3	Base 3	1200<TMDA<3000 y Bachear hasta 80 m ² /km/año	Bacheo
		IRI>6,0m/km	Reconstrucción con 60 mm de carpeta, 150 mm de base granular y 150 mm de subbase
BASE 4	Base 4	3000<TMDA y Bachear hasta 80 m ² /km/año	Bacheo
		IRI>6,0m/km	Reconstrucción con 60 mm de carpeta, 150 mm de base granular y 150 mm de subbase
PT01	Políticas asociadas a los niveles exigidos en Concesiones	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Agrietada>10%	Lechada Asfáltica
RC001A	Recapado Asfáltico Tipo 1	Bachear hasta 80 m ² /km/año	Bacheo
		1 vez al año	Rutinaria
RC002A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>3,5m/km y TMDA<300	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC003A	Recapado Asfáltico Tipo 3	IRI>4,0m/km y TMDA<300	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC004A	Recapado Asfáltico Tipo 3	IRI>5,0m/km y TMDA<300	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC004A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>3,5m/km y 300< TMDA<1200	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC005A	Recapado Asfáltico Tipo 3	IRI>4,0m/km y 300< TMDA<1200	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC006A	Recapado Asfáltico Tipo 3	IRI>5,0m/km y 300< TMDA<1200	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC007A	Recapado Asfáltico Tipo 3	IRI>3,5m/km y 1200< TMDA<3000	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC008A	Recapado Asfáltico Tipo 3	IRI>4,0m/km y 1200< TMDA<3000	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC009A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>5,0m/km y 1200< TMDA<3000	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC010A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>3,5m/km y TMDA>3000	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC011A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>4,0m/km y TMDA>3000	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC012A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>5,0m/km y TMDA>3000	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC013A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria

Estándares de Conservación – Pavimentos Flexibles

CÓDIGO	NOMBRE	CRITERIO	CARACTERÍSTICAS
RC014A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC015A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC016A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC017A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC018A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC019A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC020A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC021A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC022A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC023A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC024A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria

Estándares de Conservación – Pavimentos Flexibles

CÓDIGO	NOMBRE	CRITERIO	CARACTERISTICAS
RC025A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC026A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC027A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC028A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC029A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC030A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC031A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC032A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC033A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC034A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC035A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria

Estándares de Conservación – Pavimentos Flexibles

CÓDIGO	NOMBRE	CRITERIO	CARACTERÍSTICAS
RC036A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC037A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC038A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC039A	Recapado Asfáltico Tipo 1	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC040A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>3,5m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>70n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>25%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC041A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>3,5m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>100n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>25%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC042A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>3,5m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>130n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>25%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC043A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>3,5m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>70n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>30%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC044A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>3,5m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>100n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>30%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC045A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>3,5m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>130n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>30%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC046A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>3,5m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>70n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>35%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria

Estándares de Conservación – Pavimentos Flexibles

CODIGO	NOMBRE	CRITERIO	CARACTERÍSTICAS
RC047A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>3,5m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>100n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>35%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC048A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>3,5m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>130n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>35%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC049A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>4,0m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>70n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>25%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC050A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>4,0m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>100n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>25%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC051A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>4,0m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>130n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>25%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC052A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>4,0m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>70n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>30%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC053A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>4,0m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>100n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>30%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC054A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>4,0m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>130n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>30%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC055A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>4,0m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>70n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>35%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC056A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>4,0m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>100n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>35%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC057A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>4,0m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>130n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>35%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria

Estándares de Conservación – Pavimentos Flexibles

CODIGO	NOMBRE	CRITERIO	CARACTERÍSTICAS
RC058A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>5,0m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>70n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>25%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC059A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>5,0m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>100n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>25%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC060A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>5,0m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>130n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>25%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC061A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>5,0m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>70n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>30%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC062A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>5,0m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>100n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>30%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC063A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>5,0m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>130n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>30%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC064A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>5,0m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>70n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>35%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC065A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>5,0m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>100n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>35%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC066A	Recapado Asfáltico Tipo 2	IRI>5,0m/km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Baches>130n°/Km	Recapado con 60 mm de carpeta
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 60 mm de carpeta
		Área Dañada>35%	Recapado con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RC067A	Recapado Asfáltico Tipo 3	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC068A	Recapado Asfáltico Tipo 3	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria

Estándares de Conservación – Pavimentos Flexibles

CÓDIGO	NOMBRE	CRITERIO	CARACTERÍSTICAS
RC091A	Recapado Asfáltico Tipo 3	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC092A	Recapado Asfáltico Tipo 3	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC093A	Recapado Asfáltico Tipo 3	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC094A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC095A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC096A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC097A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria

Estándares de Conservación – Pavimentos Flexibles

CÓDIGO	NOMBRE	CRITERIO	CARACTERÍSTICAS
RC098A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC099A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC100A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC101A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC102A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC103A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria

Estándares de Conservación – Pavimentos Flexibles

CÓDIGO	NOMBRE	CRITERIO	CARACTERÍSTICAS
RC104A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC105A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC106A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC107A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC108A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC109A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria

Estándares de Conservación – Pavimentos Flexibles

CÓDIGO	NOMBRE	CRITERIO	CARACTERÍSTICAS
RC110A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC111A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC112A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC113A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC114A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC115A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria

Estándares de Conservación – Pavimentos Flexibles

CÓDIGO	NOMBRE	CRITERIO	CARACTERÍSTICAS
RC116A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC117A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC118A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC119A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC120A	Recapado Asfáltico Tipo 4	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC121A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria

Estándares de Conservación – Pavimentos Flexibles

CÓDIGO	NOMBRE	CRITERIO	CARACTERÍSTICAS
RC122A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC123A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC124A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC125A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC126A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC127A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria

Estándares de Conservación – Pavimentos Flexibles

CÓDIGO	NOMBRE	CRITERIO	CARACTERÍSTICAS
RC128A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC129A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>3,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC130A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC131A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC132A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC133A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria

Estándares de Conservación – Pavimentos Flexibles

CÓDIGO	NOMBRE	CRITERIO	CARACTERÍSTICAS
RC134A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC135A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC136A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC137A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC138A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>4,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC139A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria

Estándares de Conservación – Pavimentos Flexibles

CÓDIGO	NOMBRE	CRITERIO	CARACTERÍSTICAS
RC140A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC141A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>25%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC142A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC143A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC144A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>30%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC145A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>70n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria

Estándares de Conservación – Pavimentos Flexibles

CÓDIGO	NOMBRE	CRITERIO	CARACTERÍSTICAS
RC146A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>100n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RC147A	Recapado Asfáltico Tipo 5	IRI>5,0m/km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Baches>130n°/Km	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Ahuellamiento>10mm	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		Área Dañada>35%	Recapado con 50 mm de carpeta, 70 mm de binder y 90 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RE01A	Reconstrucción Asfáltica Tipo 1	IRI>6,0m/km y TMDA<300	Reconstrucción con 60 mm de carpeta, 150 mm de base granular y 150 mm de subbase
		1 vez al año	Rutinaria
RE02A	Reconstrucción Asfáltica Tipo 1	IRI>7,0m/km y TMDA<300	Reconstrucción con 60 mm de carpeta, 150 mm de base granular y 150 mm de subbase
		1 vez al año	Rutinaria
RE03A	Reconstrucción Asfáltica Tipo 2	IRI>6,0m/km y 300>TMDA>1200	Reconstrucción con 50 mm de carpeta, 90 mm de base asfáltica, 150 mm de base granular y 150 mm de subbase
		1 vez al año	Rutinaria
RE04A	Reconstrucción Asfáltica Tipo 2	IRI>7,0m/km y 300>TMDA>1200	Reconstrucción con 50 mm de carpeta, 90 mm de base asfáltica, 150 mm de base granular y 150 mm de subbase
		1 vez al año	Rutinaria
RE05A	Reconstrucción Asfáltica Tipo 3	IRI>6,0m/km y 1200>TMDA>3000	Reconstrucción con 70 mm de carpeta, 120 mm de base asfáltica, 150 mm de base granular y 150 mm de subbase
		1 vez al año	Rutinaria
RE06A	Reconstrucción Asfáltica Tipo 3	IRI>7,0m/km y 1200>TMDA>3000	Reconstrucción con 70 mm de carpeta, 120 mm de base asfáltica, 150 mm de base granular y 150 mm de subbase
		1 vez al año	Rutinaria
RE07A	Reconstrucción Asfáltica Tipo 4	IRI>6,0m/km y TMDA>3000	Reconstrucción con 60 mm de carpeta, 70 mm de binder, 80 mm de base asfáltica, 150 mm de base granular y 150 mm de subbase
		1 vez al año	Rutinaria
RE08A	Reconstrucción Asfáltica Tipo 4	IRI>7,0m/km y TMDA>3000	Reconstrucción con 60 mm de carpeta, 70 mm de binder, 80 mm de base asfáltica, 150 mm de base granular y 150 mm de subbase
		1 vez al año	Rutinaria
RE09A	Reconstrucción Asfáltica Tipo 5	IRI>6,0m/km y TMDA<1200	Reconstrucción con Tratamiento Superficial Doble
		1 vez al año	Rutinaria
RE10A	Reconstrucción Asfáltica Tipo 5	IRI>7,0m/km y TMDA<1200	Reconstrucción con Tratamiento Superficial Doble
		1 vez al año	Rutinaria
RE11A	Reconstrucción Asfáltica Tipo 6	IRI>6,0m/km y TMDA<1200	Reconstrucción con Tratamiento Superficial Simple
		1 vez al año	Rutinaria
RE12A	Reconstrucción Asfáltica Tipo 6	IRI>7,0m/km y TMDA<1200	Reconstrucción con Tratamiento Superficial Simple
		1 vez al año	Rutinaria
RP01A	Repavimentación Asfáltica Tipo 1	IRI>5,0m/km y TMDA<300	Repavimentación con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RP02A	Repavimentación Asfáltica Tipo 1	IRI>6,0m/km y TMDA<300	Repavimentación con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria

Estándares de Conservación – Pavimentos Flexibles

CÓDIGO	NOMBRE	CRITERIO	CARACTERÍSTICAS
RP03A	Repavimentación Asfáltica Tipo 1	IRI>7,0m/km y TMDA<300	Repavimentación con 60 mm de carpeta
		1 vez al año	Rutinaria
RP04A	Repavimentación Asfáltica Tipo 2	IRI>5,0m/km y 300>TMDA>1200	Repavimentación con 70 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RP05A	Repavimentación Asfáltica Tipo 2	IRI>6,0m/km y 300>TMDA>1200	Repavimentación con 70 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RP06A	Repavimentación Asfáltica Tipo 2	IRI>7,0m/km y 300>TMDA>1200	Repavimentación con 70 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RP07A	Repavimentación Asfáltica Tipo 3	IRI>5,0m/km 1200>TMDA>3000	Repavimentación con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RP08A	Repavimentación Asfáltica Tipo 3	IRI>6,0m/km 1200>TMDA>3000	Repavimentación con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RP09A	Repavimentación Asfáltica Tipo 3	IRI>7,0m/km 1200>TMDA>3000	Repavimentación con 50 mm de carpeta, 60 mm de binder y 80 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RP10A	Repavimentación Asfáltica Tipo 4	IRI>5,0m/km y TMDA>3000	Repavimentación con 60 mm de carpeta, 70 mm de binder y 100 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RP11A	Repavimentación Asfáltica Tipo 4	IRI>6,0m/km y TMDA>3000	Repavimentación con 60 mm de carpeta, 70 mm de binder y 100 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RP12A	Repavimentación Asfáltica Tipo 4	IRI>7,0m/km y TMDA>3000	Repavimentación con 60 mm de carpeta, 70 mm de binder y 100 mm de base asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
RP13A	Repavimentación Asfáltica Tipo 5	IRI>5,0m/km y TMDA<1200	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble
		1 vez al año	Rutinaria
RP14A	Repavimentación Asfáltica Tipo 5	IRI>6,0m/km y TMDA<1200	Repavimentación con Tratamiento Superficial Doble
		1 vez al año	Rutinaria
RP15A	Repavimentación Asfáltica Tipo 6	IRI>5,0m/km y TMDA<1200	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple
		1 vez al año	Rutinaria
RP16A	Repavimentación Asfáltica Tipo 6	IRI>6,0m/km y TMDA<1200	Repavimentación con Tratamiento Superficial Simple
		1 vez al año	Rutinaria
RUTINARI A	Conservación Rutinaria	1 vez al año	Rutinaria
SELL01	Sello Granular	Perdida de áridos>20%	Sello Granular
		Agrietamiento>15%	Sello Granular
		Área dañada>20%	Sello Granular
		1 vez al año	Rutinaria
SELL02	Sello Granular	Perdida de áridos>20%	Sello Granular
		Agrietamiento>15%	Sello Granular
		Área dañada>25%	Sello Granular
		1 vez al año	Rutinaria
SELL03	Sello Granular	Perdida de áridos>20%	Sello Granular
		Agrietamiento>15%	Sello Granular
		Área dañada>30%	Sello Granular
		1 vez al año	Rutinaria
SELL04	Sello Granular	Perdida de áridos>30%	Sello Granular
		Agrietamiento>15%	Sello Granular
		Área dañada>20%	Sello Granular
		1 vez al año	Rutinaria

Estándares de Conservación – Pavimentos Flexibles

CODIGO	NOMBRE	CRITERIO	CARACTERISTICAS
SELL05	Sello Granular	Perdida de áridos>30%	Sello Granular
		Agrietamiento>15%	Sello Granular
		Área dañada>25%	Sello Granular
		1 vez al año	Rutinaria
SELL06	Sello Granular	Perdida de áridos>30%	Sello Granular
		Agrietamiento>15%	Sello Granular
		Área dañada>30%	Sello Granular
		1 vez al año	Rutinaria
SELL07	Sello Granular	Perdida de áridos>20%	Sello Granular
		Agrietamiento>20%	Sello Granular
		Área dañada>20%	Sello Granular
		1 vez al año	Rutinaria
SELL08	Sello Granular	Perdida de áridos>20%	Sello Granular
		Agrietamiento>20%	Sello Granular
		Área dañada>25%	Sello Granular
		1 vez al año	Rutinaria
SELL09	Sello Granular	Perdida de áridos>20%	Sello Granular
		Agrietamiento>20%	Sello Granular
		Área dañada>30%	Sello Granular
		1 vez al año	Rutinaria
SELL10	Sello Granular	Perdida de áridos>30%	Sello Granular
		Agrietamiento>20%	Sello Granular
		Área dañada>20%	Sello Granular
		1 vez al año	Rutinaria
SELL11	Sello Granular	Perdida de áridos>30%	Sello Granular
		Agrietamiento>20%	Sello Granular
		Área dañada>25%	Sello Granular
		1 vez al año	Rutinaria
SELL12	Sello Granular	Perdida de áridos>30%	Sello Granular
		Agrietamiento>20%	Sello Granular
		Área dañada>30%	Sello Granular
		1 vez al año	Rutinaria
SELL13	Sello Granular	Perdida de áridos>20%	Sello Granular
		Agrietamiento>25%	Sello Granular
		Área dañada>20%	Sello Granular
		1 vez al año	Rutinaria
SELL14	Sello Granular	Perdida de áridos>20%	Sello Granular
		Agrietamiento>25%	Sello Granular
		Área dañada>25%	Sello Granular
		1 vez al año	Rutinaria
SELL15	Sello Granular	Perdida de áridos>20%	Sello Granular
		Agrietamiento>25%	Sello Granular
		Área dañada>30%	Sello Granular
		1 vez al año	Rutinaria
SELL16	Sello Granular	Perdida de áridos>30%	Sello Granular
		Agrietamiento>25%	Sello Granular
		Área dañada>25%	Sello Granular
		1 vez al año	Rutinaria
SELL17	Sello Granular	Perdida de áridos>30%	Sello Granular
		Agrietamiento>25%	Sello Granular
		Área dañada>30%	Sello Granular
		1 vez al año	Rutinaria
SELL18	Sello Granular	Intervalo de tiempo = 5%	Sello Granular
		1 vez al año	Rutinaria
SELL19	Sello Granular	Agrietamiento>15%	Sello Granular
		1 vez al año	Rutinaria

Estándares de Conservación – Pavimentos Flexibles

CODIGO	NOMBRE	CRITERIO	CARACTERÍSTICAS
SELL20	Sello Granular	Agrietamiento>20%	Sello Granular
		1 vez al año	Rutinaria
SELL21	Sello Granular	Agrietamiento>25%	Sello Granular
		1 vez al año	Rutinaria
SS01	Lechada Asfáltica	Agrietamiento>15%	Lechada Asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
SS02	Lechada Asfáltica	Agrietamiento>20%	Lechada Asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
SS03	Lechada Asfáltica	Agrietamiento>25%	Lechada Asfáltica
		1 vez al año	Rutinaria
VIAL	Políticas Asociadas a la Dirección de Vialidad	IRI>6,0m/km	Reconstrucción con 50 mm de carpeta, 90 mm de base asfáltica, 150 mm de base granular y 150 mm de subbase
		IRI>4,5m/km	Recapado con 50 mm de carpeta y 80 mm de base asfáltica
		Área Agrietada>20%	Lechada Asfáltica
		Bachear hasta 80 m2/km/año	Bacheo
		1 vez al año	Rutinaria

ANEXO B

DATOS CALIBRADOS DE MODELO DE DETERIORO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

En el presente anexo se incluyen los valores de los parámetros considerados en el modelo de costos de operación de los usuarios, los cuales fueron calibrados por DDQ Ingenieros consultores E.I.R.L (2010).

Tabla B.1. Factores de Calibración Modelos de Deterioro HDM-4

Factor de Calibración	Modelo de Deterioro HDM-4
Kcia	Inicio total de grietas estructurales
Kciw	Inicio total de grietas anchas
Kcpa	Progresión total de grietas estructurales
Kcpw	Progresión total de grietas anchas
Kcit	Inicio grietas térmicas transversales
Kcpt	Progresión grietas térmicas transversales
Kpi	Inicio de baches
Kpp	Progresión de baches
Krid	Ahuellamiento – Densificación inicial
Krst	Ahuellamiento – Deterioro estructural
Krpd	Ahuellamiento – Deformación plástica
Krsw	Ahuellamiento – Desgaste superficial
Kgs	Rugosidad – Estructura
Kgc	Rugosidad – Grietas
Kgr	Rugosidad – Ahuellamiento
Kgp	Rugosidad – Baches
Kgm	Rugosidad – Medio Ambiente
Kvi	Inicio de pérdida de áridos
Kvp	Progresión de pérdida de áridos
Ktd	Profundidad de la textura
Ksfc	Resistencia al deslizamiento
Ksfcs	Resistencia al deslizamiento – efecto velocidad
Keb	Quiebre de borde
Kf	Relación estación húmeda/seca SNP
Kddf	Factor de drenaje

Tabla B.2. Valores Óptimos Recomendados de Factores de Agrietamiento
Kcia, Kcpa, Kciw y Kcpw

Categoría		Tipo de Estructura	Zona Climática	Nivel de Tránsito	Nivel de deflexión	Agrietamiento Estructural			
						Kcia	Kcpa	Kciw	Kcpw
A01	NTMDM-O	ACC	Norte	Medio	Media	2,7	0,05	s/d	s/d
A02	CTBDM-O	ACC	Centro	Bajo	Media	1,25	0,1	1 (fijo)	0,05
A03	CTMDA-O	ACC	Centro	Medio	Alta	2,8	0,35	1,7	1
A05	STADM-O	ACC	Sur	Alto	Media	5,7	0,5	1,9	0,3
A06	STADB-R	ACC	Sur	Alto	Baja	1	0,3	1 (fijo)	0,33
A07	STADM-R	ACC	Sur	Alto	Media	3,3	0,06	s/d	s/d
B03	NTADM-O	ACC	Norte	Alto	Media	5,5	1	1 (fijo)	0,2
B05	CTADB-O	ACC	Centro	Alto	Baja	1,9	0,1	1 (fijo)	s/d
B08	STMDB-O	ACC	Sur	Medio	Baja	2,1	0,02	s/d	s/d
B11	NTMDB-R	ACC	Norte	Medio	Baja	0,75	1,05	1 (fijo)	1,05
B13	NTADB-R	ACC	Norte	Alto	Baja	0,6	0,3	1 (fijo)	0,5
B14	NTADM-R	ACC	Norte	Alto	Media	0,9	0,3	1 (fijo)	0,5
B15	CTMDM-R	ACC	Centro	Medio	Media	3,2	1,2	1 (fijo)	1
A08	NTBDB-O	DTA	Norte	Bajo	Baja	1,8	0,62	1,2	0,23
A09	NTBDM-O	DTA	Norte	Bajo	Media	1,7	0,8	1 (fijo)	0,1
A11	CTBDA-O	DTA	Centro	Bajo	Alta	0,6	0,1	1 (fijo)	s/d
A12	CTMDM-O	DTA	Centro	Medio	Media	3,2	0,17	s/d	s/d
A13	CTMDA-O	DTA	Centro	Medio	Alta	1	0,56	1 (fijo)	0,6
A14	STBDM-O	DTA	Sur	Bajo	Media	1,2	0,1	1 (fijo)	0,17
A15	STBDA-O	DTA	Sur	Bajo	Alta	1,4	0,17	1 (fijo)	s/d
A16	STMDA-O	DTA	Sur	Medio	Alta	0,8	0,7	1 (fijo)	0,3
B19	NTMDA-O	DTA	Norte	Medio	Alta	0,25	s/d	1 (fijo)	s/d
B20	CTBDM-O	DTA	Centro	Bajo	Media	1,7	s/d	1 (fijo)	s/d
B21	CTADM-O	DTA	Centro	Alto	Media	1,4	s/d	1 (fijo)	s/d
B22	STMDM-O	DTA	Sur	Medio	Media	0,6	0,1	1 (fijo)	s/d

Tabla B.3. Factores Medios Globales de Agrietamiento Kcia, Kcpa, Kciw y Kcpw

Tipo de pav asfáltico	Param. Estadístico	Agrietamiento			
		Kcia	Kcpa	Kciw	Kcpw
Mezcla Asfáltica	N° de Obs	5	7	5	4
	Desv. Estándar	0,63	0,35	0,44	0,42
	Coef. De Variación	0,29	1,17	0,34	1,09
	Lim. Inf. I.C. 95%	1,6	0,04	0,93	-0,03
	Ki medio global	2,15	0,3	1,32	0,39
	Lim. Sup. I.C. 95%	2,7	0,57	1,71	0,8
Recapado	N° de Obs	4	6	5	5
	Desv. Estándar	0,18	0,47	0	0,33
	Coef. De Variación	0,22	0,88	0	0,48
	Lim. Inf. I.C. 95%	0,64	0,16	n/a	0,39
	Ki medio global	0,81	0,54	1	0,68
	Lim. Sup. I.C. 95%	0,98	0,91	n/a	0,96
Doble Tratamiento	N° de Obs	11	9	11	5
	Desv. Estándar	0,52	0,29	0,06	0,19
	Coef. De Variación	0,46	0,8	0,06	0,69
	Lim. Inf. I.C. 95%	0,82	0,18	0,98	0,11
	Ki medio global	1,13	0,37	1,02	0,28
	Lim. Sup. I.C. 95%	1,44	0,56	1,05	0,45

Tabla B.4. Valores Óptimos Recomendados de Factores de Baches Kpi y Kpp

Categoría		Tipo de Estructura	Zona Climática	Nivel de Tránsito	Nivel de deflexión	Baches	
						Kpi	Kpp
A06	STADB-R	ACC	Sur	Alto	Baja	1 (fijo)	0,96
B05	CTADB-O	ACC	Centro	Alto	Baja	1 (fijo)	0,5
B15	CTMDM-R	ACC	Centro	Medio	Media	1	1
A08	NTBDB-O	DTA	Norte	Bajo	Baja	1 (fijo)	0,5
A11	CTBDA-O	DTA	Centro	Bajo	Alta	1 (fijo)	0,9
A12	CTMDM-O	DTA	Centro	Medio	Media	1 (fijo)	s/d
A13	CTMDA-O	DTA	Centro	Medio	Alta	1 (fijo)	s/d
A14	STBDM-O	DTA	Sur	Bajo	Media	1 (fijo)	2,1
A16	STMDA-O	DTA	Sur	Medio	Alta	1 (fijo)	s/d

Tabla B.5. Factores Medios Globales de Baches Kpi y Kpp

Tipo de pav asfáltico	Param. Estadístico	Baches	
		Kpi	Kpp
Mezcla Asfáltica	Nº de Obs	1	1
	Desv. Estándar	n/a	n/a
	Coef. De Variación	n/a	n/a
	Lim. Inf. I.C. 95%	n/a	n/a
	Ki medio global	1	0,5
	Lim. Sup. I.C. 95%	n/a	n/a
Recapado	Nº de Obs	2	2
	Desv. Estándar	0	0
	Coef. De Variación	0	0
	Lim. Inf. I.C. 95%	n/a	0,9
	Ki medio global	1	1
	Lim. Sup. I.C. 95%	n/a	1
Doble Tratamiento	Nº de Obs	6	2
	Desv. Estándar	0	0,3
	Coef. De Variación	0	0,4
	Lim. Inf. I.C. 95%	n/a	0,3
	Ki medio global	1	0,7
	Lim. Sup. I.C. 95%	n/a	1,1

Tabla B.6. Valores Óptimos Recomendados de Factores de Ahuellamiento
Krid, Krst y Krpd

Categoría		Tipo de Estructura	Zona Climática	Nivel de Tránsito	Nivel de deflexión	Ahuellamiento		
						Krid	Krst	Krpd
A01	NTMDM-O	ACC	Norte	Medio	Media	s/d	s/d	s/d
A02	CTBDM-O	ACC	Centro	Bajo	Media	0,87	1,6	2,52
A03	CTMDA-O	ACC	Centro	Medio	Alta	0,1	0,54	1
A05	STADM-O	ACC	Sur	Alto	Media	0,59	0,1	0,1
A06	STADB-R	ACC	Sur	Alto	Baja	1	1,61	1
A07	STADM-R	ACC	Sur	Alto	Media	s/d	s/d	s/d
B03	NTADM-O	ACC	Norte	Alto	Media	1,27	1,23	1,13
B05	CTADB-O	ACC	Centro	Alto	Baja	1,96	0,45	0,82
B08	STMDB-O	ACC	Sur	Medio	Baja	s/d	s/d	s/d
B11	NTMDB-R	ACC	Norte	Medio	Baja	1	1,53	1,57
B13	NTADB-R	ACC	Norte	Alto	Baja	1	0,94	0,99
B14	NTADM-R	ACC	Norte	Alto	Media	1	1,98	1,06
B15	CTMDM-R	ACC	Centro	Medio	Media	1	0,71	1,16
A08	NTBDB-O	DTA	Norte	Bajo	Baja	1,6	0,39	1
A09	NTBDM-O	DTA	Norte	Bajo	Media	2,13	0,77	1
A11	CTBDA-O	DTA	Centro	Bajo	Alta	1,09	0,7	1
A12	CTMDM-O	DTA	Centro	Medio	Media	s/d	s/d	s/d
A13	CTMDA-O	DTA	Centro	Medio	Alta	0,6	1,73	1
A14	STBDM-O	DTA	Sur	Bajo	Media	2,09	0,18	1
A15	STBDA-O	DTA	Sur	Bajo	Alta	s/d	s/d	s/d
A16	STMDA-O	DTA	Sur	Medio	Alta	2,05	0,1	1
B19	NTMDA-O	DTA	Norte	Medio	Alta	s/d	s/d	s/d
B20	CTBDM-O	DTA	Centro	Bajo	Media	s/d	s/d	s/d
B21	CTADM-O	DTA	Centro	Alto	Media	s/d	s/d	s/d
B22	STMDM-O	DTA	Sur	Medio	Media	s/d	s/d	s/d

Tabla B.7. Factores Medios Globales de Ahuellamiento Krid, Krst y Krpd

Tipo de pav asfáltico	Param. Estadístico	Ahuellamiento		
		Krid	Krst	Krpd
Mezcla Asfáltica	Nº de Obs	5	5	5
	Desv. Estándar	0,7	0,61	0,88
	Coef. De Variación	0,74	0,78	0,79
	Lim. Inf. I.C. 95%	0,34	0,25	0,34
	Ki medio global	0,96	0,79	1,11
	Lim. Sup. I.C. 95%	1,58	1,32	1,89
	Recapado	Nº de Obs	5	5
Desv. Estándar		0	0,52	0,24
Coef. De Variación		0	0,38	0,21
Lim. Inf. I.C. 95%		n/a	0,9	0,94
Ki medio global		1	1,35	1,16
Lim. Sup. I.C. 95%		n/a	1,81	1,37
Doble Tratamiento		Nº de Obs	6	6
	Desv. Estándar	0,63	0,6	0
	Coef. De Variación	0,4	0,92	0
	Lim. Inf. I.C. 95%	1,09	0,17	n/a
	Ki medio global	1,59	0,64	1
	Lim. Sup. I.C. 95%	2,1	1,12	n/a

Tabla B.8. Valores Óptimos Recomendados de IR_{Io} y Factores de Rugosidad K_{gs}, K_{gc}, K_{gr}, K_{gp} y K_{gm}

Categoría	Tipo de Estructura	Zona Climática	Nivel de Tránsito	Nivel de deflexión	Rugosidad						
					IR _{Io}	K _{gs}	K _{gc}	K _{gr}	K _{gp}	K _{gm}	
A01	NTMDM-O	ACC	Norte	Medio	Media	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	0,43
A02	CTBDM-O	ACC	Centro	Bajo	Media	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	1,3
A03	CTMDA-O	ACC	Centro	Medio	Alta	0,83	0,59	0,82	1,21	0,1	1,3
A05	STADM-O	ACC	Sur	Alto	Media	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	1,74
A06	STADB-R	ACC	Sur	Alto	Baja	0,8	0,8	0,8	0,1	0,49	1,74
A07	STADM-R	ACC	Sur	Alto	Media	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	1,74
B03	NTADM-O	ACC	Norte	Alto	Media	1,2	0,14	1,47	0,17	0,1	0,43
B05	CTADB-O	ACC	Centro	Alto	Baja	0,8	0,6	2,5	0,96	1,03	1,3
B08	STMDB-O	ACC	Sur	Medio	Baja	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	1,74
B11	NTMDB-R	ACC	Norte	Medio	Baja	1,77	1,1	2,61	1,46	1,07	0,43
B13	NTADB-R	ACC	Norte	Alto	Baja	1,39	1,3	0,5	0,2	0,5	0,43
B14	NTADM-R	ACC	Norte	Alto	Media	1,44	1,03	1,1	0,93	1	0,43
B15	CTMDM-R	ACC	Centro	Medio	Media	1,2	1,5	2	1	1	1,3
A08	NTBDB-O	DTA	Norte	Bajo	Baja	2,3	2	1	3,6	1	0,43
A09	NTBDM-O	DTA	Norte	Bajo	Media	2,19	1,52	0,8	1,07	2	0,43
A11	CTBDA-O	DTA	Centro	Bajo	Alta	2,31	1,9	1,9	1,24	1	1,3
A12	CTMDM-O	DTA	Centro	Medio	Media	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	1,3
A13	CTMDA-O	DTA	Centro	Medio	Alta	2,16	0,1	0,1	0,1	0,1	1,3
A14	STBDM-O	DTA	Sur	Bajo	Media	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	1,74
A15	STBDA-O	DTA	Sur	Bajo	Alta	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	1,74
A16	STMDA-O	DTA	Sur	Medio	Alta	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	1,74
B19	NTMDA-O	DTA	Norte	Medio	Alta	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	0,43
B20	CTBDM-O	DTA	Centro	Bajo	Media	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	1,3
B21	CTADM-O	DTA	Centro	Alto	Media	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	1,3
B22	STMDM-O	DTA	Sur	Medio	Media	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	1,74

Tabla B.9. Factores Medios Globales IRIo y Factores de Rugosidad Kgs, Kgc, Kgr y Kgp

Tipo de pav asfáltico	Param. Estadístico	Rugosidad				
		IRIo	Kgs	Kgc	Kgr	Kgp
Mezcla Asfáltica	Nº de Obs	3	3	3	3	3
	Desv. Estándar	0,22	0,26	0,85	0,54	0,54
	Coef. De Variación	0,24	0,59	0,53	0,69	1,31
	Lim. Inf. I.C. 95%	0,69	0,15	0,64	0,17	-0,2
	Ki medio global	0,94	0,45	1,6	0,78	0,41
	Lim. Sup. I.C. 95%	1,2	0,74	2,56	1,39	1,02
	Recapado	Nº de Obs	5	5	5	5
Desv. Estándar		0,36	0,27	0,88	0,58	0,29
Coef. De Variación		0,27	0,23	0,63	0,78	0,36
Lim. Inf. I.C. 95%		1,01	0,91	0,63	0,23	0,56
Ki medio global		1,32	1,15	1,4	0,74	0,81
Lim. Sup. I.C. 95%		1,63	1,38	2,17	1,24	1,07
Doble Tratamiento		Nº de Obs	4	4	4	4
	Desv. Estándar	0,08	0,88	0,74	1,48	0,78
	Coef. De Variación	0,03	0,64	0,78	0,99	0,76
	Lim. Inf. I.C. 95%	2,17	0,52	0,22	0,05	0,26
	Ki medio global	2,24	1,38	0,95	1,5	1,03
	Lim. Sup. I.C. 95%	2,31	2,24	1,68	2,96	1,79

ANEXO C

DATOS CALIBRADOS DE MODELO DE COSTOS DE OPERACIÓN DE USUARIOS

En el presente anexo se incluyen los valores de los parámetros considerados en el modelo de costos de operación de los usuarios, los cuales fueron calibrados por el LEN Y ASOCIADOS INGENIEROS CONSULTORES LTDA. (2006)

C.1 CALIBRACIÓN MODELO DE VELOCIDAD A FLUJO LIBRE

Tabla C.1. Parámetros Calibrados (a)

Tipo	Categoría	Modelo General		VDESIR		
		β	σ	C.Simple	C.Doble	No Pav.
Autos y stations	A1	0,274	0,029	108,6	124,1	66,8
	A2	0,274	0,029	113,2	131,1	69,6
	A3	0,274	0,029	112,5	132,5	69,2
Camionetas, jeeps y furgones	CJF1	0,274	0,044	122,5	161,0	89,5
	CJF2	0,306	0,044	107,6	132,4	78,7
	CJF3	0,306	0,044	128,4	146,7	93,9
	CJF4	0,274	0,044	122,1	159,7	89,3
	CJF5	0,306	0,044	106,5	129,7	77,8
Cam. Simples 2 ejes	CS2E	0,304	0,056	110,0	122,7	67,3
Cam. Simples +2 ejes	CS+2E	0,310	0,063	118,7	113,7	64,8
Cam. semi-remolques	CSR	0,244	0,072	93,4	90,5	78,4
Cam. remolques	CR	0,244	0,072	91,4	92,2	76,7
Buses rurales	BR	0,273	0,052	99,2	105,0	60,7
Buses interurbanos	BI	0,273	0,052	106,2	108,5	65,0

β : Parámetros de forma de Weibull

σ : error estándar

VDESIR: Velocidad deseada en km/h

C.Simple: Calzada Simple

C.Doble: Calzada Doble

No Pav.: No Pavimentado

Tabla C.2. Parámetros Calibrados (b)

Tipo	Categoría	PDRIVE	PBRAKE	VCURVE	
				a0	a1
Autos y stations	A1	31,6	23,0	3,0	0,37
	A2	36,1	23,0	3,1	0,37
	A3	49,2	32,0	3,2	0,37
Camionetas, jeeps y furgones	CJF1	36,1	23,0	3,1	0,37
	CJF2	49,1	28,0	3,1	0,37
	CJF3	59,1	33,0	3,2	0,37
	CJF4	35,9	23,0	3,1	0,37
	CJF5	54,7	32,0	3,1	0,37
Cam. Simples 2 ejes	CS2E	57,5	93,0	3,5	0,32
Cam. Simples +2 ejes	CS+2E	108,8	140,0	3,6	0,33
Cam. semi-remolques	CSR	211,9	310,0	3,0	0,31
Cam. remolques	CR	193,5	290,2	3,0	0,31
Buses rurales	BR	85,5	95,0	3,2	0,36
Buses interurbanos	BI	233,5	240,0	3,0	0,36

PDRIVE: Potencia de Conducción en kW

PBRAKE: Potencia de Frenado en kW

VCURVE: velocidad en curva

ao, a1: Parámetros del modelo VCURVE

C.2 CALIBRACIÓN MODELO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL HDM-4

Tabla B.3. Parámetros Finales Modelo de Consumo de Combustible

Parámetro	A-1	A-2	A-3	CJF-1	CJF-2	CJF-3	CJF-4	CJF-5	CS2E	CS+2E	CST	CT	BR	BI
COMB	G	G	G	G	G	G	D	D	D	D	D	D	D	D
NUM_WHEELS	4	4	4	4	4	4	4	4	6	11	20	18	6	6
WHEEL_DIA	0,56	0,56	0,62	0,63	0,66	0,71	0,57	0,68	0,73	0,97	1	1	0,75	1,02
% Neum. Radial	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	56.5%	46.1%	67.2%	71.9%	100%	85.7%
% Neum. Conv.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	43.5%	53.9%	32.8%	28.1%	0%	14.3%
CD	0,32	0,33	0,33	0,46	0,46	0,44	0,41	0,46	0,7	0,83	0,63	0,63	0,65	0,65
CDmult	1,1	1,1	1,1	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,13	1,14	1,22	1,22	1,14	1,14
AF	1,92	1,93	2,03	2,19	2,2	2,38	2,29	2,33	3,95	6,64	7,31	6,88	5,5	8,23
WGT_OPER	1,28	1,33	1,68	1,68	1,85	2,28	1,68	2,11	5,83	15,29	27,09	29,81	9,25	17,19
CR_B_a0	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
CR_B_a1	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064
CR_B_a2	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
IDLE_FUEL	0,25	0,29	0,36	0,3	0,4	0,53	0,37	0,37	0,44	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7
RPM_a0	2280	2280	1709	2490	2490	2490	2490	2490	1214	1167	1167	1167	1214	1167
RPM_a1	17	17	7,2	-30,4	-30,4	-30,4	-30,4	-30,4	17,6	-24	-24	-24	17,6	-24
RPM_a2	0,83	0,83	0,99	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,32	1,76	1,76	1,76	2,32	1,76
RPM_a3	42	42	42	34	34	34	34	34	22	22	22	22	22	22
RPM_IDLE	800	800	800	800	800	800	800	800	500	500	500	500	500	500
ZETAB	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,051	0,057	0,057	0,056	0,055	0,056	0,057	0,05
EHP	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
PRAT	55,2	74,3	98,6	72,8	86,1	122,8	50	59,6	90,5	171,4	278,8	227,3	98,6	269,2
PDRIVE	29,3	33,4	46	33,9	46,5	55,8	33,8	52,1	57,5	108,8	211,9	193,5	85,5	233,5
EDT	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
PACCS_a0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
PCTPENG	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Kpea	0,57	0,67	0,74	0,58	0,99	0,92	0,53	0,9	1,1	0,95	0,95	1,1	0,5	0,45
adral	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
FRIAMAX	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
NMTAMAX	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
RIAMAX	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
AMAXRI	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
CR_CR2_a0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
CR_CR2_a1	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
CR_CR2_a2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Kcr2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,7

C.3 CALIBRACIÓN MODELO CONSUMO DE LUBRICANTES

Tabla B.4. Parámetro OILCONT [lts/1000Km]

Tipo	Lubricante motor	Otros lubricantes	Total
A1	0,69	0,24	0,93
A2	0,66	0,23	0,89
A3	0,67	0,23	0,90
CJF1	0,83	0,29	1,11
CJF2	0,81	0,28	1,09
CJF3	0,65	0,23	0,88
CJF4	0,86	0,30	1,17
CJF5	0,70	0,25	0,95
CS2E	1,04	0,36	1,40
CS+2E	3,32	1,16	4,48
CST	4,01	1,40	5,41
CT	3,41	1,20	4,61
TXB	2,06	0,72	2,79
BI	1,93	0,67	2,60

Tabla C.5. Parámetro OILOPER

Tipo	Tipo vehículo HDM4 asimilado	OILOPER por defecto HDM4
A1	Passenger car	0,0028
A2		0,0028
A3		0,0028
CJF1	Light good and delivery vehicle, mini-bus, 4WD	0,0028
CJF2		0,0028
CJF3		0,0028
CJF4		0,0028
CJF5		0,0028
CS2E	Light and medium truck	0,0021
CS+2E		0,0021
CST	Heavy and articulated truck	0,0021
CT		0,0021
TXB	Light and medium bus	0,0021
BI		0,0021

C.4 CALIBRACIÓN MODELO DE CONSUMO DE NEUMÁTICOS

Tabla C.6. Ponderadores de diferentes tipos de camino (%)

Tipo	Calz. Simple	Calz. Doble
A1	7.5	92.5
A2	5.0	95.0
A3	2.5	97.5
CJF1	0.0	100.0
CJF2	3.5	96.5
CJF3	4.3	95.7
CJF4	3.8	96.3
CJF5	5.0	95.0
CS2E	0.7	99.3
CS+2E	1.5	98.5
CSR	0.0	100.0
CR	1.2	98.8
BI	85.0	15.0

Tabla C.7. Asimilación de las categorías HDM4

Tipo	Tipo de vehículo (cod)
A1	Small Car (2)
A2	Medium Car (3)
A3	Large Car (4)
CJF1	Light delivery vehicle (5)
CJF2	Light delivery vehicle (5)
CJF3	Four wheel drive (7)
CJF4	Light delivery vehicle (5)
CJF5	Light delivery vehicle (5)
CS2E	Medium truck (9)
CS+2E	Heavy truck (10)
CSR	Articulated truck (11)
CR	Articulated truck (11)
TXB	Medium bus (14)
BI	Coach (16)

Tabla C.8. Parámetros Finales Modelo de Consumo de Neumáticos

Parámetro	A-1	A-2	A-3	CJF-1	CJF-2	CJF-3	CJF-4	CJF-5	CS2E	CS+2E	CSR	CR	TXB	BI
VOL	1,12	1,07	1,58	1,34	1,53	2,25	1,14	1,84	2,02	6,21	5,94	5,79	2,6	5,59
NRO	0	0	0	0	0	0	0	0	1,334	1,326	1,575	1,575	1,887	1,342
RREC	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50	50	50	50	50
NUM_WHEELS	4	4	4	4	4	4	4	4	6	11	20	18	6	6
WGT_OPER	1,28	1,33	1,68	1,68	1,85	2,28	1,68	2,11	5,83	15,29	27,09	29,81	9,25	17,19
VEHFAC	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
RIMOD	Rlav	Rlav	Rlav	Rlav	Rlav	Rlav	Rlav	Rlav	7	Min(7, Rlav)			7	Min(7, Rlav)
COTC	0,01935	0,01595	0,03066	0,01795	0,02706	0,04606	0,01309	0,03624	-0,00159	0,02564	0,03624	0,03176	0,01149	0,01269
CTCTE	0,00204	0,00204	0,00204	0,00187	0,00187	0,00187	0,00187	0,00187	0,00201	0,00275	0,00311	0,00311	0,00207	0,00241

C.5 CALIBRACIÓN MODELO DE CONSUMO DE REPUESTOS

Tabla C.9. Parámetros Modelo de Consumo de repuestos

Parámetro	A-1	A-2	A-3	CJF-1	CJF-2	CJF-3	CJF-4	CJF-5	CS2E	CS+2E	CSR	CR	TXB	BI
CKM	153.765	116.968	120.408	167.701	160.055	144.715	87.380	121.641	492.592	1.077.324	738.121	1.117.116	742.558	1.211.088
RIMIN	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
RI_SHAPE	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
KP	0,308	0,308	0,308	0,308	0,308	0,371	0,308	0,308	0,371	0,371	0,371	0,371	0,483	0,483
a0x10-5	3,694	3,694	3,694	3,694	3,694	0,729	3,694	3,694	1,158	1,158	1,358	1,358	0,057	0,064
a1x10-6	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	2,96	6,2	6,2	2,96	2,96	2,96	2,96	0,49	0,46
K0pc	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
K1pc	-0,0022	-0,00202	-0,00204	-0,00226	-0,00223	-0,00133	-0,00185	-0,00205	-0,00265	-0,00354	-0,00338	-0,00394	-0,0014	-0,00175

C.6 CALIBRACIÓN MODELO DE CONSUMO DE MANO DE OBRA

Tabla C.10. Parámetros Modelo de Consumo de mano de obra

Parámetro	A-1	A-2	A-3	CJF-1	CJF-2	CJF-3	CJF-4	CJF-5	CS2E	CS+2E	CSR	CR	TXB	BI
a0	77,14	77,14	77,14	77,14	77,14	77,14	77,14	77,14	242,03	301,46	301,46	301,46	293,44	293,44
a1	0,547	0,547	0,547	0,547	0,547	0,547	0,547	0,547	0,519	0,519	0,519	0,519	0,517	0,517
K0lh	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
K1lh	-1,57693	-1,51114	-1,22223	-0,95064	-0,96543	-0,74146	-1,39294	-0,78188	-760,242	-766,062	-358,042	-397,695	-349,359	-226,306

C.7 CALIBRACIÓN MODELO DE DEPRECIACIÓN

Tabla C.11. Depreciación promedio por categoría

Tipo	Categoría	Precio actual modelado	Precio de mercado veh nuevo sin IVA	% depreciado	Depreciación por año [\$/km]
Autos y stations	A1	2.654.581	4.952.614	46,4	14,94
	A2	3.141.623	5.132.417	38,79	17,02
	A3	4.003.705	10.332.983	61,25	52,57
Camionetas, jeeps y furgones	CJF1	2.124.948	7.154.279	70,3	29,99
	CJF2	4.060.159	8.565.364	52,6	28,15
	CJF3	4.827.574	11.500.114	58,02	46,11
	CJF4	4.528.944	6.095.441	25,7	17,93
	CJF5	7.621.893	10.011.875	23,87	19,65
Camiones 2 ejes	CS2E	5.599.086	11.343.866	50,64	11,66
Camiones + 2 ejes	CSM2E	12.413.415	25.979.173	52,22	12,59
Camiones semiremolques	CSR	25.513.988	50.714.008	49,69	34,14
Camiones Remolques	CR	16.361.753	54.349.950	69,9	34,01
Bus interurbano	BI	32.606.912	77.010.000	57,66	36,66
Taxibuses	TXB	11.987.090	33.320.000	64,02	28,73

ANEXO D
EVALUACIÓN BENEFICIOS ALTERNATIVAS ÓPTIMAS

HD.M-4 Discounted Net Benefit Streams

Section: 01-EDTB-D
 Alternative: RP15A

Sect ID: 01-EDTB-D
 Length: 1.00 km
 Width: 7.00 m
 Road Class: Primary or trunk
 Rise+Fall: 16.70 m/km
 Curvature: 155.10 deg/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs								Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits			
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic				Generated Traffic								
				MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	Accident Cost Reduction						
2012	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.053	
2013	0.000	0.000	0.000	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007
2014	0.000	0.000	0.000	0.006	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007
2015	0.000	0.000	0.000	0.006	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
2016	0.000	0.000	0.000	0.006	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
2017	0.000	0.000	0.000	0.007	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009
2018	0.000	0.000	0.000	0.007	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
2019	0.000	0.000	0.000	0.008	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011
2020	0.000	0.000	0.000	0.010	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014
2021	0.000	0.000	0.000	0.012	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017
2022	0.000	0.000	0.000	0.015	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023
2023	0.000	0.000	0.000	0.020	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031
2024	0.000	0.000	0.000	0.027	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.042
2025	0.000	0.000	0.000	0.031	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.048
2026	0.000	0.000	0.000	0.030	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.047
Total:	0.053	0.000	0.000	0.189	0.091	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.228

H.D.M-4 Discounted Net Benefit Streams

Section: 02-EDTB-M
Alternative: RP15A

Sect ID: 02-EDTB-M Road Class: Primary or trunk
Length: 1.00 km Width: 7.00 m Rise+Fall: 16,70 m/km Curvature: 155,10 deg/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs						Accident Cost Reduction	Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits	
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic		Generated Traffic		NMT Time & Operation					
				MT VOC	MT Time	MT VOC	MT Time						
2012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2013	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2014	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2015	0.000	0.000	0.000	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2016	0.000	0.000	0.000	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2017	0.000	0.000	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2018	0.000	0.000	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2019	0.000	0.000	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2020	0.000	0.000	0.000	0.007	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2021	0.000	0.000	0.000	0.009	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2022	0.000	0.000	0.000	0.011	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2023	0.000	0.000	0.000	0.015	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2024	0.000	0.000	0.000	0.020	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2025	0.000	0.000	0.000	0.027	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2026	0.000	0.000	0.000	0.030	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total:	0.050	0.000	0.000	0.150	0.070	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.170

H.D.M.-4 Discounted Net Benefit Streams

Section: 03-EDTB-R
 Alternative: RP15A

Sect ID: 03-EDTB-R Road Class: Primary or trunk Curvature: 155,10 deg/km
 Length: 1,00 km Width: 7,00 m Rise+Fall: 16,70 m/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs						Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits	
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic		Generated Traffic		Accident Cost Reduction				
				MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC		MT Time			NMT Time & Operation
2012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2017	0.038	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.039
2018	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005
2019	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006
2020	0.000	0.000	0.000	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006
2021	0.000	0.000	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007
2022	0.000	0.000	0.000	0.007	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009
2023	0.000	0.000	0.000	0.008	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012
2024	0.000	0.000	0.000	0.011	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016
2025	0.000	0.000	0.000	0.015	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022
2026	0.000	0.000	0.000	0.021	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032
Total:	0.038	0.000	0.000	0.081	0.035	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.076

Section: 04-EDTMD
 Alternative: RP15A

Sect ID: 04-EDTMD Road Class: Primary or trunk
 Length: 1.00 km Width: 7.00 m Rise+Fall: 16.70 m/km Curvature: 155.10 deg/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs						Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits	
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic		Generated Traffic		Accident Cost Reduction				
				MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC		MT Time			NMT Time & Operation
2012	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.053
2013	0.000	0.000	0.000	0.014	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017
2014	0.000	0.000	0.000	0.014	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019
2015	0.000	0.000	0.000	0.015	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020
2016	0.000	0.000	0.000	0.016	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021
2017	0.000	0.000	0.000	0.018	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024
2018	0.000	0.000	0.000	0.020	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.027
2019	0.000	0.000	0.000	0.023	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032
2020	0.000	0.000	0.000	0.028	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.041
2021	0.000	0.000	0.000	0.037	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.055
2022	0.000	0.000	0.000	0.053	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.081
2023	0.000	0.000	0.000	0.073	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.113
2024	0.000	0.000	0.000	0.081	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.127
2025	0.000	0.000	0.000	0.079	0.045	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.123
2026	0.000	0.000	0.000	0.076	0.044	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.119
Total:	0.053	0.000	0.000	0.547	0.274	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.768

HDM - 4

HERWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Discounted Net Benefit Streams

Study Name: Tramos Tesis
 Run Date: 04-11-2012
 Currency: US Dollar (millions)
 Discount rate: 6,00 %

Section: 05-EDTM-M
 Alternative: P11

Sect ID: 05-EDTM-M Width: 7,00 m Road Class: Primary or trunk Curvature: 155,10 deg/km
 Length: 1,00 km Rise+Fall: 16,70 m/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs						Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits	
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic		Generated Traffic		Accident Cost Reduction				
				MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC		MT Time			NMT Time & Operation
2012	0.084	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.084
2013	0.000	0.000	0.000	0.011	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014
2014	0.000	0.000	0.000	0.012	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015
2015	0.000	0.000	0.000	0.013	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016
2016	0.000	0.000	0.000	0.013	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017
2017	0.000	0.000	0.000	0.014	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019
2018	0.000	0.000	0.000	0.016	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020
2019	0.000	0.000	0.000	0.017	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023
2020	0.000	0.000	0.000	0.020	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.027
2021	0.000	0.000	0.000	0.024	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034
2022	0.000	0.000	0.000	0.031	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045
2023	0.000	0.000	0.000	0.044	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065
2024	0.000	0.000	0.000	0.066	0.036	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.101
2025	0.000	0.000	0.000	0.080	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.125
2026	0.000	0.000	0.000	0.079	0.044	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.124
Total:	0.084	0.000	0.000	0.440	0.205	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.961

HDM - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Discounted Net Benefit Streams

Study Name: Tramos Tesis

Run Date: 04-11-2012

Currency: US Dollar (millions)

Discount rate: 6,00 %

Section: 06-EDTMR
Alternative: P11

Sect ID: 06-EDTMR

Length: 1,00 km

Width: 7,00 m

Road Class: Primary or trunk

Rise/Fall: 16,70 m/km

Curvature: 155,10 deg/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs						Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic		Generated Traffic		Accident Cost Reduction			
				MT VOC	MT Time	MT VOC	MT Time & Operation				
2012	0.084	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.084
2013	0.000	0.000	0.000	0.008	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
2014	0.000	0.000	0.000	0.009	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011
2015	0.000	0.000	0.000	0.009	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012
2016	0.000	0.000	0.000	0.010	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012
2017	0.000	0.000	0.000	0.010	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013
2018	0.000	0.000	0.000	0.011	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014
2019	0.000	0.000	0.000	0.012	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015
2020	0.000	0.000	0.000	0.012	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016
2021	0.000	0.000	0.000	0.013	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017
2022	0.000	0.000	0.000	0.014	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018
2023	0.000	0.000	0.000	0.015	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020
2024	0.000	0.000	0.000	0.017	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023
2025	0.000	0.000	0.000	0.020	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028
2026	0.000	0.000	0.000	0.025	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036
Total:	0.084	0.000	0.000	0.187	0.060	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.163

H.D.M. - 4 Discounted Net Benefit Streams

Section: 07-EMTB-D
Alternative: RP15A

Sect ID: 07-EMTB-D Road Class: Primary or trunk Curvature: 155.10 deg/km
Length: 1.00 km Width: 7.00 m Rise+Fall: 16.70 m/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs							Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits	
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic		Generated Traffic			Accident Cost Reduction				
				MT VOC	MT Time	MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation					
2012	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.053
2013	0.000	0.000	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007
2014	0.000	0.000	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
2015	0.000	0.000	0.000	0.007	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009
2016	0.000	0.000	0.000	0.007	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
2017	0.000	0.000	0.000	0.008	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011
2018	0.000	0.000	0.000	0.008	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011
2019	0.000	0.000	0.000	0.008	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013
2020	0.000	0.000	0.000	0.010	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014
2021	0.000	0.000	0.000	0.010	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015
2022	0.000	0.000	0.000	0.011	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016
2023	0.000	0.000	0.000	0.012	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017
2024	0.000	0.000	0.000	0.013	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019
2025	0.000	0.000	0.000	0.013	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020
2026	0.000	0.000	0.000	0.014	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022
Total:	0.053	0.000	0.000	0.134	0.056	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.137

H.D.M. 4 Discounted Net Benefit Streams

Section: 08-EMTB-M
Alternative: RP15A

Sect ID: 08-EMTB-M Road Class: Primary or trunk
Length: 1.00 km Width: 7.00 m Riser-Fall: 16,70 ml/km Curvature: 155,10 deg/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs								Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits		
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic		Generated Traffic		Accident Cost Reduction	MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation				
				MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC							MT Time	NMT Time & Operation
2012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2013	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.050
2014	0.000	0.000	0.000	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006
2015	0.000	0.000	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007
2016	0.000	0.000	0.000	0.008	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
2017	0.000	0.000	0.000	0.008	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
2018	0.000	0.000	0.000	0.007	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009
2019	0.000	0.000	0.000	0.007	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
2020	0.000	0.000	0.000	0.008	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011
2021	0.000	0.000	0.000	0.009	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012
2022	0.000	0.000	0.000	0.009	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013
2023	0.000	0.000	0.000	0.010	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014
2024	0.000	0.000	0.000	0.010	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015
2025	0.000	0.000	0.000	0.011	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017
2026	0.000	0.000	0.000	0.012	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018
Total:	0.050	0.000	0.000	0.108	0.042	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.098

H.D.M.-4 Discounted Net Benefit Streams

Section: 09-EMTB-R
Alternative: RP15A

Sect ID: 09-EMTB-R Road Class: Primary or trunk
Length: 1.00 km Width: 7.00 m Riser+Fall: 16,70 m/km Curvature: 155,10 deg/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs						Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits	
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic		Generated Traffic		Accident Cost Reduction				
				MT VOC	MT Time	MT VOC	MT Time		NMT Time & Operation			
2012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2015	0.044	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.044
2016	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
2017	0.000	0.000	0.000	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
2018	0.000	0.000	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007
2019	0.000	0.000	0.000	0.006	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
2020	0.000	0.000	0.000	0.006	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009
2021	0.000	0.000	0.000	0.007	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
2022	0.000	0.000	0.000	0.008	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
2023	0.000	0.000	0.000	0.008	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011
2024	0.000	0.000	0.000	0.009	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012
2025	0.000	0.000	0.000	0.009	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013
2026	0.000	0.000	0.000	0.010	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016
Total:	0.044	0.000	0.000	0.078	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.094

H.D.M - 4 Discounted Net Benefit Streams

Section: 10-EMTM/D
 Alternative: RP15A

Sect ID: 10-EMTM/D Road Class: Primary or trunk Curvature: 155,10 deg/km
 Length: 1,00 km Width: 7,00 m Riser-Fall: 16,70 m/km

Year	In crease in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs						Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits	
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic		Generated Traffic		Accident Cost Reduction				
				MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC		MT Time			NMT Time & Operation
2012	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.053
2013	0.000	0.000	0.000	0.015	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020
2014	0.000	0.000	0.000	0.018	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023
2015	0.000	0.000	0.000	0.020	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.027
2016	0.000	0.000	0.000	0.023	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031
2017	0.000	0.000	0.000	0.026	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036
2018	0.000	0.000	0.000	0.030	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043
2019	0.000	0.000	0.000	0.035	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.051
2020	0.000	0.000	0.000	0.042	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.063
2021	0.000	0.000	0.000	0.051	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.077
2022	0.000	0.000	0.000	0.062	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.096
2023	0.000	0.000	0.000	0.076	0.042	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.118
2024	0.000	0.000	0.000	0.081	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.127
2025	0.000	0.000	0.000	0.079	0.045	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.123
2026	0.000	0.000	0.000	0.076	0.044	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.119
Total:	0.053	0.000	0.000	0.633	0.323	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.903

H.D.M.-4 Discounted Net Benefit Streams

Section: 11-EMTM-R
Alternative: RP15A

Sect ID: 11-EMTM-R Road Class: Primary or trunk
 Length: 1.00 km Width: 7.00 m Rise+Fall: 16,70 m/km Curvature: 155,10 deg/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs							Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits	
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic		Generated Traffic			Accident Cost Reduction				
				MT VOC	MT Time	MMT Time & Operation	MT VOC	MT Time		MMT Time & Operation			
2012	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.053
2013	0.000	0.000	0.000	0.012	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015
2014	0.000	0.000	0.000	0.014	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018
2015	0.000	0.000	0.000	0.016	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021
2016	0.000	0.000	0.000	0.018	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024
2017	0.000	0.000	0.000	0.021	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028
2018	0.000	0.000	0.000	0.024	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034
2019	0.000	0.000	0.000	0.028	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040
2020	0.000	0.000	0.000	0.033	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.048
2021	0.000	0.000	0.000	0.040	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.061
2022	0.000	0.000	0.000	0.050	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.076
2023	0.000	0.000	0.000	0.062	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.096
2024	0.000	0.000	0.000	0.074	0.042	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.116
2025	0.000	0.000	0.000	0.079	0.045	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.123
2026	0.000	0.000	0.000	0.076	0.044	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.119
Total:	0.053	0.000	0.000	0.548	0.273	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.788

HDM -4 Discounted Net Benefit Streams

Section: 12-EMTMM
Alternative: RP15A

Sect ID: 12-EMTMM
Length: 1.00 km
Width: 7.00 m
Road Class: Primary or trunk
Rise+Fall: 16.70 m/km
Curvature: 155.10 deg/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs						Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic		Generated Traffic		Accident Cost Reduction			
				MT VOC	MT Time	MT VOC	MT Time & Operation				
2012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2014	0.047	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.047
2015	0.000	0.000	0.000	0.012	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015
2016	0.000	0.000	0.000	0.014	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018
2017	0.000	0.000	0.000	0.016	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021
2018	0.000	0.000	0.000	0.019	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025
2019	0.000	0.000	0.000	0.022	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030
2020	0.000	0.000	0.000	0.026	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037
2021	0.000	0.000	0.000	0.032	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.046
2022	0.000	0.000	0.000	0.039	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.058
2023	0.000	0.000	0.000	0.048	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.074
2024	0.000	0.000	0.000	0.061	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.094
2025	0.000	0.000	0.000	0.073	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.114
2026	0.000	0.000	0.000	0.077	0.044	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.121
Total:	0.047	0.000	0.000	0.438	0.215	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.607

H.D.M. - 4 Discounted Net Benefit Streams

Section: 13-EMTA-D
 Alternative: PT01

Sect ID: 13-EMTA-D Width: 7.00 m Road Class: Primary or trunk
 Length: 1.00 km Rise+Fall: 16.70 m/km Curvature: 155.10 deg/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs							Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits	
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic		Generated Traffic		Accident Cost Reduction					
				MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC		MT Time	NMT Time & Operation			
2012	0.084	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.084
2013	0.000	0.000	0.000	0.063	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.068
2014	0.000	0.000	0.000	0.068	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.075
2015	0.000	0.000	0.000	0.083	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.084
2016	0.000	0.000	0.000	0.077	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.105
2017	0.000	0.000	0.000	0.115	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.165
2018	0.000	0.000	0.000	0.221	0.115	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.336
2019	0.000	0.000	0.000	0.318	0.176	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.494
2020	-0.100	0.000	0.000	0.329	0.184	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.613
2021	0.010	0.000	0.000	-0.003	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.014
2022	0.000	0.000	0.000	-0.003	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.004
2023	0.000	0.000	0.000	-0.002	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.003
2024	0.000	0.000	0.000	-0.003	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.004
2025	0.000	0.000	0.000	-0.003	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.004
2026	0.000	0.000	0.000	-0.003	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.005
Total:	-0.007	0.000	0.000	1.218	0.598	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.822

H.D.M.-4 Discounted Net Benefit Streams

Section: 14-EMTA-M
Alternative: FT01

Sect ID: 14-EMTA-M Road Class: Primary or trunk
Length: 1.00 km Width: 7.00 m Riser/Fall: 16.70 m/km Curvature: 155.10 deg/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs						Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits	
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic		Generated Traffic		Accident Cost Reduction				
				MT VOC	MT Time	MT VOC	MT Time		NMT Time & Operation			NMT Time & Operation
2012	0.084	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.084
2013	0.000	0.000	0.000	0.041	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.052
2014	0.000	0.000	0.000	0.045	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.057
2015	0.000	0.000	0.000	0.049	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.063
2016	0.000	0.000	0.000	0.056	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.073
2017	0.000	0.000	0.000	0.076	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.103
2018	0.000	0.000	0.000	0.128	0.058	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.188
2019	0.000	0.000	0.000	0.250	0.134	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.384
2020	-0.100	0.000	0.000	0.329	0.184	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.613
2021	0.000	0.000	0.000	-0.003	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.004
2022	0.009	0.000	0.000	-0.003	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.014
2023	0.000	0.000	0.000	-0.003	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.004
2024	0.000	0.000	0.000	-0.003	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.004
2025	0.000	0.000	0.000	-0.003	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.005
2026	0.000	0.000	0.000	-0.004	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.005
Total:	-0.007	0.000	0.000	0.955	0.449	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.411

H D M 4 Discounted Net Benefit Streams

Section: 15-EMTAR
Alternative: P21

Sect ID: 15-EMTAR
Length: 1.00 km

Road Class: Primary or trunk
Width: 7.00 m
Curvature: 155.10 deg/km
Rise+Fall: 16.70 m/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs								Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits		
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic				Generated Traffic						Accident Cost Reduction	
				MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation			
2012	0.084	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.084
2013	0.000	0.000	0.000	0.030	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.038
2014	0.000	0.000	0.000	0.033	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.041
2015	0.000	0.000	0.000	0.036	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045
2016	0.000	0.000	0.000	0.039	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.050
2017	0.000	0.000	0.000	0.043	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.055
2018	0.000	0.000	0.000	0.051	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.057
2019	0.000	0.000	0.000	0.074	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.101
2020	-0.100	0.000	0.000	0.141	0.067	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.309
2021	0.000	0.000	0.000	-0.003	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.004
2022	0.000	0.000	0.000	-0.003	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.004
2023	0.000	0.000	0.000	-0.004	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.005
2024	0.000	0.000	0.000	-0.004	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.006
2025	0.000	0.000	0.000	-0.006	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.008
2026	0.000	0.000	0.000	-0.008	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.010
Total:	-0.016	0.000	0.000	0.421	0.148	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.586

H.D.M -4 Discounted Net Benefit Streams

Section: 16-EFTM-D
 Alternative: RP15A

Sect ID: 16-EFTM-D Road Class: Primary or trunk Curvature: 155,10 deg/km
 Length: 1,00 km Width: 7,00 m Rise+Fall: 16,70 m/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs						Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits	
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic		Generated Traffic		Accident Cost Reduction				
				MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC		MT Time			NMT Time & Operation
2012	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.053
2013	0.000	0.000	0.000	0.014	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017
2014	0.000	0.000	0.000	0.015	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019
2015	0.000	0.000	0.000	0.015	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020
2016	0.000	0.000	0.000	0.016	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021
2017	0.000	0.000	0.000	0.017	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023
2018	0.000	0.000	0.000	0.019	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025
2019	0.000	0.000	0.000	0.021	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029
2020	0.000	0.000	0.000	0.023	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033
2021	0.000	0.000	0.000	0.027	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.039
2022	0.000	0.000	0.000	0.033	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.048
2023	0.000	0.000	0.000	0.040	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.061
2024	0.000	0.000	0.000	0.052	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.079
2025	0.000	0.000	0.000	0.067	0.038	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.105
2026	0.000	0.000	0.000	0.075	0.043	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.119
Total:	0.053	0.000	0.000	0.434	0.204	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.588

Discounted Net Benefit Streams

Study Name: **Tramos Tesis**
 Run Date: **04-11-2012**
 Currency: **US Dollar (millions)**
 Discount rate: **6,00 %**

Section: 17-EFTMM
Alternative: P11

Sect ID: 17-EFTMM Width: 7,00 m Road Class: Primary or trunk Curvature: 155,10 deg/km
 Length: 1,00 km Rise+Fall: 16,70 m/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs						Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits	
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic		Generated Traffic		Accident Cost Reduction				
				MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC		MT Time			NMT Time & Operation
2012	0.084	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.084
2013	0.000	0.000	0.000	0.011	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014
2014	0.000	0.000	0.000	0.012	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015
2015	0.000	0.000	0.000	0.013	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016
2016	0.000	0.000	0.000	0.014	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017
2017	0.000	0.000	0.000	0.015	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019
2018	0.000	0.000	0.000	0.016	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021
2019	0.000	0.000	0.000	0.017	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023
2020	0.000	0.000	0.000	0.020	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026
2021	0.000	0.000	0.000	0.022	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031
2022	0.000	0.000	0.000	0.027	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.038
2023	0.000	0.000	0.000	0.033	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.048
2024	0.000	0.000	0.000	0.041	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.062
2025	0.000	0.000	0.000	0.054	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.082
2026	0.000	0.000	0.000	0.070	0.038	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.108
Total:	0.084	0.000	0.000	0.363	0.167	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.436

Discounted Net Benefit Streams

Study Name: **Tramos Tesis**
 Run Date: **04-11-2012**
 Currency: **US Dollar (millions)**
 Discount rate: **6,00 %**

Section: 18-EFTM-R
Alternative: P11

Sect ID: 18-EFTM-R Width: 7,00 m Road Class: Primary or trunk Curvature: 155,10 deg/km
 Length: 1,00 km Rise+Fall: 16,70 m/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs						Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits	
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic		Generated Traffic		Accident Cost Reduction				
				MT VOC	MT Time	MT VOC	MT Time		NMT Time & Operation			NMT Time & Operation
2012	0.084	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.084
2013	0.000	0.000	0.000	0.008	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
2014	0.000	0.000	0.000	0.008	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011
2015	0.000	0.000	0.000	0.009	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012
2016	0.000	0.000	0.000	0.010	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013
2017	0.000	0.000	0.000	0.011	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013
2018	0.000	0.000	0.000	0.011	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014
2019	0.000	0.000	0.000	0.012	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016
2020	0.000	0.000	0.000	0.014	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018
2021	0.000	0.000	0.000	0.015	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020
2022	0.000	0.000	0.000	0.017	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024
2023	0.000	0.000	0.000	0.021	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028
2024	0.000	0.000	0.000	0.025	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036
2025	0.000	0.000	0.000	0.032	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.047
2026	0.000	0.000	0.000	0.042	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.063
Total:	0.084	0.000	0.000	0.236	0.088	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.240

HDM - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Discounted Net Benefit Streams

Study Name: Tramos Testis
 Run Date: 04-11-2012
 Currency: US Dollar (millions)
 Discount rate: 6,00 %

Section: 19-EFTA-D
 Alternative: P11

Sect ID: 19-EFTA-D
 Length: 1,00 km
 Width: 7,00 m
 Road Class: Primary or trunk
 Rise+Fall: 16,70 m/km
 Curvature: 155,10 deg/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs							Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits		
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic		Generated Traffic		Accident Cost Reduction						
				MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC		MT Time	NMT Time & Operation				
2012	0.084	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.084	
2013	0.000	0.000	0.000	0.080	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.079
2014	0.000	0.000	0.000	0.070	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.094
2015	0.000	0.000	0.000	0.081	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.110
2016	0.000	0.000	0.000	0.093	0.036	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.129
2017	0.000	0.000	0.000	0.105	0.045	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.150
2018	0.059	0.000	0.000	0.117	0.055	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.113
2019	0.000	0.000	0.000	0.148	0.071	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.219
2020	-0.100	0.000	0.000	0.171	0.085	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.357
2021	0.000	0.000	0.000	-0.003	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.004
2022	0.000	0.000	0.000	-0.005	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.007
2023	0.044	0.000	0.000	-0.010	-0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.057
2024	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001
2025	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002
2026	0.000	0.000	0.000	-0.002	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.003
Total:	0.087	0.000	0.000	0.824	0.356	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.093

Discounted Net Benefit Streams

Study Name: Tramos Tesis
 Run Date: 04-11-2012
 Currency: US Dollar (millions)
 Discount rate: 6,00 %

Section: 20-EFTA-M
 Alternative: P11

Sect ID: 20-EFTA-M Width: 7,00 m Road Class: Primary or trunk
 Length: 1,00 km Rise+Fall: 16,70 m/km Curvature: 155,10 deg/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs							Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits	
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic		Generated Traffic		Accident Cost Reduction					
				MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT VOC		MT Time	NMT Time & Operation			
2012	0.084	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.084
2013	0.000	0.000	0.000	0.048	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.062
2014	0.000	0.000	0.000	0.057	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.075
2015	0.000	0.000	0.000	0.097	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.089
2016	0.000	0.000	0.000	0.077	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.105
2017	0.000	0.000	0.000	0.088	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.121
2018	0.059	0.000	0.000	0.094	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.077
2019	0.000	0.000	0.000	0.120	0.063	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.173
2020	-0.100	0.000	0.000	0.136	0.064	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.300
2021	0.000	0.000	0.000	-0.003	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.004
2022	0.000	0.000	0.000	-0.005	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.007
2023	0.044	0.000	0.000	-0.010	-0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.057
2024	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001
2025	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002
2026	0.000	0.000	0.000	-0.002	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.003
Total:	0.087	0.000	0.000	0.665	0.267	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.845

Discounted Net Benefit Streams

Study Name: Tramos Tesis
 Run Date: 04-11-2012
 Currency: US Dollar (millions)
 Discount rate: 6,00 %

Section: 21-EFTAR
 Alternative: P11

Sect ID: 21-EFTAR Width: 7,00 m Road Class: Primary or trunk
 Length: 1,00 km Rise/Fall: 16,70 m/km Curvature: 155,10 deg/km

Year	Increase in Road Agency Costs			Savings in Road User Costs								Net Exogenous Benefits	Total Net Benefits	
	Capital Works	Recurrent Works	Special Works	Normal (+ Diverted) Traffic		Generated Traffic		Accident Cost Reduction	MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation			
				MT VOC	MT Time	NMT Time & Operation	MT Time							NMT Time & Operation
2012	0.084	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.084
2013	0.000	0.000	0.000	0.037	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.047
2014	0.000	0.000	0.000	0.046	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.058
2015	0.000	0.000	0.000	0.054	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.071
2016	0.000	0.000	0.000	0.063	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.084
2017	0.000	0.000	0.000	0.072	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.098
2018	0.059	0.000	0.000	0.078	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.051
2019	0.000	0.000	0.000	0.102	0.043	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.145
2020	-0.100	0.000	0.000	0.115	0.051	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.206
2021	0.000	0.000	0.000	-0.003	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.004
2022	0.000	0.000	0.000	-0.005	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.007
2023	0.044	0.000	0.000	-0.010	-0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.057
2024	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001
2025	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002
2026	0.000	0.000	0.000	-0.002	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.003
Total:	0.087	0.000	0.000	0.545	0.204	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.862

ANEXO F
DICCIONARIO TÉRMINOS EN HDM-4

F.1 ACRÓNIMOS

ACRONIMO	INGLÉS	ESPAÑOL
AADT	Average anual daily traffic	TMDA Tránsito Medio Diario Anual
ADT	Average daily traffic	Tránsito Medio Diario
AM	Asphalt mix	CA Concreto Asfáltico
AMAB	Asphalt Mix on Asphalt Base	Mezcla Asfáltica sobre Base de Asfalto
AMAP	Asphalt Mix on Asphalt Pavement	Mezcla Asfáltica sobre Pavimento Asfáltico
AMGB	Asphalt Mix on Granular Base	Mezcla Asfáltica sobre Base Granular
AMSB	Asphalt Mix on Stabilised Base	Mezcla Asfáltica sobre Base Estabilizada
CBR	California Bearing Ratio	Razón de Soporte de California
ELANES	N/A	Número efectivo de pistas para cada sector de camino
ESAL	Equivalent Single Axle Load	Eje de carga simple equivalente
IRI	International Roughness Index	Índice de Irregularidad Internacional
IRR	Internal Return Ratio	Tasa Interna de Retorno
MESAL	Medium Equivalent Single Axle Load	Ejes equivalentes medios
MT	Motorized Traffic or Transport	Tránsito o transporte motorizado
NMT	Non motorised Traffic or Transport	Tránsito o transporte no motorizado
NPV	Net Present Value	Valor actualizado neto
NTP	New Tyres Price	Costo de neumáticos nuevos
NVP	New Vehicle Price	Costo de vehículo nuevo
RAC	Road Agency Costs	Costos de la Agencia de carreteras
RD	Road Deterioration	Deterioro del camino
RU	Road User	Usuario del camino
RUC	Road User Costs	Costos de los usuarios del camino
RUE	Road User Effects	Efectos sobre los usuarios del camino
SFC	Side Friction Coefficient	Coefficiente de fricción lateral
SN	Structural Number	Número estructural
SNP	Structural Number of Pavement	Número estructural del pavimento
ST	Surface Treatment	Tratamiento superficial
STAB	Surface Treatment on Asphalt Base	Tratamiento Superficial sobre Base de Asfalto
STAP	Surface Treatment on Asphalt Pavement	Tratamiento Superficial sobre Pavimento Asfáltico
STGB	Surface Treatment on Granular Base	Tratamiento Superficial sobre Base Granular
STSB	Surface Treatment on Stabilised Base	Tratamiento Superficial sobre Base Estabilizada
VOC	Vehicle Operating Costs	Costos de operación vehicular

F.2. TÉRMINOS GENERALES

INGLÉS	ESPAÑOL
Annual discounted net benefit streams	Flujos de beneficios netos anuales descontados
Asphalt cement	Cemento asfáltico
Base alternative	Alternativa (política) base
Benefit Cost Ratio	(BCR) Relación Costo/Beneficio
Binder	Capa intermedia; ligante
Bituminous surfacing	Superficie asfáltica
Budget Period Analysis	Análisis de presupuestos de un periodo
Carriageway	Calzada
Congestion	Congestión; saturación
Constrained Programme	Programa con restricciones, condicionado
Construction defect rating	Tasa de defectos de construcción
Cracking	Agrietamiento
Derived traffic	Tránsito derivado
Distress surface	Deterioro superficial
Diverted traffic	Tráfico inducido o captado
Edge break	Grieta de borde
Failure	Fallo o Rotura
Faulting	Escalonamiento
Fleet	Flota
Free speed	Velocidad libre
Free-flow traffic	Tránsito en flujo libre
Friction	Rozamiento
Generated traffic	Tránsito Generado
Gradient	Pendiente; pendiente longitudinal
Gravel	Grava o árido
Growth period	Periodo de crecimiento
Hot mix asphalt	Mezcla Asfáltica en caliente
Improvement standard	Estándar de mejoramiento
Improvement	Mejoramiento
Link	Tramo
Maintenance responsive	Conservación correctiva, de respuesta
Maintenance scheduled	Conservación programada
Maintenance standard	Estándar de conservación o de mantenimiento
Milling	Fresado
Modified Asphalt Cement	Asfalto modificado
Multiway	Multisentido
Multi-year forward programme	programa de futuro multianual

INGLÉS	ESPAÑOL
Non-motorised Vehicles	Vehículos no motorizados
Normal traffic	Tránsito normal
Operating weight	Peso en circulación; Peso máximo autorizado; PMA
Operation	Operación o intervención
Overhead	Gastos generales
Overlay	Recapado
Overlay dense-graded asphalt	Recapado asfáltico de graduación densa
Overlay open-graded asphalt	Recapado asfáltico de graduación abierta
Overlay rubberised asphalt	Recapado asfáltico modificado con caucho
Parts	Repuestos; piezas de repuesto
Patching	Bacheo
Pavement	Pavimento
Payload	Carga útil
Penetration Macadam	Macadam de penetración
Per-humid	Muy-húmedo
Pneumatic	Neumático
Polymer Modified Asphalt	Asfalto modificado con polímeros
Porous asphalt concrete	Mezcla porosa o drenante
Potholes	Baches
Potholing	Área con baches
Programme Analysis	Análisis de programa
Programme Analysis algorithm	Algoritmo de análisis de programa
Projected frontal area	Área frontal proyectada
Radial-ply	Radial (neumáticos de dibujo)
Ragraveling	Recebo
Ravelling	Pérdida de áridos
Reaction modulus	Módulo de reacción de la subrasante
Realignment	Rectificación; mejora de trazado
Reconstruction improvement standards	Estándar de mejoramiento de construcción
Recurrent Cum. Cost	Costo recurrente acumulado
Reflection cracking	Grietas de reflexión
Regravelling	Recebo
Rejuvenation	Rejuvenecimiento
Relative compaction	Compactación relativa
Residual value	Valor residual
Resilient modulus	Módulo resiliente (de la subrasante)

INGLÉS	ESPAÑOL
Responsive criterion	Criterio de respuesta
Resurfacing	Recarpeteo
Retexturing	Retexturado
Retread	Recauchado
Retrofit Edge Drains	Reparación de drenaje lateral
Rickshaw	Carro de tracción humana
Ride quality	Calidad de rodadura
Rise + falls	Subidas más bajadas
Road agencies	Agencias de carreteras
Road class	Clase de camino
Road Network	Red de caminos
Roadside friction	Fricción lateral
Roughness	Irregularidad
Roughness reset coefficient	Coefficiente de ajuste del IRI
Rubberised Asphaltic Concrete	Concreto asfáltico modificado con caucho
Rut	Ahuellamiento
Rut Inlay	Fresado de ahuellamiento
Rut overlay	Recapado de ahuellamiento
Rutting coefficient	Coefficiente de ahuellamiento
Rutting due to initial densification	Ahuellamiento debido a densificación inicial
Salvage value	Valor residual
Sand patch	Parche de arena
Season	Estación
Section	Sección
Shape smoothing factor	Factor de suavizado
Single lane road	Camino de una pista
Skid resistance	Resistencia al deslizamiento
Slippery	Deslizante
Slurry seal	Lechada asfáltica
Soaked CBR	CBR saturado

INGLÉS	ESPAÑOL
Softening point of binder	Punto de ablandamiento del ligante asfáltico
Speed flow	Capacidad-Velocidad, relación capacidad-velocidad
Speed flow type	Tipo de Capacidad-Velocidad
Speed limit enforcement	Cumplimiento de la velocidad límite
SPi parameter (SPi)	Parámetro SPi
SPm parameter (SPm)	Parámetro SPm
Spot regravelling	Recebo localizado
Steady-state speed	Velocidad crucero
Stone Mastic Asphalt (SMA)	Mezcla discontinua Especial
Strategy Analysis	Análisis de Estrategia
Strategy Analysis algorithm	Algoritmo de análisis de estrategia
Strength	Resistencia; capacidad portante
Strength Coefficient	Coefficiente estructural
Structural Adequacy	Capacidad estructural
Subbase	Subbase
Subgrade	Subrasante
Subsidence	Hundimiento; socavón
Superelevation	Bombeo
Surface	Capa de rodadura
Surface dressing	Tratamiento superficial
Surface material	Capa de rodadura o material de la capa de rodadura
Surface Texture	Textura superficial

INGLÉS	ESPAÑOL
Surface treated	Superficie tratada
Surfacing	Perfilado; Pavimentado
Surfacing age	Edad de la capa de rodadura o pavimento
Texture depth	Profundidad de textura
Thermal cracking	Agrietamiento térmico
Traffic diversion	Desvío de tránsito
Traffic flow	Intensidad de tránsito
Traffic pattern	Modelo de tránsito
Treatments	Tratamientos
Troubleshooting	Resolución de problemas
Tyre	Neumático
Unconstrained Programme	Programa sin restricciones; sin condicionar
Unsealed	Sin sellar
Unsealed road	Carretera sin asfaltar; sin pavimentar
Upgrade vs update	Mejorado vs. Actualizado
Upgrading improvements	Actualización de las mejoras
Vehicle fleet	Flota vehicular
Wide structural cracking	Grietas estructurales anchas