



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

=====

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA CARRETERA LA UNIÓN -
QUEROPALCA, USANDO LA HERRAMIENTA HDM - 4, PARA
DETERMINAR UNA GESTIÓN DE LA VÍA NO PAVIMENTADA,
HUÁNUCO 2016

=====

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

TESISTA: Rhobyn Fidencio SANTOS ORTIZ

HUÁNUCO – PERÚ

2017

DEDICATORIA

A Dios, mis padres y hermanos por su infinito apoyo. A mis grandes maestros cuyas palabras aún siguen enseñando con el paso del tiempo. Y a mis entrañables amigos que acompañan cada etapa de mi vida con su respaldo incondicional.

RESUMEN

El trabajo de investigación denominado “Evaluación de la condición de la carretera la Unión – Queropalca, usando la herramienta HDM - 4, para determinar una gestión de la vía no pavimentada”, tiene como objetivo determinar la condición de la carretera, para una Gestión de la vía no pavimentada, de la carretera La Unión – Queropalca.

La herramienta del HDM – 4 se utilizó para evaluar el deterioro del afirmado y así hacer una proyección futura de la carretera para hacer una gestión de una vía no pavimentada con una evolución económica.

La investigación es aplicada con un enfoque mixto, tipo y nivel descriptivo, diseño no experimental. La población del estudio fue de toda la carretera los 74.6 km, se analizó el 100% de la carretera por tramo de La Unión – Rondos – Queropalca.

En el tipo de conservación se planteó tres propuestas el afirmado, alternativa base y solución base. Afirmado: con la acción de mantenimiento rutinario, perfilado y reposición de grava. Alternativa base: se plantea mantenimiento rutinario, perfilado y reposición de grava. Solución base: se plantea un tratamiento superficial sobre base estabilizada con las acciones de sellado asfáltico, parchado superficial, refuerzo con mortero de 20mm y mantenimiento rutinario, el mismo que es el recomendado.

Palabras claves: HDM - 4, Solución base, Sellado asfáltico, Mortero.

SUMMARY

The research work entitled "Assessment of the condition of the Union highway - Queropalca, using the tool HDM - 4, to determine a management of the unpaved road", aims to determine the condition of the road using the tool HDM - 4, for a management of the unpaved road, the La Union - Queropalca road.

The tool of the HDM - 4 was used to evaluate the deterioration of the affirmed and thus to make a future projection of the highway to make a management of an unpaved road with an economic evolution.

The research is applied with a mixed approach, type and descriptive level, non-experimental design. The population of the study was of the whole road the 74.6 km, was analyzed 100% of the highway by section of the Union - Rondos - Queropalca.

In the type of conservation three proposals were proposed the affirmed, alternative base and solution base. Affirmed: with the action of routine maintenance, profiling and replenishment of gravel. Basic alternative: routine maintenance, profiling and replacement of gravel. Base solution: a surface treatment is proposed on stabilized base with the actions of asphaltic sealing, superficial patching, reinforcement with mortar of 20mm and routine maintenance, the same as is recommended.

Key words: HDM - 4, Base solution, Asphalt sealing, Mortar.

INTRODUCCIÓN

Al planificar el mantenimiento y la rehabilitación en un programa plurianual los ingenieros de pavimentos se enfrentan con la decisión de determinar qué tramos de la carretera deben ser reparados, cuándo deben realizarse las reparaciones y qué tipos de reparaciones o tratamiento deben usarse. La condición de la carretera La Unión – Queropalca se trata de un problema importante debido al amplio escenario de combinaciones entre las posibles elecciones entre el gran número de secciones homogéneas existentes en la carretera y los diferentes tratamientos de reparación posibles.

La gestión de pavimentos constituye una de las funciones más importantes en las organizaciones operadoras de carreteras, para ello existen mecanismos que determinan el estado de conservación de la carretera y procurar la viabilidad del asfaltado y en esta oportunidad se pretende determinar el estado de la carretera La unión - Queropalca haciendo uso de la herramienta HDM – 4, dándole sentido a los sistemas de gestión de pavimentos que son un conjunto de procedimientos y herramientas que tienen como propósito asistir a estas organizaciones en la aplicación sistemática de procesos relacionados con este aspecto.

La importancia principal es optimizar la transitabilidad y mejorar su calidad de vida de los pobladores de las comunidades que une esta carretera, para ello se debe determinar el estado de conservación de la carretera aplicando la herramienta HDM - 4, con el método de inspección visual y midiendo la

severidad de los tipos de fallas encontradas. Con la información de campo obtenida durante la auscultación vial, y siguiendo la metodología indicada del HDM – 4.

Uno de los problemas más serios que se vive en las carreteras de la zona rural del departamento de Huánuco, es el pésimo estado en que se encuentran las carreteras porque no existe un debido mantenimiento; recorriendo la carretera La unión – Queropalca, haciendo una inspección visual se observa a simple vista los diversos tipos de fallas que dificultan el normal tránsito de los vehículos.

En el primer capítulo se describe la parte metodológica del trabajo de investigación, se describe los antecedentes de la investigación, formulación del problema, se establecen los objetivos generales y específicos que se pretende lograr con la investigación, bases teóricas.

En el segundo capítulo se detalla el tipo y nivel de investigación, la población y la muestra, las fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento.

En el tercer capítulo se muestra la discusión de los resultados obtenidos en el trabajo de campo aplicando la herramienta del HDM-4 en la carretera la Union – Queropalca.

Finalmente, en el cuarto y último capítulo se presenta las conclusiones, recomendaciones y la bibliografía.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 3 |
| SUMMARY..... | 4 |
| INTRODUCCIÓN..... | 5 |
| ÍNDICE DE CUADROS..... | 10 |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | 11 |
| ÍNDICE DE FIGURA | 12 |
| CAPITULO I..... | 13 |
| MARCO TEÓRICO | 13 |
| 1.1. Planteamiento del Problema..... | 13 |
| 1.1.1. Antecedentes de la investigación..... | 13 |
| 1.1.2. Fundamentación del problema..... | 18 |
| 1.1.3. Formulación del problema | 21 |
| 1.1.3.1. Problema general..... | 21 |
| 1.1.3.2. Problemas específicos..... | 21 |
| 1.2. Objetivos..... | 21 |
| 1.2.1. Objetivo general..... | 21 |
| 1.2.2. Objetivos específicos | 22 |
| 1.3. Justificación e importancia..... | 22 |
| 1.4. Limitaciones..... | 23 |
| 1.5. Hipótesis, variables, indicadores y definiciones operacionales ... | 23 |
| 1.5.1. Hipótesis | 23 |
| 1.5.1.1. Hipótesis general | 23 |
| 1.5.1.2. Hipótesis específicas | 23 |
| 1.5.2. Sistema de Variables – dimensiones e indicadores..... | 24 |
| 1.5.2.1. Variable independiente | 24 |
| 1.5.2.1. Variable dependiente | 24 |
| 1.5.3. Operación de variables | 24 |
| 1.6. Bases teóricas | 25 |

| | | |
|-------------------------|--|-----|
| 1.6.1. | Los sistemas de infraestructura y la dinámica del desarrollo social..... | 25 |
| 1.6.2. | El pavimento como elemento de análisis para la gestión | 29 |
| 1.6.3. | Sistema de gestión de pavimentos | 37 |
| 1.6.4. | Los pavimentos y su necesidad de conservación | 38 |
| 1.6.5. | Gestión de pavimentos | 41 |
| 1.6.6. | Concepto de sistema | 44 |
| 1.6.7. | Aplicación del concepto de sistema a la gestión de pavimentos... | 50 |
| 1.6.8. | Sistemas de información..... | 52 |
| 1.6.9. | Uso de los sistemas de información dentro de la gestión de pavimentos..... | 57 |
| 1.6.10. | Estructura general de un sistema de gestión de pavimentos.... | 60 |
| 1.6.11. | Desarrollo de un sistema de gestión de pavimentos..... | 64 |
| 1.6.12. | Parámetros del sistema de gestión de pavimentos..... | 66 |
| 1.6.13. | El sistema de gestión de carreteras del MTC (Route 2000) | 67 |
| 1.6.14. | La recolección de parámetros de la red vial nacional para la alimentación de la base de datos del SGC del MTC..... | 68 |
| 1.6.15. | Reglamentación para la implementación del sistema de gestión | 71 |
| 1.6.16. | Evaluación técnica de infraestructura vial..... | 75 |
| 1.6.17. | La herramienta HDM-4 | 94 |
| CAPITULO II..... | | 99 |
| MARCO METODOLÓGICO..... | | 99 |
| 2.1. | Tipo y nivel de investigación..... | 99 |
| 2.1.1. | Tipo de investigación | 99 |
| 2.1.2. | Nivel de la investigación | 99 |
| 2.1.3. | Diseño de la investigación..... | 100 |
| 2.2. | Población y muestra | 100 |
| 2.3. | Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos | 101 |
| 2.4. | Procesamiento y presentación de datos..... | 101 |

| | |
|---|-----|
| CAPÍTULO III..... | 102 |
| APLICACIÓN DEL HDM-4 EN LA CARRETERA LA UNION - RONDOS - QUEROPALCA..... | 102 |
| 3.1. Estudios básicos..... | 102 |
| 3.2. Estudio de suelos | 103 |
| 3.3. Inventario vial | 106 |
| 3.4. Puntos críticos en la carretera | 109 |
| 3.5. Evaluación técnica..... | 110 |
| 3.6. Tipo de conservación | 117 |
| 3.7. Evaluación económica..... | 124 |
| CAPÍTULO IV..... | 146 |
| CONCLUSIONES | 146 |
| RECOMENDACIONES..... | 148 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 149 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|-----|
| Cuadro N° 1: Clasificación de la red vial nacional y departamental..... | 19 |
| Cuadro N° 2: Listado de rutas departamentales de Huánuco..... | 20 |
| Cuadro N° 3: Operación de variables..... | 24 |
| Cuadro N° 4: Dimensiones y carga para unidad o combinación de vehículos..... | 82 |
| Cuadro N° 5: Dimensiones y carga para unidad o combinación de vehículos..... | 83 |
| Cuadro N° 6: Dimensiones y carga para unidad o combinación de vehículos..... | 84 |
| Cuadro N° 7: Dimensiones y carga para unidad o combinación de vehículos..... | 85 |
| Cuadro N° 8: Peso máximo permitido por configuración de ejes..... | 86 |
| Cuadro N° 9: Factores de equivalencia de carga..... | 92 |
| Cuadro N° 10: Calicatas y clasificación de suelos..... | 104 |
| Cuadro N° 11: Calicatas y clasificación de suelos..... | 105 |
| Cuadro N° 12: Calicatas y clasificación de suelos..... | 106 |
| Cuadro N° 13: Inventario de puentes y pontones..... | 106 |
| Cuadro N° 14: Inventario de alcantarilla..... | 107 |
| Cuadro N° 15: Inventario de tajeas..... | 107 |
| Cuadro N° 16: Inventario de señalización vertical..... | 107 |
| Cuadro N° 17: Inventario de badenes..... | 107 |
| Cuadro N° 18: Inventario de muros..... | 108 |
| Cuadro N° 19: Inventario de cunetas..... | 108 |
| Cuadro N° 20: Inventario de bajadas de agua..... | 108 |
| Cuadro N° 21: Inventario de postes delineadores..... | 108 |
| Cuadro N° 22: Inventario de guarda vías..... | 109 |
| Cuadro N° 23: Inventario de gibas..... | 109 |
| Cuadro N° 24: Puntos críticos de la carretera..... | 109 |

| | |
|--|-----|
| Cuadro N° 25: Evaluación de la condición de la carretera..... | 117 |
| Cuadro N° 26: Tipos de conservación de la carretera..... | 124 |
| Cuadro N° 27: Evaluación económica de la carretera por tramos..... | 134 |
| Cuadro N° 28: Resumen de evaluación económica por año..... | 143 |
| Cuadro N° 29: Cuadro comparativo de evaluación económica por cada tipo de conservación | 144 |
| Cuadro N° 30: Cuadro comparativo del VAN y el TIR..... | 145 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|-----|
| Gráfico N° 1: Esquema de deterioro de un pavimento en el tiempo | 40 |
| Gráfico N° 2: Diagrama simplificado de principales actividades que componen un sistema de gestión de pavimentos..... | 43 |
| Gráfico N° 3: Modelo general de sistemas..... | 45 |
| Gráfico N° 4: Principales fases y componentes de método de sistemas | 49 |
| Gráfico N° 5: Principales componentes de un sistema de gestión de pavimentos | 51 |
| Gráfico N° 6: Flujos de información para un sistema de gestión. | 53 |
| Gráfico N° 7: Relación de los conceptos de sistema | 54 |
| Gráfico N° 8: Condición de balance necesaria en la implementación de un sistema | 56 |
| Gráfico N° 9: Etapas en la implementación de sistemas | 57 |
| Gráfico N° 10: Esquema de un sistema de información geográfica..... | 59 |
| Gráfico N° 11: Configuración típica de un sistema experto..... | 60 |
| Gráfico N° 12: Elementos básicos de un sistema de gestión de pavimentos | 62 |
| Gráfico N° 13: Estructura general de un sistema de gestión de pavimentos..... | 63 |
| Gráfico N° 14: Relaciones entre datos y base de datos..... | 76 |
| Gráfico N° 15: Solicitación del tránsito..... | 79 |
| Gráfico N° 16: Regresión lineal para cálculo de tasa de crecimiento | 89 |
| Gráfico N° 17: IRI tramo La Union - Rondos..... | 110 |
| Gráfico N° 18: IRI tramo Rondos - Santa rosa..... | 110 |

| | |
|---|-----|
| Gráfico N° 19: IRI tramo Santa rosa - Queropalca..... | 111 |
|---|-----|

ÍNDICE DE FIGURA

| | |
|--|-----|
| Figura N° 1: Relaciones entre sistema de transporte, el sistema de actividades y la estructura de flujo..... | 28 |
| Figura N° 2: Ejemplos de pavimentos | 31 |
| Figura N° 3: Diagrama digital de la estructura de un pavimento flexible | 36 |
| Figura N° 4: Estructura en capas del SIG | 55 |
| Figura N° 5: Esquema de conformación de la base de datos del SGC..... | 71 |
| Figura N° 6: Eje estándar..... | 91 |
| Figura N° 7: Cálculo computarizado del factor camión para una configuración de 3 ejes y 10 ruedas..... | 93 |
| Figura N° 8: Esquema global del HDM-4..... | 98 |
| Figura N° 9: Ubicación del proyecto de investigación..... | 103 |

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Planteamiento del Problema

1.1.1. Antecedentes de la investigación

Meléndez, A. (2014), en su tesis “Estado y Diagnóstico de la Calle 183 (Avenida San Antonio)”, cuyo objetivo general fue identificar y establecer las causas del deterioro en el pavimento del caso de estudio (Avenida San Antonio o calle 183), determinando las patologías a nivel técnico que afectan y sus consecuencias; concluye:

Se logró evidenciar y confirmar a través del PCI que, en este momento por la vía, la calidad y confort que debe recibir el conductor al transitarla no es la adecuada para una vía perteneciente a la malla vial arterial de la ciudad, debido a los años que actualmente se encuentra y que se describieron en el informe, añadiendo que al pasar del tiempo estos daños pueden incrementar su nivel de severidad causando mayores molestias en los usuarios.

Ávila, E & Albarracin, F. (2014), en la tesis. “Evaluación de pavimentos en base a métodos no destructivos y análisis inverso, caso de estudio Vía Chicti – Sevilla de oro” cuyo objetivo general fue analizar la factibilidad y eficiencia

de la técnica de la deflectometría de impacto para evaluar la capacidad portante de la estructura del pavimento a través de técnicas de análisis inverso y modelos basados en elementos finitos; donde concluye:

Con los resultados obtenidos de la evaluación estructural de la vía dan una idea general de la condición actual. Con lo que se puede concluir que actualmente la vía presenta condiciones aceptables ya que, a través de la deflectometría de impacto, aplicando técnicas de análisis inverso como la de YONAPAVE se ha comparado la capacidad estructural efectiva del pavimento existente con la capacidad estructural que depende del tráfico presente en la vía. Sin embargo, mediante la determinación del PCI se establece la necesidad de realizar mantenimientos rutinarios.

Camposano, J & García, K. (2012), en la tesis “Diagnóstico del estado situacional de la Vía: Av. Argentina - Av. 24 de junio por el método: Índice de condición de Pavimentos-2012”, cuyo objetivo general fue identificar en qué estado situacional se encuentra la vía Ingreso a la Ciudad de Chupaca Av. Argentina – Av. 24 de junio por el método PCI (índice de condición de pavimentos) haciendo un diagnóstico definitivo, llegó a la conclusión:

Las fallas localizadas en el diagnóstico de la vía fueron: Piel de Cocodrilo, Agrietamiento en bloque, Abultamiento y hundimiento, corrugación, grieta de borde, grieta longitudinal y transversal, parcheo, pulimiento de agregado, huecos, ahuellamientos, y desprendimientos de agregados.

Molina, I. (2012), en la tesis “Modelos de cadenas Markoviano en la Planeación del Transporte Carretero en México”, tuvo como objetivo desarrollar una metodología que estime la evolución de la emisión de las

licencias federales de conductor del autotransporte federal de carga en México, llegando a la conclusión:

El sistema de licencias federales de conductor descrito sigue un proceso estocástico, su comportamiento es descrito por una cadena de Markov discreta en tiempo continuo. Los datos de las licencias tipo B, C y E son generados mediante un proceso dinámico de expedición, refrendo, reexpedición, duplicado y cambio de categoría; que se relacionan con las demandas de los mercados del transporte y la capacitación existente.

Carrera, M. (2011), en la tesis “Evaluación de pavimento utilizando el Método PCI y su aplicación en el paso lateral de Porto Viejo desde la vía Portoatejo - Mejía hasta el redondel de Picoazá. Recomendaciones de mejoras”, cuyo objetivo fue evaluar la condición del pavimento en el tramo de carretera Portoviejo – Mejía hasta el redondel de Picoaza, siguiendo el procedimiento del PCI, llega a la conclusión:

La vía ya presenta un estado de deterioro que hacen surgir medidas de conservación, para cuyo fin se ha efectuado una evaluación de toda la superficie, que es de 26000 m² (8 m de ancho de calzada por 3325 m de longitud) empleando el método del PCI, el que, complementado con otra información existente, permite finalmente evaluar alternativas de mejoras para esta carretera.

Nauñay, W. (2011), en la tesis “Modelo de Evaluación y Mantenimiento para la Rehabilitación de la Capa de Rodadura de la Vía Pelileo – Baños”, cuyo objetivo fue determinar la evaluación y mantenimiento para la rehabilitación de la capa de rodadura de la vía Pelileo – Baños, llega a la conclusión:

Los resultados obtenidos de la evaluación de la condición de pavimento existente, además de la información complementaria de campo, se establece que en general no existe suficiente vida estructural remanente del pavimento a lo largo de la vía.

Jugo, A. (2010), en la tesis “Evaluación Funcional y Estructural 2010 de la LO-02, Edo. Barinas Rehabilitada en 2004. Ed. La Roca 4D. Sabana Grande – Caracas”, cuyo objetivo fue comparar el comportamiento real del pavimento con el comportamiento esperado en base a la información de proyecto, llega a la conclusión:

El comportamiento y la condición del pavimento se corresponden con su capacidad estructural en función a la respuesta medida por deflexiones de viga Benkelman.

Zella, G. (2008), en su tesis “Gestión del Mantenimiento Vial Preventivo, Revisión y Propuesta para Caracas” cuyo objetivo fue formular lineamientos para nuevas formas de financiamiento para la gestión del mantenimiento vial preventivo, particularmente las que se sustentan del impuesto a la gasolina, llegando a la conclusión:

La mayoría de los países en vías de desarrollo adoptaron como fuente de financiamiento de la gestión mecanismos no tradicionales, entre los más comunes, los fondos viales autónomos, sostenidos mediante un porcentaje de tasas o impuestos recaudados por concepto de consumo de combustible. La gestión bajo esta modalidad hoy día se mantiene, y es complementada con las concesiones por peajes y los contratos por resultados, con lo cual puede

concluirse que ha sido exitosa ya que permitido la recuperación de una buena parte de la red vial latinoamericana y africana.

Salazar, G. (2008), en su tesis “Sistema Institucional de gestión de las Carreteras de segundo orden del Ecuador, para disminuir costos de Mantenimiento Vial y operación de Vehículos” cuyo objetivo fue Diseñar un Sistema de Gestión y Conservación Vial en las carreteras de segundo orden, con el objeto de disminuir costos de mantenimiento vial y de operación de vehículos, llegando a la conclusión:

Es conocido que la regularidad superficial de las carreteras repercute directamente en los costos de mayor magnitud que se tienen en la infraestructura carretera que son los de operación del transporte, debido a que una mala calidad de los trabajos de construcción, incrementa los deterioros que se generan en la superficie y dañan a los vehículos que transitan por ellas. Por el contrario, si la calidad es excelente, no se incrementan los costos de operación y se reducen los impactos a la estructura de la carretera, reduciendo las acciones de conservación del pavimento y alargando su vida útil.

Osuna, R. (2008), en su tesis “Propuesta para la Implementación de un Sistema de Administración de Pavimentos para la Red Vial de la Ciudad de Mazatlán, SIN” cuyo objetivo fue describir los elementos y actividades encaminadas a la generación e implementación de un sistema de administración de pavimentos urbanos aplicable a la red vial de la ciudad de Mazatlán SIN, para poner en marcha de una forma fácil y simple, un mantenimiento ordenado y sistemático de los pavimentos existentes, con su

priorización detallada y con la participación intensa y coordinada entre todos los elementos involucrados, llegando a la conclusión:

Es indispensable que en la ciudad de Mazatlán comiencen a emplear realmente el Sistema de Administración de Pavimentos, el cual generará beneficios sociales y económicos cuando se lleven a la práctica los procesos administrativos, los estudios que éste requiere y las acciones que de él se deriven, apoyadas en presupuestos a ejercer y dando continuidad al monitoreo.

Gutiérrez, J. (2007), en su tesis “Modelación Geotécnico de Pavimentos Flexibles con fines de Análisis y Diseño en el Perú”, que tuvo como objetivo Proponer la metodología de análisis y diseño de pavimentos flexibles basados en la articulación entre métodos tradicionales que permitan el modelamiento geotécnico acorde a la realidad peruana” llega a la conclusión:

El pavimento es una estructura que no es solicitada por su carga de diseño, sino hasta el final del tiempo de servicio; luego se puede concluir que la estructura siempre estará sobredimensionada y por lo tanto las fallas prematuras (primer tercio de servicio) que pudieran presentarse en las estructuras, corresponderán exclusivamente al proceso constructivo.

1.1.2. Fundamentación del problema

La problemática del transporte terrestre en el Perú es tema de interés general para todos los usuarios. Esto es debido a que, además de la debilidad institucional, la carencia de infraestructura, deficiencia en innovación tecnológica, y en la protección del medio ambiente, también

interviene en las amenazas potenciales a la calidad de vida e integridad de las personas.

Analizando en el departamento de Huánuco, solo cuenta con el 1.1% (8.8km) de carretera con asfalto en la vía departamental, con el 72.4% (569.2km) de carretera afirmada, el 17.7% (139.4km) de carretera sin afirmar y 8.8% (69km) de trocha. Con estos indicadores se da a conocer que se da poca importancia a la gestión o planificación de pavimentos en el Gobierno Regional de Huánuco.

Cuadro N° 1: Clasificación de la red vial Nacional y Departamental

| AMBITO/RED VIAL | ASFALTADO | | AFIRMADO | | SIN AFIRMAR | | TROCHA | | TOTAL | |
|----------------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|
| | Km | % | Km | % | Km | % | Km | % | Km | % |
| PERU | 10,189.0 | 13.00 | 18,533.0 | 23.70 | 13,809.0 | 17.70 | 35,596.0 | 45.60 | 78,127.0 | 100.0 |
| NACIONAL | 8,141.0 | 10.40 | 6,640.0 | 8.50 | 1,860.0 | 2.40 | 326.0 | 0.40 | 16,967.0 | 21.7 |
| DEPARTAMENTAL | 1,106.0 | 1.40 | 6,015.0 | 7.70 | 4,291.0 | 5.50 | 2,839.0 | 3.60 | 14,251.0 | 18.2 |
| VECINAL | 942.0 | 1.20 | 5,878.0 | 7.50 | 7,658.0 | 9.80 | 32,431.0 | 41.50 | 46,909.0 | 60.0 |

Fuente: Villanueva, H. (2009). Inventario Vial Georreferenciado 2009, Departamento de Huánuco

| AMBITO/RED VIAL | ASFALTADO | | AFIRMADO | | SIN AFIRMAR | | TROCHA | | TOTAL | |
|----------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|-------------|
| | Km | % | Km | % | Km | % | Km | % | Km | % |
| HUANUCO | 347.8 | 10.50 | 1,487.1 | 45.10 | 539.5 | 16.30 | 925.6 | 28.00 | 3,300.0 | 99.9 |
| NACIONAL | 319.0 | 34.10 | 352.6 | 37.70 | 207.5 | 22.20 | 55.4 | 6.00 | 935.5 | 28.3 |
| DEPARTAMENTAL | 8.8 | 1.10 | 569.2 | 72.40 | 139.4 | 17.70 | 69.0 | 8.80 | 786.4 | 23.8 |
| VECINAL | 20.0 | 1.30 | 656.4 | 35.80 | 192.7 | 12.20 | 800.2 | 50.70 | 1,669.3 | 47.8 |

Fuente: Villanueva, H. (2009). Inventario Vial Georreferenciado 2009, Departamento de Huánuco

Cuadro N° 2: Listado de rutas Departamentales de Huánuco

| N° | CODIGO DE RUTA | TRAYECTO | | LONGITUD (KM) | TIPO DE SUPERFICIE | | | |
|--------------------------------|----------------|------------------------------------|---|---------------|--------------------|---------------|---------------|--------------|
| | | DESDE | HASTA | | ASFALTO | AFIRMADO | SIN AFIRMAR | TROCHA |
| 1 | HU-100 | Empr.PE-12A (Santa Eulalia) | Empr.PE-14A (Huacaybamba) | 119.35 | | 49.31 | 26.81 | 43.23 |
| 2 | HU-101 | Empr.PE-14A (Urpish) | Sogo Pampa – Carpa – Tantamayo – Chavin de Pariarca – Queropalca – Vista Alegre – Quivilla – Empr.PE-3N (Tingo Chico) | 87.5 | | 49.62 | 37.88 | |
| 3 | HU-102 | Empr.3N (Pachas) | Libertad – Llata – Puños – Miraflores – Punchao – Singa | 110.91 | | 107.4 | | 3.51 |
| 4 | HU-103 | Empr.HU-102 (La Libertad) | Huergosayoc – Emp.AN- 111 | 9.55 | | | | 9.55 |
| 5 | HU-104 | LD.Ucayali | Toumavista | 42.24 | | 42.24 | | |
| 6 | HU-105 | Empr.HU-104 4 (Nva. Independencia) | Honoría | 10.78 | | 10.78 | | |
| 7 | HU-106 | Empr.PE-5N | Puerto Inca | 9.22 | | 9.22 | | |
| 8 | HU-107 | Empr.PE-5N (Belo Horizonte) | Yuyapichis | 6.02 | | 6.02 | | |
| 9 | HU-108 | Empr.PE-3N (Huánuco) | Churubamba – Vinchos | 34.87 | 8.83 | 24.69 | | 1.35 |
| 10 | HU-109 | Empr.PE-3N (La Unión) | Iscoyampa – Rondós – Pillcocancho – Baños – Cochabamba – Ataquero – Queropalca. | 74.6 | | 59.95 | 14.65 | |
| 11 | HU-110 | Empr.PE-3N (Llucilatambo) | Huarín – Jivia – Jesús – Cauri – Gashapampa – Antacolpa – Raura – Lim.Dep. Lima. | 128.45 | | 109.6 | 7.49 | 11.36 |
| 12 | HU-111 | Empr.PE-3N (Higuera) | Margos – Emp.HU 100 (Jesús) | 72.75 | | 20.2 | 52.55 | |
| 13 | HU-112 | Empr.PE-3N (Rancho) | Panao – Chaglla – Rumichaca | 80.12 | | 80.12 | | |
| RED VIAL NACIONAL TOTAL | | | | 786.36 | 8.83 | 569.15 | 139.38 | 69 |
| | | | | 100% | 1.10% | 72.40% | 17.70% | 8.80% |

Fuente: Villanueva, H. (2009). Inventario Vial Georreferenciado 2009, Departamento de Huánuco

Por lo tanto, se ha decidido elaborar un sistema de gestión de vía no pavimentada, teniendo como estudio el estado de deterioro, tipos de fallas y magnitud de colapsos que presenta la vía de la carretera La Unión – Queropalca, el cual permitirá utilizar criterios de decisión y definir alternativas que contribuyen con la eficiencia en la toma de decisiones, de una manera dinámica y flexible, y estableciendo un programa de acción técnica óptimo

desde el punto de vista económico. Esto conducirá a la reducción de costos por mantenimiento.

1.1.3. Formulación del problema

1.1.3.1. Problema general

¿En qué medida la condición de la carretera, influye en una gestión de la vía no pavimentada, de la carretera La Unión - Queropalca?

1.1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿En qué medida una evaluación técnica, influye en una gestión de la vía no pavimentada, de la carretera La Unión – Queropalca?
- b) ¿En qué medida el tipo de conservación, influye en una gestión de la vía no pavimentada, de la carretera La Unión – Queropalca?
- c) ¿En qué medida una evaluación económica, influye en una gestión de la vía no pavimentada, de la carretera La Unión – Queropalca?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la condición de la carretera, para una gestión de la vía no pavimentada, de la carretera La Unión – Queropalca.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Elaborar una evaluación técnica, para una gestión de la vía no pavimentada, de la carretera La Unión – Queropalca.
- b) Identificar el tipo de conservación, para una gestión de la vía no pavimentada, de la carretera La Unión – Queropalca.
- c) Formular una evaluación económica, para una gestión de la vía no pavimentada, de la carretera La Unión – Queropalca.

1.3. Justificación e importancia

El presente trabajo de investigación estará centrado en la revisión de la gestión de carreteras no pavimentadas, en el mantenimiento vial de la vía departamental con el enfoque hacia la conservación. Con esta investigación se procura aportar ideas que no solo sean de orden teórico académicas, sino que además contribuya a una propuesta de gestión de pavimentos a las autoridades del Gobierno Regional de Huánuco.

Las vías departamentales del gobierno regional de Huánuco, requieren de especial atención para optar a estas nuevas formas de gestión y financiamiento del mantenimiento de la red vial urbana, que le proporcione, a esta entidad político un modelo adecuado de atención prioritaria a la administración de estas actividades, cuyo manejo institucional favorecería la reducción de los costos de operación del transporte rural en general, al disminuir los tiempos de viaje y las inversiones para reparar vehículos, como

consecuencia del mal estado de la vía no pavimentada de la carretera La Unión - Queropalca

Por lo tanto, la investigación se justifica en la necesidad de tener una mejor transitabilidad de vehículos y llevar desarrollo a los pueblos y/o comunidades que se encuentran en el paso de la vía no pavimentada, esto se analizara con el diagnóstico de fallas donde se utilizara la herramienta HDM – 4. Los resultados obtenidos de dicho estudio como son el nivel de daño del pavimento, su severidad y tipos de fallas de la carretera no pavimentada.

1.4. Limitaciones

La limitación se dio en la recolección de datos de las fallas funcionales del pavimento, existen varios métodos para analizarlo, en la investigación se recogió dichos datos con el formato y las herramientas del HDM - 4 y para las fallas estructurales del pavimento se usaron ensayos no destructivos.

1.5. Hipótesis, variables, indicadores y definiciones operacionales

1.5.1. Hipótesis

1.5.1.1. Hipótesis general

Al determinar la condición de la carretera, permitirá mejorar la gestión de la vía no pavimentada, de la carretera La Unión – Queropalca

1.5.1.2. Hipótesis específicas

- a) Al elaborar una evaluación técnica, permitirá mejorar la gestión de la vía no pavimentada, de la carretera La Unión – Queropalca.

- b) Al identificar el tipo de conservación, permitirá mejorar la gestión de la vía no pavimentada, de la carretera La Unión – Queropalca.
- c) Al formular una evaluación económica, permitirá mejorar la gestión de la vía no pavimentada, de la carretera La Unión – Queropalca.

1.5.2. Sistema de Variables – dimensiones e indicadores

1.5.2.1. Variable independiente

Condición de la carretera

Es una variable cuantitativa discreta.

1.5.2.1. Variable dependiente

Gestión de la vía no pavimentada:

Es una variable cualitativa nominal

1.5.3. Operación de variables

Cuadro N° 3: Operación de variables

| VARIABLE | SUB-VARIABLE | INDICADORES | INSTRUMENTACIÓN |
|---|-------------------------------|--|---|
| Variable Independiente Condición de la carretera | Evaluación técnica | Condición del pavimento | HDM-4 |
| | Tipo de conservación | Evaluación técnica | Manual del MTC |
| | Evaluación económica | Rehabilitación, mantenimiento periódico, rutinario | Cotización por kilometro |
| Variable Dependiente Gestión de la vía no pavimentada | Planificación de la carretera | Diseño, construcción, mantenimiento y evaluación | Plataforma de Gestión del Gobierno Regional |

Fuente: Elaboración propia

1.6. Bases teóricas

1.6.1. Los sistemas de infraestructura y la dinámica del desarrollo social

No cabe duda de que el desarrollo económico y social de las comunidades ha estado siempre vinculado al mejoramiento de los sistemas de transporte. Las comunidades crecen en lo cultural, en lo social y en lo económico a medida que exista posibilidad de comunicarse y trasladarse. Lo anterior nos puede llevar a la conclusión de que el crecimiento de una región puede verse limitada por insuficiencia de medios de comunicación, ya sea interna o externamente a otras comunidades vecinas.

El modelo de Manheim es un claro ejemplo de la relación entre el sistema de transporte y el desarrollo social; señala que la dinámica social de una ciudad, una región, un país o una comunidad en general puede ser entendida a partir de las relaciones que se verifican entre tres variables esenciales:

Sistema de Transporte,

Sistema de Actividades, y

Estructuras de Flujo.

Sistema de Transporte: el sistema de transporte puede ser analizado a partir de tres elementos: infraestructura, vehículos o equipos y operación. La infraestructura corresponde a los elementos físicos que sirven de soporte físico a los vehículos; como las calles, carreteras, las vías férreas, los puertos y aeropuertos. Los equipos o vehículos son los dispositivos que realizan el desplazamiento propiamente tal de las personas y las mercaderías; como los

automóviles, los buses, trenes, barcos y aviones. La operación o gestión corresponde a la manera en que se ordenan y operan los vehículos sobre la infraestructura; ejemplo los semáforos y la señalización, los sistemas de control de tráfico aéreo y ferroviario.

Al identificar estos elementos se puede afirmar que intervenciones o transformaciones en cualquiera de ellos implican intervenciones y modificaciones dentro del Sistema de Transporte.

Sistema de Actividades: el Sistema de Actividades (movimiento de personas, bienes, etc.) está relacionado con la realidad económica social de la o las comunidades analizadas. Entre los aspectos que lo definen destacan la cantidad y características de la población, el nivel de ingreso, la actividad económica y el uso del suelo, entre otros.

Estructura de Flujos: la estructura de flujos corresponde a las características que definen los viajes que efectivamente se producen en la o las comunidades analizadas: orígenes, destinos, modos, rutas, cantidades de pasajeros y carga transportados. Sin embargo, esta definición es incompleta si no se asocia al concepto de nivel de servicio; sin duda no es lo mismo transportar una cierta cantidad de pasajeros entre un par origen-destino específico en 10 minutos que en una hora. El nivel de servicio está asociado a los atributos que los usuarios perciben por realizar el viaje, entre los que se puede mencionar: el tiempo de viaje, costos de operación, tarifa, peajes, comodidad, seguridad, etc.

Las definiciones recién presentadas indican el carácter dinámico de estas. Es decir, en una comunidad se está permanentemente en presencia de

modificaciones ya sea sobre el sistema de transporte, el sistema de actividades o la estructura de flujo. Estas modificaciones están muchas veces relacionadas entre sí, distinguiéndose tres relaciones fundamentales de causa - efecto:

- **Relación de Tipo 1:** la interacción entre el sistema de transporte y el sistema de actividades define una cierta estructura de flujo operando a un determinado nivel de servicio.

Por ejemplo, la construcción de una línea de Metro en determinada ciudad. Tal situación es capaz de producir mejoras en el nivel de servicio y por lo tanto variar la estructura de flujo producto del cambio de modo de algunos usuarios. Por otra parte, una modificación en el uso del suelo de un lugar puede generar proyectos inmobiliarios que hagan variar la localización dentro de la ciudad y con el los orígenes y destinos dentro de la ciudad.

- **Relación de Tipo 2:** variaciones en la estructura de flujo pueden generar variaciones en el sistema de actividades, producto de variaciones en el nivel de servicio o en los recursos consumidos en la provisión de dichos servicios. Por ejemplo, una disminución de los tiempos de viaje a un determinado lugar puede motivar el desarrollo inmobiliario habitacional de dicho lugar.
- **Relación de Tipo 3:** cambios en la estructura de flujo pueden motivar transformaciones del sistema de transporte a lo largo del tiempo. Es el caso de la planificación que realizan los agentes de gobierno y privados, en términos de responder a las necesidades de transporte que se prevé ser

necesario cubrir en el futuro. Estas tres relaciones se muestran en la siguiente figura:

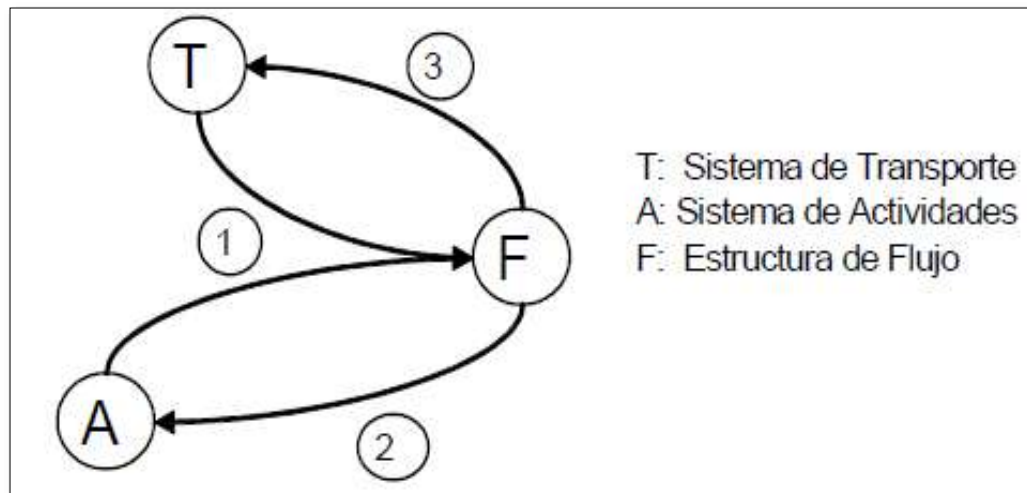


Figura N° 1: Relaciones entre el Sistema de Transporte, el Sistema de Actividades y la Estructura de Flujo.
Fuente: Manheim, M. (1979).

Si bien existen muchos otros factores que influyen en el desarrollo y transformación de las comunidades sociales, este sencillo modelo da una idea respecto a la responsabilidad que tienen los planificadores e interventores de las comunidades, particularmente aquellos relacionados con la infraestructura de transporte.

Las buenas decisiones en materia de infraestructura pueden generar grandes beneficios a toda la comunidad; por el contrario, decisiones equivocadas pueden tener efectos muy peligrosos, sobre todo en el largo plazo. “El desafío de análisis de sistemas de transporte es intervenir delicada y deliberadamente en la sociedad, con el objeto de que, al usar su sistema de transporte en forma efectiva, coordinadamente con otras acciones públicas y privadas, se alcancen las metas de dicha sociedad”.

1.6.2. El pavimento como elemento de análisis para la gestión

Con el pasar del tiempo, los países desarrollados se han dado cuenta de que una buena gestión de infraestructura es indispensable para el desarrollo tanto económico como social de las regiones, debido a esto su preocupación por dicha operación ha tomado gran importancia, se han desarrollado un sinnúmero de sistemas que tienen como objetivo optimizar los recursos para lograr que los caminos cumplan su función al 100%. Los sistemas mencionados anteriormente requieren del desarrollo continuo de tecnología para estudiar, analizar y comprender el comportamiento de todos los elementos de la infraestructura. Sin perjuicio de lo anterior, el elemento básico dentro de la infraestructura vial son los pavimentos, en torno a ellos se generan todos los elementos mencionados anteriormente. Esta importancia se debe a la funcionalidad que cumple el pavimento dentro de la operación de un camino, es este el que entrega la superficie requerida para el desplazamiento de los diferentes medios de transporte; del pavimento dependen la mayoría de los costos de usuario, asimismo es el pavimento el que requiere la mayor cantidad de recursos económicos y financieros tanto para su construcción como para su mantenimiento y por esto el desarrollo de tecnologías en la infraestructura vial tiene como un objetivo primordial el comportamiento del pavimento.

Por esto es que, gran parte de los estudios enfocan la explicación del comportamiento del pavimento, así como en los diferentes elementos que influyen en este.

El actual sistema de transporte incluye los medios marino, aéreo y terrestre; de ellos, el marino y las vías de ferrocarril no hacen uso de pavimentos. Es

decir, los demás medios de una u otra forma incluyen el uso del pavimento dentro de su funcionamiento, por lo cual necesitan sistemas de gestión de pavimentos que permitan un funcionamiento adecuado, controlando la inversión que tal mantenimiento requiere y los costos en que los usuarios incurren de acuerdo al estado en que estos se encuentran.

Para cada medio de transporte se requieren diferentes tipos de estructuras que van desde losas de aeropuerto hasta puentes. Todos ellos requieren de una conservación apropiada que asegure a los usuarios serviciabilidad y seguridad.

Definición de pavimento

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Esta descansa sobre el terreno de fundación.

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, adecuada adherencia entre el vehículo y el pavimento aún en condiciones húmedas, presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua, además de tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas. Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de

menor calidad los que se colocan en los rellenos además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos.

La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

Clasificación de pavimentos

Dividiremos a los pavimentos en dos clases:

Pavimentos flexibles y pavimentos rígidos, la combinación resulta pavimentos mixtos. Esta división, si bien es un tanto arbitraria, la hemos adoptado por ser la más conocida y generalizada.

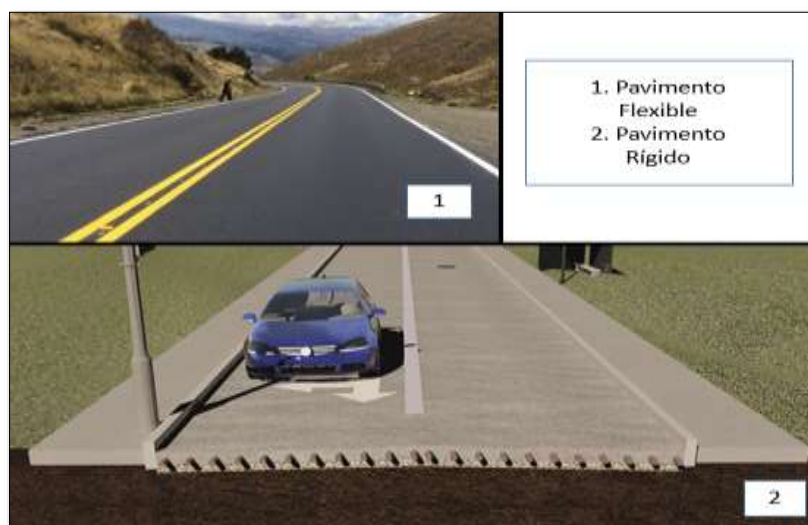


Figura N° 2: Ejemplos de Pavimentos.
Fuente: Elaboración propia

Pavimento Flexible

Son aquellos pavimentos que tienen una base flexible o semirrígida, sobre la cual se ha construido una capa de rodamiento formada por una mezcla bituminosa de alquitrán o asfalto.

Terminología, función y características de las capas de un pavimento flexible se define de la manera siguiente:

Terreno de Fundación

Aquel que sirve de fundación al pavimento después de haber sido terminado el movimiento de tierras y que, una vez compactado, tiene las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño.

De su capacidad depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea este flexible o rígido. Si el terreno de fundación es pésimo; por ejemplo, si el material que lo compone tiene un alto contenido de materia orgánica, debe desecharse este material y sustituirse por otro de mejor calidad.

Si el terreno de fundación es malo y se halla formado por un suelo fino, limoso o arcilloso, susceptible de saturación, habrá de colocarse una sub-base granular de material seleccionado antes de poner la base y la capa de rodamiento.

Si el terreno de fundación es regular o bueno y está formado por un suelo bien graduado que no ofrece peligro de saturación, o por un material de granulometría gruesa, posiblemente no se requerirá la capa de sub-base.

Finalmente, si el terreno de fundación es excelente; es decir, que tiene un valor de soporte elevado y no existe, además, la posibilidad de que se sature de agua, bastaría colocar encima la capa de rodamiento.

Resumiendo lo expuesto anteriormente, tendremos que:

- a) Si el terreno de fundación es pésimo, debe desecharse el material que lo compone, siempre que sea posible, y sustituirse este por un suelo de mejor calidad.
- b) Si el terreno de fundación es malo, habrá que colocar una sub-base de material seleccionado antes de poner la base.
- c) Si el terreno de fundación es regular o bueno, podría prescindirse de la sub-base.
- d) Si es excelente, podría prescindirse de la base y sub-base.

Sub-base

Es la capa de material seleccionado que se coloca encima de la Subrasante.

Tiene por objeto:

- a) Servir de capa de drenaje al pavimento.
- b) Controlar, o eliminar en lo posible, los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material de la subrasante.
- c) Controlar la ascensión capilar del agua proveniente de las napas freáticas cercanas o de otras fuentes, protegiendo así el pavimento contra los hinchamientos que se producen en épocas de helada. Este hinchamiento es causado por el congelamiento del agua capilar,

fenómeno que se observa especialmente en suelos limosos donde la ascensión capilar del agua es grande.

El material de la sub-base, debe ser seleccionado y tener mayor capacidad que el terreno de fundación compactado. Este material puede ser: arena, grava, escoria de los altos hornos, o residuos de material de cantera. En algunos casos, es posible emplear para sub-base el material de la subrasante mezclado con cemento, etc.

Base

Esta capa se coloca por encima de la sub-base, tiene por finalidad absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos y, además, repartir uniformemente estos esfuerzos a la sub-base y al terreno de fundación.

Las bases pueden ser granulares, o bien estar formadas por mezclas bituminosas o mezclas estabilizadas con cemento u otro material ligante.

Por lo general, para la capa de base se emplea piedra triturada, grava o mezclas estabilizadas de suelo cemento, suelo bituminoso, etc.

Capa de Rodamiento

Su función primordial será la de proteger la base impermeabilizando la superficie, para evitar así posibles infiltraciones de agua de lluvia que podrían saturar parcial o totalmente las capas inferiores.

Además, evita que se desgaste o se desintegre la base a causa del tránsito de los vehículos. Asimismo, la capa de rodamiento contribuye, en cierto

modo, a aumentar la capacidad de carga del pavimento, especialmente si su espesor es apreciable (mayor de 3”).

Tipos de Mezclas Bituminosas

Los tipos de mezclas bituminosas generalmente empleados para las capas de rodamiento de pavimentos flexibles, son los siguientes:

- a) *Tratamientos superficiales en una o varias capas, con o sin carpeta de sello.* - Los asfaltos y alquitranes que se emplean, son los llamados líquidos o diluidos (Cut-backs) del tipo de rápido curado (RC) y emulsiones CRS. El espesor de estas capas es de 2.5 cm. (1”), aproximadamente. Este tipo se emplea, comúnmente, para tránsito ligero.
- b) *Macadam de penetración.* - Son sucesivas capas de material pétreo y asfalto regado a presión. Los asfaltos que se emplean son aquellos cuya penetración está comprendida entre 85 y 150. El espesor de estas capas varía entre 6 y 15 cm. (2.5” y 6”).
- c) *Mezclas “in situ” de tipo abierto o denso.* - Generalmente, se emplean asfaltos líquidos de rápido y medio curado (RC y MC). El espesor varío, aproximadamente entre 4 y 7.5 cm. (1.5” y 3”).
- d) *Mezclas “en planta” de tipo denso o abierto, aplicadas “en frío” o “en caliente”.* - Para láminas asfálticas (sheet asphalt), concretos bituminosa, etc. Pueden usarse algunos asfaltos líquidos, pero preferentemente se emplean cementos asfálticos cuya penetración está comprendida entre 85 y 200. El espesor es, generalmente, mayor de 5cm (2”).

Carpeta de desgaste o sello

Está formada por una aplicación bituminosa de asfalto o alquitrán, y tiene por objeto sellar la superficie, impermeabilizándola, a fin de evitar la infiltración de las aguas de lluvia. Además, protege la capa de rodamiento contra la acción abrasiva de las ruedas de los vehículos.

Los materiales bituminosos que se emplean pueden ser asfaltos líquidos, emulsiones, y de penetración.

Estos materiales son aplicados por medio de un distribuidor a presión, en cantidades que varían de 0.5 a 1.5 litros por metro cuadrado, según las características de la capa sello.

Los sellos pueden o no llevar una cubierta secante (blotter) de arena o agregado fino. En caso de colocarse una cubierta de material pétreo, la cantidad a emplearse varía, generalmente, entre 5 y 10 kg/m².

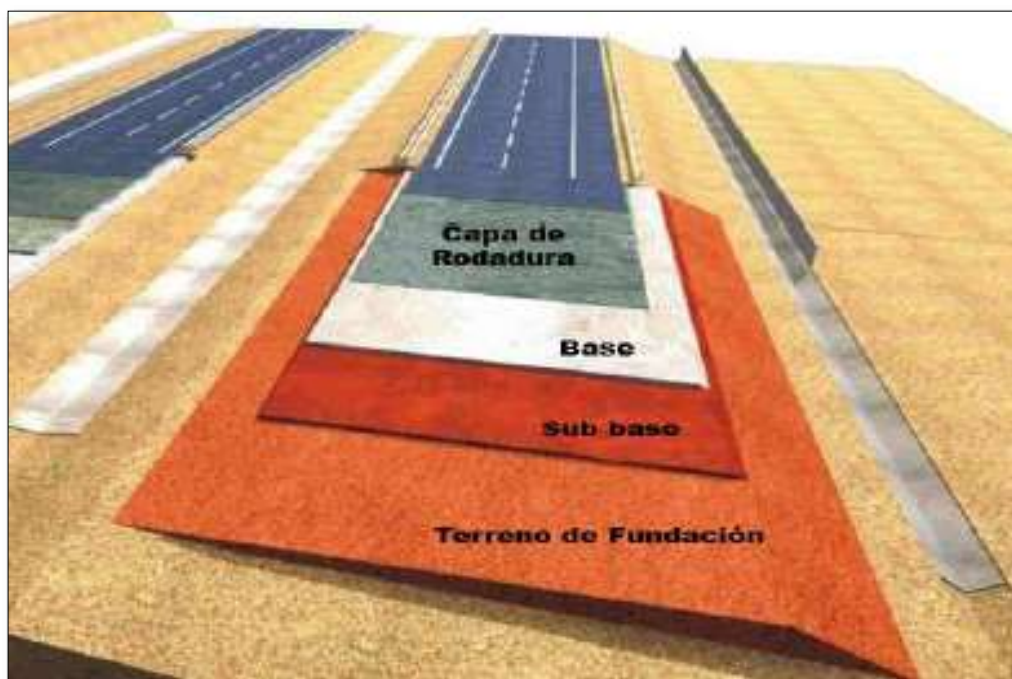


Figura N° 3: Diagrama digital de la estructura de un pavimento flexible
Fuente: Valle, R. (1954). Carreteras, Calles y Aeropistas

1.6.3. Sistema de gestión de pavimentos

Los primeros en advertir la necesidad de mantener y administrar las vías fueron los romanos, quienes debían administrar una compleja red que consistía en distintos tipos de calzadas. La administración del sistema era perfecta, en las provincias dependía de los gobernadores y en cada zona municipal de los magistrados locales. La conservación se realizaba en forma permanente por una organización de capataces y camineros, además se debe agregar que la circulación estaba debidamente controlada, ya que se fijaban el número de animales de tiro, y la dimensión y la forma de los vehículos.

En definitiva, se generó un sistema de gestión adecuado a la época que cumplía con el objetivo de mantener en óptimas condiciones la red vial. Otro precursor, y tal vez el iniciador de un sistema de gestión de pavimentos moderno, fue Pierre M. Jerome Tresaguet (1716-1796).

Inspector general de caminos de Francia desde 1775, quien reconoció la necesidad de un mantenimiento permanente y continua de las vías para un servicio apropiado, él con el apoyo de Napoleón, generó el desarrollo de un gran sistema de caminos franceses.

En Estados Unidos durante 1920, se dio inicio a la organización de un esfuerzo de investigación en el área de los pavimentos, con el fin de mejorar el diseño, el mantenimiento y construcción de caminos. El desarrollo de la investigación comprendió una variedad de estudios empíricos y teóricos, entre los que se incluyen principalmente los desarrollados en los años 1950 y 1960 por la American Association of State Highway Officials (AASHO). A partir

de esa investigación se han desarrollado programas de mantenimiento, los que con el tiempo se siguen ejecutando, habiendo variado sólo en su nivel de detalle y formalidad, así como en el nivel de tecnología utilizado, el cual ha ido avanzando aceleradamente permitiendo adecuar las estrategias a dichos avances. Un punto clave en el tema es la introducción de las computadoras, las que han permitido el desarrollo de procesos con un amplio número de datos, con extensos cálculos, simulaciones y otros; que han facilitado la labor apreciablemente.

La misión moderna de la gestión de pavimentos como la conocemos en la actualidad nace de un estudio de la AASHO en 1966, a través de un programa de investigación. "National Cooperation Highway Research Program" (NCHRP), con la idea de proveer las bases teóricas para extender los resultados de la famosa prueba AASHO realizada en Otawa. Illinois, entre 1958 y 1961. Haas y Hudson en su libro "Pavement Management System" publicado en 1978, introdujeron definitivamente este concepto en la Ingeniería Vial.

1.6.4. Los pavimentos y su necesidad de conservación

Los pavimentos tienen por propósito servir al tránsito en forma segura, confortable y eficiente, por tal motivo es importante realizar labores de conservación adecuadas y oportunas sobre ellos.

El concepto de conservación de pavimentos significa la acción de cuidar que su aptitud de servicio se prolongue durante el tiempo requerido, lo cual implica un esfuerzo de preocupación de los encargados y un desembolso de recursos importante por parte de la agencia responsable.

Los caminos son vitales para la comunidad y afectan el bienestar económico y el desarrollo de la misma, por este motivo los administradores tienen la responsabilidad de dar al público el mejor servicio posible con los fondos disponibles. Los caminos son uno de los subsistemas del sistema global de transporte, a él se agrega el subsistema de vehículos que transitan por la vía, formando ambos lo que se conoce como el costo global del sistema de transporte. Dentro de dicha premisa se inserta la necesidad de construir caminos de buena calidad e intervenir en ellos cada vez que sea necesario, a fin de mantener las condiciones apropiadas para los usuarios. Mientras exista demanda de parte de ellos, es conveniente crear y seguir un esquema de conservación de la red que garantice lo siguiente:

- Adecuada conservación de los caminos de la red a un costo apropiado.
- Que la red vial sea mantenida siguiendo un programa de largo plazo.
- Que se optimice los costos y beneficios del sistema, racionalizando el uso de recursos.
- Que exista un permanente control de los efectos sobre el medio ambiente
- Que se implemente un control de la efectividad de la conservación.

En una sociedad intensamente motorizada como la nuestra, la trascendencia que se debe otorgar a la conservación de carreteras es fundamental. El patrimonio vial del país se ha enriquecido considerablemente y sigue creciendo en una progresión importante, con ello se pone de manifiesto la necesidad de disponer de una completa información del estado de vías y estructuras, así como de un plan de acción de conservación que permita la

prevención y corrección de deterioros oportunamente. Con este objetivo se utilizan los sistemas de gestión, que sirven de herramienta para ayudar tomar la decisión, seleccionando las acciones más adecuadas, determinando su costo y fijando sus prioridades, dentro de las disponibilidades económicas de la entidad administradora, sea ésta pública o privada.

Puesto que los pavimentos son diseñados para tener una duración determinada, la no realización de un mantenimiento adecuado significará que en el corto plazo el pavimento entregará un servicio menor al esperado. Esta situación incentiva la creación de la gestión de pavimentos.

Se entienden por gestión de pavimentos todas aquellas acciones de conservación que aplicadas en el tiempo mantienen un nivel de servicio adecuado, tanto en el aspecto funcional como estructural. En el gráfico N° 1, se representa la forma general en que se deterioran los pavimentos, en él se puede observar que los primeros años el deterioro es lento; sin embargo, existe un umbral en el cual el deterioro es acelerado, llegando rápidamente al término de la vida útil del camino.

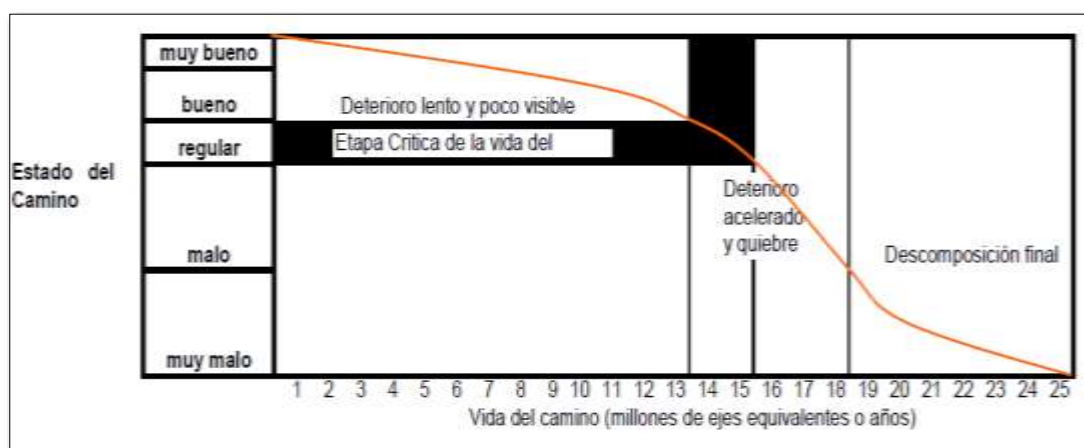


Gráfico N° 1: Esquema de Deterioro de un pavimento en el tiempo
Fuente: Schielssler, A. (1992). Caminos un nuevo enfoque para la gestión.

1.6.5. Gestión de pavimentos

Se considera normalmente que un sistema de gestión de pavimentos es el conjunto de operaciones que tienen como objetivo conservar por un período de tiempo las condiciones de seguridad, comodidad y capacidad estructural adecuadas para la circulación, soportando las condiciones climáticas y de entorno de la zona en que se ubica la vía en cuestión. Todo lo anterior minimizando los costos monetario, social y ecológico.

Antiguamente el estado del pavimento se apreciaba visualmente, las técnicas de refuerzo eran primarias y limitadas (bacheo o tratamientos superficiales simples básicamente) y los problemas ecológicos sólo eran tomados en cuenta de acuerdo a la conciencia de los ingenieros (que se sintieran más o menos comprometidos con la causa). En la actualidad la situación ha cambiado, el estado de la carretera se mide a través de una multitud de parámetros específicos, las posibilidades técnicas de reparación y conservación son múltiples y el tema ecológico ha cobrado una relevancia fundamental, de aquí que los sistemas de gestión de pavimentos hayan evolucionado en una medida similar.

Conceptos básicos de gestión de pavimentos

El concepto de "gestión de pavimentos" ha evolucionado en forma acelerada en los últimos veinte años combinando todas las actividades para proveer y administrar pavimentos. 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 las decisiones, para así conseguir un

programa de acción económicamente óptimo y en el cual se provea una retroalimentación de las consecuencias de las decisiones tomadas, como medio de asegurar su efectividad. Se puede agregar que gente experimentada puede generar programas racionales, pero para una red extensa se hace imprescindible organizar la información. En caso de no existir un programa de gestión, se cuenta sólo con decisiones aproximadas producto de soluciones limitadas para el mantenimiento, lo cual es de dudosa efectividad en las condiciones de restricción de presupuesto en que generalmente se trabaja.

La planificación de la gestión de pavimentos otorga beneficios, tales como:

- Recopila un conjunto de información, la cual puede ser compartida dentro de la organización, entre instituciones o el público en general.
- Logra los mejores beneficios con el dinero disponible.
- Puede dar a conocer las consecuencias de una u otra medida de conservación en base a experiencias similares anteriores.

Además, la gestión de pavimentos es un proceso global que incluye todas aquellas actividades involucradas en proporcionar caminos, entre las que se cuentan: adquisición de información inicial, planificación y programación de mantenimiento, rehabilitación y nueva construcción, diseño de detalles de proyectos individuales y de seguimiento periódico de pavimentos existentes.

La gestión identifica las mejores estrategias priorizándolas para su implementación. En el gráfico N° 2: se muestra las principales actividades de un sistema de gestión de pavimentos.

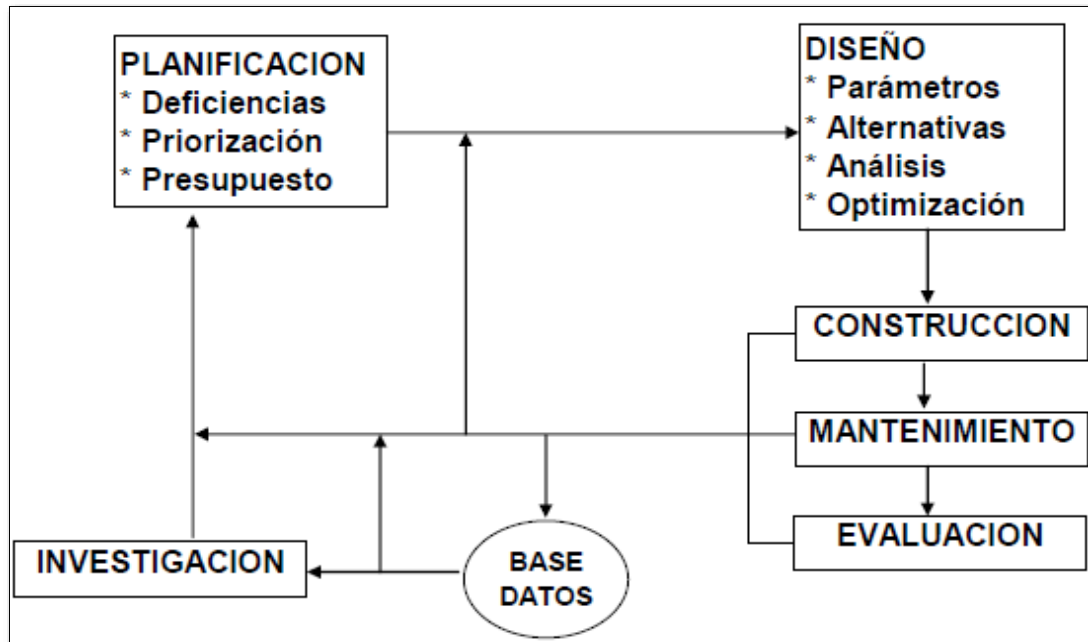


Gráfico N° 2: Diagrama simplificado de principales actividades que componen un sistema de gestión de pavimentos.

Fuente: Haas, R. (1994). Modern Pavement Management.

Características

La gestión de pavimentos debe ser capaz de ser usada por el organismo a cargo de los distintos niveles y contribuir a la toma de decisiones respecto de los proyectos individuales y de la red en que se encuentran insertos dichos proyectos. Por otra parte, la utilización de un adecuado sistema de gestión sobre los caminos permitirá obtener el óptimo rendimiento de los recursos invertidos, valorando para tal efecto a los diversos costos involucrados. Para conseguir un adecuado sistema de gestión es útil conocer algunos de sus requerimientos esenciales:

- Capacidad de ser fácilmente utilizado, posibilitando agregar y actualizar datos y modificarlo con nueva información sin mayor complicación.
- Capacidad de considerar estrategias alternativas dentro de la evaluación.

- Capacidad de identificar la estrategia o alternativa óptima.
- Capacidad de basar sus decisiones en procedimientos racionales, con atributos, criterios y restricciones cuantificables.
- Capacidad de usar información de retroalimentación para conocer las consecuencias de las decisiones.

Los pavimentos son estructuras complejas que involucran muchas variables, soportan combinaciones de cargas, solicitaciones de medio ambiente, materiales y formas de construcción, mantenimiento, etc. Y es importante entender claramente los factores técnicos y económicos que involucran su construcción, explotación y mantenimiento para poder hacer una apropiada gestión de los pavimentos.

1.6.6. Concepto de sistema

Antes de continuar analizando las principales características de la gestión de pavimentos, se pretende introducir el concepto de sistemas, que fue la base con que se desarrolló esta nueva disciplina de la ingeniería vial.

En general un sistema es un "modelo de ordenamiento que se aplica en una determinada organización que opera en un entorno cambiante" y comprende una colección de elementos interrelacionados, los cuales operan en conjunto para lograr el objetivo. La efectividad de cada uno de dichos elementos depende de cómo actúa cada uno en el conjunto. Al aplicar la teoría de sistemas se logra simplificar una situación para poder analizar y comprender sus implicancias en el entorno. A fin de explicar un poco más la idea, se muestra el gráfico N° 3.

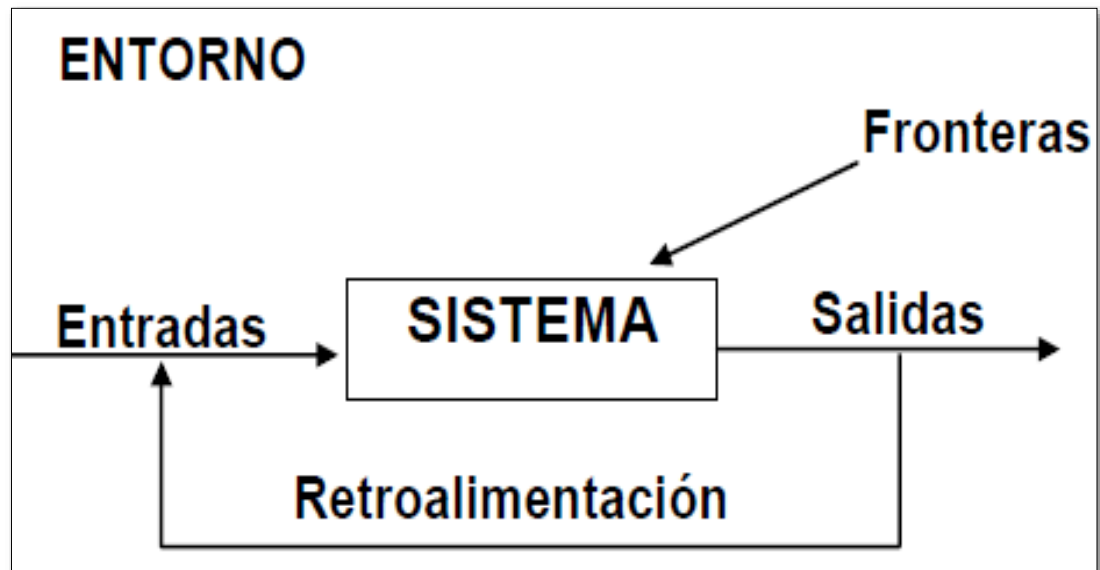


Gráfico N° 3: Modelo general de Sistemas

Fuente: Kovacevic, A. (1990). Sistemas de Información, Conceptos e Implicancias para la Empresa.

En el gráfico se distinguen:

- *Entorno:* es el medio en que está inserto el sistema en cuestión.
- *Fronteras:* corresponden a las restricciones o limitaciones que distinguen al sistema de su entorno, definen qué pertenece o no al mismo.
- *Entradas:* son los elementos que ingresan al sistema. corresponde a los necesarios para que éste cumpla con sus objetivos.
- *Salidas:* son los resultados que otorga el sistema, en base a los datos de entrada.
- *Proceso:* es la actividad que transforma las entradas en salidas dentro del sistema.
- *Retroalimentación:* es la información que el sistema recibe del entorno una vez entregadas las salidas y es el mecanismo para corregir el desempeño del mismo.

El enfoque de sistema incluye, para quienes lo utilizan, el hecho de asumir en el proceso una visión de conjunto, con interacción entre las partes, y la aplicación de un proceso analítico sobre un modelo de la realidad.

Los términos referidos a sistemas son a menudo confusos y están asociados a los problemas de la fase de definición, las entradas pueden ser tomadas como los factores que componen los elementos de demandas, tales como cargas, tránsito, etc., los que en conjunto con las constantes usualmente representan la información que es requerida por los encargados de solucionar los problemas.

Los objetivos también son parte de la información, pero ellos usualmente deben ser desarrollados o especificados por los mismos encargados de los problemas.

Similarmente ellos deben decidir la definición de los problemas cuya salida será utilizada en el análisis de soluciones alternativas y en la modelación de dichas alternativas.

Es importante que el sistema bajo consideración sea claramente reconocido e identificado, de otra forma puede haber una confusión en la determinación de las entradas requeridas y en la especificación aplicada a los objetivos, constantes, etc.

Metodología de Sistemas

La metodología de sistemas comprende un conjunto de conocimientos que han sido desarrollados para la planificación eficiente, para el diseño e implementación de nuevos sistemas y para estructurar el estado del

conocimiento de un sistema existente o modelo de una operación. Es un proceso amplio de solución de problemas que fue desarrollado a partir de la observación de conductas de proyectos eficientes y sistemáticos.

Hay dos usos de metodología de sistemas principales e interrelacionados:

- 1) La estructuración de un problema, o cuerpo de conocimiento.
- 2) El uso de herramientas analíticas para modelar y resolver el problema.

La estructura de cualquier proceso de solución de problemas debe incluir una incorporación sistemática de todos los factores técnicos, sociales y económicos que lo comprenden; más aún, debe ser una simulación lógica de la progresión de actividades involucradas en la eficiente solución de problemas.

El proceso continuo e iterativo se presenta en el gráfico N° 4, este proceso es aplicable tanto al problema global como a sus componentes o "sub problemas". Básicamente en tres niveles principales:

- 1) El acercamiento al sistema, que comprende una aproximación inicial y que con respecto al gráfico N° 4 involucra las fases de reconocimiento del problema y de definición inicial del mismo, con una mirada parcial a la generación de alternativas de solución.
- 2) El análisis del sistema, que extiende el nivel anterior a un desarrollo más completo de las estrategias alternativas y provee una metodología para analizar y optimizar dichas alternativas.

- 3) La ingeniería del sistema, que es la más completa manifestación del método de sistemas que comprende el diseño, implementación y evaluación de desempeño de la resolución de problemas.

La solución de problemas aplicando el método sistemático del gráfico puede ser eficiente, pero hay que reconocer ciertas limitaciones en su uso.

Una aplicación exitosa depende de las capacidades del personal que las efectúa, el método no es sustituto de una ingeniería de pobre desarrollo.

- El punto de vista de los individuos o la agencia; involucrada en el estudio del sistema debe ser claramente reconocido e identificado.
- Los componentes o la extensión del sistema bajo estudio deben ser claramente identificados.
- El exceso de simplificación de muchos problemas mediante la consideración de ellos como una caja negra.
- El peligro de generar soluciones específicas basándose en un problema mal entendido; es decir, generar soluciones erradas respecto de la realidad.

Como se dijo anteriormente, cualquier sistema está inserto en un medio externo, con cierto nivel técnico, social, económico y político. Por lo tanto, un determinado problema tiene una cierta definición, análisis y conclusión en un escenario específico; cualquier cambio en dicho escenario en cuanto a lo técnico, social, económico o político puede implicar que el problema desaparezca, disminuya o aumente, y que la forma de solución supuesta originalmente no tenga aplicación en este nuevo escenario. Es por ello que el

proceso de retroalimentación en el cual se analiza si el problema ha sido solucionado o si han cambiado las condiciones que motivaran dicho problema es fundamental.

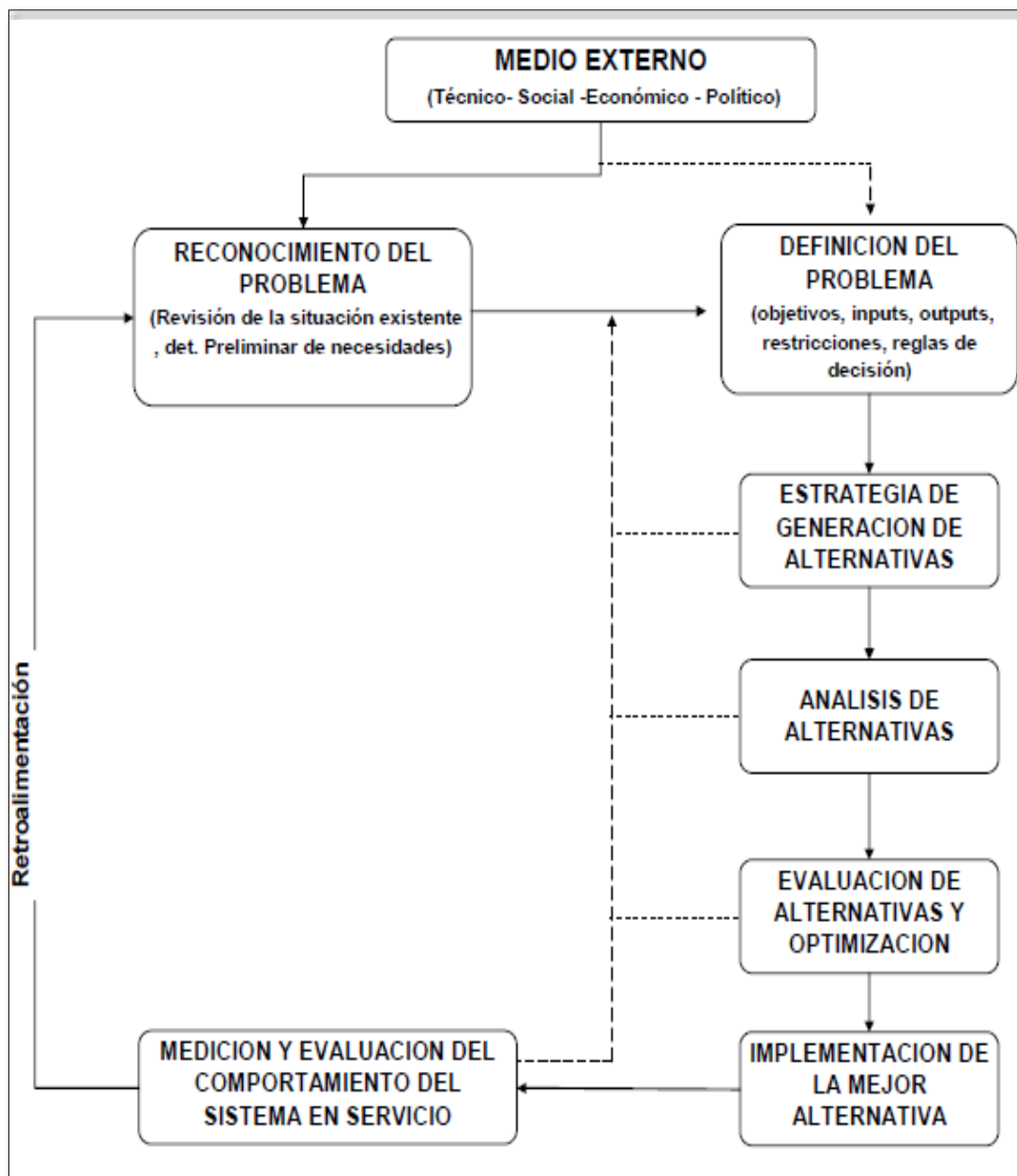


Gráfico N° 4: Principales fases y componentes de método de sistemas
Fuente: Haas, R. (1994). Modern Pavement Management.

Herramientas Analíticas para la Implementación de Sistemas

La estructuración de un problema puede ser muy general para encontrar una solución útil y operacional; la aplicación de técnicas analíticas para un

problema estructurado inadecuadamente puede dar como resultado una solución inapropiada, es decir, las técnicas analíticas que son utilizadas como parte de los métodos de sistemas para resolver los problemas tienen una máxima utilidad cuando los problemas están bien formulados o estructurados, de otra manera no sirven.

Hay una amplia variedad de técnicas disponibles para usarlas en un método de sistema para resolver un problema; a continuación, se presentan algunas, las que tienen diversa aplicabilidad en el área de pavimentos. El uso de modelos o técnicas de sistemas pueden facilitar una decisión respecto de algún tema en estudio.

Uno de los métodos más aplicados de sistemas incluye la utilización de programación lineal, también existen otros métodos no lineales que comprenden el uso de cálculo diferencial, multiplicadores de programación geométrica para las búsquedas iterativas de soluciones.

También son aplicables otros modelos de tipo aleatorio, por ejemplo, algunos consideran el método de Montecarlo, el cual es útil en caso de no existir modelos analíticos apropiados para un determinado problema a resolver, así como también las técnicas que utilizan cadenas de Markov o modelos estocásticos. En otro ámbito se considera también como de apoyo el uso de métodos de programación y control como el CPM o el PERT.

1.6.7. Aplicación del concepto de sistema a la gestión de pavimentos

Un sistema de gestión de pavimentos comprende un conjunto coordinado de actividades relacionadas con la planificación, diseño, construcción, conservación, evaluación e investigación de todos los elementos que

constituyen la infraestructura vial. Su principal objetivo es establecer la metodología para el seguimiento y continúa evaluación del estado de los pavimentos, para proporcionar así seguridad, confort y economía al transporte, obteniendo la mayor rentabilidad posible por el dinero invertido sujeto a las restricciones económicas, técnicas, políticas y ambientales. Para tales efectos, el sistema debe ser actualizable, permitir comparación de alternativas e identificar la óptima, basando sus decisiones en atributos, criterios y restricciones cuantificables, además de usar información de retroalimentación para evaluar las consecuencias de decisiones tomadas.

En general la gestión a nivel de red permite determinar las necesidades de las obras requeridas en un conjunto de vías; en cambio, la gestión a nivel de proyecto define claramente los requerimientos de un proyecto en particular, las principales diferencias se muestran en el gráfico N° 5.



Gráfico N° 5: Principales Componentes de un Sistema de Gestión de Pavimentos
Fuente: Haas, R. (1994). Modern Pavement Management.

Los elementos básicos que configuran un sistema de gestión de pavimentos se pueden sintetizar en:

- Información de inventario de la red.
- Información del estado funcional y estructural de los elementos de la vía.
- Modelos de predicción del comportamiento durante su vida útil.
- Estándares de conservación para el deterioro actual y futuro.
- Evaluación económica de las distintas alternativas de conservación y/o rehabilitación.
- Configuración de un programa de actuación en el período de análisis.

1.6.8. Sistemas de información

Es importante destacar que dentro de la gestión de pavimentos y, debido al manejo de abundante información para implementarlo, es necesario hacer hincapié en lo que consiste ordenar la información para su procesamiento e interpretación.

Concepto de Información

Se define el concepto de información como la adquisición o comunicación del conocimiento derivado del estudio, experiencia o instrucción respecto de situaciones específicas, que permiten ampliar los que se poseen respecto de determinadas materias. Es decir, a la información se la puede considerar como un recurso más dentro de la organización de un sistema de información y es una parte fundamental en su desarrollo.

En términos genéricos se define información como "un bien (o producto) que difiere del económico típico al no acabarse o depreciarse al ser consumido.

La información no se extingue al ser compartida, por el contrario, esto la hace crecer". Con todo, se considera hoy a la información como un recurso más dentro de una organización y del cual, en cierta forma, depende el funcionamiento de la misma y su permanencia en el tiempo.

Flujos de Información

Para el funcionamiento de un sistema de gestión es necesario la concreción de flujos de información que unan a los subsistemas de información, análisis e implementación (ver gráfico N° 6), el concepto base está en llevar a cabo las diversas actividades que involucra la toma de decisión, con la información respectiva reunida y las consecuencias de las posibles decisiones analizadas a la luz de tal información.

En base a ese análisis se toma la decisión, la que es implementada y sus resultados son guardados en archivos de datos que quedan a disposición de otros administradores a otros niveles. Se considera como principales tipos de archivos de datos aquellos de diseño y construcción, historia del mantenimiento y condición del pavimento.

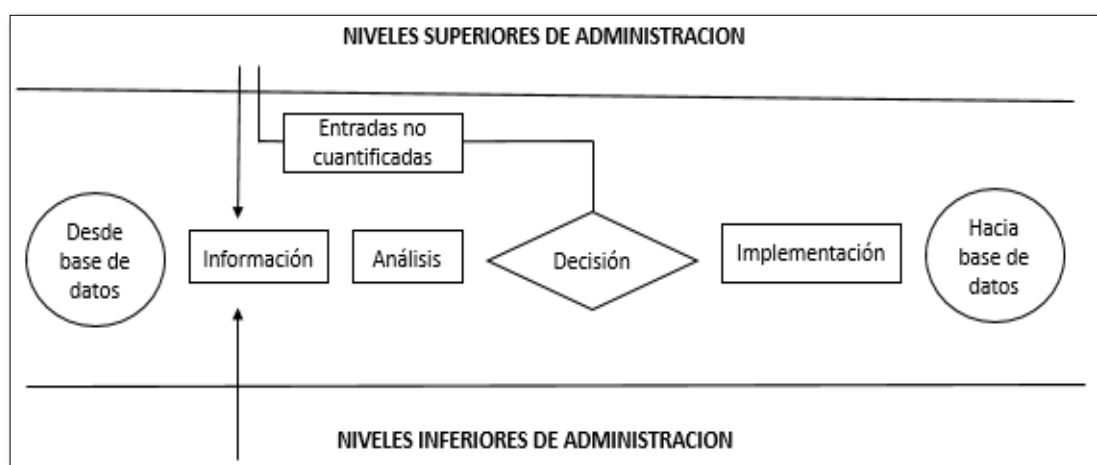


Gráfico N° 6: Flujos de Información para un Sistema de Gestión.
Fuente: Elaboración propia

Sistemas de información

Los sistemas de información son herramientas desarrolladas para poder administrar una gran cantidad de datos que son recolectados a lo largo del tiempo con el objeto de poder analizar y procesar la información en forma rápida y segura, obteniendo resultados rápidamente.

Estos sistemas se basan en personal altamente capacitado, tecnología computacional y equipos encargados de la recolección de datos (gráfico N° 7), esto en conjunto forma un sistema de información y su buena operación depende específicamente del funcionamiento coordinado de todos los elementos mencionados con anterioridad.

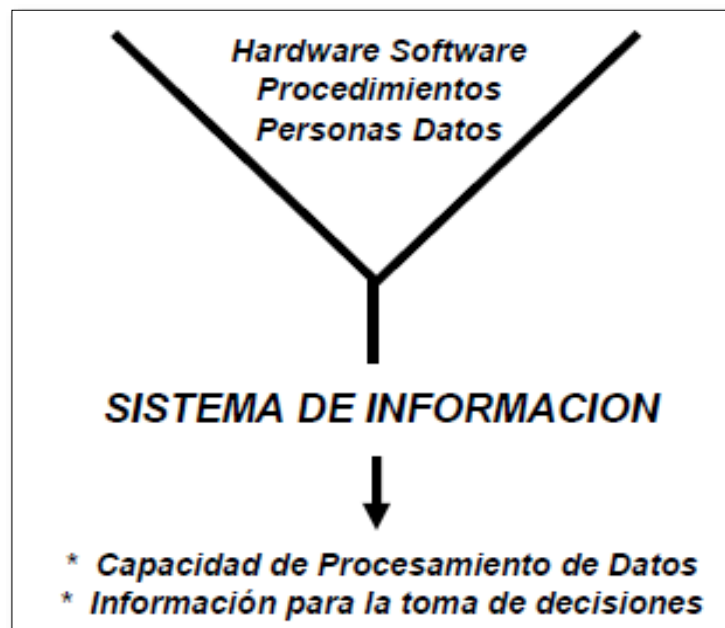


Gráfico N° 7: Relación de los Conceptos de Sistema
Fuente: Haas, R. (1994). Modern Pavement Management.

La necesidad de tomar decisiones rápidas ha hecho que los sistemas de información sean una de las herramientas más utilizadas en el último tiempo, su desarrollo ha alcanzado niveles jamás imaginados, llegando al punto de

tener sistemas expertos que utilizan razonamiento deductivo, y redes neuronales que pueden "aprender" en base a los datos que va recibiendo a lo largo del tiempo.

Un claro ejemplo de un sistema de información es el sistema de información geográfica (SIG), en el cual, de manera digital el sistema es configurado para mostrar los diversos elementos ordenados (figura N°4), según la metodología establecida, clasificados por layers o capas y/o colores.

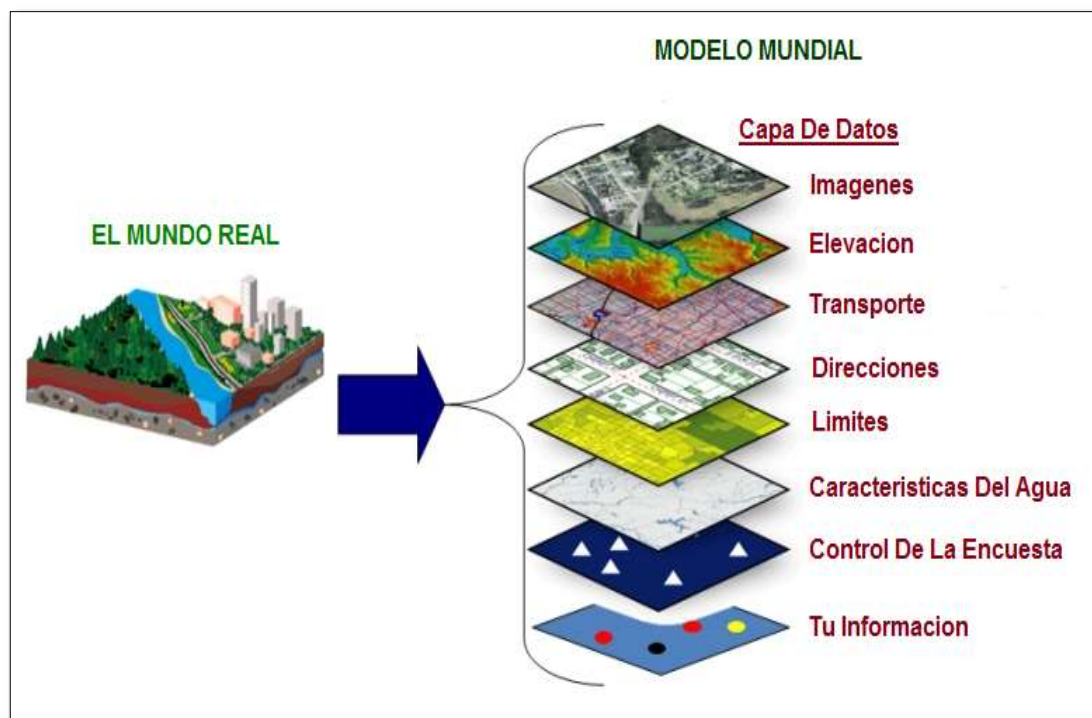


Figura N° 4: Estructura en capas del SIG
Fuente: Elaboración propia

Implementación de un sistema de información

Implementar un sistema de información no es una tarea fácil, ya que normalmente implica cambios importantes en las organizaciones; por lo tanto, es necesario tener presente que debe existir un balance entre estrategia, organización y tecnología (gráfico N° 8). Esto significa que la administración

superior de la organización debe definir una estrategia de negocio que incluya una organización administrativa y una tecnología adecuada a los objetivos planteados asignando los recursos necesarios para alcanzar las metas propuestas.

Se puede observar que el gráfico N° 8, que, si cualquiera de los componentes pierde importancia relativa frente a los otros, puede significar que la implementación deseada fracase; es decir, si por ejemplo durante la ejecución de una obra agregamos recursos tecnológicos, si el personal de manejo no está capacitado, entonces no se obtendrán los resultados esperados.

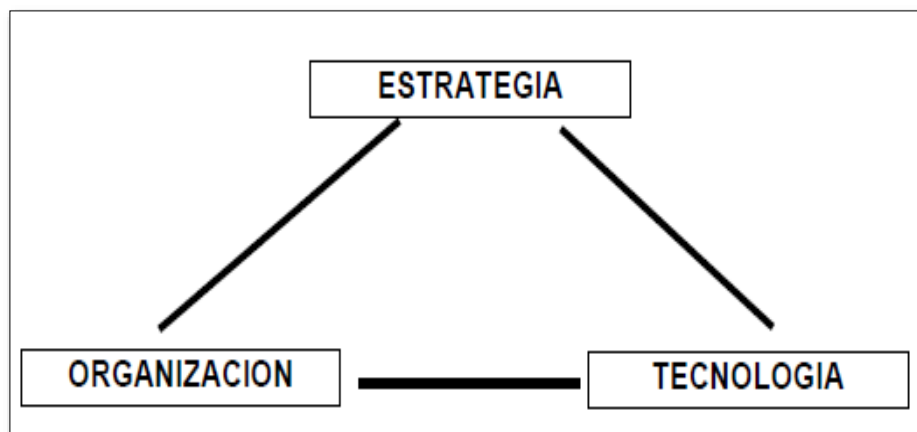


Gráfico N° 8: Condición de balance necesaria en la implementación de un sistema
Fuente: Elaboración propia.

El otro concepto a tener presente en la implementación de un sistema de información es su mejoramiento por etapas. Tratar de lograr un cambio desde no tener nada a un sistema perfecto en un solo paso es una tarea casi imposible, ya sea por la dificultad técnica que ello implica o por la posible resistencia de las personas que se pudieran sentir afectada por dicho cambio. Sin embargo, avanzar por etapas permite producir en la organización una cultura positiva entre los cambios, especialmente porque se pueden obtener

resultados positivos a menor escala, en plazos relativamente cortos. En el gráfico N° 9, se presenta este concepto.

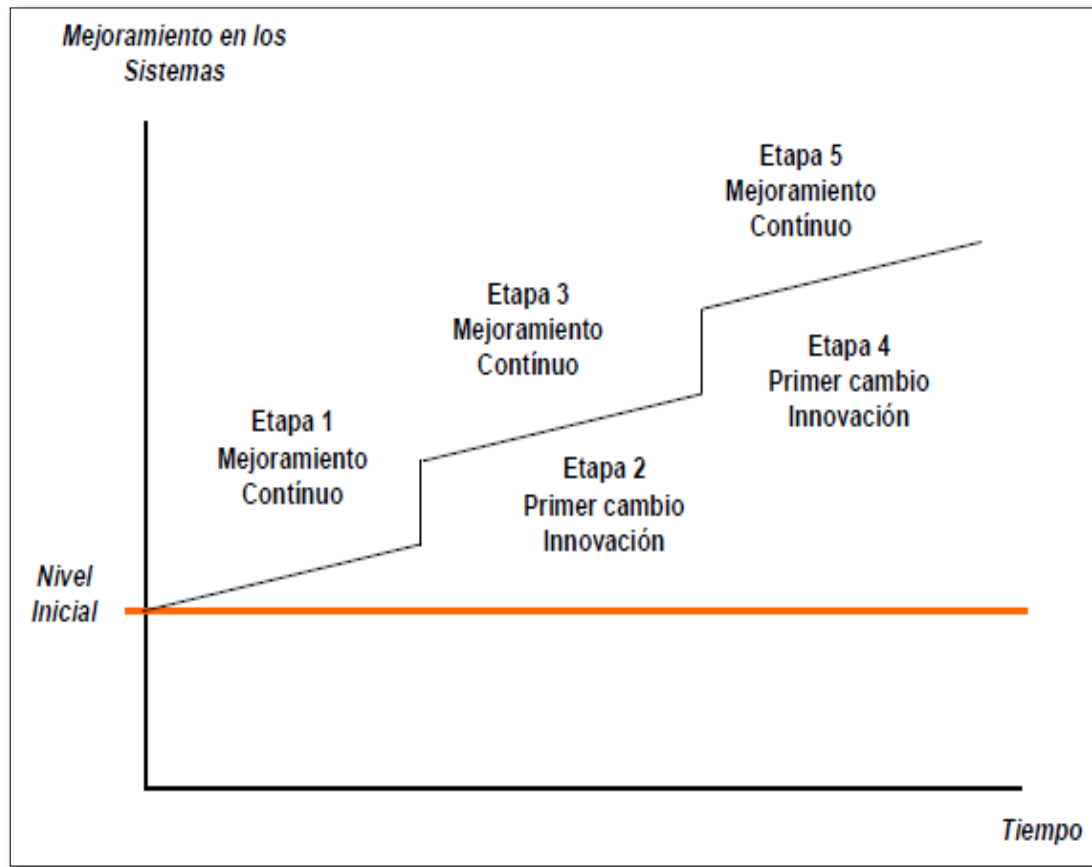


Gráfico N° 9: Etapas en la Implementación de Sistemas
Fuente: Kovacevic, A. (1990). Sistemas de Información, Conceptos e Implicancias para la Empresa.

1.6.9. Uso de los Sistemas de información dentro de la Gestión de Pavimentos

Un sistema de información es un conjunto integrado de recursos humanos y técnicos que tiene como objetivo el otorgar a la organización una información adecuada, precisa y oportuna para apoyar las operaciones, gestión y toma de decisiones; normalmente un sistema funciona mediante la interacción de personas y equipos involucrados, entre los que se cuentan básicamente equipos computacionales, con software especialmente desarrollados, además de modelos de análisis, planificación, control y toma de decisiones.

A continuación, se detallan los sistemas de información que pueden ser utilizados para gestión de pavimentos.

Sistemas de Información Geográfica (SIG): el SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos.

El SIG es una nueva tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato.

El SIG puede ser usado como una plataforma en la que el sistema de gestión de pavimentos puede ser construido y operado. Este sistema SIG puede hacer una integración espacial de los datos utilizados para la toma de decisiones del sistema de gestión (gráfico N° 10).

Las funciones del SIG incluyen mapas temáticos, bases de datos flexibles, manipulación matricial, generación de redes y modelos integrados y algoritmos.

La tecnología del SIG puede proveer la base para un sistema integrado de información de caminos, en que variables tales como el estado de los pavimentos, la geometría de las vías, los volúmenes de tránsito de las mismas, etc., pueden ser asociados al sistema geográfico de referencia, un

mapa puede facilitar las entradas y salidas del sistema, así como un entendimiento más fácil para el mismo.

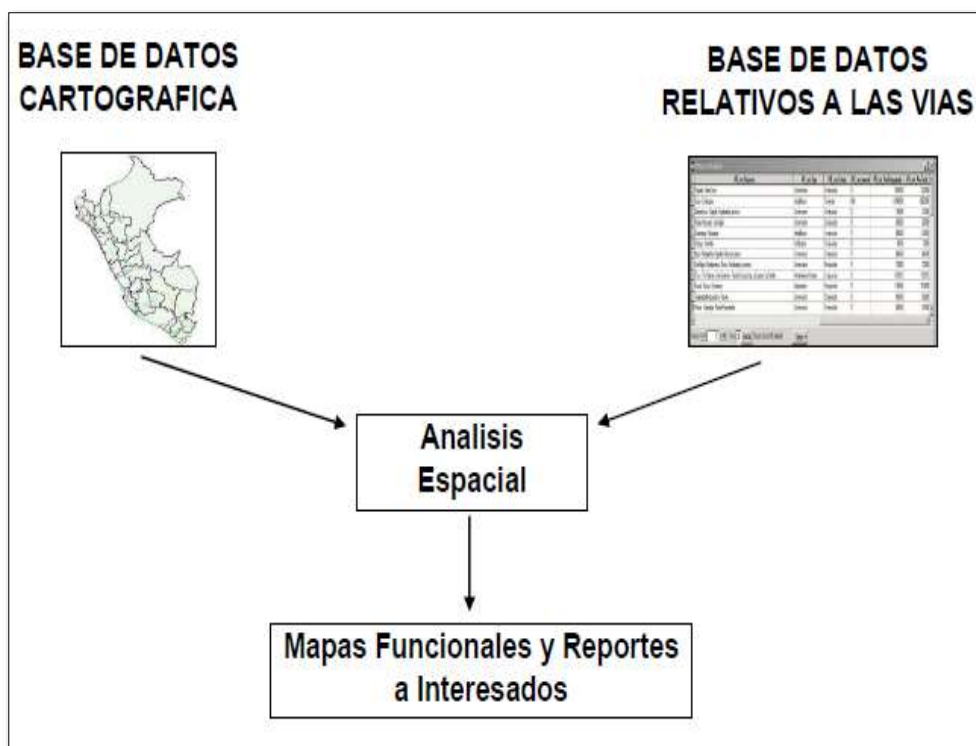


Gráfico N° 10: Esquema de un Sistema de información Geográfica
Fuente: Elaboración propia

Uso de sistemas expertos: es un programa que manifiesta alguna combinación de conceptos, procedimientos y técnicas derivadas de desarrollos recientes de inteligencia artificial que permiten resolver problemas complejos (gráfico N° 11). En general su base de funcionamiento está en un análisis del tipo:

IF (si ocurre algo o se cumple algo) THEN (entonces actuar de tal forma)

En gestión de pavimentos puede ser útil para aplicar la experiencia y el conocimiento existente en la toma de decisiones.

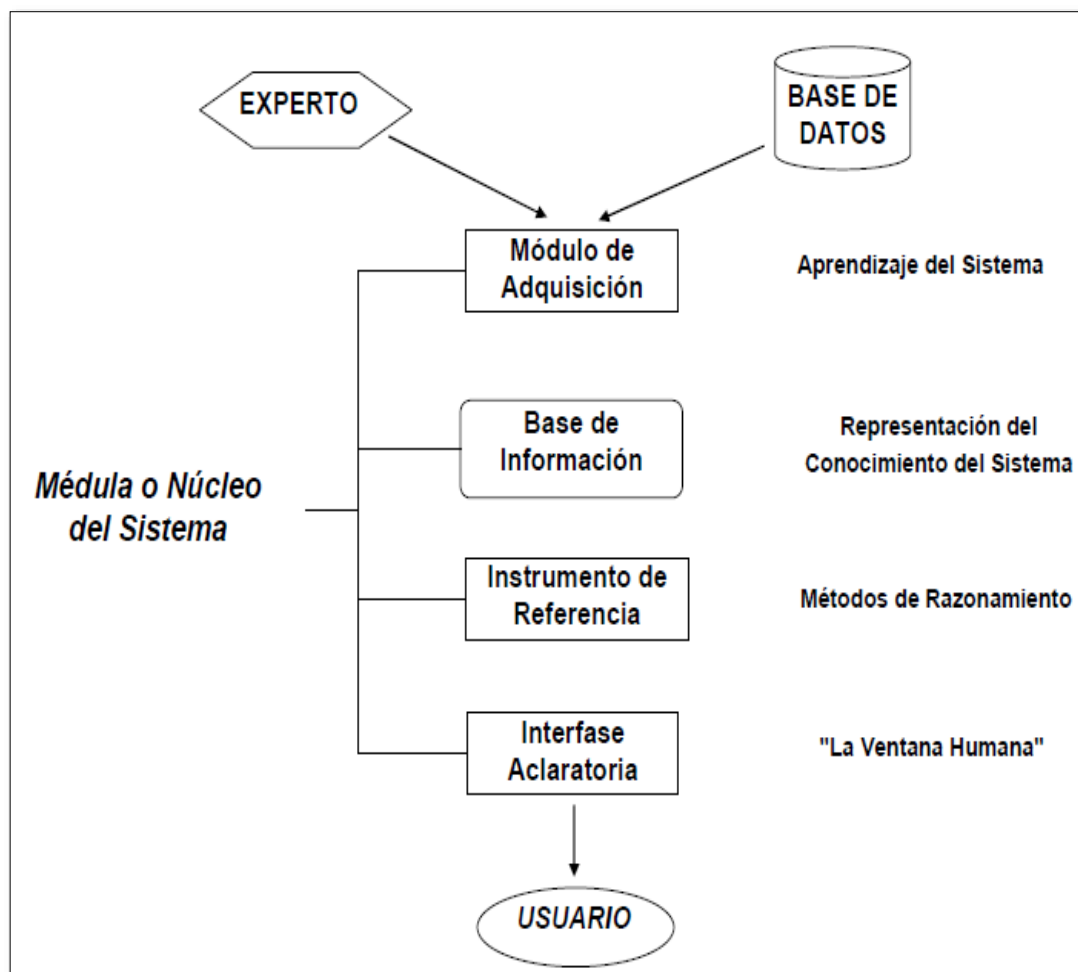


Gráfico N° 11: Configuración Típica de un Sistema Experto.

Fuente: Kovacevic, A. (1990). Sistemas de Información, Conceptos e Implicancias para la Empresa.

1.6.10. Estructura general de un sistema de gestión de pavimentos

Un sistema de gestión de pavimentos es simplemente la combinación de procedimientos de análisis, formularios detallados para la adquisición de datos, mediciones, criterios de decisión y herramientas, entre las cuales una básica son los programas computacionales, los que proveen métodos sistemáticos y óptimos para llevar a cabo una buena gestión.

El grado de complejidad de un sistema puede ser muy variado e ir desde una base de datos hasta una optimización total, y está generalmente definido por los objetivos que posee el sistema en su conjunto. Al planificar el desarrollo de un sistema de gestión se deben tener en cuenta varios factores de

importancia, tales como: disponibilidad de recursos, requisitos de información, nivel de sofisticación, manejo de datos, informes y gestión.

Para ello se requiere contar con una estructura de datos actualizable que permita administrar los datos, junto con proveer de las herramientas necesarias para análisis y modelación del comportamiento de la infraestructura. Por otro lado, dentro de un sistema de gestión de Pavimentos pueden distinguirse tres módulos típicos: Base de datos, Métodos de análisis y Retroalimentación. El gráfico N° 12, ilustra los módulos que conforman un SGP genérico.

Este gráfico corresponde a una adaptación de la presentada en el capítulo 2 del AASHTO Guidelines for Pavement Management System de 1990.

El uso de sistemas de ingeniería no conduce a una solución del problema de los pavimentos, sino a alternativas de solución aptas para ser seleccionadas por el encargado de la gestión de acuerdo a los criterios especificados.

El sistema se encuentra estructurado en base a la relación existente entre la y las solicitudes a que se ve sometido a lo largo de su vida útil, que son básicamente tránsito y clima. Las solicitudes y las características de diseño y construcción determinan el modo de respuesta de ellos, las cuales se miden por determinadas características funcionales y estructurales, tales como:

- Irregularidad superficial
- Resistencia al deslizamiento
- Deterioro superficial
- Comportamiento estructural

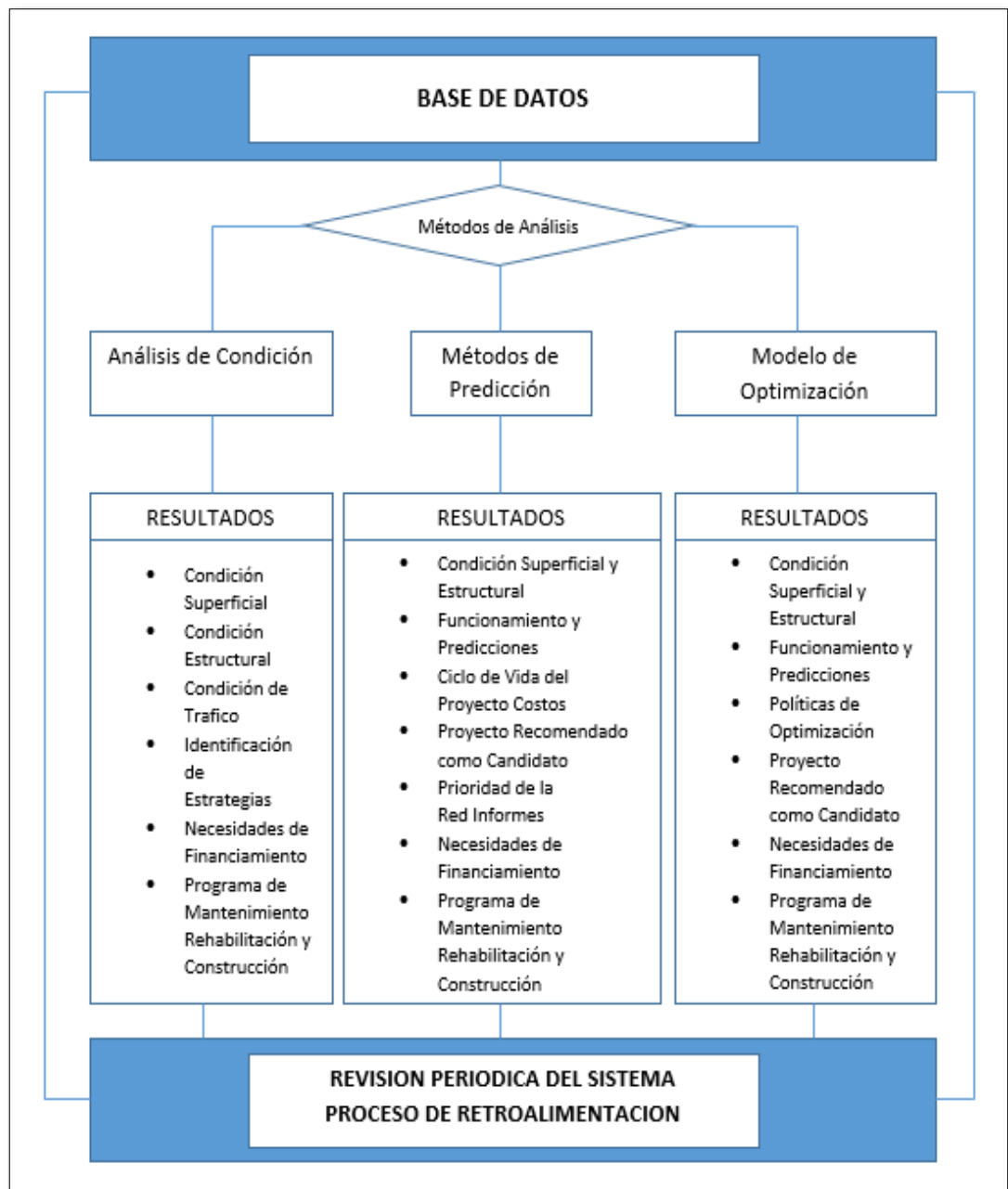


Gráfico N° 12: Elementos Básicos de un Sistema de Gestión de Pavimentos
Fuente: AASHTO Guidelines for Pavement Management System de 1990. Capítulo 2.

De acuerdo a las solicitudes, la infraestructura vial sufre un deterioro, que debe ser evitado o corregido oportunamente mediante la aplicación de conservaciones, las que dentro del sistema se presentan como opciones a ser seleccionadas de acuerdo al presupuesto y al nivel de mejoramiento que otorgan al pavimento, así como el control de costos asociados que generan. Para cada acción posible de conservación se determina un costo total distinto,

el que es comparado para seleccionar el menor y que corresponderá a la alternativa seleccionada.

El gráfico N° 13, representa la estructura general de un sistema de gestión de pavimentos, en la cual se puede identificar la planificación, el diseño, la construcción, el mantenimiento, la evaluación, la base de datos y la investigación.

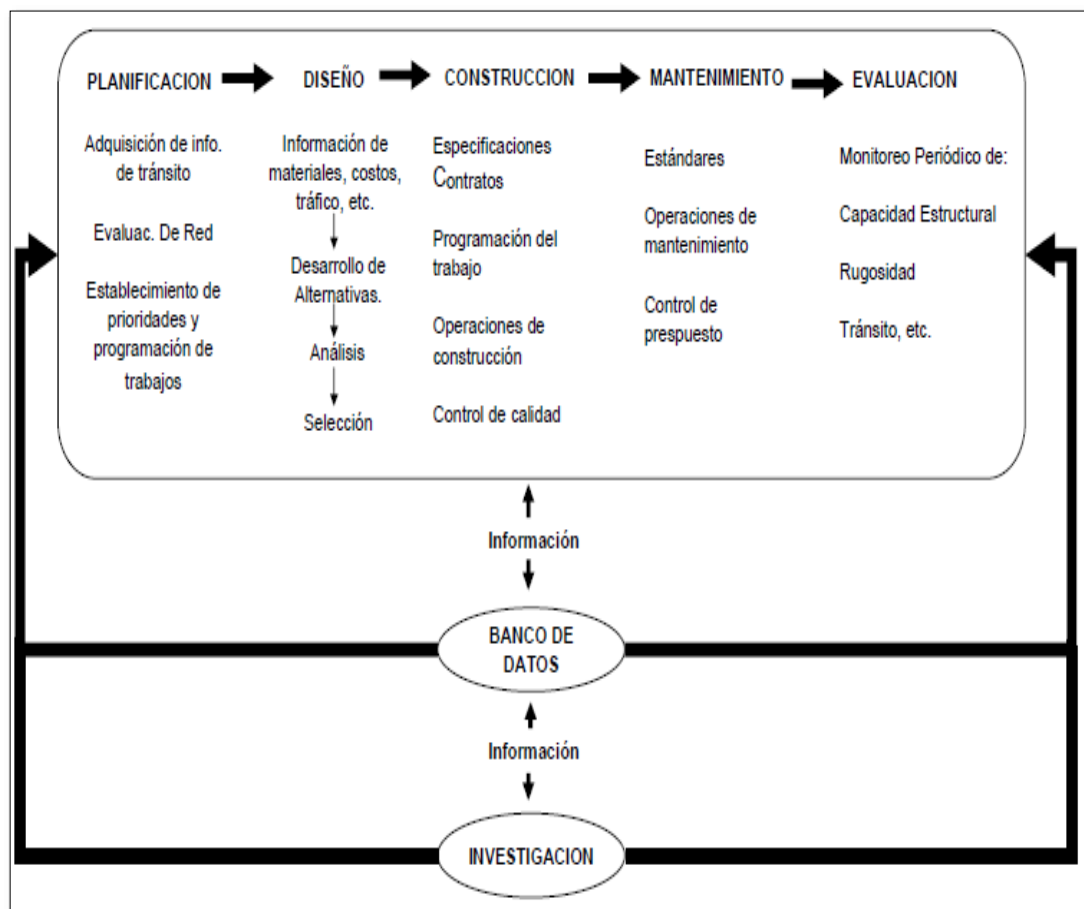


Gráfico N° 13: Estructura General de un sistema de Gestión de Pavimentos
Fuente: Kovacevic, A. (1990). Sistemas de Información, Conceptos e Implicancias para la Empresa.

- 1) *Planificación:* comprende las etapas de adquisición de información de tráfico, evaluación de deficiencias de la red, asignación de prioridades y programación para realizar los trabajos necesarios. En esta fase se toman las decisiones de inversión, reconociendo las restricciones de presupuesto.

- 2) *Diseño*: adquisición de información sobre materiales, tránsito, costo, etc. y posterior desarrollo de alternativas de diseño, análisis y comparación de sus características para la selección de Una de ellas.
- 3) *Construcción*: comprende actividades como programación del trabajo, desarrollo de operaciones de construcción y control de calidad de las obras.
- 4) *Mantenimiento*: se establece un programa de trabajo de mantenimiento en base al presupuesto y los niveles de deterioro.
- 5) *Evaluación*: se establece una medición periódica de factores funcionales y estructurales ya mencionados anteriormente.

Además, destacan:

- *Base de datos*: destaca como punto fundamental, que contiene la recopilación de la información para las distintas fases, y
- *Labores de investigación y desarrollo*: que deben ser permanentes para actualizar y mejorar el sistema.

1.6.11. Desarrollo de un sistema de gestión de pavimentos

La condición principal para establecer un sistema de gestión de infraestructura es la voluntad de las autoridades correspondientes de financiarlo; por ejemplo, en el caso estatal, el director de la agencia vial, en el caso de la comuna, el alcalde y en el caso de una concesión, el administrador o gerente del proyecto, y de crear la organización necesaria para su funcionamiento; un país que desee establecer un sistema de gestión de pavimentos debe considerar al menos los siguientes aspectos:

- 1) *Estrategia*: Disposición de un plan maestro que involucre a todos los elementos del sistema tanto en la implementación como en la operación a lo largo del tiempo.
- 2) *Organización*: que cubra todas las actividades del sistema incluyendo el personal y estructura organizacional, desde la toma de datos en campo hasta la toma de decisiones de alto nivel, sin omitir las instancias de investigación a aplicar, muy importante para poder actualizar el sistema permanentemente.
- 3) *Equipamiento*: debe ser el apropiado para llevar a cabo los diferentes procesos que implica la gestión de pavimentos, debe estar dotado de computadores, programas apropiados y los equipos de auscultación de caminos, etc.
- 4) *Investigación*: es un aspecto fundamental para la fase inicial y el desarrollo global del sistema.

Además, el sistema de gestión debe articularse alrededor de las siguientes actuaciones básicas:

- 1) Elaborar un banco de datos donde queden inventariadas las características de la red o proyecto que se desea gestionar.
- 2) Proceder a una recolección sistematizada y periódica de información cuantitativa del estado del pavimento y de los restantes elementos de la carretera.
- 3) Establecer los índices y parámetros para la cuantificación global del nivel de servicio de las vías, con la posibilidad de fijación de umbrales de intervención.

- 4) Definir un método de elección de prioridades para establecer un orden de aplicación de los recursos disponibles.
- 5) Elegir las técnicas de conservación que deben aplicarse en cada caso en función de la información recogida y proceder a su evaluación.

1.6.12. Parámetros del sistema de gestión de pavimentos

Un sistema de gestión de pavimentos bien entendido cuenta con un conjunto de parámetros invariables que lo definen, de ellos los que deben ser considerados y que dependen directamente del "estado del arte"(actualización del conocimiento con respecto a alguna materia) son:

- El modelo o modelos de comportamiento a ser usado.
- La experiencia pasada en que se basa el conocimiento de la conducta de los pavimentos y los factores principales que éste contempla.
- La calidad de la instrumentación y las técnicas para efectuar las mediciones que determinen los parámetros.
- La calidad y extensión de la base de datos disponible.
- La variabilidad en el conjunto de datos requeridos para determinar los parámetros adecuados.

Para representar el estado actual del pavimento es necesario elegir los parámetros apropiados al propósito de la propia gestión, los índices más utilizados son los que se relacionan directamente con algunas de las funciones que se exigen al pavimento. En general estas funciones son referidas a la estructura del pavimento, la seguridad y el confort que este otorga.

1.6.13. El sistema de gestión de carreteras del MTC (Route 2000)

Se implementa el Route 2000 en el MTC con la visión de crear una herramienta que permita una calificación de las condiciones en que se encuentra la red, la determinación de una estrategia de seguimiento y administración los recursos disponibles para su conservación; para lo cual se llega a la conclusión de la necesidad de disponer de un sistema computarizado para gestión del mantenimiento de la red.

Actualmente, es el único sistema computarizado desarrollado en el Perú, debido a la enorme masa de datos que conforman las características de las redes viales manejadas por la agencia. Su estructura se conforma en tres grandes capítulos principales:

- SIC: Módulo de base de Datos
- SPL: Subsistema de Planeamiento
- SAM: Subsistema de Administración de Mantenimiento

Subsistemas

A continuación, se detallan los subsistemas, esta explicación será un claro ejemplo de cómo se estructura un Sistema de Gestión.

SIC: Subsistema de Inventario Calificado

El módulo de base de datos permite el manejo coordinado de los datos comunes a los demás módulos del Route2000, como demarcación y codificación de las carreteras, calzadas y carriles, características geométricas, estructura de la capa de rodadura y de las capas inferiores, rugosidad (IRI), deflexiones, daños de pavimentos (estructurales y

superficiales), catastro de elementos de drenaje, señalización, seguridad, informaciones de tránsito (volumen, tasa de crecimiento, factor de vehículo) y otros. Por tanto, utiliza un banco de datos, muy confiable, bastante amplio, pero de simple acceso y manejo.

El subsistema de Inventario calificado muestra sus bondades en la capacidad de importar la base de datos, la cual está organizada en archivos “.txt”, dentro de esta la información está organizada por codificación sencilla pero organizada, he aquí la bondad de la referenciación una persona responsable del inventario es capaz de poder reconocer la ubicación, tipo y fecha de recolección de un dato simplemente con ver el archivo .txt, esto es porque todos los eventos levantados durante el inventario vial han sido ordenados en función a su ubicación para luego ser representado en un programa de referenciación visual y dar facilidad en la identificación de un evento y su verificación in situ.

1.6.14. La recolección de parámetros de la red vial nacional para la alimentación de la base de datos del SGC del MTC

La recolección de parámetros se llevó a cabo durante el “Inventario, Valorización y Documentación de la Red Vial Nacional Asfaltada” realizada el año 2004. El origen de este inventario nace de la conclusión de un estudio para el MTC, en el cual se recalca la necesidad de ejecutar tres puntos importantes:

- Elaborar el plan Intermodal de transporte
- Desarrollar la herramienta de apoyo para el SGC: Route 2000
- Inventario vial calificado

El procesamiento adecuado de la información del inventario vial calificado permitirá su posterior utilización en el sistema de gestión de carreteras, que servirá para sistematizar y optimizar los recursos, realizando un planeamiento estratégico y seleccionando los proyectos de mayor rentabilidad en la administración de mantenimiento periódico y rutinario de la red vial nacional que podrán ser ejecutados por administración directa o por terceros.

La nueva política a utilizar en el sistema de gestión de carreteras enmarca la necesidad de mejorar la documentación para el posterior referenciación de los eventos, es así que el proyecto no solo engloba la recolección de eventos, sino la de organizar en campo las condiciones necesarias para futuros Inventarios sin conflictos de referenciarían. Por lo tanto, el servicio de consultoría enmarcó lo siguiente:

a) *Inventario vial* calificado, que comprende:

- Inventario preliminar
- Inventario de elementos
- Inventario de daños
- Estructura del pavimento (calicatas y CBR de la subrasante) en los sectores de la red vial nacional asfaltada en los cuales no hay información existente relacionada con este aspecto, los cuales corresponden a una longitud estimada en 1340.42 Km. (Anexo VI de los términos de referencia).
- Tráfico (IMDA, clasificación por tipo de vehículo, presión de inflado de llantas, carga y número de ejes), donde no exista información

actualizada, tomando como base el último estudio de tráfico realizado por la Oficina de Presupuesto (OPP).

- Textura
- Deflexiones
- Rugosidad
- Geometría de la vía
- Otros rubros que considere el consultor necesario para efectuar la valorización de la red vial nacional.

b) *Información de la red vial nacional* – RVN en formatos del sistema de gestión de carreteras – SGC. Incluye información del inventario vial presentada en los formatos del SGC y en archivos Excel versión 2000, y estos cuadros integrados en una base de datos Access 2000.

c) *Documentación de la red vial nacional.*

El tamaño de la red en estudio, abarcó toda la red que conforma la Red Vial Nacional Asfaltada, en un total de longitud final de 9,024 Km/calzada.

La tecnología utilizada durante el inventario fue de última tecnología, destacando que la calidad de los datos levantados podía no solo formar base de una evaluación a nivel de red, sino la de permitir una evaluación a nivel de proyecto, el gran inconveniente para no tomarse en cuenta, fue que, en campos importantes como las fallas superficiales, la geometría y la estructura del pavimento, se hizo una evaluación muy general.

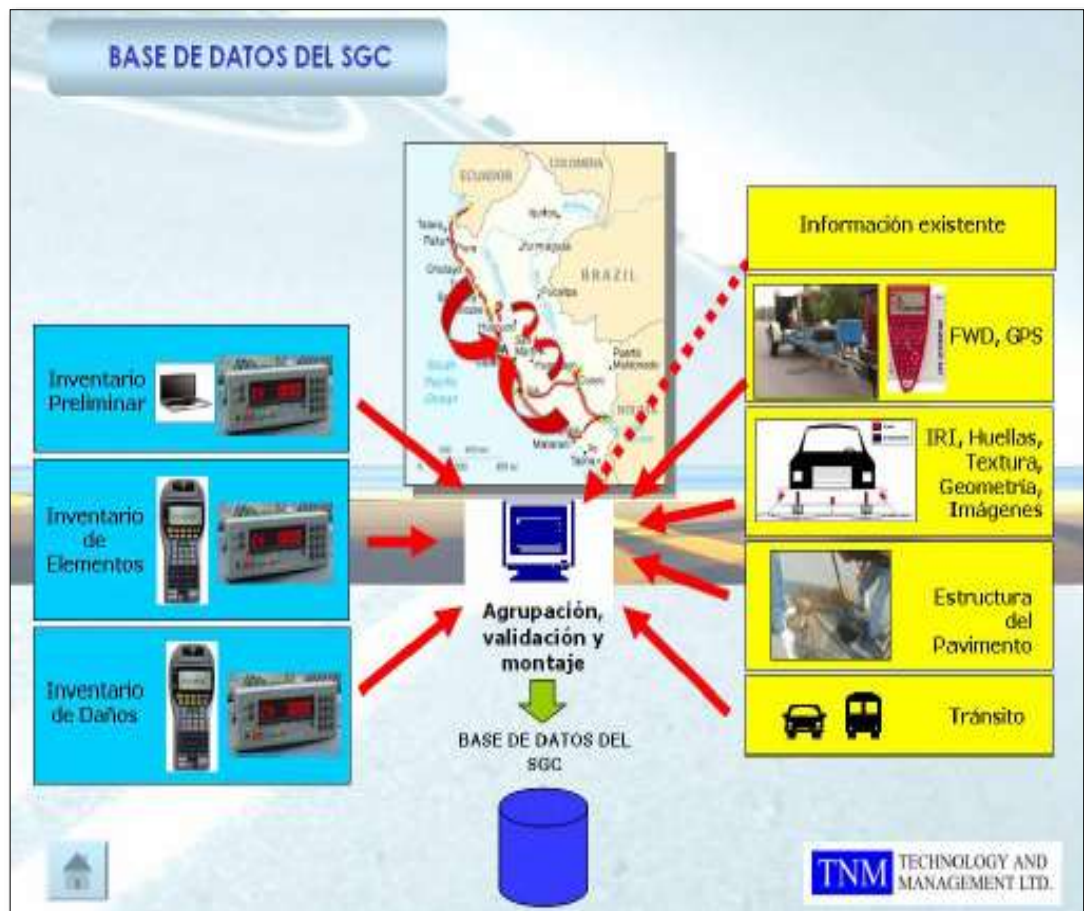


Figura N° 5: Esquema de conformación de la Base de Datos del SGC
Fuente: Interfaz de la base de datos del SGC

1.6.15. Reglamentación para la implementación del sistema de gestión

De acuerdo con las recomendaciones de la Norma ASTM 1166-00 del 2003, la adopción de un Sistema de Gestión de Pavimentos involucra la integración de las siguientes componentes:

Sistema de Referencia

Se refiere a un método único y estable para la identificación y referencia espacial de los tramos que constituyen la red de carreteras, así como la información sobre las características y el estado físico de los mismos. Entre los métodos más utilizados pueden mencionarse el sistema arco nodo, el cadenamiento y las coordenadas geográficas.

Información requerida por el sistema

Normalmente, los sistemas de gestión utilizan datos pertenecientes a las siguientes categorías:

Inventario de la Red: el cual comprende la clasificación funcional, longitud, número de carriles, ancho de carril y acotamientos, pendiente y curvatura de cada uno de los tramos; diseño estructural de la sección, incluyendo espesores y propiedades de los materiales de las capas constitutivas; características del drenaje e historial de reparaciones.

Estado del Pavimento: expresado en términos de la irregularidad de la superficie de rodamiento; presencia y magnitud de los deterioros; deflexiones y otros factores de la capacidad estructural del pavimento; espesores y propiedades reales de las capas constitutivas; resistencia al deslizamiento y textura y estado del drenaje.

Características del Tránsito: volumen, composición vehicular y cargas por tipo de vehículo.

Datos Climatológicos: entre los cuales pueden mencionarse precipitación, humedad, promedios de temperatura y rangos de variación de la misma.

Costos, incluyendo, por una parte, los costos de construcción, mantenimiento, rehabilitación y modernización de los pavimentos, y por otra, los costos relacionados con el uso de la infraestructura por parte de los usuarios, es decir, costos de operación vehicular, costos asociados con el valor del tiempo de pasajeros y la demora de mercancías, y costos de accidentes.

Manejador de bases de datos

Dependiendo del tamaño de la red por analizar, el volumen de información requerido por los Sistemas de Gestión de Pavimentos puede llegar a tener una magnitud considerable, por lo que, en la mayoría de los casos, implica el uso de un manejador de bases de datos y de procedimientos computarizados para el almacenamiento, consulta y análisis de la información. Como consecuencia de la vinculación de las carreteras con el entorno y el desarrollo de tecnologías, como los sistemas de posicionamiento global y los sistemas de información geográfica, en los últimos años se ha observado una tendencia mundial hacia el uso de bases de datos geo referenciadas como respaldo para el desarrollo de sistemas de gestión de pavimentos.

Herramientas de análisis

Se refieren a un conjunto de modelos matemáticos que se utilizan como apoyo a las siguientes tareas:

- 1) Predicción del deterioro del pavimento a lo largo de su vida útil y estimación de los efectos de las acciones de conservación.
- 2) Evaluación económica de proyectos de conservación y mejoramiento para tramos específicos, así como de políticas aplicables a toda la red o partes de ella. Para este propósito se utilizan métodos como el análisis del ciclo de vida o el del costo-beneficio.
- 3) Definición de prioridades con respecto a los requerimientos de conservación y mejoramiento de la red, a través de análisis de proyectos candidatos, y la programación de los trabajos.

- 4) Usualmente, los algoritmos para definir prioridades utilizan criterios como el estado del pavimento, tasa de deterioro del mismo y volumen del tránsito, entre otros.
- 5) Optimización de los programas de conservación con objeto de maximizar los niveles de desempeño del pavimento o la rentabilidad de las inversiones correspondientes. En la mayoría de los casos, los modelos de optimización utilizan técnicas de programación matemática.
- 6) Evaluación del impacto de distintas estrategias de conservación y niveles de disponibilidad de recursos en el desempeño de red.

De acuerdo con la norma ASTM 1166-00, la puesta en operación de un sistema de gestión de pavimentos requiere un estudio previo en el que se evalúe su compatibilidad con otros procesos institucionales existentes; su utilidad real en la planeación y programación de los trabajos de conservación y desarrollo de la red; y su aceptación por parte de los responsables de la gestión de pavimentos al interior de la organización operadora.

Asimismo, se requiere un plan en el que se definan el equipo y programas de cómputo; equipo de medición, personal y estructura organizacional necesarios para la operación del sistema, así como un programa para su implantación por etapas.

El plan debe incluir también, procedimientos para la recopilación; ingreso, validación y actualización de información, generación de informes y la revisión, calibración y mejoramiento de los modelos del sistema.

1.6.16. Evaluación técnica de infraestructura vial.

Definición de Infraestructura vial

Durante muchos años se tuvo un concepto equivocado de infraestructura vial, ya que solo se tomaban en cuenta aquellos elementos que inducían directamente sobre la operación de la vía; sin embargo, a medida que pasa el tiempo se han ido agregando otros aspectos que, si bien no afectan la operación directa de los usuarios, si lo hacen sobre el entorno.

Por lo tanto, se puede decir que se llama infraestructura vial a todo el conjunto de elementos que permite el desplazamiento de vehículos en forma confortable y segura desde un punto a otro, minimizando las externalidades tanto al medioambiente como a su entorno. Esto incluye a los pavimentos y sus características, puentes, túneles, dispositivos de seguridad, señalización, entorno, medio ambiente, impacto en general, etc. Cada uno de los elementos mencionados anteriormente cumple una función específica y única que lo hace indispensable dentro del buen funcionamiento de infraestructura.

Requerimientos de Información

Para establecer prioridades de actuación e indicar tipo y cantidades de obras de mantenimiento y/o rehabilitación, se requiere contar con la información que permita evaluar los pavimentos.

Las clases de datos que pueden ser utilizados por un sistema de gestión de pavimentos son básicamente los siguientes:

- Datos de inventario (información permanente).
- Datos de Observación (estado actual del pavimento).

- Datos históricos (de otros pavimentos, de la construcción, de mantenimiento).
- Datos de las políticas.
- Datos del tránsito.
- Datos del medio ambiente
- Datos de los costos (de construcción, mantenimiento, rehabilitación y usuarios).

Con estos datos podemos analizar y modelar el comportamiento.

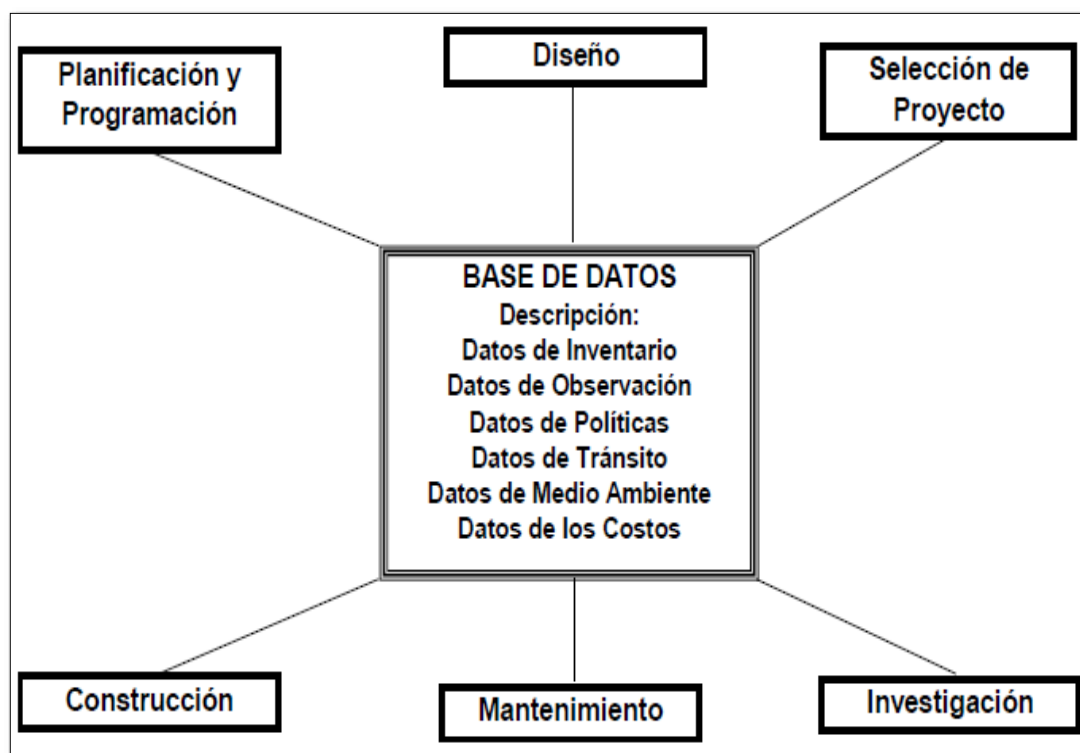


Gráfico N° 14: Relaciones entre Datos y Base de Datos
Fuente: Haas, R. (1993). Modern Pavement Management.

Objetividad de la Evaluación

La mayoría de los procedimientos de toma de datos y de la evaluación de pavimentos son realizados en base al criterio de la persona encargada, por lo que pueden ser no uniformes y podrían perder su significado en el tiempo (por

cambio de personal o de políticas). Esto hace necesario entrenar al personal y utilizar métodos conocidos globalmente, para que la evaluación sea desempeñada objetivamente.

La primera necesidad de una evaluación de pavimentos es la consistencia de su banco de datos, versus el tiempo y el espacio. Sin instrucciones detalladas y entrenamiento en los procesos de evaluación, y más aún si la recolección de datos se realiza contra el tiempo, las bases de datos serán inconsistentes, y por ende, dificultarán el posterior análisis y uso de los datos, llevando a tomar decisiones erróneas. Es recomendable asignar medidas que den a conocer la importancia o peso de cada uno de los datos, ya que no siempre se requieren para el mismo tipo de evaluación o análisis a realizar. La evaluación debe ser hecha completa y cuidadosamente. La característica principal de las valorizaciones es que sean hechas de acuerdo a reglas estrictas que permitan la comparación objetiva entre diferentes pavimentos o entre la condición particular entre un año y otro.

No siempre se pueden obtener mediciones o índices que cumplan con la condición para comparar dos proyectos, debido al sesgo intrínseco de la toma de decisiones, produciéndose una desviación entre la realidad y lo expresado por las muestras. La desviación que ocurre cuando se observan pavimentos, puede deberse a dos causas principales:

- La primera es la variabilidad entre unidades, que refleja el hecho de que estadísticamente las unidades homogéneas pueden existir en un proyecto de rehabilitación, debido a que las unidades son la base para los análisis que se realizarán.

- La segunda fuente es la diversidad de la respuesta dentro de cada unidad, esto porque se relaciona a la fiabilidad de la eventual rehabilitación.

En resumen, la recolección de datos requiere de las siguientes decisiones:

¿Qué recolectar?

¿Quién recolectará los datos?

¿Cómo entrenar al personal para obtener consistencia y repetitividad de los datos?

¿Qué tipos de procedimientos se usará?

¿Cómo se identificará cada sección y cómo se relacionan?

¿Qué daño hará el tránsito de vehículos pesados?

¿Cuánto costará la revisión del sistema implantado?

¿Cuántos datos recolectar, y cuan menudo hacerlo?

¿Qué datos pueden ser recolectados subjetivamente, y que datos requieren medidas objetivas?

SOLICITACIONES

Las solicitudes principales de un pavimento son el tránsito y el clima.

El tránsito visto como las cargas pesadas que circulan por el pavimento y el clima como lluvia y temperatura.

Tránsito

El tránsito es un factor de primera importancia a la hora de determinar o predecir el daño en el tiempo que sufrirá un pavimento en un periodo dado.

Se puede apreciar que el volumen de vehículos ha crecido en forma

importante en los últimos años, pero ese aumento ha sido aún mayor si lo vemos en términos de la carga que se transporta; esta situación tiene una implicancia significativa en el comportamiento de los pavimentos. Las cargas de los vehículos son transmitidas al pavimento mediante dispositivos de apoyo multiruedas para distribuir la carga total sobre una superficie mayor. Esto tiene efecto de reducir las tensiones y deformaciones que se desarrollan al interior de la superestructura.

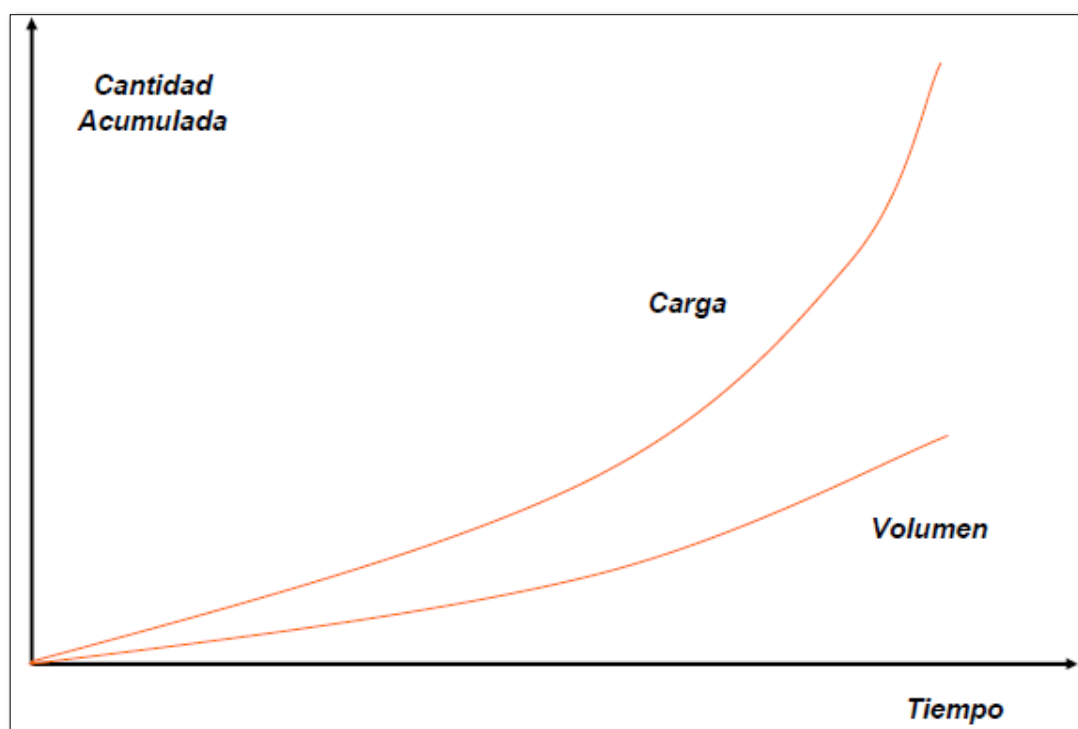


Gráfico N° 15: Solicitación del Tránsito
Fuente: Hernán de Solminihac, T. (2005). Gestión de Infraestructura Vial.

Efectos de las cargas en pavimentos

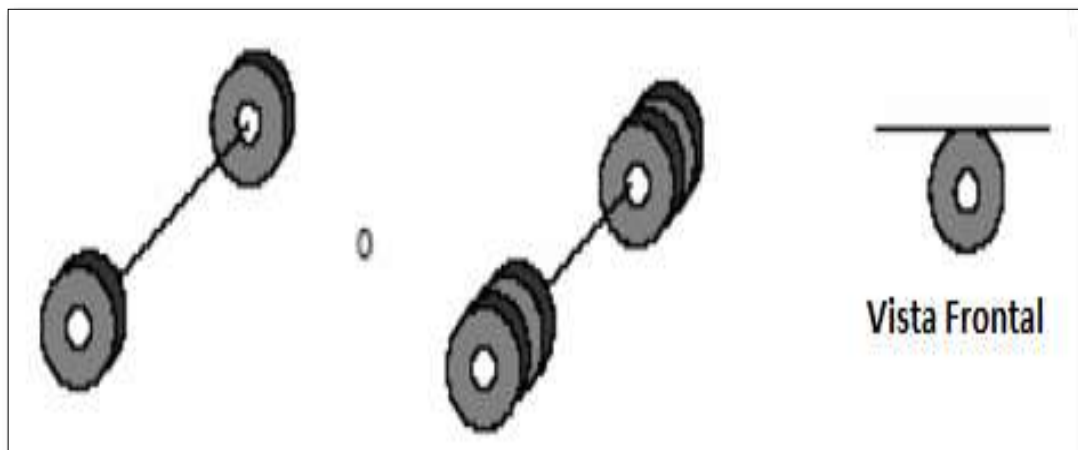
Está de más mencionar que las principales causas del deterioro en los caminos son el tránsito y el efecto del clima.

Uno de los mayores problemas que se encuentran en las predicciones teóricas sobre el efecto destructivo de las cargas de tránsito, es decidir cuál es el criterio más determinante a utilizar tensión, deformación o

serviciabilidad. Aún definido este problema, la dificultad persiste debido a la multiplicidad de factores que intervienen, esto es, tipo de apoyo, intensidad y frecuencia de las cargas, rigidez relativa de las capas componentes, etc.

En general, las cargas no son relevantes si su intensidad no sobrepasa un determinado valor. Es por esto que no se consideran los vehículos livianos, autos y camionetas, y solo son determinantes en el diseño los vehículos comerciales, camiones y buses. Los tipos de eje más usuales de los vehículos comerciales son los siguientes:

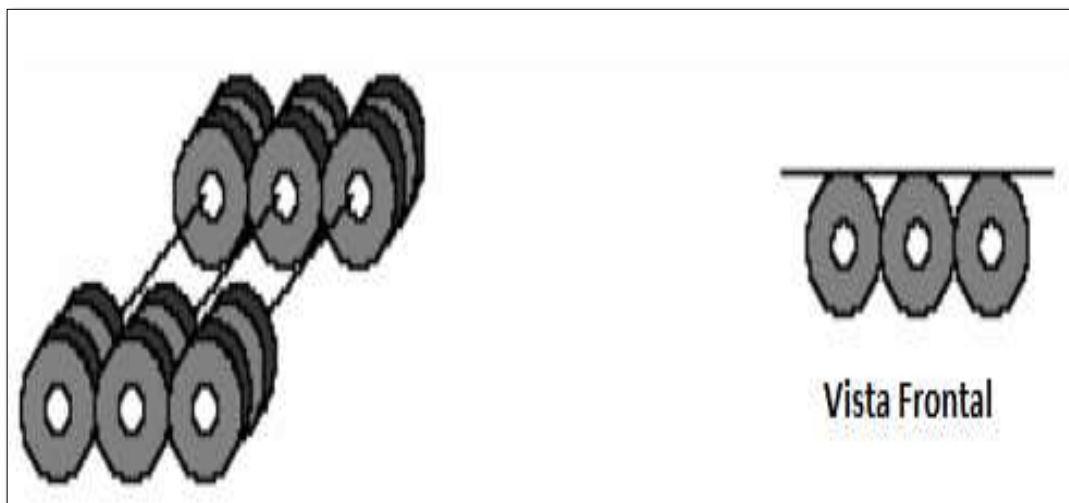
Eje Sencillo: Es un eje con una o dos ruedas sencillas en sus extremos.



Eje tandem: Son dos ejes sencillos con ruedas dobles en los extremos.



Eje tridem: Son tres ejes sencillos con ruedas dobles en los extremos.







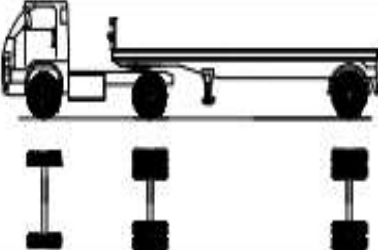
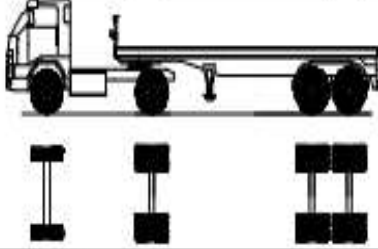
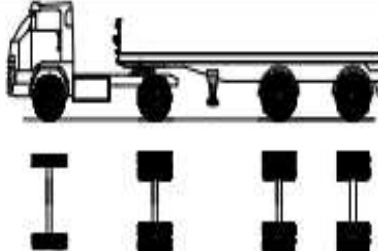
Adicionalmente al tipo de apoyo, importa el espaciamiento entre ruedas y la presión de inflado de los neumáticos.

Cabe destacar que, para cierto nivel de carga, a mayor cantidad de ruedas por eje, mejor será la distribución de esfuerzos y menores los daños sobre la estructura del pavimento contribuyendo a una mejor y más prolongada vida del camino.

A lo anterior se deben agregar distintas configuraciones de ejes, según el tipo de camión, que tienen autorización para circular, siempre y cuando cumplan con pesos máximos exigidos.

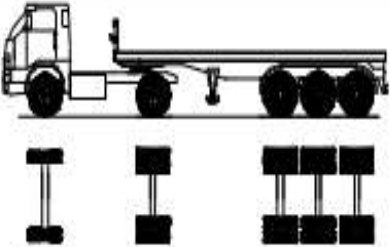
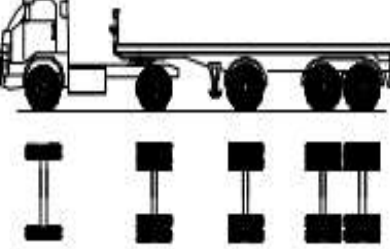
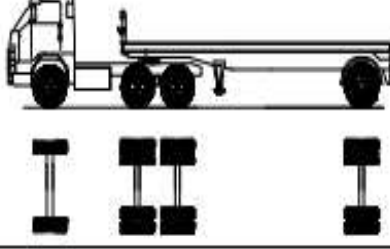
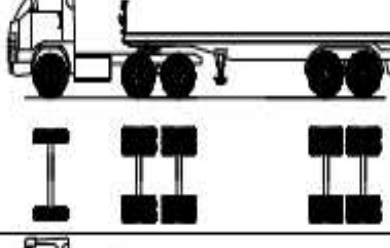
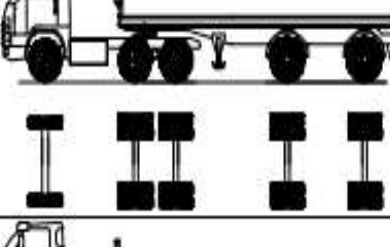
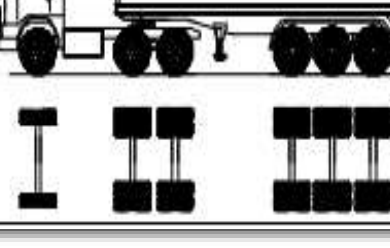
El Reglamento Nacional de Vehículos, Decreto Supremo N° 034 - 2001 - MTC, publicado en El Peruano, el 25 de julio del 2001, Pág. 207449; establece en los cuadros las dimensiones y carga para unidad o combinación de vehículos, que son transitados a nivel nacional siendo estos de mayor importancia.

Cuadro N° 4: Dimensiones y Carga Para Unidad o Combinación de Vehículos

| Configuración vehicular | Descripción gráfica de los vehículos | Long. Máx. (m) | Peso máximo (t) | | | | Peso bruto máx. (t) | |
|-------------------------|---|----------------|--------------------|------------------------------|-----|-----|---------------------|----|
| | | | Eje Delant | Conjunto de ejes posteriores | | | | |
| | | | | 1º | 2º | 3º | | 4º |
| C2 |  | 12,30 | 7 | 11 | --- | --- | --- | 18 |
| C3 |  | 13,20 | 7 | 18 | --- | --- | --- | 25 |
| C4 |  | 13,20 | 7 | 23 ⁽¹⁾ | --- | --- | --- | 30 |
| 8x4 |  | 13,20 | 7+7 ⁽⁵⁾ | 18 | --- | --- | --- | 32 |
| T2S1 |  | 20,50 | 7 | 11 | 11 | --- | --- | 29 |
| T2S2 |  | 20,50 | 7 | 11 | 18 | --- | --- | 36 |
| T2Se2 |  | 20,50 | 7 | 11 | 11 | 11 | --- | 40 |

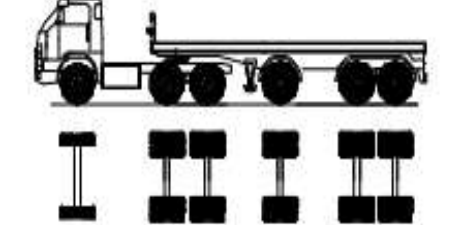
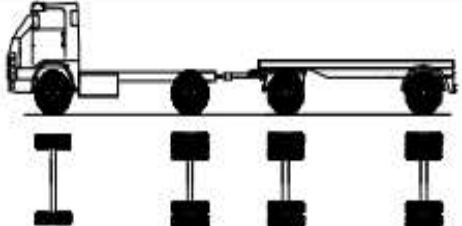
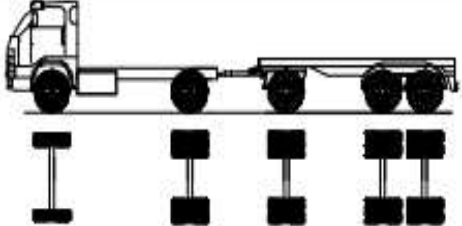
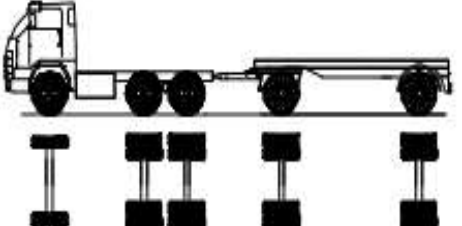
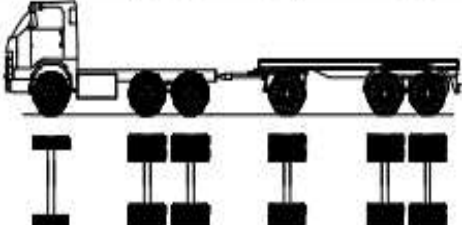
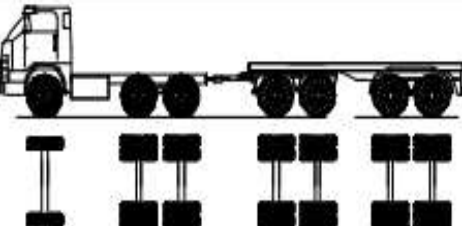
Fuente: Decreto Supremo N° 034-2001-MTC. Reglamento Nacional de Vehículos.

Cuadro N° 5: Dimensiones y Carga Para Unidad o Combinación de Vehículos

| Configuración vehicular | Descripción gráfica de los vehículos | Long. Máx. (m) | Peso máximo (t) | | | | Peso bruto máx. (t) | |
|-------------------------|---|------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|-----|-----------------------|-------------------|
| | | | Eje Delant | Conjunto de ejes posteriores | | | | |
| | | | | 1° | 2° | 3° | | 4° |
| T2S3 |  | 20,50 | 7 | 11 | 25 | --- | --- | 43 |
| T2Se3 |  | 20,50 | 7 | 11 | 11 ⁽⁴⁾ | 18 | --- | 47 |
| T3S1 |  | 20,50 | 7 | 18 | 11 | --- | --- | 36 |
| T3S2 |  | 20,50 | 7 | 18 | 18 | --- | --- | 43 |
| T3Se2 |  | 20,50 | 7 | 18 | 11 | 11 | --- | 47 |
| T3S3 |  | 20,50 | 7 | 18 | 25 | --- | --- | 48 ⁽²⁾ |

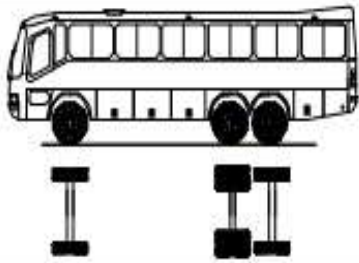
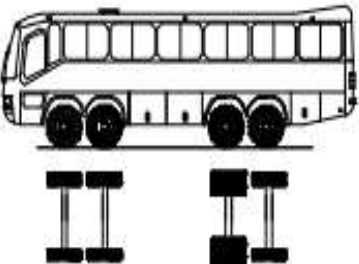
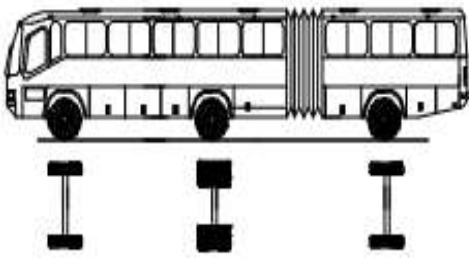
Fuente: Decreto Supremo N° 034-2001-MTC. Reglamento Nacional de Vehículos.

Cuadro N° 6: Dimensiones y Carga Para Unidad o Combinación de Vehículos

| Configuración vehicular | Descripción gráfica de los vehículos | Long. Máx. (m) | Peso máximo (t) | | | | Peso bruto máx. (t) | |
|-------------------------|---|------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|----|-----------------------|-------------------|
| | | | Eje Delant | Conjunto de ejes posteriores | | | | |
| | | | | 1º | 2º | 3º | | 4º |
| T3Se3 |  | 20,50 | 7 | 18 | 11 ⁽⁴⁾ | 18 | --- | 48 ⁽²⁾ |
| C2R2 |  | 23,00 | 7 | 11 | 11 | 11 | --- | 40 |
| C2R3 |  | 23,00 | 7 | 11 | 11 | 18 | --- | 47 |
| C3R2 |  | 23,00 | 7 | 18 | 11 | 11 | --- | 47 |
| C3R3 |  | 23,00 | 7 | 18 | 11 | 18 | --- | 48 ⁽²⁾ |
| C3R4 |  | 23,00 | 7 | 18 | 18 | 18 | --- | 48 ⁽²⁾ |

Fuente: Decreto Supremo N° 034-2001-MTC. Reglamento Nacional de Vehículos.

Cuadro N° 7: Dimensiones y Carga Para Unidad o Combinación de Vehículos

| Configuración vehicular | Descripción gráfica de los vehículos | Long. Máx. (m) | Peso máximo (t) | | | | Peso bruto máx. (t) | |
|-------------------------|--|------------------|--------------------|------------------------------|-----|-----|-----------------------|----|
| | | | Eje Delant | Conjunto de ejes posteriores | | | | |
| | | | | 1º | 2º | 3º | | 4º |
| B3-1 |  | 14,00 | 7 | 16 | --- | --- | --- | 23 |
| B4-1 |  | 15,00 | 7+7 ⁽⁵⁾ | 16 | --- | --- | --- | 30 |
| BA-1 |  | 18,30 | 7 | 11 | 7 | --- | --- | 25 |

Fuente: Decreto Supremo N° 034-2001-MTC. Reglamento Nacional de Vehículos.

Con respecto a la tolerancia, se entiende por esta al rango de carga por sobre el peso máximo permitido, en el que no se sancionará al vehículo infractor al ser controlado por las balanzas de los peajes. Esto se aplica por las posibles diferencias de calibración entre las balanzas estatales, privadas y de concesión.

Al ser encontrado un vehículo con sobrecarga dentro del rango de tolerancia, este deberá descargar parte de su contenido hasta cumplir con las normas oficiales. Si el mismo vehículo presenta una sobrecarga por sobre el rango de tolerancia, será infraccionado, debiendo además descargar el sobrepeso.

Cuadro N° 8: Peso Máximo Permitido por Configuración de Ejes

| Eje(s) | Neumáticos | Tolerancia |
|--------|------------|------------|
| Simple | 02 | 350 kg |
| Simple | 04 | 550 kg |
| Doble | 06 | 800 kg |
| Doble | 08 | 900 kg |
| Triple | 10 | 1,150 kg |
| Triple | 12 | 1,250 kg |

Fuente: Decreto Supremo N° 034-2001-MTC. Reglamento Nacional de Vehículos.

Análisis de Demanda

Un aspecto muy importante en la demanda de tránsito es conocer de forma precisa las características del tránsito, que va desde conocer los tipos de vehículos circundantes hasta los niveles de carga de ellos.

Para esto, es necesario desarrollar una metodología eficiente mediante la cual se puede tener un conocimiento global del tránsito que circula por la red y determinar las principales características de la utilización de los caminos.

Dos principales datos del estudio de tránsito son:

Volumen de tránsito

Se define como el número de vehículos que pasan por un punto o un carril durante una unidad de tiempo. Sus unidades son vehículos/día; vehículos/hora, etc.

Índice Medio Diario, IMD: Es el promedio del número de vehículos que pasan por un punto durante un período de tiempo.

Según el período de análisis para medir el volumen, podrá ser índice medio diario anual, IMDA, índice medio diario mensual (IMDM) o índice medio diario semanal (IMDS).

El reglamento nacional de Vehículos, a su vez clasifica a los vehículos para un estudio de tránsito de la siguiente manera:

Furgoneta: Vehículo automotor para el transporte de carga liviana, con 3 o 4 ruedas, con motor de no más de 500 cm³ de cilindrada.

Automóvil: Vehículo automotor para el transporte de personas normalmente hasta de 6 asientos y excepcionalmente hasta de 9 asientos.

Station wagon: Vehículo automotor derivado del automóvil que, al rebatir los asientos posteriores, permite ser utilizado para el transporte de carga.

Camioneta pick up: Vehículo automotor de cabina simple o doble, con caja posterior destinada para el transporte de carga liviana y con un peso bruto vehicular que no exceda los 4,000 kg.

Camioneta panel: Vehículo automotor con carrocería cerrada para el transporte de carga liviana con un peso bruto vehicular no exceda los 4,000 kg.

Camioneta rural: Vehículo automotor para el transporte de personas de hasta 17 asientos y cuyo peso bruto vehicular no exceda los 4,000 kg.

Ómnibus: Vehículo autopropulsado, diseñado y construido exclusivamente para el transporte de pasajeros y equipaje, debe tener un peso seco no menor de 4,000 kg.

Camión: Vehículo autopropulsado motorizado destinado al transporte de bienes con un peso bruto vehicular igual o mayor a 4,000 kg. Puede incluir una carrocería o estructura portante.

Remolcador o tracto camión: Vehículo motorizado diseñado para remolcar semirremolques y soportar la carga que le transmite estos a través de la quinta rueda.

Remolque: Vehículo sin motor diseñado para ser jalado por un camión u otro vehículo motorizado, de tal forma que ninguna parte de su peso descansa sobre el vehículo remolcador.

Semirremolque: Vehículo sin motor y sin eje delantero, que se apoya en el remolcador transmitiéndole parte de su peso, mediante un sistema mecánico denominado tornamesa o quita rueda.

Proyección

Hay cuatro consideraciones sobre la estimación del tránsito que pueden afectar significativamente el ciclo de vida de un pavimento:

- La exactitud de los valores de la carga equivalente utilizados para estimar el daño inducido por los ejes equivalentes.
- La precisión de la información sobre volúmenes y pesos del tránsito existente.
- La predicción de los ejes equivalentes para el periodo a evaluar, y
- La interacción de la edad y el tránsito que afecta el nivel de serviciabilidad.

Es posible estimar el tránsito a futuro en base a los siguientes indicadores:

- Crecimiento general de la economía.
- Diversificación del tránsito, si el camino es mejorado, vehículos que transitaban por una ruta paralela preferirán la rehabilitada.
- Tránsito generado, el cual es el tránsito que se espera que surja solamente por el mejoramiento de una vía.

Tasa de Crecimiento

La tasa de crecimiento corresponde a la variación porcentual de la cantidad del último año de medición con respecto a la medición anterior, para ello se hace un estudio tomando en cuenta las mediciones de IMD de cada tipo de vehículo y hacer una comparación IMD vs. t.

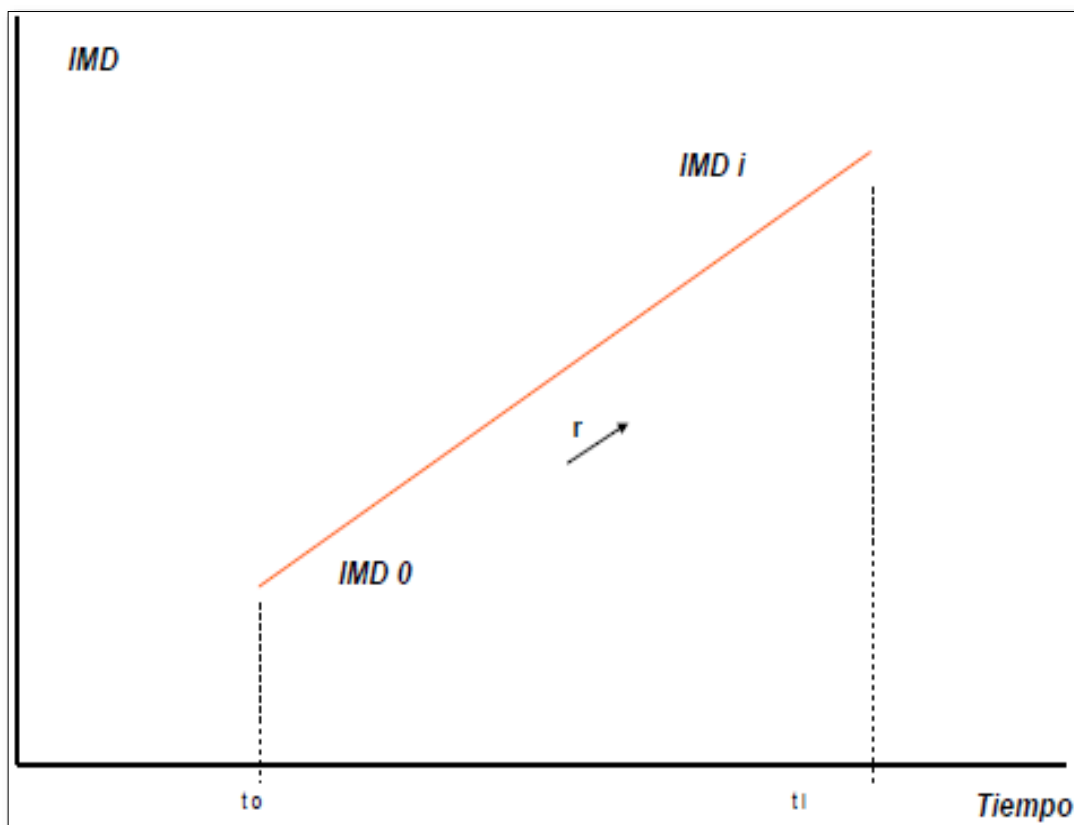


Gráfico N° 16: Regresión lineal para cálculo de Tasa de Crecimiento
Fuente: Hernán de Solminihac, T. (2005). Gestión de Infraestructura Vial.

Cuantificación de los volúmenes de demanda

Para todo tipo de análisis sobre el comportamiento de los pavimentos se necesita conocer la cantidad total de ejes equivalentes que solicitará la carpeta de rodado, para ello se debe calcular en primer lugar el factor de equivalencia por vehículo, luego la tasa de crecimiento para cada uno de ellos y finalmente se debe calcular la cantidad total de vehículos que utilizarán la vía para así multiplicarlas por los “Ejes equivalentes”. En base a lo anterior se puede decir que los ejes equivalentes acumulados (EEa) se obtienen a partir de la siguiente expresión:

$$EEa = EE \times \text{Factor de Crecimiento}$$

Donde:

Factor de crecimiento:

$$\text{Factor de Crecimiento} = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

r: tasa de crecimiento anual, % n: período de diseño en años

Definición de ejes equivalentes

El tránsito proveniente del conteo vehicular debe ser dividido para el carril de diseño. El volumen de tránsito del carril de diseño, se convierte a un determinado número de ESAL, que es equivalent single axle load, que es el parámetro usado en el diseño de la estructura del pavimento.

El ESAL es un eje estándar compuesto por un eje sencillo con dos ruedas en los extremos. El ESAL pesa 18,000 lb ó 8.2 tn ó 80 kN, y se considera que ejerce un efecto dañino sobre el pavimento como **1(Uno)**.

Cuadro N° 9: Factores de equivalencia de Carga

| Carga de Eje Bruto | | Factores de Carga Equivalente | | |
|--------------------|-------|-------------------------------|-------------|-------------|
| kN | lb | Ejes Simple | Ejes Tandem | Ejes Tridem |
| 4,45 | 1000 | 0,00002 | | |
| 8,9 | 2000 | 0,00018 | | |
| 17,8 | 4000 | 0,00209 | 0,0003 | |
| 26,7 | 6000 | 0,01043 | 0,001 | 0,0003 |
| 35,6 | 8000 | 0,0343 | 0,003 | 0,001 |
| 44,5 | 10000 | 0,0877 | 0,007 | 0,002 |
| 53,4 | 12000 | 0,189 | 0,014 | 0,003 |
| 62,3 | 14000 | 0,36 | 0,027 | 0,006 |
| 71,2 | 16000 | 0,623 | 0,047 | 0,011 |
| 80 | 18000 | 1 | 0,077 | 0,017 |
| 89 | 20000 | 1,51 | 0,121 | 0,027 |
| 97,9 | 22000 | 2,18 | 0,18 | 0,04 |
| 106,8 | 24000 | 3,03 | 0,26 | 0,057 |
| 115,6 | 26000 | 4,09 | 0,364 | 0,08 |
| 124,5 | 28000 | 5,39 | 0,495 | 0,109 |
| 133,4 | 30000 | 6,97 | 0,658 | 0,145 |
| 142,3 | 32000 | 8,88 | 0,857 | 0,191 |
| 151,2 | 34000 | 11,18 | 1,095 | 0,246 |
| 160,1 | 36000 | 13,93 | 1,38 | 0,313 |
| 169 | 38000 | 17,2 | 1,7 | 0,393 |
| 178 | 40000 | 21,08 | 2,08 | 0,487 |
| 187 | 42000 | 25,64 | 2,51 | 0,597 |
| 195,7 | 44000 | 31 | 3 | 0,723 |
| 204,5 | 46000 | 37,24 | 3,55 | 0,868 |
| 213,5 | 48000 | 44,5 | 4,17 | 1,033 |
| 22,4 | 50000 | 52,88 | 4,86 | 1,22 |
| 231,3 | 52000 | | 5,63 | 1,43 |
| 240,2 | 54000 | | 6,47 | 1,66 |
| 249 | 56000 | | 7,41 | 1,91 |
| 258 | 58000 | | 8,45 | 2,2 |
| 267 | 60000 | | 9,59 | 2,51 |
| 275,8 | 62000 | | 10,84 | 2,85 |
| 284,5 | 64000 | | 12,22 | 3,22 |
| 293,5 | 66000 | | 13,73 | 3,62 |
| 302,5 | 68000 | | 15,38 | 4,05 |
| 311,5 | 70000 | | 17,19 | 4,52 |
| 320 | 72000 | | 19,16 | 5,03 |
| 329 | 74000 | | 21,32 | 5,57 |
| 338 | 76000 | | 23,66 | 6,15 |
| 347 | 78000 | | 26,22 | 6,78 |
| 356 | 80000 | | 29 | 7,45 |
| 364,7 | 82000 | | 32 | 8,2 |
| 373,6 | 84000 | | 35,3 | 8,9 |
| 382,5 | 86000 | | 38,8 | 9,8 |
| 391,4 | 88000 | | 42,6 | 10,6 |
| 400,3 | 90000 | | 46,8 | 11,6 |

Fuente: Asphalt institute Manual Series N°1(MS-1), (1991). Diseño de Espesores de Pavimentos Asfálticos Para Calles & Carreteras.

Factor Camión

Se entiende por factor camión al número de aplicaciones de ejes estándar de 80 kN, correspondiente al paso de un vehículo. El factor camión se puede obtener por pesaje. El peso es un método costoso para proyectos pequeños; por lo tanto, cuando se deba efectuar el diseño para un tramo de vía en la cual no se tengan datos sobre el pesaje quedan dos alternativas:

- asumir el F.C. conocido de una vía cuyas características sean similares.
- Estimar el F.C. por algún método empírico.

En este cálculo no se incluyen a los autos, porque el paso de estos no se considera un efecto significativo en los pavimentos.

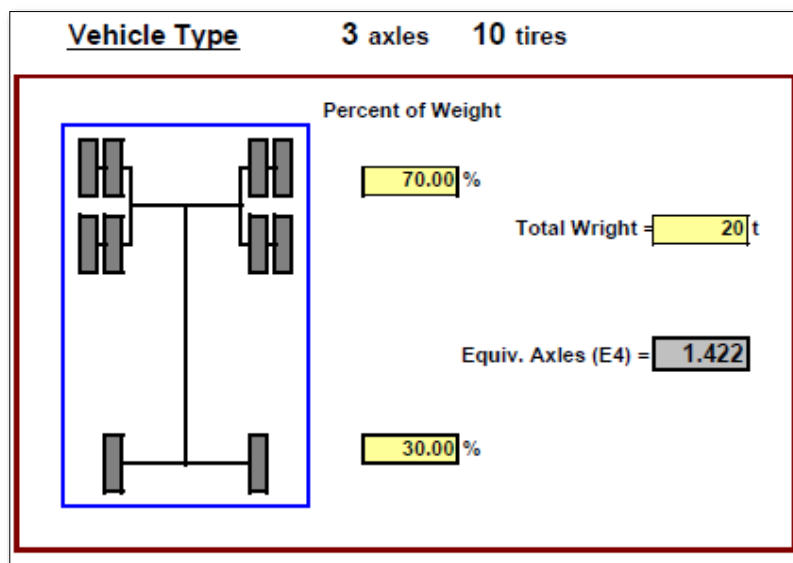


Figura N° 7: Cálculo computarizado del Factor Camión para una configuración de 3 ejes y 10 ruedas
Fuente: Rodrigo, A. Hoja de Cálculo de ESALF.

Cálculo de ejes equivalentes

La manera más rápida de conocer la cantidad de ejes equivalentes es multiplicando la cantidad de unidades por vehículo que circulan por su Factor Camión correspondiente.

1.6.17. La herramienta HDM-4

El modelo de estándares de diseño y conservación de carreteras (HDM- III), desarrollado por el Banco Mundial, ha sido usado por más de dos décadas combinando evaluaciones técnicas y económicas de proyectos de inversión de carreteras y analizando estrategias y estándares. Un estudio internacional se logró desarrollar para expandir el alcance del modelo HDM-III, con el objetivo de proveer un sistema armónico de gestión de carreteras con herramientas de software adaptable y fácil de usar. El resultado de esto ha sido el desarrollo de herramientas para el desarrollo y gerencia de carreteras (HDM-4).

El alcance de HDM-4 se ha expandido considerablemente más allá de las evaluaciones de proyectos tradicionales para proveer un poderoso sistema de análisis de alternativas de inversión y gestión de carreteras.

Además de llevar a cabo nuevos estudios científicos se ha enfatizado en la recolección y aplicación del conocimiento ya existente y se han incorporado algunos nuevos datos. Cuando ha sido posible, nuevos enfoques creativos se han desarrollado aplicando el conocimiento técnico a los problemas y necesidades gerenciales de diferentes países.

Antecedentes

El primer paso dado para desarrollar un modelo de este tipo fue hecho en el año 1968 por el Banco Mundial. Nuevos términos de referencia para estudio del diseño de carreteras se obtuvieron y consideraron por el Banco Mundial en conjunto con el Laboratorio de Transporte e Investigación de Carreteras de Gran Bretaña (TRRL, por sus siglas en inglés) y el Laboratorio Central Francés de Puentes y Carreteras (LCPC, por sus siglas en inglés). El Banco

Mundial comisionó entonces a un grupo del Instituto de Tecnología de Massachussets (MIT, por sus siglas en inglés) para que desarrollaran una encuesta y construyeran un modelo basado en la información obtenida de la misma. El Modelo de costos de carreteras producido por el MIT (Moavenzadeh, 1971 y 1972) fue un considerable avance sobre cualquier otro método existente en ese tiempo que examinaba las relaciones entre costos de carreteras, costos de conservación y costos de operación vehicular. El modelo señaló las áreas en las cuales era necesaria una mayor investigación para desarrollar las relaciones apropiadas al ambiente de cada país a la vez que proveía relaciones adicionales.

Después de esto, TRRL (Laboratorio de Investigación de Transporte y Caminos), en colaboración con el Banco Mundial, llevó a cabo un estudio de campo más amplio en Kenia para investigar la deterioración de carreteras con y sin pavimento y factores que afectan al costo de operación vehicular en un país en desarrollo. Los resultados de este estudio fueron usados para calibrar un prototipo de modelo de ordenador (RTIM, por sus siglas en inglés), para evaluar los costos de construcción, conservación y operación vehicular para un proyecto de inversión de carretera en un país en desarrollo (Abaynayaka, 1977). En 1976 el Banco Mundial desarrollo investigaciones más profundos en el modelo de ordenador, dando lugar a la concesión de un contrato de investigación a MIT para producir una versión más extensa del modelo capaz de llevar a cabo directamente análisis económicos fragmentando la carretera en tramos homogéneos y desarrollando sensitivos análisis automáticos de claves variables tales como tasas de descuento o de crecimiento. El trabajo

dio origen a la producción del Modelo de estándares de diseño y conservación de carreteras (HDM) (Harral, 1979).

Ambos modelos RTIM y HDM se probaron extensivamente en la práctica. Otros estudios más a fondo se llevaron a cabo, como se indica a continuación, con el propósito general de expandir el campo geográfico de los resultados.

- **Caribe** - *por TRRL*

Investigación de los efectos de la geometría en los costes de operación vehicular en una carretera (Morosiuk y Abaynayaka, 1982; Hide, 1982).

- **India** – *por el Instituto central de investigación de carreteras*

Estudio de los problemas operacionales particulares de carreteras de la India en términos de la estrechez de sus calzadas y el gran tamaño de los transportes acarreados por animales (CRRI, 1982).

- **Brasil** – *realizado por UNDP*

Estudio de la validez de todas las relaciones entre modelos (GEIPOT, 1982).

- **Desarrollo de modelos paralelos**

La experiencia del uso de TRRL sugirió la necesidad de un modelo más sencillo que el que existía. Los requisitos fueron obtener un modelo más fácil de usar por los consultores en el campo y por los usuarios en los países en desarrollo. Esto dio como origen al desarrollo de RTIM2 (Parsley y Robinson, 1982). De otra forma, el Banco Mundial vio la necesidad de un modelo más comprensible y desarrolló el HDM-III (Watanatada, 1987).

Ambos modelos se diseñaron originalmente para operar en ordenadores corporativos y con el avance de la tecnología la Universidad de

Birmingham, a petición de TRLL (Kerali, 1985) produjo la versión RTIM2 para microordenadores. Después, el Banco Mundial (Archondo-Callao y Purohit, 1989) produjo una versión de HDM-III para microordenador. Desde entonces, se han desarrollado estudios más profundos de ambos modelos. RTIM3 fue producido en 1993 para proveer una versión extremadamente fácil de usar del software que se comportaba como una hoja de cálculo (Cundill y Withnall, 1995). En 1994 el Banco Mundial produjo dos desarrollos más extensos:

HDM-Q

Producido para incorporar los efectos de la congestión del tráfico dentro del programa HDM (Hoban, 1987).

HDM Gestor

Producido para proveer una versión a través de menús de HDM-III (Archondo-Callao, 1994).

ESTRUCTURA GENERAL DEL HDM-4

Básicamente los mismos del HDM-III, ya que el objetivo sigue siendo la determinación de estrategias optimizadas que permitan minimizar costos globales de inversión y de operación, aplicados ya sea para un proyecto específico o a nivel de red. Sin embargo, la estructura utilizada en HDM - 4 difiere sustancialmente del HDM-III, y permite ampliar considerablemente las posibilidades de análisis, pudiéndose como su nombre lo indica analizar políticas de desarrollo y gestión de una red vial (en la nueva versión la sigla

HDM significa Highway Development and Management). Un esquema general de flujo de información del HDM-4 se presenta en la figura N° 8.

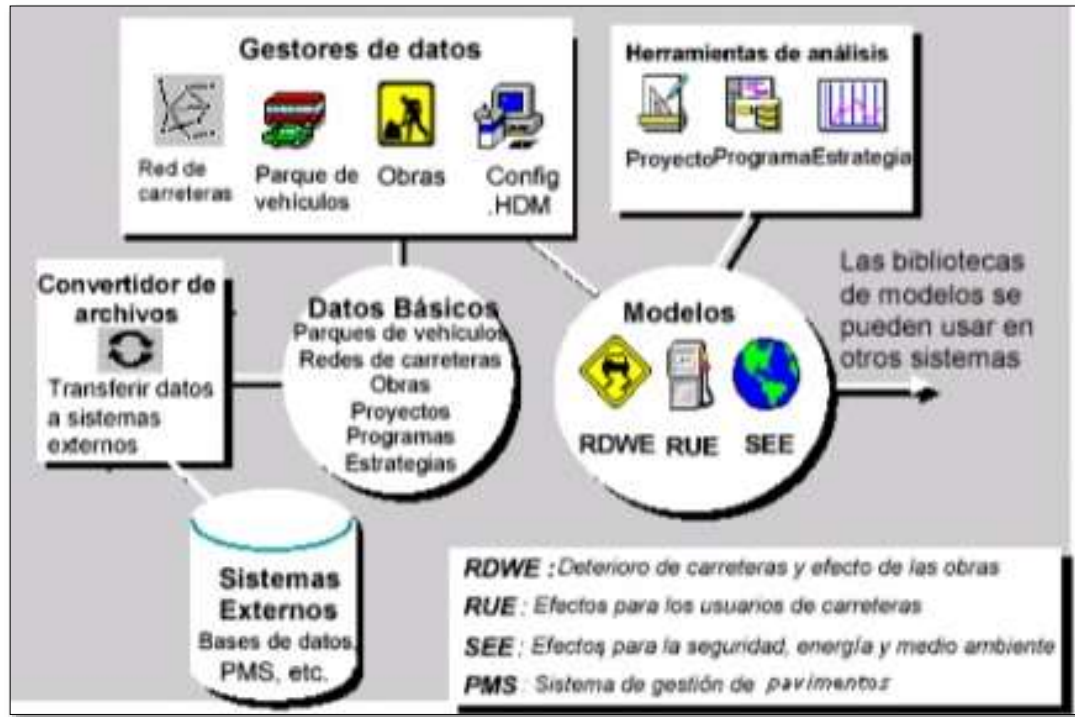


Figura N° 8: Esquema Global del HDM-4
Fuente: Interfaz del HDM-4

CAPITULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo y nivel de investigación

2.1.1. Tipo de investigación

- De acuerdo a la orientación es Aplicada, Porque se va utilizar teorías existentes como la herramienta HDM - 4, Gestión Vial, Tipos de conservación. Para dar soluciones a problemas prácticos de las fallas de la vía no pavimentada.
- De acuerdo a su enfoque es Mixto, porque la toma de datos es de forma cuantitativa con el uso de la norma del MTC y el formato del HDM – 4, cuyo resultado nos dará en forma cuantitativa. Y la forma de cómo se va hacer la conservación o la alternativa de solución es cualitativa.
- De acuerdo al tipo es Descriptivo, porque describe la realidad y sin alteración al tipo de falla de la vía no pavimentada.

2.1.2. Nivel de la investigación

El nivel de esta investigación es Descriptivo, porque se va a describir, observar y se mide las diversas fallas de la carretera no pavimento para solucionar la carpeta de rodadura mediante una conservación.

2.1.3. Diseño de la investigación

- **El diseño de esta investigación es no experimental**, Porque se realiza la investigación sin manipular deliberadamente las variables, lo que se hace es observar, medir y analizar los tipos de fallas de la carretera no pavimento, para luego hacer una evaluación económica del tipo de conservación.
- **De acuerdo con la direccionalidad es prospectiva**, Porque se mide y/o analiza en el presente las causas de las fallas, y efecto en el futuro para poder decidir el tipo de conservación de la vía no pavimentada, para obtener un buen afirmado de carpeta de rodadura.
- **De acuerdo con el tipo de fuente de recolección de datos proyectiva**, la recolección va ser primaria mediante libros, fuentes de internet o investigaciones ya relacionadas.
- **De acuerdo con la evolución del fenómeno estudiado es transversal**, Porque se recolectan y/o miden los datos una sola vez de la variable, y de inmediatez procede a su descripción o análisis de las diversas fallas de la vía no pavimentada.

2.2. Población y muestra

La carretera no pavimentada de La Unión – Queropalca, consta de 74.6 km de Afirmado fallados, con una calzada promedio de 3.4 m.

Con un área de vía no pavimentada, afirmado con falla es de $74600 \times 3.4 = 253640 \text{ m}^2$

Selección de la muestra

La muestra es aleatoria

$Z = 1.96$ (nivel de confianza al 95%)

$N = 253640$ m² de afirmado fallados (población o universo)

$p =$ se asume 50% = 0.5 (probabilidad a favor)

$q = 1 - p = 0.5$ (probabilidad en contra)

$d =$ precisión 5% = 0.05 (error muestral)

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

$n = 383$ m² de Afirmado fallados a estudiar

2.3. Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica sería la observación directa y ficha de observación y el uso de la herramienta HDM – 4

2.4. Procesamiento y presentación de datos

Se observa las fallas de la carretera no pavimentada, se mide y se dibuja en una ficha de observación todas las fallas (deformación, erosión, huecos, encalaminado y cruce de aguas).

El Procesamiento de datos en Microsoft Excel

CAPITULO III

APLICACIÓN DEL HDM – 4 EN LA CARRETERA LA UNIÓN – RONDOS - QUEROPALCA

3.1. Estudios básicos

El proyecto de investigación ha sido enfocado en la carretera La Unión – Rondos – Queropalca (Ruta HU-109), de modo que su servicio comprende de vías no pavimentadas en mal estado para el público usuario, donde su tránsito es medianamente pesado, de sección regular de 3.4m, con una longitud de 74.6 km.

Ubicación Geográfica:

La ubicación política de la zona en estudio es la siguiente:

Departamento : Huánuco

Provincias : Dos de Mayo y Lauricocha

Distritos : La Unión, Rondos, Baños y Queropalca

Vía de estudio : Ruta HU-109

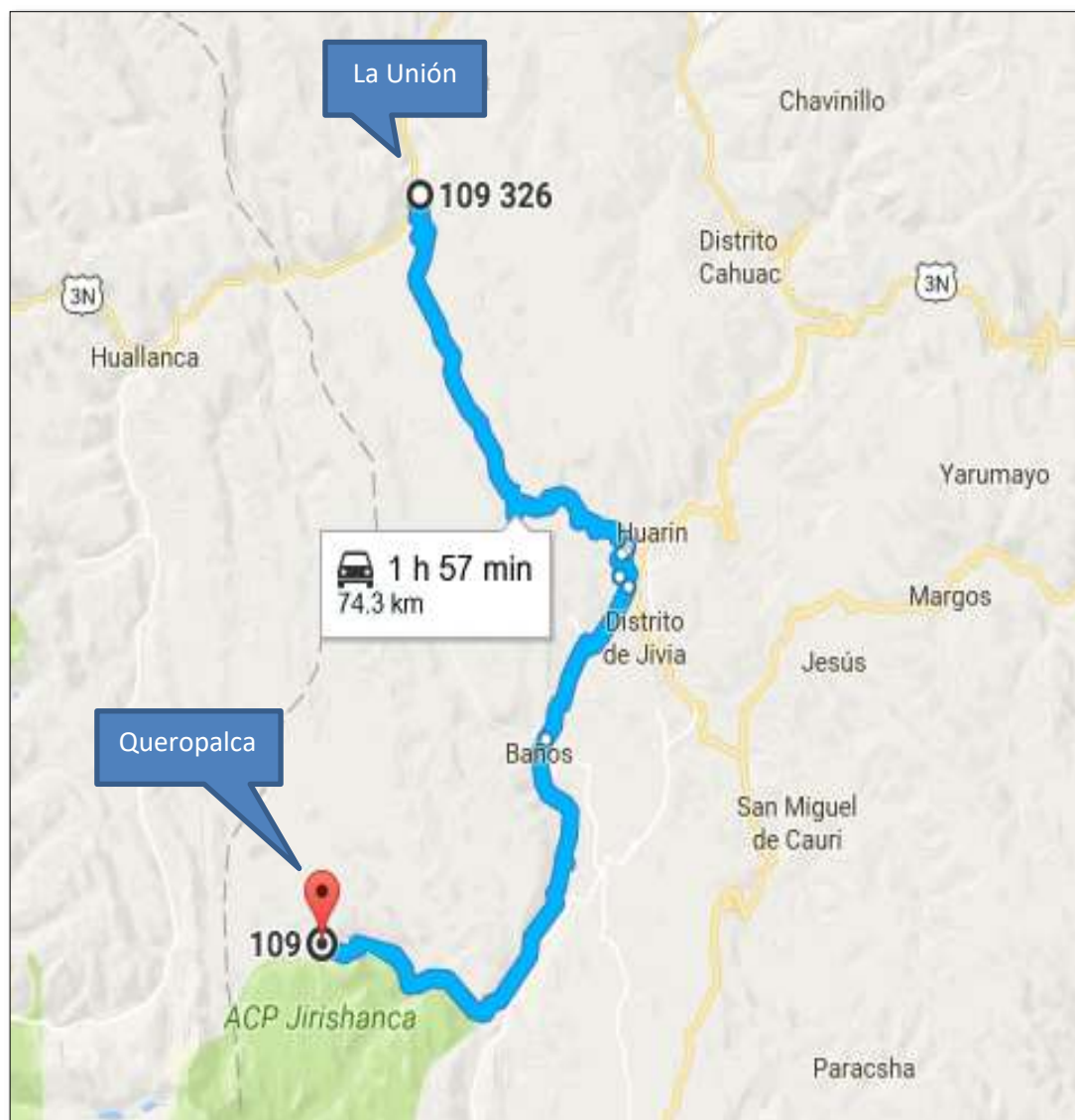


Figura N° 9: Ubicación del proyecto de investigación
Fuente: Elaboración propia

3.2. Estudio de suelos

Procesamiento de datos de campo y laboratorio:

Se realizó 1 calicata de 1.50m por cada kilómetro y los resultados de los Ensayos de laboratorio permitieron definir las características propias del suelo de la sub rasante y su clasificación según la SUCS y AASHTO, se comprobó que la mayoría de las muestras pertenecen al tipo de suelo granular, según

SUCS GM, su capacidad de soporte o CBR 20.9% AL 95% de MDS. Los resultados de los ensayos se muestran en los siguientes cuadros de resumen:

Cuadro N°10: calicatas y clasificación de suelos

| Progresiva | Profundidad (m) | Tipo de Suelo | | CBR al 95% de MDS |
|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------------|
| | | SUCS | AASHTO | |
| 0+000 | 0.50M | GP-GM | A-1-b (0) | 12.0 |
| 1+500 | 1.50M | SP | A-2-4 (0) | 14.3 |
| 2+180 | 1.50M | SM | A-2-4 (0) | 11.2 |
| 3+245 | 1.50M | SM-SC | A-2-4 (0) | 4.6 |
| 4+190 | 1.50M | GC | A-2-4 (0) | 11.2 |
| 5+000 | 1.50M | GP-GM | A-2-6 (0) | 10.4 |
| 6+223 | 1.50M | SC | A-2-4 (0) | 11.2 |
| 7+140 | 1.50M | SM-SC | A-4 (1) | 5.1 |
| 8+163 | 1.50M | ML | A-4 (5) | 18.3 |
| 9+150 | 1.50M | ML | A-4 (8) | 11.0 |
| 10+110 | 1.50M | ML | A-7-6 (7) | 10.0 |
| 11+120 | 1.50M | SM | A-4 (2) | 4.0 |
| 12+150 | 1.50M | ML | A-4 (5) | 19.5 |
| 13+265 | 1.50M | ML | A-7-5 (5) | 10.0 |
| 14+125 | 1.50M | ML-CL | A-4 (7) | 20.8 |
| 15+140 | 1.50M | ML | A-7-6 (10) | 10.0 |
| 16+300 | 1.50M | ML | A-4 (8) | 10.2 |
| 17+450 | 1.50M | ML | A-7-6 (12) | 11.0 |
| 18+295 | 1.50M | ML | A-4 (5) | 18.3 |
| 19+360 | 1.50M | ML | A-4 (5) | 18.3 |
| 20+550 | 1.50M | GM | A-4 (0) | 21.2 |
| 21+520 | 1.50M | CH | A-5 (11) | 20.0 |
| 22+540 | 0.20M | SC | A-4 (0) | 10.7 |
| 23+580 | 1.50M | CL | A-4 (4) | 6.3 |
| 24+670 | 0.30M | SC | A-4 (0) | 8.2 |
| 25+673 | 1.50M | MH | A-7-5 (5) | 9.2 |
| 26+370 | 0.80M | SC | A-4 (3) | 24.9 |
| 27+344 | 1.50M | SM | A-2-4 (0) | 11.2 |
| 28+290 | 0.35M | SM-SC | A-2-4 (0) | 11.2 |
| 29+100 | 1.50M | CL | A-4 (4) | 6.3 |
| 30+150 | 1.50M | ML | A-6 (7) | 5.9 |
| 31+130 | 1.50M | SM | A-2-4 (0) | 11.2 |
| 32+060 | 1.50M | ML | A-7-6 (6) | 7.1 |

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°11: Calicatas y clasificación de suelos

| Progresiva | Profundidad (m) | Tipo de Suelo | | CBR al 95% de MDS |
|------------|-----------------|---------------|-------------|-------------------|
| | | SUCS | AASHTO | |
| 33+100 | 1.50M | CL | A-4 (8) | 10.2 |
| 34+134 | 0.60M | SM | A-2-4 (0) | 6.7 |
| 35+875 | 1.50M | CL | A-6 (9) | 6.0 |
| 36+865 | 1.50M | SM | A-2-4 (0) | 7.0 |
| 37+990 | 1.50M | SM | A-4 (1) | 11.2 |
| 38+605 | 1.50M | ML | A-4 (6) | 8.0 |
| 39+000 | 1.50M | SC | A-2-4 (0) | 11.2 |
| 40+100 | 1.50M | CL | A-4 (4) | 6.3 |
| 41+060 | 0.40M | GC | A-2-6 (0) | 10.0 |
| 42+116 | 1.50M | SM-SC | A-1-b (0) | 12.0 |
| 43+190 | 1.50M | CL | A-4 (5) | 18.3 |
| 44+250 | 1.50M | SC | A-6 (3) | 5.6 |
| 45+300 | 1.50M | ML | A-7-6 (7) | 4.1 |
| 46+330 | 1.50M | CL | A-6 (10) | 6.0 |
| 47+295 | 1.50M | SM | A-5 (0) | 32.1 |
| 48+360 | 1.50M | SM | A-2-6 (0) | 10.4 |
| 49+150 | 1.50M | SC | A-2-4 (0) | 19.5 |
| 50+490 | 1.50M | SM-SC | A-2-4 (0) | 11.2 |
| 51+487 | 1.50M | SC | A-2-6 (0) | 33.1 |
| 52+470 | 1.50M | SC | A-4 (0) | 8.2 |
| 53+660 | 1.50M | SM-SC | A-2-4 (0) | 9.0 |
| 54+737 | 1.50M | SM | A-4 (2) | 10.0 |
| 55+790 | 1.50M | GC | A-2-4 (0) | 32.4 |
| 56+805 | 1.50M | GM | A-1-b (0) | 14.6 |
| 57+870 | 1.50M | GM | A-2-5 (0) | 18.7 |
| 58+840 | 1.50M | GM | A-2-5 (0) | 17.0 |
| 59+890 | 1.50M | SM | A-4 (1) | 11.0 |
| 60+810 | 1.50M | SP-SM | A-1-a (0) | 15.0 |
| 61+790 | 1.50M | SM-SC | A-2-4 (0) | 15.1 |
| 62+830 | 1.50M | SC | A-2-6 (0) | 33.1 |
| 63+785 | 1.50M | SM | A-6 (3) | 5.6 |
| 64+775 | 1.50M | GM | A-2-6 (0) | 33.1 |
| 65+870 | 1.50M | ML | A-6 (8) | 7.0 |

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°12: calicatas y clasificación de suelos

| Progresiva | Profundidad (m) | Tipo de Suelo | | CBR al 95% de MDS |
|------------|-----------------|---------------|--------------|-------------------|
| | | SUCS | AASHTO | |
| 66+800 | 0.20M | GM | A-2-7 (0) | 15.0 |
| 63+890 | 1.50M | SM | A-6 (2) | 13.7 |
| 68+820 | 1.50M | SM | A-2-4 (0) | 32.4 |
| 69+765 | 1.50M | GM-GC | A-1-b (0) | 14.6 |
| 70+917 | 1.10M | MH | A-7-5 (12) | 4.0 |
| 71+867 | 1.50M | SM | A-7-5 (4) | 3.9 |
| 72+860 | 1.50M | SC | A-2-6 (0) | 33.1 |
| 73+800 | 1.00M | SM | A-7-5 (3) | 3.5 |
| 74+740 | 1.50M | SM | A-2-5 (0) | 17.0 |

Fuente: Elaboración propia

3.3. Inventario vial

Para desarrollar el inventario vial, se utilizó una camioneta y una libreta de campo con una metodología observacional. Para describir las obras de arte se tuvo la ayuda de un grupo técnico.

Se hizo un inventario de la estructura de obra de arte, seguridad vial, señalización de los tramos de la carretera la Unión – Rondos – Queropalca. Lo cual se muestra los resultados en los siguientes cuadros:

Cuadro N° 13: Inventario de puentes y pontones

| Puentes y Pontones | | | | | | | |
|-------------------------|----------|-----------------------|---------|------|---------------------|---------|------|
| Tramos | | Condición Estructural | | | Condición Funcional | | |
| Nombre | Longitud | Bueno | Regular | Malo | Bueno | Regular | Malo |
| | Km | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds |
| La Unión- Rondos | 35.70 | 3 | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| Rondos - Santa Rosa | 21.67 | 2 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| Santa Rosa - Queropalca | 18.80 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| Total | 76.2 | 8 | 2 | 0 | 8 | 2 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°14: Inventario de alcantarilla

| Alcantarillas | | | | | | | |
|-------------------------|----------|-----------------------|---------|------|---------------------|---------|------|
| Carretera | | Condición Estructural | | | Condición Funcional | | |
| Nombre | Longitud | Bueno | Regular | Malo | Bueno | Regular | Malo |
| | Km | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds |
| La Unión- Rondos | 35.70 | 22 | 54 | 1 | 24 | 49 | 4 |
| Rondos - Santa Rosa | 21.67 | 25 | 24 | 4 | 1 | 47 | 5 |
| Santa Rosa - Queropalca | 18.80 | 7 | 15 | 0 | 5 | 13 | 4 |
| Total | 76.2 | 54 | 93 | 5 | 30 | 109 | 13 |

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°15: Inventario de tajeas

| Tajeas | | | | | | | |
|-------------------------|----------|-----------------------|---------|------|---------------------|---------|------|
| Carretera | | Condición Estructural | | | Condición Funcional | | |
| Nombre | Longitud | Bueno | Regular | Malo | Bueno | Regular | Malo |
| | Km | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds |
| La Unión- Rondos | 35.70 | 1 | 7 | 1 | 2 | 6 | 1 |
| Rondos - Santa Rosa | 21.67 | 0 | 6 | 1 | 0 | 6 | 1 |
| Santa Rosa - Queropalca | 18.80 | 0 | 11 | 0 | 0 | 11 | 0 |
| Total | 76.2 | 1 | 24 | 2 | 2 | 23 | 2 |

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°16: Inventario de señalización vertical

| Señalización Vertical | | | | | | | |
|-------------------------|----------|-----------------------|---------|------|---------------------|---------|------|
| Carretera | | Condición Estructural | | | Condición Funcional | | |
| Nombre | Longitud | Bueno | Regular | Malo | Bueno | Regular | Malo |
| | Km | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds |
| La Unión- Rondos | 35.70 | 10 | 23 | 10 | 9 | 28 | 6 |
| Rondos - Santa Rosa | 21.67 | 7 | 17 | 1 | 5 | 16 | 4 |
| Santa Rosa - Queropalca | 18.80 | 3 | 10 | 4 | 2 | 1 | 14 |
| Total | 76.2 | 20 | 50 | 15 | 16 | 45 | 24 |

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°17: Inventario de badenes

| Badenes | | | | | | | |
|-------------------------|----------|-----------------------|---------|------|---------------------|---------|------|
| Carretera | | Condición Estructural | | | Condición Funcional | | |
| Nombre | Longitud | Bueno | Regular | Malo | Bueno | Regular | Malo |
| | Km | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds |
| La Unión- Rondos | 35.70 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 |
| Rondos - Santa Rosa | 21.67 | 8 | 5 | 0 | 6 | 6 | 1 |
| Santa Rosa - Queropalca | 18.80 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Total | 76.2 | 12 | 5 | 0 | 7 | 8 | 2 |

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°18: Inventario de muros

| Muros | | | | | | | |
|-------------------------|----------|-----------------------|---------|------|---------------------|---------|------|
| Carretera | | Condición Estructural | | | Condición Funcional | | |
| Nombre | Longitud | Bueno | Regular | Malo | Bueno | Regular | Malo |
| | Km | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds |
| La Unión- Rondos | 35.70 | 1 | 3 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| Rondos - Santa Rosa | 21.67 | 3 | 5 | 0 | 4 | 4 | 0 |
| Santa Rosa - Queropalca | 18.80 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| Total | 76.2 | 6 | 8 | 0 | 10 | 4 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°19: Inventario de cunetas

| Cunetas | | | | | | | |
|-------------------------|----------|-----------------------|---------|------|---------------------|---------|------|
| Carretera | | Condición Estructural | | | Condición Funcional | | |
| Nombre | Longitud | Bueno | Regular | Malo | Bueno | Regular | Malo |
| | Km | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds |
| La Unión- Rondos | 35.70 | 6 | 113 | 0 | 1 | 118 | 0 |
| Rondos - Santa Rosa | 21.67 | 0 | 78 | 0 | 0 | 78 | 0 |
| Santa Rosa - Queropalca | 18.80 | 0 | 55 | 0 | 0 | 55 | 0 |
| Total | 76.2 | 6 | 246 | 0 | 1 | 251 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°20: Inventario de bajadas de agua

| Bajadas de Agua | | | | | | | |
|-------------------------|----------|-----------------------|---------|------|---------------------|---------|------|
| Carretera | | Condición Estructural | | | Condición Funcional | | |
| Nombre | Longitud | Bueno | Regular | Malo | Bueno | Regular | Malo |
| | Km | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds |
| La Unión- Rondos | 35.70 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Rondos - Santa Rosa | 21.67 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| Santa Rosa - Queropalca | 18.80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 76.2 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°21: inventario de postes delineadores

| Postes Delineadores | | | | | | | |
|-------------------------|----------|-----------------------|---------|------|---------------------|---------|------|
| Carretera | | Condición Estructural | | | Condición Funcional | | |
| Nombre | Longitud | Bueno | Regular | Malo | Bueno | Regular | Malo |
| | Km | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds |
| La Unión- Rondos | 35.70 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Rondos - Santa Rosa | 21.67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Santa Rosa - Queropalca | 18.80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 76.2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°22: Inventario de guarda vías

| Guarda Vías | | | | | | | |
|----------------------|----------|-----------------------|---------|------|---------------------|---------|------|
| Carretera | | Condición Estructural | | | Condición Funcional | | |
| Nombre | Longitud | Bueno | Regular | Malo | Bueno | Regular | Malo |
| | Km | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds |
| La Unión- Queropalca | 74.6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°23: Inventario de gibas

| Gibas | | | | | | | |
|----------------------|----------|-----------------------|---------|------|---------------------|---------|------|
| Carretera | | Condición Estructural | | | Condición Funcional | | |
| Nombre | Longitud | Bueno | Regular | Malo | Bueno | Regular | Malo |
| | Km | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds | Unds |
| La Unión- Queropalca | 74.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

3.4. Puntos críticos en la carretera

Al realizar la inspección de la carretera con el método observacional, se pudo describir los puntos críticos que tiene la carretera como zona de derrumbe, la necesidad de construir muro de contención, erosión de la plataforma. Lo cual nos ayuda hacer un inventario real de cómo se encuentra la carretera para hacer una evaluación técnica y económica.

Cuadro N°24: Puntos críticos en la carretera

| N° | Progresiva | | Coordenadas | | Lado | Descripción |
|----|------------|--------|-------------|------------|------|--|
| | Inicio | Fin | | | | |
| 1 | 1+497 | 1+517 | 302868.808 | 8913496.84 | D | Zona de derrumbe |
| 2 | 3+986 | 4+046 | 302803.044 | 8912465.62 | I | Zona de derrumbe |
| 3 | 4+228 | 4+278 | 302767.215 | 8912316.69 | I | Zona de derrumbe |
| 4 | 4+887 | 4+956 | 303177.994 | 8911873.81 | I | Zona de derrumbe |
| 5 | 5+088 | 5+094 | 303193.87 | 8911674.18 | D | Requiere construir muro de contención |
| 6 | 5+264 | 5+274 | 303086.263 | 8911547.53 | I | Zona de derrumbe |
| 7 | 5+264 | 5+268 | 303086.263 | 8911547.53 | D | Zona de derrumbe requiere |
| 8 | 26+700 | 26+720 | 309607.739 | 8897908.9 | I | Erosión de talud inferior. |
| 9 | 27+630 | 27+730 | 310309.871 | 8898037.79 | I | Erosión de calzada y acumulación de aguas pluviales sobre la plataforma. |
| 10 | 28+260 | 28+270 | 310396.561 | 8898454.45 | D | Erosión de Plataforma con riesgo de perdida del vía |
| 11 | 31+115 | 31+137 | 311895.076 | 8897397.46 | D | Zona de derrumbe |
| 12 | 32+600 | 32+680 | 312834.549 | 8897024.15 | D | Zona de constantes derrumbes |
| 13 | 32+700 | 32+760 | 312803.711 | 8896931.28 | D | Zona de constantes Huaycos de lodo y piedra |
| 14 | 38+596 | 38+656 | 313968.494 | 8893738.49 | D | Zona de derrumbe |
| 15 | 60+388 | 60+428 | 309585.969 | 8876831.4 | D | Zona de derrumbe |
| 16 | 71+427 | 71+433 | 304810.484 | 8874704.31 | D | Zona de derrumbe |

Fuente: Elaboración propia

3.5. Evaluación técnica

- Índice de rugosidad internacional (IRI):

Se aplicó la teoría del IRI para desarrollar los tipos de fallas que existe para determinar su regularidad y la comodidad en la conducción, el confort de los usuarios por cada tramo de La Unión – Rondos – Santa Rosa – Queropalca.

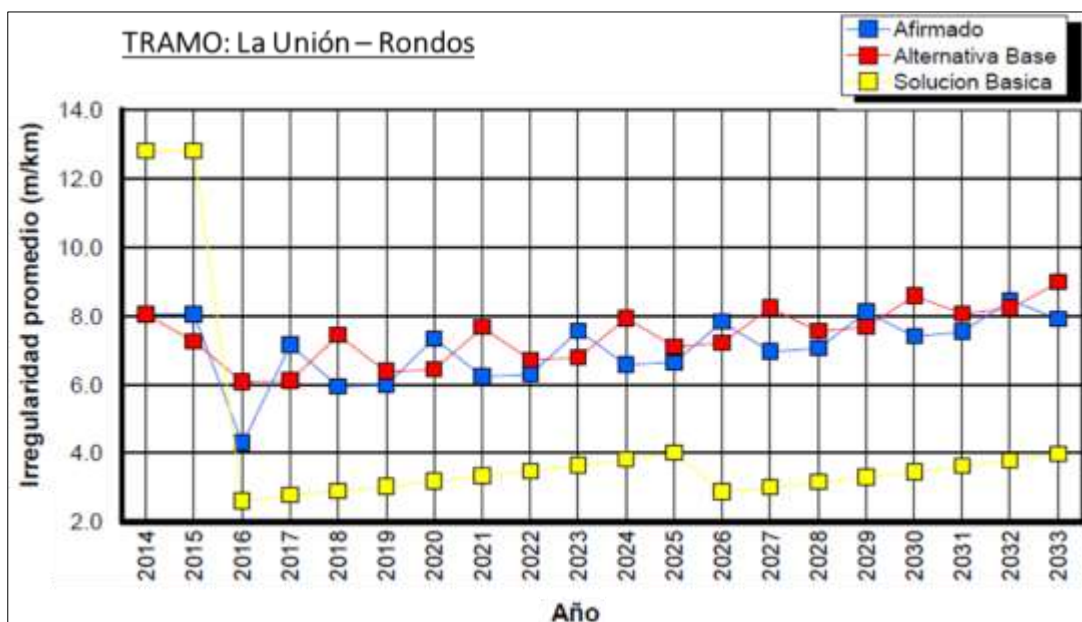


Gráfico N° 17: IRI tramo la unión – Rondos
Fuente: Elaboración propia

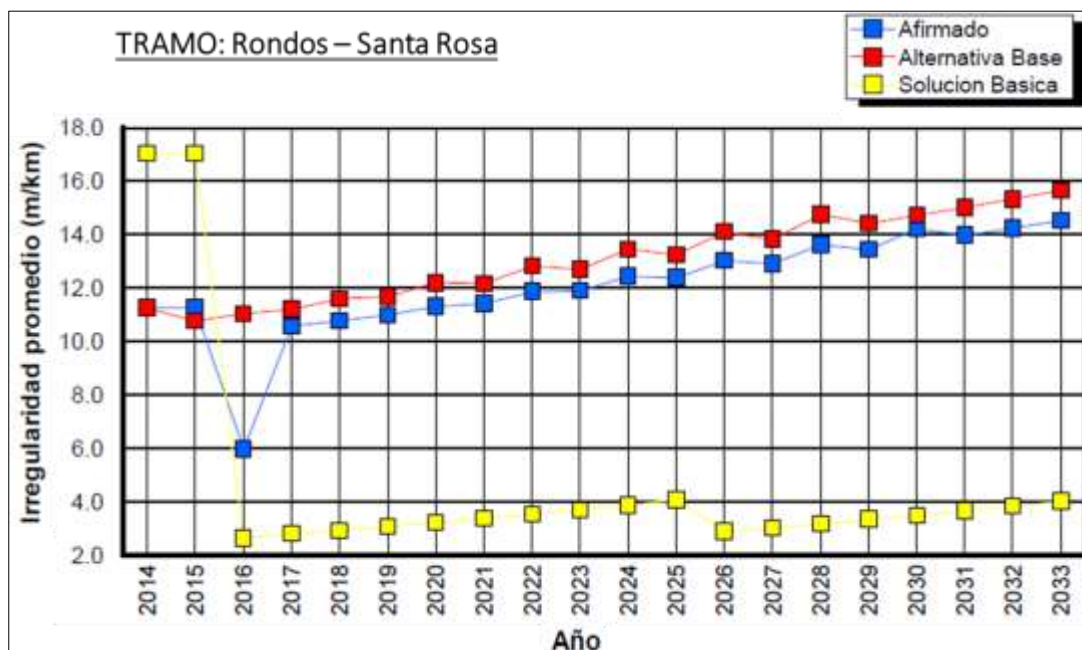


Gráfico N° 18: IRI tramo Rondos – Santa Rosa
Fuente: Elaboración propia

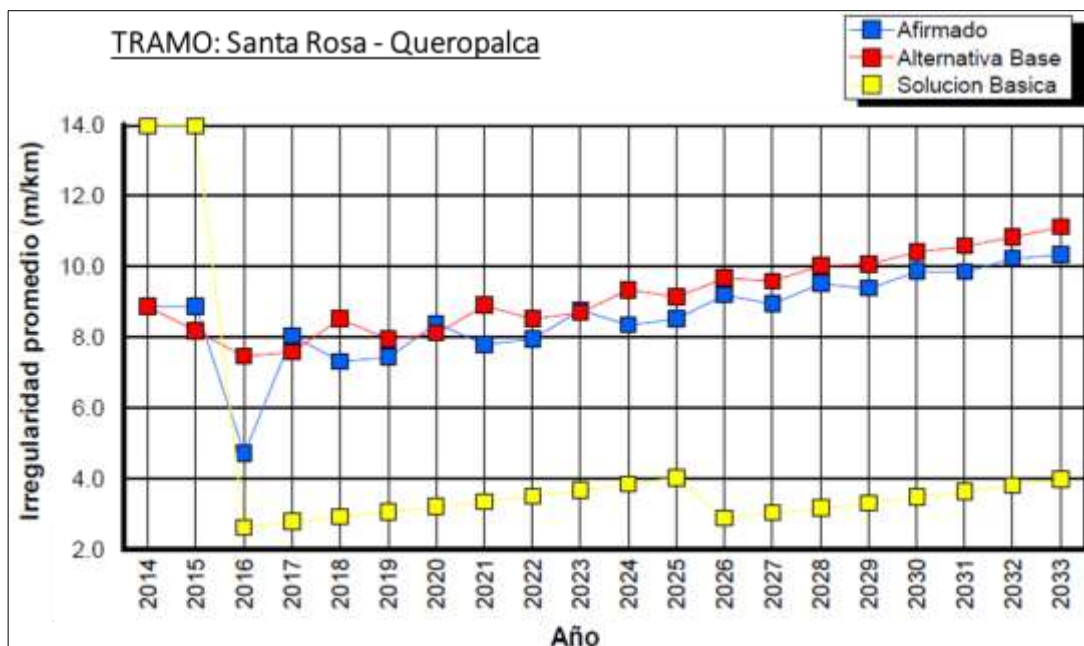


Gráfico N°19: IRI tramo Santa Rosa - Queropalca
Fuente: Elaboración propia

• Evaluación de la condición de la carretera

Para la evaluación se tuvo la ayuda de la herramienta el HDM – 4, para determinar la condición de la carretera junto al índice de rugosidad internacional. Se analizó el trabajo en el año 2014 con proyección al año 2033.

Lo cual se muestra los cuadros de condición por cada tramo:

| Tramo: | | La Unión - Rondos | | | | | | | | | |
|----------------------|------------|--|---------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|--------------------|---------------------------|
| Alternativa: | | Afirmado | | | | | | | | | |
| Sensibilidad: | | No se realizó análisis de sensibilidad | | | | | | | | | |
| Tipo de superficie: | | No pavimentada | | | | | | | | | |
| Longitud: | | 2.75 km | | | | | | | | | |
| | | Tipo de carretera: Secondary or main | | | | | | | | | |
| | | Ancho: 3.40 m | | | | | | | | | |
| Valor promedio anual | | | | | | | | | | | |
| Año | TDPA TM | ESAL millones /ELANE | IRI ant. m/km | IRI prom. m/km | Agriet. estruct. total % | Despren- dimientos % | Rotura de borde m2 | Prof. de roderas mm | No. de baches | No. de estruct. | Espesor de grava mm |
| 2014 | 40 | 0.01 | | 8.05 | | | | | | | 132 |
| 2015 | 43 | 0.01 | | 8.05 | | | | | | | 116 |
| 2016 | 45 | 0.01 | | 4.29 | | | | | | | 141 |
| 2017 | 48 | 0.01 | | 7.15 | | | | | | | 181 |
| 2018 | 51 | 0.01 | | 5.94 | | | | | | | 163 |
| 2019 | 54 | 0.01 | | 5.98 | | | | | | | 172 |
| 2020 | 57 | 0.01 | | 7.34 | | | | | | | 181 |
| 2021 | 60 | 0.01 | | 6.24 | | | | | | | 161 |
| 2022 | 64 | 0.01 | | 6.29 | | | | | | | 171 |

Condición de la carretera tramo la Unión – Rondos. Alternativa: Afirmado

| | |
|---|--|
| Tramo: | La Unión - Rondos |
| Alternativa: | Afirmado |
| Sensibilidad: | No se realizó análisis de sensibilidad |
| Tipo de superficie: | No pavimentada |
| Longitud: | 2.75 km |
| Tipo de carretera: Secondary or main | |
| Ancho: 3.40 m | |

| Valor promedio anual | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------|----------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|---------------------------|
| Año | TDPA TM | ESAL millones /ELANE | IRI ant. m/km | IRI prom. m/km | Agriet. estruct. total % | Despren- dimientos % | Rotura de borde m2 | Prof. de roderas mm | No. de baches | No. estruct. | Espesor de grava mm |
| 2023 | 68 | 0.01 | | 7.56 | | | | | | | 180 |
| 2024 | 72 | 0.01 | | 6.57 | | | | | | | 160 |
| 2025 | 76 | 0.01 | | 6.65 | | | | | | | 170 |
| 2026 | 80 | 0.01 | | 7.82 | | | | | | | 179 |
| 2027 | 85 | 0.01 | | 6.96 | | | | | | | 158 |
| 2028 | 90 | 0.01 | | 7.06 | | | | | | | 168 |
| 2029 | 95 | 0.01 | | 8.11 | | | | | | | 178 |
| 2030 | 101 | 0.01 | | 7.40 | | | | | | | 156 |
| 2031 | 107 | 0.01 | | 7.53 | | | | | | | 167 |
| 2032 | 113 | 0.02 | | 8.45 | | | | | | | 177 |
| 2033 | 120 | 0.02 | | 7.90 | | | | | | | 153 |

Condición de la carretera tramo la Unión – Rondos. Alternativa: Afirmado

| | |
|---|--|
| Tramo: | La Unión - Rondos |
| Alternativa: | Alternativa Base |
| Sensibilidad: | No se realizó análisis de sensibilidad |
| Tipo de superficie: | No pavimentada |
| Longitud: | 2.75 km |
| Tipo de carretera: Secondary or main | |
| Ancho: 3.40 m | |

| Valor promedio anual | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------|----------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|---------------------------|
| Año | TDPA TM | ESAL millones /ELANE | IRI ant. m/km | IRI prom. m/km | Agriet. estruct. total % | Despren- dimientos % | Rotura de borde m2 | Prof. de roderas mm | No. de baches | No. estruct. | Espesor de grava mm |
| 2014 | 40 | 0.01 | | 8.05 | | | | | | | 166 |
| 2015 | 43 | 0.01 | | 7.25 | | | | | | | 181 |
| 2016 | 45 | 0.01 | | 6.08 | | | | | | | 162 |
| 2017 | 48 | 0.01 | | 6.11 | | | | | | | 172 |
| 2018 | 51 | 0.01 | | 7.44 | | | | | | | 181 |
| 2019 | 54 | 0.01 | | 6.37 | | | | | | | 161 |
| 2020 | 57 | 0.01 | | 6.43 | | | | | | | 171 |
| 2021 | 60 | 0.01 | | 7.67 | | | | | | | 180 |
| 2022 | 64 | 0.01 | | 6.71 | | | | | | | 160 |
| 2023 | 68 | 0.01 | | 6.79 | | | | | | | 170 |
| 2024 | 72 | 0.01 | | 7.93 | | | | | | | 179 |
| 2025 | 76 | 0.01 | | 7.10 | | | | | | | 158 |
| 2026 | 80 | 0.01 | | 7.21 | | | | | | | 168 |
| 2027 | 85 | 0.01 | | 8.23 | | | | | | | 178 |
| 2028 | 90 | 0.01 | | 7.55 | | | | | | | 156 |
| 2029 | 95 | 0.01 | | 7.68 | | | | | | | 166 |
| 2030 | 101 | 0.01 | | 8.58 | | | | | | | 177 |
| 2031 | 107 | 0.01 | | 8.06 | | | | | | | 153 |
| 2032 | 113 | 0.02 | | 8.22 | | | | | | | 164 |
| 2033 | 120 | 0.02 | | 8.98 | | | | | | | 175 |

Condición de la carretera tramo la Unión – Rondos. Alternativa: Alternativa base

| Tramo: | | La Unión - Rondos | | | | | | | | | |
|----------------------|------------|--|---------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|---------------------------|
| Alternativa: | | Solucion Basica | | | | | | | | | |
| Sensibilidad: | | No se realizó análisis de sensibilidad | | | | | | | | | |
| Tipo de superficie: | | No pavimentada | | | | | | | | | |
| Longitud: | | 2.75 km | | | | | | | | | |
| | | Tipo de carretera: Secondary or main | | | | | | | | | |
| | | Ancho: 3.40 m | | | | | | | | | |
| Valor promedio anual | | | | | | | | | | | |
| Año | TDPA TM | ESAL millones /ELANE | IRI ant. m/km | IRI prom. m/km | Agriet. estruct. total % | Despren- dimientos % | Rotura de borde m2 | Prof. de roderas mm | No. de baches | No. estruct. | Espesor de grava mm |
| 2014 | 40 | 0.01 | | 12.80 | | | | | | | 132 |
| 2015 | 43 | 0.01 | | 12.80 | | | | | | | 132 |
| 2016 | 45 | 0.01 | 2.70 | 2.60 | 0.00 | 0.00 | 0.07 | 1.76 | 0.00 | 4.19 | |
| 2017 | 48 | 0.01 | 2.83 | 2.77 | 0.00 | 0.00 | 0.11 | 1.97 | 0.00 | 4.19 | |
| 2018 | 51 | 0.01 | 2.96 | 2.90 | 0.00 | 0.00 | 0.16 | 2.19 | 0.00 | 4.19 | |
| 2019 | 54 | 0.01 | 3.10 | 3.03 | 0.00 | 0.00 | 0.21 | 2.41 | 0.00 | 4.19 | |
| 2020 | 57 | 0.01 | 3.25 | 3.18 | 0.00 | 0.00 | 0.27 | 2.62 | 0.00 | 4.19 | |
| 2021 | 60 | 0.01 | 3.40 | 3.33 | 0.00 | 0.00 | 0.34 | 2.84 | 0.00 | 4.19 | |
| 2022 | 64 | 0.01 | 3.56 | 3.48 | 0.00 | 0.00 | 0.41 | 3.06 | 0.00 | 4.19 | |
| 2023 | 68 | 0.01 | 3.73 | 3.65 | 0.00 | 0.00 | 0.49 | 3.29 | 0.00 | 4.19 | |
| 2024 | 72 | 0.01 | 3.90 | 3.82 | 0.00 | 0.50 | 0.59 | 3.51 | 0.00 | 4.19 | |
| 2025 | 76 | 0.01 | 4.09 | 4.00 | 0.62 | 0.36 | 0.35 | 1.87 | 0.00 | 4.27 | |
| 2026 | 80 | 0.01 | 2.93 | 2.87 | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.22 | 0.00 | 4.35 | |
| 2027 | 85 | 0.01 | 3.08 | 3.00 | 0.00 | 0.00 | 0.25 | 0.44 | 0.00 | 4.35 | |
| 2028 | 90 | 0.01 | 3.22 | 3.15 | 0.00 | 0.00 | 0.40 | 0.66 | 0.00 | 4.35 | |
| 2029 | 95 | 0.01 | 3.37 | 3.30 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | 0.88 | 0.00 | 4.35 | |
| 2030 | 101 | 0.01 | 3.53 | 3.45 | 0.00 | 0.00 | 0.74 | 1.10 | 0.00 | 4.35 | |
| 2031 | 107 | 0.01 | 3.70 | 3.62 | 0.00 | 0.00 | 0.95 | 1.32 | 0.00 | 4.35 | |
| 2032 | 113 | 0.02 | 3.87 | 3.79 | 0.00 | 0.00 | 1.18 | 1.55 | 0.00 | 4.35 | |
| 2033 | 120 | 0.02 | 4.06 | 3.97 | 0.00 | 0.00 | 0.73 | 0.89 | 0.00 | 4.42 | |

Condición de la carretera tramo la Unión – Rondos. Alternativa: Solución básica

| Tramo: | | Rondos - Santa Rosa | | | | | | | | | |
|----------------------|------------|--|---------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|---------------------------|
| Alternativa: | | Afirmado | | | | | | | | | |
| Sensibilidad: | | No se realizó análisis de sensibilidad | | | | | | | | | |
| Tipo de superficie: | | No pavimentada | | | | | | | | | |
| Longitud: | | 21.67 km | | | | | | | | | |
| | | Tipo de carretera: Secondary or main | | | | | | | | | |
| | | Ancho: 3.10 m | | | | | | | | | |
| Valor promedio anual | | | | | | | | | | | |
| Año | TDPA TM | ESAL millones /ELANE | IRI ant. m/km | IRI prom. m/km | Agriet. estruct. total % | Despren- dimientos % | Rotura de borde m2 | Prof. de roderas mm | No. de baches | No. estruct. | Espesor de grava mm |
| 2014 | 202 | 0.03 | | 11.24 | | | | | | | 119 |
| 2015 | 214 | 0.03 | | 11.24 | | | | | | | 109 |
| 2016 | 226 | 0.03 | | 5.97 | | | | | | | 135 |
| 2017 | 240 | 0.03 | | 10.56 | | | | | | | 168 |
| 2018 | 254 | 0.03 | | 10.77 | | | | | | | 168 |
| 2019 | 269 | 0.04 | | 10.98 | | | | | | | 166 |
| 2020 | 285 | 0.04 | | 11.31 | | | | | | | 166 |
| 2021 | 302 | 0.04 | | 11.42 | | | | | | | 164 |
| 2022 | 319 | 0.04 | | 11.86 | | | | | | | 163 |
| 2023 | 338 | 0.04 | | 11.89 | | | | | | | 161 |
| 2024 | 358 | 0.05 | | 12.43 | | | | | | | 161 |

Condición de la carretera tramo Rondos – Santa Rosa. Alternativa: Afirmado

| | | |
|----------------------------|--|---|
| Tramo: | Rondos - Santa Rosa | |
| Alternativa: | Afirmado | |
| Sensibilidad: | No se realizó análisis de sensibilidad | |
| Tipo de superficie: | No pavimentada | Tipo de carretera: Secondary or main |
| Longitud: | 21.67 km | Ancho: 3.10 m |

| Valor promedio anual | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------|----------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|---------------------------|
| Año | TDPA TM | ESAL millones /ELANE | IRI ant. m/km | IRI prom. m/km | Agriet. estruct. total % | Despren- dimientos % | Rotura de borde m2 | Prof. de roderas mm | No. de baches | No. estruct. | Espesor de grava mm |
| 2025 | 379 | 0.05 | | 12.38 | | | | | | | 158 |
| 2026 | 402 | 0.05 | | 13.02 | | | | | | | 158 |
| 2027 | 425 | 0.06 | | 12.90 | | | | | | | 155 |
| 2028 | 450 | 0.06 | | 13.62 | | | | | | | 154 |
| 2029 | 477 | 0.06 | | 13.43 | | | | | | | 152 |
| 2030 | 505 | 0.07 | | 14.22 | | | | | | | 151 |
| 2031 | 535 | 0.07 | | 13.97 | | | | | | | 174 |
| 2032 | 566 | 0.07 | | 14.25 | | | | | | | 173 |
| 2033 | 600 | 0.08 | | 14.53 | | | | | | | 172 |

Condición de la carretera tramo Rondos – Santa Rosa. Alternativa: Afirmado

| | | |
|----------------------------|--|---|
| Tramo: | Rondos - Santa Rosa | |
| Alternativa: | Alternativa Base | |
| Sensibilidad: | No se realizó análisis de sensibilidad | |
| Tipo de superficie: | No pavimentada | Tipo de carretera: Secondary or main |
| Longitud: | 21.67 km | Ancho: 3.10 m |

| Valor promedio anual | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------|----------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|---------------------------|
| Año | TDPA TM | ESAL millones /ELANE | IRI ant. m/km | IRI prom. m/km | Agriet. estruct. total % | Despren- dimientos % | Rotura de borde m2 | Prof. de roderas mm | No. de baches | No. estruct. | Espesor de grava mm |
| 2014 | 202 | 0.03 | | 11.24 | | | | | | | 159 |
| 2015 | 214 | 0.03 | | 10.76 | | | | | | | 168 |
| 2016 | 226 | 0.03 | | 11.04 | | | | | | | 167 |
| 2017 | 240 | 0.03 | | 11.20 | | | | | | | 166 |
| 2018 | 254 | 0.03 | | 11.61 | | | | | | | 165 |
| 2019 | 269 | 0.04 | | 11.67 | | | | | | | 164 |
| 2020 | 285 | 0.04 | | 12.20 | | | | | | | 163 |
| 2021 | 302 | 0.04 | | 12.17 | | | | | | | 161 |
| 2022 | 319 | 0.04 | | 12.81 | | | | | | | 160 |
| 2023 | 338 | 0.04 | | 12.69 | | | | | | | 158 |
| 2024 | 358 | 0.05 | | 13.45 | | | | | | | 157 |
| 2025 | 379 | 0.05 | | 13.24 | | | | | | | 155 |
| 2026 | 402 | 0.05 | | 14.10 | | | | | | | 154 |
| 2027 | 425 | 0.06 | | 13.82 | | | | | | | 151 |
| 2028 | 450 | 0.06 | | 14.76 | | | | | | | 150 |
| 2029 | 477 | 0.06 | | 14.41 | | | | | | | 174 |
| 2030 | 505 | 0.07 | | 14.71 | | | | | | | 173 |
| 2031 | 535 | 0.07 | | 15.02 | | | | | | | 171 |
| 2032 | 566 | 0.07 | | 15.33 | | | | | | | 170 |
| 2033 | 600 | 0.08 | | 15.65 | | | | | | | 169 |

Condición de la carretera tramo Rondos – Santa Rosa. Alternativa: Alternativa Base

| Tramo: | | Rondos - Santa Rosa | | | | | | | | | |
|----------------------|------------|--|---------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|---------------------------|
| Alternativa: | | Solucion Basica | | | | | | | | | |
| Sensibilidad: | | No se realizó análisis de sensibilidad | | | | | | | | | |
| Tipo de superficie: | | No pavimentada | | | | | Tipo de carretera: Secondary or main | | | | |
| Longitud: | | 21.67 km | | | | | Ancho: 3.10 m | | | | |
| Valor promedio anual | | | | | | | | | | | |
| Año | TDPA TM | ESAL millones /ELANE | IRI ant. m/km | IRI prom. m/km | Agriet. estruct. total % | Despren- dimientos % | Rotura de borde m2 | Prof. de roderas mm | No. de baches | No. estruct. | Espesor de grava mm |
| 2014 | 202 | 0.03 | | 17.05 | | | | | | | 119 |
| 2015 | 214 | 0.03 | | 17.05 | | | | | | | 119 |
| 2016 | 226 | 0.03 | 2.72 | 2.61 | 0.00 | 0.00 | 1.81 | 2.07 | 0.00 | 4.19 | |
| 2017 | 240 | 0.03 | 2.85 | 2.78 | 0.00 | 0.00 | 2.86 | 2.32 | 0.00 | 4.19 | |
| 2018 | 254 | 0.03 | 2.99 | 2.92 | 0.00 | 0.00 | 4.02 | 2.58 | 0.00 | 4.19 | |
| 2019 | 269 | 0.04 | 3.13 | 3.06 | 0.00 | 0.00 | 5.33 | 2.83 | 0.00 | 4.19 | |
| 2020 | 285 | 0.04 | 3.28 | 3.21 | 0.00 | 0.00 | 6.80 | 3.09 | 0.00 | 4.19 | |
| 2021 | 302 | 0.04 | 3.44 | 3.36 | 0.00 | 0.00 | 8.45 | 3.35 | 0.00 | 4.19 | |
| 2022 | 319 | 0.04 | 3.60 | 3.52 | 0.00 | 0.00 | 10.30 | 3.61 | 0.00 | 4.19 | |
| 2023 | 338 | 0.04 | 3.77 | 3.69 | 0.00 | 0.00 | 12.37 | 3.88 | 0.00 | 4.19 | |
| 2024 | 358 | 0.05 | 3.95 | 3.86 | 0.00 | 0.50 | 14.69 | 4.14 | 0.00 | 4.19 | |
| 2025 | 379 | 0.05 | 4.16 | 4.06 | 1.31 | 0.31 | 8.65 | 2.20 | 0.00 | 4.27 | |
| 2026 | 402 | 0.05 | 2.94 | 2.87 | 0.00 | 0.00 | 2.92 | 0.26 | 0.00 | 4.35 | |
| 2027 | 425 | 0.06 | 3.08 | 3.01 | 0.00 | 0.00 | 6.20 | 0.52 | 0.00 | 4.35 | |
| 2028 | 450 | 0.06 | 3.24 | 3.16 | 0.00 | 0.00 | 9.88 | 0.78 | 0.00 | 4.35 | |
| 2029 | 477 | 0.06 | 3.39 | 3.32 | 0.00 | 0.00 | 14.00 | 1.04 | 0.00 | 4.35 | |
| 2030 | 505 | 0.07 | 3.56 | 3.48 | 0.00 | 0.00 | 18.62 | 1.31 | 0.00 | 4.35 | |
| 2031 | 535 | 0.07 | 3.73 | 3.65 | 0.00 | 0.00 | 23.81 | 1.57 | 0.00 | 4.35 | |
| 2032 | 566 | 0.07 | 3.91 | 3.82 | 0.00 | 0.00 | 29.62 | 1.84 | 0.00 | 4.35 | |
| 2033 | 600 | 0.08 | 4.10 | 4.01 | 0.00 | 0.00 | 18.07 | 1.05 | 0.00 | 4.42 | |

Condición de la carretera tramo Rondos – Santa Rosa. Alternativa: Solución básica

| Tramo: | | Santa Rosa - Queropalca | | | | | | | | | |
|----------------------|------------|--|---------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|---------------------------|
| Alternativa: | | Afirmado | | | | | | | | | |
| Sensibilidad: | | No se realizó análisis de sensibilidad | | | | | | | | | |
| Tipo de superficie: | | No pavimentada | | | | | Tipo de carretera: Secondary or main | | | | |
| Longitud: | | 18.80 km | | | | | Ancho: 3.70 m | | | | |
| Valor promedio anual | | | | | | | | | | | |
| Año | TDPA TM | ESAL millones /ELANE | IRI ant. m/km | IRI prom. m/km | Agriet. estruct. total % | Despren- dimientos % | Rotura de borde m2 | Prof. de roderas mm | No. de baches | No. estruct. | Espesor de grava mm |
| 2014 | 77 | 0.01 | | 8.87 | | | | | | | 129 |
| 2015 | 82 | 0.01 | | 8.87 | | | | | | | 114 |
| 2016 | 87 | 0.01 | | 4.70 | | | | | | | 139 |
| 2017 | 92 | 0.01 | | 8.05 | | | | | | | 178 |
| 2018 | 97 | 0.01 | | 7.31 | | | | | | | 156 |
| 2019 | 103 | 0.01 | | 7.43 | | | | | | | 167 |
| 2020 | 109 | 0.01 | | 8.38 | | | | | | | 177 |
| 2021 | 116 | 0.01 | | 7.79 | | | | | | | 154 |
| 2022 | 122 | 0.01 | | 7.94 | | | | | | | 165 |
| 2023 | 130 | 0.02 | | 8.76 | | | | | | | 176 |
| 2024 | 137 | 0.02 | | 8.34 | | | | | | | 151 |

Condición de la carretera tramo Santa Rosa - Queropalca. Alternativa: Afirmado

| | | |
|----------------------------|--|---|
| Tramo: | Santa Rosa - Queropalca | |
| Alternativa: | Afirmado | |
| Sensibilidad: | No se realizó análisis de sensibilidad | |
| Tipo de superficie: | No pavimentada | Tipo de carretera: Secondary or main |
| Longitud: | 18.80 km | Ancho: 3.70 m |

| Valor promedio anual | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------|----------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|---------------------------|
| Año | TDPA TM | ESAL millones /ELANE | IRI ant. m/km | IRI prom. m/km | Agriet. estruct. total % | Despren- dimientos % | Rotura de borde m2 | Prof. de roderas mm | No. de baches | No. estruct. | Espesor de grava mm |
| 2025 | 145 | 0.02 | | 8.51 | | | | | | | 163 |
| 2026 | 154 | 0.02 | | 9.19 | | | | | | | 174 |
| 2027 | 163 | 0.02 | | 8.94 | | | | | | | 174 |
| 2028 | 173 | 0.02 | | 9.51 | | | | | | | 173 |
| 2029 | 183 | 0.02 | | 9.38 | | | | | | | 172 |
| 2030 | 194 | 0.02 | | 9.86 | | | | | | | 171 |
| 2031 | 205 | 0.02 | | 9.84 | | | | | | | 171 |
| 2032 | 217 | 0.03 | | 10.22 | | | | | | | 170 |
| 2033 | 230 | 0.03 | | 10.33 | | | | | | | 169 |

Condición de la carretera tramo Santa Rosa - Queropalca. Alternativa: Afirmado

| | | |
|----------------------------|--|---|
| Tramo: | Santa Rosa - Queropalca | |
| Alternativa: | Alternativa Base | |
| Sensibilidad: | No se realizó análisis de sensibilidad | |
| Tipo de superficie: | No pavimentada | Tipo de carretera: Secondary or main |
| Longitud: | 18.80 km | Ancho: 3.70 m |

| Valor promedio anual | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------|----------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|---------------------------|
| Año | TDPA TM | ESAL millones /ELANE | IRI ant. m/km | IRI prom. m/km | Agriet. estruct. total % | Despren- dimientos % | Rotura de borde m2 | Prof. de roderas mm | No. de baches | No. estruct. | Espesor de grava mm |
| 2014 | 77 | 0.01 | | 8.87 | | | | | | | 164 |
| 2015 | 82 | 0.01 | | 8.17 | | | | | | | 178 |
| 2016 | 87 | 0.01 | | 7.45 | | | | | | | 156 |
| 2017 | 92 | 0.01 | | 7.58 | | | | | | | 167 |
| 2018 | 97 | 0.01 | | 8.51 | | | | | | | 177 |
| 2019 | 103 | 0.01 | | 7.95 | | | | | | | 154 |
| 2020 | 109 | 0.01 | | 8.10 | | | | | | | 165 |
| 2021 | 116 | 0.01 | | 8.90 | | | | | | | 176 |
| 2022 | 122 | 0.01 | | 8.51 | | | | | | | 151 |
| 2023 | 130 | 0.02 | | 8.69 | | | | | | | 163 |
| 2024 | 137 | 0.02 | | 9.34 | | | | | | | 174 |
| 2025 | 145 | 0.02 | | 9.13 | | | | | | | 174 |
| 2026 | 154 | 0.02 | | 9.67 | | | | | | | 173 |
| 2027 | 163 | 0.02 | | 9.58 | | | | | | | 172 |
| 2028 | 173 | 0.02 | | 10.03 | | | | | | | 171 |
| 2029 | 183 | 0.02 | | 10.07 | | | | | | | 171 |
| 2030 | 194 | 0.02 | | 10.41 | | | | | | | 170 |
| 2031 | 205 | 0.02 | | 10.58 | | | | | | | 169 |
| 2032 | 217 | 0.03 | | 10.83 | | | | | | | 168 |
| 2033 | 230 | 0.03 | | 11.12 | | | | | | | 167 |

Condición de la carretera tramo Santa Rosa - Queropalca. Alternativa: Alternativa base

| Tramo: | | Santa Rosa - Queropalca | | | | | | | | | |
|----------------------|------------|--|---------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|---------------------------|
| Alternativa: | | Solución Básica | | | | | | | | | |
| Sensibilidad: | | No se realizó análisis de sensibilidad | | | | | | | | | |
| Tipo de superficie: | | No pavimentada | | | | | Tipo de carretera: Secondary or main | | | | |
| Longitud: | | 18.80 km | | | | | Ancho: 3.70 m | | | | |
| Valor promedio anual | | | | | | | | | | | |
| Año | TDPA TM | ESAL millones /ELANE | IRI ant. m/km | IRI prom. m/km | Agriet. estruct. total % | Despren- dimientos % | Rotura de borde m2 | Prof. de roderas mm | No. de baches | No. estruct. | Espesor de grava mm |
| 2014 | 77 | 0.01 | | 13.98 | | | | | | | 129 |
| 2015 | 82 | 0.01 | | 13.98 | | | | | | | 129 |
| 2016 | 87 | 0.01 | 2.71 | 2.60 | 0.00 | 0.00 | 0.27 | 1.85 | 0.00 | 4.19 | |
| 2017 | 92 | 0.01 | 2.84 | 2.77 | 0.00 | 0.00 | 0.42 | 2.08 | 0.00 | 4.19 | |
| 2018 | 97 | 0.01 | 2.97 | 2.90 | 0.00 | 0.00 | 0.59 | 2.30 | 0.00 | 4.19 | |
| 2019 | 103 | 0.01 | 3.11 | 3.04 | 0.00 | 0.00 | 0.78 | 2.53 | 0.00 | 4.19 | |
| 2020 | 109 | 0.01 | 3.26 | 3.19 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 2.76 | 0.00 | 4.19 | |
| 2021 | 116 | 0.01 | 3.41 | 3.34 | 0.00 | 0.00 | 1.24 | 2.99 | 0.00 | 4.19 | |
| 2022 | 122 | 0.01 | 3.57 | 3.49 | 0.00 | 0.00 | 1.51 | 3.22 | 0.00 | 4.19 | |
| 2023 | 130 | 0.02 | 3.74 | 3.66 | 0.00 | 0.00 | 1.81 | 3.46 | 0.00 | 4.19 | |
| 2024 | 137 | 0.02 | 3.92 | 3.83 | 0.00 | 0.50 | 2.15 | 3.69 | 0.00 | 4.19 | |
| 2025 | 145 | 0.02 | 4.11 | 4.01 | 0.72 | 0.35 | 1.27 | 1.97 | 0.00 | 4.27 | |
| 2026 | 154 | 0.02 | 2.94 | 2.87 | 0.00 | 0.00 | 0.43 | 0.23 | 0.00 | 4.35 | |
| 2027 | 163 | 0.02 | 3.08 | 3.01 | 0.00 | 0.00 | 0.91 | 0.46 | 0.00 | 4.35 | |
| 2028 | 173 | 0.02 | 3.22 | 3.15 | 0.00 | 0.00 | 1.45 | 0.69 | 0.00 | 4.35 | |
| 2029 | 183 | 0.02 | 3.38 | 3.30 | 0.00 | 0.00 | 2.05 | 0.93 | 0.00 | 4.35 | |
| 2030 | 194 | 0.02 | 3.54 | 3.46 | 0.00 | 0.00 | 2.73 | 1.16 | 0.00 | 4.35 | |
| 2031 | 205 | 0.02 | 3.71 | 3.62 | 0.00 | 0.00 | 3.49 | 1.40 | 0.00 | 4.35 | |
| 2032 | 217 | 0.03 | 3.88 | 3.80 | 0.00 | 0.00 | 4.34 | 1.63 | 0.00 | 4.35 | |
| 2033 | 230 | 0.03 | 4.07 | 3.98 | 0.00 | 0.00 | 2.65 | 0.94 | 0.00 | 4.42 | |

Condición de la carretera tramo Santa Rosa - Queropalca. Alternativa: Solución básica

Cuadro N°25: Evolución de la condición de la carretera
Fuente: Elaboración propia

3.6. Tipo de conservación

Las técnicas de conservación, son elementos que han ido implementándose a medida de querer recuperar la infraestructura de la carretera tomando en cuenta las restricciones presupuestarias. A su vez estas dependen de condiciones tanto funcionales como estructurales, ya que ambas afectan al usuario; a modo de ejemplo, una carretera en afirmado puede estar en muy mal estado, lo que significa una pérdida considerable de capacidad estructural, sin embargo, el conductor podría sentir mayores molestias. Al contrario, una solución básica puede tener una excelente capacidad

estructural, pero aspectos como una deficiente rugosidad o escalonamiento en el caso de pavimentos flexible puede ser una solución más apropiada, lo cual se medirá por costos y el tipo de uso que tiene la carretera. Dado que las políticas de conservación dependerán directamente de las condiciones ya descritas, se han definido tres grandes grupos de conservación: construcción, mantenimiento y rehabilitación. A continuación, se muestra los estándares de mejora del plan vial.

| RED41 La Unión - Rondos Afirmado | | | |
|--|--------------------------------------|------------------------------------|------|
| Clave : RED41A | Tipo de operación: Modernización | Tipo de elemento: Calzada | |
| Clase de superficie: No pavimentada | Duración (años): 2 | | |
| — Diseño — | | | |
| Tipo de vel/cap: Vía de 2 carriles estándar OA | | Factor de ajuste de longitud: 0.95 | |
| Clase de accidentes: Two Lane Road | | Carriles adicionales TNM: 2 | |
| Tipo de pavimento: Grava | | o después del trabajo (m): 4.50 | |
| Tipo de carretera: Secondary or main | | Nueva construcción: 0.50 | |
| Modelo de tránsito: Inter-urban | | | |
| — Costos — | | | |
| Costo económico unitario: 66,110.00 | Costo financiero unitario: 83,684.00 | Unidades de los costos: km | |
| % flujo de costos, año 1: 50.00 | % flujo de costos, año 2: 50.00 | % flujo de costos, año 3: 0.00 | |
| % flujo de costos, año 4: 0.00 | % flujo de costos, año 5: 0.00 | | |
| Costo residual: 20.00 % | | | |
| — Costos unitarios de trabajos previos (por m2) — | | | |
| Econ. trat. superficial: 0.00 | Econ. reparaciones: 0.00 | Econ. reparación de borde: 0.00 | |
| Econ. sellado de grietas: 0.00 | Fin. trat. superficial: 0.00 | Fin. reparaciones: 0.00 | |
| Fin. reparación de borde: 0.00 | Fin. sellado de grietas: 0.00 | | |
| — Pavimento — | | | |
| Esp. superficial (mm): 100.00 | Metodo de compactación: Mecánica | | |
| MAT. SUPERFICIAL: | | | |
| Tamaño max partícula: 25.00 mm | % que pasa 2.00 m: 55.00 | | |
| Índice de plasticidad: 5.00 | % que pasa 0.425 mm: 35.00 | | |
| | % que pasa 0.075 mm: 12.00 | | |
| MAT. DE SUBRASANTE: | | | |
| Tamaño max. partícula: 0.00mm | % que pasa 2.00 mm: 0.00 | | |
| Índice de plasticidad: 0.00 | % que pasa 0.425 mm: 0.00 | | |
| | % que pasa 0.075 mm: 0.00 | | |
| — Construcción — | | | |
| Recarga existente: Yes | | 0.00 | 0.00 |
| Espesor de grava: 100.00 mm | | 0.00 | 0.00 |
| | | 0.00 | 0.00 |

Estándares de mejora del plan vial tramo La unión - Rondós
 Alternativa: Afirmado

RED41 La Unión - Rondos Afirmado

Clave : RED41A Tipo de operación: Modernización Tipo de elemento: Calzada
 Clase de superficie: No pavimentada Duración (años): 2

Geometría

Ascensos y descensos: 0.95 factor No. de asc. y desc.: 1.00 factor Curvatura: 0.70 factor
 Sobreelevación: 1.00 factor adral (m/s2): 0.10 Limite de vel. (km/h): 40.00
 Factor cumpl. vel. lím.: 1.10 XNMT: 1.00 XMT: 1.00
 XFRI: 1.00

Valuación de activos

| | Proporción del costo | Valor residual | Vida util | Proporción de los activos existentes a dar de baja | |
|-----------------------|----------------------|----------------|-----------|--|--------|
| Terreno y subrasante: | 0.00 % | 0.00 % | 0.00 años | | 0.00 % |
| Capas del pavimento | 100.00 % | 0.00 % | 0.00 años | | |
| Carriles TNM: | 0.00 % | 0.00 % | 0.00 años | | |

Estándares de mejora del plan vial tramo La unión - Rondós
 Alternativa: Afirmado

RED41 La Unión - Rondos Solucion Basica

Clave : RED41S Tipo de operación: Modernización Tipo de elemento: Calzada
 Clase de superficie: No pavimentada Duración (años): 2

Diseño

Tipo de vel/cap: Vía de 2 carriles estándar OA Factor de ajuste de longitud: 0.95
 Clase de accidentes: Two Lane Road Carriles adicionales TNM: 2
 Tipo de pavimento: STSB (Tratamiento superficial sobre base estabilizada) o después del trabajo (m) 4.50
 Tipo de carretera: Secondary or main Nueva construcción: 0.50
 Modelo de tránsito: Inter-urban

Costos

Costo económico unitario: 85,559.00 Costo financiero unitario: 108,303.00 Unidades de los costos: km
 % flujo de costos, año 1: 50.00 % flujo de costos, año 2: 50.00 % flujo de costos, año 3: 0.00
 % flujo de costos, año 4: 0.00 % flujo de costos, año 5: 0.00
 Costo residual: 20.00 %

Costos unitarios de trabajos previos (por m2)

Econ. trat. superficial: 0.00 Econ. reparaciones: 0.00 Econ. reparación de borde: 0.00
 Econ. sellado de grietas: 0.00 Fin. trat. superficial: 0.00 Fin. reparaciones: 0.00
 Fin. reparación de borde: 0.00 Fin. sellado de grietas: 0.00

Pavimento

Num estruct. est. seca: 2.72 Esp. capa superficial (mm): 20.00 Compactación relativa (%): 95.00
 Espesor de base (mm): 25.00 Módulo de la base: 15.00

Construcción - Indicadores de calidad

Superficie asfáltica, CDS: 1.00
 Base, CDB: 0.00

Construcción - Reencarpelado

Reencarpetar calzada existente No Esp. reencarpelado (mm): 150.00 mm
 coeficiente de resistencia: 0.40

Estándares de mejora del plan vial tramo La unión - Rondós
 Alternativa: Solución Básica

RED41 La Unión - Rondos Solución Basica

Clave: RED41S Tipo de operación: Modernización Tipo de elemento: Calzada
 Clase de superficie: No pavimentada Duración (años): 2

Geometría

Ascensos y descensos: 0.90 factor No. de asc. y desc.: 1.00 factor Curvatura: 0.60 factor
 Sobreelevación: 0.60 factor adral (m/s²): 0.10 Limite de vel. (km/h): 60.00
 Factor cumpl. vel. lim.: 1.00 XNMT: 1.00 XMT: 1.00
 XFR: 1.00

Valuación de activos

| | Proporción del costo | Valor residual | Vida util | Proporción de los activos existentes a dar de baja | |
|-----------------------|----------------------|----------------|-----------|--|--------|
| Terreno y subrasante: | 0.00 % | 0.00 % | 0.00 años | | 0.00 % |
| Capas del pavimento | 100.00 % | 0.00 % | 0.00 años | | |
| Carriles TNM: | 0.00 % | 0.00 % | 0.00 años | | |

Estándares de mejora del plan vial tramo La unión - Rondós
 Alternativa: Solución Básica

RED42 Rondos - Santa Rosa Afirmado

Clave: RED42A Tipo de operación: Modernización Tipo de elemento: Calzada
 Clase de superficie: No pavimentada Duración (años): 2

Diseño

Tipo de vel/cap: Vía de 2 carriles estándar OA Factor de ajuste de longitud: 0.95
 Clase de accidentes: Two Lane Road Carriles adicionales TNM: 2
 Tipo de pavimento: Grava o después del trabajo (m) 4.50
 Tipo de carretera: Secondary or main Nueva construcción: 0.50
 Modelo de tránsito: Inter-urban

Costos

Costo económico unitario: 66,110.00 Costo financiero unitario: 83,684.00 Unidades de los costos: km
 % flujo de costos, año 1: 50.00 % flujo de costos, año 2: 50.00 % flujo de costos, año 3: 0.00
 % flujo de costos, año 4: 0.00 % flujo de costos, año 5: 0.00
 Costo residual: 20.00 %

Costos unitarios de trabajos previos (por m²)

Econ. trat. superficial: 0.00 Econ. reparaciones: 0.00 Econ. reparación de borde: 0.00
 Econ. sellado de grietas: 0.00 Fin. trat. superficial: 0.00 Fin. reparaciones: 0.00
 Fin. reparación de borde: 0.00 Fin. sellado de grietas: 0.00

Pavimento

Esp. superficial (mm): 100.00 Metodo de compactación: Mecánica
 MAT. SUPERFICIAL:
 Tamaño max partícula: 25.00 mm % que pasa 2.00 m: 55.00
 Índice de plasticidad: 5.00 % que pasa 0.425 mm: 35.00
 % que pasa 0.075 mm: 12.00
 MAT. DE SUBRASANTE:
 Tamaño max. partícula: 0.00mm % que pasa 2.00 mm: 0.00
 Índice de plasticidad: 0.00 % que pasa 0.425 mm: 0.00
 % que pasa 0.075 mm: 0.00

Construcción

| | | | |
|-----------------------------|--|------|------|
| Recarga existente: Yes | | 0.00 | 0.00 |
| Espesor de grava: 100.00 mm | | 0.00 | 0.00 |
| | | 0.00 | 0.00 |

Estándares de mejora del plan vial tramo Rondós – Santa Rosa
 Alternativa: Afirmado

RED42 Rondos - Santa Rosa Afirmado

Clave: RED42A Tipo de operación: Modernización Tipo de elemento: Calzada
Clase de superficie: No pavimentada Duración (años): 2

Geometría

Ascensos y descensos: 0.95 factor No. de asc. y desc.: 1.00 factor Curvatura: 0.70 factor
Sobreelevación: 1.00 factor adral (m/s²): 0.10 Limite de vel. (km/h): 40.00
Factor cumpl. vel. lim.: 1.10 XNMT: 1.00 XMT: 1.00
XFRt: 1.00

Valuación de activos

| | Proporción del costo | Valor residual | Vida útil | Proporción de los activos existentes a dar de baja | |
|-----------------------|----------------------|----------------|-----------|--|--------|
| Terreno y subrasante: | 0.00 % | 0.00 % | 0.00 años | | 0.00 % |
| Capas del pavimento | 100.00 % | 0.00 % | 0.00 años | | |
| Carriles TNM: | 0.00 % | 0.00 % | 0.00 años | | |

Estándares de mejora del plan vial tramo Rondós – Santa Rosa
Alternativa: Afirmado

RED42 Rondos - Santa Rosa Solucion Basica

Clave: RED42S Tipo de operación: Modernización Tipo de elemento: Calzada
Clase de superficie: No pavimentada Duración (años): 2

Diseño

Tipo de vel/cap: Vía de 2 carriles estándar OA Factor de ajuste de longitud: 0.95
Clase de accidentes: Two Lane Road Carriles adicionales TNM: 2
Tipo de pavimento: STSB (Tratamiento superficial sobre base estabilizada) o después del trabajo (m) 4.50
Tipo de carretera: Secondary or main Nueva construcción: 0.50
Modelo de tránsito: Inter-urban

Costos

Costo económico unitario: 85,559.00 Costo financiero unitario: 108,303.00 Unidades de los costos: km
% flujo de costos, año 1: 50.00 % flujo de costos, año 2: 50.00 % flujo de costos, año 3: 0.00
% flujo de costos, año 4: 0.00 % flujo de costos, año 5: 0.00
Costo residual: 20.00 %

Costos unitarios de trabajos previos (por m²)

Econ. trat. superficial: 0.00 Econ. reparaciones: 0.00 Econ. reparación de borde: 0.00
Econ. sellado de grietas: 0.00 Fin. trat. superficial: 0.00 Fin. reparaciones: 0.00
Fin. reparación de borde: 0.00 Fin. sellado de grietas: 0.00

Pavimento

Num estruct. est. seca: 2.72 Esp. capa superficial (mm): 20.00 Compactación relativa (%): 95.00
Espesor de base (mm): 25.00 Módulo de la base: 15.00

Construcción - Indicadores de calidad

Superficie asfáltica, CDS 1.00
Base, CDB 0.00

Construcción - Reencarpelado

Reencarpetar calzada existente No Esp. reencarpelado (mm): 150.00 mm
coeficiente de resistencia: 0.40

Estándares de mejora del plan vial tramo Rondós – Santa Rosa
Alternativa: Solución Básica

RED42 Rondos - Santa Rosa Solucion Basica

Clave : RED42S Tipo de operación: Modernización Tipo de elemento: Calzada
 Clase de superficie: No pavimentada Duración (años): 2

Geometría

| | | | | | | | | |
|--------------------------|------|--------|----------------------------|------|--------|------------------------|-------|--------|
| Ascensos y descensos: | 0.90 | factor | No. de asc. y desc.: | 1.00 | factor | Curvatura: | 0.60 | factor |
| Sobreelevación | 0.60 | factor | adral (m/s ²): | 0.10 | | Limite de vel. (km/h): | 60.00 | |
| Factor cumpl. vel. lim.: | 1.00 | | XNMT: | 1.00 | | XMT: | 1.00 | |
| XFRI: | 1.00 | | | | | | | |

Valuación de activos

| | Proporción del costo | Valor residual | Vida útil | Proporción de los activos existentes a dar de baja |
|-----------------------|----------------------|----------------|-----------|--|
| Terreno y subrasante: | 0.00 % | 0.00 % | 0.00 años | 0.00 % |
| Capas del pavimento | 100.00 % | 0.00 % | 0.00 años | |
| Carriles TNM: | 0.00 % | 0.00 % | 0.00 años | |

Estándares de mejora del plan vial tramo Rondós – Santa Rosa
 Alternativa: Solución Básica

RED43 Santa Rosa - Queropalca Afirmado

Clave : RED43A Tipo de operación: Modernización Tipo de elemento: Calzada
 Clase de superficie: No pavimentada Duración (años): 2

Diseño

| | | | |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|------|
| Tipo de vel/cap: | Vía de 2 carriles estándar OA | Factor de ajuste de longitud: | 0.95 |
| Clase de accidentes: | Two Lane Road | Carriles adicionales TNM: | 2 |
| Tipo de pavimento: | Grava | o después del trabajo (m) | 4.50 |
| Tipo de carretera: | Secondary or main | Nueva construcción: | 0.50 |
| Modelo de tránsito: | Inter-urban | | |

Costos

| | | | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|---------------------------|------|
| Costo económico unitario: | 66,110.00 | Costo financiero unitario: | 83,684.00 | Unidades de los costos: | km |
| % flujo de costos, año 1: | 50.00 | % flujo de costos, año 2: | 50.00 | % flujo de costos, año 3: | 0.00 |
| % flujo de costos, año 4: | 0.00 | % flujo de costos, año 5: | 0.00 | | |
| Costo residual: | 20.00 % | | | | |

Costos unitarios de trabajos previos (por m²)

| | | | | | |
|---------------------------|------|--------------------------|------|----------------------------|------|
| Econ. trat. superficial: | 0.00 | Econ. reparaciones: | 0.00 | Econ. reparación de borde: | 0.00 |
| Econ. sellado de grietas: | 0.00 | Fin. trat. superficial: | 0.00 | Fin. reparaciones: | 0.00 |
| Fin. reparación de borde: | 0.00 | Fin. sellado de grietas: | 0.00 | | |

Pavimento

| | | | |
|------------------------|----------|-------------------------|----------|
| Esp. superficial (mm): | 100.00 | Metodo de compactación: | Mecánica |
| MAT. SUPERFICIAL: | | | |
| Tamaño max partícula: | 25.00 mm | % que pasa 2.00 m: | 55.00 |
| Índice de plasticidad: | 5.00 | % que pasa 0.425 mm: | 35.00 |
| | | % que pasa 0.075 mm: | 12.00 |
| MAT. DE SUBRASANTE: | | | |
| Tamaño max. partícula: | 0.00mm | % que pasa 2.00 mm: | 0.00 |
| Índice de plasticidad: | 0.00 | % que pasa 0.425 mm: | 0.00 |
| | | % que pasa 0.075 mm: | 0.00 |

Construcción

| | | | |
|--------------------|-----------|------|------|
| Recarga existente: | Yes | 0.00 | 0.00 |
| Espesor de grava: | 100.00 mm | 0.00 | 0.00 |
| | | 0.00 | 0.00 |

Estándares de mejora del plan vial tramo Santa Rosa - Queropalca
 Alternativa: Afirmado

RED43 Santa Rosa - Queropalca Afirmado

Clave : RED43A Tipo de operación: Modernización Tipo de elemento: Calzada
 Clase de superficie: No pavimentada Duración (años): 2

Geometría

| | | | | | | | | |
|--------------------------|------|--------|----------------------------|------|--------|------------------------|-------|--------|
| Ascensos y descensos: | 0.95 | factor | No. de asc. y desc.: | 1.00 | factor | Curvatura: | 0.70 | factor |
| Sobreelevación: | 1.00 | factor | adral (m/s ²): | 0.10 | | Limite de vel. (km/h): | 40.00 | |
| Factor cumpl. vel. lim.: | 1.10 | | XNMT: | 1.00 | | XMT: | 1.00 | |
| XFRI: | 1.00 | | | | | | | |

Valuación de activos

| | Proporción del costo | Valor residual | Vida util | Proporción de los activos existentes a dar de baja |
|-----------------------|----------------------|----------------|-----------|--|
| Terreno y subrasante: | 0.00 % | 0.00 % | 0.00 años | 0.00 % |
| Capas del pavimento | 100.00 % | 0.00 % | 0.00 años | |
| Carriles TNM: | 0.00 % | 0.00 % | 0.00 años | |

Estándares de mejora del plan vial tramo Santa Rosa - Queropalca
 Alternativa: Afirmado

RED43 Santa Rosa - Queropalca Solucion Basica

Clave : RED43S Tipo de operación: Modernización Tipo de elemento: Calzada
 Clase de superficie: No pavimentada Duración (años): 2

Diseño

| | | | |
|----------------------|--|-------------------------------|------|
| Tipo de vel/cap: | Vía de 2 carriles estándar OA | Factor de ajuste de longitud: | 0.95 |
| Clase de accidentes: | Two Lane Road | Carriles adicionales TNM: | 2 |
| Tipo de pavimento: | STSB (Tratamiento superficial sobre base estabilizada) | o después del trabajo (m) | 4.50 |
| Tipo de carretera: | Secondary or main | Nueva construcción: | 0.50 |
| Modelo de tránsito: | Inter-urban | | |

Costos

| | | | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|------------|---------------------------|------|
| Costo económico unitario: | 85,559.00 | Costo financiero unitario: | 108,303.00 | Unidades de los costos: | km |
| % flujo de costos, año 1: | 50.00 | % flujo de costos, año 2: | 50.00 | % flujo de costos, año 3: | 0.00 |
| % flujo de costos, año 4: | 0.00 | % flujo de costos, año 5: | 0.00 | | |
| Costo residual: | 20.00 % | | | | |

Costos unitarios de trabajos previos (por m²)

| | | | | | |
|---------------------------|------|--------------------------|------|----------------------------|------|
| Econ. trat. superficial: | 0.00 | Econ. reparaciones: | 0.00 | Econ. reparación de borde: | 0.00 |
| Econ. sellado de grietas: | 0.00 | Fin. trat. superficial: | 0.00 | Fin. reparaciones: | 0.00 |
| Fin. reparación de borde: | 0.00 | Fin. sellado de grietas: | 0.00 | | |

Pavimento

| | | | | | |
|-------------------------|-------|-----------------------------|-------|----------------------------|-------|
| Num estruct. est. seca: | 2.72 | Esp. capa superficial (mm): | 20.00 | Compactación relativa (%): | 95.00 |
| Espesor de base (mm): | 25.00 | Módulo de la base: | 15.00 | | |

Construcción - Indicadores de calidad

| | |
|---------------------------|------|
| Superficie asfáltica, CDS | 1.00 |
| Base, CDB | 0.00 |

Construcción - Reencarpetao

| | | | |
|--------------------------------|----|-----------------------------|-----------|
| Reencarpetar calzada existente | No | Esp. reencarpetao (mm): | 150.00 mm |
| | | coeficiente de resistencia: | 0.40 |

Estándares de mejora del plan vial tramo Santa Rosa - Queropalca
 Alternativa: Solución Básica

| RED43 Santa Rosa - Queropalca Solucion Basica | | | | | |
|---|------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------|--|
| Clave: RED43S | | Tipo de operación: Modernización | | Tipo de elemento: Calzada | |
| Clase de superficie: No pavimentada | | Duración (años): 2 | | | |
| Geometría | | | | | |
| Ascensos y descensos: | 0.90 | factor | No. de asc. y desc.: | 1.00 | factor |
| Sobreelevación: | 0.60 | factor | adral (m/s ²): | 0.10 | |
| Factor cumpl. vel. lim.: | 1.00 | | XNMT: | 1.00 | |
| XFRI: | 1.00 | | | | |
| | | | | Curvatura: | 0.60 factor |
| | | | | Limite de vel. (km/h): | 60.00 |
| | | | | XMT: | 1.00 |
| Valuación de activos | | | | | |
| | | Proporción del costo | Valor residual | Vida útil | |
| Terreno y subrasante: | | 0.00 % | 0.00 % | 0.00 años | Proporción de los activos existentes a dar de baja |
| Capas del pavimento: | | 100.00 % | 0.00 % | 0.00 años | |
| Carriles TNM: | | 0.00 % | 0.00 % | 0.00 años | |
| | | | | | 0.00 % |

Estándares de mejora del plan vial tramo Santa Rosa - Queropalca

Alternativa: Solución Básica

Cuadro N° 26: Tipos de conservación de la carretera

Fuente: Elaboración propia

3.7. Evaluación económica

Cada vez se hace mayor hincapié en los estudios de costos de caminos, debido a las reducidas sumas que se disponen tanto para construcción, mantenimiento o rehabilitación. También ha sido creciente el consenso entre los administradores de caminos, economistas e ingenieros, el principio general de minimizar el costo total de transporte, como base para determinar las políticas de construcción y de mantenimiento de caminos.

Tradicionalmente los préstamos de cualquier índole se han otorgado en función de las garantías ofrecidas por los receptores de dicho préstamo. En la actualidad se requiere de análisis mediante técnicas metodológicas de preparación y evaluación de proyectos, de esta forma se protege no solo al ente prestatario, sino que también al receptor del préstamo, quien es, en definitiva, quien debe responder con sus bienes. Así, la deuda se adquiere de acuerdo a un análisis que demuestre rentabilidad positiva. En un análisis económico se deben evaluar y considerar todos los costos asociados a cada

alternativa propuesta. Los análisis económicos en caminos pueden realizarse en dos momentos bien definidos.

Tanto para determinar factibilidades, como para elegir entre distintas alternativas de un proyecto, se deben tener en cuenta todos los costos, o flujos de dinero, involucrados a lo largo de toda su vida útil. Estos flujos pueden ser mayores o menores respecto a una alternativa que se toma como base. Los análisis de evaluación económica estudian la influencia del movimiento de estos flujos de dinero, y ayudan a seleccionar el plan de inversiones más conveniente, ya sea a nivel de red o a nivel de proyecto de un camino.

Los siguientes principios son extraídos de la ingeniería económica de caminos aplicada a la evaluación económica de caminos:

- a) Pre factibilidad, el cual consiste en el estudio a grandes rasgos de la situación actual, y las posibles soluciones a aplicar. Aquí se hace una recopilación total de antecedentes y se analizan todos los factores que influyen sobre el proyecto.
- b) El nivel de gestión donde se va a realizar la evaluación debe estar claramente definido. Es decir, si se va a trabajar a nivel de proyecto o a nivel de red, tal como se definió anteriormente.
- c) La evaluación económica realizada es una herramienta que nos ayudará a realizar la elección de una estrategia de inversión, la que

consideremos es más adecuada a nuestros intereses; en sí mismo esta evaluación no representa una decisión.

- d) La evaluación económica no tiene relación con el método o fuente de los recursos de financiamiento. Las fuentes no pueden limitar el número o factibilidad de proyectos, o limitar la cantidad de recursos para un proyecto en particular. Tampoco deben afectar la metodología o principios que rigen la evaluación económica en sí.
- e) Los criterios de aplicación para la decisión deben definirse antes de que los resultados de la evaluación sean aplicados.
- f) En una evaluación económica deben considerarse todas las alternativas posibles dentro del tiempo disponible para el análisis.

Esto incluye la comparación con la situación existente, y también con cada una de las restantes.
- g) Las comparaciones deben realizarse para el mismo periodo de tiempo. Aun cuando la vida útil de las alternativas consideradas pueda ser distintas. Para ello se deben complementar las soluciones en un menor plazo o acortar las de mayor plazo.
- h) Además de los costos de construcción y mantenimiento, en la evaluación deben incluirse los costos de operación y los beneficios esperados. A continuación, se muestra la evaluación económica de la carretera por tramos.

| Tramo: | | La Unión - Rondos | | | |
|-------------------------------|---------------------------|--|------------------|--|----------------|
| Alternativa: | | Afirmado | | | |
| Sensibilidad: | | No se realizó análisis de sensibilidad | | | |
| Clase de superficie: | | No pavimentada | | | |
| Longitud: | | 2.75km | | Tipo de carretera: Secondary or main Ancho: 3.40m | |
| Año | Descripción | Código | Costo económico | Costo financiero | Cantidad |
| 2014 | Perfilado | Per90 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| | RED43 Santa Rosa - Querop | RED43A | 86,356.2 | 109,312.2 | 2.61 km |
| 2015 | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| | RED43 Santa Rosa - Querop | RED43A | 86,356.2 | 109,312.2 | 2.61 km |
| 2016 | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| | Reposición de Grava | RG | 18,352.1 | 24,460.1 | 1,391.36 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2017 | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| 2018 | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| 2019 | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| | Reposición de Grava | RG | 8,711.7 | 11,611.2 | 660.48 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2020 | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| 2021 | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| 2022 | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| | Reposición de Grava | RG | 9,020.0 | 12,022.1 | 683.85 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2023 | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| 2024 | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| 2025 | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| | Reposición de Grava | RG | 9,386.2 | 12,510.2 | 711.61 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2026 | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| 2027 | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| 2028 | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| | Reposición de Grava | RG | 9,821.1 | 13,089.8 | 744.59 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2029 | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| 2030 | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| 2031 | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| | Reposición de Grava | RG | 10,337.6 | 13,778.2 | 783.74 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2032 | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| 2033 | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| Costo total del tramo: | | | 659,915.4 | 868,193.7 | |

Resumen de trabajos tramo la Unión – Rondos
Alternativa: Afirmado

| Tramo: | | La Unión - Rondos | | | |
|-------------------------------|-------------------------|--|------------------|--------------------------------------|--------------|
| Alternativa: | | Alternativa Base | | | |
| Sensibilidad: | | No se realizó análisis de sensibilidad | | | |
| Clase de superficie: | | No pavimentada | | Tipo de carretera: Secondary or main | |
| Longitud: | | 2.75km | | Ancho: 3.40m | |
| Año | Descripción | Código | Costo económico | Costo financiero | Cantidad |
| 2014 | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| | Reposición de Grava | RG | 8,446.3 | 11,257.4 | 640.35 cu. m |
| 2015 | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| 2016 | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| 2017 | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| | Reposición de Grava | RG | 6,983.2 | 9,307.4 | 529.43 cu. m |
| 2018 | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| 2019 | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| 2020 | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| | Reposición de Grava | RG | 7,229.3 | 9,635.4 | 548.09 cu. m |
| 2021 | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| 2022 | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| 2023 | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| | Reposición de Grava | RG | 7,521.6 | 10,024.9 | 570.25 cu. m |
| 2024 | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| 2025 | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| 2026 | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| | Reposición de Grava | RG | 7,868.7 | 10,487.6 | 596.56 cu. m |
| 2027 | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| 2028 | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| 2029 | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| | Reposición de Grava | RG | 8,280.9 | 11,037.0 | 627.82 cu. m |
| 2030 | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| 2031 | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| 2032 | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| | Reposición de Grava | RG | 8,770.5 | 11,689.6 | 664.94 cu. m |
| 2033 | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| Costo total del tramo: | | | 508,934.0 | 678,549.4 | |

Resumen de trabajos tramo la Unión – Rondos
Alternativa: Alternativa Base

| Tramo: | | La Unión - Rondos | | | |
|-------------------------------|---------------------------|--|------------------|--------------------------------------|-----------------|
| Alternativa: | | Solucion Basica | | | |
| Sensibilidad: | | No se realizó análisis de sensibilidad | | | |
| Clase de superficie: | | No pavimentada | | Tipo de carretera: Secondary or main | |
| Longitud: | | 2.75km | | Ancho: 3.40m | |
| Año | Descripción | Código | Costo económico | Costo financiero | Cantidad |
| 2014 | Rutinario | Rutsb | 9,570.0 | 12,760.0 | 2.75 km |
| | RED43 Santa Rosa - Querop | RED43S | 111,761.5 | 141,470.8 | 2.61 km |
| 2015 | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | RED43 Santa Rosa - Querop | RED43S | 111,761.5 | 141,470.8 | 2.61 km |
| 2016 | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| 2017 | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| 2018 | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| 2019 | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| 2020 | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| 2021 | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| 2022 | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| 2023 | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| 2024 | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| 2025 | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | Refuerzo con Mortero 20mm | RfT20 | 52,668.0 | 70,302.4 | 11,756.25 sq. m |
| | Prep. reparación de borde | | 0.0 | 0.0 | 1.81 sq. m |
| 2026 | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| 2027 | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| 2028 | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| 2029 | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| 2030 | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| 2031 | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| 2032 | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| 2033 | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | Refuerzo con Mortero 20mm | RfT20 | 52,668.0 | 70,302.4 | 11,756.25 sq. m |
| | Prep. reparación de borde | | 0.0 | 0.0 | 3.78 sq. m |
| Costo total del tramo: | | | 511,167.4 | 666,624.4 | |

Resumen de trabajos tramo la Unión – Rondos
 Alternativa: Solucion Basica

| Tramo: | | Rondos - Santa Rosa | | | |
|-------------------------------|---------------------------|--|--------------------|--------------------------------------|-----------------|
| Alternativa: | | Solucion Basica | | | |
| Sensibilidad: | | No se realizó análisis de sensibilidad | | | |
| Clase de superficie: | | No pavimentada | | Tipo de carretera: Secondary or main | |
| Longitud: | | 21.67km | | Ancho: 3.10m | |
| Año | Descripción | Código | Costo económico | Costo financiero | Cantidad |
| 2014 | Rutinario | Rutsb | 75,411.6 | 100,548.8 | 21.67 km |
| | RED42 Rondos - Santa Rosa | RED42S | 880,680.2 | 1,114,789.9 | 20.59 km |
| 2015 | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| | RED42 Rondos - Santa Rosa | RED42S | 880,680.2 | 1,114,789.9 | 20.59 km |
| 2016 | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| 2017 | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| 2018 | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| 2019 | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| 2020 | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| 2021 | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| 2022 | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| 2023 | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| 2024 | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| 2025 | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| | Refuerzo con Mortero 20mm | RfT20 | 415,023.8 | 553,982.7 | 92,639.25 sq. m |
| | Prep. reparación de borde | | 0.0 | 0.0 | 356.15 sq. m |
| 2026 | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| 2027 | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| 2028 | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| 2029 | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| 2030 | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| 2031 | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| 2032 | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| 2033 | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| | Refuerzo con Mortero 20mm | RfT20 | 415,023.8 | 553,982.7 | 92,639.25 sq. m |
| | Prep. reparación de borde | | 0.0 | 0.0 | 744.09 sq. m |
| Costo total del tramo: | | | 4,027,999.0 | 5,252,999.8 | |

Resumen de trabajos tramo Rondos – Santa Rosa
 Alternativa: Solucion Basica

| Tramo: | | Rondos - Santa Rosa | | | |
|-------------------------------|---------------------------|--|--------------------|--------------------------------------|-----------------|
| Alternativa: | | Afirmado | | | |
| Sensibilidad: | | No se realizó análisis de sensibilidad | | | |
| Clase de superficie: | | No pavimentada | | Tipo de carretera: Secondary or main | |
| Longitud: | | 21.67km | | Ancho: 3.10m | |
| Año | Descripción | Código | Costo económico | Costo financiero | Cantidad |
| 2014 | Perfilado | Per90 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| 2015 | RED42 Rondos - Santa Rosa | RED42A | 680,486.8 | 861,380.3 | 20.59 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| 2016 | RED42 Rondos - Santa Rosa | RED42A | 680,486.8 | 861,380.3 | 20.59 km |
| | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| 2017 | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | Reposición de Grava | RG | 160,039.4 | 213,305.0 | 12,133.39 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2018 | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| 2019 | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | Reposición de Grava | RG | 79,044.3 | 105,352.5 | 5,992.74 cu. m |
| 2020 | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| 2021 | Reposición de Grava | RG | 84,135.7 | 112,138.4 | 6,378.75 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| 2022 | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| 2023 | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | Reposición de Grava | RG | 89,845.6 | 119,748.7 | 6,811.64 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2024 | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| 2025 | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | Reposición de Grava | RG | 96,249.0 | 128,283.4 | 7,297.12 cu. m |
| 2026 | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| 2027 | Reposición de Grava | RG | 103,430.5 | 137,855.0 | 7,841.58 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| 2028 | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| 2029 | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | Reposición de Grava | RG | 111,484.3 | 148,589.4 | 8,452.18 cu. m |
| | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| 2030 | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | Reposición de Grava | RG | 120,516.5 | 160,627.7 | 9,136.96 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2031 | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | Reposición de Grava | RG | 63,983.2 | 85,278.6 | 4,850.89 cu. m |
| 2032 | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| 2033 | Reposición de Grava | RG | 66,662.7 | 88,850.0 | 5,054.04 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| 2033 | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | Reposición de Grava | RG | 69,500.4 | 92,632.1 | 5,269.17 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| Costo total del tramo: | | | 5,727,870.9 | 7,544,751.8 | |

Resumen de trabajos tramo Rondos – Santa Rosa
Alternativa: Afirmado

| Tramo: | | Rondos - Santa Rosa | | | |
|-------------------------------|-------------------------|--|--------------------|--------------------------------------|----------------|
| Alternativa: | | Alternativa Base | | | |
| Sensibilidad: | | No se realizó análisis de sensibilidad | | | |
| Clase de superficie: | | No pavimentada | | Tipo de carretera: Secondary or main | |
| Longitud: | | 21.67km | | Ancho: 3.10m | |
| Año | Descripción | Código | Costo económico | Costo financiero | Cantidad |
| 2014 | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | Reposición de Grava | RG | 71,874.0 | 95,795.7 | 5,449.13 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2015 | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| 2016 | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| | Reposición de Grava | RG | 57,666.1 | 76,859.0 | 4,371.96 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2017 | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| 2018 | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | Reposición de Grava | RG | 61,371.2 | 81,797.3 | 4,652.86 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2019 | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| 2020 | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | Reposición de Grava | RG | 65,526.4 | 87,335.5 | 4,967.89 cu. m |
| | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| 2021 | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| 2022 | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| | Reposición de Grava | RG | 70,186.5 | 93,546.5 | 5,321.19 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2023 | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| 2024 | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | Reposición de Grava | RG | 75,412.5 | 100,511.9 | 5,717.40 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2025 | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| 2026 | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | Reposición de Grava | RG | 81,273.5 | 108,323.6 | 6,161.75 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2027 | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| 2028 | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | Reposición de Grava | RG | 87,846.5 | 117,094.2 | 6,660.08 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2029 | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | Reposición de Grava | RG | 46,634.0 | 62,155.1 | 3,535.56 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2030 | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | Reposición de Grava | RG | 48,584.0 | 64,754.1 | 3,683.39 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2031 | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | Reposición de Grava | RG | 50,649.0 | 67,506.4 | 3,839.96 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2032 | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | Reposición de Grava | RG | 52,835.9 | 70,421.2 | 4,005.75 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2033 | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | Reposición de Grava | RG | 55,151.8 | 73,507.8 | 4,181.33 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 751.80 cu. m |
| Costo total del tramo: | | | 4,401,220.2 | 5,867,865.0 | |

Resumen de trabajos tramo Rondos – Santa Rosa
Alternativa: Alternativa Base

| Tramo: | | Santa Rosa - Queropalca | | | |
|-------------------------------|---------------------------|--|--------------------|--------------------------------------|----------------|
| Alternativa: | | Afirmado | | | |
| Sensibilidad: | | No se realizó análisis de sensibilidad | | | |
| Clase de superficie: | | No pavimentada | | Tipo de carretera: Secondary or main | |
| Longitud: | | 18.80km | | Ancho: 3.70m | |
| Año | Descripción | Código | Costo económico | Costo financiero | Cantidad |
| 2014 | Perfilado | Per90 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| | RED41 La Unión - Rondos A | RED41A | 590,362.3 | 747,298.1 | 17.86 km |
| 2015 | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| | RED41 La Unión - Rondos A | RED41A | 590,362.3 | 747,298.1 | 17.86 km |
| 2016 | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| | Reposición de Grava | RG | 128,528.1 | 171,305.8 | 9,744.36 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2017 | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| 2018 | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| 2019 | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| | Reposición de Grava | RG | 69,853.0 | 93,102.0 | 5,295.90 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2020 | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| 2021 | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| 2022 | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| | Reposición de Grava | RG | 73,892.9 | 98,486.6 | 5,602.19 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2023 | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| 2024 | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| 2025 | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| | Reposición de Grava | RG | 78,691.1 | 104,881.6 | 5,965.96 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2026 | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| 2027 | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| | Reposición de Grava | RG | 55,564.3 | 74,057.7 | 4,212.61 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2028 | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| 2029 | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| | Reposición de Grava | RG | 58,400.8 | 77,838.2 | 4,427.65 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2030 | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| 2031 | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| | Reposición de Grava | RG | 61,581.8 | 82,077.9 | 4,668.82 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2032 | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| 2033 | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| | Reposición de Grava | RG | 65,149.2 | 86,832.7 | 4,939.29 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| Costo total del tramo: | | | 4,654,421.0 | 6,125,883.1 | |

Resumen de trabajos tramo Santa Rosa - Queropalca
Alternativa: Afirmado

| Tramo: | | Santa Rosa - Queropalca | | | |
|-------------------------------|-------------------------|--|--------------------|--------------------------------------|----------------|
| Alternativa: | | Alternativa Base | | | |
| Sensibilidad: | | No se realizó análisis de sensibilidad | | | |
| Clase de superficie: | | No pavimentada | | Tipo de carretera: Secondary or main | |
| Longitud: | | 18.80km | | Ancho: 3.70m | |
| Año | Descripción | Código | Costo económico | Costo financiero | Cantidad |
| 2014 | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| | Reposición de Grava | RG | 65,492.0 | 87,289.6 | 4,965.28 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2015 | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| 2016 | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| 2017 | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| | Reposición de Grava | RG | 60,895.5 | 81,163.2 | 4,616.79 cu. m |
| 2018 | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| 2019 | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| 2020 | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| | Reposición de Grava | RG | 64,404.6 | 85,840.2 | 4,882.83 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2021 | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| 2022 | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| 2023 | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| | Reposición de Grava | RG | 68,572.1 | 91,394.8 | 5,198.79 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2024 | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| 2025 | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| | Reposición de Grava | RG | 48,410.5 | 64,522.8 | 3,670.24 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2026 | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| 2027 | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| | Reposición de Grava | RG | 50,874.1 | 67,806.5 | 3,857.02 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2028 | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| 2029 | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| | Reposición de Grava | RG | 53,637.1 | 71,489.0 | 4,066.49 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2030 | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| 2031 | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| | Reposición de Grava | RG | 56,735.7 | 75,618.9 | 4,301.42 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| 2032 | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| 2033 | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| | Reposición de Grava | RG | 60,210.7 | 80,250.5 | 4,564.87 cu. m |
| | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| Costo total del tramo: | | | 3,631,803.6 | 4,842,127.0 | |

Resumen de trabajos tramo Santa Rosa - Queropalca
Alternativa: Alternativa Base

| Tramo: | | Santa Rosa - Queropalca | | | |
|-------------------------------|---------------------------|--|--------------------|--------------------------------------|-----------------|
| Alternativa: | | Solucion Basica | | | |
| Sensibilidad: | | No se realizó análisis de sensibilidad | | | |
| Clase de superficie: | | No pavimentada | | Tipo de carretera: Secondary or main | |
| Longitud: | | 18.80km | | Ancho: 3.70m | |
| Año | Descripción | Código | Costo económico | Costo financiero | Cantidad |
| 2014 | Rutinario | Rutsb | 65,424.0 | 87,232.0 | 18.80 km |
| | RED41 La Unión - Rondos S | RED41S | 764,041.8 | 967,145.8 | 17.86 km |
| 2015 | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | RED41 La Unión - Rondos S | RED41S | 764,041.8 | 967,145.8 | 17.86 km |
| 2016 | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| 2017 | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| 2018 | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| 2019 | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| 2020 | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| 2021 | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| 2022 | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| 2023 | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| 2024 | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| 2025 | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | Refuerzo con Mortero 20mm | RfT20 | 360,057.6 | 480,612.6 | 80,369.99 sq. m |
| | Prep. reparación de borde | | 0.0 | 0.0 | 45.31 sq. m |
| 2026 | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| 2027 | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| 2028 | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| 2029 | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| 2030 | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| 2031 | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| 2032 | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| 2033 | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | Refuerzo con Mortero 20mm | RfT20 | 360,057.6 | 480,612.6 | 80,369.99 sq. m |
| | Prep. reparación de borde | | 0.0 | 0.0 | 94.65 sq. m |
| Costo total del tramo: | | | 3,494,525.9 | 4,557,286.0 | |

Resumen de trabajos tramo Santa Rosa - Queropalca
 Alternativa: Alternativa Base

Cuadro N° 27: Evolución económica de la carretera por tramos
Fuente: Elaboración propia

Resumen de evaluación económica por año:

Se muestra el resumen de trabajos realizados por cada año del 2014 al 2033 según el tramo y alternativa de conservación correspondiente.

| Alternativa: Afirmado | | Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad | | | | |
|---------------------------|-----------------|--|--------|--------------------|--------------------|----------|
| Año | Tramo | Descripción de los trabajos | Código | Costo económico | Costo financiero | Cantidad |
| 2014 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per90 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| | | RED41 La Unión - Rondos | RED41A | 590,362.3 | 747,298.1 | 17.86 km |
| Rondos - Santa F | Perfilado | Per90 | Per90 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | | RED42 Rondos - Santa R | RED42A | 680,486.8 | 861,380.3 | 20.59 km |
| La Unión - Rond | Perfilado | Per90 | Per90 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| | | RED43 Santa Rosa - Quer | RED43A | 86,356.2 | 109,312.2 | 2.61 km |
| Costo total anual: | | | | 1,713,835.9 | 2,193,497.0 | |

Resumen de trabajos por año
 Alternativa: Afirmado

Alternativa: Afirmado

Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad

| Año | Tramo | Descripción de los trabajos | Código | Costo económico | Costo financiero | Cantidad |
|--------------------|--------------------|-----------------------------|--------|-----------------|------------------|-----------------|
| 2015 | Santa Rosa - Qu | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| | | RED41 La Unión - Rondos | RED41A | 590,362.3 | 747,298.1 | 17.86 km |
| | Rondos - Santa F | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | | RED42 Rondos - Santa R | RED42A | 680,486.8 | 861,380.3 | 20.59 km |
| | La Unión - Rond | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| | | RED43 Santa Rosa - Quer | RED43A | 86,356.2 | 109,312.2 | 2.61 km |
| Costo total anual: | | | | 1,527,805.3 | 1,945,457.5 | |
| 2016 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| | | Reposición de Grava | RG | 128,528.1 | 171,305.8 | 9,744.36 cu. m |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | | Reposición de Grava | RG | 160,039.4 | 213,305.0 | 12,133.39 cu. m |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | La Unión - Rond | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| | | Reposición de Grava | RG | 18,352.1 | 24,460.1 | 1,391.36 cu. m |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| Costo total anual: | | | | 645,718.7 | 860,802.0 | |
| 2017 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | La Unión - Rond | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| Costo total anual: | | | | 338,799.2 | 451,731.1 | |
| 2018 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | | Reposición de Grava | RG | 79,044.3 | 105,352.5 | 5,992.74 cu. m |
| | La Unión - Rond | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| Costo total anual: | | | | 417,843.5 | 557,083.5 | |
| 2019 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| | | Reposición de Grava | RG | 69,853.0 | 93,102.0 | 5,295.90 cu. m |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | La Unión - Rond | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| | | Reposición de Grava | RG | 8,711.7 | 11,611.2 | 660.48 cu. m |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | Costo total anual: | | | | 417,363.8 | 556,444.2 |
| 2020 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | | Reposición de Grava | RG | 84,135.7 | 112,138.4 | 6,378.75 cu. m |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | La Unión - Rond | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| Costo total anual: | | | | 422,934.8 | 563,869.5 | |

Resumen de trabajos por año

Alternativa: Afirmado

| Alternativa: Afirmado | | | | | | |
|--|------------------|-----------------------------|--------|------------------|------------------|----------------|
| Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad | | | | | | |
| Año | Tramo | Descripción de los trabajos | Código | Costo económico | Costo financiero | Cantidad |
| 2021 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | La Unión - Rond | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 338,799.2 | 451,731.1 | |
| 2022 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| | | Reposición de Grava | RG | 73,892.9 | 98,486.6 | 5,602.19 cu. m |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | | Reposición de Grava | RG | 89,845.6 | 119,748.7 | 6,811.64 cu. m |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | La Unión - Rond | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| | | Reposición de Grava | RG | 9,020.0 | 12,022.1 | 683.85 cu. m |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 511,557.7 | 681,988.4 | |
| 2023 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | La Unión - Rond | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 338,799.2 | 451,731.1 | |
| 2024 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | | Reposición de Grava | RG | 96,249.0 | 128,283.4 | 7,297.12 cu. m |
| | La Unión - Rond | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 435,048.2 | 580,014.5 | |
| 2025 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| | | Reposición de Grava | RG | 78,691.1 | 104,881.6 | 5,965.96 cu. m |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | La Unión - Rond | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| | | Reposición de Grava | RG | 9,386.2 | 12,510.2 | 711.61 cu. m |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 426,876.4 | 569,122.9 | |
| 2026 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km |
| | | Reposición de Grava | RG | 103,430.5 | 137,855.0 | 7,841.59 cu. m |
| | La Unión - Rond | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m |
| | | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 442,229.6 | 589,586.1 | |

Resumen de trabajos por año
Alternativa: Afirmado

Alternativa: Afirmado

Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad

| Año | Tramo | Descripción de los trabajos | Código | Costo económico | Costo financiero | Cantidad | |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 2027 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 55,564.3 | 74,057.7 | 4,212.61 cu. m | |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | Rondos - Santa f | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km | |
| | La Unión - Rondc | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km | |
| | <i>Costo total anual:</i> | | | | 394,363.5 | 525,788.8 | |
| | 2028 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| Mantenimiento Rutinario | | | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km | |
| Reposición de Grava | | | RG | 111,484.3 | 148,589.4 | 8,452.18 cu. m | |
| Prep. recargas aisladas | | | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| Rondos - Santa f | | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km | |
| La Unión - Rondc | | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 9,821.1 | 13,089.8 | 744.59 cu. m | |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 460,104.5 | 613,410.3 | | |
| 2029 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 58,400.8 | 77,838.2 | 4,427.65 cu. m | |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | Rondos - Santa f | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km | |
| | La Unión - Rondc | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km | |
| | <i>Costo total anual:</i> | | | | 397,199.9 | 529,569.3 | |
| | 2030 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| Mantenimiento Rutinario | | | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km | |
| Reposición de Grava | | | RG | 120,516.5 | 160,627.7 | 9,136.96 cu. m | |
| Prep. recargas aisladas | | | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| Rondos - Santa f | | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km | |
| La Unión - Rondc | | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km | |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 459,315.6 | 612,358.8 | | |
| 2031 | | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| | Mantenimiento Rutinario | | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km | |
| | Reposición de Grava | | RG | 61,581.8 | 82,077.9 | 4,668.82 cu. m | |
| | Prep. recargas aisladas | | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | Rondos - Santa f | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 63,983.2 | 85,278.6 | 4,850.89 cu. m | |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | La Unión - Rondc | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 10,337.6 | 13,778.2 | 783.74 cu. m | |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | | <i>Costo total anual:</i> | | | | 474,701.7 | 632,865.8 |

Resumen de trabajos por año
Alternativa: Afirmado

| Alternativa: Afirmado | | | | | | | |
|---|------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|----------|
| Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad | | | | | | | |
| Año | Tramo | Descripción de los trabajos | Código | Costo económico | Costo financiero | Cantidad | |
| 2032 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km | |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 66,662.7 | 88,850.0 | 5,054.04 cu. m | |
| | | | Prep. recargas aisladas | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | La Unión - Rond | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km | |
| | | | Costo total anual: | | 405,461.9 | 540,581.1 | |
| | 2033 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per90 | 73,163.8 | 97,551.3 | 71.44 km |
| Mantenimiento Rutinario | | | MR | 74,208.3 | 98,944.4 | 17.86 km | |
| Reposición de Grava | | | RG | 65,149.2 | 86,832.7 | 4,939.29 cu. m | |
| Prep. recargas aisladas | | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | | |
| Rondos - Santa F | | Perfilado | Per90 | 84,333.0 | 112,443.5 | 82.35 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 85,536.9 | 114,049.2 | 20.59 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 69,500.4 | 92,632.1 | 5,269.17 cu. m | |
| | | Prep. recargas aisladas | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | | |
| La Unión - Rond | | Perfilado | Per90 | 10,702.2 | 14,269.5 | 10.45 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 10,854.9 | 14,473.3 | 2.61 km | |
| | | | Costo total anual: | | 473,448.8 | 631,195.9 | |
| | | | Costo total por alternativa: | | 11,042,207.2 | 14,538,828.6 | |

Resumen de trabajos por año

Alternativa: Afirmado

| Alternativa: Alternativa Base | | | | | | |
|---|------------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------|------------------|
| Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad | | | | | | |
| Año | Tramo | Descripción de los trabajos | Código | Costo económico | Costo financiero | Cantidad |
| 2014 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| | | Reposición de Grava | RG | 65,492.0 | 87,289.6 | 4,965.28 cu. m |
| | | Prep. recargas aisladas | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | | Reposición de Grava | RG | 71,874.0 | 95,795.7 | 5,449.13 cu. m |
| | | Prep. recargas aisladas | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | La Unión - Rond | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| Reposición de Grava | | RG | 8,446.3 | 11,257.4 | 640.35 cu. m | |
| Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | | |
| | | Costo total anual: | | 502,443.0 | 669,849.2 | |
| 2015 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | La Unión - Rond | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| | | Costo total anual: | | 356,630.7 | 475,506.4 | |
| 2016 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km |
| | | Reposición de Grava | RG | 57,666.1 | 78,859.0 | 4,371.96 cu. m |
| | | Prep. recargas aisladas | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | La Unión - Rond | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| | | | Costo total anual: | | 414,296.8 | 552,365.4 |

Resumen de trabajos por año

Alternativa: Alternativa Base

Alternativa: Alternativa Base

Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad

| Año | Tramo | Descripción de los trabajos | Código | Costo económico | Costo financiero | Cantidad | |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------|------------------|------------------|----------|
| 2017 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 60,895.5 | 81,163.2 | 4,616.79 cu. m | |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km | |
| | La Unión - Rond | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 6,983.2 | 9,307.4 | 529.43 cu. m | |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| Costo total anual: | | | | 424,509.4 | 565,977.1 | | |
| 2018 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km | |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 61,371.2 | 81,797.3 | 4,652.86 cu. m | |
| | Prep. recargas aisladas | | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | | La Unión - Rond | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | | | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| | Costo total anual: | | | | 418,001.9 | 557,303.7 | |
| | 2019 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| Mantenimiento Rutinario | | | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km | |
| Rondos - Santa F | | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km | |
| La Unión - Rond | | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km | |
| Costo total anual: | | | | 356,630.7 | 475,506.4 | | |
| 2020 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 64,404.6 | 85,840.2 | 4,882.83 cu. m | |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 65,526.4 | 87,335.5 | 4,967.89 cu. m | |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | La Unión - Rond | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 7,229.3 | 9,635.4 | 548.09 cu. m | |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | Costo total anual: | | | | 493,791.0 | 658,317.5 | |
| 2021 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km | |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km | |
| | La Unión - Rond | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km | |
| | Costo total anual: | | | | 356,630.7 | 475,506.4 | |
| 2022 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km | |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 70,186.5 | 93,546.5 | 5,321.19 cu. m | |
| | Prep. recargas aisladas | | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | | La Unión - Rond | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km |
| | | | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km |
| | Costo total anual: | | | | 426,817.1 | 569,052.9 | |

Resumen de trabajos por año
Alternativa: Alternativa Base

Alternativa: Alternativa Base

Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad

| Año | Tramo | Descripción de los trabajos | Código | Costo económico | Costo financiero | Cantidad | |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|
| 2023 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 68,572.1 | 91,394.8 | 5,198.79 cu. m | |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km | |
| | La Unión - Rond | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 7,521.6 | 10,024.9 | 570.25 cu. m | |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | <i>Costo total anual:</i> | | | | 432,724.3 | 576,926.1 | |
| | 2024 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| Mantenimiento Rutinario | | | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km | |
| Reposición de Grava | | | RG | 48,410.5 | 64,522.8 | 3,670.24 cu. m | |
| Prep. recargas aisladas | | | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| Rondos - Santa F | | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 75,412.5 | 100,511.9 | 5,717.40 cu. m | |
| La Unión - Rond | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km | |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 432,043.2 | 576,018.4 | | |
| 2025 | | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km | |
| | Reposición de Grava | | RG | 48,410.5 | 64,522.8 | 3,670.24 cu. m | |
| | Prep. recargas aisladas | | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km | |
| | La Unión - Rond | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km | |
| | | | | | | | |
| | <i>Costo total anual:</i> | | | | 405,041.2 | 540,029.2 | |
| | 2026 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | | | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| Reposición de Grava | | | RG | 81,273.5 | 108,323.6 | 6,161.75 cu. m | |
| Prep. recargas aisladas | | | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| Rondos - Santa F | | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 81,273.5 | 108,323.6 | 6,161.75 cu. m | |
| La Unión - Rond | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 7,868.7 | 10,487.6 | 596.56 cu. m | |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 445,772.9 | 594,317.6 | | |
| 2027 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 50,874.1 | 67,806.5 | 3,857.02 cu. m | |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km | |
| | La Unión - Rond | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km | |
| | <i>Costo total anual:</i> | | | | 407,504.8 | 543,312.9 | |
| | 2028 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | | | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| | | | Reposición de Grava | RG | 87,846.5 | 117,084.2 | 6,660.08 cu. m |
| Prep. recargas aisladas | | | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| Rondos - Santa F | | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 87,846.5 | 117,084.2 | 6,660.08 cu. m | |
| La Unión - Rond | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km | |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 444,477.2 | 592,590.7 | | |

Resumen de trabajos por año
Alternativa: Alternativa Base

Alternativa: Alternativa Base

Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad

| Año | Tramo | Descripción de los trabajos | Código | Costo económico | Costo financiero | Cantidad | |
|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------------|
| 2029 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 53,637.1 | 71,489.0 | 4,066.49 cu. m | |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 46,634.0 | 62,155.1 | 3,535.56 cu. m | |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | La Unión - Rondc | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 8,280.9 | 11,037.0 | 627.82 cu. m | |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | <i>Costo total anual:</i> | | | | 465,182.7 | 620,187.5 | |
| 2030 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km | |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 48,584.0 | 64,754.1 | 3,683.39 cu. m | |
| | La Unión - Rondc | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km | |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | <i>Costo total anual:</i> | | | | 405,214.7 | 540,260.5 | |
| | 2031 | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| Mantenimiento Rutinario | | | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km | |
| Reposición de Grava | | | RG | 56,735.7 | 75,618.9 | 4,301.42 cu. m | |
| Prep. recargas aisladas | | | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| Rondos - Santa F | | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 50,649.0 | 67,506.4 | 3,839.96 cu. m | |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| La Unión - Rondc | | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km | |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 464,015.4 | 618,631.7 | | |
| 2032 | | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | | | Mantenimiento Rutinario | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 52,835.9 | 70,421.2 | 4,005.75 cu. m | |
| | La Unión - Rondc | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 8,770.5 | 11,689.6 | 664.94 cu. m | |
| | Prep. recargas aisladas | | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | | <i>Costo total anual:</i> | | | | 418,237.1 | 557,617.2 |
| 2033 | | Santa Rosa - Qu | Perfilado | Per180 | 77,014.6 | 102,685.6 | 75.20 km |
| | Mantenimiento Rutinario | | MR | 78,114.0 | 104,152.0 | 18.80 km | |
| | Reposición de Grava | | RG | 60,210.7 | 80,250.5 | 4,564.87 cu. m | |
| | Prep. recargas aisladas | | | 0.0 | 0.0 | 0.00 cu. m | |
| | Rondos - Santa F | Perfilado | Per180 | 88,771.6 | 118,361.5 | 86.68 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 90,038.9 | 120,051.8 | 21.67 km | |
| | | Reposición de Grava | RG | 55,151.8 | 73,507.8 | 4,181.33 cu. m | |
| | | Prep. recargas aisladas | | 0.0 | 0.0 | 751.80 cu. m | |
| | La Unión - Rondc | Perfilado | Per180 | 11,265.4 | 15,020.5 | 11.00 km | |
| | | Mantenimiento Rutinario | MR | 11,426.3 | 15,235.0 | 2.75 km | |
| | <i>Costo total anual:</i> | | | | 471,993.2 | 629,264.7 | |
| | <i>Costo total por alternativa:</i> | | | | 8,541,957.8 | 11,388,541.4 | |

Resumen de trabajos por año

Alternativa: Alternativa Base

Alternativa: Solucion Basica

Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad

| Año | Tramo | Descripción de los trabajos | Código | Costo económico | Costo financiero | Cantidad |
|---------------------------|------------------|-----------------------------|--------|--------------------|--------------------|----------|
| 2014 | Santa Rosa - Qu | Rutinario | Rutsb | 65,424.0 | 87,232.0 | 18.80 km |
| | | RED41 La Unión - Rondos | RED41S | 764,041.8 | 967,145.8 | 17.86 km |
| | La Unión - Rondc | Rutinario | Rutsb | 9,570.0 | 12,780.0 | 2.75 km |
| | | RED43 Santa Rosa - Quer | RED43S | 111,761.5 | 141,470.8 | 2.61 km |
| | Rondos - Santa F | Rutinario | Rutsb | 75,411.6 | 100,548.8 | 21.67 km |
| | | RED42 Rondos - Santa Rc | RED42S | 880,680.2 | 1,114,789.9 | 20.59 km |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 1,906,889.1 | 2,423,947.2 | |
| 2015 | Santa Rosa - Qu | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | | RED41 La Unión - Rondos | RED41S | 764,041.8 | 967,145.8 | 17.86 km |
| | La Unión - Rondc | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | | RED43 Santa Rosa - Quer | RED43S | 111,761.5 | 141,470.8 | 2.61 km |
| | Rondos - Santa F | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| | | RED42 Rondos - Santa Rc | RED42S | 880,680.2 | 1,114,789.9 | 20.59 km |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 1,899,368.8 | 2,413,920.2 | |
| 2016 | Santa Rosa - Qu | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | La Unión - Rondc | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | Rondos - Santa F | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 142,885.3 | 190,513.8 | |
| 2017 | Santa Rosa - Qu | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | La Unión - Rondc | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | Rondos - Santa F | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 142,885.3 | 190,513.8 | |
| 2018 | Santa Rosa - Qu | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | La Unión - Rondc | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | Rondos - Santa F | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 142,885.3 | 190,513.8 | |
| 2019 | Santa Rosa - Qu | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | La Unión - Rondc | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | Rondos - Santa F | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 142,885.3 | 190,513.8 | |
| 2020 | Santa Rosa - Qu | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | La Unión - Rondc | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | Rondos - Santa F | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 142,885.3 | 190,513.8 | |
| 2021 | Santa Rosa - Qu | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | La Unión - Rondc | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | Rondos - Santa F | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 142,885.3 | 190,513.8 | |
| 2022 | Santa Rosa - Qu | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | La Unión - Rondc | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | Rondos - Santa F | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 142,885.3 | 190,513.8 | |
| 2023 | La Unión - Rondc | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | Santa Rosa - Qu | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | Rondos - Santa F | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 142,885.3 | 190,513.8 | |
| 2024 | La Unión - Rondc | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | Santa Rosa - Qu | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | Rondos - Santa F | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 142,885.3 | 190,513.8 | |

Resumen de trabajos por año

Alternativa: Solucion Basica

Alternativa: Solucion Basica

Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad

| Año | Tramo | Descripción de los trabajos | Código | Costo económico | Costo financiero | Cantidad |
|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------|--------------------|---------------------|--------------------|
| 2025 | La Unión - Rondc | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | | Refuerzo con Mortero 20m | RfT20 | 52,668.0 | 70,302.4 | 11,756.25 sq. m |
| | | Prep. reparación de borde | | 0.0 | 0.0 | 1.81 sq. m |
| | Santa Rosa - Qu | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | | Refuerzo con Mortero 20m | RfT20 | 360,057.6 | 480,612.6 | 80,369.99 sq. m |
| | | Prep. reparación de borde | | 0.0 | 0.0 | 45.31 sq. m |
| | Rondos - Santa F | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| | | Refuerzo con Mortero 20m | RfT20 | 415,023.8 | 553,982.7 | 92,639.25 sq. m |
| | | Prep. reparación de borde | | 0.0 | 0.0 | 356.15 sq. m |
| <i>Costo total anual:</i> | | | | 970,634.7 | 1,295,411.4 | |
| 2026 | La Unión - Rondc | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | Santa Rosa - Qu | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | Rondos - Santa F | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| | <i>Costo total anual:</i> | | | | 142,885.3 | 190,513.8 |
| 2027 | Rondos - Santa F | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| | La Unión - Rondc | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | Santa Rosa - Qu | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | <i>Costo total anual:</i> | | | | 142,885.3 | 190,513.8 |
| 2028 | Rondos - Santa F | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| | La Unión - Rondc | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | Santa Rosa - Qu | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | <i>Costo total anual:</i> | | | | 142,885.3 | 190,513.8 |
| 2029 | Rondos - Santa F | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| | La Unión - Rondc | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | Santa Rosa - Qu | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | <i>Costo total anual:</i> | | | | 142,885.3 | 190,513.8 |
| 2030 | Rondos - Santa F | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| | La Unión - Rondc | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | Santa Rosa - Qu | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | <i>Costo total anual:</i> | | | | 142,885.3 | 190,513.8 |
| 2031 | Rondos - Santa F | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| | La Unión - Rondc | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | Santa Rosa - Qu | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | <i>Costo total anual:</i> | | | | 142,885.3 | 190,513.8 |
| 2032 | Rondos - Santa F | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| | La Unión - Rondc | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | Santa Rosa - Qu | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | <i>Costo total anual:</i> | | | | 142,885.3 | 190,513.8 |
| 2033 | Rondos - Santa F | Rutinario | Rutsb | 71,641.0 | 95,521.4 | 20.59 km |
| | | Refuerzo con Mortero 20m | RfT20 | 415,023.8 | 553,982.7 | 92,639.25 sq. m |
| | | Prep. reparación de borde | | 0.0 | 0.0 | 744.09 sq. m |
| | La Unión - Rondc | Rutinario | Rutsb | 9,091.5 | 12,122.0 | 2.61 km |
| | | Refuerzo con Mortero 20m | RfT20 | 52,668.0 | 70,302.4 | 11,756.25 sq. m |
| | | Prep. reparación de borde | | 0.0 | 0.0 | 3.78 sq. m |
| | Santa Rosa - Qu | Rutinario | Rutsb | 62,152.8 | 82,870.4 | 17.86 km |
| | | Refuerzo con Mortero 20m | RfT20 | 360,057.6 | 480,612.6 | 80,369.99 sq. m |
| | | Prep. reparación de borde | | 0.0 | 0.0 | 94.65 sq. m |
| | <i>Costo total anual:</i> | | | | 970,634.7 | 1,295,411.4 |
| <i>Costo total por alternativa:</i> | | | | 8,033,692.4 | 10,476,910.2 | |

Resumen de trabajos por año
Alternativa: Solucion Basica

Cuadro N° 28: Resumen de evaluación económica por año
Fuente: Elaboración propia

Resumen de costo anual parcial y total

Base Sensitivity Senario

| Año | Afirmado | Alternativa Base | Solucion Basica |
|--------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| 2014 | 1,713,835.88 | 502,443.03 | 1,906,889.05 |
| 2015 | 1,527,805.34 | 356,630.69 | 1,899,368.77 |
| 2016 | 645,718.72 | 414,296.79 | 142,885.32 |
| 2017 | 338,799.16 | 424,509.40 | 142,885.32 |
| 2018 | 417,843.45 | 418,001.91 | 142,885.32 |
| 2019 | 417,363.78 | 356,630.69 | 142,885.32 |
| 2020 | 422,934.83 | 493,790.98 | 142,885.32 |
| 2021 | 338,799.16 | 356,630.69 | 142,885.32 |
| 2022 | 511,557.65 | 426,817.14 | 142,885.32 |
| 2023 | 338,799.16 | 432,724.33 | 142,885.32 |
| 2024 | 435,048.20 | 432,043.23 | 142,885.32 |
| 2025 | 426,876.39 | 405,041.15 | 970,634.72 |
| 2026 | 442,229.61 | 445,772.87 | 142,885.32 |
| 2027 | 394,363.47 | 407,504.81 | 142,885.32 |
| 2028 | 460,104.51 | 444,477.17 | 142,885.32 |
| 2029 | 397,199.91 | 465,182.66 | 142,885.32 |
| 2030 | 459,315.64 | 405,214.65 | 142,885.32 |
| 2031 | 474,701.69 | 464,015.36 | 142,885.32 |
| 2032 | 405,461.90 | 418,237.10 | 142,885.32 |
| 2033 | 473,448.78 | 471,993.15 | 970,634.72 |
| Total | 11,042,207.23 | 8,541,957.80 | 8,033,692.38 |

Cuadro N° 29: cuadro comparativo de evolución económica por cada tipo de conservación
Fuente: Elaboración propia

Alternativa: Afirmado vs Alternativa Base
No se realizó análisis de sensibilidad

| Actualización | Incremento en costos de la agencia de carreteras | | | Ahorros en COV del TM |
|----------------|--|-------------|------------|-----------------------|
| | Inversión | Recurrentes | Especiales | |
| Sin actualizar | 2.46 | -0.51 | 0.00 | 5.01 |
| Actualizado | 2.61 | -0.31 | 0.00 | 2.01 |

| Actualización | Ahorros en costos de tiempo de viaje del TM | Ahorros en COV y costos de tiempo de viaje del TNM | Reducción en costos de accidentes | Beneficios sociales / exógenos netos |
|----------------|---|--|-----------------------------------|--------------------------------------|
| sin actualizar | 6.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| actualizado | 1.46 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

| Actualización | Beneficios económicos netos (VPN) |
|----------------|-----------------------------------|
| sin actualizar | 9.20 |
| actualizado | 2.17 |

Tasa interna de retorno económico (TIRE) = 18.0% (No. de soluciones = 1)

Alternativa: Solución Básica vs Alternativa Base
No se realizó análisis de sensibilidad

| Actualización | Incremento en costos de la agencia de carreteras | | | Ahorros en COV del TM |
|----------------|--|-------------|------------|-----------------------|
| | Inversión | Recurrentes | Especiales | |
| Sin actualizar | 3.06 | -4.27 | 0.00 | 12.47 |
| Actualizado | 3.04 | -2.12 | 0.00 | 4.6 |

| Actualización | Ahorros en costos de tiempo de viaje del TM | Ahorros en COV y costos de tiempo de viaje del TNM | Reducción en costos de accidentes | Beneficios sociales / exógenos netos |
|----------------|---|--|-----------------------------------|--------------------------------------|
| sin actualizar | 10.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| actualizado | 3.91 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

| Actualización | Beneficios económicos netos (VPN) |
|----------------|-----------------------------------|
| sin actualizar | 23.68 |
| actualizado | 7.60 |

Tasa interna de retorno económico (TIRE) = 30.5% (No. de soluciones = 1)

Cuadro N° 30: cuadro comparativo del VAN y el TIR.
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

- En la presente investigación se determinó la condición de la carretera, para un Sistema de Gestión de Vía no Pavimentada, para lo cual se utilizó el paquete estadístico Excel en la elaboración y procesamiento de datos que a su vez facilitaron la alimentación de la Base de Datos del HDM-4, la misma que se empleó para el análisis de la evaluación del deterioro y su evaluación económica.

- Para determinar la evaluación técnica existen muchos sistemas de medida de la regularidad superficial de la carretera, en este trabajo se utilizó el IRI o Internacional Roughness Index, como unidad universal de medida del movimiento relativo de las masas de un vehículo tipo que circula a 80 km/h por el tramo de carretera de La Unión – Queropalca, analizado por tramos de 200 m y que su valor se exprese en unidades de mm/m o m/km. Resulta un estado de la carretera en condiciones malas, lo cual es necesario un mejoramiento de la carretera (ver gráfico N° 17, 18, 19 y cuadro N°25).

- De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación de la carretera se plantea tres propuestas como gestión: el afirmado, alternativa base y solución base. Afirmado: con la acción de mantenimiento rutinario, perfilado y reposición de grava. Alternativa base: se plantea mantenimiento rutinario, perfilado y reposición de grava. Solución base: se plantea un tratamiento superficial sobre base estabilizada con las acciones de sellado asfáltico, parchado superficial, refuerzo con mortero de 20mm y mantenimiento rutinario, el mismo que es el recomendado.
- De acuerdo a los tipos de conservación ya planteados se desarrolló su evolución económica desde el 2014 hasta una proyección al 2033 con sus respectivas acciones y previo a su evaluación económica del VAN y TIR (ver cuadro N°30).

Por lo analizado considero que se optara por la solución básica ya que en los primeros años va a tener inicialmente una mayor inversión, pero si vemos a lo largo de la proyección resulta ser más económico que las otras dos alternativas, lo cual se optaría la conservación por una solución básica (ver cuadro N°29).

- Siendo el programa HDM-4 una herramienta de apoyo para calcular la evolución del deterioro del pavimento no es un sistema de gestión de pavimentos, pero contribuye a su evaluación con mayor precisión.

RECOMENDACIONES

- El uso del IRI o Internacional Roughness Index, como unidad universal de medida del movimiento relativo de las masas de un vehículo tipo que circula a 80 km/h por el tramo de carretera a analizar. Se recomienda que el IRI se obtenga en tramos de 200 m y que su valor se exprese en unidades de mm/m o m/km.
- Difundir la herramienta del HDM – 4, y su aplicación en todas las vías del Perú, para llevar desarrollo a las zonas rurales.
- Determinar una proyección del deterioro de la carretera, para elegir actividades de conservación de las vías no pavimentadas para alargar su vida útil.
- Impulsar campañas de capacitación a los ingenieros de las instituciones públicas como municipalidades y gobierno regional en asuntos de evaluación de carreteras.

BIBLIOGRAFÍA

- Ávila, E. & Albarracín, F. (2014). Evaluación de pavimentos en base a métodos no destructivos y análisis inverso. Caso de Estudio: Vía Chicti – Sevilla de Oro. (Tesis de Especialización en Ingeniería de Pavimentos). Universidad de Cuenca - Ecuador.
- Camposano, J. & García, K. (2012). Diagnóstico del estado situacional de la Vía: Av. Argentina - Av. 24 de Junio por el método: Índice de Condición de Pavimentos-2012. (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana Los Andes – Perú.
- Carrera, M. (2011). Evaluación de pavimento utilizando el Método PCI y su aplicación en el paso lateral de Porto Viejo desde la vía Portoatejo - Mejía hasta el redondel de Picoazá. Recomendaciones de mejoras. (Tesis de Posgrado). Universidad Técnica de Manabí - Ecuador.
- Gobierno Regional de Huánuco: Plan de Desarrollo Regional Concertado Huánuco 2014-2021(Reformulado), Junio 2014.
- Gutiérrez, J. (2007). Modelación Geotécnico de Pavimentos Flexibles con fines de Análisis y Diseño en el Perú. (Tesis de Posgrado). Universidad Nacional de Ingeniería - Perú.
- Jugo, A. (2010,08) Evaluación Funcional y Estructural 2010 de la LO-02, Edo. Barinas Rehabilitada en 2004. Ed. La Roca 4D. Sabana Grande, Caracas. Recuperado de:
[http://www.inveas.org.ve/data/documentos_inveas/boletines/T.55.%20Jugo.%20Evaluaci%C3%B3n%20Funcional%20y%20estructural%20%20LO-02\(1\).pdf](http://www.inveas.org.ve/data/documentos_inveas/boletines/T.55.%20Jugo.%20Evaluaci%C3%B3n%20Funcional%20y%20estructural%20%20LO-02(1).pdf).

Meléndez, A. (2014). Estado y diagnóstico de la Calle 183 (Avenida San Antonio) entre carreras novena (9ª) y Diecisiete (17). (Tesis de Pregrado). Universidad Militar Nueva Granada.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones: Manual de inventario viales, R.D. N° 09-2014-MTC/14.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones: Manual de carreteras de conservación vial R.D. N°17-2013-MTC/14.

Molina, I. (2012). Modelos de cadenas Markoviano en la Planeación del Transporte Carretero en México. (Tesis inédita para optar el grado de Maestra en Matemáticas Aplicadas). Universidad Autónoma de Querétaro - México.

Ñauñay, W. (2011). Modelo de Evaluación y Mantenimiento para la Rehabilitación de la Capa de Rodadura de la Vía Pelileo – Baños. (Tesis de Posgrado). Universidad Técnica de Ambato - Ecuador.

Osuna, R. (2008). Propuesta para la Implementación de un Sistema de Administración de Pavimentos para la Red Vial de la Ciudad de Mazatlán, SIN.
(Tesis de pos grado en ingeniera). Universidad Nacional Autónoma de México

Piarc (2004) Manual de Usuario del HDM-4

Salazar, G. (2008). Sistema Institucional de gestión de las Carreteras de segundo orden del Ecuador, para disminuir costos de Mantenimiento Vial y operación de Vehículos. (Tesis inédita para optar el grado de Magister en Vías Terrestres). Universidad Técnica de Ambato - Ecuador.

Solminihaç, H. (2005) Calibración del HDM-4 mediante el método de las ventanas

Sotil, A. (2013) Compilación de diapositivas del curso Diseño de pavimentos. Lima: UPC.

Sotil, A (2013). Informe de Sistematización de Información sobre Diseño, Gestión, Construcción y Reparación de Pavimentos Urbanos. Informe Final entregado a SENCICO. Lima, Perú.

Solorio Murillo, Ricardo (2004) Análisis de Sensibilidad de los Modelos de Deterioro del HDM-4 para Pavimentos Flexibles

Zella, G. (2008). Gestión del Mantenimiento Vial Preventivo, Revisión y Propuesta para Caracas. (Tesis inédita para optar el grado de Maestría en Transporte Urbano). Universidad Simón Bolívar – Venezuela.