

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Modelo de gestión de conservación vial, para reducir costos de mantenimiento vial y operación vehicular en la carretera departamental ruta SM – 104, tramo: Lamas - Emp. PE-5N (puente Bolivia); Km 00+000 al Km 14+180, departamento San Martín, provincia Lamas, distrito Lamas Shanao.

PRESENTADO POR:

Bachiller Kathleen Belissa Montalvo García

ASESOR:

Ing. Máximo Alcibíades Vilca Cotrina

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

TARAPOTO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Modelo de gestión de conservación vial, para reducir costos de mantenimiento vial y operación vehicular en la carretera departamental ruta SM – 104, tramo: Lamas - Emp. PE-5N (puente Bolivia); Km 00+000 al Km 14+180, departamento San Martín, provincia Lamas, distrito Lamas Shanao.

PRESENTADO POR:

Bachiller Kathleen Belissa Montaivo García

**Sustentado y aprobado ante el honorable jurado
el día 22 de diciembre del 2017**

.....
Ing. Rubén DEL AGUILA PANDURO

Presidente

.....
Ing. Juvenal Vicente DÍAZ AGIP

Miembro

.....
Ing. Víctor Hugo SÁNCHEZ MERCADO

Secretario

.....
Ing. Máximo Alcibiades VILCA COTRINA

Asesor

TARAPOTO – PERÚ

2017

Declaratoria de Autenticidad


Yo, Kathleen Belissa Montalvo García, egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura en la Escuela profesional de Ingeniería Civil De la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, identificada con DNI N° 72617535, con la tesis titulada Modelo de gestión de conservación vial, para reducir costos de mantenimiento vial y operación vehicular en la carretera departamental ruta SM-104 tramo: Lamas - Emp. PE-SN (puente Bolivia); Km 00+000 al Km 14+150, departamento San Martín, provincia Lamas, distrito Lamas Shanao.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

Tarapoto, 16 de Febrero del 2018.



KATHLEEN BELISSA MONTALVO GARCÍA
DNI N° 72617535

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

| | | | |
|----------------------|----------------------------------|-----------|--------------|
| Apellidos y nombres: | Montalvo García Kathleen Belissa | | |
| Código de alumno : | 103156 | Teléfono: | 954 05 20 51 |
| Correo electrónico : | montalvo_kat92@hotmail.es | DNI: | 72617535 |

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

| | |
|-------------------------|---------------------------------|
| Facultad de: | Ingeniería Civil y Arquitectura |
| Escuela Profesional de: | Ingeniería Civil |

3. Tipo de trabajo de investigación

| | | | |
|------------------------------------|---|--------------------------|------------------------------|
| Tesis | (<input checked="" type="checkbox"/>) | Trabajo de investigación | (<input type="checkbox"/>) |
| Trabajo de suficiencia profesional | (<input type="checkbox"/>) | | |

4. Datos del Trabajo de investigación

| | |
|---------------------|--|
| Título : | Modelo de gestión de conservación vial, para reducir costos de mantenimiento vial y operación vehicular en la carretera departamental ruta SM-104, tramo Lamas - Emp. PE-SN (puente Bolivia), Km 00+000 al Km 14+80, departamento San Martín, provincia Lamas, distrito Lamas Oranuco. |
| Año de publicación: | 2018 |

5. Tipo de Acceso al documento

| | | | |
|-----------------------|---|---------|------------------------------|
| Acceso público * | (<input checked="" type="checkbox"/>) | Embargo | (<input type="checkbox"/>) |
| Acceso restringido ** | (<input type="checkbox"/>) | | |

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

| |
|--|
| |
|--|

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".


.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado por la Biblioteca Central

Fecha de recepción del documento por el Sistema de Bibliotecas:

16 / 02 / 2016



.....
Firma de Unidad de Biblioteca

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de haber llegado a este momento tan importante en mi vida y me ha dado las fuerzas para salir adelante.

A mis padres, Greis García García y Jairo Montalvo Fritas, quienes me han apoyado durante mi vida profesional, sin escatimar esfuerzos ni tiempo, gracias por los consejos y apoyo brindado con el fin de darme una buena preparación y con ello lograr una meta más, son unos excelentes padres.

A mis tíos(as), primos(as), quienes me han apoyado y motivado a lo largo de mi vida, les doy las gracias y en especial a mi adorada abuelita Norith García Sánchez que con sus consejos y sabiduría siempre está alentándome para hacer de mí una mejor persona y a mi recordado abuelito Cesar García Viena que físicamente no está con nosotros, pero sé que desde el cielo siempre me cuida y me guía para que todo salga bien.

Kathleen Belissa Montalvo García

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Martín y a sus catedráticos en especial a los de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quienes me impartieron en las aulas todos sus conocimientos y mostraron también sus valores permitiendo así una formación integral en mí y en varios de sus alumnos por eso mil gracias a ustedes mis maestros.

Debo agradecer de manera especial y sincera al Ing. Máximo Alcibíades Vilca Cotrina, por aceptar ser mi asesor para realizar esta tesis profesional bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como investigador. Muchas gracias por todo.

El agradecimiento más profundo y sentido va para mi familia. Sin su apoyo, colaboración e inspiración habría sido imposible llegar a este momento tan importante. A mis padres Greis y Jairo, por su ejemplo de lucha y honestidad; a mi hermano Alexander por su paciencia y generosidad, por ellos y para ellos, gracias infinitas.

Kathleen Belissa Montalvo García

ÍNDICE

| | |
|--|-------|
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTO | vi |
| ÍNDICE..... | vii |
| ÍNDICE DE TABLAS | xii |
| ÍNDICE DE CUADROS | xiii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xv |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | xvi |
| RESUMEN..... | xvii |
| ABSTRACT..... | xviii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. GENERALIDADES | 1 |
| 1.2. EXPLORACIÓN PRELIMINAR ORIENTANDO LA INVESTIGACIÓN..... | 3 |
| 1.3. ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO | 4 |
| 1.3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y POLÍTICA | 4 |
| 1.3.2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO..... | 5 |
| II. MARCO TEÓRICO | 7 |
| 2.1. ANTECEDENTES, PLANTEAMIENTO, DELIMITACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA A RESOLVER | 7 |
| 2.1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA | 7 |
| 2.1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 7 |
| 2.1.3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA..... | 8 |
| 2.1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 8 |
| 2.2. OBJETIVOS | 8 |
| 2.2.1. OBJETIVO GENERAL..... | 8 |
| 2.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 8 |
| 2.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... | 9 |
| 2.4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 9 |
| 2.5. MARCO TEÓRICO | 9 |

| | |
|--|----|
| 2.5.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... | 9 |
| 2.5.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN | 11 |
| 2.5.2.1. GESTIÓN VIAL | 11 |
| 2.5.2.1.1. NORMATIVIDAD VIAL | 12 |
| 2.5.2.1.2. COMPETENCIAS VIALES DE LOS ORGANISMOS DESCENTRALIZADOS DE GOBIERNO..... | 13 |
| 2.5.2.1.3. RESULTADOS QUE HA TENIDO LA DESCENTRALIZACIÓN DE LA GESTIÓN VIAL | 14 |
| 2.5.2.1.4. CARACTERÍSTICAS DE UNA BUENA GESTIÓN VIAL..... | 15 |
| 2.5.2.2. CONSERVACIÓN VIAL..... | 15 |
| 2.5.2.2.1. ¿CÓMO OPERA UN ESQUEMA SANO DE CONSERVACIÓN VIAL?..... | 16 |
| 2.5.2.2.2. CICLO DE VIDA “FATAL” DE LOS CAMINOS | 16 |
| 2.5.2.2.3. FASES DE DETERIORO DE LA VÍA..... | 17 |
| 2.5.2.2.4. CICLO DE VIDA DESEABLE | 19 |
| 2.5.2.2.5. CICLO DE VIDA FATAL Y DESEABLE DE UNA CARRETERA..... | 21 |
| 2.5.2.3. IMPORTANCIA DE LA CONSERVACIÓN VIAL | 22 |
| 2.5.2.4. CAMBIO CONCEPTUAL PARA LOGRAR UNA EFECTIVA CONSERVACIÓN VIAL | 23 |
| 2.5.2.5. PLAN DE CONSERVACIÓN VIAL..... | 24 |
| 2.5.2.6. NIVELES DE INTERVENCIÓN EN LA CONSERVACIÓN VIAL | 24 |
| 2.5.2.7. INVENTARIO Y EVALUACIÓN VIAL..... | 26 |
| 2.5.2.7.1. INVENTARIO VIAL..... | 27 |
| 2.5.2.8. ESTUDIO DE TRÁFICO | 30 |
| 2.5.2.9. COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR..... | 32 |
| 2.5.2.9.1. DETERMINACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR | 33 |
| 2.5.2.10. COSTO DE MANTENIMIENTO VIAL | 36 |
| 2.5.3. MARCO CONCEPTUAL: TERMINOLOGÍA BÁSICA | 38 |
| 2.5.4. MARCO HISTÓRICO | 39 |

| | | |
|------------|--|----|
| 2.6. | HIPÓTESIS A DEMOSTRAR | 41 |
| III. | MATERIALES Y MÉTODOS..... | 41 |
| 3.1. | MATERIALES..... | 41 |
| 3.1.1. | RECURSOS HUMANOS | 41 |
| 3.1.2. | RECURSOS MATERIALES..... | 42 |
| 3.1.3. | RECURSOS DE EQUIPOS | 42 |
| 3.1.4. | OTROS RECURSOS..... | 42 |
| 3.2. | METODOLOGÍA..... | 43 |
| 3.2.1. | UNIVERSO Y MUESTRA | 43 |
| 3.2.1.1. | UNIVERSO..... | 43 |
| 3.2.1.2. | MUESTRA..... | 43 |
| 3.2.2. | SISTEMA DE VARIABLES | 43 |
| 3.2.2.1. | VARIABLE INDEPENDIENTE | 43 |
| 3.2.2.2. | VARIABLE DEPENDIENTE..... | 43 |
| 3.2.3. | DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN..... | 43 |
| 3.2.4. | PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN | 44 |
| 3.2.4.1. | INVENTARIO VIAL..... | 44 |
| 3.2.4.2. | ESTUDIO DE TRÁFICO | 45 |
| 3.2.4.2.1. | TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL | 45 |
| 3.2.4.2.2. | PROYECCIONES DE TRÁFICO | 48 |
| 3.2.4.2.3. | ESAL´S DE DISEÑO..... | 48 |
| 3.2.4.2.4. | ENCUESTAS DE ORIGEN/DESTINO..... | 50 |
| 3.2.4.3. | ESTRUCTURA DE PAVIMENTO | 52 |
| 3.2.4.4. | ESTADO DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO..... | 53 |
| 3.2.4.5. | ENSAYO PARA EL CÁLCULO DE LA RUGOSIDAD (IRI) | 53 |
| 3.2.4.6. | ENSAYO PARA EL CÁLCULO DEL C.B.R. | 54 |
| 3.2.4.7. | COSTOS DE MANTENIMIENTO..... | 54 |

| | |
|--|----|
| 3.2.4.7.1. TAREAS DE MANTENIMIENTO RUTINARIO | 54 |
| 3.2.4.7.2. TAREAS DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO | 55 |
| 3.2.4.8. DETERMINACIÓN DE AHORROS EN LOS COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR | 57 |
| 3.2.4.8.1. MÉTODO DE LEN ASOCIADOS INGENIEROS CONSULTORES, APLICADO EN LAS VÍAS DE CHILE | 57 |
| 3.2.4.8.2. METODOLOGÍA DEL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS), DE COLOMBIA | 60 |
| IV. RESULTADOS | 62 |
| 4.1. INVENTARIO VIAL Y EVALUACIÓN | 62 |
| 4.2. ESTUDIO DE TRÁFICO | 68 |
| 4.3. ESTUDIO DE SERVICIABILIDAD | 71 |
| 4.4. COSTOS DE MANTENIMIENTO VIAL | 72 |
| 4.5. AHORRO EN LOS COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR | 72 |
| V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 73 |
| 5.1. INVENTARIO Y EVALUACIÓN VIAL | 73 |
| 5.2. ESTUDIO DE TRÁFICO | 73 |
| 5.3. COSTOS DE MANTENIMIENTO | 74 |
| 5.4. AHORRO EN COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR | 75 |
| 5.5. PROPUESTA | 75 |
| 5.5.1. FUNDAMENTACIÓN | 75 |
| 5.5.2. METODOLOGÍA – MODELO OPERATIVO | 76 |
| 5.5.3. INVENTARIO VIAL | 77 |
| 5.5.3.1. IDENTIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS Y EVENTOS | 77 |
| 5.5.3.2. ESTUDIO DE TRÁFICO | 82 |
| 5.5.3.3. CONDICIONES DEL PAVIMENTO | 83 |
| 5.5.4. ANÁLISIS DE COSTOS | 84 |
| 5.5.4.1. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO | 84 |

| | |
|--|-----|
| 5.5.4.2. PRESUPUESTO REFERENCIAL..... | 86 |
| 5.5.5. EJECUCIÓN Y SUPERVISIÓN | 88 |
| 5.5.5.1. EJECUCIÓN..... | 88 |
| 5.5.5.2. SUPERVISIÓN..... | 92 |
| 5.5.6. DETERMINACIÓN DE AHORROS..... | 92 |
| 5.5.6.1. AHORRO EN COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR | 92 |
| 5.5.6.1.1. MÉTODO DE LEN ASOCIADOS INGENIEROS CONSULTORES, APLICADO EN LAS VÍAS DE CHILE..... | 93 |
| 5.5.6.1.2. METODOLOGÍA DEL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS), DE COLOMBIA..... | 94 |
| 5.5.6.2. COSTOS DE MANTENIMIENTO VIAL..... | 96 |
| 5.5.7. ADMINISTRACIÓN..... | 96 |
| 5.5.8. PREVISIÓN DE EVALUACIÓN | 98 |
| 5.6. CONTRASTACIÓN DE ALTERNATIVA..... | 98 |
| VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 99 |
| 6.1. CONCLUSIONES..... | 99 |
| 6.2. RECOMENDACIONES..... | 99 |
| VII. BIBLIOGRAFÍA..... | 101 |
| 7.1. BIBLIOGRAFÍA..... | 101 |
| 7.2. LINKOGRAFÍA | 102 |
| VIII. ANEXOS | 103 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla N° 01: Relación entre la condición de la carretera vs IRI..... | 34 |
| Tabla N° 02: Relación entre la condición de la carretera vs IRI..... | 34 |
| Tabla N° 03: Porcentaje de Consumo de insumos en función del costo inicial vehicular (vías con mantenimiento)..... | 35 |
| Tabla N° 04: Porcentajes de afectación en vías sin mantenimiento | 36 |
| Tabla N° 05: Rangos IRI para determinar tipo de intervención..... | 37 |
| Tabla N° 06: Factores de crecimiento de tránsito..... | 49 |
| Tabla N° 07: Factor de distribución por carril | 49 |
| Tabla N° 08: Relación entre la condición de la carretera vs IRI..... | 57 |
| Tabla N° 09: Porcentaje de Consumo de insumos en función del costo inicial vehicular (vías con mantenimiento)..... | 57 |
| Tabla N° 10: Porcentajes de afectación en vías sin mantenimiento | 59 |
| Tabla N° 11: Relación entre la condición de la carretera vs IRI..... | 93 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro N° 01: Coordenadas de las progresivas de inicio y final del tramo | 4 |
| Cuadro N° 02: Población según CENSO 2015..... | 6 |
| Cuadro N° 03: Costos de operación vehicular..... | 32 |
| Cuadro N° 04: Parámetros referenciales de conservación periódica..... | 37 |
| Cuadro N° 05: Características técnicas de la vía en estudio | 45 |
| Cuadro N° 6: Factores de corrección mensual 2000-2010 para determinar índice medio diario anual | 46 |
| Cuadro N° 07: Estudio de clasificación vehicular anual Lamas – Emp. PE-5N (Pte. Bolivia)..... | 46 |
| Cuadro N° 08: Proyección de Tráfico Diario Anual..... | 48 |
| Cuadro N° 09: ESAL´s de diseño..... | 48 |
| Cuadro N° 10: Tipo de vehículo por marca | 50 |
| Cuadro N° 11: Tipo de combustible utilizado..... | 51 |
| Cuadro N° 12: Tipo de actividad que motiva el viaje de pasajeros | 51 |
| Cuadro N° 13: Número de pasajeros por vehículo | 51 |
| Cuadro N° 14: Tipo de carga transportada..... | 52 |
| Cuadro N° 15: Actividades rutinarias y rendimientos..... | 55 |
| Cuadro N° 16: Descripción de actividades en el mantenimiento periódico | 56 |
| Cuadro N° 17: Precios de acuerdo al mercado de vehículos | 58 |
| Cuadro N° 18: Costos de los insumos en relación al costo vehicular | 58 |
| Cuadro N° 19: IMDA de vehículos..... | 59 |
| Cuadro N° 20: Ahorro de costos de operación vehicular | 60 |
| Cuadro N° 21: Ahorro de costos de operación vehicular – INVIAS | 61 |
| Cuadro N° 22: Datos generales de la vía | 62 |
| Cuadro N° 23: Características y evaluación de la vía..... | 63 |
| Cuadro N° 24: Evaluación de las obras de arte – cunetas | 64 |
| Cuadro N° 25: Evaluación de las obras de arte – alcantarillas | 65 |
| Cuadro N° 26: Evaluación de la señalización en la vía..... | 66 |
| Cuadro N° 27: Evaluación de obras complementarias | 67 |
| Cuadro N° 28: Resultados de Conteo de Tráfico periodo del 09/07 al 15/07 del 2012 (Clasificación Vehicular Diario Ambos Sentidos)..... | 68 |
| Cuadro N° 29: Resultados proyectados al año 2017 del Conteo de Tráfico 2012 | 68 |

| | |
|---|----|
| Cuadro N° 30: Cálculo del Índice Medio Diario (IMD) Semanal..... | 69 |
| Cuadro N° 31: Índice Medio Diario Medio Anual en ambos sentidos, por tipo de vehículo | 69 |
| Cuadro N° 32: Módulo efectivo de Resiliencia de la subrasante en función del criterio de serviciabilidad | 70 |
| Cuadro N° 33: Índice de Rugosidad Internacional (IRI) generado en la vía..... | 71 |
| Cuadro N° 34: Costos de mantenimiento de la vía..... | 72 |
| Cuadro N° 35: Ahorro del VOC según métodos | 72 |
| Cuadro N° 36: Matriz de conteo vehicular | 82 |
| Cuadro N° 37: Composición vehicular..... | 83 |
| Cuadro N° 38: Matriz condición del estado de pavimento | 83 |
| Cuadro N° 39: Actividades de Mantenimiento Rutinario | 85 |
| Cuadro N° 40: Actividades de Mantenimiento Periódico | 86 |
| Cuadro N° 41: Matriz de costos de mantenimiento periódico | 87 |
| Cuadro N° 42: Matriz de costos de mantenimiento | 88 |
| Cuadro N° 43: Personal requerido para la ejecución de trabajos de mantenimiento | 88 |
| Cuadro N° 44: Equipo y maquinaria para la ejecución de trabajos de mantenimiento.. | 89 |
| Cuadro N° 45: Cronograma de ejecución de actividades de mantenimiento rutinario .. | 90 |
| Cuadro N° 46: Cronograma de ejecución de actividades de mantenimiento periódico . | 91 |
| Cuadro N° 47: Cronograma de actividades de mantenimiento..... | 92 |
| Cuadro N° 48: Costos de los insumos en relación al costo vehicular | 93 |
| Cuadro N° 49: Ahorro de costos de operación vehicular | 94 |
| Cuadro N° 50: Ahorro de costos de operación vehicular – INVIAS | 95 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura N° 01: Condición de la vía sin mantenimiento | 17 |
| Figura N° 02: Condición de la vía con y sin mantenimiento..... | 20 |
| Figura N° 03: Diagrama de flujo del ciclo de vida “fatal” y “deseable” | 21 |
| Figura N° 04: Diagrama del ciclo de vida “fatal” del camino | 22 |
| Figura N° 05: Diagrama del ciclo de vida “deseable” del camino..... | 22 |
| Figura N° 06: Cambio hacia una cultura preventiva en el mantenimiento vial | 23 |
| Figura N° 07: Formato de inventario vial para carretera | 27 |
| Figura N° 08: Formato de inventario vial para superficie de rodadura | 27 |
| Figura N° 09: Formato de inventario vial para calzada | 28 |
| Figura N° 10: Formato de inventario vial para conservación | 28 |
| Figura N° 11: Formato de inventario vial para bermas | 28 |
| Figura N° 12: Formato de inventario vial para señalización..... | 29 |
| Figura N° 13: Formato de inventario vial para obras de arte – alcantarillas..... | 29 |
| Figura N° 14: Formato de inventario vial para obras de arte - cunetas..... | 29 |
| Figura N° 15: Formato de inventario vial para obras complementarias | 30 |
| Figura N° 16: Costos de operación según estado del pavimento y vehículo | 33 |
| Figura N° 17: Sección típica del pavimento Km00+000 al Km14+180..... | 52 |
| Figura N° 18: Costos de operación según estado del pavimento y vehículo | 61 |
| Figura N° 19: Esquema de las fases que debe seguir el modelo de gestión de conservación vial | 76 |
| Figura N° 20: Formato de inventario vial para carretera | 77 |
| Figura N° 21: Formato de inventario vial para superficie de rodadura | 78 |
| Figura N° 22: Formato de inventario vial para calzada | 78 |
| Figura N° 23: Formato de inventario vial para conservación | 79 |
| Figura N° 24: Formato de inventario vial para bermas | 79 |
| Figura N° 25: Formato de inventario vial para señalización..... | 80 |
| Figura N° 26: Formato de inventario vial para obras de arte – alcantarillas..... | 81 |
| Figura N° 27: Formato de inventario vial para obras de arte – cunetas | 81 |
| Figura N° 28: Formato de inventario vial para obras complementarias | 82 |
| Figura N° 29: Costos de operación según estado del pavimento y vehículo | 95 |
| Figura N° 30: Organigrama funcional de la Unidad de Conservación Vial..... | 97 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico N° 01: Mapas de localización del tramo Lamas – Emp. PE-5N (Pte. Bolivia) | 5 |
| Gráfico N° 02: Clasificación vehicular anual Lamas – Emp. PE-5N (Pte. Bolivia)..... | 47 |
| Gráfico N° 03: Variación horaria..... | 47 |

RESUMEN

En los últimos años en el Perú se ha dado mucho énfasis en el tema de conservación vial, pero este no se está desarrollando adecuadamente por falta de una buena gestión, lo cual hace que las vías tengan que pasar por un estado de deterioro excesivo, generando a largo plazo la rehabilitación o reconstrucción total de la vía, siendo estas últimas muy onerosas para el Estado.

En efecto, las intervenciones en rehabilitación de carreteras pueden alcanzar precios que, dependiendo de las características geográficas del terreno o alcance técnico del proyecto, oscilan entre los 600 mil y un millón de dólares por kilómetro; por lo que el gasto en la preservación (conservación) de la vía es siempre preferible antes que destinar tantos recursos a periódicas rehabilitaciones, que no permiten medir resultados, a comparación si se implementa una adecuada gestión de mantenimiento vial.

En la presente investigación se analizó la carretera departamental, tramo: Lamas - Emp. PE-5N (Puente Bolivia) que cuenta con 14.180 Km, la cual sirvió como modelo para la aplicación de una adecuada gestión de conservación vial, que permitirá la reducción de costos en mantenimiento vial y operación vehicular, para ello se realizó trabajos de campo y se recopiló información de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de San Martín, presentándose finalmente la propuesta, explicando el modelo de gestión de conservación vial que permite la reducción de costos.

La investigación se suma a las acciones de las Entidades Administradoras de Vías en encaminar labores, con la finalidad de preservar en óptimas condiciones la vía y desarrollar una cultura de conservación preventiva, que evite el deterioro prematuro de las vías, mediante intervenciones rutinarias y periódicas en el momento oportuno, para mantener las carreteras en condiciones favorables de transitabilidad.

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento Vial, Tráfico, Costos de Operación Vehicular, Costos de Mantenimiento.

El Autor.

ABSTRACT

In recent years in Peru, there has been much emphasis on road conservation, but this is not properly developed, due to lack of good management, which means that the roads have to go through a state of excessive deterioration, generating in the long term the rehabilitation or total reconstruction of the road, the latter being very onerous for the State.

In effect, road rehabilitation can reach prices that, depending on ground geographical characteristics and project technical scope, it could range among 600 thousand and one million dollars per kilometer, so the expense in road preservation (conservation) is always preferable against spending so many resources to periodic rehabilitations, without measuring results, compared to the implementation of an adequate road maintenance management.

In this investigation the road section; Lamas - Emp. PE-5N to (Bridge Bolivia), with a 14,180 km, was analyzed, which served as an application model of a proper road conservation management, which will reduce costs in road maintenance and vehicular operation; field work and information was collected from the Regional Direction of Transport and Communications of San Martín, the proposal was finally presented, explaining how road conservation management model works and how it allows cost reduction.

The following research, added to the actions of the Road Administration Entities in directing work, with the purpose of preserving the road in optimum conditions and developing a culture of preventive conservation, which avoids the premature deterioration of the roads, through routine and periodic interventions in the opportune moment, to maintain the roads in favorable conditions of free transit.

KEYWORDS: Road Maintenance, Traffic, Vehicle Operation Costs, Maintenance Costs.



The Author.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

En el mundo actual, las redes viales se han convertido indispensables, tanto que su construcción es de importancia para el progreso y bienestar económico de las distintas sociedades, tal es que en la actualidad y sumado a ello la globalización en la cual vivimos, existe diferencias entre países desarrollados y en vías de desarrollo, siendo los primeros quienes están a la vanguardia en tecnología, procesos constructivos, programas de conservación y seguridad vial, entre otras innovaciones en el desarrollo.

La ausencia de una adecuada gestión de conservación vial en el Perú y otros países en vías de desarrollo, ha propiciado que las redes viales tengan que sufrir un deterioro excesivo, puesto a que se construye y no existe mantenimiento, lo dejan en abandono, propiciando a que la vía colapse y por ende se deba reconstruir sin que cumpla su período de diseño.

Este proyecto de investigación fue seleccionado, considerándose un tema muy significativo, puesto a que una red vial es un valioso patrimonio y por lo tanto es importante conservarlo eficaz y eficientemente, la implantación de un modelo de gestión de conservación vial, va permitir tomar las decisiones adecuadas para conseguir un mantenimiento óptimo de la red de carreteras.

Entendiéndose por Gestión de Conservación Vial a la administración o conjunto de actividades que requieren realizarse de manera preventiva, para evitar el deterioro de los elementos que conforman la vía, con el objetivo de preservar las inversiones efectuadas en la construcción, rehabilitación y el mantenimiento de los caminos; para garantizar la transitabilidad permanente con comodidad, seguridad y economía.

A continuación, se realiza una descripción de los contenidos del proyecto de tesis, del ámbito de acción y del contenido de cada capítulo:

Para el desarrollo de este proyecto, me basé en la problemática que sufren en la actualidad las redes viales de la región San Martín, abarcando para el ámbito de acción la carretera departamental del tramo: Lamas – Emp. PE 5N (Puente Bolivia), considerando los kilómetros; Km 00+000 al Km 14+180, perteneciente a la provincia de Lamas, distrito Lamas – Shanao, el cual servirá como modelo de gestión vial que pueda ayudar a mantener a la vía en un estado óptimo, sin ocasionar dificultades a los que

transitan por dicha vía, permitiendo reducir los costos de operación vehicular y costos de mantenimiento vial.

Se realizó trabajos de campo para obtener información acerca del estado actual de la vía, realizando un inventario vial; que me sirvió para analizar, evaluar y diagnosticar, así como también se realizó estudios de suelos, para ver las condiciones en las que se encuentra cada capa que conforma el pavimento, complementario a ello se recopiló información de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones San Martín, en donde se recogió información histórica de los estudios e intervenciones realizadas en la zona.

También se consultó e investigó bibliografía a acerca de los niveles de conservación vial, modo de ejecución, costos de operación vehicular, costos de mantenimiento vial, de rehabilitación y reconstrucción, que sirven de contribución importante para la investigación.

En cuanto al contenido de cada capítulo del documento se tiene:

En el capítulo I, se indica el marco introductorio, así como los aspectos generales del estudio y otros puntos relacionados a la misma.

En el capítulo II, se recopila información para el marco teórico, referente al tema de investigación, que servirán como antecedentes para fundamentar la propuesta de nuestro proyecto de tesis.

En el capítulo III, se describen los materiales y metodología aplicada para la investigación; así como el universo, población y muestra del presente trabajo, el diseño experimental, el diseño de instrumentos relacionado al modelo de gestión vial, procesamiento de información con respecto a los trabajos de campo y laboratorio realizado.

En el capítulo IV, se presenta los resultados obtenidos en referencia al inventario vial, estudio de tráfico del proyecto, estudio de serviciabilidad, tareas de mantenimiento rutinario y periódico, así como también los costos de operación vehicular.

En el capítulo V, se expone el análisis e interpretación de los resultados, contrastando con la hipótesis, así como también se presenta la propuesta a aplicar para el modelo de gestión de conservación vial. En el capítulo VI, se indican las conclusiones y recomendaciones del presente estudio de investigación de gestión de conservación vial.

Finalmente en el capítulo VII y VIII, se presenta la bibliografía que forma parte de la investigación y complementa el marco teórico de la tesis, así como también los cuadros, gráficos y ciertas especificaciones que se mencionaron en el trabajo de investigación.

1.2. EXPLORACIÓN PRELIMINAR ORIENTANDO LA INVESTIGACIÓN

Esta importante vía, correspondiente al tramo: Lamas - Emp. PE-5N (Pte. Bolivia), es una de las carreteras de la Región San Martín que interconecta al distrito de Lamas y sus centros poblados con las Provincias de Moyobamba, Rioja y Ciudades de la zona norte de País; las cuales intercambian sus productos para mejorar la calidad de vida de la población beneficiaria.

Los pueblos que se ubican a lo largo de esta carretera son: Lamas, Caserío Pucallpa, Caserío Alto Pucalpilllo, Caserío Congompera, Sector Puente Bolivia y Shanao, se dedican básicamente a la agricultura, ganadería y silvicultura.

En los últimos meses el tramo de la carretera departamental: Lamas - Emp. PE-5N (Pte. Bolivia), ha venido atravesando serios problemas en cuanto a su condición de transitabilidad para el traslado de carga y pasajeros, a causa de factores del tipo climático y al notable tránsito en épocas del año; así como la erosión y derrumbe de taludes en zonas donde las pendientes son muy pronunciadas, lo que obliga a una marcha lenta y riesgosa de los vehículos para evitar accidentes, a todo ello se suma la falta de un modelo de gestión de conservación vial que contribuya a erradicar dichas molestias.

Al respecto, se ha demostrado internacionalmente que un apropiado mantenimiento de la vía, disminuye significativamente los costos de operación de los vehículos, reduce los tiempos de recorrido, mejora la comodidad para la circulación vehicular y aminora los accidentes de tráfico por causa del mal estado de la vía, facilitando así el acceso de los bienes producidos en las localidades apartadas hacia los centros consumidores.

En tal sentido se hace necesario la implementación de un modelo de gestión de conservación vial en la carretera: Lamas - Emp. PE-5N (Pte. Bolivia), abarcando del Km 0+000 al Km 14+180, para un mantenimiento óptimo y efectivo en el tramo de la vía y así evitar repercusiones económicas costosas en el caso de realizarse reconstrucciones.

Se considera un impacto significativo el aplicar un modelo de gestión de conservación vial, puesto a que será la solución al problema actual.

1.3. ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO

1.3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y POLÍTICA

Políticamente el área de influencia del proyecto de investigación se ubica:

Región : San Martín
 Departamento : San Martín
 Provincia : Lamas
 Distritos : Lamas – Shanao

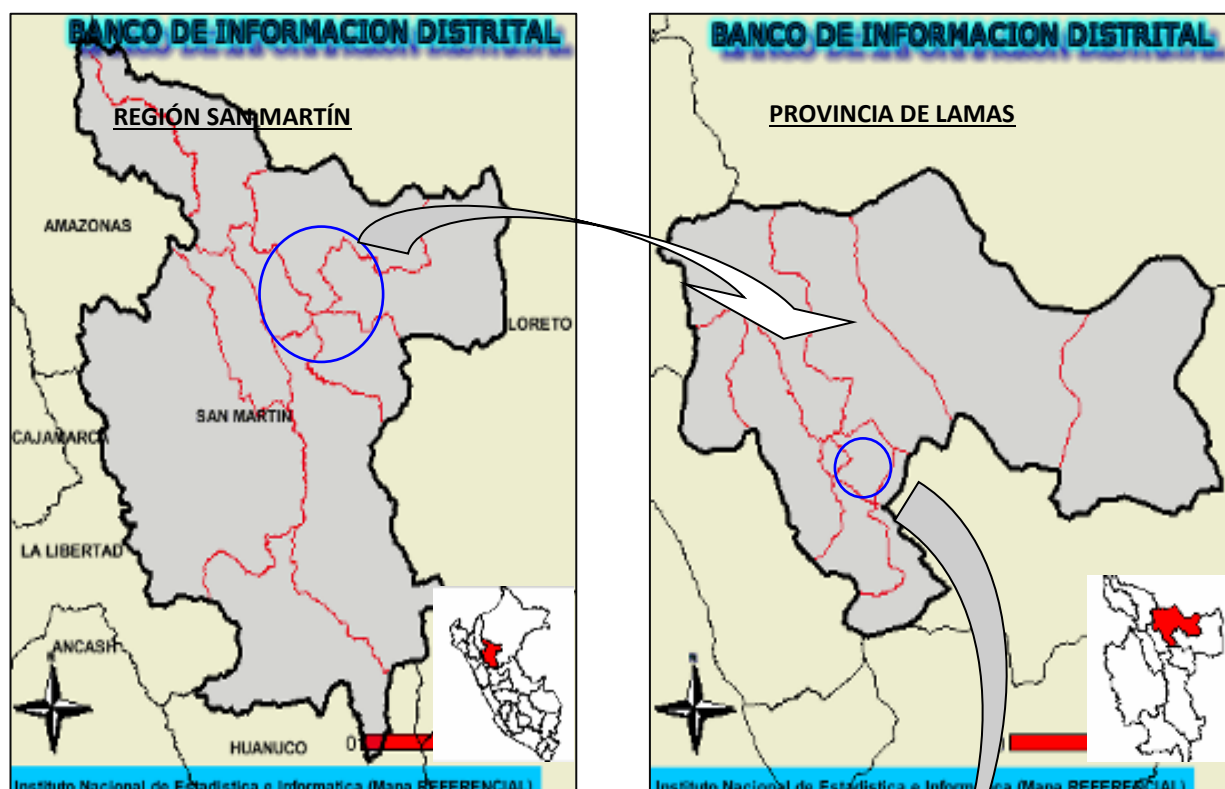
El punto de inicio del proyecto de investigación, parte del distrito de Lamas, en la progresiva Km 00+00 y se extiende hasta el empalme PE-5N (Puente Bolivia) en el distrito de Shanao, en la progresiva Km 14+180, con un clasificador de ruta SM-104.

Cuadro N° 01: Coordenadas de las progresivas de inicio y final del tramo

| | |
|----------------------------|--|
| Inicio: Km 00+000 Lamas | Final: Km14+180 Emp. PE-5N (Pte. Bolivia) |
| 332403.00 m E | 323117.00 m E |
| 9289190.00 m S | 9290699.00 m S |
| Altitud: 765 m.s.n.m. | Altitud: 276 m.s.n.m. |

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de campo.

Gráfico N° 01: Mapas de localización del tramo Lamas – Emp. PE-5N (Pte. Bolivia)



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

1.3.2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

a) **Topografía:** Tiene una topografía variada, desde pendientes altas, hasta terrenos ondulados y colinas bajas, no existiendo zonas planas amplias.

b) Clima: El clima prevaleciente en la zona es el característico típico de Selva Alta, cálido- lluvioso, las temperaturas varían entre 18°C a 36°C, la temperatura media anual es de 27°C. La precipitación pluvial media anual es de 1,771.50 mm., la humedad relativa media anual fluctúa entre 70% y 80%

c) Relieve: El paisaje de la zona de influencia, muestra un relieve accidentado con colinas altas, con exuberante vegetación típico de la selva.

1.3.3. VÍA DE ACCESO

El acceso a la zona del proyecto de investigación, se da mediante vía terrestre desde la ciudad de Tarapoto, recorriendo la carretera Fernando Belaúnde Terry Norte, hasta el Dv. Lamas, siguiendo luego por la carretera departamental SM-104, recorriendo 9.5 Km. hasta la ciudad de Lamas, donde empieza el tramo a evaluar, llegando a 14.180 Km. en el Emp. PE-5N (Puente Bolivia).

1.3.4. POBLACIÓN BENEFICIARIA

La población beneficiaria está constituida por todos los habitantes de las localidades de Lamas, Caserío Pucallpa, Caserío Alto Pucalpilllo, Caserío Congompera, Sector Puente Bolivia y Shanao (40%), comprendidos en los distritos de Lamas y Shanao.

La población beneficiaria según el último censo realizado al año 2015 alcanza un total de 14,206 habitantes, con una tasa de crecimiento correspondiente a cada distrito.

Cuadro N° 02: Población según CENSO 2015

| LOCALIDAD | POBLACIÓN |
|--------------------------|-------------|
| Lamas | 12,434 hab. |
| Caserío Pucallpa | 97 hab. |
| Caserío Alto Pucalpilllo | 88 hab. |
| Caserío Congompera | 78 hab. |
| Sector Puente Bolivia | 125 hab. |
| Shanao (40%) | 1,384 hab. |

Fuente: Elaboración propia con información del INEI

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES, PLANTEAMIENTO, DELIMITACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA A RESOLVER

2.1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El tramo Lamas – Emp. PE-5N (Puente Bolivia), cuenta con una longitud de 14.180 Km y pertenece a la red de Caminos Departamentales de la Región San Martín y es administrado por la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de San Martín (DRTC-SM). El tramo empieza en la ciudad de Lamas y es uno de los principales accesos a la comunidad nativa del Wayku y termina en sector Puente Bolivia, donde se une con la carretera Fernando Belaúnde Terry. Este camino se apertura en el año 1989 por la Municipalidad Provincial de Lamas y su importancia radica en que este camino comunica directamente a las localidades de Shanao, Pinto Recodo y localidades de la zona sur de la provincia de Lamas con la Capital – Ciudad de Lamas, así mismo es una vía de acceso hacia los mercados de consumo para las localidades comprendidas en la zona de influencia y para la misma ciudad de Lamas; constituyéndose en un camino que permite un proceso de crecimiento y de expansión de la ciudad, pero todo ello se ve afectado por los múltiples problemas relacionados con el pésimo estado de la vía, reflejados en los costos de operación vehicular, así como la demora en los tiempos de viaje de los usuarios y retraso en el transporte de sus productos hacia las zonas de consumo.

Debido a la falta de un modelo de gestión de conservación vial que permita mantener y preservar la vía en un estado óptimo, nace la necesidad de aplicar dicho proyecto para someter a la vía a un proceso de mejoramiento de su infraestructura con actividades de conservación vial y así mantenerla en buenas condiciones para beneficio de los usuarios que transitan por dicha vía.

2.1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El camino departamental tramo Lamas – Emp. PE-5N (Puente Bolivia), se encuentra en la actualidad atravesando por serios problemas de deterioro en la superficie de rodadura, tales como baches, fisuras, piel de cocodrilo, entre otros, que dificultan el tránsito fluido por dicha vía, afectando directamente a los usuarios que transitan por la carretera, así como también se incrementan los costos para mantenimiento vial, perjudicando a las instituciones encargadas de la administración de las vías. El presente proyecto corresponde a la implementación de un modelo de gestión de conservación vial, que

ayude a reducir los costos de mantenimiento vial y operación vehicular en la carretera departamental, así también, sirva como ejemplo para las instituciones encargadas de la administración de vías para que lleven un adecuado manejo de las actividades de mantenimiento en el momento oportuno, para así evitar el deterioro prematuro y prolongar su tiempo de vida útil, poniendo fin al círculo vicioso que es el de construir y dejar en abandono la vía.

2.1.3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El presente proyecto de tesis se centra en proponer un Modelo de Gestión Vial, para reducir los costos de mantenimiento vial y operación vehicular, dentro del territorio geográfico del departamento de San Martín, provincia de Lamas y distritos Lamas Shanao, específicamente en la carretera departamental Ruta SM-104, Tramo: Lamas – Emp. PE-5N (Pte. Bolivia); el tramo de inicio parte de Km 0+000, a una altitud de 765 m.s.n.m., hasta el Km 14+180, ubicándose a una altitud de 276 m.s.n.m., dicho proyecto ayudará a mantener la vía en estado óptimo, mejorando los niveles de seguridad, comodidad y rapidez.

Este proyecto fue seleccionado, considerándose el impacto social y económico que proporciona en la solución de sus problemas.

2.1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera el modelo de gestión de conservación vial, reducirá los costos de mantenimiento vial y operación vehicular, en la carretera departamental Ruta SM-104, Tramo: Lamas – Emp. PE-5N (Puente Bolivia), Km 00+000 al Km 14+180, en el departamento de San Martín, provincia de Lamas y distritos de Lamas y Shanao?

2.2. OBJETIVOS

2.2.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer un Modelo de Gestión de Conservación Vial, para reducir los costos de mantenimiento vial y operación vehicular, en la carretera departamental Ruta SM-104, Tramo: Lamas – Emp. PE-5N (Puente Bolivia), Km 00+000 al Km 14+180, en el departamento de San Martín, provincia Lamas, distrito Lamas y Shanao.

2.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar y detallar las características más fundamentales de la infraestructura vial.

Realizar un inventario vial y analizar el estudio de tráfico de la vía.

Determinar el ahorro en los costos de mantenimiento vial y operación vehicular, al realizar actividades de conservación en la vía.

Proponer un adecuado modelo de gestión de conservación vial, para reducir los costos en mantenimiento vial y operación vehicular.

2.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo de investigación surge a partir de los múltiples problemas relacionados al estado de la vía y a la falta de técnicas viales que deben implementarse por parte de las entidades administradoras de carreteras. Esta situación se está poniendo cada vez más crítica, afectando al desarrollo social y económico del país, pues las vías están consideradas como uno de los medios más importantes para la integración espacial con los centros económicos.

Mediante la elaboración de este proyecto se trata de brindar un adecuado plan de manejo y acciones, aportando criterios a la Gestión de Conservación Vial, que servirán de base para apoyo a las instituciones encargadas de la administración de las redes viales, proponiendo un modelo de gestión que ayude a preservar de manera óptima y oportuna los niveles de servicio, mejorando la comodidad y seguridad, viéndose esto reflejado en la satisfacción de los usuarios al transitar por la vía departamental tramo: Lamas – Emp. PE-5N (Puente Bolivia).

2.4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente proyecto se limitará a la implementación de una propuesta de modelo de gestión de conservación vial, mediante la elaboración de un inventario vial, cálculo del índice de rugosidad del pavimento (IRI), análisis de suelos (CBR, granulometría, límite de consistencia) de las capas que conforman el pavimento, determinar los costos de mantenimiento vial y operación vehicular; todos ellos realizados en el tramo Lamas – Emp. PE-5N (Puente Bolivia).

2.5. MARCO TEÓRICO

2.5.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Existen estudios e investigaciones anteriormente realizados, los cuales son: el mantenimiento rutinario de la carretera departamental ruta SM-104 tramo: Emp. PE-5N

(Puente Bolivia) – Lamas – Emp. PE-5N (Dv. Lamas), dirigido por el Gobierno Regional de San Martín (GORESAM), con el financiamiento de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de San Martín (DRTC-SM), unidad ejecutora del GORESAM; así como también se realizó la recuperación y mejoramiento de zonas críticas de la carretera departamental del tramo antes mencionado dirigido por la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de San Martín (DRTC-SM).

Realizadas las investigaciones oportunas, se determinó que no se ha elaborado un estudio que permita definir un método específico para el mantenimiento de ruta departamental Lamas – Emp. PE-5N (Puente Bolivia). Se considera conveniente ejecutar la presente investigación para proponer un Modelo de Gestión de Conservación Vial.

Según el ingeniero Campana Juan Manuel, un sistema de gestión es una herramienta para la toma de decisiones en línea con los objetivos planteados respecto a la recreación del círculo virtuoso. Entre otros aspectos permite lograr una distribución óptima de fondos destinados al mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura vial, mediante la adopción de estrategias efectivas y económicas para proveer, evaluar y mantener la red en condiciones aceptables.

Según Alberto Bull, en muchos países se manifiestan las grandes carencias en la conservación vial, la cual debería enfrentarse con un paradigma distinto al tradicional.

El nuevo paradigma propuesto conduce a establecer y declarar públicamente cuál es el (mejor) estado que puede alcanzar la red a mediano y largo plazo, en conformidad a los recursos de que se dispone, asumiendo de paso el compromiso de lograrlo.

Sólo en un escenario muy carente de medios podría ser aventurado decidir metas racionales que tuviesen perspectivas ciertas de cumplirse y no ser abatidas por las circunstancias o la presión ciudadana.

Según Salomón Emilio, el mal estado de los caminos no sólo es consecuencia de la falta crónica de financiamiento de los estados, sino principalmente de la escasa eficacia y eficiencia con que han actuado las entidades responsables de la conservación vial.

La Bach. Joissy Catherine Hidalgo Gamarra, en su Proyecto Profesional de Tesis “EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL PERÚ”, presenta las siguientes recomendaciones: Es posible hacer un seguimiento a los pavimentos y determinar, con la recolección organizada de la data de éstos, la progresión

de su deterioro. Esto permite planificar de manera más certera actividades de mantenimiento adecuadas.

En el Perú se debe recordar que previo a la reconstrucción están la restauración y la rehabilitación y que esos deben ser de hoy en adelante los objetivos en cuanto al mantenimiento de los pavimentos.

Es importante una autoevaluación de la eficiencia, de si los procedimientos creados o adoptados en la línea de gestión son los más adecuados, también es importante estar atentos a las nuevas tecnologías y tendencias de investigación para de esta manera, no solo estar informados sino también para evaluar la aplicación de lo nuevo en el país, se podrá obtener quizás mejores resultados y en ese caso podrá perder oportunidades y ganar ineficiencias.

El Bach. Jorge Eduardo Montoya Goicochea, en su Proyecto de Tesis "IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS CON HERRAMIENTA HDM-4 PARA LA RED VIAL NRO.5 TRAMO ANCÓN-HUACHO-PATIVILCA", menciona que, 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.

2.5.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.5.2.1. GESTIÓN VIAL

Según Salomón Emilio, la gestión vial ha sido entendida tradicionalmente como el conjunto de acciones que desarrollan los organismos viales para asegurar una adecuada conservación y expansión de la red vial que se encuentra a su cargo.

Esta concepción tradicional ha llevado a tales organismos a la práctica de usar los recursos disponibles para resolver los problemas que se presentan, actuando de manera reactiva, es decir cuando el daño sobre las vías ya es existente, y no de manera preventiva.

Según Bull Alberto, la moderna concepción de gestión vial señala que ésta consiste en

la conducción proactiva del organismo vial hacia el logro de metas y objetivos de largo alcance que son fijados con anticipación.

Ello implica:

El desarrollo de algún tipo de planificación para lograr un mejor uso de los recursos.

La adopción de acciones de carácter preventivo que eviten el deterioro de las vías.

La generación de capacidades para la toma de decisiones en el momento oportuno.

La gestión vial municipal o regional será aquella que cada gobierno local o regional emprenda en su espacio territorial sobre las vías que son de su competencia.

El Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, define a la gestión vial como la acción de administrar la infraestructura vial del Sistema Nacional de Carreteras, a través de funciones de planeamiento, ejecución, mantenimiento y operación, incluyendo aquellas relacionadas con la preservación de la integridad física del derecho de vía.

2.5.2.1.1. NORMATIVIDAD VIAL

Según el Ingeniero Arteaga Chávez Edwin, la normatividad vial es el conjunto de Dispositivos de Orden Técnico – Administrativo, que regulan el uso y desarrollo de la infraestructura de carreteras, puentes y ferrocarriles, en los trabajos de construcción, mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento de carreteras de redes viales del país; para satisfacer eficientemente la demanda del servicio de transportes de la población y sectores productivos. La Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, es la entidad rectora normativa y fiscalizadora de la infraestructura vial.

Con el fin de que se establezca el cumplimiento de normas mínimas, se empleará el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, aprobado mediante R.D. N° 034-2008-MTC, el cual contiene todas las pautas acerca del mantenimiento de la Infraestructura Vial y demás temas que competen a la Gestión Vial; el “Manual de Carreteras - Mantenimiento o Conservación Vial”, perteneciente al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el cual fue aprobado mediante R.D. N° 30-2013-MTC/14; así también se hará uso del “Manual de Inventarios Viales”, perteneciente al Ministerio de Transportes y Comunicaciones y aprobado mediante R.D. N° 09-2014-MTC/14, el cual permitirá elaborar un inventario vial, respetando los márgenes establecidos, para el adecuado procesamiento de la información que se pretende obtener.

2.5.2.1.2. COMPETENCIAS VIALES DE LOS ORGANISMOS DESCENTRALIZADOS DE GOBIERNO

Según Salomón Emilio, la responsabilidad sobre la gestión vial (expansión y conservación de los caminos) estuvo tradicionalmente a cargo de los gobiernos nacionales a través de sus Ministerios de Obras Públicas o de Transporte.

Sin embargo, a lo largo de la década de 1990, como consecuencia de las reformas estructurales emprendidas por los países de la región, tales responsabilidades han sido delegadas en forma parcial o total a instancias desconcentradas o descentralizadas de gobierno, dependiendo de la clasificación de las vías. Así:

a) Red primaria, llamada también red nacional o fundamental

Según Salomón Emilio, comprende las rutas principales o de primer orden que atraviesan el país de frontera a frontera, o que conectan las principales ciudades entre sí, o a éstas con los enclaves o zonas económicas de importancia nacional. También las que conectan tales ciudades o zonas con los puertos o aeropuertos que dan salida internacional al país.

Estas redes suelen encontrarse administradas por entidades especializadas de alcance nacional que operan desconcentradamente, así los institutos, servicios o sistemas nacionales de caminos.

b) Red secundaria, llamada también red complementaria o departamental (o provincial según la estructura política del país)

Según Salomón Emilio, comprende los caminos que vinculan las capitales de departamento (o provincia, según la división política del país) con las ciudades y poblaciones más importantes del propio departamento (o provincia); o de ellas con las zonas de importancia económica del mismo departamento (o provincia).

También las que conectan dos departamentos (o provincias) entre sí, sin llegar a tener importancia nacional. Permite el acceso de estas poblaciones o áreas productivas a la red primaria.

La gestión de las redes secundarias en general ha sido asignada a los niveles intermedios de gobierno (gobiernos o corporaciones regionales, departamentales o provinciales, según corresponda a la división política del país), los cuales administran las vías directamente, a través de sus Direcciones o Departamentos de Obras o de Caminos;

o desconcentradamente, a través de servicios provinciales o departamentales especializados.

c) Red terciaria o vecinal

Según Salomón Emilio, está conformada por las carreteras de carácter local que vinculan pequeños centros poblados urbanos o rurales entre sí, o con las comunidades o centros de producción de importancia local. Se denominan también rutas colectoras porque permiten el acceso de las pequeñas poblaciones o zonas de producción a las redes secundaria o primaria.

La gestión de las redes terciarias ha sido asignada, en general, a los gobiernos locales (municipios, comunas, cantones), aunque es frecuente encontrar aquí que la gestión vial no pasa de ser un hecho meramente legal, pues este nivel de gobierno tiene, en general, limitaciones de orden presupuestal y técnico para asumirla de manera cabal.

2.5.2.1.3. RESULTADOS QUE HA TENIDO LA DESCENTRALIZACIÓN DE LA GESTIÓN VIAL

Según Salomón Emilio, los procesos de descentralización o desconcentración de la gestión vial han dado buenos resultados en el ámbito de las redes fundamentales, en la medida que los organismos viales operan sobre sistemas de concesión al sector privado y basan su sostenibilidad en el cobro de peajes. En cambio, la descentralización de las funciones viales hacia entidades regionales o locales de gobierno, sólo en contados casos ha contribuido a mejorar las condiciones generales de las vías, siendo que en la mayoría de ellas se reporta iguales o mayores niveles de deterioro.

Las causas que motivan esta situación suelen ser múltiples, aunque es posible señalar como las más importantes:

Falta de mayor precisión legal acerca de las responsabilidades que les compete desarrollar a las entidades locales o regionales en materia vial.

Desconocimiento de las autoridades locales o regionales acerca de los principios de la gestión vial y de las labores técnicas que deben asumir para la conservación de los caminos.

Ausencia de políticas y normas nacionales de conservación vial.

Limitados recursos presupuestales de las entidades responsables.

Privilegio a la ejecución de obras nuevas antes que al mantenimiento de los caminos existentes.

Carencia de infraestructura adecuada y de personal técnico especializado.

Es necesario que esta situación sea revertida, para así asegurar una efectiva conservación vial consistente con los procesos de descentralización administrativa que los países están empeñados en impulsar, como requisito para lograr niveles más armónicos de desarrollo.

Ello requiere de un esfuerzo conjunto por parte de las autoridades nacionales regionales y locales, el cual debe partir de la formulación de estrategias ajustadas a cada realidad nacional, y de la adopción de políticas específicas que se orienten a reforzar los procesos iniciados.

2.5.2.1.4. CARACTERÍSTICAS DE UNA BUENA GESTIÓN VIAL

Según Salomón Emilio, una buena gestión se caracteriza por desarrollar el trabajo no sólo circunscrito a su área de competencia inmediata (la construcción o mantenimiento de los caminos), sino que procura la integración de las áreas en las cuales influye su actividad, de modo de propender al bien común y a minimizar los efectos negativos en el entorno. Ello significa:

Tener conciencia de la influencia de los caminos sobre el desarrollo económico y social.

El esfuerzo de integrar en la gestión a los destinatarios del que hacer vial, es decir a los usuarios y beneficiarios.

Considerar la seguridad vial como una acción destinada a la disminución de los accidentes y a la preservación de la vida.

Conocer los impactos negativos de los caminos, para disminuir los impactos ambientales y contribuir a la sustentabilidad del medio.

Conocer el grado de vulnerabilidad de la infraestructura a los embates de la naturaleza, con el fin de adoptar medidas que tiendan a disminuir las consecuencias de los mismos.

2.5.2.2. CONSERVACIÓN VIAL

Según Salomón Emilio, se entiende por conservación vial al conjunto de actividades técnicas, de naturaleza periódica o rutinaria, que deben realizar los organismos responsables de la gestión vial para cuidar las vías y mantenerlas en estado óptimo de

operación. Estas acciones tienen como propósito inmediato brindar fluidez al tránsito vehicular en todas las épocas del año, pero también, en un sentido más amplio, buscan proporcionar comodidad y seguridad a los usuarios y preservar las inversiones efectuadas en la construcción o rehabilitación de los caminos.

2.5.2.2.1. ¿CÓMO OPERA UN ESQUEMA SANO DE CONSERVACIÓN VIAL?

Según Salomón Emilio, un esquema sano de conservación vial es el que opera cumpliendo con las siguientes condiciones básicas:

La red debe mantenerse en buen estado, no sólo ocasionalmente sino de manera permanente, con criterio preventivo y dentro de una perspectiva de largo plazo.

La conservación de la red debe proyectarse a un costo razonable, optimizando la relación costo - beneficio.

Debe racionalizarse el uso de los recursos humanos y materiales disponibles.

Debe reducirse al mínimo los impactos negativos al medio ambiente.

Cada vez es mayor el número de países latinoamericanos que viene adoptando un esquema sano de conservación vial, lo cual ha generado políticas para una conservación vial de carácter preventivo y estructuras organizativas adecuadas para la gestión vial.

Merecen especial atención los casos de Colombia y Perú, donde se han encomendado las labores técnicas del mantenimiento rutinario y preventivo a microempresas que son promovidas entre los pobladores que habitan en las inmediaciones de las vías, generando altos impactos económicos y sociales que influyen fuertemente en el desarrollo local.

2.5.2.2.2. CICLO DE VIDA “FATAL” DE LOS CAMINOS

Según Menéndez José Rafael, los caminos sufren un proceso de deterioro permanente debido a los diferentes agentes que actúan sobre ellos, tales como: el agua, el tráfico, la inestabilidad de taludes, etc.

Estos elementos afectan al camino, en mayor o menor medida, pero su acción es permanente y termina deteriorándolo a tal punto que lo puede convertir en intransitable.

El deterioro de un camino es un proceso que tiene diferentes etapas, desde una etapa inicial, con un deterioro lento y poco visible, pasando luego por una etapa crítica donde

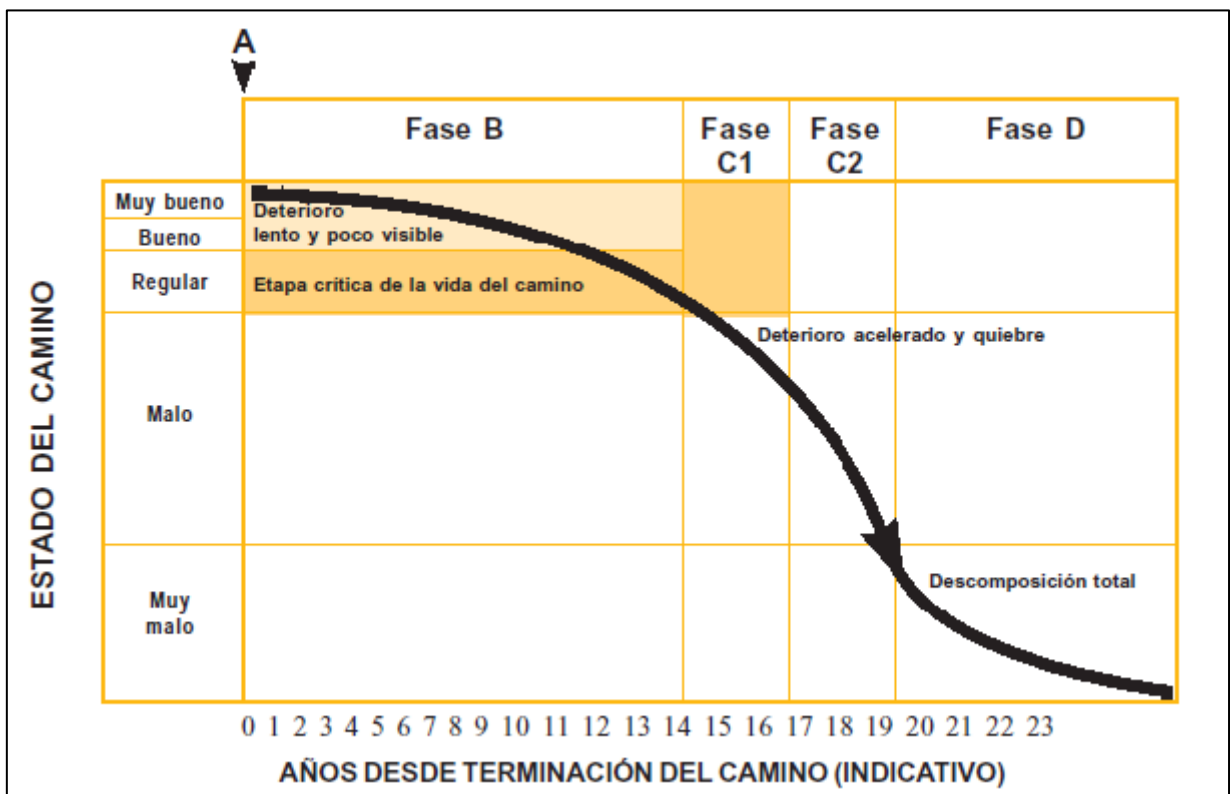
su estado deja de ser bueno, para deteriorarse rápidamente, al punto de la descomposición total.

Por tanto, el mantenimiento no es una acción que puede efectuarse en cualquier momento, sino más bien es una acción sostenida en el tiempo, orientada a prevenir los efectos de los agentes que actúan sobre el camino, extendiendo el mayor tiempo posible su vida útil y reduciendo las inversiones requeridas a largo plazo.

2.5.2.2.3. FASES DE DETERIORO DE LA VÍA

Según Menéndez José Rafael, en los países de Latinoamérica, así como en otros continentes, los caminos están sometidos a un ciclo que, por sus características, ha adquirido la condición de fatal. Ese ciclo consta de cuatro fases, las cuales se describen a continuación:

Figura N° 01: Condición de la vía sin mantenimiento



Fuente: Manual Técnico de Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas: José Rafael Menéndez, (2003).

a) Fase A: Construcción

Un camino puede ser de construcción sólida o con algunos defectos. De todos modos entra en servicio apenas se termina la obra, o incluso está en funcionamiento mientras

se realiza la rehabilitación o mejoramiento.

El camino se encuentra, en ese momento, en excelentes condiciones para satisfacer plenamente las necesidades de los usuarios. (Punto A del gráfico).

b) Fase B: Deterioro lento y poco visible

Durante un cierto número de años, el camino va experimentando un proceso de desgaste y debilitamiento lento, principalmente en la superficie de rodadura, aunque, en menor grado, también en el resto de su estructura. El desgaste se produce en proporción al número de vehículos livianos y pesados que circulan por él, aunque también por la influencia del clima, las precipitaciones o aguas superficiales y otros factores. Por otro lado, la velocidad del desgaste depende también de la calidad de la construcción inicial.

Para disminuir el proceso de desgaste y debilitamiento, es necesario aplicar, con cierta frecuencia, diferentes medidas de conservación, principalmente en la superficie de rodadura y en las obras de drenaje, además de efectuar las operaciones rutinarias de mantenimiento. Si no se efectúan, la vida útil del camino se reduce sustancialmente.

En épocas anteriores, la conservación de las vías durante esta fase ha sido prácticamente nula, debido a la no asignación de recursos o a que los recursos eran asignados a los caminos que se encontraban en muy mal estado. Pero también ha actuado en contra el mal entendido concepto del “diseño del camino para un determinado número de años”. Suele decirse que un camino está diseñado para un número determinado de años, lo que lleva a que muchas personas supongan, equivocadamente, que durante ese período no hay necesidad de conservarlos, sino reconstruirlos después del tiempo estipulado. Incluso hay ingenieros viales que consideran inevitable que al cabo de un tiempo el camino estará destruido y necesitará una reconstrucción.

Durante la fase B (ver gráfico), el camino se mantiene en aparente buen estado y el usuario no percibe el desgaste, a pesar del aumento gradual de fallas menores aisladas.

El camino sigue sirviendo bien a los usuarios y está en condiciones de ser conservado en el pleno sentido del término.

c) Fase C: Deterioro acelerado

Después de varios años de uso, la superficie de rodadura y otros elementos del camino están cada vez más “agotados”; el camino entra en un período de deterioro acelerado y resiste cada vez menos el tránsito vehicular.

Al inicio de esta fase, la estructura básica del camino aún sigue intacta y la percepción de los usuarios es que el camino se mantiene bastante sólido; sin embargo, no es así.

Avanzando más en la fase C, se puede observar cada vez más daños en la superficie y comienza a deteriorarse la estructura básica, lo cual, lamentablemente, no es visible.

En otras palabras, cuando la superficie de rodadura presenta fallas graves que pueden verse a simple vista, es posible asegurar que la estructura básica del camino está siendo seriamente dañada.

Los daños comienzan siendo puntuales y poco a poco se van extendiendo hasta afectar la mayor parte del camino.

Esta fase es relativamente corta, ya que una vez que el daño de la superficie se generaliza, la destrucción es acelerada.

d) Fase D: Descomposición total

La descomposición total del camino constituye la última etapa de su existencia y puede durar varios años.

Durante este período el paso de los vehículos se dificulta seriamente, la velocidad de circulación baja bruscamente y la capacidad del camino queda reducida a sólo una fracción de la original.

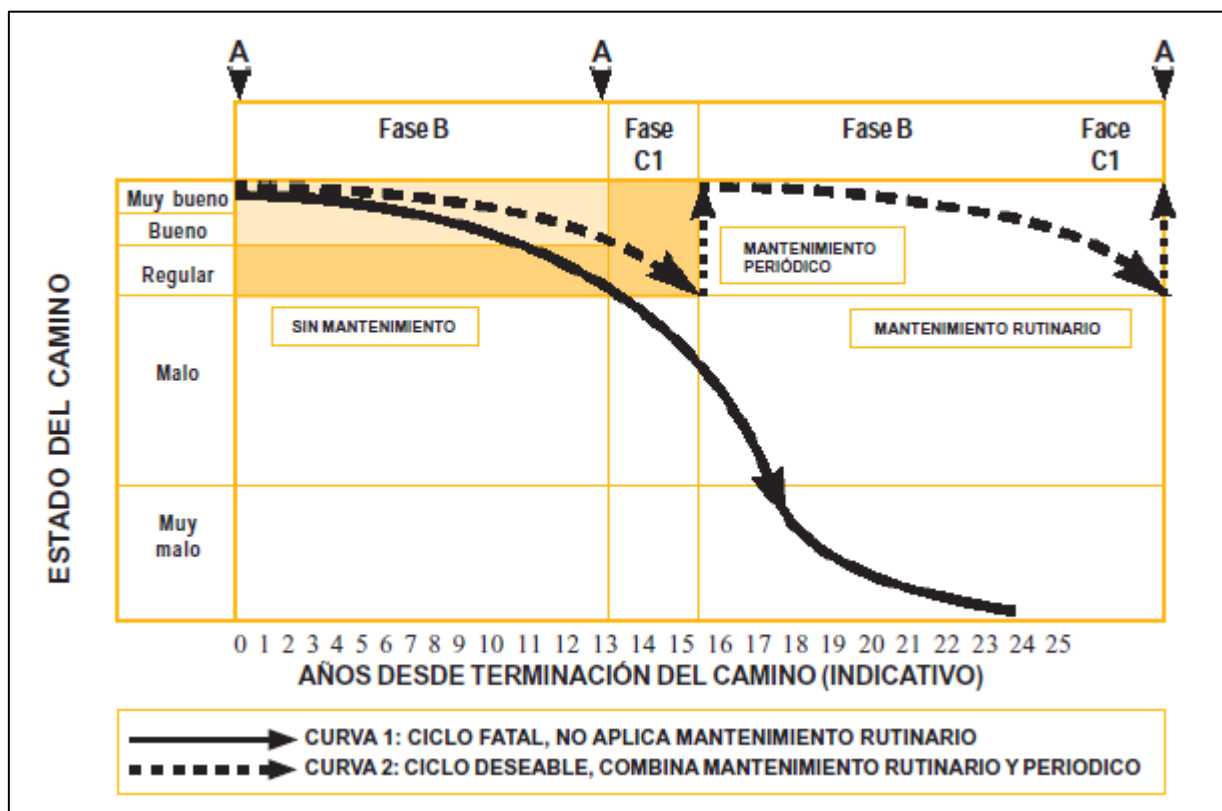
En estas condiciones, los costos de operación de los vehículos suben de manera considerable y la cantidad de accidentes graves también aumenta.

En Latinoamérica existen muchos ejemplos “perfectos” de vías que han llegado a esta fase de descomposición, encontrándose con el deterioro total de caminos. Su reconstrucción viene demandando la inversión de muchos millones de dólares, este gasto, sin embargo, pudo haberse evitado si se hubiera intervenido oportunamente en el proceso de mantenimiento.

2.5.2.2.4. CICLO DE VIDA DESEABLE

Menéndez José Rafael, menciona que el proceso de ciclo de vida sin mantenimiento se le puede denominar “fatal”, porque conduce al deterioro total del camino, pero con la aplicación de un sistema de mantenimiento adecuado se puede llegar a mantener el camino dentro de un rango de deterioro aceptable, tal como se aprecia en la siguiente figura:

Figura N° 02: Condición de la vía con y sin mantenimiento



Fuente: Manual Técnico de Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas: José Rafael Menéndez, (2003).

Se considera que es posible lograr una adecuada conservación de los caminos, estableciendo un ciclo deseable de vida del camino. Así, si el ciclo se inicia con un camino nuevo o recientemente rehabilitado, éste se encontrará en un estado óptimo de servicio. Pero el uso del camino va generando un desgaste "natural" del mismo, principalmente como consecuencia del flujo vehicular y de los factores climáticos.

Si la autoridad competente desarrolla un sistema de mantenimiento rutinario del camino, este desgaste tenderá a ser más lento y prolongará en el tiempo la necesidad de intervenir con un mantenimiento de tipo periódico. Puede observarse que el mantenimiento rutinario prolonga el estado de conservación del camino en el nivel muy bueno y bueno por más tiempo, en comparación con el caso del camino al que no se le brinda este tipo de mantenimiento.

El estado de conservación de muy bueno a regular en un camino no mantenido puede prolongarse por un período aproximado de dos a tres años, mientras que con el mantenimiento rutinario este período se puede prolongar hasta unos cuatro a cinco años.

Cuando el camino llega a un estado regular, se hace necesario realizar un mantenimiento de tipo periódico, es decir reponer la capa de rodamiento.

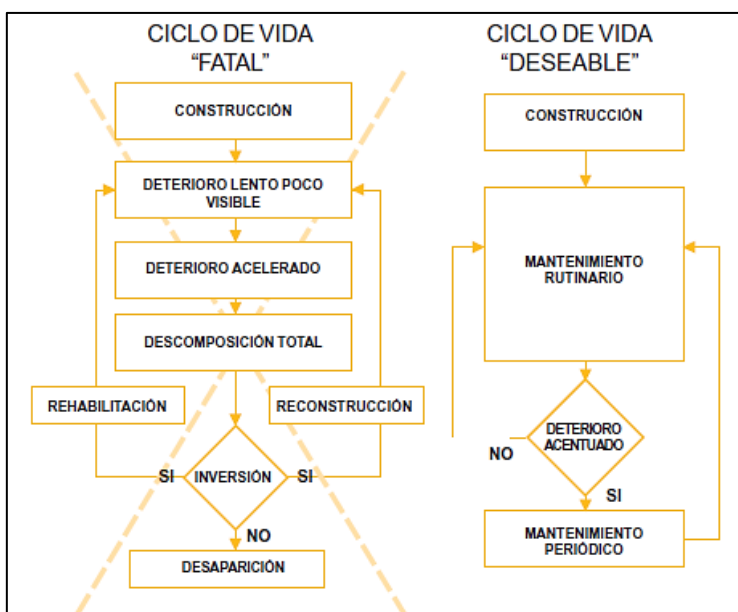
De esta manera, se consigue que el camino se mantenga en un estado óptimo de conservación, con los beneficios consiguientes para el transporte: menores tiempos de circulación, ahorro en combustible y repuestos de los vehículos, menores costos de operación y tarifas más baratas del transporte de carga y pasajeros, acceso a vehículos livianos, mayor acceso de la población a los mercados y servicios, etc.

Un camino no mantenido, en cambio, después del segundo año empieza a dar dificultades para el transporte: mayores tiempos de circulación, mayor consumo de combustible y repuestos, mayores costos de operación del transporte, acceso sólo a vehículos pesados, tarifas más altas del transporte, menor acceso de la población a los mercados y servicios, etc.

2.5.2.2.5. CICLO DE VIDA FATAL Y DESEABLE DE UNA CARRETERA

Menéndez José Rafael, muestra en un diagrama el proceso que sigue un camino sin mantenimiento y otro con mantenimiento, en el que podemos apreciar que la falta de mantenimiento permanente conduce inevitablemente al deterioro total del camino, mientras que la atención constante del mismo mediante el mantenimiento rutinario, sólo requiere, cada cierto tiempo, trabajos de mantenimiento periódico.

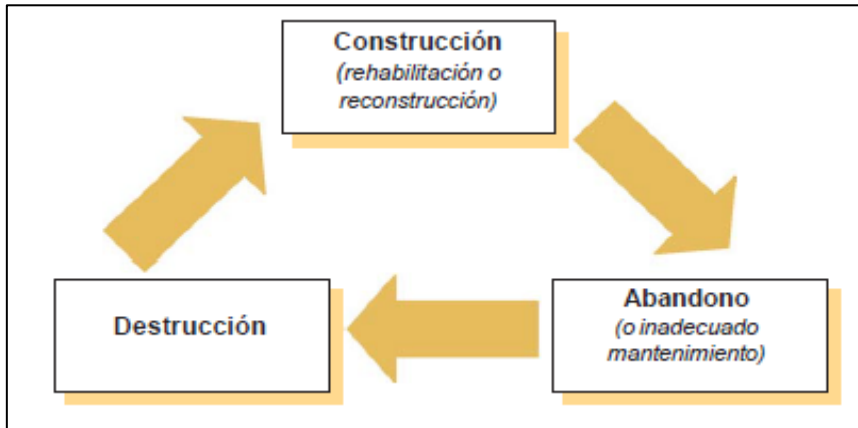
Figura N° 03: Diagrama de flujo del ciclo de vida “fatal” y “deseable”



Fuente: Manual Técnico de Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas: José Rafael Menéndez, (2003).

Se presenta un esquema del ciclo fatal del camino.

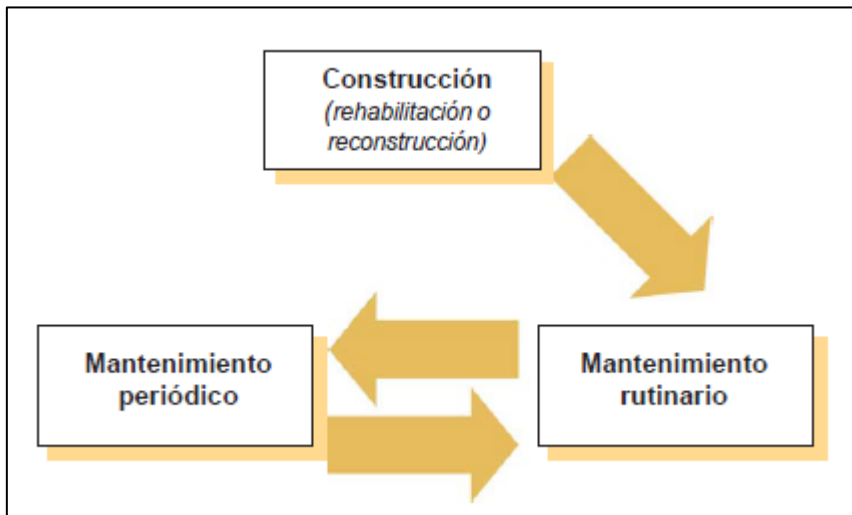
Figura N° 04: Diagrama del ciclo de vida “fatal” del camino



Fuente: Manual Técnico de Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas: Emilio Salomón, (2003).

Se presenta un esquema ideal de conservación, que consiste en combinar un adecuado mantenimiento rutinario con un mantenimiento periódico oportuno.

Figura N° 05: Diagrama del ciclo de vida “deseable” del camino



Fuente: Manual Técnico de Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas: Emilio Salomón, (2003).

La planificación del mantenimiento es entonces la base imprescindible de una buena gestión vial.

2.5.2.3. IMPORTANCIA DE LA CONSERVACIÓN VIAL

Según Menéndez José Rafael, la conservación vial es importante por lo siguiente:

Ahorros en los costos de operación vehicular.

Ahorro de tiempo para los usuarios.

Preserva la inversión realizada por las instituciones administradoras viales.

Brinda a los usuarios seguridad, rapidez y confort.

Permite acceder a servicios como salud, educación y otros como los mercados.

2.5.2.4. CAMBIO CONCEPTUAL PARA LOGRAR UNA EFECTIVA CONSERVACIÓN VIAL

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, menciona que desde el punto de vista técnico-económico, lo que se propone conceptualmente para efectuar una atención adecuada de la infraestructura carretera es propender por la aplicación de una cultura que privilegie la actuación con criterio preventivo, es decir, realizar intervenciones viales rutinarias con el propósito de evitar que se produzca su deterioro prematuro y efectuar intervenciones periódicas para recuperar las condiciones viales afectadas por el uso de las vías. Esto significa en la práctica actuar permanentemente para mantener siempre limpias las obras de drenaje, sellar las fisuras cuando aparezcan, limpiar los cauces para conservar la capacidad hidráulica de las obras, estabilizar y proteger los taludes, reponer periódicamente los afirmados y colocar refuerzos en las capas asfálticas, entre otras.

Lo anterior implica un cambio en la cultura organizacional de las entidades viales. Es un cambio del concepto tradicional de trabajo de actuar para reparar lo dañado por el concepto de actuar para evitar que se dañe. En otras palabras, se trata de ir modificando paulatinamente el quehacer institucional en el que prevalecen las acciones correctivas por el que prevalezcan las acciones preventivas, tal como se ilustra en la figura.

Figura N° 06: Cambio hacia una cultura preventiva en el mantenimiento vial



Fuente: Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras - MTC, (2007).

2.5.2.5. PLAN DE CONSERVACIÓN VIAL

Según García Cerezo Pablo y Hernández García Gerardo, los Administradores viales, son los encargados de realizar un plan de conservación, para intervenir con las acciones necesarias para contrarrestar los desgastes que sufre la vía, para ello se tiene que definir los siguientes aspectos:

Las tareas que se deberán ejecutar.

El periodo oportuno para su intervención.

Determinar los sitios donde se ejecutaran las actividades.

Determinar la cantidad de trabajo a realizar.

La priorización de las actividades.

Para la ejecución del plan de conservación, se debe:

Facilitar la circulación de los vehículos en la infraestructura existente en las condiciones adecuadas de seguridad y de fluidez.

Retrasar todo lo posible el proceso de degradación de las características funcionales o estructurales de los elementos de la carretera.

Promover la prestación de servicios complementarios de calidad que faciliten el buen funcionamiento de la circulación y mejoren la comodidad del usuario.

Obtener datos e información rápida y fiable sobre el uso y funcionamiento de la red.

2.5.2.6. NIVELES DE INTERVENCIÓN EN LA CONSERVACIÓN VIAL

Menéndez José Rafael, denomina niveles de intervención a las diversas acciones relacionadas con la vía, clasificadas de acuerdo a la magnitud de los trabajos, desde una intervención sencilla pero permanente (mantenimiento rutinario), hasta una intervención más costosa y complicada (reconstrucción o rehabilitación).

Uno de los objetivos primordiales de la conservación vial es evitar, al máximo posible, la pérdida del capital ya invertido, mediante la protección física de la infraestructura básica y de la superficie del camino. La conservación procura específicamente evitar la destrucción de partes de la estructura de los caminos y su posterior rehabilitación o reconstrucción. La conservación constituye, por tanto, en la realización de actividades o tareas que no impliquen modificar la estructura existente del camino.

a) Mantenimiento o conservación rutinaria

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, es el conjunto de actividades que se ejecutan permanentemente y se constituyen en acciones que se realizan diariamente en los diferentes tramos de la vía. Tiene como finalidad principal la preservación de todos los elementos viales con la mínima cantidad de alteraciones o de daños y, en lo posible, conservando las condiciones que tenían después de la construcción o de la rehabilitación.

Debe tener el carácter de preventiva y se incluyen en ella las actividades de limpieza de la calzada y de las obras de drenaje, el corte de la vegetación de la zona del derecho de vía y las reparaciones de los defectos puntuales de la plataforma, entre otras.

b) Mantenimiento o conservación periódica

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, es el conjunto de actividades que se ejecutan en períodos, en general, de más de un año y que tienen el propósito de evitar la aparición o el agravamiento de defectos mayores, de preservar las características superficiales, de conservar la integridad estructural de la vía y de corregir algunos defectos puntuales mayores. Ejemplos de esta conservación son la colocación de capas de refuerzo o recapados en pavimentos asfálticos, la reposición de afirmados y la reconformación de la plataforma existente en vías afirmadas, el recubrimiento de vías no pavimentadas con tratamiento bituminoso, y las reparaciones de los diferentes elementos físicos del camino.

c) Rehabilitación

Según Menéndez José Rafael, consiste en la reparación selectiva y de refuerzo estructural, previa demolición parcial de la estructura existente. La rehabilitación procede cuando el camino se encuentra demasiado deteriorado como para poder resistir una mayor cantidad de tránsito en el futuro, pudiendo incluir algunos mejoramientos en los sistemas de drenaje y de contención. La rehabilitación tiene como propósito restablecer la capacidad estructural y la calidad de la superficie de rodadura.

En la mayoría de casos, la rehabilitación se hace cuando no ha existido una conservación adecuada, pero en un esquema sano de conservación sólo debería ser ocasionalmente necesaria, como cuando deben rehabilitarse fracciones defectuosas de una vía nueva.

Debe señalarse al respecto que estos defectos se producen por falta de homogeneidad

en la ejecución de la obra, imposible de evitar completamente al momento de su construcción.

Las actividades contenidas dentro de los trabajos de rehabilitación pueden ser agrupadas de la siguiente manera:

Restablecer la capacidad estructural y la calidad de la superficie de rodadura.
Mejorar el sistema de drenaje.

d) Mejoramiento

Según Menéndez José Rafael, se refiere a la introducción de mejoras en los caminos, relacionadas con el ancho, el alineamiento, la curvatura o la pendiente longitudinal, incluidos los trabajos relacionados a la renovación de la superficie y la rehabilitación. El objetivo de estas labores es incrementar la capacidad del camino y la velocidad de circulación, así como la seguridad de los vehículos que por él transitan.

En sentido estricto, estos trabajos no son considerados como actividades de conservación, excepto la renovación de superficie.

e) Reparaciones de emergencia

Según Menéndez José Rafael, son aquellas que se realizan cuando el camino está en mal estado o incluso intransitable, como consecuencia del descuido prolongado o de un desastre natural, por no disponerse de los recursos necesarios para reconstruirlo o rehabilitarlo, que es lo que correspondería hacer.

Mediante una reparación de emergencia no se remedian las fallas estructurales, pero se hace posible un flujo vehicular regular por un tiempo limitado.

Generalmente, las reparaciones de emergencia dejan el camino en estado regular.

2.5.2.7. INVENTARIO Y EVALUACIÓN VIAL

González R.A., señala que el inventario y evaluación vial para la conservación es un procedimiento para identificar, cuantificar y evaluar la condición de todos aquellos elementos de la carretera que requieren conservación o deben ser atendidos mediante un programa anual. El inventario y evaluación debe ser ejecutado periódicamente, para obtener la información necesaria para programar las actividades de conservación vial que se realizarán durante el siguiente periodo y determinar el nivel de presupuesto requerido por los administradores de la conservación vial.

Figura N° 09: Formato de inventario vial para calzada

| Ruta | Tramo | Tramo | | Coordenada - Inicio - WGS84 | | Número de carriles | Ancho de calzada (m) | Estado de conservación | Fecha |
|------|-------|-------------|----------|-----------------------------|----------|--------------------|----------------------|------------------------|-------|
| | | Inicio (Km) | Fin (Km) | Latitud | Longitud | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Fuente: Manual de Inventarios Viales - MTC (2013).

Figura N° 10: Formato de inventario vial para conservación

| Ruta | Tramo | Coordenada - Inicio - WGS 84 | | Tramo | | Estado de conservación | Fecha |
|------|-------|------------------------------|----------|-------------|---------|------------------------|-------|
| | | Latitud | Longitud | Inicio (Km) | Fin(Km) | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Fuente: Manual de Inventarios Viales - MTC (2013).

Figura N° 11: Formato de inventario vial para bermas

| Ruta | Tramo | Tramo | | Coordenada - Inicio - WGS 84 | | Ancho de Berma Izquierda | Ancho de Berma Derecha | Estado de Conservación | Fecha |
|------|-------|-------------|---------|------------------------------|----------|--------------------------|------------------------|------------------------|-------|
| | | Inicio (Km) | Fin(Km) | Latitud | Longitud | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Fuente: Manual de Inventarios Viales - MTC (2013).

Donde:

IMDS representa el Índice Medio Diario Semanal o Promedio de Tráfico Diario Semanal.

FC representa el Factor de Corrección Estacional.

El Índice Medio Diario Semanal (IMDS) se obtiene a partir del volumen de tráfico diario registrado por tipo de vehículo en un tramo de la red vial durante 7 días.

$$\text{IMDS} = \sum v_i / 7$$

Donde:

V_i : Volumen vehicular diario de cada uno de los 7 días de conteo volumétrico.

El Factor de Corrección Estacional (FC) es un valor numérico requerido para expandir la muestra del flujo vehicular semanal realizado a un comportamiento anualizado del tránsito. Dicho valor es proporcionado por PROVIAS NACIONAL.

La aplicación del Factor de Corrección (FC), tiene por objeto eliminar el factor de estacionalidad que afecta los movimientos de carga y pasajeros. El factor de estacionalidad depende de una diversidad de factores exógenos como son: las épocas de vacaciones para el caso de movimientos de pasajeros; las épocas de cosecha y los factores climáticos para el transporte de productos agropecuarios; la época navideña para la demanda de todo tipo de bienes.

La determinación de la estacionalidad del tráfico debe ser analizado con atención para definir la época en la cual se están realizando los aforos y encuestas y poder expandir o proyectar los tráficos y expresarlos en términos de un tráfico promedio diario anual (IMDA), de tal forma que se eliminen los picos alto y bajos que podrían presentarse al momento de tomar la información.

Con la información de conteos recopilada en campo y las series históricas de tránsito de las estaciones de peaje ubicadas en la red de análisis, es posible caracterizar este comportamiento.

Para la proyección se empleara la formula siguiente:

$$\text{TPDA FUTURO} = \text{TPDA ACTUAL} (1 + i)^n$$

Dónde:

i = Índice de crecimiento vehicular.

n = Número de años de proyección vial.

2.5.2.9. COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR

Según Salomón Emilio, los costos de operación vehicular, son aquellos que se generan, por el tránsito vehicular en las vías. Depende principalmente de las características geométricas, la topografía y estado del pavimento. Está comprendido por el costo de combustibles, lubricantes, reparación de vehículos, costos generados por cierres, demoras y accidentes.

Cuadro N° 03: Costos de operación vehicular

| COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR | | |
|-------------------------------|------------|-------------|
| VARIABLES | FIJOS | OTROS |
| Combustible | Seguro | Imprevistos |
| Neumáticos | Salarios | Accidentes |
| Lubricantes | Matrículas | |
| Filtros | Impuestos | |
| Reparaciones | | |

Fuente: Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas, (2003).

Los costos variables, tiene tres parámetros para su determinación, los cuales son: precio del insumo, cantidad, frecuencia del cambio, está en función de la capa de rodadura de la vía.

Según Morales Sosa Hugo Andrés, el costo de operación de los vehículos indica cuánto cuesta tener operando determinado vehículo. Este costo puede ser medido con respecto al tiempo, con respecto a la cantidad de kilómetros recorridos.

Para su cálculo se debe determinar:

a) El tipo de carretera por la que transita el vehículo:

Esto es si es primaria, secundaria, etc.; el tipo de terreno (llano, ondulado o montañoso); el estado de la vía (bueno, regular, malo), el tipo de superficie por la que se desplaza el vehículo (asfalto, tierra, etc.).

b) El tipo y características de los vehículos:

Vehículo tipo, kilómetros recorridos al año, precio del vehículo, vida útil, tasa de interés del capital, sueldo del conductor, consumo de combustibles, cambio de llantas en el año,

cambio de aceite y demás lubricantes, costo de reparaciones y repuestos, seguros, impuestos, número de horas efectivas de servicio por año, beneficios, etc.,

2.5.2.9.1. DETERMINACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR

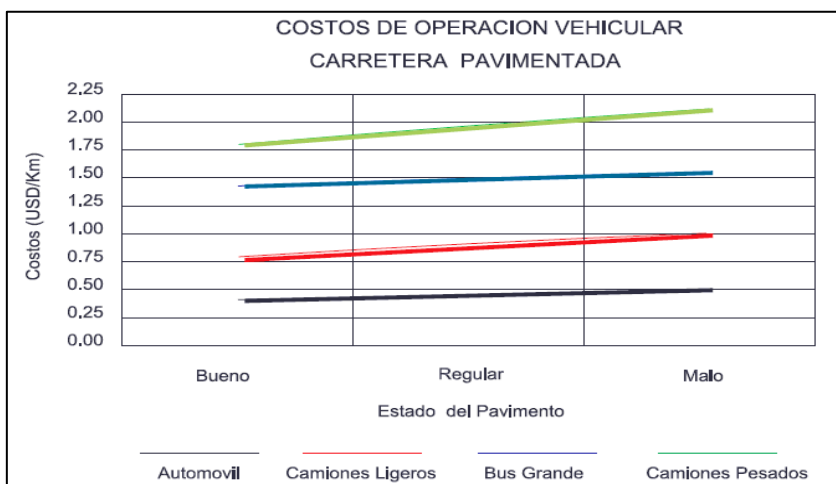
Según Gonzáles R.A., existen varias metodologías, para determinar los costos de operación vehicular, pero principalmente se lo determina mediante el procesamiento de los gastos que realizan los usuarios de la vía al transitar en ella, en referencia a insumos consumidos de combustibles, lubricantes, neumáticos, repuestos, etc. Estos gastos están relacionados con la composición del tráfico del proyecto, así mismo de las condiciones geométricas de la carretera y principalmente del estado de su capa de rodadura.

a) Metodología del Instituto Nacional de Vías – Colombia

En Colombia, se utilizó un modelo implementado por el Banco Mundial, el cual considera el impacto del estado de las vías en los usuarios, principalmente en forma de costos de operación vehicular (COV). Estos costos son calculados mediante la estimación de las cantidades consumidas de recursos tales como el combustible, neumáticos y lubricantes, entre otros, multiplicadas por los costos unitarios y especificados para cada tipo de vehículo.

En la figura siguiente se muestra el comportamiento del costo de operación vehicular (COV), según el tipo de vehículo y el estado de la vía en función del Índice de rugosidad Internacional (IRI). Se aprecia cómo a medida que empeora el estado de la vía, el costo de operación vehicular aumenta.

Figura N° 16: Costos de operación según estado del pavimento y vehículo



Fuente: Instituto Nacional de Vías - Colombia, (2011).

Una aplicación del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) se ha realizado en las vías interurbanas de Bogotá en el año 2008, como se observa los cálculos realizados por el INVIAS confirman el comportamiento descrito en la gráfica, donde existe una relación directa entre el estado del pavimento y el aumento en los costos de operación de los vehículos, comportamiento que se mantiene sin importar el tipo de terreno.

Para la consideración del IRI, se determina con los siguientes datos:

Tabla N° 01: Relación entre la condición de la carretera vs IRI

| CONDICIÓN DE LA CARRETERA VS IRI | |
|---|----------------------------|
| Condición | Carretera Asfaltada |
| Buena | 0 - 4 |
| Regular | 4 - 6 |
| Mala | 6 - 10 |

Fuente: Instituto Nacional de Vías - Colombia, (2011).

b) Metodología de Len Asociados Ingenieros Consultores – Chile

En su publicación “Efectos sobre los usuarios de las obras de Infraestructura Publica Concesionada”. La firma consultora se basa en el siguiente análisis: Toman como característica principal la capa de rodamiento, la cual se categoriza en diferentes niveles, desde bueno, regular, malo y pésimo, y están en función del Índice de rugosidad internacional (IRI), de acuerdo al detalle continuo:

Tabla N° 02: Relación entre la condición de la carretera vs IRI

| CONDICIÓN DE LA CARRETERA VS IRI | | |
|---|----------------------------|----------------------------|
| Condición | Carretera Asfaltada | Carretera de Tierra |
| Buena | 2 | 4 |
| Regular | 5 | 10 |
| Mala | 6 | 14 |
| Pésima | 10 | 20 |

Fuente: Len & Asociados Ingenieros Consultores - Chile, (2007).

Posterior a ello, hacen un análisis del porcentaje que representa cada uno de los insumos, que intervienen en el cálculo del costo de operación, como son combustibles, neumáticos, lubricantes, etc.

En relación al costo del vehículo tipo analizado, los cuales se presentan a continuación:

Tabla N° 03: Porcentaje de Consumo de insumos en función del costo inicial vehicular (vías con mantenimiento)

| TIPO DE VEHÍCULO | | |
|------------------|---------|--------|
| Rubro | Liviano | Pesado |
| Combustible | 15% | 20% |
| Repuestos | 4% | 4% |
| Neumáticos | 6% | 7% |
| Lubricantes | 2% | 2% |
| Mantenimiento | 5% | 5% |

Fuente: Len & Asociados Ingenieros Consultores - Chile, (2007).

A estos porcentajes, del costo de operación vehicular, la consultora indica parámetros, comparando los costos en vías con capa de rodamiento en buenas y malas condiciones, en las cuales los ahorros de combustibles para los vehículos livianos son significativos, alcanzando hasta un 30%, para los vehículos pesados este ahorro se sitúa entre el 20% y 40%, aun cuando esta cifra máxima es hipotética puesto que en tramos angostos y de gradientes altas suelen registrarse alto flujo de camiones.

En tramos sin cogestión los vehículos livianos no presentan ahorros de importancia, en cambio el ahorro para los vehículos pesados alcanza el 17%.

Los demás componentes del costo de operación: (Repuestos, mantenimiento, neumáticos y lubricantes) varían sus ahorros; cuyos porcentajes de afectación o factor de incremento para los vehículos livianos y vehículos pesados en vías en mal estado o sin mantenimiento según autores y se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla N° 04: Porcentajes de afectación en vías sin mantenimiento

| Tipo de Vehículo | Vehículos Livianos | Vehículos Pesados |
|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Neumáticos | 18% | 20% |
| Lubricantes | 20% | 7% |
| Repuestos | 26% | 49% |
| Mantenimiento | 15% | 30% |

Fuente: Len & Asociados Ingenieros Consultores - Chile, (2007).

A los resultados obtenidos del producto de cada porcentaje de afectación con los respectivos insumos de los costos de operación vehicular según corresponda, le afectan el tráfico promedio diario anual (TPDA), tanto en su volumen y composición, y determinan un costo de operación vehicular anual.

2.5.2.10. COSTO DE MANTENIMIENTO VIAL

Según Salomón Emilio, son los costos realizados durante la vida útil del pavimento para su conservación, y son asumidos directamente por los Administradores viales, se clasifican en mantenimiento periódico y rutinario.

Para proyectar un mantenimiento, es necesario conocer cómo se deteriora la red vial y cuál es el momento en que se debe aplicar los correctivos necesarios.

Cada una de las actividades que se efectúen a una carretera, traen implícitamente asociado un costo, que dependerá de la magnitud de la acción de conservación y del precio de los insumos para poder llevarla a cabo (personal, equipo y maquinaria y materiales).

Para establecer el costo y la magnitud de los trabajos, es necesario definir tareas que involucra cada una de las acciones de conservación para lo cual se considerarán las especificaciones técnicas, así como las normas de construcción de la misma.

Posteriormente a la especificación, se presenta el análisis del costo unitario de acuerdo a la unidad de medida establecida por cada actividad.

Con el conjunto de precios unitarios de cada actividad de mantenimiento, se podrá realizar un presupuesto de mantenimiento vial, en el cual se incluirá, el rubro, la descripción, la unidad de medida, la cantidad a ejecutarse, los precios unitarios y los precios totales. La inversión en mantenimiento rutinario debe considerarse como un costo permanente que garantiza la duración del camino por más tiempo y que evita mayores intervenciones a futuro.

Se presenta un cuadro, el cual indica el rango de acuerdo al Índice de rugosidad internacional (IRI), y su política de intervención.

Tabla N° 05: Rangos IRI para determinar tipo de intervención

| RANGO | POLÍTICA DE INTERVENCIÓN |
|-------------|-------------------------------|
| IRI < 4 | Mantenimiento |
| 4 < IRI < 6 | Mantenimiento/Rehabilitación |
| IRI > 6 | Rehabilitación/Reconstrucción |

Fuente: Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas, (2003).

Se presenta un cuadro, en el cual se indica el tipo de capa de rodamiento, la clase de intervención, en lo referente al mantenimiento periódico, y la frecuencia, con la que se debería ejercer la intervención.

Cuadro N° 04: Parámetros referenciales de conservación periódica

| TIPO DE VÍAS | INTERVENCIÓN | FRECUENCIA |
|------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Carpeta Asfáltica | Sello 3/8 | 5 años o fisuración mayor a 20% |
| | Recapeo | IRI > 5 |
| | Señalización Horizontal | En cada intervención |
| Tratamiento Superficial Bituminoso | Sello 3/8 | 3 años o fisuración mayor a 15% |
| | TSB | Cada 6 años |
| | Señalización Horizontal | En cada intervención |
| Rodadura Granular | Reposición material | 10 cm cada 5 años |
| | | Pérdida de material > 5 cm |
| Empedrado | Reempedrado | 8 años o daños mayores al 30% |
| Adoquinado | Readoquinado | 10 años o daños mayores al 20% |
| Tierra | Solo mantenimiento rutinario | |

Fuente: Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas, (2003).

2.5.3. MARCO CONCEPTUAL: TERMINOLOGÍA BÁSICA

Afirmado: Capa compactada de material granular natural o procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables.

Alcantarilla: Elemento del sistema de drenaje superficial de una carretera, construido en forma transversal al eje o siguiendo la orientación del curso de agua; puede ser de madera, piedra, concreto, metálicas y otros. Por lo general se ubica en quebradas, cursos de agua y en zonas que se requiere para el alivio de cunetas.

Calzada: Superficie de la vía sobre la que transitan los vehículos, pueden estar compuestos por uno o varios carriles de circulación. No incluye bermas.

Derecho de vía: Faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario. Su ancho se establece mediante resolución del titular de la autoridad competente respectiva.

Gestión: Conjunto de acciones u operaciones relacionadas con la administración y dirección de una organización.

Impacto Ambiental: Son aquellos daños a los que están expuestos la comunidad y el medio ambiente, como consecuencia de las obras de construcción, mejoramiento, rehabilitación, etc. de un camino.

Infraestructura Vial: Es el conjunto de elementos que componen la Vía: superficie de rodadura, bermas y/o franjas laterales, puentes, túneles, obras de arte y drenaje, señalización, elementos de seguridad vial, entorno, medio ambiente y otros.

Mantenimiento vial: Conjunto de actividades técnicas destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de la infraestructura vial, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario, puede ser de naturaleza rutinaria o periódica.

Mejoramiento: Ejecución de las obras necesarias para elevar el estándar de la vía mediante actividades que implican la modificación sustancial de la geometría y de la estructura del pavimento; así como la construcción y/o adecuación de los puentes, túneles, obras de drenaje, muros, y señalizaciones necesarias.

Peaje: Tasa que paga el usuario, por el derecho de utilizar la infraestructura vial pública.

Recapado asfáltico: Colocación de una o más capas de mezcla asfáltica sobre la superficie de rodadura de un pavimento existente con fines de mantenimiento o rehabilitación. En caso se especifique incluye una capa nivelante para corregir el perfil del pavimento antiguo.

Rugosidad: Parámetro del estado más característico de la condición funcional de la capa de superficie de rodadura de un pavimento. Se expresa mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

Seguridad vial: Conjunto de acciones orientadas a prevenir o evitar los riesgos de accidentes de los usuarios de las vías y reducir los impactos sociales negativos por causa de la accidentalidad.

Superficie de Rodadura: Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma.

Talud: Inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes.

Vehículo liviano: Vehículo automotor de peso bruto mayor a 1,5 t hasta 3,5 t.

Vehículo pesado: Vehículo automotor de peso bruto mayor a 3,5 t.

2.5.4. MARCO HISTÓRICO

La gestión vial surge en los años 60 en Estado Unidos, donde empiezan a ver que no era suficiente tener un conocimiento de los materiales y de los diseños; sino también entender y mirar hacia delante como se va comportar y funcionar el pavimento al transcurso del tiempo, dicho aspecto llevó a las entidades que tienen a su cargo los sistemas de transporte, entender y conocer todo lo relacionado a la gestión vial.

Durante el período 2007-2008, se dio la realización de un ciclo de talleres sobre mantenimiento vial organizados en Buenos Aires, Argentina; La Paz, Bolivia y Bogotá, Colombia, en los talleres se abordaron aspectos relacionados con el mantenimiento vial.

Entre los temas cabe mencionar los aspectos económicos, institucionales y técnicos relacionados con el mantenimiento vial, la organización para el mantenimiento, los esquemas de tercerización y de administración directa, el rol y la labor del Estado ante los esquemas de tercerización, las herramientas para la planificación del mantenimiento

vial, los recursos para el mantenimiento, su financiamiento, diferentes modelos y sistemas de gestión, las concesiones y otros modelos de conservación integral, el control por estándares, los riesgos asociados al mantenimiento según cada esquema adoptado, la problemática de las redes de bajo volumen de tráfico y de las vías no pavimentadas y el análisis de experiencias regionales específicas.

Son muy pocos los países en América Latina y el Caribe que poseen un esquema sano de conservación de la red vial. Reconociendo sus deficiencias en el área del mantenimiento vial, una buena parte de los Ministerios de Obras Públicas de los países de la región han comenzado a buscar respuestas a los múltiples problemas de la gestión y de la conservación vial. En algunos países se ha adquirido un mejor conocimiento en el área de la ingeniería y de la planificación del mantenimiento; en otros, se han desarrollado proyectos de reorganización, de descentralización y también de recentralización, e incluso ha habido algún aumento en las asignaciones de fondos. Probablemente, las mejoras técnicas y de organización hayan contribuido a realizar más y mejores obras, a pesar de los limitados fondos asignados. Aunque es posible que este efecto se intensifique por algún grado, los resultados globales seguirán siendo poco satisfactorios

Cabe mencionar que la vialidad es muy antigua en el Perú, dado que los sistemas primarios de transporte fueron proporcionados desde la época Inca, pero en el año de 1990 fue un punto de quiebre para el Perú, porque a partir de ese año se empieza a hacer un trabajo más ordenado para realizar el mantenimiento de la red vial y a la par se fueron realizando trabajos primarios como es el de rehabilitar y así poco a poco empezó la necesidad de hacer mantenimiento y ahora en la actualidad no es suficiente rehabilitar y mantener sino que es necesario conservar.

El MTC ha venido tomando medidas desde 1999 mediante el desarrollo de herramientas tales como el Sistema de Gestión de Mantenimiento y el Inventario Vial de la Red Vial Nacional Asfaltada. Sin embargo, se entendió necesario integrar y articular los esfuerzos realizados así como sistematizar los procesos de gestión, entendiendo que la articulación y sistematización de los procesos conducirá a una mejora en la gestión de la red vial a cargo de Provías Nacional.

En el marco de la estrategia planteada Provías Nacional ha decidido rediseñar conceptualmente el funcionamiento del Sistema de Gestión de la Infraestructura Vial, e

implementar la primera fase del Sistema de Gestión de la Infraestructura Vial consistente en la elaboración de un Plan Quinquenal de Actividades para el período 2006 – 2010, diseñado en función de las demandas previstas para las áreas de Carreteras, Puentes, Infraestructura de Seguridad Vial y Emergencias Viales.

El diagnóstico de la gestión en las áreas de carreteras, puentes, infraestructura de seguridad vial y emergencias viales estableció las bases sobre las que se elaboró la propuesta de Sistema de Gestión de la Infraestructura Vial. El Sistema de Gestión de la Infraestructura Vial (SGIV) consiste en una serie de procesos conducentes a hacer más eficiente la labor de Provías Nacional, estableciendo los procedimientos para planificar la inversión en Carreteras, Puentes, Infraestructura de Seguridad Vial y Emergencias Viales, controlar el avance en la ejecución y, en función de los resultados obtenidos, eventualmente reformular la planificación.

A medida que el tiempo transcurra, el conocimiento y la experiencia permitirán ir definiendo las herramientas más adecuadas para la operación (bases de datos, sistemas de información geográfica etc.) e incorporar nuevas tecnologías para simplificar los procedimientos y mejorar los resultados en cuanto al tema de gestión vial; puesto es así que en muchos países se siguen implementando nuevos aportes que llevan a generar nuevas prácticas para la mejora de los costos en mantenimiento vial y operación vehicular.

2.6. HIPÓTESIS A DEMOSTRAR

La elaboración de un modelo de gestión de conservación vial, permitirá la reducción de los costos de mantenimiento vial y operación vehicular, en la carretera departamental Ruta SM-104, Tramo: Lamas – Emp. PE-5N (Pte. Bolivia); Prog. Km 0+000 al Km 14+180, del departamento de San Martín, provincia de Lamas y distritos Lamas y Shanao.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. RECURSOS HUMANOS

01 Tesista Investigador

01 Asesor de la F.I.C.A.

02 Personal para recolección de datos de campo

01 Técnico de laboratorio de suelos

01 Jefe de laboratorio

3.1.2. RECURSOS MATERIALES

Para el desarrollo de los trabajos de tesis, se utilizaron los siguientes materiales:

Formato de inventarios viales

Libreta de campo

Formato de ensayo para medición de la rugosidad con Merlín

Datos de estudio de tráfico obtenidos de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones (DRTC)

Materiales de oficina (Papel bond, tinta para impresora, etc.)

3.1.3. RECURSOS DE EQUIPOS

GPS

Equipos de laboratorio

Equipo para la obtención del IRI (Merlín)

Unidades de almacenamiento de datos (USB y CD's)

Cámara digital

Impresora multifuncional

Wincha de 50 metros

3.1.4. OTROS RECURSOS

Material Bibliográfico (Manual de Inventarios Viales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial y Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas de la Oficina internacional del Trabajo).

Software de Cómputo (Word, Excel y Power Point).

Programas de Ingeniería: AutoCAD 2017

3.2. METODOLOGÍA

3.2.1. UNIVERSO Y MUESTRA

3.2.1.1. UNIVERSO

El universo está conformado por las 20 rutas que integran las carreteras departamentales de San Martín.

3.2.1.2. MUESTRA

La muestra seleccionada, está representada por la Ruta SM-104, Tramo: Lamas – Emp. PE-5N (Pte. Bolivia); Prog. Km 0+000 al Km 14+180, que tiene una longitud de 14.18 km.

3.2.2. SISTEMA DE VARIABLES

3.2.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

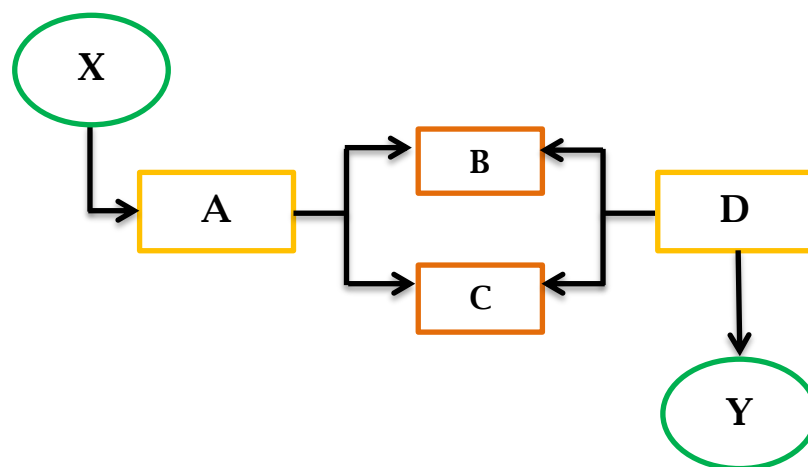
Elaboración de un Modelo de Gestión de Conservación Vial.

3.2.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Reducción de Costos de Operación Vehicular y Mantenimiento Vial en la carretera departamental, tramo: Lamas – Emp. PE-5N (Puente Bolivia), distrito Lamas y Shanao.

3.2.3. DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN

Considerando las expresiones de las variables en estudio, se considera el siguiente esquema de investigación:



Definiendo las variables del esquema de investigación:

X= Representa el pésimo estado de la carretera departamental.

A= Representa la recolección de información.

B= Representa el trabajo de campo.

C= Representa el trabajo de gabinete.

D= Representa el análisis para el estudio de compatibilidad en el desarrollo de toma de decisiones.

Y= Representa los resultados del estudio que facilitará proponer el “Modelo De Gestión De Conservación Vial, Para Reducir Costos De Mantenimiento Vial Y Operación Vehicular, en la carretera departamental Ruta SM-104, Tramo: Lamas – Emp. PE-5N (Pte. Bolivia); Prog. Km 0+000 al Km 14+180, departamento de San Martín, provincia de Lamas y distritos Lamas y Shanao”

3.2.4. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

Conforme a los objetivos trazados para la presente investigación, la información de campo y bibliográfica se procesó analizando y representándolos en gráficos y cuadros. Sobre la base de los datos proporcionados por la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones (DRTC) y recorridos de verificación efectuados, la carretera departamental se encuentra en las siguientes condiciones:

El estado de la carretera de ciertos tramos (sin mantenimiento) es de regular estado a malo, presentándose estos deterioros en puntos críticos bien marcados, en el recorrido e inspección se validó el estado actual de los elementos viales para elaborar del Inventario Vial.

3.2.4.1. INVENTARIO VIAL

La carretera departamental Ruta SM-104, Tramo: Lamas – Emp. PE-5N (Pte. Bolivia), departamento San Martín, provincia Lamas, distrito Lamas – Shanao, tiene una longitud de 14+180 Km. El primer paso para realizar el inventario vial fue realizar un reconocimiento de todo el tramo de la carretera a inventariar, seguido de ello se procedió a llenar los formatos establecidos por el Manual de Inventarios Viales del MTC, en dicho inventario se consideró características de la vía, pavimento, drenaje y obras de arte en su estado actual. El inventario realizado permitió identificar los puntos críticos, puesto a que estos son las zonas más vulnerables y se encuentran en condiciones inadecuadas para el tráfico fluido de la vía.

A continuación se presenta las características técnicas del tramo de vía en estudio.

Cuadro N° 05: Características técnicas de la vía en estudio

| TRAMO: LAMAS - EMP. PE-5N (PUENTE BOLIVIA) | |
|---|-------------------------------------|
| Descripción | Actual |
| Ruta | SM-104 |
| Clasificación | Red Vial Departamental |
| Carretera | Lamas - Emp. PE-5N (Puente Bolivia) |
| Longitud | 14.180 Km. |
| Categoría | Tercera Clase |
| Velocidad directriz | 30 Km/h |
| Radio mínimo normal (m) | 25 |
| Radio mínimo excepcional (m) | 20 |
| Pendiente máxima | 12.00% |
| Pendiente mínima | 0.00% |
| Ancho de calzada (m) | 7.20 |
| Ancho de bermas (m) | 0.60 |
| Estado de conservación de la vía | Regular |
| Bombeo | 2.00% |
| Tipo de material de superficie | TSB + Slurry Seal |

Fuente: Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de San Martín - DRTC, (2012).

3.2.4.2. ESTUDIO DE TRÁFICO

La información acerca del estudio del tráfico, fue proporcionada por la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones (DRTC), para dicho estudio realizaron conteos manuales clasificatorios.

En la información obtenida por la DRTC, se indica el Índice Medio Diario Anual (IMDa), perteneciente al tramo seleccionado para la investigación, con su respectiva composición de tráfico. Así también se realizó las encuestas de origen – destino, indicando el tipo de vehículo, tipo de combustible utilizado, tipo de actividad que motiva el viaje, número de pasajeros por tipo de vehículo y el tipo de carga que transportan por la vía, dicha encuesta fue realizada en la estación E-01 estando ubicada en el Km 01+000.

3.2.4.2.1. TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL

El estudio de tráfico proporcionado por la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones (DRTC), fue realizado en el año 2012. Para el estudio de tráfico se determinó una estación principal y se localizó a lo largo de la vía, dicha estación fue ubicada en el KM 01+000. Luego se determinó utilizar un diseño alterno de formulario, el cual permitiera registrar los datos en forma ordenada.

Para determinar el Índice Medio Diario Anual, se aplicó 2 factores de corrección en el mes de noviembre, el equivalente para vehículos ligeros igual a 0.94295 y para vehículos pesados 0.96417, los cuales fueron obtenidos del Peaje Moyobamba, Tramo Moyobamba Dv. Lamas, información que fue proporcionada por Provias Nacional – MTC.

Cuadro N° 6: Factores de corrección mensual 2000-2010 para determinar índice medio diario anual

| TRAMO | | RUTA | ESTAC. | PEAJE | ENERO | | FEBRERO | | MARZO | | ABRIL | | MAYO | | JUNIO | |
|-----------|----------------|-------|--------|-----------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| INICIO | FINAL | | | | Ligeros | Pesados | Ligeros | Pesados | Ligeros | Pesados | Ligeros | Pesados | Ligeros | Pesados | Ligeros | Pesados |
| Moyobamba | Division Lamas | R-05N | Peaje | Moyobamba | 1.17828 | 1.10068 | 1.13892 | 0.99652 | 1.11324 | 1.01600 | 1.05147 | 1.07631 | 1.03350 | 1.05547 | 0.92646 | 0.98871 |
| TRAMO | | RUTA | ESTAC. | PEAJE | JULIO | | AGOSTO | | SETIEMBRE | | OCTUBRE | | NOVIEMBRE | | DICIEMBRE | |
| INICIO | FINAL | | | | Ligeros | Pesados | Ligeros | Pesados | Ligeros | Pesados | Ligeros | Pesados | Ligeros | Pesados | Ligeros | Pesados |
| Moyobamba | Division Lamas | R-05N | Peaje | Moyobamba | 0.93737 | 0.99068 | 0.92818 | 0.94455 | 0.96830 | 0.96195 | 0.97194 | 0.98065 | 0.94295 | 0.96417 | 0.93862 | 0.98779 |

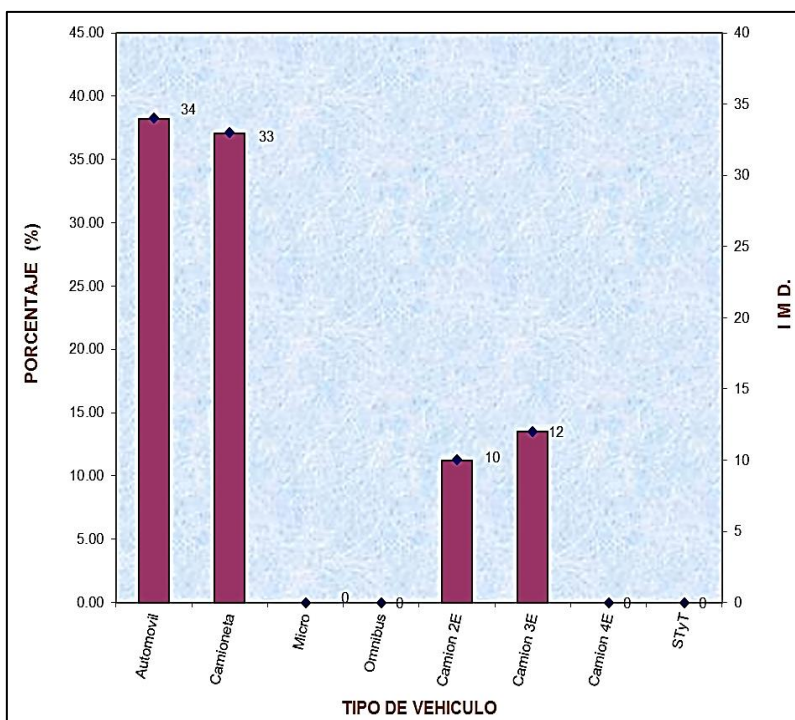
Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Cuadro N° 07: Estudio de clasificación vehicular anual Lamas – Emp. PE-5N (Pte. Bolivia)

| HORA | AUTO | CAMIONETAS | | MICRO | BUS | | CAMION | | | SEMI TRAYLER | | | | TRAYLER | | | | TOTAL | PORC. % | | | |
|-------|-------|------------|-------------|-------|------|------|--------|-------|------|--------------|------|---------|------|---------|------|------|------|-------|---------|------|--------|--------|
| | | PICKUP | RURAL Combi | | 2E | 3E | 2E | 3E | 4E | 2S1/2S2 | 2S3 | 3S1/3S2 | >3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | 3T3 | | | | | |
| 00-01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| 01-02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| 02-03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| 03-04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| 04-05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| 05-06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| 06-07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| 07-08 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.37 | |
| 08-09 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.11 | |
| 09-10 | 4 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15.73 | |
| 10-11 | 3 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13.48 | |
| 11-12 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.49 | |
| 12-13 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.12 | |
| 13-14 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.25 | |
| 14-15 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8.99 | |
| 15-16 | 4 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14.61 | |
| 16-17 | 4 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13.48 | |
| 17-18 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7.87 | |
| 18-19 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.49 | |
| 19-20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| 20-21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| 21-22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| 22-23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| 23-24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| TOTAL | 34 | 25 | 8 | 0 | 0 | 0 | 10 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 89 | 100.00 |
| % | 38.20 | 28.09 | 8.99 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 11.24 | 13.48 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |

Fuente: Estudio de Tráfico, Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de San Martín - DRTC, (2012).

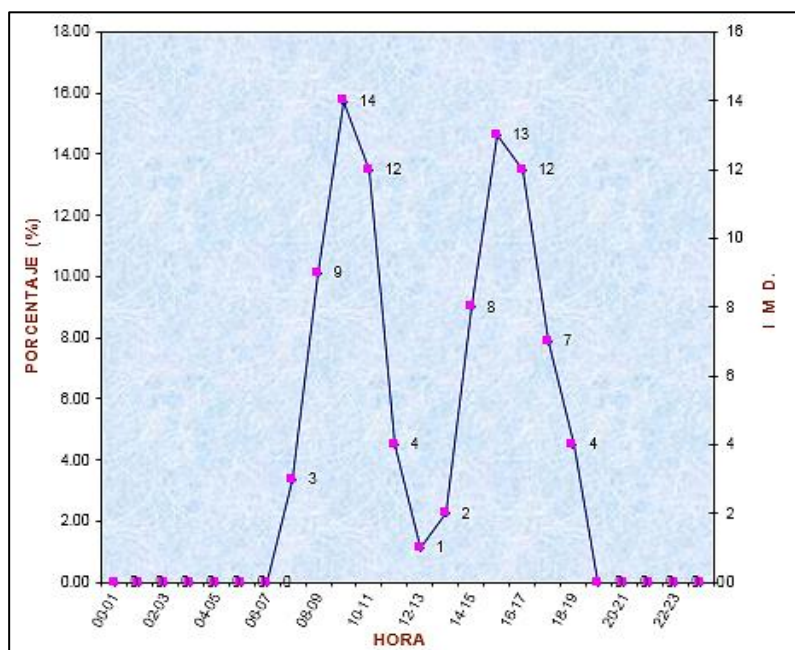
Gráfico N° 02: Clasificación vehicular anual Lamas – Emp. PE-5N (Pte. Bolivia)



Fuente: Estudio de Tráfico, Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de San Martín - DRTC, (2012).

La variación horaria semanal muestra que entre las 06 a 16 horas se presenta el mayor volumen de tráfico y en menor volumen desde las 20:00 horas hasta las 05 horas del día siguiente, tal como se muestra en el gráfico N° 03.

Gráfico N° 03: Variación horaria



Fuente: Estudio de Tráfico, Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones – DRTC (2012).

3.2.4.2.2. PROYECCIONES DE TRÁFICO

Proyectando el tráfico para el periodo actual, con el estudio de clasificación vehicular y la fórmula del tráfico futuro, se obtiene los siguientes valores:

Cuadro N° 08: Proyección de Tráfico Diario Anual

| Cantidad de Vehículos Diarios | | |
|--------------------------------------|-------------|-------------|
| Tipo de Vehículo | 2012 | 2017 |
| Auto | 34 | 41 |
| Pick Up | 25 | 28 |
| Combi Rural | 8 | 9 |
| Camión 2E | 10 | 11 |
| Camión 3E | 12 | 13 |

Fuente: Elaboración propia, (2017).

3.2.4.2.3. ESAL´s DE DISEÑO

La Carga Axial Simple Equivalente (ESAL´s), se realizó con la proyección de tráfico, teniendo en consideración un periodo de diseño de 15 años, índice de serviciabilidad final (Pt) de 2.0 y un número estructural (Sn) de 3.

Cuadro N° 09: ESAL´s de diseño

| Tipo de Vehículo | Cantidad de vehículos diarios "A" | Factor de crecimiento "B" | Tránsito de diseño "C" | ESAL´s Factor "D" | ESAL´s de diseño "E" |
|----------------------------|--|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Vehículos Sencillos | | 4% | | | |
| Autos | 41 | 20.02 | 299,600 | 0.0002 | 60 |
| Camiones Eje Simple | | 2% | | | |
| Pick Up | 28 | 17.29 | 176,704 | 0.002 | 353 |
| Combi Rural | 9 | 17.29 | 56,798 | 0.002 | 114 |
| Micro | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bus Grande | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Camión 2E | 11 | 17.29 | 69,419 | 1.645 | 114,194 |
| Camión 3E | 13 | 17.29 | 82,041 | 0.209 | 17,147 |
| TOTAL VEHÍCULOS | 102 | | ESAL´s de diseño | | 131,868 |

Fuente: Elaboración propia, (2017).

Factor de dirección: 0.5

Factor de carril: 0.9

ESAL´s por carril de tránsito: $0.5 \times 0.9 \times 131,868 = 59,341$

Para aplicar los valores de factor de crecimiento y factor de carril, se emplearon las siguientes tablas:

Tabla N° 06: Factores de crecimiento de tránsito

| Período de análisis (años) | Factor sin Crecimiento | Tasa de crecimiento anual (g) (en %) | | | | | | |
|----------------------------|------------------------|--|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 |
| 1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 2 | 2.0 | 2.02 | 2.04 | 2.05 | 2.06 | 2.07 | 2.08 | 2.10 |
| 3 | 3.0 | 3.06 | 3.12 | 3.15 | 3.18 | 3.21 | 3.25 | 3.31 |
| 4 | 4.0 | 4.12 | 4.25 | 4.31 | 4.37 | 4.44 | 4.51 | 4.64 |
| 5 | 5.0 | 5.20 | 5.42 | 5.53 | 5.64 | 5.75 | 5.87 | 6.11 |
| 6 | 6.0 | 6.31 | 6.63 | 6.80 | 6.98 | 7.15 | 7.34 | 7.72 |
| 7 | 7.0 | 7.43 | 7.90 | 8.14 | 8.39 | 8.65 | 8.92 | 9.49 |
| 8 | 8.0 | 8.58 | 9.21 | 9.55 | 9.90 | 10.26 | 10.64 | 11.44 |
| 9 | 9.0 | 9.75 | 10.58 | 11.03 | 11.49 | 11.98 | 12.49 | 13.58 |
| 10 | 10.0 | 10.95 | 12.01 | 12.58 | 13.18 | 13.82 | 14.49 | 15.94 |
| 11 | 11.0 | 12.17 | 13.49 | 14.21 | 14.97 | 15.78 | 16.65 | 18.53 |
| 12 | 12.0 | 13.41 | 15.03 | 15.92 | 16.87 | 17.89 | 18.98 | 21.38 |
| 13 | 13.0 | 14.68 | 16.63 | 17.71 | 18.88 | 20.14 | 21.50 | 24.52 |
| 14 | 14.0 | 15.97 | 18.29 | 19.16 | 21.01 | 22.55 | 24.21 | 27.97 |
| 15 | 15.0 | 17.29 | 20.02 | 21.58 | 23.28 | 25.13 | 27.15 | 31.77 |
| 16 | 16.0 | 18.64 | 21.82 | 23.66 | 25.67 | 27.89 | 30.32 | 35.95 |
| 17 | 17.0 | 20.01 | 23.70 | 25.84 | 28.21 | 30.84 | 33.75 | 40.55 |
| 18 | 18.0 | 21.41 | 25.65 | 28.13 | 30.91 | 34.00 | 37.45 | 45.60 |
| 19 | 19.0 | 22.84 | 27.67 | 30.54 | 33.76 | 37.38 | 41.45 | 51.16 |
| 20 | 20.0 | 24.30 | 29.78 | 33.06 | 36.79 | 41.00 | 45.76 | 57.28 |
| 25 | 25.0 | 32.03 | 41.65 | 47.73 | 54.86 | 63.25 | 73.11 | 98.35 |
| 30 | 30.0 | 40.57 | 56.08 | 66.44 | 79.06 | 94.46 | 113.28 | 164.49 |
| 35 | 35.0 | 49.99 | 73.65 | 90.32 | 111.43 | 138.24 | 172.32 | 271.02 |

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, (1993).

Tabla N° 07: Factor de distribución por carril

| Número de carriles en una sola dirección | LC ¹¹ |
|--|------------------|
| 1 | 1.00 |
| 2 | 0.80 – 1.00 |
| 3 | 0.60 – 0.80 |
| 4 | 0.50 – 0.75 |

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, (1993).

3.2.4.2.4. ENCUESTAS DE ORIGEN/DESTINO

La encuesta de Origen – Destino de pasajeros y de cargas, tiene como objetivo proporcionar las características de los viajes, así como de los tipos de vehículos que son usados, combustible, motivo de viaje y número de pasajeros por tipo de vehículos. Se identificó una estación (E-01), ubicada en el Km 01+000.

a) Tipo de Vehículo por Marca

El tipo de vehículo por categoría automotor que transitan por la vía son:

Cuadro N° 10: Tipo de vehículo por marca

| Marca | Tipo de Vehículo | N° Vehículos | Composición % |
|--------------|------------------|--------------|---------------|
| Toyota | Auto, Pick Up | 13 | 35.1% |
| Nissan | Pick Up, Combi | 11 | 29.7% |
| Mitsubishi | Auto, C2E, C3E | 8 | 21.6% |
| Hino | C2E, C3E | 5 | 13.5% |
| TOTAL | | 37 | 100% |

Fuente: Encuesta O/D de pasajeros y de carga, elaboración propia, (2017).

b) Tipo de combustible utilizado

En cuanto al tipo de combustible utilizado por los vehículos, se obtuvo los siguientes valores:

Cuadro N° 11: Tipo de combustible utilizado

| Tipo de Vehículos | N° de vehículos que utilizan: | | | TOTAL |
|-------------------|-------------------------------|-------------|-------------|--------------|
| | Gasolina | Petróleo | Diésel | |
| Auto | 13 | 0 | 0 | 13 |
| Pick Up | 5 | 6 | 0 | 11 |
| Combi | 0 | 0 | 6 | 6 |
| Camión (2E, 3E) | 0 | 7 | 0 | 7 |
| TOTAL | 18 | 13 | 6 | 37 |
| % | 48.6 | 35.1 | 16.2 | 100.0 |

Fuente: Encuesta O/D de pasajeros y de carga, elaboración propia, (2017).

c) Tipo de actividad que motiva el viaje

El tipo de actividad que motiva la movilización de los usuarios, se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 12: Tipo de actividad que motiva el viaje de pasajeros

| Tipo de Vehículos | Trabajo | Paseo | Educación | TOTAL |
|-------------------|-------------|-------------|------------|------------|
| Auto | 8 | 3 | 2 | 13 |
| Pick Up | 8 | 3 | 0 | 11 |
| Combi | 4 | 2 | 0 | 6 |
| TOTAL | 20 | 8 | 2 | 30 |
| % | 66.7 | 26.7 | 6.7 | 100 |

Fuente: Encuesta O/D de pasajeros, elaboración propia, (2017).

d) Número de pasajeros por tipo de vehículo

Al realizar la encuesta sobre el número de pasajeros que viajan en cada vehículo, se obtuvo los siguientes valores:

Cuadro N° 13: Número de pasajeros por vehículo

| Tipo de Vehículos | Pasajeros | Composición % |
|-------------------|------------|----------------|
| Auto | 51 | 25.80% |
| Pick Up | 55 | 27.80% |
| Combi | 92 | 46.50% |
| TOTAL | 198 | 100.00% |

Fuente: Encuesta O/D de pasajeros, elaboración propia, (2017).

e) Tipo de carga

Los principales productos que transportan los vehículos de carga son en su mayoría: gaseosas y productos agrícolas.

Cuadro N° 14: Tipo de carga transportada

| Producto | Carga Total | |
|---------------------|-------------|-------------|
| | (Tn) | % |
| Gaseosas | 12.0 | 54.5% |
| Productos Agrícolas | 10.0 | 45.5% |
| TOTAL | 22.0 | 100% |

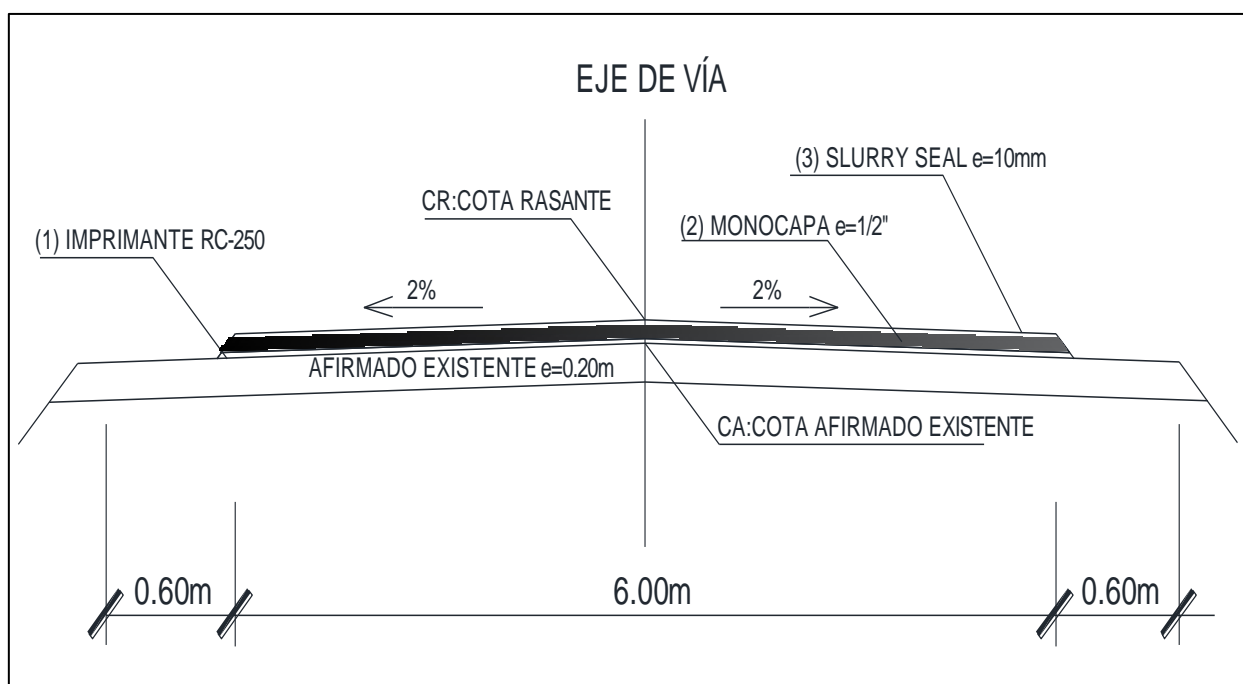
Fuente: Encuesta O/D de pasajeros, elaboración propia, (2017).

3.2.4.3. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

Para determinar la conservación de la vía, es necesario determinar su estructura, la cual depende de los espesores de las capas que conforma el pavimento.

La vía de la presente investigación, presenta la siguiente estructura:

Figura N° 17: Sección típica del pavimento Km00+000 al Km14+180



Fuente: Elaboración propia, (2017).

3.2.4.4. ESTADO DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

Para determinar las condiciones actuales del pavimento, se hizo un recorrido visual de toda la vía, empezando desde la progresiva Km 0+000 y finalizando en el Km 14+180, observando un sin número de fallas que presenta la superficie del pavimento.

Los tipos de fallas que se observaron, fueron las siguientes:

a) Piel de cocodrilo: En varios tramos de la carretera se observó esta típica falla ocasionada por fatiga de la superficie de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento que se observó en la superficie de rodadura se considera una falla estructural.

b) Fisuras longitudinales: Se observó gran cantidad de fisuras longitudinales, paralelas al eje del pavimento, muchas de las fisuras estaban rodeadas de grietas aleatorias pequeñas.

c) Baches: La carretera presenta una gran cantidad de baches, muchas de estas fallas son profundas y de un considerable tamaño, ocasionando por tal motivo la incomodidad de los conductores y pasajeros que transitan por la vía.

d) Fisuras transversales: Se observó fisuras transversales en el pavimento, pero en menor cantidad a comparación de las fisuras longitudinales.

3.2.4.5. ENSAYO PARA EL CÁLCULO DE LA RUGOSIDAD (IRI)

Para este ensayo es necesario emplear un equipo el cual lleva de nombre Merlín, este equipo es utilizado para el cálculo de la rugosidad en el pavimento, constituyendo una buena alternativa. El ensayo se basa en usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio, para lo cual el Merlín mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino.

La dispersión de datos que fueron obtenidos con el Merlín, se analiza calculando la distribución de frecuencias mediante un histograma, para lo cual se procede a descartar 10 datos del extremo inferior y otros 10 del extremos superior del histograma, posterior a ello se calcula el ancho del histograma, considerando las fracciones que resultan como consecuencia de la eliminación de datos.

Para el cálculo del rango "D", se suma el resultado obtenido de las fracciones, incluyendo los datos sobrantes del histograma, aplicándose luego un factor de corrección, una vez

obtenido el factor de corrección se procede a multiplicar el valor del rango por el factor de corrección.

Finalmente se realiza el cálculo del IRI, haciendo uso de una fórmula, el cual se muestra en la hoja de cálculo que se anexa.

3.2.4.6. ENSAYO PARA EL CÁLCULO DEL C.B.R.

Para los ensayos de C.B.R. se tomó muestras en 07 puntos críticos de la carretera, para lo cual se realizaron calicatas en cada uno de los siguientes hitos kilométricos:

Calicata 01: Km 02+224

Calicata 02: Km 03+340

Calicata 03: Km 03+950

Calicata 04: Km 05+785

Calicata 05: Km 07+750

Calicata 06: Km 09+250

Calicata 07: Km 12+000

Una vez extraído las muestras de suelo, se llevó todo al laboratorio para empezar el proceso correspondiente para la obtención del C.B.R. de la subrasante del pavimento y así analizar los resultados.

3.2.4.7. COSTOS DE MANTENIMIENTO

Los costos de mantenimiento están referidos a las actividades de mantenimiento rutinario y periódico, para garantizar el estado óptimo de la vía, asegurar un tránsito vehicular fluido, tanto de carga como de pasajeros.

El mantenimiento rutinario consiste en el desarrollo de todas aquellas actividades que deben ejecutarse continuamente para ofrecer condiciones aceptables de limpieza, seguridad y comodidad a los usuarios, realizando acciones preventivas y necesarias para que la infraestructura vial se conserve en mejores condiciones de funcionamiento, y el mantenimiento periódico consiste en devolver las características a la superficie de rodadura de la vía, reparación de obras de arte y drenaje.

3.2.4.7.1. TAREAS DE MANTENIMIENTO RUTINARIO

Las actividades a emplear para el mantenimiento rutinario, fueron determinadas por el

Inventario Vial realizado, que permitió identificar el estado y las condiciones que se encuentra en la actualidad la vía.

Las actividades propuestas que se deberán ejecutar en el mantenimiento rutinario, son las siguientes:

Cuadro N° 15: Actividades rutinarias y rendimientos

| ÍTEM | ACTIVIDAD | UND. | GRUPO DE TRABAJO | RENDIMIENTO POR GRUPO POR DÍA |
|-------|--|------|------------------|-------------------------------|
| MR-1 | Limpieza de calzada y bermas | km | 3 | 0.60 Km |
| MR-2 | Desquinche manual de taludes | m3 | 4 | 8.00 m3 |
| MR-3 | Limpieza de derrumbes y huaycos menores | m3 | 4 | 10.00 m3 |
| MR-4 | Sellado de fisuras y grietas en calzada | ml | 5 | 1600.00 ml |
| MR-5 | Parchado superficial en calzada | m2 | 4 | 40.00 m2 |
| MR-6 | Parchado profundo en calzada | m2 | 4 | 40.00 m2 |
| MR-7 | Limpieza de cunetas | ml | 4 | 480.00 ml |
| MR-8 | Limpieza de alcantarillas | und | 3 | 2.00 und |
| MR-9 | Conservación de las señales verticales | und | 2 | 10.00 und |
| MR-10 | Conservación de postes de kilometraje | und | 2 | 8.00 und |
| MR-11 | Conservación de pintado de cabezales de alcantarillas, elementos visibles de muros, túneles y otros elementos viales | und | 2 | 6.00 und |
| MR-12 | Roce de la franja del derecho de vía | m2 | 4 | 1600.00 m2 |

Fuente: Elaboración propia, (2017).

Los valores de rendimientos, así como los grupos de trabajo, fueron proporcionados por PROVIAS DESCENTRALIZADO – MTC (Sede Tarapoto), con ese condicionante se realizó el presupuesto de la vía a nivel de mantenimiento rutinario.

3.2.4.7.2. TAREAS DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO

Las actividades que se presentan dentro del mantenimiento periódico fueron agrupadas de la siguiente forma:

Obras provisionales

Obras preliminares

Obras de pavimento

Obras de arte y drenaje

Señalización y seguridad vial

Protección ambiental

Cuadro N° 16: Descripción de actividades en el mantenimiento periódico

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | UND. |
|-----------------|---|------|
| 01.00.00 | OBRAS PROVISIONALES | |
| 01.01.00 | Cartel de obra | und |
| 01.02.00 | Campamento provisional en obra | glb |
| 02.00.00 | OBRAS PRELIMINARES | |
| 02.01.00 | Movilización de maquinarias-herramientas para la obra | glb |
| 02.02.00 | Topografía y georreferenciación | glb |
| 02.03.00 | Desbroce y limpieza | m2 |
| 03.00.00 | OBRAS DE PAVIMENTO | |
| 03.01.00 | PAVIMENTO | |
| 03.01.01 | Sello asfáltico | m2 |
| 03.01.02 | Reconformación de base granular en bermas | m2 |
| 04.00.00 | OBRAS DE ARTE Y DRENAJE | |
| 04.01.00 | CUNETAS Y ZANJAS DE CORONACIÓN | |
| 04.01.01 | Revestimiento de cunetas triangulares | ml |
| 04.01.02 | Revestimiento de zanjas de coronación | ml |
| 05.00.00 | SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL | |
| 05.01.00 | SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL | |
| 05.01.01 | Marcas sobre el pavimento | m2 |
| 05.02.00 | SEÑALIZACIÓN VERTICAL | |
| 05.02.01 | REPOSICIÓN DE SEÑALES VERTICALES | |
| 05.02.01.01 | Señal Reguladora | und |
| 05.02.01.02 | Señal Preventiva | und |
| 06.00.00 | PROTECCIÓN AMBIENTAL | |
| 06.01.00 | Revegetación | ha |

Fuente: Elaboración propia, (2017).

Las actividades que se presentan en el mantenimiento periódico, fueron seleccionadas del Manual de Carreteras de Conservación Vial – MTC 2013, de acuerdo a las eventualidades que presenta en la actualidad la vía en estudio.

3.2.4.8. DETERMINACIÓN DE AHORROS EN LOS COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR

Para determinar los ahorros de los costos de operación vehicular, se hace uso de las dos metodologías descritas en el capítulo II del marco teórico, para ello es necesario identificar los tipos de vehículos que transitan por la vía.

3.2.4.8.1. MÉTODO DE LEN ASOCIADOS INGENIEROS CONSULTORES, APLICADO EN LAS VÍAS DE CHILE

Se considera el estado de la capa de rodamiento, de acuerdo a su nivel desde bueno a pésimo y que está en función del Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

Tabla N° 08: Relación entre la condición de la carretera vs IRI

| CONDICIÓN DE LA CARRETERA VS IRI | | |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Condición | Carretera Asfaltada | Carretera de Tierra |
| Buena | 2 | 4 |
| Regular | 5 | 10 |
| Mala | 6 | 14 |
| Pésima | 10 | 20 |

Fuente: Len & Asociados Ingenieros Consultores - Chile, (2007).

Posterior a ello se aplican porcentajes de consumo de insumos en función del costo inicial vehicular, como se muestra a continuación:

Tabla N° 09: Porcentaje de Consumo de insumos en función del costo inicial vehicular (vías con mantenimiento)

| TIPO DE VEHÍCULO | | |
|------------------|---------|--------|
| Rubro | Liviano | Pesado |
| Combustible | 15% | 20% |
| Repuestos | 4% | 4% |
| Neumáticos | 6% | 7% |
| Lubricantes | 2% | 2% |
| Mantenimiento | 5% | 5% |

Fuente: Len & Asociados Ingenieros Consultores - Chile, (2007).

Para determinar los costos de los insumos en relación al costo vehicular, es el resultado del producto del costo medio de adquisición de vehículos (livianos o pesados) con el porcentaje de cada insumo o rubro que se indica en la tabla N°09.

Para realizar dicho cálculo, se tomó como información previa el costo medio de adquisición para vehículos livianos y vehículos pesados de acuerdo a los precios del mercado actual.

Cuadro N° 17: Precios de acuerdo al mercado de vehículos

| Especificaciones | Auto | Pick Up | Combi Rural | Camión 2 Ejes | Camión 3 Ejes |
|------------------|-----------|-----------|-------------|---------------|---------------|
| Precio (US\$) | 17,930.00 | 27,650.00 | 42,260.00 | 60,000.00 | 80,145.00 |

Fuente: Elaboración propia, (2017).

Las unidades de transporte que circulan por la vía en estudio son: vehículos livianos (auto, pick up y combi rural) y vehículos pesados (camión 2 ejes y camión 3 ejes). A continuación se presenta el análisis descrito en un cuadro de cálculo:

Cuadro N° 18: Costos de los insumos en relación al costo vehicular

| COSTOS DE LOS INSUMOS EN RELACIÓN AL COSTO VEHICULAR | | | | |
|---|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| INSUMO | LIVIANO | | PESADOS | |
| | COSTO DEL VEHÍCULO (US\$) | 29,280.00 | COSTO DEL VEHÍCULO (US\$) | 70,072.50 |
| | INDICADOR | COSTO DE OPERACIÓN | INDICADOR | COSTO DE OPERACIÓN |
| COMBUSTIBLE | 15.0% | 4,392.00 | 20.0% | 14,014.50 |
| REPUESTOS | 4.0% | 1,171.20 | 4.0% | 2,802.90 |
| NEUMÁTICOS | 6.0% | 1,756.80 | 7.0% | 4,905.08 |
| LUBRICANTES | 2.0% | 585.60 | 2.0% | 1,401.45 |
| MANTENIMIENTO | 5.0% | 1,464.00 | 5.0% | 3,503.63 |
| COSTO TOTAL ANUAL (US\$) | | 9,369.60 | | 26,627.55 |

Fuente: Elaboración propia, (2017).

En tramos sin cogestión los vehículos livianos no presentan ahorros de importancia, en cambio el ahorro para los vehículos pesados alcanza el 17% (ahorro en combustible).

Los demás componentes del costo de operación: (Repuestos, mantenimiento, neumáticos y lubricantes) varían sus ahorros; cuyos porcentajes de afectación o factor de incremento para los vehículos livianos y vehículos pesados en vías en mal estado o sin mantenimiento según autores, es el respaldo de una detenida investigación, y se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 10: Porcentajes de afectación en vías sin mantenimiento

| Tipo de Vehículo | Vehículos Livianos | Vehículos Pesados |
|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Neumáticos | 18% | 20% |
| Lubricantes | 20% | 7% |
| Repuestos | 26% | 49% |
| Mantenimiento | 15% | 30% |

Fuente: Len & Asociados Ingenieros Consultores - Chile, (2007).

A los resultados obtenidos en el cuadro N°18, se le aplica una afectación de acuerdo al insumo analizado (tabla N°10) y comparando el transporte en una capa de rodamiento en buenas condiciones y otro con capa de rodamiento en pésimas condiciones, a todo esto se considera el tráfico promedio diario anual (TPDA=IMDA) y se determina un costo de operación vehicular anual; obteniéndose finalmente el ahorro en costos de operación vehicular anual, para vías con mantenimiento y vías sin mantenimiento.

En el siguiente cuadro se resumen el IMDA para el año 2017 en vehículos livianos y vehículos pesados.

Cuadro N° 19: IMDA de vehículos

| IMDA VEHICULOS LIVIANOS | IMDA VEHICULOS PESADOS | IMDA TOTAL (AÑO 2017) |
|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 78 | 24 | 102 |

Fuente: Elaboración propia, (2017).

A continuación se presenta el análisis descrito en un cuadro de cálculo:

Cuadro N° 20: Ahorro de costos de operación vehicular

| AHORRO DE COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|--------------------|---------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|
| INSUMO | CON MANTENIMIENTO IRI 2 A 4 | | | | FACTOR DE INCREMENTO O AFECTACIÓN | | SIN MANTENIMIENTO IRI MAYOR A 4 | |
| | INDICADOR (%) | | INDICADOR (%) | | INDICADOR (%) | | | |
| | INDICADOR (%) | VEHÍCULOS LIVIANOS | INDICADOR (%) | VEHÍCULOS PESADOS | VEHÍCULOS LIVIANOS | VEHÍCULOS PESADOS | VEHÍCULOS LIVIANOS | VEHÍCULOS PESADOS |
| COMBUSTIBLE | 15.0% | 4,392.00 | 20.0% | 14,014.50 | 0.0% | 17.0% | 4,392.00 | 16,396.97 |
| REPUESTOS | 4.0% | 1,171.20 | 4.0% | 2,802.90 | 26.0% | 49.0% | 1,475.71 | 4,176.32 |
| NEUMÁTICOS | 6.0% | 1,756.80 | 7.0% | 4,905.08 | 18.0% | 20.0% | 2,073.02 | 5,886.09 |
| LUBRICANTES | 2.0% | 585.60 | 2.0% | 1,401.45 | 20.0% | 7.0% | 702.72 | 1,499.55 |
| MANTENIMIENTO | 5.0% | 1,464.00 | 5.0% | 3,503.63 | 15.0% | 30.0% | 1,683.60 | 4,554.71 |
| COSTO TOTAL ANUAL | | 9,369.60 | | 26,627.55 | | | 10,327.06 | 32,513.64 |
| TPDA=IMDA | | 78 | | 24 | | | 78 | 24 |
| COSTO POR TIPO DE VEHÍCULO | | 730,828.80 | | 639,061.20 | | | 805,510.37 | 780,327.36 |
| COSTO DE OPERACIÓN VEHICULAR | | 1,369,890.00 | | | | | 1,585,837.73 | |
| AHORRO EN COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR (US\$) | | | | | | | 215,947.73 | |

Tipo de cambio: 11-Octubre 2017-S/3.32

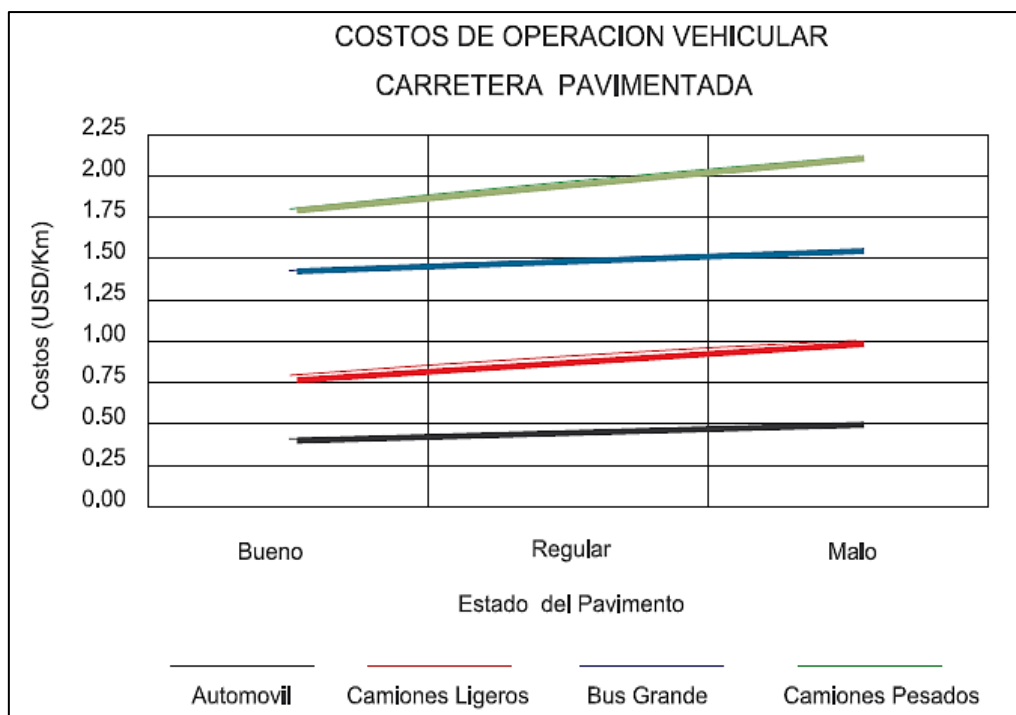
Fuente: Elaboración propia, (2017).

3.2.4.8.2. METODOLOGÍA DEL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS), DE COLOMBIA

Presenta un ábaco, en el que presenta el ahorro de los costos de operación de acuerdo al tipo de vehículo que circulan en una carretera asfaltada, la cual presenta condiciones buenas, regulares y malas, los ahorros los representa en dólares (USD) por kilómetro.

El siguiente ábaco se presenta en la figura N°18:

Figura N° 18: Costos de operación según estado del pavimento y vehículo



Fuente: Instituto Nacional de Vías - Colombia, (2011).

Se analizó los costos por kilómetro, de acuerdo al tipo de vehículo sean estos livianos, camiones ligeros y camiones pesados, para posterior a ello, leer en los ábacos los costos de acuerdo a las condiciones de la capa de rodamiento, en este caso de una vía asfaltada, para condiciones buenas y malas; mediante un cuadro de cálculo se determina el ahorro existente.

Cuadro N° 21: Ahorro de costos de operación vehicular – INVIAS

| VEHÍCULO | COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR | | AHORRO | LONGITUD | IMDA | DIAS/AÑO | COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR ANUAL |
|--|-------------------------------|--------|--------|----------|------|----------|-------------------------------------|
| | ESTADO DE LA VÍA | | | | | | |
| | BUENO | MALO | | | | | |
| | USD/KM | USD/KM | | | | | |
| LIVIANOS | 0.44 | 0.50 | 0.06 | 14.180 | 78 | 365 | 24,222.28 |
| CAMIONES LIGEROS | 0.75 | 1.00 | 0.25 | 14.180 | 11 | 365 | 14,233.18 |
| CAMIONES PESADOS | 1.75 | 2.05 | 0.30 | 14.180 | 13 | 365 | 20,185.23 |
| AHORRO EN COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR (USD) | | | 0.36 | | 102 | | 58,640.68 |

Tipo de cambio: 11-Octubre 2017-S/3.32

Fuente: Elaboración propia, (2017).

IV. RESULTADOS

4.1. INVENTARIO VIAL Y EVALUACIÓN

Del inventario vial realizado, aplicado a la vía departamental, tramo: Lamas – Emp. PE-5N (Puente Bolivia), se presenta los resultados obtenidos en forma resumida, donde se indica los datos generales, características de la vía, pavimentos, drenaje, obras de arte.

Cuadro N° 22: Datos generales de la vía

| DATOS GENERALES | |
|------------------------------|-------------------------------------|
| Tramo del proyecto | Lamas - Emp. PE-5N (Puente Bolivia) |
| Longitud del proyecto | 14.180 Km |
| Ruta | SM-104 |
| Clasificación | Red Vial Departamental |
| Categoría | Tercera Clase |
| Provincia | Lamas |
| Distrito | Lamas - Shanao |
| Departamento | San Martín |

| | |
|-------------------------------|-----------------|
| Nivel actual de la vía | TSB+Slurry Seal |
|-------------------------------|-----------------|

Fuente: Elaboración propia, (2017).

Cuadro N° 23: Características y evaluación de la vía

| CARACTERÍSTICAS Y EVALUACIÓN DE LA VÍA | | | | | | | | |
|--|------------------------|----------------------|---------------------|-----------|--------|------------------|------------------------|--------------|
| Progresivas (KM) | Longitud del tramo (m) | Ancho de calzada (m) | Ancho de bermas (m) | | Bombeo | Fallas en la vía | | |
| | | | Derecha | Izquierda | | Baches (m2) | Piel de cocodrilo (m2) | Fisuras (ml) |
| 00+000 - 01+000 | 1000.00 | 6.10 | 0.60 | 0.60 | 2% | 1,901.23 | 450.00 | 2,865.26 |
| 01+000 - 02+000 | 1000.00 | 6.20 | 0.60 | 0.60 | 2% | | | |
| 02+000 - 03+000 | 1000.00 | 6.20 | 0.60 | 0.60 | 2% | | | |
| 03+000 - 04+000 | 1000.00 | 6.20 | 0.60 | 0.60 | 2% | | | |
| 04+000 - 05+000 | 1000.00 | 6.10 | 0.60 | 0.60 | 2% | | | |
| 05+000 - 06+000 | 1000.00 | 6.30 | 0.60 | 0.60 | 2% | | | |
| 06+000 - 07+000 | 1000.00 | 6.30 | 0.60 | 0.65 | 2% | | | |
| 07+000 - 08+000 | 1000.00 | 6.20 | 0.60 | 0.60 | 2% | | | |
| 08+000 - 09+000 | 1000.00 | 6.20 | 0.60 | 0.60 | 2% | | | |
| 09+000 - 10+000 | 1000.00 | 6.30 | 0.60 | 0.60 | 2% | | | |
| 10+000 - 11+000 | 1000.00 | 6.30 | 0.60 | 0.60 | 2% | | | |
| 11+000 - 12+000 | 1000.00 | 6.20 | 0.60 | 0.60 | 2% | | | |

| | | | | | | | | |
|-----------------|---------|------|------|------|----|--|--|--|
| 12+000 - 13+000 | 1000.00 | 6.20 | 0.60 | 0.60 | 2% | | | |
| 13+000 - 14+180 | 1180.00 | 6.10 | 0.60 | 0.60 | 2% | | | |

Fuente: Elaboración propia, (2017).

Cuadro N° 24: Evaluación de las obras de arte – cunetas

| EVALUACIÓN OBRAS DE ARTE - CUNETAS | | | | | | |
|------------------------------------|----------------------|------------|--------|------------------------|-------------------------|---------|
| Progresivas (KM) | Cunetas | | | | | |
| | Presencia de Cunetas | Tipo | | Estado de conservación | | |
| | | Revestidas | Tierra | Colmatadas | Medianamente colmatadas | Limpias |
| 00+000 - 01+000 | Si | x | | | x | |
| 01+000 - 02+000 | Si | x | | | x | |
| 02+000 - 03+000 | Si | x | | x | | |
| 03+000 - 04+000 | Si | x | | x | | |
| 04+000 - 05+000 | Si | x | | | x | |
| 05+000 - 06+000 | Si | x | x | | x | |
| 06+000 - 07+000 | Si | x | | | x | |
| 07+000 - 08+000 | Si | x | x | | x | |
| 08+000 - 09+000 | Si | x | | x | | |
| 09+000 - 10+000 | Si | x | | x | | |
| 10+000 - 11+000 | Si | x | x | | x | |

| | | | | | | |
|-----------------|----|---|--|--|---|--|
| 11+000 - 12+000 | Si | x | | | x | |
| 12+000 - 13+000 | Si | x | | | x | |
| 13+000 - 14+180 | Si | x | | | x | |

Fuente: Elaboración propia, (2017).

Cuadro N° 25: Evaluación de las obras de arte – alcantarillas

| EVALUACIÓN DE LAS OBRAS DE ARTE - ALCANTARILLAS | | | | | | |
|---|----------------------------|----------|-----|------------------------|-------------------------|---------|
| Progresivas (KM) | Alcantarillas | | | | | |
| | Presencia de Alcantarillas | Material | | Estado de conservación | | |
| | | C°A° | TMC | Colmatadas | Medianamente colmatadas | Limpias |
| 00+000 - 01+000 | Si | x | | | x | |
| 01+000 - 02+000 | Si | x | | x | | |
| 02+000 - 03+000 | Si | x | | | x | |
| 03+000 - 04+000 | Si | x | x | | x | |
| 04+000 - 05+000 | Si | x | x | | x | |
| 05+000 - 06+000 | Si | x | | | x | |
| 06+000 - 07+000 | Si | x | | | x | |
| 07+000 - 08+000 | Si | x | x | | x | |
| 08+000 - 09+000 | Si | x | x | x | | |
| 09+000 - 10+000 | Si | x | x | | x | |
| 10+000 - 11+000 | Si | x | | | x | |

| | | | | | | |
|-----------------|----|---|---|---|---|--|
| 11+000 - 12+000 | Si | x | | | x | |
| 12+000 - 13+000 | Si | x | x | | x | |
| 13+000 - 14+180 | Si | x | | x | | |

Fuente: Elaboración propia, (2017).

Cuadro N° 26: Evaluación de la señalización en la vía

| EVALUACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN | | | | |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---|
| Progresivas (KM) | SEÑALIZACIÓN | | | Observación |
| | Tipo de señales | | | |
| | Hitos kilométricos | Señales Verticales | Señales Horizontales | |
| 00+000 - 01+000 | x | x | | Marcas en pavimento deterioradas |
| 01+000 - 02+000 | x | x | | Marcas en pavimento deterioradas, no existencia de hito kilométrico Km02+000 |
| 02+000 - 03+000 | | x | | Marcas en pavimento deterioradas, no existencia de hito kilométrico Km03+000 |
| 03+000 - 04+000 | x | x | | Marcas en pavimento deterioradas |
| 04+000 - 05+000 | | x | | Marcas en pavimento deterioradas, no existencia de hito kilométrico Km05+000 |
| 05+000 - 06+000 | | x | | Marcas en pavimento deterioradas, no existencia de hito kilométrico Km06+000 |
| 06+000 - 07+000 | | x | | Marcas en pavimento deterioradas, no existencia de hito kilométrico Km 07+000 |
| 07+000 - 08+000 | | x | | Marcas en pavimento deterioradas, no existencia de hito kilométrico Km08+000 |
| 08+000 - 09+000 | | x | | Marcas en pavimento deterioradas, no existencia de hito kilométrico Km09+000 |
| 09+000 - 10+000 | | x | | Marcas en pavimento deterioradas, no existencia de hito kilométrico Km10+000 |
| 10+000 - 11+000 | | x | | Marcas en pavimento deterioradas, no existencia de hito kilométrico Km11+000 |

| | | | |
|-----------------|---|---|--|
| 11+000 - 12+000 | x | x | Marcas en pavimento deterioradas |
| 12+000 - 13+000 | | x | Marcas en pavimento deterioradas, no existencia de hito kilométrico Km13+000 |
| 13+000 - 14+180 | x | x | Marcas en pavimento deterioradas |

Fuente: Elaboración propia, (2017).

Cuadro N° 27: Evaluación de obras complementarias

| EVALUACIÓN DE OBRAS COMPLEMENTARIAS | | | |
|-------------------------------------|---------------|----------------|---|
| Progresivas (KM) | Tipo de obras | | Observación |
| | Resalto | Muro de Gavión | |
| 00+000 - 01+000 | x | | Existen 03 resaltos en estado de conservación regular. |
| 01+000 - 02+000 | x | | Existe solo 01 resalto en estado de conservación regular. |
| 02+000 - 03+000 | | | No hay presencia de obras complementarias. |
| 03+000 - 04+000 | | x | Existe 01 muro de gavión, no hay presencia de resalto. |
| 04+000 - 05+000 | | | No hay presencia de obras complementarias. |
| 05+000 - 06+000 | | | No hay presencia de obras complementarias. |
| 06+000 - 07+000 | | | No hay presencia de obras complementarias. |
| 07+000 - 08+000 | | | No hay presencia de obras complementarias. |
| 08+000 - 09+000 | | | No hay presencia de obras complementarias. |
| 09+000 - 10+000 | | | No hay presencia de obras complementarias. |
| 10+000 - 11+000 | | | No hay presencia de obras complementarias. |

| | | | |
|-----------------|--|---|--|
| 11+000 - 12+000 | | x | Existe 01 muro de gavión, no hay presencia de resalto. |
| 12+000 - 13+000 | | | No hay presencia de obras complementarias. |
| 13+000 - 14+180 | | | No hay presencia de obras complementarias. |

Fuente: Elaboración propia, (2017).

4.2. ESTUDIO DE TRÁFICO

Cuadro N° 28: Resultados de Conteo de Tráfico periodo del 09/07 al 15/07 del 2012 (Clasificación Vehicular Diario Ambos Sentidos)

| Tipo de vehículo | Tráfico vehicular en dos sentidos por día (Mes Julio-2012) | | | | | | |
|--------------------|--|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo |
| Auto | 44 | 35 | 33 | 30 | 28 | 45 | 35 |
| Pick Up | 30 | 37 | 22 | 24 | 25 | 35 | 20 |
| Combi rural | 10 | 6 | 12 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Camión 2E | 15 | 12 | 9 | 9 | 8 | 15 | 7 |
| Camión 3E | 10 | 10 | 9 | 11 | 23 | 19 | 9 |
| Total | 109 | 100 | 85 | 84 | 94 | 124 | 81 |

Fuente: Elaboración propia, (2017).

Cuadro N° 29: Resultados proyectados al año 2017 del Conteo de Tráfico 2012

| Tipo de vehículo | Tráfico vehicular en dos sentidos por día | | | | | | |
|------------------|---|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo |
| Auto | 54 | 43 | 40 | 36 | 34 | 55 | 43 |

| | | | | | | | |
|--------------------|-----|-----|----|----|-----|-----|----|
| Pick Up | 33 | 41 | 24 | 26 | 28 | 39 | 22 |
| Combi rural | 11 | 7 | 13 | 11 | 11 | 11 | 10 |
| Camión 2E | 17 | 13 | 10 | 10 | 8 | 17 | 8 |
| Camión 3E | 11 | 11 | 10 | 12 | 25 | 21 | 10 |
| Total | 126 | 115 | 97 | 95 | 106 | 143 | 93 |

Fuente: Elaboración propia, (2017).

Cuadro N° 30: Cálculo del Índice Medio Diario (IMD) Semanal

| Tipo de vehículo | Tráfico vehicular en dos sentidos por día | | | | | | | Total semana | IMDs | Fc | IMDa |
|--------------------|---|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------------|------|---------|------|
| | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo | | | | |
| Auto | 54 | 43 | 40 | 36 | 34 | 55 | 43 | 305 | 44 | 0.94295 | 41 |
| Pick Up | 33 | 41 | 24 | 26 | 28 | 39 | 22 | 213 | 30 | 0.94295 | 28 |
| Combi rural | 11 | 7 | 13 | 11 | 11 | 11 | 10 | 74 | 10 | 0.94295 | 9 |
| Camión 2E | 17 | 13 | 10 | 10 | 8 | 17 | 8 | 83 | 11 | 0.96417 | 11 |
| Camión 3E | 11 | 11 | 10 | 12 | 25 | 21 | 10 | 100 | 14 | 0.96417 | 13 |
| Total | 126 | 115 | 97 | 95 | 106 | 143 | 93 | 775 | 111 | | 102 |

Fuente: Elaboración propia, (2017)/ Factor de Corrección Estacional (Fc) (mes de noviembre)= 0.94295 para vehículos ligeros y (Fc)= 0.96417 para vehículos pesados (Peaje Moyobamba – División Lamas)

Cuadro N° 31: Índice Medio Diario Medio Anual en ambos sentidos, por tipo de vehículo

| Tipo de vehículo | IMDa | Distribución (%) |
|--------------------|------|------------------|
| Auto | 41 | 40.20% |
| Pick Up | 28 | 27.45% |
| Combi rural | 9 | 8.82% |
| Camión 2E | 11 | 10.78% |

| | | |
|------------------|------------|----------------|
| Camión 3E | 13 | 12.75% |
| Total | 102 | 100.00% |

Fuente: Elaboración propia, (2017).

a) DETERMINACIÓN DEL ESAL's POR CARRIL DE DISEÑO

ESAL's de diseño: 131, 868

Factor de Dirección: 0.5

Factor de Carril: 0.9

ESAL's por carril de tránsito: $0.5 \times 0.9 \times 131, 868 = 59, 341$

b) DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO

Cuadro N° 32: Módulo efectivo de Resiliencia de la subrasante en función del criterio de serviciabilidad

| N° CALICATA | UBICACIÓN KM | LADO | CBR | | Mr (PSI) | Daño Relativo Uf |
|--------------------|--------------|------|------|------|----------|------------------|
| | | | 95% | 100% | | |
| | | | MSD | MSD | | |
| C-01 | 02+224 | L.I | 6.50 | 8.50 | 8465.56 | 0.091143 |
| C-02 | 03+340 | L.D | 5.00 | 6.80 | 7157.01 | 0.134556 |
| C-03 | 03+950 | L.I | 6.00 | 8.10 | 8042.81 | 0.102645 |
| C-04 | 05+785 | L.D | 5.80 | 9.00 | 7870.18 | 0.107944 |
| C-05 | 07+750 | L.I | 5.20 | 8.50 | 7338.94 | 0.126944 |
| C-06 | 09+250 | L.D | 6.00 | 9.00 | 8042.81 | 0.102645 |
| C-07 | 12+000 | L.I | 5.00 | 8.00 | 7157.01 | 0.134556 |
| Suma Uf | | | | | | 0.800433 |
| Uf promedio | | | | | | 0.114348 |

Fuente: Elaboración propia, (2017).

Para determinar el Mr promedio:

7870.18 ----- 0.107944

Mr ----- 0.114348

7338.94 ----- 0.126944

Interpolando:

Mr promedio: 7,691.12

Cálculo del CBR promedio:

$$Mr = 2555 \times CBR^{0.64}$$

$$CBR^{0.64} = 7,691.12 / 2555$$

$$\underline{CBR = 5.60 \%}$$

c) DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA CAPA DE AFIRMADO EN MM

Haciendo uso del Método NAASRA y los resultados de la carga equivalente y el CBR promedio, se obtiene el espesor de la capa de afirmado.

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} CBR) + 58 \times (\log_{10} CBR)^2] \times \log_{10}(N_{rep}/120)$$

$$e = 345.77 \text{ mm} \approx 35 \text{ cm}$$

4.3. ESTUDIO DE SERVICIABILIDAD

Cuadro N° 33: Índice de Rugosidad Internacional (IRI) generado en la vía

| N° | Progresiva | Lado | "D" | Fc | Dc | IRI |
|----|---------------------|------|--------|-----|--------|------|
| 1 | KM00+000 - KM00+400 | L.D | 84.04 | 1.2 | 100.85 | 5.34 |
| 2 | KM00+400 - KM00+000 | L.I | 58.14 | 1.2 | 69.77 | 3.88 |
| 3 | KM02+224 - KM02+624 | L.D | 93.00 | 1.2 | 111.60 | 5.85 |
| 4 | KM02+624 - KM02+224 | L.I | 90.67 | 1.2 | 108.80 | 5.72 |
| 5 | KM05+785 - KM06+185 | L.D | 100.00 | 1.2 | 120.00 | 6.25 |
| 6 | KM06+185 - KM05+785 | L.I | 114.17 | 1.2 | 137.00 | 7.05 |
| 7 | KM09+250 - KM09+650 | L.D | 77.68 | 1.2 | 93.22 | 4.98 |
| 8 | KM09+650 - KM09+250 | L.I | 95.00 | 1.2 | 114.00 | 5.96 |
| 9 | KM12+000 - KM12+400 | L.D | 93.93 | 1.2 | 112.71 | 5.90 |
| 10 | KM12+400 - KM12+000 | L.I | 111.67 | 1.2 | 134.00 | 6.90 |

| | | |
|--------------|---------------------------|-------------|
| TOTAL | IRI promedio | 5.78 |
| | Desv. Estándar | 0.92 |
| | IRI característico | 7.29 |

Fuente: Elaboración propia, (2017).

Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

$$R = 5.5 \ln \left(\frac{5.0}{\text{PSI}} \right)$$

$$7.29 = 5.5 \ln \left(\frac{5.0}{\text{PSI}} \right)$$

PSI = 1.33 → Transitabilidad mala

4.4. COSTOS DE MANTENIMIENTO VIAL

Cuadro N° 34: Costos de mantenimiento de la vía

| ACTIVIDAD | COSTO/KM (S./KM) | FRECUENCIA DE INTERVENCIÓN | COSTO/KM/AÑO (S./) | LONGITUD (KM) | COSTO ANUAL DE LA VÍA (S.) |
|--|---------------------|----------------------------------|-----------------------|------------------|----------------------------------|
| MANTENIMIENTO RUTINARIO (KM) | 11,423.34 | 1 año | 11,423.34 | 14.180 | 161,982.96 |
| MANTENIMIENTO PERIÓDICO (KM) | 86,485.61 | 5 años | 17,297.12 | 14.180 | 245,273.19 |
| TOTAL DE MANTENIMIENTO | | | | | 407,256.15 |
| REHABILITACIÓN | 1,073,852.23 | 15 años | 71,590.15 | 14.180 | 1,015,148.31 |
| AHORRO ANUAL DE LA VÍA SI TIENE MANTENIMIENTO (S./) | | | | | 607,892.16 |
| RELACION DEL AHORRO REHABILITACIÓN VS MANTENIMIENTO | | | | | 2.5 |

Fuente: Elaboración propia, (2017).

4.5. AHORRO EN LOS COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR

Cuadro N° 35: Ahorro del VOC según métodos

| MÉTODO | AHORRO VOC ANUAL |
|--------|------------------|
|--------|------------------|

| | USD |
|----------------------------------|------------|
| LEN ASOCIADOS INGENIEROS (CHILE) | 215,947.73 |
| INVIAS (COLOMBIA) | 58,640.68 |

Fuente: Elaboración propia, (2017).

V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados presentados de las investigaciones de campo, como las proporcionadas por las Instituciones administradoras de las vías, se analizarán para el posterior planteamiento de las conclusiones y el modelo que permitirá el ahorro de costos de mantenimiento vial y operación vehicular.

5.1. INVENTARIO Y EVALUACIÓN VIAL

El inventario realizado, permitió observar las irregularidades en la carpeta asfáltica, debido a que esta presenta fallas estructurales y superficiales de acuerdo a la clasificación de los daños en pavimentos flexibles que presenta el Manual de Inventario Vial.

A pesar del mantenimiento rutinario realizado en el año 2015 y el mantenimiento periódico realizado en el año 2011, la carretera presenta tramos en los cuales se evidencia fallas como: fisuras longitudinales, fisuras transversales, piel de cocodrilo, erosión de taludes, obstrucción de cunetas y alcantarillas, en el caso de no existir un adecuado y oportuno mantenimiento, la vía entrará en un estado crítico de deterioro con sus respectivas consecuencias.

Al tener un inventario vial actualizado de acuerdo a las eventualidades que se puede estar presentando en la vía, permitirá la ejecución inmediata de acciones por parte de las instituciones administradoras de redes y así evitar daños en la superficie de rodadura, obras de drenaje y otros, evitando molestias a los usuarios que transportan por dicha vía.

El inventario vial realizado fue base fundamental, para determinar las actividades a realizar en el mantenimiento rutinario y mantenimiento periódico.

5.2. ESTUDIO DE TRÁFICO

Se realizó la proyección del tráfico en base a los datos proporcionados por la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones San Martín – DRTC (2012), para el año 2017, en el cual se obtuvo el IMDa= 102 Veh. /día

Así también se realizó la encuesta de origen y destino de pasajeros, el cual proporcionó información acerca de los tipos de vehículos que transitan por la vía, el combustible que utilizan, el número de pasajeros por tipo de vehículo, la actividad que motiva el viaje de pasajeros, dicha información es relevante para las instituciones que administran las vías, puesto a que estos valores servirán para comprobar si la estructura colocada en la vía, soportará plenamente los requerimientos de tráfico.

Se realizó el cálculo del ESAL's, así como también el cálculo del módulo de resiliencia de la subrasante, el cual nos permitió determinar el CBR promedio, donde finalmente con ambos resultados se logró calcular el espesor de la capa de afirmado en mm.

El resultado obtenido del CBR promedio, no cumple las normas establecidas, debido a que el valor del CBR es menor al 6%, por lo que debió mejorarse la subrasante. Por tal motivo se puede comprobar que las fallas existentes en la superficie de rodadura de la vía son a causa de no haber colocado el espesor adecuado en el afirmado el cual correspondería a $e = 0.35$ m, dicho espesor fue calculado por medio del Método NAASRA, en base a los resultados obtenidos de carga equivalente y CBR promedio.

El cálculo realizado para la obtención del IRI, nos demuestra con valores que la transitabilidad en puntos focalizados de la vía es mala y ello se puede presenciar en las fallas que presenta la vía en la actualidad.

5.3. COSTOS DE MANTENIMIENTO

Para el análisis de costos de mantenimiento vial, se realizó un presupuesto referencial incluyendo partidas de mantenimiento rutinario, de la misma manera se realizó otro presupuesto el cual es también referencial para el mantenimiento periódico, ambos costos de mantenimiento se unificaron para presentarlos en un cuadro resumen en el cual se muestran los ahorros en costos anuales de mantenimiento de la vía; comparándolo con el costo que implicaría ejecutar una rehabilitación en la vía, para ello se realizó un último presupuesto el cual fue de rehabilitación y es referencial.

Cabe mencionar que las actividades escogidas para ambos mantenimientos (rutinario y periódico), se basaron a las fallas y los resultados obtenidos de las evaluaciones del tráfico y del inventario vial.

El presupuesto referencial de rehabilitación, se elaboró teniendo en cuenta que la vía no hubiera recibido ningún tipo de mantenimiento desde su apertura (a nivel de Tratamiento Superficial + Slurry Seal), dicho presupuesto sirvió para comparar los gastos que ocasiona el no realizar un mantenimiento oportuno, llegando al extremo de volver a rehabilitar o reconstruir en su totalidad la vía, generando costos altos para las entidades administradoras de vías. Por lo tanto si se conserva la vía en condiciones óptimas, se ahorrará hasta tres veces más de lo que se gastaría en rehabilitar la vía.

En base a los presupuestos de mantenimiento realizados, se establecerán períodos de ejecución para las actividades de conservación, el cual se planteará en la propuesta de modelo de gestión vial.

5.4. AHORRO EN COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR

Para determinar los ahorros de costos de operación vehicular, se usó dos metodologías las cuales son: Método de Len Asociados Ingenieros Consultores aplicado en vías de Chile y Metodología del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), de Colombia; en el cual se obtuvo para la primera metodología el valor de USD 215,947.73 dólares y para la segunda metodología el valor de USD 58,640.68 dólares, obteniéndose un menor ahorro de costo de operación de vehículos con la metodología de INVIAS, éste método se puede usar como alternativa de aplicación en proyectos de inversión pública para determinar beneficios cuantificables que los usuarios podrían percibir si la vía tiene un adecuado manejo de acciones para la aplicación de mantenimiento rutinario y periódico en la superficie de rodadura de la vía, dicho ahorro se reflejará en la disminución de los costos de operación de los vehículos, ahorro de pasajes, ahorro en los tiempos de viaje de las personas que transitan en una vía en mejores condiciones de serviciabilidad.

5.5. PROPUESTA

5.5.1. FUNDAMENTACIÓN

La propuesta se fundamenta en la aplicación de una correcta administración en la conservación vial, la cual implica actividades de mantenimiento rutinario y actividades de

mantenimiento periódico de manera complementaria, en el momento preciso y con acciones necesarias.

Todo ello mediante la realización en periodos establecidos y con una determinada permanencia, que permita a las vías estar en un estado óptimo, brindando seguridad, rapidez y comodidad.

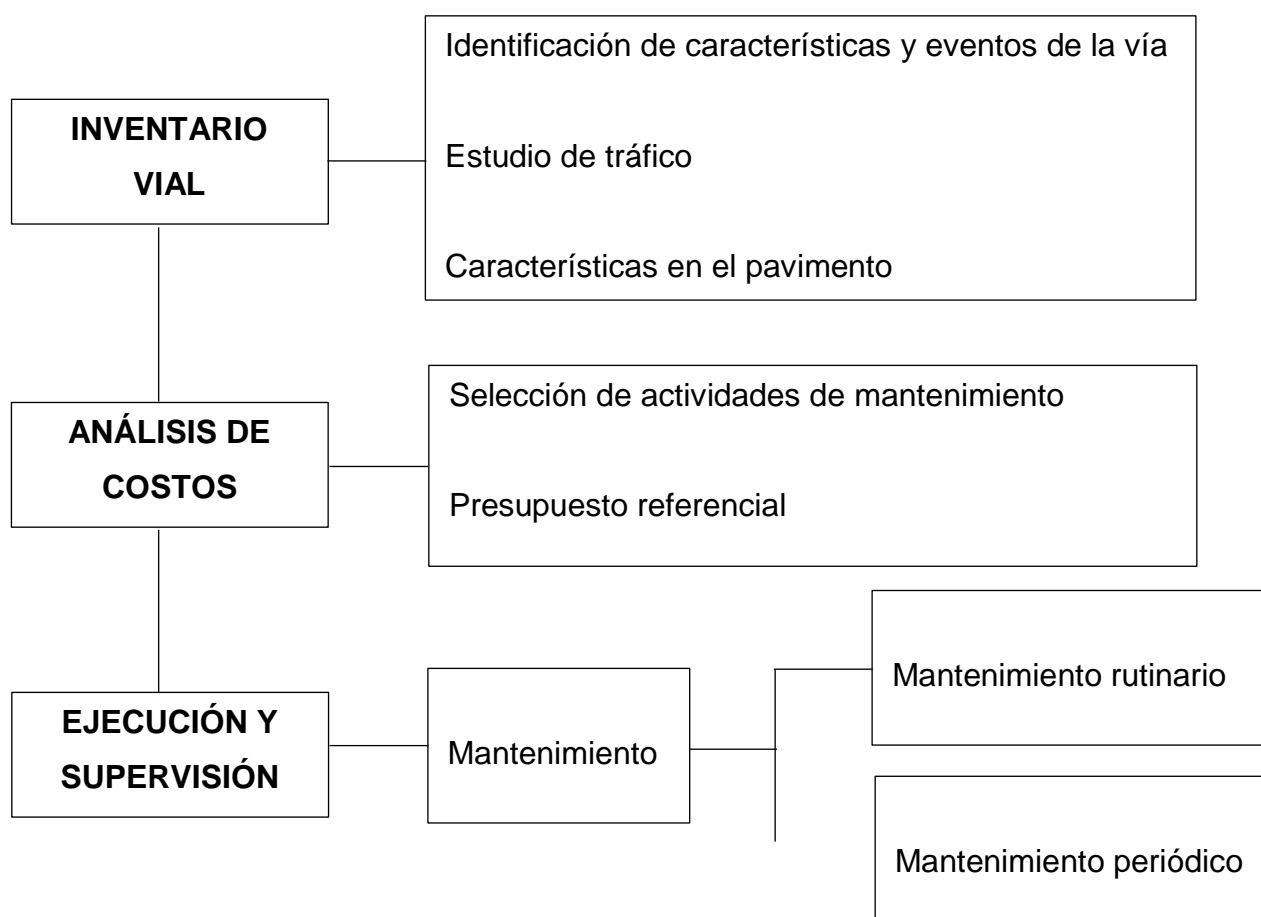
Cabe recalcar que la reducción de costos de operación vehicular, se establece mediante dos contextos, el primero sin ninguna intervención realizada y el segundo aplicado a una intervención programada, en el cual se establecerá los beneficios de la aplicación del modelo de gestión de conservación.

La implementación de la gestión de conservación vial, conseguirá la reducción significativa en los costos de mantenimiento vial y operación vehicular, por lo que nuestra propuesta se fundamenta en estos criterios de ahorro.

5.5.2. METODOLOGÍA – MODELO OPERATIVO

En esta parte de la propuesta, se indica las fases que deberá seguir el Modelo de Gestión de Conservación Vial, para ello se propone un esquema de fases a seguir para la implementación del modelo de gestión de conservación vial.

Figura N° 19: Esquema de las fases que debe seguir el modelo de gestión de conservación vial



Cuadro N° 36: Matriz de conteo vehicular

| Hora | Automóvil | Camioneta | Cmta Rural | Micro | Omnibus | | Camion | | | Semitrayers | | | | Traylers | | | | TOTAL | PORC. % |
|--------------|-----------|-----------|------------|-------|---------|----|--------|----|----|-------------|-----|-----|-------|----------|-----|-----|-------|-------|---------|
| | | | | | 2E | 3E | 2E | 3E | 4E | 2S2 | 2S3 | 3S2 | >=3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | >=3T3 | | |
| 00-01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01-02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02-03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03-04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 04-05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05-06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06-07 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 07-08 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08-09 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 09-10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12-13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13-14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14-15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15-16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16-17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17-18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18-19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19-20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20-21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21-22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22-23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23-24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Dirección de Transportes y Comunicaciones San Martín - DRTC.

Cuadro N° 37: Composición vehicular

| TRAMO | RUTA | ESTACION | SENTIDO | IMD | TIPO DE VEHICULO | | | | | | | | | | | |
|-------|------|----------|----------------------|-----|------------------|-----------|-----------------|----------|-------------|-------------|------------|------------|------------|---------------|----------|--|
| | | | | | AUTOMOVIL | CAMIONETA | CAMIONETA RURAL | MICROBUS | OMNIBUS 2 E | OMNIBUS 3 E | CAMION 2 E | CAMION 3 E | CAMION 4 E | SEMI TRAYLERS | TRAYLERS | |
| | | | E S E + S % | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Dirección de Transportes y Comunicaciones San Martín - DRTC.

5.5.3.3. CONDICIONES DEL PAVIMENTO

Se registrarán las fallas encontradas en la vía, de acuerdo a la clasificación de daños en pavimentos flexibles, propuesta por el Manual de Inventario Vial del MTC – 2013.

Cuadro N° 38: Matriz condición del estado de pavimento

| CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO | | | | |
|------------------------------------|----------------|--|--|-------------------------|
| Clasificación de los daños | Código de daño | Daños | Gravedad | Longitud de vía / Ancho |
| Daños estructurales | 1 | Piel de cocodrilo Constituida por fisuras que forman polígonos incompletos dibujados en la superficie, sometidas a una repetición de cargas superior a lo permitido. | 1.Malla grande (>0.5 m) sin material suelto | |
| | | | 2.Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) con material suelto o sin el | |
| | | | 3.Malla pequeña (<0.3 m) con material suelto o son el | |
| | 2 | Fisuras longitudinales La falla comienza en la parte inferior de las capas asfálticas, después se propaga a la superficie y se origina por la repetición de cargas superior a la permisible. | 1.Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho <1 mm) | |
| | | | 2.Fisuras abiertas y/o ramificadas sin pérdida de material (ancho >1 mm) | |
| | | | 3.Fisuras abiertas y/o ramificadas con pérdida de material (ancho>1mm) | |
| | 3 | Deformación por deficiencia estructural Se refiere a las depresiones localizadas (hundimiento) en la superficie del pavimento, en un área del mismo. | 1.Profundidad sensible al usuario pero < 2cm | |
| | | | 2.profundidad entre 2 cm y 4 cm | |
| | | | 3.Profundidad ≥ 4cm | |
| | 4 | Ahuellamiento La huella aparece en el trazado de las ruedas, sobre los laterales del pavimento. | 1.Profundidad sensible al usuario pero < 1cm | |
| | | | 2.profundidad > 1cm | |

| | | | | |
|---------------------|---|---|--|--|
| Daños superficiales | 5 | Peladura y desprendimiento Se refiere a la desintegración superficial de la carpeta asfáltica debida a la pérdida del ligante bituminoso o del agregado. | 1. Puntual sin aparición de la base granular. | |
| | | | 2. Contínuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular. | |
| | | | Contínuo con aparición de la base granular. | |
| | 6 | Baches (Huecos) Son normalmente consecuencia del desgaste o de la destrucción de la capa de rodadura. | 1. Diámetro < 0.2m | |
| | | | 2. Diámetro entre 0.2 y 0.5 m | |
| | | | 3. Diámetro >0.5 m | |
| | 7 | Fisuras transversales Son fracturas del pavimento, transversales al eje de la vía. | 1. Finas (ancho < 1mm) | |
| | | | 2. Fisuras abiertas y/o ramificadas sin pérdida de material (ancho >1 mm) | |
| | | | 3. Fisuras abiertas y/o ramificadas con pérdida de material (ancho >1mm) | |
| | 8 | Exudación Se manifiesta por un afloramiento de material bituminoso de la mezcla a la superficie del pavimento. | 1. Puntual | |
| | | | 2. Contínua | |
| | | | 3. Contínua con superficie viscosa | |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC (2013).

5.5.4. ANÁLISIS DE COSTOS

5.5.4.1. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Se determinará las actividades que se deberán ejecutar, para lo cual se divide en actividades de mantenimiento rutinario y actividades de mantenimiento periódico.

a) Actividades de Mantenimiento Rutinario

Para el desarrollo del mantenimiento rutinario, se consideran las siguientes actividades, las cuales tienen la finalidad de conservar la vía en buen estado.

Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas principalmente a la conservación de plataforma y taludes, conservación en calzada y bermas, conservación de drenaje, conservación de señalización y dispositivos de seguridad y conservación del derecho de vía.

Las actividades que se presentan en el siguiente cuadro, son en referencia a la carretera que se escogió para la investigación.

Cuadro N° 39: Actividades de Mantenimiento Rutinario

| ÍTEM | ACTIVIDAD | UNIDAD |
|-------|--|--------|
| | CONSERVACIÓN DE PLATAFORMA Y TALUDES | |
| MR-1 | Limpieza de calzada y bermas | Km |
| MR-2 | Remoción de Derrumbes | m3 |
| MR-3 | Limpieza de derrumbes y huaycos menores | m3 |
| MR-4 | Desquinche manual de taludes | m3 |
| | CONSERVACIÓN EN CALZADA Y BERMAS | |
| MR-5 | Sellado de fisuras y grietas en calzada | ml |
| MR-6 | Sellado de fisuras y grietas en bermas | ml |
| MR-7 | Parchado superficial en calzada | m2 |
| MR-8 | Parchadoo profundo en calzada | m2 |
| MR-9 | Bacheo de bermas en material granular | m2 |
| MR-10 | Parchado superficialde bermas con tratamiento asfáltico | m2 |
| MR-11 | Parchado profundo de bermas con tratamiento asfáltico | m2 |
| | CONSERVACIÓN DE DRENAJE | |
| MR-12 | Limpieza de cunetas | ml |
| MR-13 | Limpieza de badenes | und |
| MR-14 | Reparación de badenes | und |
| MR-15 | Limpieza de alcantarillas | und |
| MR-16 | Limpieza de muros en gaviones | und |
| | CONSERVACIÓN DE SEÑALIZACIÓN Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD | |
| MR-17 | Conservación de las señales verticales | und |
| MR-18 | Conservación de postes de kilometraje | und |
| MR-19 | Conservación de pintado de cabezales de alcantarillas, elementos visibles de muros, túneles y otros elementos viales | und |
| MR-20 | Conservación de los reductores de velocidad | m2 |
| | CONSERVACIÓN DEL DERECHO DE VÍA | |
| MR-21 | Roce de la franja del derecho de vía | m2 |

Fuente: Manual de carreteras – Conservación vial, Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC (2013).

b) Actividades de Mantenimiento Periódico

Las actividades correspondientes para el mantenimiento periódico, aplicables para la vía en estudio, son las siguientes:

Cuadro N° 40: Actividades de Mantenimiento Periódico

| ÍTEM | ACTIVIDAD | UNIDAD |
|-------------|---|---------------|
| | CONSERVACIÓN DE PLATAFORMA Y TALUDES | |
| MP-1 | Perfilado de taludes | m2 |
| MP-2 | Estabilización de taludes | m2 |
| MP-3 | Protección de taludes contra la erosión | m2 |
| MP-4 | Limpieza de derrumbes y huaycos mayores | m3 |
| | CONSERVACIÓN EN CALZADA Y BERMAS | |
| MP-5 | Sellos asfálticos | m2 |
| MP-6 | Recapados asfálticos | m2 |
| MP-7 | Fresado de carpeta asfáltica | m2 |
| MP-8 | Reconformación de base granular en bermas | m2 |
| MP-9 | Imprimación reforzada de la base granular en bermas | m2 |
| MP-10 | Nivelación de bermas con mezcla asfáltica | m2 |
| | CONSERVACIÓN DE DRENAJE | |
| MP-11 | Revestimiento y/o reparación mayor de cunetas | m |
| MP-12 | Reparación mayor de alcantarillas de concreto | m3 |
| MP-13 | Reparación mayor o instalación de alcantarillas metálicas | m3 |
| | CONSERVACIÓN DE SEÑALIZACIÓN Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD | |
| MP-14 | Reemplazo o instalación de delineadores (tachas y postes) | und |
| MP-15 | Reposición o instalación de señales verticales | und |
| MP-16 | Reposición o instalación de postes kilométricos | und |
| MP-17 | Reparación o instalación de guardavías metálicos | und |
| MP-18 | Instalación de reductores de velocidad | und |
| MP-19 | Mantenimiento de marcas en pavimento | und |
| | CONSERVACIÓN DEL DERECHO DE VÍA | |
| MP-20 | Manejo de la vegetación mayor | und |

Fuente: Manual de carreteras – Conservación vial, Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC (2013).

5.5.4.2. PRESUPUESTO REFERENCIAL

Se realizará el presupuesto referencial para el mantenimiento rutinario y periódico, las cuales tendrán modalidades distintas, pero se unificarán para establecer un modelo de mantenimiento.

a) Presupuesto referencial para mantenimiento rutinario

Los trabajos a desarrollarse para el mantenimiento rutinario se realizarán durante un periodo establecido, ello debido a que los trabajos son de carácter manual, sin la necesidad de contar con maquinaria específica o personal capacitado, pues estas varían diariamente.

Para su cálculo se establece la longitud de la vía, con el personal mínimo requerido y el periodo a ejecutar las actividades de mantenimiento.

b) Presupuesto referencial para mantenimiento periódico

Para el presupuesto de mantenimiento periódico, se empleará en base a precios unitarios, con referencia a cada actividad propuesta para dicho mantenimiento, puede ser mediante el programa S10 u otro similar.

Cuadro N° 41: Matriz de costos de mantenimiento periódico

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | UND. | METRADO | PRECIO S/. | PARCIAL |
|-------------------------------------|-------------|------|---------|------------|---------|
| 01.00.00 | | | | | |
| 02.00.00 | | | | | |
| 03.00.00 | | | | | |
| 04.00.00 | | | | | |
| 05.00.00 | | | | | |
| COSTO DIRECTO (S/.) | | | | | |
| GASTOS GENERALES | | | | | |
| COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO | | | | | |

Fuente: Elaboración propia, (2017)

c) Presupuesto referencial para el mantenimiento

Se sumará los dos presupuestos rutinario y periódico.

Cuadro N° 42: Matriz de costos de mantenimiento

| ACTIVIDAD | COSTO ANUAL | FRECUENCIA DE INTERVENCIONES POR AÑO | COSTO TOTAL |
|-------------------------------|-------------|--------------------------------------|-------------|
| MANTENIMIENTO RUTINARIO (KM) | | cada año | |
| MANTENIMIENTO PERIÓDICO (KM) | | cada 5 años | |
| TOTAL DE MANTENIMIENTO | | | |

Fuente: Elaboración propia, (2017)

5.5.5. EJECUCIÓN Y SUPERVISIÓN

5.5.5.1. EJECUCIÓN

Se ejecutarán trabajos de conservación, mediante el mantenimiento, el cual integrará a ambas actividades (rutinario y periódico).

Para la ejecución de las actividades de mantenimiento rutinario y periódico, se presenta el personal mínimo requerido.

Cuadro N° 43: Personal requerido para la ejecución de trabajos de mantenimiento

| PERSONAL MÍNIMO PARA EJECUTAR EL MANTENIMIENTO | | | |
|--|----------|-------------------------|------------------------------------|
| MANTENIMIENTO RUTINARIO | | MANTENIMIENTO PERIÓDICO | |
| PERSONAL | CANTIDAD | PERSONAL | CANTIDAD |
| Contador | 1 | Ing. Residente de obra | 1 |
| Capataz y/o Jefe de Mantenimiento | 1 | Ing. Asistente de obra | 1 |
| Trabajador de gestión administrativa | 1 | Administrador de obra | 1 |
| Trabajadores | 7 | Almacenero | 1 |
| | | Secretaria | 1 |
| | | Chofer | 1 |
| | | Guardianes | 2 |
| | | Cuadrillas | Depende de la actividad a realizar |

Fuente: Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones San Martín - DRTC, (2017)

Se presenta el siguiente cuadro en el cual se muestran los equipos y maquinarias usadas para las actividades de mantenimiento rutinario y periódico

Cuadro N° 44: Equipo y maquinaria para la ejecución de trabajos de mantenimiento

| EQUIPO Y MAQUINARIA | | | |
|--------------------------------|-----------------|--|-----------------|
| MANTENIMIENTO RUTINARIO | | MANTENIMIENTO PERIÓDICO | |
| EQUIPO Y MAQUINARIA | CANTIDAD | EQUIPO Y MAQUINARIA | CANTIDAD |
| Carretilla | 4 | Máquina para pintar pavimentos | 1 |
| Picos | 4 | Volquete | 1 |
| Lampas | 4 | Camión cisterna | 1 |
| Barretas | 4 | Camión imprimador | 1 |
| Escobas | 4 | Rodillo Tandem estático autopropulsado | 1 |
| Rastrillos | 4 | Rodillo liso vibratorio autopropulsado | 1 |
| Machetes | 7 | Motoniveladora | 1 |
| Cortadora de asfalto | 1 | Mezcladora de concreto | 1 |
| Conos de seguridad | 6 | Vibrador de 4 Hp | 1 |
| Tranqueras de seguridad | 2 | Barredora mecánica | 1 |
| Chalecos reflectivos | 7 | Nivel topográfico | 1 |
| Cascos | 7 | Mira topográfica | 1 |
| Furgoneta | 1 | GPS | 1 |
| Desbrozadora | 4 | Otros | 1 |
| Cortadora de asfalto | 1 | | |
| Plancha compactadora | 1 | | |
| Otros | 1 | | |

Fuente: Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones San Martín - DRTC, (2017)

Para la ejecución de actividades, se aplicarán el uso de cronogramas, el cual especifique la duración de cada actividad, se elaboró un cronograma el cual es aplicado para el mantenimiento rutinario, considerando solo las actividades que fueron elegidas para el presupuesto elaborado y de la misma forma se presenta otro cronograma para el mantenimiento periódico con las mismas consideraciones.

Cuadro N° 45: Cronograma de ejecución de actividades de mantenimiento rutinario

| CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|-----|-----|-----------------|-----|-------------------|-----|--------------------|-----|-------------------|-----|-----|--|
| ACTIVIDAD | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | |
| | PERIODO LLUVIOSO | | | LLUVIA MODERADA | | LLUVIA ESPORÁDICA | | AUSENCIA DE LLUVIA | | LLUVIA ESPORÁDICA | | | |
| Limpieza de calzada y bermas | | | | | | | | | | | | | |
| Desquinche manual de taludes | | | | | | | | | | | | | |
| Limpieza de derrumbes y huaycos menores | | | | | | | | | | | | | |
| Sellado de fisuras y grietas en calzada | | | | | | | | | | | | | |
| Parchado superficial en calzada | | | | | | | | | | | | | |
| Parchado profundo en calzada | | | | | | | | | | | | | |
| Limpieza de cunetas | | | | | | | | | | | | | |
| Limpieza de alcantarillas | | | | | | | | | | | | | |
| Conservación de las señales verticales | | | | | | | | | | | | | |
| Conservación de postes de kilometraje | | | | | | | | | | | | | |
| Conservación de pintado de cabezales de alcantarillas, elementos visibles de muros, túneles y otros elementos viales | | | | | | | | | | | | | |
| Roce de la franja del derecho de vía | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia, (2017)

Cuadro N° 46: Cronograma de ejecución de actividades de mantenimiento periódico

| CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ACTIVIDAD | MES 01 | MES 02 | MES 03 | MES 04 |
| OBRAS PROVISIONALES | | | | |
| Cartel de obra | ■ | | | |
| Campamento provisional en obra | ■ | | | |
| OBRAS PRELIMINARES | | | | |
| Movilización de maquinarias-herramientas para la obra | ■ | | | ■ |
| Topografía y georreferenciación | ■ | | | |
| Desbroce y limpieza | | ■ | ■ | |
| OBRAS DE PAVIMENTO | | | | |
| PAVIMENTO | | | | |
| Sello asfáltico | | ■ | | |
| Reconformación de base granular en bermas | | | ■ | |
| OBRAS DE ARTE Y DRENAJE | | | | |
| CUNETAS Y ZANJAS DE CORONACIÓN | | | | |
| Revestimiento de cunetas triangulares | ■ | ■ | ■ | |
| Revestimiento de zanjas de coronación | | | ■ | ■ |
| SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL | | | | |
| SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL | | | | |
| Marcas sobre el pavimento | | | ■ | ■ |
| SEÑALIZACIÓN VERTICAL | | | | |
| REPOSICIÓN DE SEÑALES VERTICALES | | | | |
| Señal Reguladora | | | ■ | ■ |
| Señal Preventiva | | | ■ | ■ |
| PROTECCIÓN AMBIENTAL | | | | |
| Revegetación | | | | ■ |

Fuente: Elaboración propia, (2017)

Para la aplicación de un adecuado mantenimiento, se deberá tener un ciclo mínimo de aplicación de 5 años consecutivos, en los cuales, los primeros cuatro años se realizarán exclusivamente las actividades de mantenimiento rutinario y el quinto año se podrá ejecutar las actividades de mantenimiento periódico, con la finalidad de tener al final de

este tiempo una vía en condiciones similares al inicio del periodo, es decir en un estado óptimo.

De acuerdo a las evaluaciones, se podrá ejecutar un nuevo ciclo, una vez finalizando el primero, con las mismas actuaciones y periodos realizados, consiguiendo de esta manera mantener a la vía en buenas condiciones.

Cuadro N° 47: Cronograma de actividades de mantenimiento

| TIPO DE MANTENIMIENTO | AÑOS | | | | |
|-----------------------|------------|-------------|-----------|------------|------------|
| | PRIMER AÑO | SEGUNDO AÑO | TECER AÑO | CUARTO AÑO | QUINTO AÑO |
| RUTINARIO | | | | | |
| | | | | | |
| PERIÓDICO | | | | | |
| | | | | | |

Fuente: Elaboración propia, (2017)

En caso de que los daños en la superficie de rodadura, obras de arte, entre otros elementos que conforman la vía aparezcan antes del quinto año, será necesario ejecutar actividades de mantenimiento periódico antes de lo previsto.

5.5.5.2. SUPERVISIÓN

La supervisión y fiscalización lo llevará a cabo la entidad responsable de la administración de la vía, bajo los alcances de la propuesta que se plantea, no se podrá abandonar la supervisión de los trabajos de mantenimiento y deberá durar el tiempo previsto.

Para el respectivo control, se tendrá que elaborar informes mensuales, el cual debe contener el registro diario y mensual de las actividades, registro fotográfico del avance de las actividades, planillas de ejecución de obra, cuaderno de obra.

5.5.6. DETERMINACIÓN DE AHORROS

5.5.6.1. AHORRO EN COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR

Los costos de operación vehicular se determinan mediante un modelo matemático, el cual nos permite obtener el costo que ocasiona movilizar un vehículo por las vías.

5.5.6.1.1. MÉTODO DE LEN ASOCIADOS INGENIEROS CONSULTORES, APLICADO EN LAS VÍAS DE CHILE

Se considera el estado de la capa de rodamiento, de acuerdo a su nivel desde bueno a pésimo y que está en función del Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

Tabla N° 11: Relación entre la condición de la carretera vs IRI

| CONDICIÓN DE LA CARRETERA VS IRI | | |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Condición | Carretera Asfaltada | Carretera de Tierra |
| Buena | 2 | 4 |
| Regular | 5 | 10 |
| Mala | 6 | 14 |
| Pésima | 10 | 20 |

Fuente: Len & Asociados Ingenieros Consultores - Chile, (2007).

Posterior a ello se aplican porcentajes de consumo de insumos en función del costo inicial vehicular, como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 48: Costos de los insumos en relación al costo vehicular

| COSTOS DE LOS INSUMOS EN RELACIÓN AL COSTO VEHICULAR | | | | |
|--|---------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|
| INSUMO | LIVIANO | | PESADOS | |
| | COSTO DEL VEHÍCULO (US\$) | 29,280.00 | COSTO DEL VEHÍCULO (US\$) | 70,072.50 |
| | INDICADOR | COSTO DE OPERACIÓN | INDICADOR | COSTO DE OPERACIÓN |
| COMBUSTIBLE | 15.0% | 4,392.00 | 20.0% | 14,014.50 |
| REPUESTOS | 4.0% | 1,171.20 | 4.0% | 2,802.90 |
| NEUMÁTICOS | 6.0% | 1,756.80 | 7.0% | 4,905.08 |
| LUBRICANTES | 2.0% | 585.60 | 2.0% | 1,401.45 |
| MANTENIMIENTO | 5.0% | 1,464.00 | 5.0% | 3,503.63 |
| COSTO TOTAL ANUAL (US\$) | | 9,369.60 | | 26,627.55 |

Fuente: Elaboración propia, (2017).

A los resultados obtenidos en el cuadro N°17, se le aplica una afectación de acuerdo al insumo analizado y comparando el transporte en una capa de rodamiento en buenas condiciones y otro con capa de rodamiento en pésimas condiciones, a todo esto se

considera el tráfico promedio diario anual (TPDA=IMDA) y se determina un costo de operación vehicular anual; obteniéndose finalmente el ahorro en costos de operación vehicular anual, para vías con mantenimiento y vías sin mantenimiento.

A continuación se presenta el análisis descrito en un cuadro de cálculo:

Cuadro N° 49: Ahorro de costos de operación vehicular

| AHORRO DE COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|--------------------|---------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|
| INSUMO | CON MANTENIMIENTO IRI 2 A 4 | | | | FACTOR DE INCREMENTO O AFECTACIÓN | | SIN MANTENIMIENTO IRI MAYOR A 4 | |
| | | | | | INDICADOR (%) | | | |
| | INDICADOR (%) | VEHÍCULOS LIVIANOS | INDICADOR (%) | VEHÍCULOS PESADOS | VEHÍCULOS LIVIANOS | VEHÍCULOS PESADOS | VEHÍCULOS LIVIANOS | VEHÍCULOS PESADOS |
| COMBUSTIBLE | 15.0% | 4,392.00 | 20.0% | 14,014.50 | 0.0% | 17.0% | 4,392.00 | 16,396.97 |
| REPUESTOS | 4.0% | 1,171.20 | 4.0% | 2,802.90 | 26.0% | 49.0% | 1,475.71 | 4,176.32 |
| NEUMÁTICOS | 6.0% | 1,756.80 | 7.0% | 4,905.08 | 18.0% | 20.0% | 2,073.02 | 5,886.09 |
| LUBRICANTES | 2.0% | 585.60 | 2.0% | 1,401.45 | 20.0% | 7.0% | 702.72 | 1,499.55 |
| MANTENIMIENTO | 5.0% | 1,464.00 | 5.0% | 3,503.63 | 15.0% | 30.0% | 1,683.60 | 4,554.71 |
| COSTO TOTAL ANUAL | | 9,369.60 | | 26,627.55 | | | 10,327.06 | 32,513.64 |
| TPDA=IMDA | | 78 | | 24 | | | 78 | 24 |
| COSTO POR TIPO DE VEHÍCULO | | 730,828.80 | | 639,061.20 | | | 805,510.37 | 780,327.36 |
| COSTO DE OPERACIÓN VEHICULAR | | 1,369,890.00 | | | | | 1,585,837.73 | |
| AHORRO EN COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR (US\$) | | | | | | | 215,947.73 | |

Tipo de cambio: 11-Octubre 2017-S/3.32

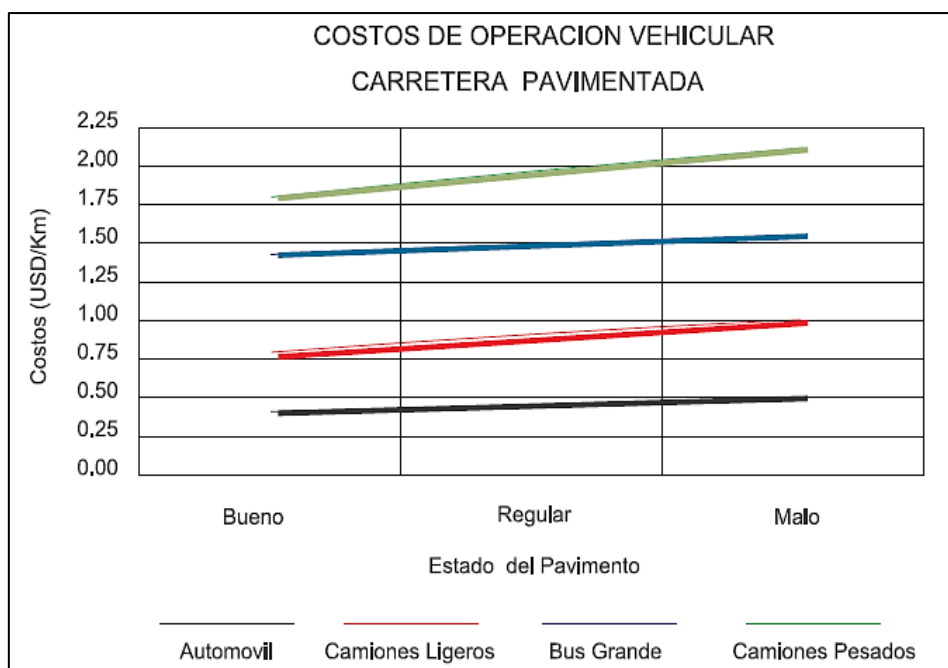
Fuente: Elaboración propia, (2017).

5.5.6.1.2. METODOLOGÍA DEL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS), DE COLOMBIA

Presenta un ábaco, en el que presenta el ahorro de los costos de operación de acuerdo al tipo de vehículo que circulan en una carretera asfaltada, la cual presenta condiciones buenas, regulares y malas, los ahorros los representa en dólares (USD) por kilómetro.

El siguiente ábaco se presenta en la figura N°29:

Figura N° 29: Costos de operación según estado del pavimento y vehículo



Fuente: Instituto Nacional de Vías - Colombia, (2011).

Se analizó los costos por kilómetro, de acuerdo al tipo de vehículo sean estos livianos, camiones ligeros y camiones pesados, para posterior a ello, leer en los ábacos los costos de acuerdo a las condiciones de la capa de rodamiento, en este caso de una vía asfaltada, para condiciones buenas y malas; mediante un cuadro de cálculo se determina el ahorro existente.

Cuadro N° 50: Ahorro de costos de operación vehicular – INVIAS

| VEHÍCULO | COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR | | AHORRO | LONGITUD | IMDA | DIAS/AÑO | COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR ANUAL |
|--|-------------------------------|--------|-------------|----------|------------|----------|-------------------------------------|
| | ESTADO DE LA VÍA | | | | | | |
| | BUENO | MALO | | | | | |
| | USD/KM | USD/KM | | | | | |
| | USD/KM | USD/KM | KM | VEH/DÍA | DÍA | USD | |
| LIVIANOS | 0.44 | 0.50 | 0.06 | 14.180 | 78 | 365 | 24,222.28 |
| CAMIONES LIGEROS | 0.75 | 1.00 | 0.25 | 14.180 | 11 | 365 | 14,233.18 |
| CAMIONES PESADOS | 1.75 | 2.05 | 0.30 | 14.180 | 13 | 365 | 20,185.23 |
| AHORRO EN COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR (USD) | | | 0.36 | | 102 | | 58,640.68 |

Tipo de cambio: 11-Octubre 2017-S/.3.32

Fuente: Elaboración propia, (2017).

5.5.6.2. COSTOS DE MANTENIMIENTO VIAL

Mediante la aplicación de un manejo que permita optar por una conservación vial en buenas condiciones, se pueden realizar reducciones en los costos de mantenimiento que tienen que invertir los administradores de la vía.

Para tal fin se analizó los costos que implica un mantenimiento rutinario y mantenimiento periódico, se asumió que las intervenciones en el mantenimiento rutinario sean anuales durante cuatro años consecutivos y el quinto año realizar un mantenimiento periódico, caso contrario que los daños ameriten aplicar antes del quinto año actividades periódicas.

Al realizar dicho programa de mantenimiento, se logrará conservar la vía en condiciones óptimas y de esa manera evitar en poco tiempo su rehabilitación y/o reconstrucción total.

5.5.7. ADMINISTRACIÓN

Para llevar a cabo la propuesta, es necesario contar con un sistema administrativo, que tenga una estructura funcional, que permita de una manera adecuada ejecutar el modelo que se propone, para ello será necesario que los administradores viales, creen una dirección o unidad de Conservación Vial.

Se propone un modelo a partir de la Dirección de Caminos, perteneciente a la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de San Martín – DRTC, este se encargará de la administración de las redes viales y estará conformado por las unidades de construcción, mejoramiento y rehabilitación, conservación vial, puentes, estructuras y seguridad vial.

La unidad de conservación vial, tendrá a cargo las políticas de mantenimientos rutinarios y periódicos, además se encargará de brindar ayuda a las demás unidades. Estará conformado por personal técnico administrativo y de apoyo.

Las labores de administración y gestión de la unidad de conservación vial, tendrán como finalidad garantizar la transitabilidad permanente en la vía, consiguiendo vías seguras, cómodas y rápidas, al menor costo tanto de la institución como de los usuarios, para ello se debe realizar actividades que puedan conseguir resultados positivos:

Evaluación periódica de la condición de la infraestructura de la vía.

Priorización de las actividades a realizar.

Cantidad de trabajo a realizar.

Costos de las actividades a realizar.

Organización y programación.

Asignación de recursos financieros.

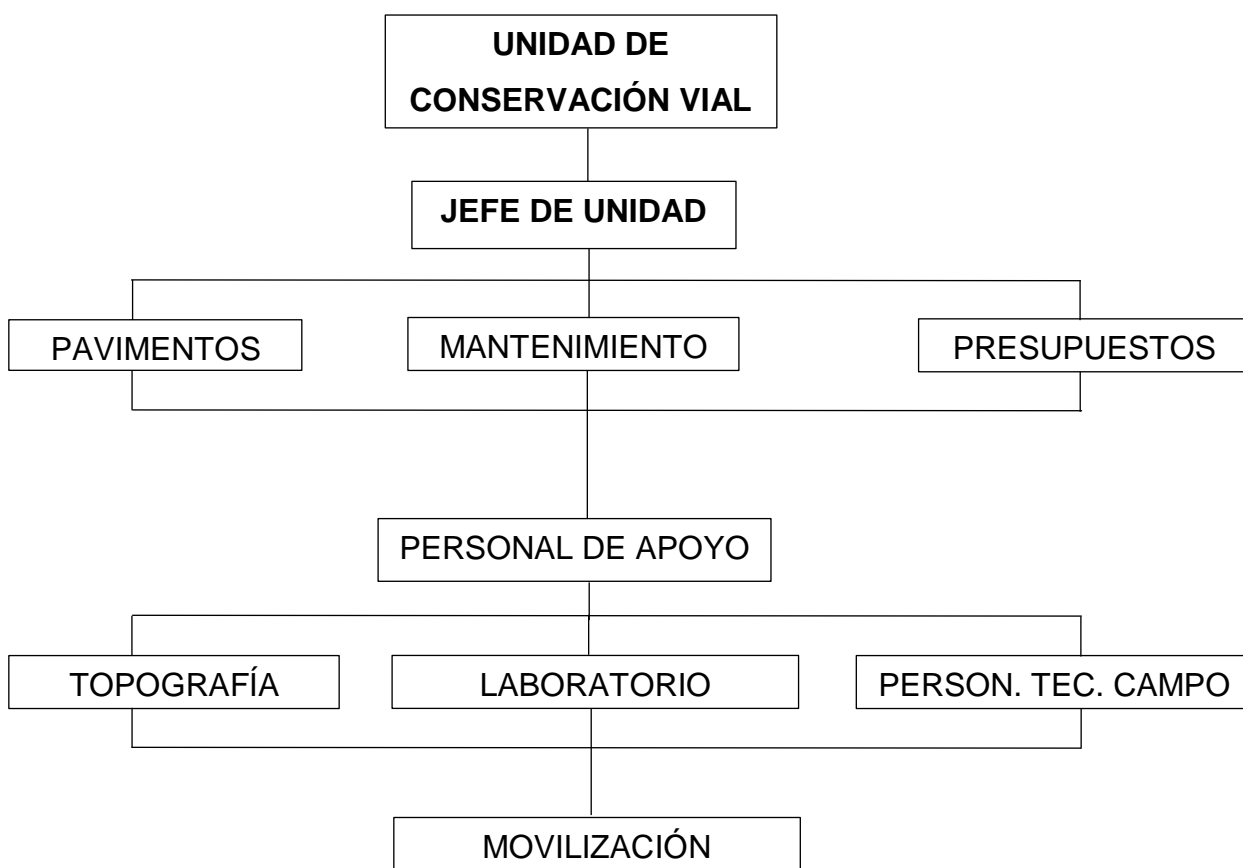
Cronograma de ejecución de actividades.

Ejecución y control.

Cierre de proyectos.

A continuación se presenta el organigrama funcional, para la creación de la Unidad de Conservación Vial.

Figura N° 30: Organigrama funcional de la Unidad de Conservación Vial



Fuente: Elaboración propia, (2017).

Los beneficios de aplicar un sistema de gestión de conservación vial, es brindar a los administradores de vías una herramienta útil, para una eficiente administración de los recursos disponibles, mediante la planeación, ejecución y control de los proyectos.

5.5.8. PREVISIÓN DE EVALUACIÓN

En la etapa de implementación y operación, será de importancia realizar evaluaciones permanentes y ajustes periódicos, cada año en caso de ser necesario, tanto en campo como en oficina.

El deterioro de la vía es impredecible, a pesar del grado de confiabilidad de diseño o las proyecciones de tráfico que están sujetas a variaciones por temporada y a los eventos climáticos, es por ello que es de suma importancia la verificación en campo, si los pronósticos de deterioro se están cumpliendo, se deberá realizar arreglos cada año, y así asegurar las intervenciones en el mantenimiento vial.

5.6. CONTRASTACIÓN DE ALTERNATIVA

Luego de los resultados, discusión y elaboración de propuesta, se confirma la hipótesis, es decir “La elaboración de un modelo de gestión de conservación vial, permitirá la reducción de los costos de mantenimiento vial y operación vehicular, en la carretera departamental Ruta SM-104, Tramo: Lamas – Emp. PE-5N (Pte. Bolivia); Prog. Km 0+000 al Km 14+180, del departamento de San Martín, provincia de Lamas y distritos Lamas y Shanao”; contribuirá a la reducción de costos de operación vehicular y mantenimiento vial a través de la implementación de una adecuada administración en la conservación vial, que involucra actividades de mantenimiento rutinario y periódico, de manera complementaria y en el momento justo, mediante la ejecución de periodos establecidos y con permanencia, lo cual permite conservar una vía en estado óptimo, brindando seguridad, rapidez y comodidad.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Es necesario implementar una propuesta de modelo de gestión de conservación vial, en el cual se administre las redes viales con la finalidad que ofrezcan óptimas condiciones de niveles de servicio, permitirá la reducción de los costos de operación vehicular, estos disminuirán en relación a los costos que se generaría al transitar en una vía que no tenga mantenimiento y se encuentre en condiciones pésimas.

Mediante la aplicación de actividades de mantenimiento rutinario y periódico, se conservará la vía en condiciones favorables, ello representa un ahorro importante para las instituciones encargadas de su administración, comparando con vías, a las cuales no se les ha realizado mantenimientos, abandonándolas hasta el punto de deteriorarse de forma severa, teniendo como última alternativa la reconstrucción, mejoramiento o rehabilitación de la vía, generando reparaciones más costosas. De acuerdo al estudio realizado si conservamos la vía en condiciones óptimas, se ahorrará hasta tres veces más de lo que se gastaría en una rehabilitación.

Uno de los componentes importantes el cual va determinar que se realice una exitosa intervención de conservación vial es el inventario vial, pues permitirá registrar todas las condiciones en las que se encuentra la vía y de esa manera conocer a detalle todo lo existente en su infraestructura, los principales problemas que presenta y por ende permite programar actuaciones, para la elaboración de los presupuestos y lograr un buen mantenimiento de la vía.

En la propuesta de ejecución y supervisión, se planteó periodos de ejecución de actividades, en la cual se planea realizarse cuatro años consecutivos trabajos de mantenimiento rutinario y al quinto año trabajos de mantenimiento periódico, lográndose al final de este tiempo tener una vía en óptimas condiciones, con un monitoreo y actuación de mantenimiento oportuna.

6.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda a las Instituciones Públicas invertir en la implementación de un Sistema de Gestión Vial, a parte de los criterios propuestos en esta investigación sobre la Gestión de Conservación, complementen con modelos de gestión de rehabilitación, gestión de mejoramiento y gestión en seguridad vial, que proporcionen eficiencia en el mejoramiento de las redes viales.

Se recomienda que las Instituciones Públicas inviertan en la capacitación constante al personal técnico, lo cual brindará un mayor desempeño en las actividades con la aplicación de nuevas tecnologías y metodologías para mejoras en la conservación de las redes viales.

Se recomienda realizar un mejoramiento del afirmado, puesto a que su espesor no es el recomendado, para así evitar fallas continuas en su superficie de rodadura.

Se recomienda realizar mantenimiento de los equipos menores como las planchas compactadoras, desbrozadoras, mezcladoras, para no alterar los resultados en la productividad.

Es de conocimiento que en muchas de las actividades de mantenimiento a ejecutarse pueden presentar peligros, tanto para los trabajadores como para los usuarios, por lo tanto se deben implementar acciones que garanticen la seguridad de los mismos, verificando que, todos los trabajadores cuenten con los elementos de seguridad industrial, los sitios de trabajo estén debidamente delimitados y aislados mediante señales de precaución o prevención.

Se recomienda actualizar cada año el Inventario Vial para evaluar periódicamente la vía y así desarrollar actividades de mantenimientos adecuados y oportunos.

Se recomienda motivar a la Universidad Nacional de San Martín a desarrollar estudios de investigación que complementen y mejoren el presente estudio.

VII. BIBLIOGRAFÍA

7.1. BIBLIOGRAFÍA

Arteaga, C E (2017). Curso de pregrado: Pavimentos Primera Unidad. Tema: Las Normas para la Gestión de la Infraestructura.

Bull, A (2003). Mejoramiento de la Gestión Vial con aportes específicos del sector privado. Santiago de Chile.

Bull, A (1999). Modernización de los Organismos Viales. IRF/CEPAL/GTZ. Documento de Trabajo presentado en el Segundo PROVIAL de las Américas. Lima.

Campana, J M. Mantenimiento vial – Informe Sectorial.

DRTC (2015). Expediente Técnico: Recuperación y Mejoramiento de Zonas Críticas de la Carretera Departamental Ruta SM-104, Tramo: Lamas-Emp. PE-5N (Pte. Bolivia). Estudio de Tráfico.

García, C P y otros. Gestión de la Conservación I. Conservación y Explotación de Carreteras.

González, R A (2011). Gestión de Conservación Vial de Ambato – Ecuador.

Hidalgo, G J C (2006). Tesis: Evaluación del Sistema de Gestión de Pavimentos Flexibles en el Perú.

Menéndez, J R (2003). Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas - Manual técnico- Lima: OIT/Oficina Subregional de los Países Andinos / Primera edición.

MTC (2007). Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras 2007.

MTC (2006). Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial.

Montoya, G J E (2007). Tesis: Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos con Herramienta HDM-4 para la Red Vial Nro.5 Tramo Ancón-Huacho-Pativilca.

Morales, S H A (2006). Ingeniería Vial I. Instituto Tecnológico de Santo Domingo.

Salomón, E (2003). Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas - Guía conceptual/ Primera edición.

7.2. LINKOGRAFÍA

<http://mtcgeo2.mtc.gob.pe/imdweb/>, visita 5:00 p.m., fecha 11-07-17, actualización 10 Jul 2017 02:15:43

VIII. ANEXOS

Anexo N° 01: Panel Fotográfico

Anexo N° 02: Inventario Vial

Anexo N° 03: Estudio de Tráfico

Anexo N° 04: Estudio de Suelos

**Anexo N° 05: Medición de la Rugosidad de la Superficie del Pavimento – Equipo
Merlín**

Anexo N° 06: Presupuesto Referencial de Mantenimiento Rutinario

Anexo N° 07: Presupuesto Referencial de Mantenimiento Periódico

Anexo N° 08: Presupuesto Referencial de Rehabilitación

Anexo N° 09: Planos