

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL

MENCION EN CARRETERAS, PUENTES Y TUNELES



TRABAJO DE TESIS

**Para optar el Grado Académico de Maestro en Ingeniería Vial con
Mención en Carreteras, Puentes y Túneles.**

**Modelo de gestión de conservación vial para optimizar los costos de
mantenimiento en la carretera Dv. Rio Seco – Oyón, Año-2019**

Autor: Bach. Simón Rojas Liz Mabel

Asesor: Dr. Valencia Gutiérrez Andrés Avelino

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a Dios, por haberme brindado fortaleza y salud para concluir esta tesis.

Así mismo, a mi amado esposo y a mi hija Itzel por su apoyo y comprensión durante todo este tiempo que realice la tesis.

A mi madre Maruja por brindarme siempre su apoyo.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme brindado fortaleza y salud para concluir esta tesis.

A los docentes de la maestría en Ingeniería Vial por haber compartido sus conocimientos, los cuales fueron importantes para enriquecer nuestro aprendizaje.

A Provias Nacional la entidad que me permitió obtener toda la información para la elaboración de esta investigación.

Índice

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO 1	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 Descripción del Problema	13
1.2 Formulación del problema	14
1.2.1 Problema general	14
1.2.2 Problemas específicos	15
1.3 Importancia y Justificación del Estudio	15
1.3.1 Importancia	15
1.3.2 Justificación	15
1.4 Delimitación del estudio	15
1.5 Objetivos de la investigación	16
1.5.1 Objetivo general	16
1.5.2 Objetivos específicos	16
CAPÍTULO 2	17
MARCO TEÓRICO	17
2.1 Marco histórico	17
2.2 Investigaciones relacionadas con el tema	20
2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio	27
2.3.1 Red vial nacional	27
2.3.2 Mantenimiento o Conservación vial	27
2.3.3 Niveles de intervención en la Conservación Vial	27
2.3.4 Importancia de Conservar un Camino	30
2.3.5 Ciclo de Vida de los Caminos	31
2.3.6 Inventario de Condición	32
2.3.7 Plan de Conservación Vial	33
2.3.8 Tráfico vehicular	33
2.3.9 Cálculo del Índice de Condición del pavimento (PCI)	35
2.4 Definición de términos básicos	38
2.5 Hipótesis	39

2.5.1	Hipótesis general	39
2.5.2	Hipótesis específica	39
2.6	Variables (definición y operacionalización de variables)	39
2.6.1	Definición de variables	39
2.6.2	Operacionalización de variables	39
CAPÍTULO 3		41
METODOLOGÍA DEL ESTUDIO		41
3.1	Tipo de estudio	41
3.1.1	Método de investigación	41
3.2	Diseño de la investigación	41
3.2.1	Nivel de la investigación	42
3.3	Población y muestra	42
3.3.1	Población	42
3.3.2	Muestra	42
3.3.3	Criterios de inclusión y exclusión de la muestra	42
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	43
3.5	Descripción de procedimientos de análisis de Datos	43
CAPÍTULO 4		45
RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS		45
4.1	Resultados	45
4.1.1	Localización de la carretera Dv. Rio Seco - Oyón	45
4.1.2	Estructura del pavimento de la carretera Dv. Rio Seco – Oyón	46
4.1.3	Análisis del inventario vial	46
4.1.4	Evaluación del estudio de tráfico	50
4.1.5	Cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI)	55
4.1.6	Análisis de modalidades de ejecución	60
4.1.7	Análisis de Costos de mantenimiento vial	61
4.2	Análisis de Resultados	65
4.2.1	Resultados	65
4.2.2	Contrastación de Hipótesis	68
CAPÍTULO 5		70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		72

Listado de tablas

Tabla 1 : Rangos de la condición del pavimento	35
Tabla 2 : Longitudes de unidades de muestreo asfálticas	36
Tabla 3 : Matriz de Operacionalización de las variables	39
Tabla 4 : Técnicas de análisis de datos	44
Tabla 5 : Coordenadas de la carretera	45
Tabla 6 : Espesores de la estructura del pavimento	46
Tabla 7 : Tramos en evaluación	47
Tabla 8 : Elementos del Inventario Vial – Características de la vía	48
Tabla 9 : Elementos del Inventario Vial – Evaluación del Pavimento	48
Tabla 10 : Elementos del Inventario Vial – Evaluación del drenaje	49
Tabla 11: Elementos del Inventario Vial – Evaluación de obras de arte y seguridad	50
Tabla 12 : Cantidad de vehículos en el año 2012	51
Tabla 13 : Tasa promedio de crecimiento anual	52
Tabla 14 : Proyección del tráfico normal registrado año 2012	53
Tabla 15 : Proyecciones de tráfico generado	54
Tabla 16 : Proyección diaria del tráfico actual	54
Tabla 17 : Cálculo del área de la muestra	55
Tabla 18 : Puentes y pontones en la carretera	56
Tabla 19 : Resultados de la condición del pavimento	57
Tabla 20 : Resumen de porcentajes de fallas identificadas en la carretera	58
Tabla 21 : Fallas identificadas en la carretera (%)	59
Tabla 22 : Modalidad de ejecución de la conservación vial	60
Tabla 23: Actividades de mantenimiento rutinario y rendimientos	61
Tabla 24: Presupuesto referencial para mantenimiento rutinario y rendimientos	62
Tabla 25 : Actividades de mantenimiento periódico	63
Tabla 26 : Costos de mantenimiento periódico	64
Tabla 27 : Características de la vía	65
Tabla 28 : Ahorro anual en costos de mantenimiento de la vía	68
Tabla 29 : Comparación de antecedentes nacionales e internacionales	68

Listado de figuras

Figura 1: Diagrama de flujo del ciclo de vida “fatal” y “deseable”	31
Figura 2: Diagrama del ciclo de vida “fatal” del camino.	32
Figura 3: Diagrama del ciclo de vida “deseable”.	32
Figura 4: Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica	36
Figura 5: Red Vial PE - 18	45
Figura 6 : Cantidad de vehículos en el año 2012 (%)	52
Figura 7 : Valores de PCI por tramos de la carretera Dv. Rio Seco – Oyón	58
Figura 8 : Porcentaje de fallas existentes en la carretera Dv. Rio Seco - Oyón	59

Resumen

La investigación desarrollada en la presente tesis, se realizó con la finalidad de ahondar en los temas sobre la gestión de conservación de carreteras en el Perú.

Donde el objetivo principal de esta investigación, fue determinar el modelo de gestión de conservación Vial que permita reducir los costos de mantenimiento vial a través de la aplicación de las normativas del MTC, en la Carretera Dv. Rio Seco – Oyón, año-2019.

Con la finalidad de proponer una solución a la gestión de conservación insuficiente, que el Ministerio de Transportes y Provias Nacional vienen realizando, puesto que no recopilan información de las características técnicas de las carreteras para gestionar y programar las intervenciones oportunamente y evitar el deterioro prematuro de las vías.

La metodología de la investigación ha sido de tipo descriptivo y explicativa, de método inductivo y diseño no experimental, determinándose a la población como finita y la muestra es toda la extensión de la carretera Dv. Rio Seco – Oyón de 135.00 Km.

Como resultado de la investigación se propone un modelo de gestión de conservación apropiado para la realidad de la región Lima, que puede ser implementado en la red vial nacional.

Al finalizar la investigación, se logró reducir los costos de mantenimiento (rutinario y periódico) hasta 5 veces menos, de lo que implicaría no atender la vía en condiciones óptimas, con trabajos oportunos y adecuados mediante la aplicación de la Gestión de Conservación vial, en el tramo Dv. Rio Seco – Oyón.

Palabras claves: Conservación vial, Gestión de Conservación, Inventario vial, Mantenimiento periódico y rutinario.

Abstract

The research developed in this thesis was carried out with the aim of delving into the topics on road conservation management in Peru.

Where the main objective of this research was to determine the road conservation management model that allows to reduce the costs of road maintenance through the application of the regulations of the MTC, in the Road Dv. Rio Seco – Oyón, year-2019.

In order to propose a solution to the problem presented in the entities responsible for the management of roads such as the Ministry of Transport and Provias Nacional, which have been carrying out insufficient conservation management, since they do not they collect information on the technical characteristics of roads to manage and schedule interventions in a timely manner and prevent premature deterioration of the tracks.

The research methodology has been descriptive and explanatory, inductive method and non-experimental design, determining the population as finite and the sample is the entire extension of the road Dv. Rio Seco – Oyón.

As a result of the research, a conservation management model appropriate for the reality of the Lima region is proposed, which can be implemented in the national road network.

At the end of the investigation, maintenance costs (routine and periodic) were reduced to 5 times less, than would imply that the track would not be met in optimal conditions, with timely and adequate work through the implementation of Conservation Management Dv. Rio Seco – Oyón.

Keywords: Road conservation, Conservation Management, Road Inventory, Periodic and Routine Maintenance.

Introducción

Una infraestructura vial es un aspecto fundamental para el transporte terrestre en el país. En Perú la mayor parte de su comercio se realiza por esta vía y también influye en factores importantes de la economía como lo es el turismo, ya que una carretera ayuda a facilitar la distribución de bienes y servicios para mejorar la calidad de la vida humana, es por esto que resulta importante el hecho de mantener sus carreteras en estado óptimo para brindar seguridad y calidad a todas aquellas personas que las utilicen.

Siendo la problemática de la investigación la asignación presupuestal que Provias Nacional realiza, basándose en montos históricos, sin tomar en consideración las necesidades de mantenimiento que requieren las carreteras, por tal motivo no se puede mantener toda la red vial en buen estado. Puesto que a la entidad le hace falta un modelo de conservación vial, en el cual se indique el procedimiento adecuado a seguir, para determinar las actividades que permita cubrir las necesidades de mantenimiento de las carreteras, obteniendo los costos necesarios para ello.

El estudio se va realizar en la Red Vial Nacional Dv. Rio Seco – Oyón, cuyo mantenimiento y conservación está a cargo de Provias Nacional – año 2019.

El objetivo de la investigación es determinar un modelo de Gestión de Conservación Vial con la finalidad de optimizar los costos de mantenimiento en la Carretera Ruta PE-18 Tramo: Emp. PE-1N (Dv. Rio Seco) – El Ahorcado – Sta. Rosa – Sayán (PE-1NE) – Churin – Oyón. Se han planteado tres objetivos específicos:

- Realizar el inventario de condición de la vía para determinar el estado de conservación de la carretera.
- Determinar la condición de la estructura del pavimento para establecer el nivel de intervención de la vía.
- Identificar los niveles de intervención en la vía, para determinar los costos de mantenimiento de la carretera.

La tesis contiene cinco capítulos: En el capítulo 1 – Planteamiento del problema, se formulará el problema, los objetivos, la importancia y justificación, delimitación del

estudio y los objetivos. En el capítulo 2, se presenta el marco histórico, se detallan las investigaciones relacionadas al tema, se indica la estructura teórica y científica que sustenta el estudio, se realiza la definición de los términos básicos que fueron revisados para realizar el modelo de gestión de conservación, para así responder a la pregunta de la investigación. En el capítulo 3, se detalla que la investigación es de tipo descriptivo y explicativa, de método inductivo y es de diseño no experimental, se determinó a la población como finita y la muestra es toda la extensión de la carretera Dv. Rio Seco – Oyón; así como las técnicas de recolección de datos y procesamiento de la información. En el capítulo 4, que por su contenido se elaboró al finalizar la investigación, se incluye el análisis y discusión de los resultados, para determinar las conclusiones a las que llevó la misma y las recomendaciones consecuentes para aplicar un modelo de gestión de conservación vial acorde a las realidades de las carreteras que pertenecen a la red vial Nacional.

La Presente investigación determinara si la aplicación del modelo de gestion de conservación vial, permite reducir los costos de mantenimiento en la carretera.

Capítulo 1

Planteamiento del problema

1.1 Descripción del Problema

El Estado Peruano tiene el compromiso de promover la inversión privada y la inversión pública en infraestructura, a efectos de incentivar la competitividad y la integración nacional y regional, asegurando la cobertura, la calidad y el mantenimiento de los servicios en el tiempo, con precios adecuados. Así mismo, tiene el compromiso de desarrollar, en forma específica, la infraestructura vial, portuaria, aeroportuaria, de saneamiento, de telecomunicaciones y de energía, con inversiones tanto privada y como pública.

Las políticas del Sector Transportes, en lo que se refiere a vialidad, se orientan a potenciar y expandir los impactos positivos que conlleva la mejora de la transitabilidad de las redes viales y la recuperación del patrimonio vial del país, a partir de una visión de conjunto. El propósito es mejorar y alcanzar niveles razonables de transitabilidad y gestión en los tres tipos de redes viales: nacional, departamental y vecinal.

Las carreteras son uno de los factores responsables del crecimiento físico, social y económico de las diversas regiones, debido a que permite la interconexión entre ciudades y poblados, facilitando el transporte de pasajeros y mercancías, por esta razón, el Estado debe mantener una red vial en óptimas condiciones, haciéndose imprescindible dotar de mecanismos y recursos necesarios al Ministerio de Transportes, para el mantenimiento de las vías que son el motor para el desarrollo económico y social de una región.

En el año 2002 se crea el Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional – PROVIAS NACIONAL, como unidad ejecutora del pliego del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, de carácter temporal, con autonomía técnica, administrativa y financiera, encargado de las actividades de preparación, gestión, administración y ejecución de proyectos de infraestructura de transporte como construcción, mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento de la infraestructura de transportes relacionada a la Red Vial Nacional, así como de la planificación, gestión y control de actividades y recursos económicos que se emplean para el mantenimiento y seguridad de las carreteras y puentes la Red Vial Nacional.

Provias Nacional como entidad responsable de la operatividad de la Red vial Nacional, a través de la Oficina de Programación e Inversiones asigna un presupuesto estimado a cada Unidad Zonal para que se encarguen de realizar el mantenimiento de las carreteras de acuerdo a su jurisdicción.

Dicho presupuesto asignado no es el adecuado, debido a que se realiza sin considerar la evaluación de las necesidades de mantenimiento que requiere cada carretera, por lo cual cada año solo se realizan actividades de mantenimiento rutinario en ciertos tramos de la vía, hasta cubrir el monto asignado, ocasionando que los tramos no intervenidos continúen deteriorándose y después requieran mayor presupuesto para la puesta en servicio de la carretera.

Considerando que todas las carreteras presentan la misma problemática para el mantenimiento, se ha previsto mejorar el estado en que se encuentra la Carretera Ruta PE-18 Tramo: Emp. PE-1N (Dv. Rio Seco) – El Ahorcado – Sta. Rosa – Sayán (PE-1NE) – Churin – Oyón, porque es una vía principal que brinda acceso desde la selva central hacia la ciudad de Lima, cuyos usuarios han visto incrementados sus gastos en reparaciones de vehículos, mayores tiempos de viaje y accidentes, por el estado de la vía, que no ha sido atendida de acuerdo a las necesidades de mantenimiento que requiere, dicha vía está a cargo de la Unidad Zonal de Lima.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿De qué manera la aplicación del modelo de gestión de conservación vial, permite optimizar los costos de mantenimiento en la Carretera Dv. Rio Seco – Oyón, año-2019?

1.2.2 Problemas específicos

- a. ¿De qué manera la aplicación del inventario de condición de la vía permite determinar el estado de conservación de la carretera?
- b. ¿La condición de la estructura del pavimento permite determinar el nivel de intervención de la vía?
- c. ¿Los niveles de intervención en la vía permiten determinar los costos de mantenimiento de la carretera?

1.3 Importancia y Justificación del Estudio

1.3.1 Importancia

La presente investigación es importante porque beneficia a investigaciones posteriores relacionadas con este tema y colabora en el desarrollo del mantenimiento de las carreteras, cabe mencionar que también servirá como antecedente para implementar una gestión adecuada y oportuna del Mantenimiento de la Red Vial Nacional en el Perú.

1.3.2 Justificación

La presente investigación se justifica, porque al fomentar la Gestión de conservación vial nos permitirá reducir los costos de mantenimiento de las carreteras de la red vial nacional, logrando que el estado peruano cuente con mayor presupuesto para atender las necesidades de otros sectores. Además, al contar con un modelo de gestión de conservación vial, con una metodología adaptada a la realidad de cada zona y considerando los recursos económicos asignados a Provias Nacional, le permitirá presupuestar, planificar, programar y priorizar el mantenimiento de sus vías; optimizando sus recursos económicos para utilizarlos en proyectos en bien de la comunidad; para contar con una red vial en buenas condiciones que garanticen un flujo permanente, confortable, seguro y rápido para los usuarios, contribuyendo al desarrollo del país.

1.4 Delimitación del estudio

La investigación se limita en las tres dimensiones, las cuales son:

a) Cobertura o delimitación geográfica:

La investigación se desarrolla en la Carretera Ruta PE-18 Tramo: Emp. PE-1N (Dv. Rio Seco) – El Ahorcado – Sta. Rosa – Sayán (PE-1NE) – Churin – Oyón, que se encuentra en el departamento de Lima.

b) Cobertura o delimitación temporal

La investigación se desarrolla en el año 2019.

c) Profundidad, cobertura vertical o delimitación del conocimiento:

Se realizará la toma de datos del inventario de condición de la vía, estudio de tráfico y recopilación bibliográfica de los tipos de mantenimiento históricos que se realizaron en la vía; con la finalidad de elaborar un modelo de gestión de conservación vial y obtener el efecto que tiene la aplicación de dicho modelo en los costos de mantenimiento vial de la Carretera Ruta PE-18 Tramo: Emp. PE-1N (Dv. Rio Seco) – El Ahorcado – Sta. Rosa – Sayán (PE-1NE) – Churín – Oyón, en el año 2019.

1.5 Objetivos de la investigación

1.5.1 Objetivo general

Determinar el modelo de gestión de conservación Vial que permita reducir los costos de mantenimiento vial a través de la aplicación de las normativas del MTC, en la Carretera Dv. Rio Seco – Oyón, año-2019.

1.5.2 Objetivos específicos

- a. Realizar el inventario de condición de la vía para determinar el estado de conservación de la carretera.
- b. Determinar la condición de la estructura del pavimento para establecer el nivel de intervención de la vía.
- c. Identificar los niveles de intervención en la vía, para determinar los costos de mantenimiento de la carretera.

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1 Marco histórico

Durante varias décadas, en la mayoría de los países latinoamericanos se consideró que la función primordial de los organismos del Estado responsables de los caminos, era construir caminos con los recursos presupuestales asignados. La eficiencia de tales organismos se medía en el número de kilómetros construidos y en el tipo de construcción utilizada; en cambio, la conservación de los caminos ya construidos tuvo un rol secundario. Conforme se han ido atendiendo las demandas de nuevos caminos, se ha ido incrementando la necesidad de conservar los caminos en buen estado.

En el año 1990 la escasa inversión en el sector transportes durante la segunda mitad de la década de los ochenta —donde la extensión de la red vial solo se incrementó en 2%— llevó a un deterioro importante en la Red Vial Nacional. Por ello, a inicios de la década de los noventa, un 88% de la red se encontraba en mal o regular estado y apenas un 12% en condiciones adecuadas. Según lo señalado por Apoyo, se estimaba a principios de la década de los noventa que para poner las carreteras en condiciones similares a las de 1985, se requería invertir unos US\$ 400 millones. (Instituto Peruano de Economía IPE, 2008)

En el año 1994 se describe el caso de las redes viales africanas, donde se había invertido US\$ 12 mil millones en mantenimiento periódico durante la década de los ochenta, dicha región podría haber ahorrado US\$ 45 mil millones en reconstrucciones y rehabilitaciones realizadas a mediados de los noventa. (Instituto Peruano de Economía IPE, 2008)

A partir del 1999, gran parte de las obras realizadas debieron comenzar a recibir mantenimiento, la restricción fiscal llevó a una contracción de la inversión en el sector transportes, por lo que la carencia de mantenimiento determinó el deterioro de las redes viales en el país. (Instituto Peruano de Economía IPE, 2008)

Entre el año 1999 y el 2007, se han revisado y reclasificado las estadísticas de inversión de más de 8.6 mil proyectos viales ejecutados. (Instituto Peruano de Economía IPE, 2008)

En el año 2006 indican que los modelos de Gran Bretaña, España y México tienen más características positivas, pues ha tomado los requerimientos de los sistemas de calidad en el mantenimiento de carreteras. Además, que el 80% de las diversas fallas reportadas, provienen por falta de planificación, seguimiento y control, ausencia de políticas de calidad que deben ser generadas por las directrices.

En el año 2009 se determina la justificación a la secuencia lógica presupuestaria para la intervención de Conservación Vial en los diferentes niveles de gobierno, al igual que la evaluación de la integración gradual de los indicadores en quehacer de estas, uno de ellos es el índice de rugosidad internacional (IRI).

En el año 2011 se define el modelo de Gestión de Conservación indicando reducción de costos de operación vehicular y mantenimiento vial, y finalmente del tipo explicativo, pues se aclara la explicación del modelo de Gestión que logrará el ahorro de costos.

En el año 2014 se realizan los análisis de las fallas con alto nivel de severidad del pavimento flexible dentro del lugar de estudio son: los baches en malas condiciones, la conocida piel de cocodrilo, y agrietamientos tanto longitudinales, como transversales y en bloques. Además, recomienda que, para una mayor precisión en los resultados, hacer el muestreo de todas las unidades dentro del cálculo del PCI.

En el año 2016 se realiza una propuesta de un modelo de gestión de conservación vial, que administre de manera eficiente y ofrezca niveles de servicio óptimo, permitirá que los costos de operación vehicular se reduzcan y no solo será beneficioso para los usuarios, sino también para las Instituciones Administradoras de las redes viales, pues si se integra este plan se evitaría gastar hasta nueve veces más si llega a un punto crítico de deterioro de la carretera a comparación de mantener nuestras vías en condiciones óptimas de operación. (Calles, 2016)

En el año 2017 se buscó complementar sobre Sistemas de Concesión de carreteras, Gestión Vial, equipos de medición y los tipos de información que se dan para el control

de calidad, inventario y monitoreo con el fin de determinar el modelo de gestión más apropiado.

En años recientes, algunos países latinoamericanos han adoptado políticas nacionales para sostener una conservación vial de carácter preventivo y han generado niveles de organización adecuados para la gestión vial, con marcado éxito. El mantener los caminos en niveles que permiten la circulación vehicular durante todas las épocas del año, ha permitido crear una conciencia nacional acerca de la importancia de mantener las vías permanentemente en buen estado, en todos los niveles, desde las nacionales hasta las vecinales, y ha permitido un ahorro considerable en los costos de operación vehicular. (Calles, 2016, pág. 11-12)

En el Perú, los planes de mantenimiento de las redes viales solo contemplan alrededor de 30 mil Km. de carreteras, mientras que más de 40 mil Km. no están sujetos a ningún programa regular de mantenimiento. Más alarmante aún es el hecho de que algunos tramos de carreteras han sido licitados en sucesivas oportunidades a lo largo de las últimas décadas, debido a que estos han tenido que ser reconstruidos completamente ante la carencia de una política de mantenimiento vial. (IPE, 2008, pág. 5)

La poca inversión en el sector transporte durante la década de los ochenta, donde solo se invirtió en la ampliación de la extensión de la carretera logrando un incremento de 2%, pero como no se invirtió en el mantenimiento de la Red Vial Nacional, las carreteras presentaron deterioros importantes. Por tal motivo, a inicios de la década de los 90 un 88% de la red vial nacional se encontraba en mal o regular estado y solo un 12% en condiciones buenas. Según lo señalado por Apoyo en el año 1990, se estimaba a principios de la década de los noventa que para poner las carreteras en condiciones similares a las de 1985, se requería invertir unos US\$ 400 millones.

Provias Nacional está encargado de la ejecución de proyectos de construcción, mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento de la Red Vial Nacional, con el fin de brindar a los usuarios un medio de transporte eficiente y seguro, que contribuya a la integración económica y social del país. Provias Nacional realiza el mantenimiento de las carreteras a través de sus Unidades Zonales, que se encuentran distribuidas por departamentos, para lo cual les asigna un presupuesto anualmente.

La asignación del presupuesto a dichas Unidades Zonales, lo realiza la Oficina de Programación e Inversiones de Provias Nacional, basándose en montos históricos, sin tomar en consideración las necesidades de mantenimiento que requieren las carreteras, por tal motivo no se puede mantener toda la red vial en buen estado.

Por lo tanto, a Provias Nacional le hace falta un modelo de conservación vial, en el cual se indique el procedimiento adecuado a seguir, para determinar las actividades que permita cubrir las necesidades de mantenimiento de las carreteras, obteniendo los costos necesarios para ello.

2.2 Investigaciones relacionadas con el tema

Calles, A. (2016), Modelo de gestión de conservación vial para la red vial rural del Cantón Pastaza. Pontificia Universidad Católica de Ecuador, disertación previa a la obtención del Título de Magister en Ingeniería Vial. Tipo de investigación Descriptiva.

El objetivo de la investigación es elaborar un modelo de gestión apropiado, que este conforme a la realidad del lugar y de esta manera optimizar recursos de las entidades encargadas de los mantenimientos de las carreteras.

En una de las principales conclusiones indican que, un factor determinante de la capacidad de gestión de los organismos de desarrollo, constituye los esquemas de financiamiento, los mismos que priorizan las transferencias del Gobierno Central como fuente principal de recursos para inversión, tornándolos altamente dependientes y minimizando las posibilidades de obtener recursos extra institucionales de origen interno o externo a través del fortalecimiento de su capacidad de autogestión. En estas circunstancias, los planes operativos difícilmente se cumplen en su totalidad.

Esta investigación se relaciona con el presente proyecto, porque es una base para determinar el procedimiento a seguir para determinar la información de campo y es un referente para determinar el modelo de gestión adecuado.

Navarro, W. (2016), Modelo de gestión de conservación vial para la red vial rural del Cantón Santo Domingo. Pontificia Universidad Católica de Ecuador, disertación previa a la obtención del Título de Magister en Ingeniería Vial. Tipo de investigación Descriptiva.

El objetivo general de la investigación es realizar la evaluación funcional del tramo vial San Antonio – El Placer del Toachi (carpeta asfáltica); como muestras representativas, de las vías existentes en la red vial rural del cantón Santo Domingo y plantear un modelo de gestión de conservación vial para la red rural. Objetivos específicos son: Investigar los diferentes métodos de conservación vial, analizar el inventario vial de la red vial rural del Cantón Santo Domingo, describir las principales características del Sistema Vial, Determinar un plan de conservación vial de acuerdo a las condiciones propias del sitio de estudio.

Una de las principales conclusiones es que, la superficie de rodamiento de una vía es la que más incide para que el tránsito vehicular sea seguro, rápido y cómodo. Por lo indicado, es importante proceder de manera oportuna a la corrección de sus deterioros y a evitar que éstos progresen. Lo que se consigue con un buen plan de mantenimiento.

Esta investigación se relaciona con el presente proyecto, porque permitirá determinar que elemento de la vía es más importante para priorizar su mantenimiento, en el modelo de gestión que se propondrá.

Briones, H. (2014), Institucionalidad para la gestión de mantenimiento vial: Caso Chileno. Universidad de Chile, Tesis para optar al Grado de Magister en Gestión y Políticas Públicas, el enfoque la investigación es cualitativa.

El objetivo general de la investigación consiste en establecer y fundamentar los principales lineamientos que se deben tener en cuenta para redefinir y estructurar la institucionalidad vial chilena con el objetivo de optimizar y fortalecer en el largo plazo la gestión del mantenimiento vial.

Una de las principales conclusiones que se obtiene al finalizar la investigación es, clasificar y fundamentar los principales conceptos que se deben tener en cuenta para redefinir y estructurar la institucionalidad vial. Luego se propone lineamientos, para el caso chileno, con el objeto de optimizar y fortalecer en el largo plazo la gestión del mantenimiento vial.

Esta investigación se relaciona con el presente proyecto, porque permitirá conocer los lineamientos en otros países, para mejorar la propuesta del modelo de gestión a fin de optimizar los costos para la carretera que se analizara en la tesis.

Del Rosario, A. (2017), Diseño de un plan de mantenimiento para infraestructuras viales en la República Dominicana. Aplicación a la carretera El Seibo – Hato Mayor. Universidad Politécnica de Valencia, Tesis para optar el Grado de Master Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Vial, el enfoque de la investigación es descriptiva.

El objetivo general de la investigación es Diseñar un plan de mantenimiento para la conservación de carreteras en la Republica dominicana aplicado a la carretera El Seibo - Hato Mayor.

Una de las principales conclusiones de la investigación es que, para emplear el plan de mantenimiento que se diseñó en este trabajo, se realizó inicialmente el diagnóstico del estado actual de la carretera El Seibo – Hato Mayor. En el análisis y evaluación de esta vía, se tomaron en cuenta aquellos aspectos relevantes para el procedimiento de conservación y en conjunto con imágenes expuestas se analizaron cada uno de los principales problemas estructurales que tiene la carretera en la actualidad. Todo esto, con el fin de conocer aquellas labores que se deben realizar de antemano para que la carretera se encuentre en buen estado al momento en el que se comience a aplicar el plan de mantenimiento diseñado.

Esta investigación es un soporte teórico para el presente proyecto, por el procedimiento y los aspectos relevantes que se debe tomar en consideración para elaborar un plan de mantenimiento que contiene el modelo de gestión de mantenimiento vial.

Macas, J. (2017), Modelo de Gestión Vial para la sostenibilidad de la vía Balosa y su aporte al desarrollo local. Universidad Técnica de Machala, Propuesta metodológica y tecnológica avanzada previa a la obtención del Grado Académico de Magister en Gestión de la Construcción, el método de investigación es cualitativo, pues consiste en el estudio de un caso mediante un análisis documental.

El objetivo principal del presente trabajo consiste en investigar qué tipo de gestión se ha realizado en la vía Balosa para asegurar su sostenibilidad y su aporte al desarrollo local, para brindar confort, seguridad y transitabilidad a los usuarios con la aplicación de un Modelo de Gestión Vial, que además va a contribuir con la calidad de vida y el desarrollo productivo de la población. Dentro del diagnóstico realizado sobre el tema a la vía Balosa, se conoce que, en la provincia

de El Oro, el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de El Oro (GADPEO), ha sido el encargado del mantenimiento vial, exceptuando las vías de primer orden, las cuales están a cargo del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOPE).

La conclusión principal de la investigación es que, con la implementación de la propuesta se mejorará la administración, procesos y ejecución de la infraestructura de la vía Balosa, lo cual tendrá incidencia en la producción y el nivel de vida de la población del entorno y servirá para su replicación a otras vías de iguales características. Esta investigación nos permite conocer los procesos necesarios que se deben realizar, con la finalidad de proponer el modelo de gestión de mantenimiento adecuado para la carretera que se analiza en el presente proyecto.

Noboa, G. (2008), realizó la propuesta de un Sistema de Gestión de las Carreteras de segundo orden del Ecuador, para disminuir costos de mantenimiento vial y de operación de vehículos, donde concluye que es conocido que la regularidad superficial de las carreteras repercute directamente en los costos de mayor magnitud que se tienen en la infraestructura carretera que son los de operación del transporte, debido a que una mala calidad de los trabajos de construcción, incrementa los deterioros que se generan en la superficie y dañan a los vehículos que transitan por ellas. Por el contrario, si la calidad es excelente, no se incrementan los costos de operación y se reducen los impactos a la estructura de la carretera, reduciendo las acciones de conservación del pavimento y alargando su vida útil.

En cuanto a costos de construcción, las estructuras Rígidas tienen costos superiores a las flexibles, esto es debido que, para tráfico bajos, los espesores requeridos son menores a los admisibles, mientras que en las otras estructuras se pueden lograr variaciones de espesores para las capas, esto hace que en estas estructuras se presente variaciones significativas en costos de acuerdo al tipo de tráfico. Para tráfico altos es indudable, que la mejor estructura es la rígida, puesto que tienen menor costo de mantenimiento en su periodo de operación.

Para el éxito de la implementación de un sistema de Gestión Vial, es necesario contar con instrumentos que permitan difundir la importancia del monitoreo y la evaluación en las partes comprometidas con un proyecto. Para este fin se ha diseñado esta guía para el diseño del monitoreo y evaluación de experiencias de

mantenimiento rutinario, con un sistema manual de recopilación histórica de las intervenciones que ha tenido una carretera, si es posible, desde su concepción y nacimiento.

Rodríguez, R. (2011), presenta una investigación donde analizó la vía Riobamba –San Luis –Punín –Flores –Cebadas, de la provincia de Chimborazo, la cual servirá como modelo, para aplicar una adecuada gestión de conservación vial, que permitirá reducir los costos de operación vehicular y costos de mantenimiento vial. Realizando investigaciones de campo para obtener información base, en referencia al estado actual de la vía, realizando un inventario vial, para posteriormente analizar, evaluar y diagnosticar; complementario a ello, se recopiló información en las Instituciones como el Gobierno Autónomo Descentralizado de la provincia de Chimborazo y el Ministerio de Transporte y Obras Públicas –Chimborazo, en donde se recogió información histórica de los estudios ejecutados y las intervenciones realizadas.

Se recopila la información referente al tema de investigación, antecedentes, criterios de conservación vial, ciclos de la vida de los caminos, inventarios viales, aspectos por los que se deteriora la vía, importancia de la conservación, planes existentes, niveles de actuación, sistemas de gestión, modalidades de aplicación, ahorro de costos de operación vehicular, sus distintas metodologías a nivel de Latinoamérica, se recopiló información sobre los costos de mantenimiento vial, su frecuencia de intervención y niveles de acuerdo a las condiciones de la vía. Se presenta la metodología aplicada, modalidad de la investigación, niveles y tipo, determinación de la población y muestra, el plan de recopilación de datos y procesamiento de la información. Se expone el análisis e interpretación de resultados, donde exponemos un análisis crítico de los datos obtenidos en referencia al inventario vial, tráfico del proyecto, la estructura del pavimento, indicadores del estado del pavimento, tareas de mantenimiento rutinario, periódico, dando una interpretación de los datos y verificando la hipótesis. Exponemos las conclusiones y recomendaciones sobre el Sistema de Gestión de Conservación, aplicado a las vías para que el mantenimiento funcione de forma eficiente.

Finalmente, se plantea la propuesta, explicando, el modelo de gestión de conservación vial, que permite la reducción significativa de los costos de operación vehicular y de mantenimiento vial.

Zella, G. (2008), presenta un trabajo de investigación donde plantea la necesidad de revisar las políticas de gestión de la vialidad urbana en el territorio que comprende el Distrito Metropolitano de Caracas, así como las fuentes para su financiamiento, dada la alta concentración de usuarios del subsistema vial que se desplaza en el ámbito local, siendo que además las redes urbanas han sido las eternas olvidadas. La metodología empleada está basada en la revisión documental de experiencias mundiales en gestión vial especialmente en Latinoamérica considerando a los fondos de conservación vial como una de las modalidades más empleadas a tal fin en la región, así como la opinión de los expertos encuestados.

Baltodano, W. (2017), presenta un trabajo de investigación donde analizó la carretera desvío Salaverry – Santa, la cual servirá como modelo, para aplicar una adecuada gestión de conservación vial, que permitirá reducir los costos de mantenimiento vial. En la etapa de campo se recolectó información primordial que nos ayudó a obtener información del estado actual de la vía, asimismo se evaluó el inventario vial, para posteriormente analizar, evaluar y diagnosticar; complementario a ello, se recopiló información de los Contratos de Gestión y Conservación Vial por Niveles de Servicio y de los informes de Mantenimiento Vial, en donde se recogió información histórica de los estudios ejecutados y las intervenciones realizadas, donde concluye que con el modelo aplicable de conservación vial, dará un mantenimiento oportuno y programado, que ayudará a mantener los estándares funcionales, proporcionando una vida útil de acuerdo al periodo de diseño. Se asegura una vía en condiciones óptimas, que cubrirá las necesidades de los usuarios en lo referente a la seguridad, rapidez y comodidad, incrementando un mayor desarrollo de la región, tanto social, económico y turístico, dinamizando los viajes y por ende la economía de las poblaciones beneficiadas.

Zarate, G. (2016), presenta un trabajo de investigación donde analizó el Camino Vecinal Raypa – Huanchay – Molino, Distrito Culebras – Huarmey de aproximadamente 13 km, la cual servirá como modelo, para aplicar una adecuada gestión de

conservación vial, que permitirá reducir los costos de operación vehicular y costos de mantenimiento vial, para ello se recopiló información de las Instituciones Públicas y privadas como el Gobierno Distrital de Culebras y la consultora IHACSAC-Antamina, en donde se recogió información histórica de los estudios elaborados y las intervenciones realizadas.

Finalmente, se plantea la propuesta, explicando, el modelo de gestión de conservación vial, que permite la reducción significativa de los costos de operación vehicular y de mantenimiento vial.

Bull, A. (2003), realizó una investigación que consistió en plantear enfoques innovadores tendientes a mejorar notablemente la gestión de la red vial, actuando sobre las instituciones del sector y recurriendo a una colaboración específica del sector privado. Donde indica que el organismo vial debería desempeñarse en un nuevo ambiente caracterizado por:

- La obtención de resultados preestablecidos de mediano y largo plazo, y el empleo de indicadores que permitan juzgar la efectividad de la gestión.

En el caso de la construcción se requiere introducir un sesgo más acentuado de largo plazo, comprometiendo en ello a los contratistas, de modo de que sea más factible que las obras cumplan el período de servicio para el cual son diseñadas.

En cuanto a la conservación, es necesario orientar la gestión a alcanzar y mantener una condición predeterminada de la red, en función de los recursos disponibles. Ello significa un nuevo paradigma, de hacer lo que es exigible, por haber sido establecido así por la autoridad competente. La obtención de resultados preestablecidos puede generar nuevas bases de discusión presupuestaria y conducir a un aumento de los recursos, permitiendo entrar en un círculo virtuoso conducente a redes viales cada vez en mejor estado.

En este empeño es necesario tomar diversas medidas para que el cambio suceda. El propio organismo vial deberá ajustar su mentalidad, organización y procedimientos. Clave resulta no sólo alcanzar los resultados, sino también evaluarlos y rendir cuenta de ellos, así como una actitud de servicio a los usuarios, todo lo cual ejerce una saludable presión sobre el desempeño de la institución y de sus trabajadores.

A su vez, el sector privado puede contribuir al proceso mediante contratos de gestión vial. Éstos involucran un mayor grado de riesgo, pero privilegian la

obtención de resultados en cuanto a la condición de las vías y no se reducen tan sólo a la ejecución de obras. Por su medio se aporta capacidad gerencial, y bajo algunos esquemas, también diversos grados de financiamiento.

2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

2.3.1 Red vial nacional

Se denomina red vial nacional a las carreteras que son de interés nacional, que están conformadas principalmente por tres (03) ejes longitudinales y veinte (20) ejes transversales, las cuales son la base del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC).

2.3.2 Mantenimiento o Conservación vial

A partir de mediados de los años sesenta comenzó a surgir una nueva especialidad dentro de la ingeniería civil, que mirada con la perspectiva de los años noventa, se le puede asignar el nombre de gestión de la infraestructura vial o sistema de gestión de pavimentos, cuyo objetivo es apoyar tecnicada y objetivamente la toma de decisiones respecto a las inversiones que se deben realizar en los distintos tipos de elementos de la infraestructura, a fin de lograr un nivel de servicio adecuado a las necesidades de los usuarios de las vías, tales como: seguridad, comodidad y capacidad estructural adecuadas para la circulación, soportando las condiciones climáticas y de entorno de la zona en que se ubica la vía en cuestión, todo lo anterior minimizando costos monetario, social y ecológico. (Burneo, 2013, p. 15)

A medida que se han ido atendiendo las demandas de nuevos caminos, se ha incrementado la necesidad de conservar los caminos en buen estado de funcionamiento. En general, las personas entendían que el camino al haber sido construido con recursos del Estado era de su propiedad y, por lo tanto, el mantenimiento también era de su responsabilidad. Sin embargo, de acuerdo a la legislación vigente, en la mayoría de países, la red vecinal está bajo responsabilidad de los municipios y, en algunos casos, la red secundaria ha sido entregada a la gestión de los gobiernos provinciales o regionales.

2.3.3 Niveles de intervención en la Conservación Vial

Los niveles de intervención son las diversas acciones que se realizan en la vía, los cuales se clasifican de acuerdo a la magnitud de los trabajos, que se originan desde una intervención simple que se realiza en las actividades de mantenimiento rutinario, hasta una intervención con mayor grado de dificultad y mayor costo como las actividades de reconstrucción o rehabilitación.

Así mismo, uno de los objetivos principales 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. Por lo tanto, consiste en la realización de actividades o tareas que no impliquen modificar la estructura existente del camino. Siendo los niveles de intervención en la conservación vial los siguientes:

a) Rehabilitación: Consiste en la reparación selectiva y de refuerzo estructural, previa demolición parcial de la estructura existente. La rehabilitación procede cuando el camino se encuentra en un estado de avanzado deterioro 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.

b) Mantenimiento periódico: Aunque este concepto puede inducir a error, pues todas las actividades de conservación son periódicas, es decir que deben ser repetidas cada cierto tiempo, se ha optado por la utilización de este término, pues se diferencia del mantenimiento rutinario en que las actividades “periódicas” se realizan cada cierto número de años. Se aplica generalmente al tratamiento y renovación de la superficie de la vía.

El tratamiento de superficie se orienta a restablecer algunas características de la superficie de rodadura, sin constituirse en un refuerzo estructural. Entre sus características está la de preservar en buena forma la textura de la superficie de rodadura, de manera que asegure la integridad estructural del camino por un tiempo

más prolongado y evite su destrucción. En un camino en afirmado, se refiere a la reaplicación de la capa de grava, cuando ésta aún se encuentre en un estado regular de conservación, antes de llegar al mal estado. Las actividades contenidas dentro de los trabajos de mantenimiento periódico pueden ser agrupadas de la siguiente manera:

- Restablecimiento de las características de la superficie de rodadura.
- Reparación de obras de arte.
- Reparación del sistema de drenaje.

c) Mantenimiento rutinario: consiste en la reparación localizada de pequeños defectos en la superficie de rodadura, en la nivelación de la misma y de las bermas, en el mantenimiento regular de los sistemas de drenaje (zanjas, cunetas, alcantarillas, etc.), de los taludes laterales, de los bordes y otros elementos accesorios de las vías; en el control del polvo y de la vegetación, la limpieza de las zonas de descanso y de los dispositivos de señalización. Se aplica con regularidad una o más veces al año, dependiendo de las condiciones específicas de la vía. (Burneo, 2013, p. 19).

Las diferentes intervenciones rutinarias pueden ser programables a lo largo del tiempo o dependerán de algún evento extraordinario para programar su ejecución. Es por ello, que se plantean tres grupos de actividades: de recurrencia cíclica, eventuales y de emergencia, las cuáles se definen a continuación:

“Actividades de recurrencia cíclica (ARC): son aquellas que se deben realizar a lo largo de todo el tramo y son previsibles para efectos de programación, como es el caso de roce de maleza, limpieza de alcantarillas, cunetas, señales, y la de guardavías, etc. También se consideran las actividades de pintado de elementos, las cuales tienen una menor recurrencia que las actividades de limpieza, pero su ejecución es programable a corto plazo.” (Burneo, 2013, p. 19)

“Actividades eventuales (AE): la característica principal de estas actividades es que no son previsibles a corto plazo. Es decir, no pueden ser programadas a menos que el defecto aparezca y sea necesaria su intervención, como es el caso de la reposición de guardavías, de señales, tratamiento de fisuras, eliminación de obstáculos en el derecho de vía, entre otras. En los parámetros establecidos en los contratos por niveles de servicio se definen plazos máximos para la intervención de estos elementos,

por cuanto la programación de estas actividades dependerá de estos plazos, el cual debería ser contabilizado una vez hallado el defecto.” (Burneo, 2013, p. 19)

“Actividades de emergencia (AEM): son aquellas cuya atención tiene prioridad frente a cualquier otra actividad. Entre éstas tenemos derrumbes menores o mayores, deslizamientos, huaycos, accidentes de tránsito, emergencias viales, entre otras y dependerá si el evento está interrumpiendo el tránsito o si está peligrando la seguridad del usuario para que tenga la característica de emergencia. La ejecución de estas actividades se debe programar lo antes posible y en la mayoría de casos se debe sacrificar la programación rutinaria.” (Burneo, 2013, p. 19)

2.3.4 Importancia de Conservar un Camino

Es importante mencionar que la infraestructura de transporte constituye un elemento indispensable para el crecimiento económico, la competitividad y la integración social de un país. Las carreteras son un ejemplo de lo anterior, ya que en la medida en que se amplía su cobertura y mejoran su estado físico, los tiempos de viaje se reducen, la seguridad y la comodidad se incrementan y, en consecuencia, se generan importantes ahorros y beneficios para los usuarios, lo que deriva en efectos favorables para la economía y el bienestar social. Si la conservación de carreteras es la adecuada, los costos de transporte de personas, insumos y productos terminados serán decrecientes y crearán un estímulo para la expansión de mercados y abastecimiento de las empresas.

El transporte terrestre permite la comunicación y el intercambio entre regiones y es el principal modo para el desplazamiento de pasajeros y bienes a través del territorio nacional, lo que significa un instrumento básico para la integración del espacio económico y social del país. Por ende, todos los sectores de la economía se ven beneficiados por el transporte carretero: el agrícola, ganadero, industrial, comercial, turístico y energético. En conclusión, la conservación de los caminos es importante porque permite:

- Ahorros en los costos de operación de vehículos.
- Acceso permanente a servicios (salud, educación, etc.) y mercados
- Ahorro de tiempo para los usuarios
- Se preserva la inversión efectuada en la construcción, reconstrucción o rehabilitación.

2.3.5 Ciclo de Vida de los Caminos

Los caminos sufren un proceso de deterioro permanente debido a los diferentes agentes que actúan sobre ellos, tales como el agua, el tráfico, la gravedad en 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 luego deteriorarse rápidamente, al punto de la descomposición total.

Se ha observado que, en la práctica, las entidades encargadas de la conservación vial sólo se dedican a arreglar las fallas de emergencia o las más graves o visibles en base a sus asignaciones presupuestales que siempre son insuficientes. Este sistema de trabajo conduce rápidamente a la acumulación de obras atrasadas y, a mediano plazo, a la necesidad de rehabilitar o reconstruir totalmente las vías, incurriendo en mayores costos y contribuyendo a mantener a los países en su condición de subdesarrollados.

2.3.5.1 Ciclo de Vida Fatal y Deseable de una Vía

En el diagrama de flujo que se ve en la figura 2, el proceso que sigue un camino sin mantenimiento y otro con mantenimiento, se aprecia que la falta de mantenimiento permanente conduce al deterioro total del camino, mientras que el mantenimiento constante del mismo mediante un mantenimiento rutinario, sólo requiere trabajos de mantenimiento periódico, cada cierto tiempo (Menéndez, 2003, p. 7).

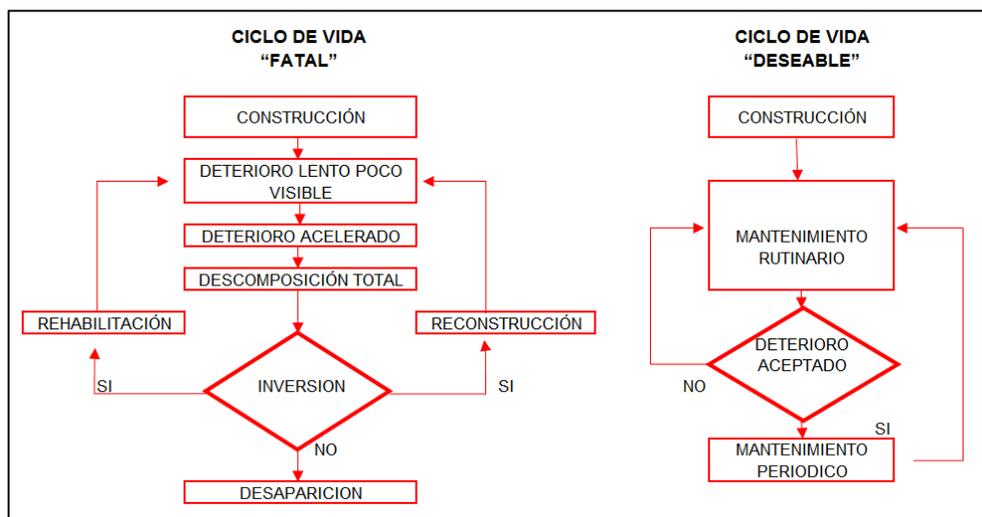


Figura 1: Diagrama de flujo del ciclo de vida "fatal" y "deseable"
Fuente: (Menendez, 2003, p. 7)

Se presenta un esquema del ciclo fatal del camino.



Figura 2: Diagrama del ciclo de vida “fatal” del camino.
Fuente: (Navarro, 2016, p. 32)

A continuación, se presenta un esquema ideal de conservación, que se resume en combinar un adecuado mantenimiento rutinario con un mantenimiento periódico oportuno.

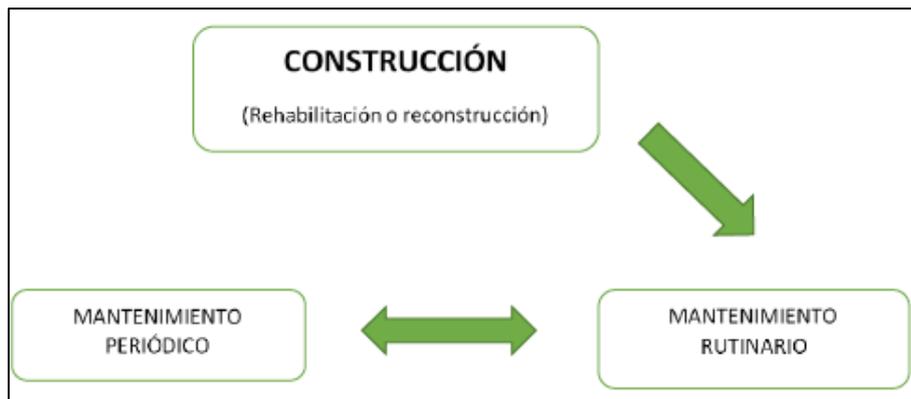


Figura 3: Diagrama del ciclo de vida “deseable”.
Fuente: (Navarro, 2016, p. 32)

2.3.6 Inventario de Condición

El objetivo principal del inventario de condición es preparar los inventarios detallados para establecer el estado actual de la vía y las medidas por realizar luego en las actividades de conservación vial. Para realizar la evaluación de la carretera, es indispensable determinar sus características geométricas, identificar los elementos que conforman la vía y su estado de conservación.

El procedimiento para determinar el inventario de condición de una vía es el siguiente:

- Información de referencia, según los criterios descritos en detalle en el Manual de carreteras, mantenimiento y conservación vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, y ordenarlos en listas y formatos.
- Identificar las características principales y los puntos particulares.
- Preparar los cronogramas y la logística de los inventarios siguientes.
- Contar con la información disponible (mapas, inventarios anteriores y otros) (Manual de Carreteras, Mantenimiento o Conservación Vial, 2018).

2.3.7 Plan de Conservación Vial

Los Administradores de contratos de mantenimiento vial, 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, de acuerdo a (García Cerezo Pablo y Hernández García Gerardo, 2009).

- Las tareas que se deberán ejecutar.
- El periodo oportuno para su intervención.
- Determinar los sitios donde se ejecutarán las actividades.
- Determinar la cantidad de trabajo a realizar.
- La priorización de las actividades.

Para la ejecución del plan de conservación podemos basarnos en el programa de Conservación Ordinaria y Ayuda a la vialidad denominado COVI, el cual tiene como finalidad, de acuerdo a (García Cerezo Pablo y Hernández García Gerardo, 2009):

- 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.

2.3.8 Tráfico vehicular

El tráfico vehicular es un factor importante para el diseño de la estructura del pavimento, puesto que permite determinar el espesor de la carpeta de rodadura necesario para soportar el impacto de los vehículos que circularan por la vía.

Por lo tanto, el objetivo del estudio de tráfico es cuantificar y clasificar los vehículos que circulan por la carretera en estudio, dicha información se obtiene de las estaciones de control que fueron estratégicamente ubicadas.

2.3.8.1 Proyección de tráfico de una vía

Para obtener las proyecciones de tráfico de una vía, se realiza aplicando las tasas de crecimiento del Producto Bruto Interno (PBI), población y el PBI por habitante. Así mismo, de acuerdo al tráfico proyectado se clasifica la vía según su demanda, además permite determinar los parámetros para su mantenimiento. La fórmula para obtener el tráfico proyectado es el siguiente:

$$IMDA_{proyectado} = IMDA_{actual}(1 + i)^n \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

i = Índice de crecimiento vehicular

n = número de años de proyección de tráfico

El tráfico proyectado se obtiene en función de los tráficos que se identifican en la vía en estudio, que son los siguientes:

- a) **Tráfico normal:** Es aquel que circula por los caminos en estudio, en la situación sin proyecto y que no modifican su ruta en la situación con proyecto.
- b) **Tráfico generado o inducido:** Es el tráfico que no existía y aparece como efecto de la ejecución del proyecto. Según indica el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), para proyectos de Rehabilitación o Mejoramiento la tasa de incremento es de 15% sobre el tráfico normal, esta es iniciada una vez terminada las obras de carretera.
- c) **Tráfico desviado:** Es el tráfico que cambia su ruta como consecuencia del proyecto, generalmente por la reducción de costos de transportes, pero mantiene su origen destino.

2.3.8.2 Eje equivalente de carga – EAL

- a) **Factor camión:** Definido como el número de aplicaciones equivalentes a una carga por eje simple de 18000 lb, en una pasada de vehículo.
- b) **Factor equivalente de carga**

$$EAL = \sum (\text{Número de vehículos de cada clase} \times \text{factor camión}) \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Factor camión promedio} = \frac{\sum(\text{número de vehículos de cada clase} \times \text{factor camión})}{\text{número de vehículos}} \dots\dots\dots (3)$$

2.3.9 Cálculo del Índice de Condición del pavimento (PCI)

“El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento” (Vásquez, 2002, p. 02).

El índice de condición del pavimento es de carácter numérico que varía desde cero (0) que corresponde a un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento excelente o en perfectas condiciones. En la siguiente tabla se detallan los rangos de PCI, de acuerdo a la condición del pavimento:

Tabla 1
Rangos de la condición del pavimento

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

Fuente: (Vásquez, 2002, p. 02)

2.3.9.1 Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento

De acuerdo a Vásquez (2002) el procedimiento para la evaluación del pavimento es el siguiente:

- La primera etapa corresponde al trabajo de campo donde se identifica la clase, severidad y extensión de los daños, dicha información se registra en el formato de inspección de la figura 5.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO						
PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.						
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO				ESQUEMA		
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m ²)				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
INSPECCIONADA POR			FECHA			
<input type="text"/>			<input type="text"/>			
No.	Daño	No.	Daño			
1	Piel de cocodrilo.	11	Parqueo.			
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.			
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.			
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.			
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.			
6	Depresión.	16	Desplazamiento.			
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)			
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.			
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.			
10	Grietas long y transversal.					
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido

Figura 4: Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica

Fuente: (Vasquez, 2002, p. 03)

- Dividir la vía en unidades de muestreo, cuyas dimensiones varían de acuerdo al tipo de vía y la capa de rodadura, para las carreteras con una capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$. En el siguiente cuadro se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Tabla 2

Longitudes de unidades de muestreo asfálticas

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Fuente: (Vásquez, 2002, p. 03)

- Se determina las unidades de muestreo para la evaluación de la condición del pavimento de un proyecto o una red vial donde se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo de no ser posible, el número mínimo a evaluarse se obtiene mediante la siguiente ecuación, la cual produce un estimado del $PCI \pm 5$ del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

$$n = \frac{Nx\sigma^2}{\frac{e^2}{4}x(N-1)+\sigma^2} \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e = 5%)

σ: Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (σ) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35) En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse. Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco (n < 5), todas las unidades deberán evaluarse.

- Se realiza la selección de las unidades de muestreo para la inspección, las cuales deberán estar igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera:
 - a. El intervalo de la muestra se obtiene con la siguiente ecuación:

$$i = \frac{N}{n} \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3)

- b. El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i. Así, si i = 3, la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S + 1), (S + 2), etc.

Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, etc.

2.4 Definición de términos básicos

Gestión de Conservación Vial: Comprende la realización de un conjunto de actividades integradas tales como la definición de políticas, la planificación, la organización, el financiamiento, la ejecución, el control y la operación, para lograr una conservación vial que asegure la economía, la fluidez, la seguridad y la comodidad de los usuarios viales. (MTC, 2018)

Inventario de Condición: Consiste en preparar los inventarios detallados para establecer el estado actual de la vía y las medidas por realizar luego en lo que respecta a las actividades de conservación vial. (MTC, 2013)

Programa de Conservación Vial: Documento elaborado en la Etapa PRE Operativa por el Contratista – Conservador, que contiene las actividades que realizará el contratista durante la ejecución del servicio, asimismo incluye el plan de conservación vial, el plan de manejo socio ambiental, el inventario vial de la situación inicial y el plan de calidad. (MTC, 2018)

Condición de la Estructura del Pavimento: Es la determinación de la condición actual en la que se encuentra una vía, ya sea a nivel funcional o estructural, en conjunto con el nivel de tráfico que está expuesto, y de acuerdo con los espesores de los elementos que conforman el paquete estructural de un pavimento. (Juárez, 2017, p. 53)

Niveles de Intervención de la Carretera: Son los distintos tipos de servicios o actividades que se ha realizado en una carretera existente, con la finalidad de recuperar sus condiciones iniciales. (MTC, 2018)

Modelo de Gestión de Conservación Vial Integral: Comprende un conjunto de actividades integradas, donde se realice labores de mantenimiento rutinario y periódico en conjunto, para lograr una conservación vial que asegure la economía, la fluidez, la seguridad y la comodidad de los usuarios viales. (Juárez, 2017)

Costos de Mantenimiento Vial: Son aquellos costos que se generan por las actividades tanto rutinarias como periódicas, para mantener la vía en óptimas condiciones. (Baltodano, 2017)

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

La aplicación del Modelo de Gestión de Conservación Vial, permite reducir los costos de mantenimiento vial en la Carretera Dv. Rio Seco – Oyón, año-2019.

2.5.2 Hipótesis específica

- a. Se realizan inventarios de condición de la vía para determinar el estado de conservación de la carretera.
- b. Se determina la condición de la estructura del pavimento para establecer el nivel de intervención de la vía.
- c. Se identifican los niveles de intervención en la vía, para determinar los costos de mantenimiento de la carretera.

2.6 Variables (definición y operacionalización de variables)

2.6.1 Definición de variables

a) V1: Variable independiente: modelo de gestión de conservación vial

Comprende la realización de un conjunto de actividades integradas tales como la definición de políticas, la planificación, la organización, el financiamiento, la ejecución, el control y la operación, para lograr una conservación vial que asegure la economía, la fluidez, la seguridad y la comodidad de los usuarios viales.

b) V2: Variable dependiente: costos de mantenimiento vial

Son aquellos costos que se generan por las actividades tanto rutinarias como periódicas, para mantener la vía en óptimas condiciones.

2.6.2 Operacionalización de variables

Tabla 3

Matriz de Operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento de medición
Modelo de Gestión de Conservación Vial (Independiente)	Comprende la realización de un conjunto de actividades integradas tales como la definición de políticas, la planificación, la	La variable será evaluada con los datos que se obtengan del inventario de condición de la vía,	Inventario de condición de la Vía	Longitud Topografía Sección típica de la vía Sistema de drenaje Señalización Estructuras viales	Dispositivo GPS Ficha de inventario vial Distanciómetro o Wincha Ficha de inventario vial

	organización, el financiamiento, la ejecución, el control y la operación, para lograr una conservación vial que asegure la economía, la fluidez, la seguridad y la comodidad de los usuarios viales.	condición de la estructura del pavimento y los niveles de intervención de la carretera.		Elementos de seguridad	
			Condición de la estructura del pavimento	Tráfico vehicular Estructura del pavimento Condición del pavimento	Observación directa, fichas de tráfico, IMD Información histórica Fichas de PCI
			Niveles de Intervención de la carretera	Mantenimiento Rutinario Mantenimiento periódico Rehabilitación Reconstrucción	Contratos de todas las intervenciones realizadas a la carretera, después de su construcción.
Costos de mantenimiento vial (Dependiente)	Son aquellos costos que se generan por las actividades tanto rutinarias como periódicas, para mantener la vía en óptimas condiciones.	Los costos se obtendrán de acuerdo a las actividades de mantenimiento rutinario y periódico que se identifiquen.	Mantenimiento o Rutinario	Equipo y maquinaria Mano de Obra Materiales	Fichas de costos unitarios Manual de rendimientos Cotizaciones
			Mantenimiento o Periódico		

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 3

Metodología del Estudio

En este capítulo se presenta la metodología que permitirá desarrollar el trabajo de grado. Se muestran aspectos como el tipo y método de investigación que serán utilizadas para llevar a cabo la investigación:

3.1 Tipo de estudio

El tipo de la investigación es de carácter **descriptiva**, porque está orientada a describir la forma de afectación y sus características del modelo de gestión de conservación vial con respecto a los costos unitarios de mantenimiento de la carretera y es **explicativa**, debido que se estudiara el efecto que produce la aplicación del modelo de gestión de conservación vial en los costos de mantenimiento vial.

3.1.1 Método de investigación

El método de la investigación es de carácter **deductivo**, debido a que aplicando las normativas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones se determinará un modelo de gestión de conservación vial que permita reducir los costos de mantenimiento vial de la carretera.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación por su propósito, es **no experimental**, porque se registrará la información del estado de conservación de la vía de manera exploratoria y descriptiva, para determinar las causas y las soluciones para mejor dicha condición de la vía; por su enfoque, es de carácter **cuantitativa**, porque se determinará numéricamente el

efecto de la aplicación del modelo de gestión de conservación en la reducción de los costos de mantenimiento vial.

La investigación por su Orientación, es de carácter aplicada, porque al aplicar el modelo de gestión de conservación vial, se estará generando un efecto en los costos de mantenimiento; y de acuerdo a la recolección de datos, es de carácter retroelectiva, porque se van a obtener información con formatos validados del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

3.2.1 Nivel de la investigación

El nivel de la investigación es **descriptivo**, porque permitirá determinar las características más importantes del modelo de gestión de conservación vial en la reducción de costos de mantenimiento de la carretera analizada; y de acuerdo al número de mediciones, es **transversal**, porque únicamente se realizará una medición o levantamiento de información una sola vez.

La investigación según la cronología de Observaciones, es **prospectiva**, porque se determinará el efecto que producirá aplicar el modelo de Gestión de conservación vial en los costos de mantenimiento de la carretera estudiada; y el diseño de la investigación, presenta un **estudio de cohorte prospectivo**, porque se observa los costos de mantenimiento actual y su variación en el futuro, con la aplicación del modelo de gestión de conservación vial.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La población de la investigación es de tipo finita, porque se considera toda la extensión de 135.00 Km de longitud de la Carretera Ruta PE-18 Tramo: Emp. PE-1N (Dv. Rio Seco) – El Ahorcado – Sta. Rosa – Sayán (PE-1NE) – Churin – Oyón.

3.3.2 Muestra

Para la presente investigación es necesario realizar la obtención de datos de todos los elementos que componen nuestra población, por lo que la muestra es igual a la población, que son los 135.00 Km de la carretera.

3.3.3 Criterios de inclusión y exclusión de la muestra

a) Criterio de inclusión

- Se evaluará la condición y el registro de daños de toda la carretera, que incluye la calzada, bermas, fajas, puntos críticos, la plataforma.
 - Se incluirá información de las investigaciones geotécnicas del terreno, que se obtendrá del expediente técnico de la construcción de la carretera.
 - Se evaluará las estructuras de drenaje: Alcantarillas, cunetas, canales y badenes.
 - Se evaluará las condiciones de la seguridad vial y de la señalización y dispositivos de seguridad vial.
 - Se registrará la información del derecho de vía.
 - Se registrará información del estado de los puentes y demás obras de arte.
- b) Criterio de exclusión
- No se considera tramos de carretera donde se ejecuten partidas de emergencia.
 - No se incluye el tramo: Oyón - Emp. PE-3N (Ambo) de la Ruta PE-18, porque este tramo está en la etapa de construcción y mantenimiento por contrata.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos en esta investigación, se van a utilizar dos tipos de información, primaria y secundaria. Las técnicas de recolección de datos para la presente investigación son directas, a través de la observación, porque se realizará una evaluación de la condición de la vía con la ayuda del formato de inventario de condición de la vía, cuya toma de datos será planificada mediante un registro visual y estructurada porque se realiza con la ayuda de elementos técnicos apropiados, tales como fichas, cuadros, tablas.

El sistema de recolección de datos para la investigación son los cuadros de conteo vehicular, fichas de inventario vial para levantar información de campo, fichas de registro de intervenciones en la carretera.

Asimismo, se recolectó información de los estudios definitivos de la vía en estudio de Provias Nacional y se consultó sobre los diseños de las vías de pavimento flexible, para determinar un modelo de gestión de conservación vial de estas vías de red nacional, para su mantenimiento y costos de la conservación vial.

3.5 Descripción de procedimientos de análisis de Datos

Con la información recolectada de los diseños de la vía de pavimento flexible a ser analizada, los datos recolectados en el campo de la carretera pavimentada y la bibliografía consultada, se procederá al análisis, de los resultados que se traducirán en

cuadros y gráficos, todo esto enfocado al análisis de los modelos de gestión de conservación vial aplicables para una red vial nacional de la carretera estudiada en la presente investigación, resumiendo en formatos modelos, para una fácil aplicación de recolección de datos, evaluación técnico económica de la vía y modelo de gestión a ser aplicado.

Se analizará los beneficios de aplicación del modelo concluyendo con el análisis, y propuesta de Modelo de Gestión de Conservación Vial, que podrá ser aplicado en vías con características similares, contribuyendo a realizar acciones para reducir los costos de mantenimiento de la carretera, en beneficio de los usuarios de la vía, pobladores del sector y economía del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Para ello se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los elementos de la vía serán analizados de acuerdo al manual de mantenimiento de carreteras y puentes.
- Los datos a ser procesados son el registro de daños de los elementos de la carretera, para determinar la Gestión de mantenimiento de la vía.
- Con la ayuda del software SPSS se procesarán los datos mediante gráficos y tablas.

Tabla 4

Técnicas de análisis de datos

Técnicas de análisis de datos	Descripción
Técnicas de Análisis Cualitativo	
<ul style="list-style-type: none"> • El análisis de contenido 	Fichas de inventario de condición de la vía. Fichas de registro del tráfico que circula por la vía. Fotografías y Grabaciones
Técnicas de Análisis Cuantitativo	
<ul style="list-style-type: none"> • Distribución de frecuencias. • Porcentajes (%). • Promedios, desviación estándar. • Gráficos de barras, de sectores, histogramas. 	Diagramas circulares Diagrama de Barras

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4

Resultados y Análisis de Resultados

4.1 Resultados

4.1.1 Localización de la carretera Dv. Rio Seco - Oyón

Este tramo de la red vial nacional se encuentra localizado en el departamento de Lima, permitiendo la interconexión entre las provincias de Huaura, Huaral y Oyón,

En la figura 6, se puede observar que la carretera de la investigación inicia en el Emp. PE-1N (Dv. Rio Seco) (Km 0+000) y termina en la ciudad de Oyón (Km 135+000), en la siguiente tabla se indican las coordenadas de la vía.

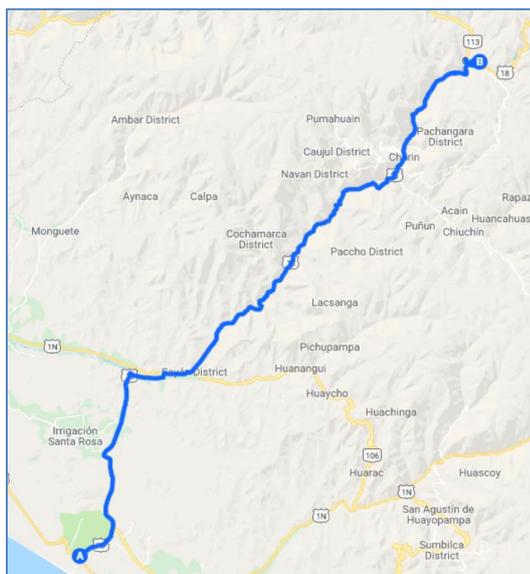


Figura 5: Red Vial PE - 18

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5

Coordenadas de la carretera

PROGRESIVA	COORDENADAS		
	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
Km 0+000	-11.064882	-77.587516	82.063
Km 135+704	-10.668290	-76.773091	3622.724

Fuente: Elaboración propia

Las características de la red vial analizada son:

- Longitud de 135.704 Km
- Ancho de Calzada variable entre 3.00 m hasta 7.00m
- Número de carriles variable entre 1 y 2, en los tramos donde hay 02 carriles la vía tiene uno por sentido y en los tramos de 01 carril esta vía es usada en ambos sentidos.
- Presenta cunetas en algunos tramos de 1.00 m a cada lado.
- La pendiente transversal de los carriles es de 2.8%
- Tipo de pavimento de la carretera es pavimento flexible.

4.1.2 Estructura del pavimento de la carretera Dv. Rio Seco – Oyón

La estructura del pavimento se determina en función de los ejes equivalentes que se obtienen del estudio de tráfico, con esta información se obtiene los espesores de las diferentes capas que conforman la estructura del pavimento. La red vial en estudio fue construida con los siguientes espesores:

Tabla 6
Espesores de la estructura del pavimento

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	ESPESORES
	Km 0+000 al Km 135+000
Carpeta asfáltica	10.00 cm
Base granular	15.00 cm
Sub base granular	15.00 cm

Fuente: Vera & Moreno, 2011

4.1.3 Análisis del inventario vial

En esta capítulo se analizarán los datos obtenidos en campo mediante las fichas del inventario vial, de la carretera en análisis.

4.1.3.1 Inventario de la vía

La carretera en estudio inicia en el Emp. PE-1N (Dv. Rio Seco) (Km 0+000) y termina en la ciudad de Oyón (Km 135+000) con una longitud de 135.00 km, para una mejor evaluación el inventario vial se dividió en 27 tramos significativos, en las tablas 8, 9, 10 y 11 se muestran las características de los primeros 05 tramos y en el Anexo 4 se encuentran las tablas adicionales.

Tabla 7
Tramos en evaluación

TRAMO	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	LONGITUD TRAMO
tramo 1	0+000.00	5+000.00	5
tramo 2	5+000.00	10+000.00	5
tramo 3	10+000.00	15+000.00	5
tramo 4	15+000.00	20+000.00	5
tramo 5	20+000.00	25+000.00	5
tramo 6	25+000.00	30+000.00	5
tramo 7	30+000.00	35+000.00	5
tramo 8	35+000.00	40+000.00	5
tramo 9	40+000.00	45+000.00	5
tramo 10	45+000.00	50+000.00	5
tramo 11	50+000.00	55+000.00	5
tramo 12	55+000.00	60+000.00	5
tramo 13	60+000.00	65+000.00	5
tramo 14	65+000.00	70+000.00	5
tramo 15	70+000.00	75+000.00	5
tramo 16	75+000.00	80+000.00	5
tramo 17	80+000.00	85+000.00	5
tramo 18	85+000.00	90+000.00	5
tramo 19	90+000.00	95+000.00	5
tramo 20	95+000.00	100+000.00	5
tramo 21	100+000.00	105+000.00	5
tramo 22	105+000.00	110+000.00	5
tramo 23	110+000.00	115+000.00	5
tramo 24	115+000.00	120+000.00	5
tramo 25	120+000.00	125+000.00	5
tramo 26	125+000.00	130+000.00	5
tramo 27	130+000.00	135+000.00	5
TOTAL			135.00

Fuente: Elaboración Propia

Se ha realizado un recorrido por toda la extensión de la vía, con la finalidad de obtener información sobre sus principales características de acuerdo a los formatos de inventario vial, siendo lo siguiente:

Tabla 8

Elementos del Inventario Vial – Características de la vía

CARACTERISTICAS DE LA CARRETERA EN ESTUDIO					
TRAMO EN ESTUDIO :	Emp. PE-1N (Dv. Rio Seco) – El Ahorcado – Sta. Rosa – Sayán (PE-1NE) – Churin – Oyón.				
LONGITUD DE VIA :	135.00 Km				
CATEGORIA DE LA VIA:	carretera de segunda clase, tipo II				
TIPO DE TERRENO	Entre plana y ondulado				
VELOCIDAD	50km/h				
PROVINCIA:	Huaral, Oyón				
FECHA:	May-16				
NIVEL ACTUAL DE LA VIA:	Ensanchada por tramos y rehabilitada 2012				
RECIBE MANTENIMIENTO:	Provias Nacional - Unidad Zonal Lima - Administración directa				
ELEMENTOS DE LA CARRETERA					
CARACTERISTICAS DE LOS TRAMOS					
Tramos	1	2	3	4	5
Progresiva inicial	0+000	5+000	10+000	15+000	20+000
Progresiva final	5+000	10+000	15+000	20+000	25+000
Longitud del tramo (Km)	5	5	5	5	5
OROGRAFIA					
Plano (tipo1)	X	X			
Ondulado (Tipo 2)			X	X	X
Accidentado (Tipo 3)					
Escarpado (Tipo 4)					
PARAMETROS DE LOS TRAMOS					
Peralte Máximo (%)	7	7	8	8	8
Velocidad Directriz de diseño (Km/h)	60.00	60.00	50.00	50.00	50.00
Ancho de superficie de rodadura (m)	7.38	7.42	7.57	7.57	7.57
Ancho de berma (m)	0.77	0.94	0.53	0.53	0.53
Ancho de calzada (m)	8.15	8.36	8.10	8.10	8.10
Radio mínimo (m)	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00
Radio mínimo excepcional (m)	85.00	85.00	60.00	60.00	60.00
Pendiente máxima longitudinal (%)	6	6	8	8	8
Longitud mínima de curva vertical (m)	120	120	90	90	90
Bombeo de la superficie de rodadura (%)	2	2	2	2	2
Sobrecancho Máximo (m)	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
TALUDES					
Estables	x	x	x	x	x
Inestables					

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9

Elementos del Inventario Vial – Evaluación del Pavimento

EVALUACION DE LA CARPETA DE RODADURA (PAVIMENTO)					
Tramos viales	1	2	3	4	5
Longitud de Tramo	5	5	5	5	5
Ancho calzada (m)	7.38	7.42	7.57	7.57	7.57

Ancho de Bermas (m)	0.77	0.94	0.53	0.53	0.53
Ancho total calzada y bermas (m)	8.15	8.36	8.10	8.10	8.10
Bombeo de la superficie de rodadura (%)	2%	2%	2%	2%	2%
Tipo de material de rodadura (marcar X)					
Capa asfáltica	x	x	x	x	x
Afirmado con material granular					
Empedrado					
Tierra Natural					
Estructura del pavimento (cm)					
Capa asfáltica	10	10	10	10	10
base granular	15	15	15	15	15
Sub base granular	15	15	15	15	15
Defectos en la vía (% del total)					
1.-Piel Cocodrilo	5.00%	1.00%	1.00%	2.00%	2.00%
2.- Fisuras Longitudinales	0.00%	0.00%	2.00%	0.00%	0.00%
3.- Deformación por deficiencia estructural	0.00%	0.00%	0.00%	1.00%	1.00%
4.- Ahuellamiento visco-elástico	0.30%	0.26%	0.00%	0.20%	0.20%
5.- Reparaciones o bacheo	0.14%	0.06%	0.08%	0.08%	0.08%
6.- Desprendimiento	0.38%	2.07%	1.35%	1.58%	1.58%
7.- Huecos	0.00%	1.10%	0.00%	0.00%	0.00%
8.- Fisuras Transversales	0.90%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
9.- Exudación					
10.- Daños					
11.- Desnivel					
Señalización					
Hitos kilométricos	si	si	si	si	si
Señales verticales preventivas y/o Informativos y/o reglamentarias	si	si	si	si	si
Señales Horizontales (Marca de líneas)	si	si	si	si	si

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10

Elementos del Inventario Vial – Evaluación del drenaje

EVALUACIÓN DEL DRENAJE					
TRAMO	1	2	3	4	5
Longitud de Tramo	5	5	5	5	5
Cunetas (marcar con X)	si	si	si	si	si
Tipo					
Revestidas	si	si	si	si	si

Tierra					
Estado					
Colmatadas		x			
Mediante colmatadas	x		x	x	x
Limpias					
Zanjas de coronación (marcar con X)	no	no	no	no	no
Tipo					
Revestidas					
Tierra					
Estado					
Colmatadas					
Mediante colmatadas					
Alcantarillas (marcar con X)	x	x	x	x	x
Tipo					
Colmatadas					
Mediante colmatadas	x	x	x	x	x
Limpias					
Material	TMC	TMC	TMC	TMC	TMC

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11

Elementos del Inventario Vial – Evaluación de obras de arte y seguridad

EVALUACION DE OBRAS DE ARTE Y SEGURIDAD					
TRAMO	1	2	3	4	5
Longitud de Tramo	5	5	5	5	5
Puentes	no	si	no	no	no
Puente de Acero					
Puente de Concreto		x			
Puente de Madera					
Longitud (metros)		6.60			
Buen estado					
Regular		x			
Malo					
Muros de contención	no	no	no	no	no
Buen estado					
Regular					
Malo					

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4 Evaluación del estudio de tráfico

4.1.4.1 Índice medio diario anual (IMDA)

Del Expediente Técnico aprobado mediante RD N° 954-2012-MTC/20 del proyecto de Rehabilitación y mejoramiento de la Carretera Dv. Rio Seco – Oyón, se ha obtenido la cantidad de vehículos que transitan por la vía tomando como referencia la

información registrada en la estación Andahuasi ubicada en el Km 42+500, donde se aplicó los factores estacionales, obteniendo un IMD de 1372 vehículos/día, de los cuales el 91.18% corresponde a vehículos ligeros (Automóvil, Station wagon, pick up, camioneta rural, micro), el 1.38% corresponde a buses (2 y 3 ejes) y el 7.43% corresponde a vehículos pesados (Camión de 2, 3 y 4 ejes, Semi tráiler y Tráiler) ver tabla 12 y figura 7.

Tabla 12

Cantidad de vehículos en el año 2012

Tráfico Actual por tipo de vehículo				
Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)		
Automóvil	41	2.99%	91.18%	Vehículo ligero
Station Wagon	1001	72.96%		
Pick up	128	9.33%		
C. Rural	76	5.54%		
Micro	5	0.36%		
Bus 2 ejes	19	1.38%	1.38%	Buses
Bus 3 ejes	0	0.00%		
Camión 2 ejes	51	3.72%	7.43%	Vehículo pesado
Camión 3 ejes	22	1.60%		
Camión 4 ejes	3	0.22%		
2S2	4	0.29%		
2S3	11	0.80%		
3S2	3	0.22%		
3S3	7	0.51%		
2T2	0	0.00%		
2T3	0	0.00%		
3T2	0	0.00%		
3T3	1	0.07%		
IMD TOTAL	1372	100%		

Fuente: Vera & Moreno, 2011

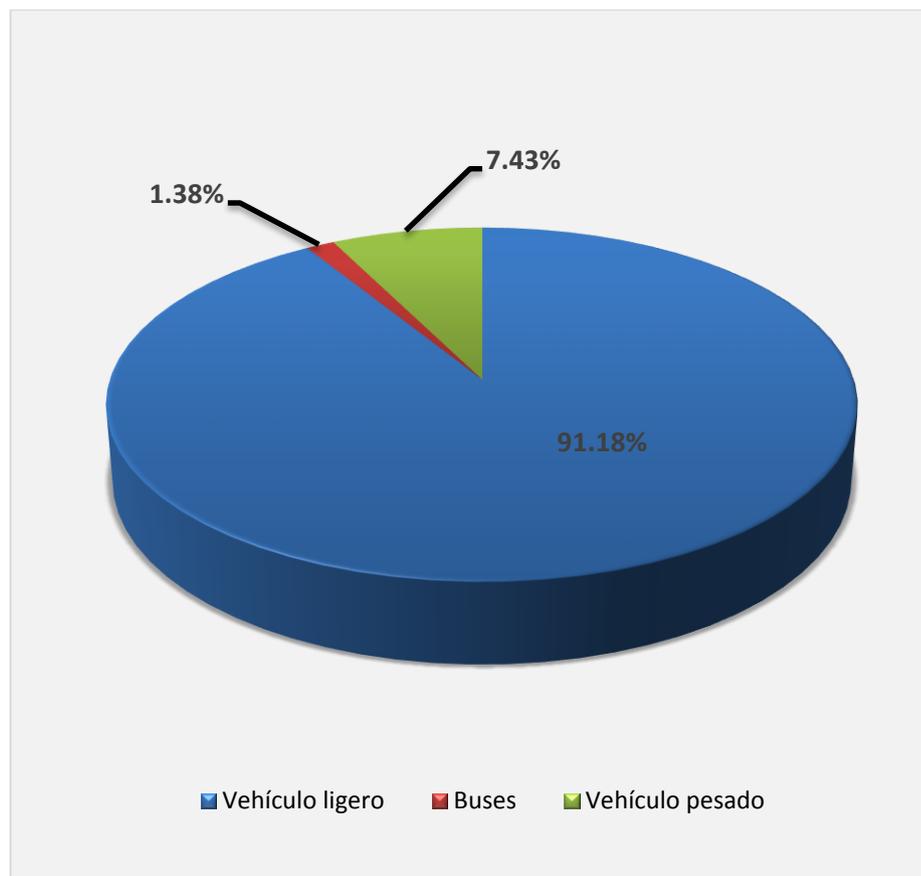


Figura 6 : Cantidad de vehículos en el año 2012 (%)
Fuente: Vera & Moreno, 2011

4.1.4.2 Proyecciones del tráfico

En el expediente técnico se efectuaron las proyecciones de tráfico adoptando las tasas de crecimiento anual propuestos en el Estudio de Pre Inversión del Proyecto Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Rio Seco – Sayán del año 2005 elaborado por Pro inversión – Plan Costa Sierra, cuya tasa de crecimiento es el siguiente:

Tabla 13
 Tasa promedio de crecimiento anual

Año	Tasa de crecimiento Media Anual		
	V. Ligeros	T. Público Pasajeros	Transporte de carga
2005	2.5%	2.5%	4.0%

Fuente: Vera & Moreno, 2011

Tabla 14

Proyección del tráfico normal registrado año 2012

AÑO	Vehículos Livianos					Ómnibus		Camiones			Semitraylers				Traylers				TOTAL
	Automóvil	Stación Wagon	Pick up	C. Rural	Micro	2 ejes	3 ejes	C2	C3	C4	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
Tasas de crecimiento	1.025	1.025	1.025	1.025	1.025	1.025	1.025	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	
2010	42	1026	131	78	5	19	0	53	23	3	4	11	3	7	0	0	0	1	1406
2011	43	1052	134	80	5	20	0	55	24	3	4	12	3	8	0	0	0	1	1444
2012	44	1078	138	82	5	20	0	57	25	3	4	12	3	8	0	0	0	1	1480
2013	45	1105	141	84	6	21	0	60	26	4	5	13	4	8	0	0	0	1	1523
2014	46	1133	145	86	6	21	0	62	27	4	5	13	4	9	0	0	0	1	1562
2015	48	1161	148	88	6	22	0	65	28	4	5	14	4	9	0	0	0	1	1603
2016	49	1190	152	90	6	23	0	67	29	4	5	14	4	9	0	0	0	1	1643
2017	50	1220	156	93	6	23	0	70	30	4	5	15	4	10	0	0	0	1	1687
2018	51	1250	160	95	6	24	0	73	31	4	6	16	4	10	0	0	0	1	1731
2019	52	1281	164	97	6	24	0	75	33	4	6	16	4	10	0	0	0	1	1773
2020	54	1313	168	100	7	25	0	79	34	5	6	17	5	11	0	0	0	2	1826
2021	55	1346	172	102	7	26	0	82	35	5	6	18	5	11	0	0	0	2	1872
2022	57	1380	176	105	7	26	0	85	37	5	7	18	5	12	0	0	0	2	1922
2023	58	1414	181	107	7	27	0	88	38	5	7	19	5	12	0	0	0	2	1970
2024	59	1450	185	110	7	28	0	92	40	5	7	20	5	13	0	0	0	2	2023
2025	61	1486	190	113	7	28	0	96	41	6	7	21	6	13	0	0	0	2	2077
2026	62	1523	195	116	8	29	0	99	43	6	8	21	6	14	0	0	0	2	2132
2027	64	1561	200	119	8	30	0	103	45	6	8	22	6	14	0	0	0	2	2188
2028	66	1600	205	121	8	30	0	107	46	6	8	23	6	15	0	0	0	2	2243
2029	67	1640	210	125	8	31	0	112	48	7	9	24	7	15	0	0	0	2	2305
2030	69	1681	215	128	8	32	0	116	50	7	9	25	7	16	0	0	0	2	2365
2031	71	1723	220	131	9	33	0	121	52	7	9	26	7	17	0	0	0	2	2428
2032	72	1766	226	134	9	34	0	126	54	7	10	27	7	17	0	0	0	2	2491
2033	74	1811	232	137	9	34	0	131	56	8	10	28	8	18	0	0	0	3	2559

Fuente: Vera & Moreno, 2011

4.1.4.3 Tráfico generado

De acuerdo a los expedientes técnicos elaborados en Provias Nacional sobre los estudios de mejoramiento y rehabilitación se indica que el tráfico normal se incrementa en los siguientes porcentajes:

Tabla 15
Proyecciones de tráfico generado

Tipo de intervención	% de tráfico Normal
Mejoramiento	20
Rehabilitación	15

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Tabla 16
Proyección diaria del tráfico actual

Tipo de Vehículo	AÑOS				
	2010	2015	2020	2025	2030
Automóvil	42	48	54	61	69
Station Wagon	1096	1161	1313	1486	1681
Pick up	131	148	168	190	215
C. Rural	78	88	100	113	128
Micro	5	6	7	7	8
Bus 2 ejes	19	22	25	28	32
Bus 3 ejes	0	0	0	0	0
Bus 4 ejes	0	0	0	0	0
Camión 2 ejes	53	65	79	96	116
Camión 3 ejes	23	28	34	41	50
Camión 4 ejes	3	4	5	6	7
2S2	4	5	6	7	9
2S3	11	14	17	21	25
3S2	3	4	5	6	7
3S3	7	9	11	13	16
2T2	0	0	0	0	0
2T3	0	0	0	0	0
3T2	0	0	0	0	0
3T3	1	1	2	2	2
IMD TOTAL	1476	1603	1826	2077	2365

Fuente: Vera & Moreno, 2011

4.1.5 Cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI)

La metodología que se utiliza para el cálculo del Índice de Condición del Pavimento de la red vial en estudio es mediante el PCI, que permite obtener el valor de la irregularidad de la superficie de un pavimento y su condición operacional, cuyo índice varía entre 0 para pavimentos fallados o en mal estado hasta 100 para pavimentos en excelente condición, como se indica en la Tabla 1. El cálculo del índice de condición del pavimento (PCI), se basa a la auscultación visual de la condición del pavimento, de cuyo resultado se obtiene el tipo, severidad y magnitud de cada falla que se encuentre en el pavimento.

Según Vásquez (2002), establece los daños que se producen en las vías con superficie de concreto asfáltico (pavimento flexible), que se detallan en el Anexo N° 05

4.1.5.1 Cálculo de muestras para realizar la Inspección Visual

Para esta investigación se ha determinado una longitud de 60.00m para la carretera Ruta PE-18 Tramo: Emp. PE-1N (Dv. Rio Seco) – El Ahorcado – Sta. Rosa – Sayán (PE-1NE) – Churin – Oyón, que se obtiene de acuerdo al ancho menor de la calzada de la carretera que es de 3.50 m (ancho variable entre 3.50 a 7.00m), con un área entre (210m² a 420m²).

Tabla 17
Cálculo del área de la muestra

Datos	Dimensiones/Especificaciones
Longitud de la carretera	135.00 Km
Ancho de Calzada	variable entre 3.50 a 7.00m
Longitud de la muestra	Se adoptó 60.00 m
Área de muestreo	Variable entre 210m ² a 420m ²
Capa de rodadura	Asfaltada

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el Número total de muestras de la carretera, se obtiene al dividir la Longitud total de la red vial entre la longitud de la muestra adoptada:

$$N = \frac{\text{Long. Carretera}}{\text{Long. Muestra}} = \frac{135700}{60.00}$$

$$N = 2262$$

Una vez que se ha obtenido el número total de muestras, se calculará la cantidad de unidades a evaluar, adoptando un error de 5% y una desviación estándar de 10% porque es una vía asfaltada, de donde se obtiene lo siguiente:

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2} \dots\dots\dots(6)$$

Donde:

$$N = 2262$$

$$\sigma = 10$$

$$e = 5$$

Reemplazando en la fórmula: $n = 15.89 \approx 16.00$

Siendo 16.00 la cantidad mínima de muestras a evaluar, es necesario incluir como muestras adicionales los puentes y pontones que se detallan en la tabla 18 (son 12 entre puentes y pontones), **siendo en total 28 muestras para el PCI.**

Tabla 18

Puentes y pontones en la carretera

N°	Descripción	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Muestra	Longitud
1	Pontón	8+504.00	8+510.60	2	6.60
2	Puente	51+313.00	51+323.00	8	10.00
3	Puente Alco	59+745.00	59+769.40	10	24.40
4	Puente	100+249.00	100+260.70	17	11.70
5	Pontón Ayarpongo	105+938.00	105+945.60	19	7.60
6	Puente Moroc	112+403.00	112+433.50	20	30.50
7	Puente	114+428.00	114+448.40	22	20.40
8	Puente	118+497.00	118+511.30	23	14.30
9	Puente	121+533.00	121+545.20	24	12.20
10	Pontón	124+026.00	124+034.60	26	8.60
11	Puente	126+189.00	126+213.40	27	24.40
12	Pontón	129+676.00	129+683.00	28	7.00

Fuente: Elaboración propia

4.1.5.2 Cálculo del intervalo de muestreo para la inspección visual

Para determinar el intervalo entre las muestras a ser inspeccionadas, se aplica la siguiente ecuación:

$$i = \frac{N}{n} = \frac{2262}{16}$$

$i = 141.38 \approx 142.00$ (Se redondea al número superior siguiente)

4.1.5.3 Resultados del Índice de condición de pavimento (PCI)

Para realizar la distribución de los tramos se utilizó las hojas electrónicas que se adjuntan en el Anexo N° 04 y con dicho procesamiento se ha obtenido el Valor deducido (VTD) y el valor de deducción corregido (VDC), que se obtiene de las curvas para pavimentos flexible (asfalto), que se adjunta en el Anexo N° 06.

En la tabla 19 se detalla el resumen de las muestras analizadas con sus respectivos PCI en la carretera Dv. Rio Seco – Oyón.

Tabla 19
Resultados de la condición del pavimento

N° muestra	ESTADO DEL PAVIMENTO	
	PCI	Clasificación
1	50	Regular
2	52	Regular
3	54	Regular
4	52	Regular
5	55	Regular
6	48	Regular
7	43	Regular
8	62	Bueno
9	67	Bueno
10	55	Regular
11	55	Regular
12	54	Regular
13	54	Regular
14	70	Bueno
15	20	Muy malo
16	57	Bueno
17	55	Regular
18	49	Regular
19	56	Bueno
20	55	Regular
21	54	Regular
22	54	Regular
23	54	Regular
24	78	Muy bueno
25	51	Regular
26	55	Regular
27	55	Regular
28	52	Regular
TOTAL	54	Regular

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se muestra los valores de PCI obtenidos en las 28 muestras analizadas de la carretera Dv. Rio Seco – Oyón.

Con la finalidad de determinar el promedio del PCI de la carretera, se ha sectorizado las 28 muestras obtenidas, agrupándolas en 07 sectores de 04 muestras, donde se obtiene el PCI/Km, como se indica en la figura 7.

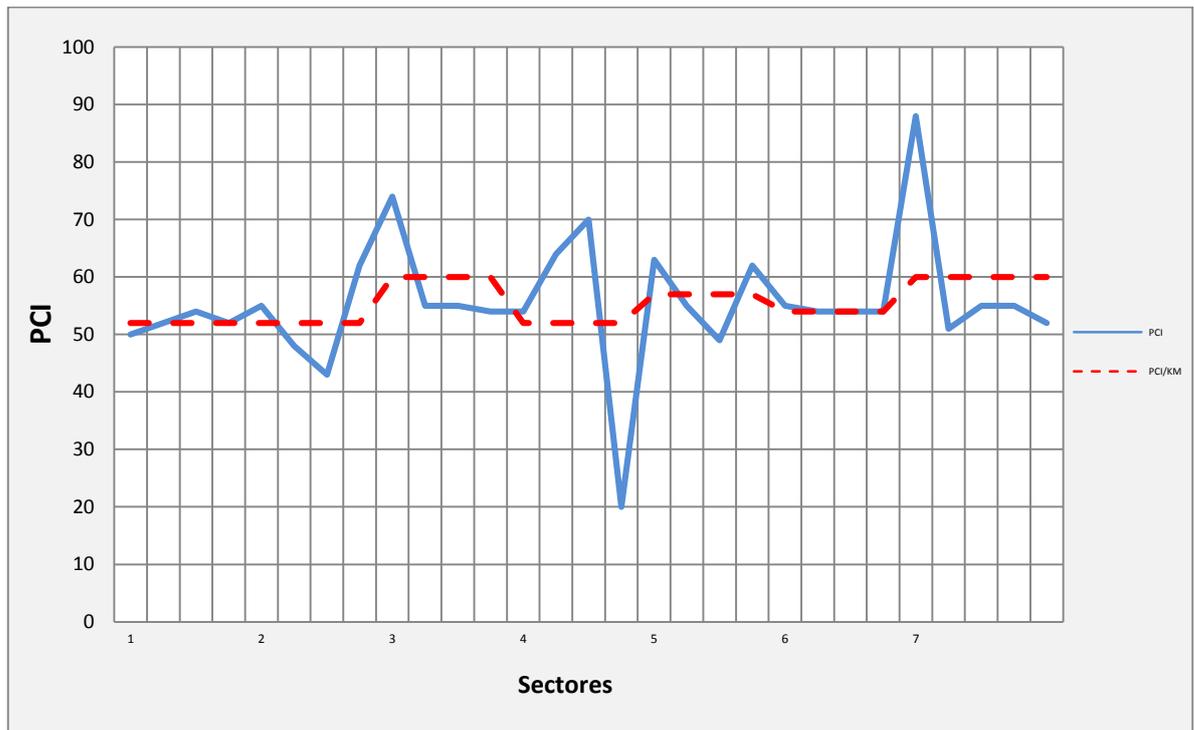


Figura 7 : Valores de PCI por tramos de la carretera Dv. Rio Seco – Oyón

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de los tipos de fallas identificadas en la carretera se indica en la siguiente tabla:

Tabla 20
Resumen de porcentajes de fallas identificadas en la carretera

SEVERIDAD	FALLAS EXISTENTES						
	Piel de cocodrilo	Agrietamiento en bloque	Grietas longitudinales y transversales	Pulimento de agregados	Huecos	Acceso puentes	Meteorización/ Desprendimiento de agregados
Baja (L)	0.00%	6.74%	39.18%	100.00%	65.52%	28.97%	25.54%
Media (M)	57.17%	55.33%	39.98%	0.00%	34.48%	71.03%	47.75%
Alta (H)	42.83%	37.93%	20.84%	0.00%	0.00%	0.00%	26.71%

Promedio total	3.0%	4.4%	4.4%	1.5%	3.0%	3.0%	4.4%
-----------------------	------	------	------	------	------	------	------

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20 se muestran los porcentajes de incidencia de las fallas encontradas en las 28 muestras, las cuales se han determinado por el nivel de severidad; así mismo se indica el promedio total que corresponde a la incidencia de la falla con respecto a toda la extensión de la carretera de 135.00 Km.

Una vez que se han identificado los porcentajes de incidencia de las fallas en la carretera Dv. Rio Seco – Oyón, se ha determinado que la diferencia de la longitud total que equivale a 76.3% está en proceso de deterioro, como se muestra en la siguiente tabla 21 y figura 9.

Tabla 21

Fallas identificadas en la carretera (%)

FALLAS EXISTENTES	PORCENTAJE
En proceso de deterioro	76.3%
Piel de cocodrilo	3.0%
Agrietamientos en bloque	4.4%
Grietas longitudinales y transversales	4.4%
Pulimento de agregados	1.5%
Huecos	3.0%
Acceso puentes	3.0%
Meteorización/ Desprendimiento de agregados	4.4%
Total	100.0%

Fuente: Elaboración propia

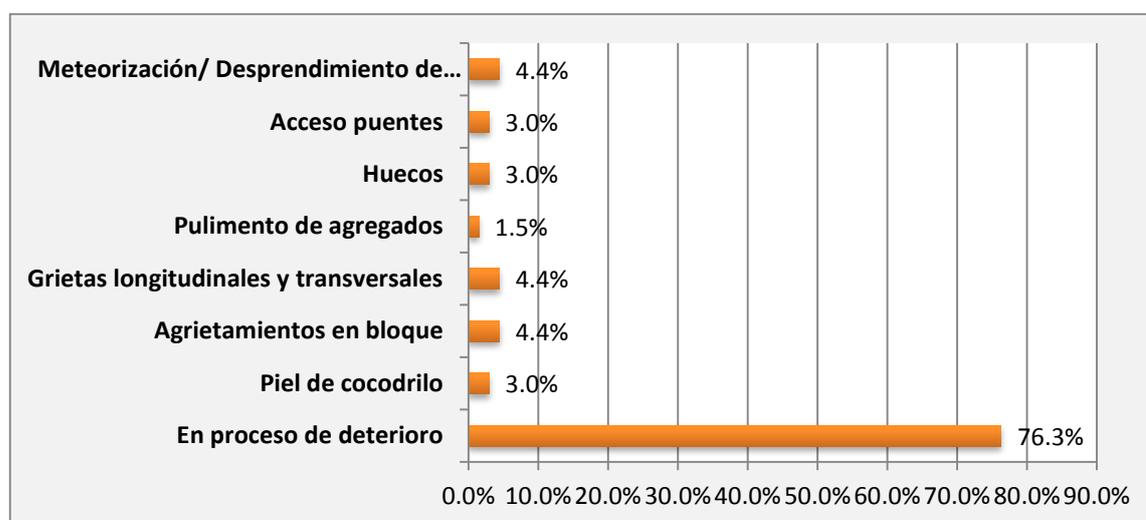


Figura 8 : Porcentaje de fallas existentes en la carretera Dv. Rio Seco - Oyón

Fuente: Elaboración propia

Después de haber realizado el procesamiento de los formatos para determinar el índice de condición del pavimento (Ver anexo 5), cuyo resumen se detalla en la tabla 19, se ha calculado el Índice de Condición del pavimento (PCI) de la carretera Dv. Rio Seco – Oyón de **PCI = 54 que corresponde a una severidad de daño REGULAR**, es decir la vía está empezando a presentar daños en la carpeta de rodadura (Asfalto en caliente).

4.1.6 Análisis de modalidades de ejecución

De acuerdo a lo indicado por Rodríguez (2011), el mantenimiento Integral es el contrato que comprende las actividades de conservación periódica y rutinaria, la cual es brindada por un solo contratista, donde las obras de mantenimiento periódico, están definidas mediante estudios previos, se pagan por precio unitario, mientras las de mantenimiento rutinario se reconocen por cuotas fijas mensuales durante el desarrollo del contrato, siempre y cuando la vía cumpla con los indicadores de estado señalados en los documentos del contrato.

Asimismo, realizando el mantenimiento integral se obtienen grandes ventajas con relación a la especialización del personal en las actividades que comprende la conservación rutinaria y periódica, logrando una mejor respuesta de acción a los problemas que se presenten en la vía. Con la siguiente Tabla 22 se ha determinado que el mantenimiento integral, permite mantener adecuadamente la vía realizando actividades de conservación rutinaria y periódica.

Tabla 22
Modalidad de ejecución de la conservación vial

VENTAJAS	MODALIDADES DE EJECUCION DE CONSERVACION					
	Administración directa	Mantenimiento rutinario con Microempresas	Mantenimiento periódico por precios unitarios	Mantenimiento integral	Mantenimiento indicadores del Estado	Concesión vial
Abarca a los dos tipos de mantenimiento	1	0	0	1	1	1
Duración plurianual	1	0	0	1	1	1
Especialización en labores	1	0	1	1	1	1
Libera carga al Estado	0	1	1	1	1	1
Responde a emergencias	1	1	0	1	1	1
Realiza actividades de	1	0	0	1	1	1

administración y conservación						
Contrata con un solo operador MR y MP	0	0	0	1	1	1
De acuerdo con el tráfico de la vía	0	1	1	1	1	0
Posibilita variaciones en el Presupuesto	1	0	0	1	0	0
PUNTAJE	6	3	3	9	8	7

Valoración	SI	1
	NO	0

Fuente: Rodríguez. R. 2011, pág. 77

4.1.7 Análisis de Costos de mantenimiento vial

4.1.7.1 Actividades de mantenimiento rutinario

Este es el tipo de actividades que en conjunto a su frecuencia depende de factores tales como: volumen de tráfico, clima, relieve topográfico y del tipo de material del paquete estructural (carpeta asfáltica, base, sub base) y finalmente del suelo de fundación. Para el primer ciclo de aplicación del modelo, se establece las siguientes actividades que se deberá ejecutar durante el mantenimiento rutinario, se muestra a continuación:

Tabla 23

Actividades de mantenimiento rutinario y rendimientos

ACTIVIDAD	Unidad	CUADRILLAS	RENDIMIENTO CUADRILLA/DIA
Limpieza general (calzadas y bermas)	km	6	10 Km
Roce y limpieza	m2	4	3000 m2
Eliminación de pasivos ambientales	m3	4	500 m3
Parchado superficial en calzada	m2	4	90 m2
Parchado profundo en calzada	m2	4	50 m2
Tratamiento de fisuras	m	4	300 m
Sellos asfálticos	m2	4	3000 m2
Limpieza de alcantarillas	und	3	5 und
Encauzamiento de cursos de agua	m3	3	400 m3
Limpieza de cunetas	m	3	500 m
Limpieza de zanjas de coronación	m	3	350 m
Limpieza de señales preventivas y reglamentarias.	und	2	40 und
Reparación de señales preventivas y reglamentarias.	und	4	12 und

Reposición de señales preventivas y reglamentarias.	und	4	6	und
Limpieza de señales informativas	und	2	40	und
Limpieza de postes de kilometraje	und	2	100	und
Reparación de postes de kilometraje	und	4	12	und
Limpieza de postes delineadores	und	2	25	und
Reparación de postes delineadores	und	4	20	und
Reposición de postes delineadores	und	3	12	und
Limpieza de guardavías	ml	2	1000	m
Conservación de marcas en el pavimento	m2	4	2000	m
Conservación y pintado de muros y parapetos de alcantarillas	m2	4	20	m
Limpieza de puentes	und	4	5	und

Fuente: Expedientes de Provias Nacional - Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Según establece Rodríguez (2011), indica que para realizar los trabajos de mantenimiento es necesario el empleo de 1 persona para 4 kilómetros de vía asfaltada. Con ese condicionante, se calculará la cuadrilla necesaria y el costo de mantenimiento en la carretera Dv. Rio Seco - Oyón, la cual se extiende hacia una longitud de 135.00 Km.

Tabla 24

Presupuesto referencial para mantenimiento rutinario

Tiempo de duración (meses):	12.00
Longitud de vía a intervenir (Km)	135.00
Personal	34.00

DESCRIPCION	PERSONAL	SEMANAL	
Jornal	48.1	6	S/288.60
Jornal dominical	8.02	6	S/48.12
Buc 30%	14.43	6	S/86.58
Bonif. Por Movilidad	7.20	6	S/43.20
Bonif. Por destaque 10%	4.81	6	S/28.86
Indemnizacion 15%	7.22	6	S/43.32
Vacaciones 10%	4.81	6	S/28.86
Gratificacion por fiestas patrias	9.16	7	S/64.12
Bonif. Extraordinaria Ley 29351	4.33	7	S/30.30
Asignacion familiar	4.01	7	S/28.07
Total Bruto Salarios			S/661.96
Descuentos ONP	13%		S/86.06
Descuentos CONAFOVICER	2%		S/13.24
Pago Neto semanal			S/761.26

Pago Neto Mensual			S/3,045.03
--------------------------	--	--	-------------------

a) Sub Total mano de obra individual anual (12 meses)			S/36,540.36
--	--	--	--------------------

1. Total mano de obra (a x #personas)			S/1,242,372.16
2. Herramientas, EPPs y equipos	5%		S/62,118.61
3. Almacenes y oficina			S/12,000.00
4. Movilización de equipos y de personal técnico			S/30,000.00
5. Seguro contra todo riesgo			S/3,000.00
6. Supervisor			S/72,000.00
b) Sub total			S/1,421,490.77
G. Generales	5%		S/71,074.54
Utilidad	6%		S/85,289.45
TOTAL			S/2,999,345.52

Mantenimiento rutinario/Km			S/22,217.37
----------------------------	--	--	-------------

Fuente: Adecuación de Rodríguez. R. 2011, pág. 54

4.1.7.2 Actividades de mantenimiento periódico

Tabla 25

Actividades de mantenimiento periódico

ITEM	PARTIDAS	UND
1	TRABAJOS PRELIMINARES	
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	glb
01.02	TOPOGRAFIA Y GEORENFERENCIACION	km
02.00	TRABAJOS EN PLATAFORMA	
02.01	CORTE DE MATERIAL NO CLASIFICADO	m3
02.02	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE CORTE	m2
02.03	PERFILADO SIN APORTE DE MATERIAL	m2
02.04.01	PERFILADO CON APORTE DE MATERIAL E= 0.15 M	m2
02.06	APORTE DE MAT. GRANUL ESTAB. C/ ORGANOSILANO Y CEMENTO PORTLAND	m3
02.07	IMPRIMACION CON EMULSION CATIONICA CSS	m2
02.08	OTTA SEAL (PEN 120 - 150)	m2
02.09	ELIMINACION DE PASIVOS AMBIENTALES	m3
03.00	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE	
03.01	COLOCACIÓN DE ALCANTARILLAS TMC DE Ø 38"	und
03.03	COLOCACIÓN DE ALCANTARILLAS TMC DE Ø 60"	und
03.04	BADENES DE CONCRETO	m
04.00	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL	
04.01	SEÑALES PREVENTIVAS	und
04.02	SEÑALES REGLAMENTARIAS	und
04.03	SEÑALES INFORMATIVAS	m2
04.04	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2
04.06	POSTES DELINEADORES	und
04.07	POSTES DE KILOMETRAJE	und
04.08	REDUCTORES DE VELOCIDAD TIPO RESALTO	m
05.00	PROTECCION AMBIENTAL	
05.01	ACONDICIONAMIENTO DE MATERIAL EXCEDENTE EN DME	m3
05.02	PROGRAMA DE ABANDONO DE OBRA	glb
05.03	PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL	glb

Fuente: Vera & Moreno, 2011.

Tabla 26

Costos de mantenimiento periódico

N°	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
	TRABAJOS DE PLATAFORMA				
1	Aporte de Mat. Granular estabilizada c/suelo y cemento	m3	69300	S/11.30	S/783,090.00
2	Imprimación con emulsión catiónica CSS	m2	693000.00	S/8.19	S/5,675,670.00
3	Otta Seal (PEN 120-150)	m2	693000.00	S/5.10	S/3,534,300.00
	SEÑALIZACION				
4	Colocación de nuevas señales verticales	u	540	S/485.00	S/261,900.00
5	Marcas en el pavimento (señalización horizontal)	ml	540000	S/4.50	S/2,430,000.00

PRESUPUESTO TOTAL MANTENIMIENTO PERIÓDICO	S/12,684,960.00
LONGITUD TOTAL DEL PROYECTO (Km)	135.00

Fuente: Elaboración propia

4.2 Análisis de Resultados

4.2.1 Resultados

4.2.1.1 De la ficha de inventario vial

Indicado en el Análisis de la condición de la Red Vial Dv. Rio Seco - Oyón, las características de la vía se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 27

Características de la vía

Descripción	Situación actual
Longitud	135.00 Km
Clasificación	
Su función	Red vial Nacional
Estudio de trafico	Carretera de segunda clase tipo II
Orografía	Plano y ondulado
Topografía	Accidentada
Velocidad Directriz de diseño (Km/h)	60.00
Ancho de superficie de rodadura (m)	7.57
Ancho de berma (m)	1.20
Ancho de calzada (m)	8.77
Radio mínimo (m)	85.00
Radio mínimo excepcional (m)	85.00
Pendiente máxima longitudinal (%)	6
Longitud mínima de curva vertical (m)	120
Bombeo de la superficie de rodadura (%)	2
Sobreechanco Máximo (m)	1.40
Taludes	Estables
Tipo de material de rodadura	Asfalto en caliente
Estructura del pavimento	
Capa asfáltica	10 cm
base granular	15 cm
Sub base granular	15 cm
Cunetas	1: 3 (V: H) Triangular
Km 0+000 al Km 90+000	Revestidas
Km 90+000 al Km 110+000	No revestidas
Km 110+000 al Km 135+000	Revestidas
Alcantarillas	

Km 0+000 al Km 135+000	TMC
------------------------	-----

Fuente: Elaboración propia

A pesar de los mantenimientos rutinarios por administración directa que viene realizando anualmente la Unidad Zonal de Lima de Provias Nacional, del procesamiento del inventario vial se observa que dichos mantenimientos no se han realizado adecuadamente, por lo que se entiende que la vía está en proceso de deterioro, encontrándose actualmente en **un estado entre regular y malo.**

4.2.1.2 Del estudio de tráfico

De la cuantificación de vehículos para el estudio de tráfico que contiene el estudio definitivo del proyecto Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Dv. Rio Seco - Oyón (Ver tabla 17), se realizó la aplicación de tasas de crecimiento para vehículos ligeros y pesados respectivamente, del cual se obtuvo un IMDA de 1826 actual, y proyectado para 10 años un IMD de 2365.

4.2.1.3 De la aplicación del método PCI

Para determinar el nivel de condición de la carretera a nivel superficial según la tabla 19, el pavimento flexible de la Carretera Dv. Rio Seco – Oyón se encuentra en **estado Regular**, es decir con una transitabilidad aceptable, pero con presencia de fallas como: Piel de cocodrilo, Agrietamiento en bloque, grietas longitudinales y transversales, pulimento de agregados, huecos o grietas, accesos a puentes y meteorización o desprendimiento de agregados, que se originaron producto de la atención inoportuna de las emergencias suscitadas durante el Fenómeno del niño del año 2017.

Del análisis a las fallas encontradas se establece que es necesario realizar trabajos de mantenimiento periódico en sectores puntuales, para devolver a la vía a sus condiciones iniciales, con la finalidad de mantener un nivel de serviciabilidad adecuado que brinde seguridad y transitabilidad al usuario.

4.2.1.4 De la estructura del pavimento

De la revisión a la última intervención que se realizó en la carretera Dv. Rio Seco – Oyón, se detalla que en la actualidad la composición del paquete estructural tiene: MAC = 10cm, Base G.=15cm y Sub Base G. = 15cm.

4.2.1.5 De la Modalidad de ejecución

De la aplicación de la Matriz de Modalidades de ejecución para la conservación vial, **la modalidad Integral que incluye la aplicación de los mantenimientos rutinario y periódico simultáneamente**, es la que obtuvo una mayor valoración para la adecuada gestión que permita una administración correcta de los recursos. (Ver tabla 22)

4.2.1.6 De los Costos de mantenimiento Vial

Para las actividades a realizarse para mantenimiento rutinario, se establece un pago fijo mensual (Ver tabla 24), la cual fue determinada por 9 personas, fue tomada por la propuesta de la norma de Ecuador para la provincia de Chimborazo adecuada a las normas establecidas para el pago salarial de Construcción civil de un peón, el cual ascendió a un valor de S/22,217.37 y según la tasa de cambio equivale a 6,942.92 USD, mensuales por las actividades desarrolladas.

Para las actividades de mantenimiento periódico, se ejecutarán bajo el sistema de precios unitarios, en el cual se obtendrá un presupuesto referencial de acuerdo con las Especificaciones Técnicas del Manual de Carreteras para conservación vial del MTC, además de las cantidades de obra a ejecutar.

Se determinó el ahorro anual en costos de mantenimiento vial, de la carretera Dv. Rio Seco - Oyón, se muestra el siguiente cuadro:

Tabla 28

Ahorro anual en costos de mantenimiento de la vía

ACTIVIDAD	COSTO/KM	FRECUENCIA DE INTERVENCIÓN		COSTO*AÑO/KM	LONGITUD	COSTO VIA (USD)
	USD/KM			USD*AÑO/KM		
Mantenimiento Rutinario	6,942.92	1	año	6,942.92	135.00	937,294.20
Mantenimiento Periódico	88,089.90	3	año	29,363.30	135.00	3,964,045.50
Total, Mantenimiento Preventivo				36,306.22	135.00	4,901,339.70
Mejoramiento/ Rehabilitación	1,754,795.37	10	años	175,479.54	135.00	23,689,737.50
AHORRO ANUAL EN MANTENIMIENTO CARRETERA DV. RIO SECO - OYON (USD)						18,788,397.79
REHABILITACIÓN DEL AHORRO DE REHABILITACIÓN Vs MANTENIMIENTO (USD)						5

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Contratación de Hipótesis

Al realizar la comparación de los resultados obtenidos por investigaciones realizadas en otros países y los resultados obtenidos en la presente investigación, se observó una variación amplia con respecto a la relación de reducción de costos de mantenimiento vial, considerando que se trabaja bajo las misma Modalidad de ejecución de la Conservación vial, que es la Integral ya que combina los dos tipos de mantenimiento rutinario y periódico.

Tabla 29

Comparación de antecedentes nacionales e internacionales

Investigación	Nacional	Internacional	
	Presente investigación	Rodríguez Gonzales	Salazar Noboa
País aplicado	Perú	Ecuador	Ecuador
Año	2019	2011	2008
Costos en mantenimiento (USD)	18,788,397.79	673,227.84	2,696,610.00
Relación de reducción	1/5	1/3	1/2

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 29, con respecto a los Costos de mantenimiento (USD), uno de los factores que influye es propio de la variación de precios, y segundo por la envergadura de la carretera de una longitud de 135.00 Km que pertenece a la Red Vial Nacional, por lo cual la presente investigación obtiene un mayor ahorro con 18'788,397.79, mientras tenemos a los de menor ahorro de la investigación realizada por Rodríguez con 673,227.84 de ahorro que pertenece a una Red Vial Vecinal o Local, y la investigación de Salazar con un ahorro de 2,696,610.00 ubicado en una Red Vial Departamental. Por lo tanto, logramos una reducción de los costos que tiene una proporción de 1/5, mientras que a nivel internacional Rodríguez y Salazar con 1/3 y 1/2 respectivamente, es baja.

Capítulo 5

Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

1. Se reduce los costos de mantenimiento (rutinario y periódico) hasta 5 veces menos, de lo que implicaría no atender la vía en condiciones óptimas, con trabajos oportunos y adecuados mediante la aplicación de la Gestión de Conservación vial, en el tramo Dv. Rio Seco – Oyón. El cual implica a su vez un ahorro anual de USD \$ 18'788,397.79, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 29.
2. Realizando el inventario de condición de la vía se ha determinado que el estado de conservación de la carretera Dv. Rio Seco – Oyón se encuentra entre regular y mala, de acuerdo a lo indicado en la tabla 27 del capítulo 4 resultados.
3. El nivel de condición del pavimento obtenido con el Método PCI, es regular (ver tabla 19), lo cual permite establecer que la vía necesita un mantenimiento rutinario y periódico en conjunto para preservar y prolongar la vida útil del tramo Dv. Rio Seco – Oyón de acuerdo a lo indicado en la tabla 22.
4. Se han identificado que durante 10 años se han realizado intervenciones de Mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento rutinario por administración directa a la vía que asciende a \$ 175,479.54 dólares por kilómetro, realizando una inversión total en la vía de \$ 23'689,737.50 dólares (Ver tabla 28).

5.2.Recomendaciones

1. Para futuras investigaciones que permitan mejorar el modelo de gestión de conservación, se debería considerar realizar un estudio de tráfico actual, de esta manera se pueden determinar propuestas de mayor intervención que permitan soportar el tráfico presente en la vía; pudiendo incluirse el mejoramiento o rehabilitación en conjunto con el mantenimiento periódico y rutinario.
2. En lo académico y laboral se recomienda que todo proyecto vial, que implique la culminación de su construcción, rehabilitación, mejoramiento o reconstrucción, debe ir acompañado de un Plan de conservación vial, inmediatamente después, pues tal es el caso del tramo en evaluación (Dv. Rio Seco - Oyón), que se recomienda previamente antes de la aplicación del Modelo de Gestión para la conservación vial, realizar trabajos de deflectometría (Viga Benkelman), que determinará los espesores de refuerzo para la rehabilitación de algunos tramos puntuales que se encuentran en muy mal estado según la evaluación del PCI, pues los trabajos de mantenimiento rutinario y periódico no contemplan el alcance de un refuerzo a nivel estructural.
3. Los beneficios que genera hacer mejoras en el modelo de gestión de conservación vial, es que se logre administrar una red vial nacional que ofrezca niveles de servicio óptimos, con rapidez, seguridad y comodidad, permitiendo reducir los costos de mantenimiento, lo cual es beneficiosos para los usuarios viales y las entidades ejecutoras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila, H.(2006). *Introducción a la metodología de la investigación*. España [en línea], 2006 [Fecha de consulta: 30 de marzo de 2017]. Disponible en <http://www.eumed.net/libros/2006c/203/>
- Abouhamad, J (1965). *Apuntes de métodos de investigación en ciencias sociales*. Venezuela: Instituto de investigaciones, Facultad de Economía, Universidad Central de Venezuela, Venezuela.
- Baltodano, W. E. (2017). *Modelo de Gestión de Conservación Vial basado en criterios de sostenibilidad para reducir los costos de Mantenimiento Vial en la carretera Desvío Salaverry – Santa*. (Tesis de maestría para optar el grado de Maestro en Transportes y Conservación Vial). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Briones, H. O. (2014). *Institucionalidad para la Gestión del Mantenimiento Vial: Caso Chileno*. (Tesis Ingenieril para optar grado de Magister en Gestión y Políticas Públicas). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- Bull, A. (2003). *Mejoramiento de la gestión vial con aportes específico del sector público*. Santiago de Chile, Chile.
- Burneo, L. C. (2013). *Mejora de la productividad en el mantenimiento rutinario de una carretera aplicando filosofía Lean Construction*. (Tesis Ingenieril para optar grado de Ingeniero Civil). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Calles, A. M. (2016). *Modelo de Gestión de Conservación Vial para la Red Vial Rural del Cantón Pastaza*. (Tesis de maestría para optar el grado de Magíster en Ingeniería Vial). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Ccanto, G. (2010). *Metodología de la investigación científica en Ingeniería Civil*. Ingeniería de Transportes.3ª edición, Lima - Perú, 418 p.
- Cascante, J. (2011). *Métodos Mixtos de Investigación*. Programa de producción de material didáctico escrito. Madrid, España.

- Castillo, C. (2008). *Formulación de una Metodología General para la elección de programas de Conservación De Pavimentos Viales y su aplicación a la región de Magallanes*. Tesis (Ingeniero Civil). Santiago: Universidad de Chile.
- Del Rosario, A. (2017). *Diseño de un plan de mantenimiento para infraestructuras viales en la Republica Dominicana. Aplicación a la carretera El Seibo – Hato Mayor*. (Tesis de maestría para optar el grado de Master Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Escobar, G. (2006). *Propuesta de un Modelo de Gestión para el Mantenimiento de carreteras en el Estado Lara - Venezuela*. (Tesis Doctoral). Universidad de Granada, Venezuela.
- Instituto Peruano de Economía IPE. *Lecciones del Mantenimiento de Carreteras en el Perú 1992-2007*. Edición mayo 2008, Lima – Perú, 49 p.
- Macas, J. (2017). *Modelo de gestión vial para la sostenibilidad de la vía Balosa y su aporte al desarrollo local*. (Tesis de maestría para optar el grado de Magíster en Gestión de la Construcción). Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.
- Menéndez, J. R. (2003). *Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas*. Manual Técnico. Lima, Perú.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. *Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial*. (Norma Técnica). Edición 2018, Lima – Perú, 635 p.
- Navarro, P. (2016). *Modelo de Gestión de Conservación Vial para la Red Vial Rural del Cantón Santo Domingo*. (Tesis de maestría para optar el grado de Magíster en Ingeniería Vial). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Noboa, G. S. (2008). *Sistema Institucional de Gestión de las Carreteras de Segundo Orden del Ecuador, para Disminuir costos de Mantenimiento Vial y de Operación de Vehículos*. Ambato, Ecuador.

- Quintero, J. (2011). *Inventarios viales y categorización de la red vial en estudios de Ingeniería de Tránsito y Transporte*. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad de Chile.
- Rabanal, J. (2014). *Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la Vía De Evitamiento Norte, utilizando el Método del Índice de Condición del Pavimento. Cajamarca – 2014*. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Chiclayo: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería.
- Rodríguez, R. A. (2011). *Modelo de gestión de conservación vial para reducir los costos de mantenimiento vial y operación vehicular en los caminos rurales de las poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo*. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Colombia.
- Velazco, A. (2009). *Análisis de la gestión del presupuesto de conservación de carreteras en las agencias viales del Perú*. Universidad de Piura, Perú.
- Vera&Moreno S.A. (2011). *Estudio Definitivo del Proyecto de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Rio Seco – El Ahorcado – Sayán*". Expediente Técnico de Provias Nacional. Perú.
- Zarate, G. M. (2016). *Modelo de Gestión de Conservación Vial para Reducir Costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular del Camino Vecinal Raypa-Huanchay-Molino, Distrito Culebras-Huarmey*. (Tesis de maestría para optar el grado de Maestra en Transportes y Conservación Vial). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Zella, G. (2008). *Gestión de mantenimiento vial preventivo. Revisión y propuesta para Caracas*. Universidad Simón Bolívar, Venezuela.

ANEXOS

Anexo 1: Declaración de Autenticidad

Anexo 2: Autorización de Consentimiento para realizar la Investigación

Anexo 3: Matriz de Consistencia

Anexo 4: Formato de registro del inventario vial

Anexo 5: Formato para determinar el PCI

Anexo 6: Formatos para el Inventario Vial