



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
FACULTAD DE INGENIERA CIVIL

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

**METODOLOGÍA PARA LA REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS VIALES
QUE MEJORE LAS CONDICIONES DE LAS CARRETERAS RURALES,
ESTUDIO CASO VÍA CHILLA – GUANAZAN EN LA PROVINCIA DE EL
ORO.**

AUTOR: ALEX FABRICIO PINDO VELEPUCHA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGISTER EN INGENIERIA CIVIL, MENCIÓN VIALIDAD**

TUTOR: MG. JORGE PAUL CABRERA GORDILLO
COTUTOR: MG. DANIEL ALEXANDER LLANOS ROGUIGUEZ

MACHALA
2023

PENSAMIENTO

“Si hay una buena carretera hacia tu destino, eres afortunado, Si no hay, eres más afortunado aun, porque tendrás la oportunidad de ser un creador de carreteras”

Andre Maurois.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi padre Antonio Eusebio Pindo Cartuche (+), a mi madre Dolores Eugenia Velepucha Macas que me han dado la existencia, me han educado, apoyado en todas las etapas de mi formación profesional; han sido mi principal motivación para salir adelante.

A mis hermanos que me han apoyado de diferentes maneras en toda mi etapa de formación profesional y siempre hemos permanecido unidos apoyándonos mutuamente en cada circunstancia de la vida.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Técnica de Machala, por haberme aceptado ser parte de ella y haber abierto las puertas de su claustro científico y estudiar en este excelente programa de maestría; a sus docentes que me brindaron sus conocimientos y apoyo para seguir día a día en la búsqueda de nuevos horizontes.
- Al Sr. Ing. Carlos Eugenio Sánchez Mendieta, coordinador del Programa de Maestría en Ingeniería Civil, por su paciencia y orientación permanente en la organización de las actividades académicas y logísticas
- A los ingenieros. Mg. Jorge Paul Cabrera Gordillo y Mg. Daniel Alexander Llanos Rodríguez, en calidad de tutor y cotutor respectivamente, de este trabajo de titulación, por sus capacidades y oportuna orientación en el desarrollo de esta investigación.
- A los compañeros de la Maestría por sus aportes brindados en las clases y tareas, que me han permitido acrecentar mi amistad y apoyo moral en esta etapa de nuestras vidas.

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, Alex Fabricio Pindo Velepucha con cedula de identidad 0705462471, declaro que el trabajo de “METODOLOGÍA PARA LA REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS VIALES QUE MEJORA LAS CONDICIONES DE LAS CARRETERAS RURALES, ESTUDIO CASO VIA CHILLA-GUANAZAN EN LA PROVINCIA DE EL ORO”, en opción al título de Magister en Ingeniería Civil Mención Vialidad, es original y auténtico; cuyo contenido: conceptos, definiciones, datos empíricos, criterios, comentarios y resultados son de mi exclusiva responsabilidad.



ALEX FABRICIO PINDO VELEPUCHA
C.I. 0705462471

Machala, 2023/05/18

REPORTE DE SIMILITUD URKUND/TURNITIN

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Jorge Paul Cabrera Gordillo con cedula de identidad 0703092874 tutor del trabajo de “METODOLOGÍA PARA LA REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS VIALES QUE MEJORE LAS CONDICIONES DE LAS CARRETERAS RURALES, ESTUDIO CASO VÍA CHILLA-GUANAZAN EN LA PROVINCIA DE EL ORO”, en opción al título de Magister en Ingeniería Civil Mención Vialidad, ha sido revisado, enmarcado en los procedimientos científicos, técnicos, metodológicos y administrativos establecidos por el Centro de Posgrado de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH), razón por la cual doy fe de los méritos suficientes para que sea presentado a evaluación.



Ing. Jorge Paul Cabrera Gordillo, Mgtr
Tutor
C.C. 0703092874

Machala, 2023/05/18

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Alex Fabricio Pindo Velepucha, con cédula de ciudadanía No.- 0705462471, autor del trabajo de titulación “METODOLOGÍA PARA LA REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS VIALES QUE MEJORA LAS CONDICIONES DE LAS CARRETERAS RURALES, ESTUDIO CASO VÍA CHILLA-GUANAZAN EN LA PROVINCIA DE EL ORO”, en opción al título de Magíster en Ingeniería Civil Mención Vialidad, declaro bajo juramento que:

- El trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido presentado previamente para ningún grado o calificación profesional. En consecuencia, asumo la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.
- Cede a la Universidad Técnica de Machala de forma exclusiva con referencia a la obra en formato digital los derechos de:
 - a. Incorporar la mencionada obra en el repositorio institucional para su demostración a nivel mundial, respetando lo establecido por la Licencia *Creative Commons Attribution-NoCommercial-Compartir Igual 4.0 Internacional* (CC BY NCSA 4.0); la Ley de Propiedad Intelectual del Estado Ecuatoriano y el Reglamento Institucional.
 - b. Adecuarla a cualquier formato o tecnología de uso en INTERNET, así como correspondiente como Autor la responsabilidad de velar por dichas adaptaciones con la finalidad de que no se desnaturalice el contenido o sentido de la misma.



ALEX FABRICIO PINDO VELEPUCHA
C.I. 0705462471

Machala, 2023/05/18

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue elaborar una metodología de rehabilitación de la estructura vial que mejore las condiciones de las carreteras rurales, para lo cual se siguió normativas nacionales e internacionales, así como los sustentos teóricos que nos permitieron profundizar y plantear soluciones eficientes y efectivas, en el desarrollo de la investigación se realizaron encuestas, entrevistas y observación directa, a la ciudadanía, transportistas y funcionarios públicos la presente investigación aborda la rehabilitación de la estructura vial que mejore las condiciones en carreteras rurales, este proceso se analizará en el tramo de la vía rural Chilla – Guanazán en la provincia de El Oro, debido a la falta de estudios de rehabilitación de carreteras rurales que son consideradas de segundo orden, surge la necesidad de enfocarnos en una metodología que nos permita rehabilitar este tipo de vías, que constantemente sufre deterioro por las condiciones climatológicas y la calidad de materiales con que se construyen, esta metodología busca mejorar las vías rurales y las condiciones de vida de los habitantes de la zona, permitiendo ampliar las oportunidades de generación de ingresos a los hogares, que se dedican principalmente a la agricultura ganadería y también en actividades de empleo asalariado no agropecuario, para concluir se elaboró una metodología para la rehabilitación de la estructura vial en caminos rurales, el cual contempla la estabilización del mejoramiento, base o subbase aprovechando recursos propios de la zona y utilizando alternativas de diseño diferentes a la tradicional, que nos genere beneficios técnicos, ambientales y económicos.

Palabras claves:

Metodología, rehabilitación vial, estabilización, carreteras rurales, estructura vial.

ABSTRACT:

The objective of this research was to develop a methodology for the rehabilitation of the road structure that improves the conditions of rural roads, for which national and international regulations were followed, as well as the theoretical support that allowed us to deepen and propose efficient and effective solutions, In the development of the research, surveys, interviews and direct observation were carried out, to citizens, transporters and public officials this research addresses the rehabilitation of the road structure that improves conditions on rural roads, this process will be analyzed in the section of the rural road Chilla - Guanazán in the province of El Oro, due to the lack of studies of rehabilitation of rural roads that are considered of second order, the need arises to focus on a methodology that allows us to rehabilitate this type of roads, which constantly suffers deterioration due to weather conditions and the quality of materials with which they are built, this methodology seeks to improve rural roads and the living conditions of the inhabitants of the area, allowing to expand income-generating opportunities to households, which are mainly engaged in livestock agriculture and also in activities of Non-agricultural salaried employment, to conclude a methodology was developed for the rehabilitation of the road structure in rural roads, which contemplates the stabilization of the improvement, base or sub-base taking advantage of the area's own resources and using design alternatives different from the traditional one, which generate technical, environmental and economic benefits.

Keywords:

Methodology, road rehabilitation, stabilization, rural roads, road structure.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|-----------------------|---|
| PENSAMIENTO..... | 2 |
| DEDICATORIA..... | 3 |
| AGRADECIMIENTOS | 4 |

| | |
|--|----|
| RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA | 4 |
| REPORTE DE SIMILITUD URKUND/TURNITIN..... | 5 |
| CERTIFICACIÓN DEL TUTOR..... | 6 |
| CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR | 7 |
| RESUMEN..... | 8 |
| Palabras claves: | 9 |
| ABSTRACT:..... | 9 |
| INTRODUCCIÓN | 14 |
| Objetivo General: | 19 |
| Objetivos Específicos:..... | 19 |
| 1. CAPITULO 1 MARCO TEÓRICO | 19 |
| 1.1 Antecedentes Históricos | 20 |
| 1.1.1 Evolución de las carreteras | 20 |
| 1.1.2 Historia de los pavimentos | 20 |
| 1.1.3 Evolución de la metodología de diseño estructural de los pavimentos..... | 21 |
| 1.2 Antecedentes Conceptuales | 23 |
| 1.2.1 Definición de carreteras..... | 23 |
| 1.2.2 Clasificación de la infraestructura vial. | 24 |
| 1.2.3 Caminos o carreteras rurales..... | 25 |
| 1.2.4 Problemas de los caminos o carreteras rurales. | 27 |
| 1.2.5 Elementos de una carretera rural | 28 |
| 1.2.6 Estructura de pavimento en caminos rurales. | 29 |
| 1.3 Antecedentes Referenciales..... | 30 |
| 1.3.1 Evaluación de la estructura de condición del pavimento..... | 30 |
| 1.3.2 Modelos SIG y SGP para la gestión de pavimentos. | 31 |
| 1.3.3 Modelos de fallas en caminos rurales..... | 32 |
| 1.3.4 Metodologías de diseño de pavimentos flexibles empírico-mecanicista. | 32 |
| 1.4 Antecedentes Contextuales..... | 34 |
| 2. CAPITULO 2 METODOLOGÍA..... | 35 |
| 2.1. Metodología de la Investigación..... | 36 |
| 2.2. Paradigma..... | 37 |
| 2.3. Enfoque | 37 |
| 2.4. Investigación teórica documental | 37 |
| 2.5. Población y Muestra..... | 38 |
| 2.5.1. Población | 38 |
| 2.5.2. Muestra..... | 38 |

| | | |
|----------|---|----|
| 2.6. | Diseño de la metodología de análisis..... | 39 |
| 2.6.1. | Primera Fase, Evaluación de la condición de la estructura vial del camino rural. 41 | |
| 2.6.1.1. | Fallas estructurales. | 41 |
| 2.6.1.2. | Impactos ambientales. | 46 |
| 2.6.1.3. | Índice de Condición de la Estructura Vial del Camino Rural (ICEVR) | 51 |
| 2.6.2. | Segunda Fase, Análisis de las condiciones del tipo de falla y niveles de severidad 56 | |
| 2.6.2.1. | Rehabilitación integral (RI) | 60 |
| 2.6.2.2. | Mantenimiento Rutinario (MR)..... | 60 |
| 2.6.2.3. | Mantenimiento Preventivo (MP) | 61 |
| 3. | CAPITULO 3 PROPUESTA | 62 |
| 3.1. | Título | 62 |
| 3.2. | Antecedentes de la propuesta | 62 |
| 3.3. | Justificación..... | 62 |
| 3.4. | Objetivos | 63 |
| 3.4.1. | Objetivo General | 63 |
| 3.4.2. | Objetivo Específico | 63 |
| 3.5. | Fundamento científico-técnico | 63 |
| 3.6. | Metodologías para la rehabilitación de estructuras viales que mejore las condiciones de las carreteras rurales. | 64 |
| 3.7. | Plan de mantenimiento vial para el camino rural (PMVCR)..... | 65 |
| 3.7.1. | Programa de rehabilitación integral..... | 66 |
| 3.7.1.1. | Ahuellamiento | 66 |
| 3.7.1.2. | Cruce de Quebradas..... | 70 |
| 3.7.1.3. | Cunetas sin Protección O Sin Cunetas..... | 72 |
| 3.7.1.4. | Deslaves de Talud..... | 74 |
| 3.7.1.5. | Drenaje Inadecuado | 74 |
| 3.7.2. | Programa de Mantenimiento Rutinario (MR)..... | 74 |
| 3.7.3. | Programa de Mantenimiento Preventivo (MP)..... | 76 |
| 4. | EL CAPITULO 4: DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 77 |
| 4.1. | INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS..... | 77 |
| | CONCLUSIONES | 82 |
| | RECOMENDACIONES | 84 |
| | REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA..... | 85 |
| | ANEXOS..... | 89 |
| | ANEXO: 1..... | 89 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura Nro. 1: Clasificación de Carreteras en función del tráfico..... | 24 |
| Figura Nro. 2: Clasificación de Carreteras en función de su importancia..... | 25 |
| Figura Nro. 3: Términos y usos para definir a los caminos rurales..... | 28 |
| Figura Nro. 4: Elementos de la sección transversal de las vías rurales..... | 29 |
| Figura Nro. 5: Estructura del pavimento de un camino rural..... | 30 |
| Figura Nro. 6: Rangos de condición del pavimento por el ASMT D-6433-07..... | 31 |
| Figura Nro. 7: Metodología empírico-mecanicista..... | 33 |
| Figura Nro. 8: Deformaciones críticas asociadas a modos de falla para diseño de pavimentos flexibles..... | 33 |
| Figura Nro. 9: Ubicación de la vía Chilla-Guanazan..... | 35 |
| Figura Nro. 10: Metodología de investigación..... | 36 |
| Figura Nro. 11: Diseño de la metodología de análisis para la rehabilitación vial..... | 40 |
| Figura Nro. 12: Ahuellamiento en la carretera Chilla-Guanazan..... | 42 |
| Figura Nro. 13: Baches en la carretera Chilla-Guanazan..... | 43 |
| Figura Nro. 14: Deslave de talud en la carretera Chilla-Guanazan..... | 44 |
| Figura Nro. 15: Deslave de la estructura en la carretera Chilla-Guanazan..... | 44 |
| Figura Nro. 16: Cuneta con protección en la carretera Chilla-Guanazan..... | 45 |
| Figura Nro. 17: Cuneta sin protección en la carretera Chilla-Guanazan..... | 46 |
| Figura Nro. 18: Afluentes de agua en la carretera Chilla-Guanazan..... | 47 |
| Figura Nro. 19: Fuertes cortes de talud en la carretera Chilla-Guanazan..... | 48 |
| Figura Nro. 20: Cruce de quebrada en la carretera Chilla-Guanazan..... | 48 |
| Figura Nro. 21: Alcantarilla sin mantenimiento en la carretera Chilla-Guanazan..... | 49 |
| Figura Nro. 22: Estructura de vía sin drenaje en la carretera Chilla-Guanazan..... | 50 |
| Figura Nro. 23: Carretera rural sin recubrimiento en la carretera Chilla-Guanazan..... | 50 |
| Figura Nro. 24: Numero del valor deductible según norma ASTM-D6433..... | 54 |
| Figura Nro. 25: Ajuste del valor deductible según norma ASTM-D6433..... | 54 |
| Figura Nro. 26: Clasificación del Índice de condición de la estructura de la vía..... | 55 |
| Figura Nro. 27: Niveles de clasificación del mantenimiento según la severidad..... | 56 |
| Figura Nro. 28: Herramienta SIG evaluación del camino rural Chilla-Guanazan..... | 57 |
| Figura Nro. 29: Metodología SIG-SGP evaluación de la condición de la estructura del camino rural..... | 65 |
| Figura Nro. 30: Ingreso de transito equivalente al software IMT PAVE 3.1..... | 68 |
| Figura Nro. 31: Espectros de carga de tránsito en software IMT PAVE 3.1..... | 68 |
| Figura Nro. 32: Análisis espectral y diseño de espesores en software IMT PAVE 3.1..... | 69 |
| Figura Nro. 33: Análisis de confiabilidad de espesores en software IMT PAVE 3.1..... | 69 |
| Figura Nro. 34: Diseño de la estructura vial en zonas con niveles de severidad altos..... | 70 |
| Figura Nro. 35: Ingreso de datos en sistema ingles programa Hydraflow..... | 71 |
| Figura Nro. 36: Diseño de alcantarilla en programa Hydraflow..... | 72 |
| Figura Nro. 37: Datos de la evaluación y sectorización metodología SIG..... | 78 |
| Figura Nro. 38: Tipos de fallas y niveles de severidad del camino rural Chilla-Guanazan..... | 79 |

| | |
|---|----|
| Figura Nro. 39: Fallas y niveles de severidad altos del camino rural Chilla-Guanazan. | 80 |
| Figura Nro. 40: Fallas y niveles de severidad medios del camino rural Chilla-Guanazan. | 80 |
| Figura Nro. 41: Fallas y niveles de severidad bajos del camino rural Chilla-Guanazan. | 81 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla Nro. 1: Velocidades de diseño de una carretera rural. | 26 |
| Tabla Nro. 2 : Características de la vía Chilla - Guanazan. | 35 |
| Tabla Nro. 3 : Fallas y niveles de severidad en la vía Chilla - Guanazan | 53 |
| Tabla Nro. 4 : Corrección del valor deducible CDV en la vía Chilla - Guanazan | 55 |
| Tabla Nro. 5 : Análisis de condiciones del tipo de falla, niveles de severidad y mantenimiento. | 59 |
| Tabla Nro. 6 : Tipos de falla que requieren rehabilitación integral. | 60 |
| Tabla Nro. 7 : Tipos de falla que requieren mantenimiento rutinario. | 60 |
| Tabla Nro. 8 : Tipos de falla que requieren mantenimiento preventivo. | 61 |
| Tabla Nro. 9 : Actividades del rehabilitación integral. | 66 |
| Tabla Nro. 10 : Valores de módulos resilientes de suelos con niveles de severidad A. | 67 |
| Tabla Nro. 11 : Ingreso de datos en sistema ingles programa Hydraflow | 70 |
| Tabla Nro. 12 : Actividades del mantenimiento rutinario. | 75 |
| Tabla Nro. 13 : Actividades del mantenimiento rutinario. | 76 |

INTRODUCCIÓN

Para lograr la rehabilitación de la estructura vial que mejore las condiciones de las carreteras rurales y sea satisfactorio para los usuarios, fue necesario realizar esta

investigación con el fin de aportar con soluciones y se obtuvo una metodología que ayuda con la rehabilitación de la estructura vial para carreteras rurales. La rehabilitación de la estructura vial tiene relevancia social y científica; vigencia, actualidad y significativo impacto en el conocimiento de la realidad socioeconómico de vías rurales.

Es evidente la necesidad de efectuar un mejoramiento a la vía rural tramo Chilla-Guanazan, por el deterioro de su estructura a las cuales no se les han realizado actividades de rehabilitación, y presentan gran cantidad de huecos, ondulaciones, baches, desgaste o terminación de la vida útil de su estructura, que causan trancones, accidentes y daños a los vehículos, afectando la productividad rural.

También permitió explicar otros aspectos de la realidad local, regional y nacional a los que se encuentra vinculado el problema, esto nos ayudara a desarrollar ideas de cómo se maneja la rehabilitación vial en el mundo y poner en practica esas experiencias en el ámbito local.

El problema que se dedujo de esta investigación fue la siguiente: **¿QUÉ TIPO DE REHABILITACIÓN DE LA ESTRUCTURA VIAL MEJORA LAS CONDICIONES DE LAS CARRETERAS RURALES EN EL CANTÓN CHILLA PROVINCIA DE EL ORO?**, entre las definiciones o conceptos se tienen la de Rehabilitación de estructura vial y vías Rurales. Esta investigación se basó en tres tipos de fuentes conocidas como primaria, secundaria y terciaria.

Las fuentes primarias fueron las entrevistas y encuestas, en las fuentes secundarias se utilizaron revistas científicas, tesis, ensayos, bibliografías y sitios webs, y la fuente terciaria se encargó de enlazar las fuentes primarias y secundarias con manuales, resúmenes, entre otros. Estas bases teóricas están relacionadas con el tema, problema, objetivos y objeto de investigación ya que se enlazaron a través de las variables independientes-dependientes.

Esta investigación se basó en tipos de rehabilitación vial que involucran las condiciones técnicas de una vía conjuntamente con los niveles de servicio de la misma. Entre las causas que originaron esta investigación fueron de poder detectar los tipos de problemas que sufren esta vía, la razón del deterioro y las causas que lo producen.

Entre los objetivos principales contamos con el siguiente:

Desarrollar y proponer una metodología para la rehabilitación de la estructura vial en carreteras rurales que mejore las condiciones del transporte de usuarios (caso de estudio camino rural Chilla-Guanazán ubicado en el cantón Chilla provincia de El Oro).

El universo y la muestra de esta investigación las definimos de la siguiente manera, como universo las características de una vía rural de montaña (Chilla-Guanazan, 24km), y como muestra está el tramo comprendido por 13km.

La conceptualización en cuanto a rehabilitación de la estructura vial se trata de utilizar las técnicas y actividades que nos permiten prever y solucionar los problemas que se presentan en la vía (Corporación Andina de Fomento, 2012).

Entre las hipótesis que nos planteamos fueron las siguientes: ¿La rehabilitación de la estructura vial en carreteras rurales permite tenerlas en buen estado?, ¿Qué estudios son necesarios para determinar la rehabilitación de la estructura vial en carreteras rurales?, ¿Cuáles son las características para la rehabilitación de la estructura vial en el tramo Chilla-Guanazan?, ¿Qué metodología de rehabilitación es necesario en relación a la condición técnica y niveles de servicio en las vías rurales?.

La conceptualización y operacionalización de variables nos llevó a definir las variables dependiente - independiente, que en el caso de la conceptualización de la variable dependiente “rehabilitación” se lo conceptualizó como las técnicas y actividades que nos permiten prever y solucionar los problemas que se presentan en la vía. La rehabilitación se usa distintas metodologías sin embargo se utilizó una metodología que garantice seguridad técnica, económica y ambiental. Mientras que la variable independiente “vías rurales” se lo conceptualizó como la función de coleccionar el tráfico de las zonas locales rurales, bajo el principio de predominio de la accesibilidad sobre la movilidad

Los métodos que fueron empleados en esta investigación son los siguientes:

Método de Campo: Se realizó directamente con la fuente de información, en lugar y en el tiempo en que ocurren los fenómenos. En este método se realizaron cuestionarios de entrevistas, encuestas y guía de observación, los mismos que fueron aplicados a las fuentes de información que son los funcionarios públicos, ciudadanos e investigador correspondientemente (López y Sandoval, 2015).

Método de Laboratorio: El propósito fundamental en los laboratorios es que los estudiantes entendieran perfectamente los conceptos que ahí se llevó a efecto a partir de la teoría expresada en el aula. Estos conceptos agrupados lógicamente en el sistema de enseñanza permiten que la conceptualización y su aplicación sean comprobados dentro de los laboratorios (Moreno et al., 2007).

Método Documental: Se definió como una serie de métodos y técnicas de búsqueda, procesamiento y almacenamiento de la información contenida en los documentos, en primera instancia, y la presentación sistemática, coherente y suficientemente

argumentada de nueva información en un documento científico, en segunda instancia. De este modo, no debe entenderse ni agotarse la investigación documental como la simple búsqueda de documentos relativos a un tema (Tancara, 2008).

Los resultados principales de esta investigación fueron de conseguir una metodología de rehabilitación vial de vías rurales, que será de apoyo para profesionales que trabajen en el ámbito vial, como así para las entidades gubernamentales.

Entre las conclusiones que obtuvimos resaltamos las siguientes:

- Se desarrolló y se propuso una metodología para la rehabilitación de la estructura vial en carreteras rurales que mejore las condiciones del transporte de usuarios (caso de estudio camino rural Chilla-Guanazán ubicado en el cantón Chilla provincia de El Oro). Esta investigación se fundamentó en estudios teóricos sobre la rehabilitación de la estructura vial en carreteras rurales y en la aplicación de la metodología de estudio de caso en la vía Chilla-Guanazán.
- Se revisaron artículos científicos, memorias técnicas y bibliográficas de importantes autores que presentan conceptos y criterios para desarrollar una metodología para la rehabilitación de la estructura vial en las carreteras rurales, entre ellos se destaca los criterios expuestos por Keller & Sherar (2004) que permiten identificar y conocer aquellos principios y prácticas para proteger la calidad del agua y el medio ambiente a los que se ven afectados la estructura vial de los caminos rurales, fusionado a los criterios de fallas estructurales del camino rural expuestos por Coria y Gutiérrez (2018), de las *“Teorías para calcular esfuerzo, deformaciones y deflexiones en pavimentos flexibles: un enfoque mecanicista”*; analizada y complementados esta información con modelo de herramientas SIG expuestos por Silva-Balaguera et al (2018) para la gestión de infraestructura vial del camino rural, para poder ser aplicada en condiciones de la norma ASTM D-6433-07, descritas expuestas por Elizondo, (2010).
- Se definieron métodos y técnicas de investigación más apropiadas que ayudaron a definir una metodología de análisis para la rehabilitación de la estructura vial del camino rural, para evaluar la condición de la estructura vial del camino rural representada con el índice de condición de la estructura vial del camino rural (ICEVR) propuesta metodológica basados en el índice de condición del pavimento aplicando la norma ASTM D-6433-07, con criterios de fallas estructurales y de impactos

ambientales que afectan a la estructura vial del camino rural, identificando así los puntos o sitios donde existe un nivel de afectación, categorizado en tres niveles de severidad, bajo, medio y alto, niveles de severidad de la estructura vial analizados por Elizondo (2010) en la curva de deterioro típica de condición de la vía, con el análisis de los niveles de severidad se logra establecer los factores de intervención para la rehabilitación de la estructura vial del camino rural definidos como (RI) Rehabilitación Integral, para los tramos considerados con un nivel de afectación alto, (MR) Mantenimiento Rutinario, para los tramos considerados con un nivel de afectación medio y (MP) Mantenimiento preventivo, para los tramos considerados con un nivel de afectación bajo.

- La metodología propuesta, fue aplicada a un estudio de caso en la vía Chilla – Guanazan, dando como resultado de la investigación que los tipos de fallas con niveles de severidad alto, destacan el ahuellamiento y cunetas sin protección o sin cunetas, para lo cual se requiere realizar una rehabilitación integral (RI), para las fallas con niveles de severidad medios, destacan también el ahuellamiento, cunetas sin protección o sin cunetas, baches y deslaves de talud, para lo cual se requiere realizar un mantenimiento rutinario (MR), finalmente las fallas con niveles de severidad bajos, destacan a cunetas con protección sin mantenimiento, baches, cunetas sin protección o sin cunetas y drenaje inadecuado, para lo cual se requiere realizar un mantenimiento preventivo (MP).
- Los resultados obtenidos de la propuesta metodológica aplicada a un estudio de caso como lo es la vía Chilla – Guanazan afianzaron los criterios expuestos logrando así verificar la hipótesis planteada.

De igual manera sugerimos las siguientes recomendaciones que utilizamos en esta investigación:

Se recomienda continuar con investigaciones relacionadas a la elaboración de propuestas metodológicas para la rehabilitación de estructuras viales que mejore las condiciones de las carreteras rurales, en los contextos descritos en este documento para que sea aplicado a otros caminos rurales.

- Se recomienda aplicar esta metodología de análisis para la rehabilitación de estructuras viales que mejore las condiciones de las carreteras rurales a otros casos de

- estudios con similares condiciones y realizar análisis comparativos de los resultados obtenidos con esta metodología con el fin a afianzar o mejorar los criterios expuestos.
- Difundir los conocimientos expuestos en la presente investigación para que estos sean puesto a consideración de los administradores viales como una herramienta útil de administración, planificación y aplicación para la rehabilitación de estructuras viales que mejore las condiciones de las carreteras rurales., para planificar y ejecutar actividades de mantenimiento preventivo, mantenimiento rutinario y rehabilitación integral.

La estructura de este trabajo está conformada por capítulos:

Capítulo 1. Marco teórico, Capítulo 2. Metodología, Capítulo 3. Propuestas y resultados, Capítulo 4. Discusión y resultados.

Objetivo General:

Desarrollar una metodología para la rehabilitación de la estructura vial en carreteras rurales que mejore las condiciones del transporte de usuarios (caso de estudio camino rural Chilla-Guanazán ubicado en el cantón Chilla provincia de El Oro).

Objetivos Específicos:

- Revisar referencias bibliográficas que ayuden a identificar los parámetros necesarios para desarrollar una metodología para la rehabilitación de la estructura vial en las carreteras rurales.
- Definir los métodos y técnicas de investigación que ayuden a caracterizar las condiciones de la estructura vial para desarrollar una metodología de rehabilitación de la estructura vial en carreteras rurales.
- Elaborar una metodología para la rehabilitación de la estructura vial que mejore las condiciones de las carreteras rurales (caso de estudio camino rural Chilla-Guanazán ubicado en el cantón Chilla provincia de El Oro)

CAPITULO 1 MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Históricos

1.1.1 Evolución de las carreteras

Desde los inicios de la civilización la construcción de las carreteras ha sido uno de los primeros signos de la civilización avanzada, conforme las poblaciones fueron creciendo la comunicación con otras regiones se tornó necesaria para hacer llegar suministros alimentarios o transportar a otros consumidores , de las carreteras aún existen las más antiguas que fueron construidas por el Imperio romano, la vía Apia comenzó a construirse alrededor del 312 a.C. y la vía Faminia hacia el 220 a.C. con una red de calzadas de cerca de ochenta mil kilómetros que unían la ciudad de Roma con provincias conquistadas (Fienco Jalca et al., 2017).

A mediados del siglo XIX, la Teoría de la Vialidad Universal expuesta por Cerda, explica como para él cada nuevo modo de locomoción determinaba otra forma de urbanización por lo que se puede interpretar a las ciudades como una especie de jeroglíficos que se pueden interpretar a partir del entendimiento de cada modo de comunicación sobre la ciudad a cada momento histórico, la adaptación de la ciudad al carruaje realizada por Cerda manifestaba una nueva ciudad para la sociedad del siglo XIX, con caminos con nuevos ensanches, eliminando puertas, fosas y murallas, era un nuevo tipo de ciudad, con la aparición del automóvil este proceso se repartiría un siglo más tarde(María et al., 2008).

Durante las tres primeras décadas del siglo XIX, dos ingenieros británicos, Thomas Telford y John Loudon McAdam, y un ingeniero de caminos francés Pierre-Marie-Jérôme Trésaguet, perfeccionaron los métodos y técnicas de construcción de carreteras que han venido en constante evolución para la era moderna, desde la construcción de zanjas empedradas hasta la aparición del sistema italiano de auto estradas que constituyó la primera red de autopistas construidas durante la década de 1920 como calzada con tres carriles individuales, la precursora de la carretera moderna. (Fienco Jalca et al., 2017).

1.1.2 Historia de los pavimentos

Los pavimentos urbanos datan desde las vías que construyó el Imperio Hitita en Asia, posteriormente en creta en los años (2.300 – 1.700 a.C.), como la aplicación de grandes losas de piedra asentadas sobre capas de arcilla, piedra y yeso, en Babilonia (600 a. C.),

en la Avda. Shabu, también se emplean losas de pavimentos, la base del firme consta de varias hiladas de bloques de terracota unidos por asfalto natural y como pavimento losas de piedra caliza achaflanadas en el interior, los técnicos romanos construyeron vías con grandes alineamientos utilizando distintos firmes en función de la categoría de la vía que se conocían tres, vías urbanas, caminos con firme y caminos de tierra (Rama Labrado, 2008).

A finales del siglo XVIII se inicia con una nueva visión tecnológica de los pavimentos urbanos por razones de higiene, mejora del transporte etc., con pavimentos adoquinados, mosaicos de piedra asentados sobre base de hormigón hidráulico de espesores de 20 a 30 cm, a principios del siglo XIX se comienzan a pavimentar calles utilizando alquitrán en riego, posteriormente en Estados Unidos se emplearon las mezclas a partir de rocas asfálticas y de asfaltos naturales (Rama Labrado, 2008).

En 1870, el químico Belga Edmund J. DeSmedt, produjo el primer y verdadero pavimento asfáltico que se utilizó en la pavimentación de lo que sería la primera carretera de pavimento asfáltico en Newark, New Jersey, Estados Unidos, también pavimento la Avda. Pensilvania en Washington D.C. cuyo pavimento logró perdurar hasta por once años, la primera patente fue registrada por Nathan B. Abbot, de Brooklyn, New York en 1871 (Asociación Mexicana del Asfalto, AMA, 2016)

1.1.3 Evolución de la metodología de diseño estructural de los pavimentos

Las metodologías de diseño de pavimentos flexibles son generalmente de carácter empírico o mecánico – empíricas., y son dos, los mecanismos principales de degradación de la estructura del pavimento que se intentan controlar, la fatiga y la deformación permanente, la fatiga se presenta cuando las capas ligadas de la capa de rodadura presentan altos valores de deformación a tracción en la zona inferior de la capa asfáltica y la deformación permanente es la deformación residual que se va acumulando debido al paso de los vehículos la cual puede generar fallas estructurales o funcionales en el pavimento (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2007).

Para el perfeccionamiento de los modelos de diseño estructural de pavimentos, se han desarrollado a través del tiempo un sin número de ensayos a los materiales utilizados en estructuras viales a nivel de laboratorio, en el año 1972 un apasionante investigador de

apellido Lister, analizo el comportamiento transitorio y a largo plazo de los pavimentos en relación con la temperatura en una pista de prueba circular de 33,6 m. de radio y 3,0 m. de ancho en la que utilizó diferentes tipos de ejes de carga con pesos similares en los aplicados en los pavimentos en servicio y determino que la deformación permanente se acumulaba en cada una de las capas de pavimento, la mayor parte de la deformación total se generó en la capa asfáltica y en la base granular en un ensayo de duro cuatro años (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2007).

Bonaquist, 1990, en su investigación denominada “Resumen de las pruebas de desempeño del pavimento utilizando la instalación de carga acelerada, 1986-1990”, reporto los resultados de un proyecto de investigación cuyas principales objetivos era evaluar la respuesta de diversas estructuras de pavimento sometidas a diferentes condiciones de carga y presión de llantas, aplicados en una pista de prueba aceleradas construidas entre 1986 y 1990 por la FHWA (Federal Highway Administration, USA), los ensayos fueron controlados 24 horas al día durante siete días a la semana, aplicadas a una estructura de pavimento compuesta de una capa de 2” de concreto asfáltico, 3” de base asfáltica y 5” de base granular a la que se aplicaron 11.600 lb, 14.100 lb y 16.400 lb distribuidas sobre dos llantas de igual radio y una segunda estructura que se construyó de 2” de concreto asfáltico, 5” de base asfáltica y 12” de base granular, la cual se aplicaron 16.400 lb, 19.000 lb y 22.500 lb distribuidas sobre dos llantas de igual radio, el estudio observó que el principal mecanismo de degradación fue el rompimiento de la capa asfáltica generadas por fatiga mientras que la mayor de formación permanente se generó en las capas granulares de base (Bonaquist, 1992).

La Asociación Estadounidense de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO) por sus siglas en Ingles, publicaron en el año 1993 la Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimento AASHTO-93, una metodología de diseño que complementaba a la de 1986, basado en la predicción de espesores bajo condiciones de un numero estructural afectado por el tráfico y al desenvolvimiento empírico de los materiales bajo criterios de nomogramas para aplicar ciertas modelos de módulos resiliente empíricos (AASHTO, 1993).

Para el año 2008, la Asociación Estadounidense de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte AASHTO, publicó el Manual de Prácticas Guía de Diseño de Pavimentos

Empírico- Mecanicista, en esta metodología aplica los criterios de fatiga y deformación permanente para el cálculo de los espesores de la estructura vial y estima la deformación que se presentara en un número determinado de años, la variable más significativa es el módulo resiliente de los materiales y en el pavimento el módulo dinámico (AASHTO, 2008).

En la región latinoamericana en países como México, a través del Instituto Mexicano del Transporte IMT, ha desarrollado una serie de documentos de análisis para el desarrollo del método de diseño de pavimentos empírico mecanicista (Coria Gutiérrez et al., 2018).

1.2 Antecedentes Conceptuales

1.2.1 Definición de carreteras

Una carretera según la legislación ecuatoriana es considerada como un área debidamente acondicionada para el paso de peatones, cabalgaduras o vehículos (MTOPE, 2002), compuesto de una estructura vial y una capa de rodadura que puede ser de pavimento flexible u hormigón, sobre el cual transitan todo tipo de vehículos entre personas y usuarios que necesitan trasladarse desde un lugar a otro, muchas de estas carreteras en la actualidad son de estructuras de hormigón y cada vez más se estudian nuevos materiales para modificar su estructura tornándola más resistentes e inteligentes (Llanos, 2017).

Las carreteras sirven para facilitar la movilidad en cualquier ciudad siendo necesario de disponer de vialidades rápidas (primarias) y para tener acceso es indispensable contar con vialidades lentas (locales), (Cal y Mayor & Cárdenas, 2019), dentro de la jerarquización del sistema funcional de las vías se han clasificado de la siguiente manera.

1. Expresas
2. Arteriales principales
3. Arteriales secundarias
4. Colectoras
5. Locales
6. Peatonales”

1.2.2 Clasificación de la infraestructura vial.

La Ley y el Reglamento Ley Sistema Infraestructura Vial del Transporte Terrestre del Ecuador en su Capítulo II, Clasificación de las vías, define las clases de vías en diferentes tipos, clasificadas por sus características, por su funcionalidad, por su dominio, por su uso, por su jurisdicción y competencia, por su tráfico promedio diario anual (TPDA), por su topografía de terreno, y por las normas establecidas por el ministerio rector que este caso el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (ANE, 2018a).

| CLASIFICACION DE CARRETERAS EN FUNCION DEL TRAFICO PROYECTADO | |
|---|---------------------------|
| Clase de Carretera | Tráfico Proyectado TPDA * |
| R-I o R-II | Más de 8.000 |
| I | De 3.000 a 8.000 |
| II | De 1.000 a 3.000 |
| III | De 300 a 1.000 |
| IV | De 100 a 300 |
| V | Menos de 100 |

* El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 o 20 años. Cuando el pronóstico de tráfico para el año 10 sobrepasa los 7.000 vehículos debe investigarse la posibilidad de construir una autopista. Para la determinación de la capacidad de una carretera, cuando se efectúa el diseño definitivo, debe usarse tráfico en vehículos equivalentes.

Figura Nro. 1: Clasificación de Carreteras en función del tráfico

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Publicas, MTOP, 2003)

Elaboración: Normas de diseño geométrico de carreteras - 2003

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas, como organismo rector del transporte y obras públicas en el Ecuador, publicó Las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras en el 2003, y utiliza al TPDA como una variable de diseño para pavimentos y clasificador de carreteras de acuerdo al tráfico, presenta dos cuadros el III-1 y III-2, en los cuales se puede clasificar una vía por su importancia de acuerdo al volumen de tráfico que transita por ella (MTOP, 2003).

| FUNCIÓN | CLASE DE CARRETERA (según MOP) | TPDA (1) (AÑO FINAL DE DISEÑO) |
|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| CORREDOR ARTERIAL | RI - RII (2) | >8000 |
| | I | 3000 – 8000 |
| COLECTORA | II | 1000 – 3000 |
| | III | 300 – 1000 |
| VECINAL | IV | 100 – 300 |
| | V | < 100 |

Notas:

(1) De acuerdo al nivel de servicio aceptable al final de la vida útil.

(2) RI - RII - Autopistas.

Figura Nro. 2: Clasificación de Carreteras en función de su importancia

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, MTOP, 2003)

Elaboración: Normas de diseño geométrico de carreteras – 2003

1.2.3 Caminos o carreteras rurales.

Los caminos o carreteras rurales son vías de bajo volumen de tránsito características de la red terciaria, por lo general se encuentran a cargo de las administraciones municipales o provinciales, también pueden darse en redes secundarias y primarias, por tratarse de vías de bajo volumen de tránsito 200 vehículos por día, para la selección de superficie de rodadura en la gran mayoría de las veces se aplican reglas simplistas como dejar la superficie de tierra si el tránsito es menor a 50 vehículos por día o superficies en grava denominadas afirmados (Campagnoli, 2017).

En el Ecuador el ministerio rector de las construcciones de carreteras es el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP), en el año 2003 publicó LAS NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS, en concordancia con las normas ASSHTO, que se encuentran vigentes hasta la presente fecha, estas normas clasifican a las carreteras en función del tráfico proyectado TPDA, (ver figura uno y dos), así caracteriza a una vía rural a aquellas vías que tengan un TPDA proyectado de entre 300 a 100 y de menos de cien vehículos, clasificándolas en tipo IV y V, la velocidad de diseño está en función del tipo de relieve sea este llano, ondulado o montañoso (MTOP, 2003),

| CATEGORÍA | TPDA | BÁSICA | | | | PERMISIBLE EN TRAMOS DIFÍCILES | | | | | | | |
|-----------|---------|--|----|---|----|--|----|---|----|--|----|---|----|
| | | RELIEVE LLANO | | | | RELIEVE ONDULADO | | | | RELIEVE MONTAÑOSO | | | |
| | | Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal | | Utilizado para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad | | Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal | | Utilizado para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad | | Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal | | Utilizado para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad | |
| | | Recomendado | | Absoluta | | Recomendado | | Absoluta | | Recomendado | | Absoluta | |
| IV | 100-300 | 80 | 60 | 80 | 60 | 60 | 35 | 50 | 35 | 50 | 25 | 50 | 25 |
| V | < 100 | 80 | 50 | 80 | 50 | 50 | 35 | 50 | 35 | 40 | 25 | 40 | 25 |

Tabla Nro. 1: Velocidades de diseño de una carretera rural.

Fuente: (MTO, 2003)

Elaboración: El Autor

Los caminos de bajo volumen de tránsito o caminos rurales, son muy utilizados para el acceso del agricultor al mercado, enlazan comunidades y son utilizados para explotaciones mineras y forestales, siendo parte necesaria de cualquier sistema de transportación que de servicio al público en zonas rurales, para mejorar el flujo de bienes y servicios, ayudan a desarrollar la salud pública y la educación como también el desarrollo del uso del suelo y de los recursos naturales a la administración pública (Keller & Sherar, 2004).

1.2.4 Problemas de los caminos o carreteras rurales.

Los caminos y las zonas afectadas pueden producir cantidades importantes de sedimentos y pueden construir uno de los más grandes impactos negativos sobre el medio ambiente local, la calidad del agua y la vida acuática, pueden inducir a erosiones significativas, crear barrancas, crear efectos en el agua subterránea, la fauna silvestre y la vegetación, afectar la estructura social, degradar los valores escénicos, desperdiciar los fondos limitados y hacer improductivas las tierras útiles (Keller & Sherar, 2004).

Las mejores prácticas de la administración corresponde aquellos principios y prácticas de ingeniería y diseño que permitan proteger la calidad del agua, así como la función del camino cuando se aplican adecuadamente con el fin de reducir o eliminar los impactos potenciales derivados de la operación de caminos y proteger la calidad del agua (Keller & Sherar, 2004).

Los objetivos de las mejores prácticas de administración de carreteras rurales según Keller & Sherar, 2004, se definen en:

- Producir un diseño de camino seguro, rentable, amigable con el ambiente y práctico que cuente con el apoyo de los usuarios y que satisface las necesidades de estos.
- Proteger la calidad del agua y reducir la acumulación de sedimentos en los cuerpos de agua.
- Evitar conflictos con el uso del suelo.
- Proteger las zonas cesibles y reducir los impactos en los ecosistemas.
- Mantener canales naturales y el flujo de arroyos naturales, y mantener el paso de organismos acuáticos.
- Minimizar las afectaciones del terreno y el canal de drenaje.
- Controlar el agua superficial sobre el camino y estabilizar la superficie de rodamiento de la base del camino.
- Controlar la erosión y proteger las áreas expuestas de suelo.
- Poner en práctica las medidas necesarias de estabilización de taludes y reducir el desprendimiento de materiales.
- Evitar las zonas problemáticas
- Impermeabilizar y alargar la vida útil del camino.

1.2.5 Elementos de una carretera rural

En la figura tres se puede observar las principales características que definen a un camino rural, se observan los elementos de la sección transversal identificando principalmente el derecho de vía, legislación ecuatoriana en el Reglamento a la Ley de Sistema de Infraestructura Vial del Transporte Terrestre, Art. 42, lo considera con un valor de 25m desde el eje de la vía hacia cada lado (ANE, 2018b).

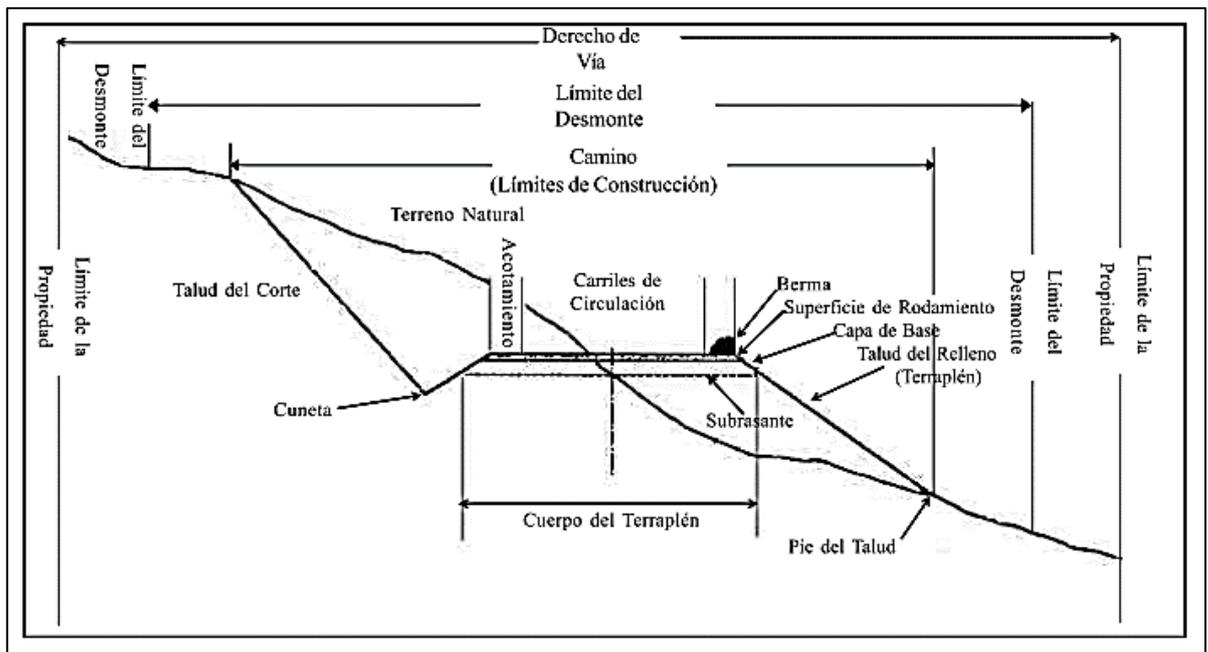


Figura Nro. 3: Términos y usos para definir a los caminos rurales.

Fuente: (Keller & Sherar, 2004)

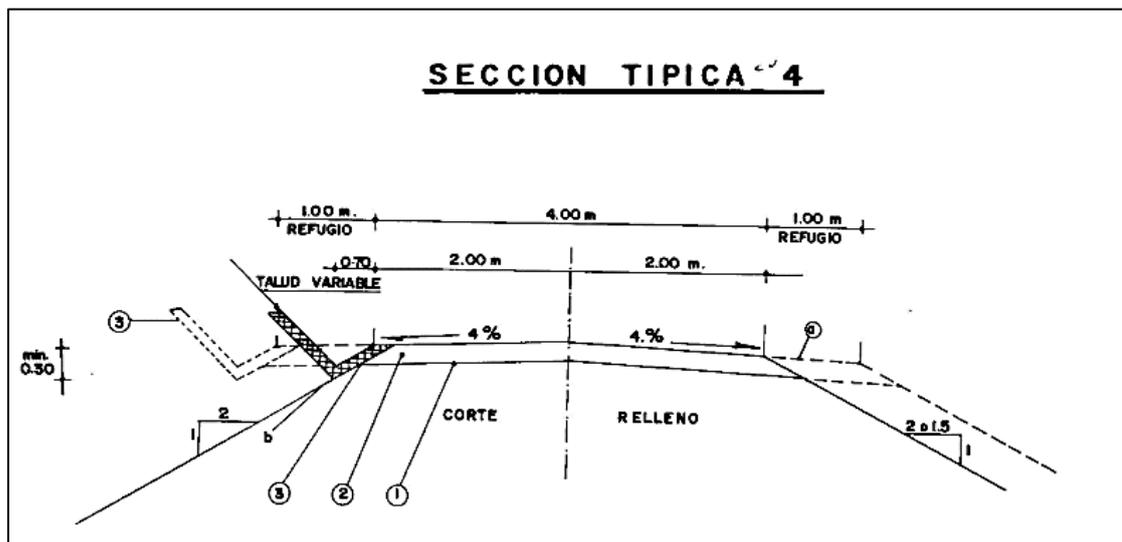
Elaboración: (Keller & Sherar, 2004)

Otro de los aspectos fundamentales de un camino rural es que, es un camino de bajo orden y tránsito, las carreteras rurales en la provincia de El Oro se subdividen en dos tipos, las carreteras rurales del litoral y las carreteras rurales del altiplano.

Las carreteras rurales del litoral se consideran aquellas carreteras cuyas pendientes longitudinales son prácticamente planas, muchas de estas carreteras de la provincia de El Oro, conectan las zonas agrícolas del cultivo de banano con las vías colectoras para el transporte de la mercadería en cajas de banano hasta los puertos principales del país, otras conectan con fincas y huertos frutales de los empresarios y comunidades agrícolas que

sacan sus productos frescos a los mercados los fines de semana, muchas de estas carreteras solo se encuentran construidas con material de préstamo importado de río, no tienen mayor afectación a condiciones de humedad.

Las carreteras rurales del altiplano con consideradas carreteras de montaña, la mayoría de vehículos que circulan por estas carreteras son de carga ligera, camionetas y camiones de hasta 2 o 3 toneladas, conectan comunidades a lo largo de su recorrido hasta conecta con una vía colectora, ayuda al transporte de personas, mercadería agrícola de zonas de cultivo como el café y azúcar, legumbres y hortalizas, además del mercado de venta de animales comestibles entre aves y cerdos, el organismo encargado de atender el sistema vial rural es el Gobierno Autónomo Provincial de El Oro.



- Leyenda:**
- 1 - Superficie de Subrasante compactada.
 - 2 - Sub Base (Espesor variable)
 - 3 - Cuneta Revestida (Empedrada)

Figura Nro. 4: Elementos de la sección transversal de las vías rurales

Fuente: (MTO, 2003)

Elaboración: (MTO, 2003)

1.2.6 Estructura de pavimento en caminos rurales.

El departamento de transporte de los Estados Unidos en mayo del 2006, publicó los aspectos geotécnicos de las estructuras de pavimento compuestas especialmente por una

capa de rodadura, una capa de base, una capa de sub-base y la Subrasante (Federal Highway Administration, FHWA, 2006).

Es conocido que las carreteras y caminos en la mayoría de los sectores rurales está constituida como una carretera del tipo IV y V según las especificaciones del MTOP por bajo nivel de transito siendo está conformada por únicamente una capa de sub-base y de ser necesario cunetas revestidas empedradas.

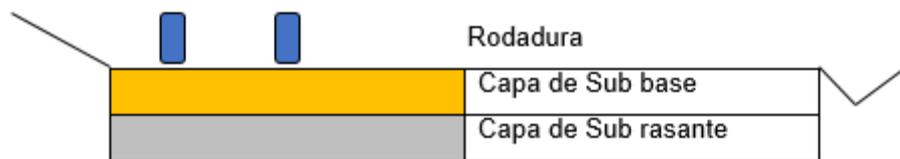


Figura Nro. 5: Estructura del pavimento de un camino rural

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

1.3 Antecedentes Referenciales

1.3.1 Evaluación de la estructura de condición del pavimento

Al igual que las maquinas las estructuras de pavimento necesitan de un mantenimiento preventivo y periódico durante su vida útil que mejora las condiciones de servicio y de calidad (Elizondo, 2010), una de las formas ya desarrolladas para determinar la condición estructural de la vía es el índice de condición de pavimento ICP, desarrollado a partir de la norma ASTM D 6433, que evalúa la condición del pavimento partir de fallas y deterioros observados en su estructura (ASTM- D 6433-07, 2007)

Esta evaluación es efectuada de manera visual y con ayuda de equipos de medición en el caso de la verificación de fallas en la estructura, asignado niveles de severidad cuando más profundo sean los daños y a partir de la evaluación de las fallas observadas se calcula y estima un porcentaje de la condición estructural de la vía denominada índice de condición del pavimento ICP, según el porcentaje asignado la norma ha establecido una tabla de valores para determinar el nivel de condición del pavimento (ASTM- D 6433-07, 2007).

Esta condición es evaluada con 19 tipos de fallas en pavimentos flexibles y 19 tipos de fallas en los pavimentos rígidos, las fallas a evaluar se concentran en los dos criterios fundamentales para el diseño de pavimento, el criterio de falla por fatiga y el criterio de falla por deformación permanente o ahuellamiento (AASHTO, 2008).

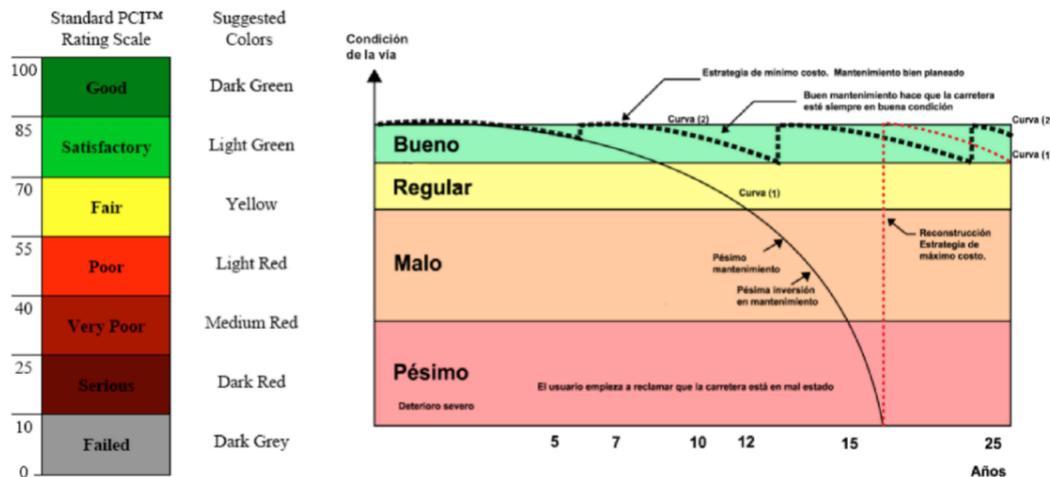


Figura Nro. 6: Rangos de condición del pavimento por el ASMT D-6433-07

Fuente: (Elizondo, 2010)

Elaboración: (Elizondo, 2010)

1.3.2 Modelos SIG y SGP para la gestión de pavimentos.

Para el desarrollo de la evaluación de la condición del pavimento en los últimos años se han desarrollado nuevas formas de efectuar el control y la planificación de proyectos, una de estas formas está basada en métodos de sistema de información geográfica SIG, el modelo o sistema de datos georreferenciado permite el ingreso y procesamiento de datos de información acerca de parámetros de evaluación de pavimento (Silva-Balaguera et al., 2018).

Para el caso de los modelos de sistemas de gestión de pavimento SGP, se enfocan principalmente en dos niveles, nivel de red y nivel de proyecto, los SGP analizan el tránsito promedio diario anual, el análisis del TPDA y el impacto que este provoca en los pavimentos, es decir principalmente en los parámetros que inciden en el pavimento (Silva-Balaguera et al., 2018), siendo estos:

- a) Tránsito (Vehículos)

- b) Condición estructural (deflexión, módulo resiliente, estructuras de capas)
- c) Condición Superficial del pavimento (regularidad, fricción, auscultamiento)

1.3.3 Modelos de fallas en caminos rurales.

Como es conocido, los caminos, carreteras o vías rurales están constituidas únicamente por una capa de material granular y no cuenta con una estructura soporte de rodamiento, en estas condiciones de tránsito las fallas que se generan por el criterio a la fatiga se ven reducidas a cero, es decir en caminos rurales solo encontraremos fallas en las capa granulares atribuidas específicamente al criterio de deformación permanente y a otros factores que inciden en la estructura del pavimento como el agua y los agentes ambientales.

Los modelos para predecir el ahuellamiento son factores que influyen en el desarrollo de deformaciones plásticas en las estructuras de pavimento principalmente en las propiedades de los materiales (ej. Módulo resiliente), la estructura de un pavimento sujeta a cargas repetitivas de tránsito desarrolla deformaciones verticales que resulta posteriormente en deformaciones permanentes (Leiva et al., 2017).

El AASTHO en el año 2008, publicó un nuevo método de diseño para estructura de pavimento denominado Guía de diseño de pavimentos empírico mecanicista (AASHTO, 2008), otras instituciones latinoamericanas han evolucionado en el desarrollo de software que aporten al cálculo y diseño de estructuras de pavimento, uno de esos programas de desarrollo lo ha efectuado el Instituto Mexicano del Transporte que en el año 2018 ha publicado las teorías para calcular esfuerzos, deformaciones y deflexiones en pavimentos flexibles con un enfoque mecanicista (Coria Gutiérrez et al., 2018).

1.3.4 Metodologías de diseño de pavimentos flexibles empírico-mecanicista.

La metodología general de diseño de pavimentos aceptada internacionalmente asume que los materiales utilizados en la estructura del pavimento son conocidos con anticipación y solo sus espesores están sujetos a iteraciones de diseño, cuando los espesores propuestos no soportan el tránsito durante la vida útil esperada, entonces será necesario cambiar los tipos y propiedades de los materiales a utilizar (Coria Gutiérrez et al., 2018).

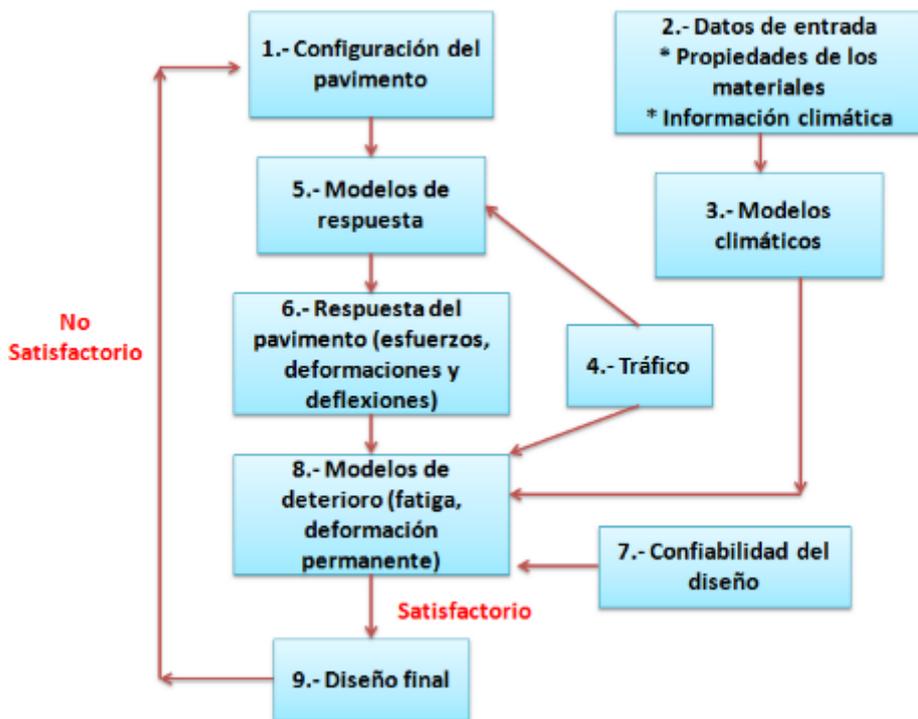


Figura Nro. 7: Metodología empírico-mecanicista

Fuente: (Coria Gutiérrez et al., 2018)

Elaboración: (Coria Gutiérrez et al., 2018)

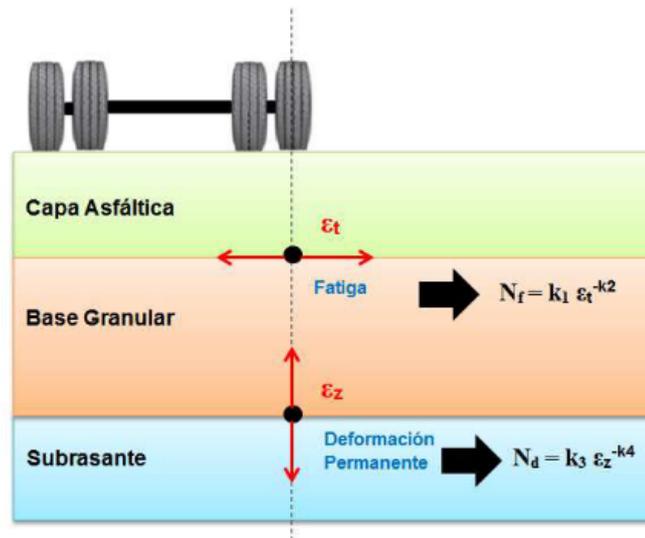


Figura Nro. 8: Deformaciones críticas asociadas a modos de falla para diseño de pavimentos flexibles.

Fuente: (Coria Gutiérrez et al., 2018)

Elaboración: (Coria Gutiérrez et al., 2018)

La deformación a compresión arriba de la capa subrasante asociada a la deformación permanente o rodadura plástica en la superficie del pavimento debe ser menor a la

deformación a compresión admisible con el fin de controlar la deformación de las capas no estabilizadas granulares ante sollicitaciones de carga esa deformación es conocida como:

$$\epsilon_z < \epsilon_z \text{ admisible} \quad \text{Ecuación 1}$$

Las consideraciones a tener en cuenta durante la aplicación de esta metodología es la siguiente:

- a) Configuración del pavimento. El primer paso implica la suposición inicial del pavimento o geometría del mismo que incluye el número de capas, su espesor y el tipo de materiales a utilizar.
- b) Caracterización de los materiales. Las características elásticas de los materiales que conforman las capas de pavimento son sus módulos elásticos y sus relaciones de Poisson.
- c) Modelos climáticos.
- d) Condiciones de tránsito. El tránsito debe subdividirse en un cierto número de grupos, cada uno con diferentes configuraciones, pesos y número de repeticiones (espectros de carga).
- e) Modelos estructurales y de respuesta del pavimento. En este punto se calculan las respuestas en el interior del pavimento, dichas respuestas forman el campo de esfuerzos deformaciones y deflexiones en el pavimento.
- f) Análisis de confiabilidad. Debido a las condiciones y características de los materiales deben efectuarse análisis de confiabilidad del proyecto con métodos de tipo determinístico o probabilístico.
- g) Modelos de deterioro. Los modelos de deterioro son funciones de transferencia que relaciona la respuesta estructural de un sistema con varios tipos de deterioro.
- h) Diseño final. El diseño final consisten en comparar el número de repeticiones esperadas de tránsito durante el periodo de diseño del pavimento con el número de repeticiones permisibles en las capas granulares el diseño.

1.4 Antecedentes Contextuales

Para la elaboración y desarrollo de este trabajo se desarrolló como un caso de estudio la vía Chilla – Guanazan en la provincia de El Oro, es un camino de cuarto orden.

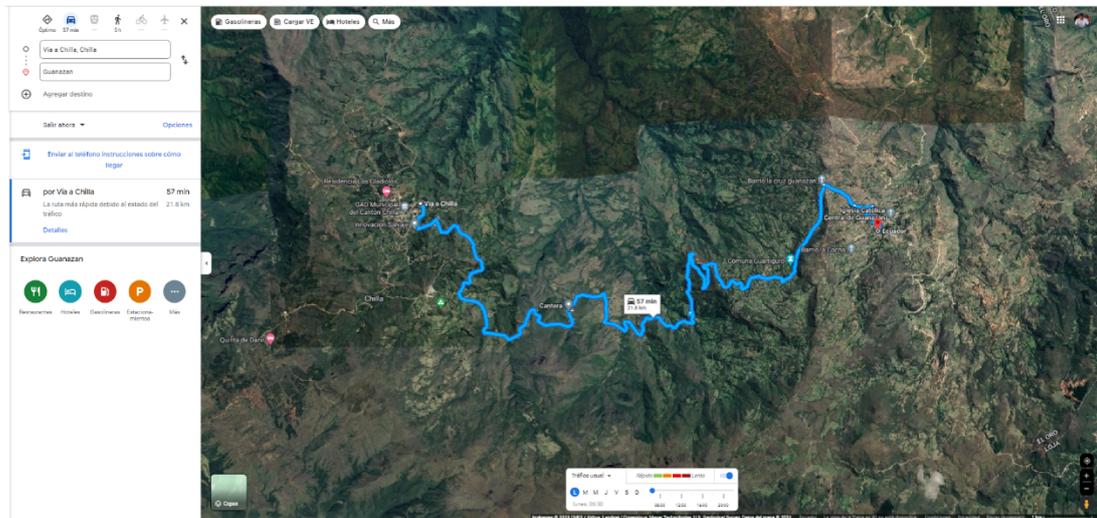


Figura Nro. 9: Ubicación de la vía Chilla-Guanazan

Fuente: Google Mapas

Elaboración: El Autor

Características de la vía:

| CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICA DE LA VÍA RURAL, CHILLA-GUANAZÁN | | |
|---|-----------|----------|
| DESIGNACIÓN | | |
| LONGITUD DE TRAMO DE IGUALES CARACTERÍSTICAS | 24,1 | Km |
| VELOCIDAD DE DISEÑO | 25 | Km/h |
| VELOCIDAD DE DISEÑO EN INTERSECCIONES | 25 | Km/h |
| PENDIENTE TRANSVERSAL | 2% | % |
| NRO. DE CARRILES | 2 | u |
| CARRIL DE SEGURIDAD | 0 | u |
| ANCHO DE CARRILES | 3 | m |
| ANCHO DE ESPALDÓN | 0,5 | m |
| TIPO DE TERRENO | Montañoso | m |
| ELEVACIÓN INICIO | 2378 | m.s.n.m. |
| ELEVACIÓN FINAL | 2613 | m.s.n.m. |
| % Max-promedio | 8,6 % | |

Tabla Nro. 2 : Características de la vía Chilla - Guanazan

Fuente: Google Mapas

Elaboración: El Autor

CAPITULO 2 METODOLOGÍA

2.1. Metodología de la Investigación

Uno de los procedimientos más desarrollados para la investigación de proyectos de ingeniería es la investigación empírica práctica, donde se realizan estudios exploratorios mediante análisis documental-cualitativo y cuantitativo para el estudio que se desarrolla y parte de analizar una problemática que requiere solución (Muñoz, 2011).

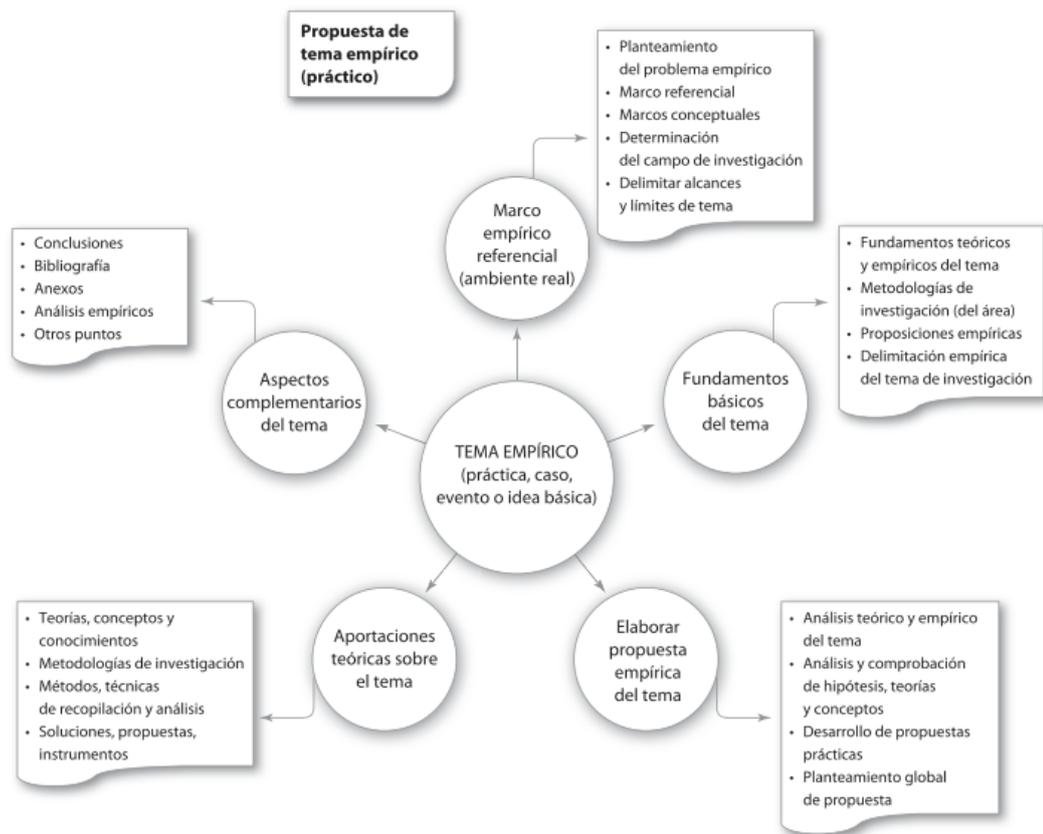


Figura Nro. 10: Metodología de investigación.

Fuente: (Muñoz, 2011)

Elaboración: (Muñoz, 2011)

En las investigaciones empíricas, el evento que se estudia se examina directamente en el ambiente natural donde existe el problema, desde el punto de vista científico se analiza sus características, comportamientos y todos aquellos aspectos que inciden directamente en la problemática que se investiga (Muñoz, 2011).

Para el caso de estudio que se plantea en este trabajo, lo que se trata de desarrollar es una metodología para la rehabilitación de estructuras viales que mejore las condiciones de las carreteras rurales, se plantea como caso de estudio la vía Chilla – Guanazan en la

provincia de El Oro, es en el trayecto de esta vía donde se aplicaran los métodos de investigación empírica práctica, usando el diseño y recopilación de la información a base de entrevistas, observaciones, cuestionarios, encuestas y experimentación del sitio de estudio, una vez que se analizado los modelos teóricos que nos permiten desarrollar los objetivos planteados.

2.2. Paradigma

Son tres los factores importantes que permiten al investigador aclarar cuál de ellos se posesiona como paradigma de su investigación el positivismo, la teoría crítica y el constructivismo (Ramos, 2015), de ellos el que más se asemeja al tipo de estudio que se plantea es el positivismo, ya que el paradigma de este tipo de los modelos cuantitativos, empírico-analítico, racionalista, sistemático gerencial y científico tecnológico, por lo tanto el paradigma positivista sustentará a la investigación que tenga como objetivos comprobar una hipótesis.

Para este caso de estudio el paradigma positivista se enfoca al desarrollo de modelos empíricos de cálculo que aporten a la rehabilitación de la estructura vial de caminos rurales, fusionados con los métodos tecnológicos del SIG.

2.3. Enfoque

El trabajo de titulación tiene un enfoque mixto, el producto contiene un enfoque cuantitativo porque tiene datos estadísticos, tablas, encuestas, entrevistas y observaciones correspondientemente a la naturaleza de la problemática que se estudia.

2.4. Investigación teórica documental

El proceso teórico del presente proyecto de investigación fue fundamentado en dos aspectos fundamentales que aportan al desarrollo de los objetivos, efectuar la revisión bibliográfica y de artículos científicos de interés de los modelos que han sido desarrollados en los últimos años para el mantenimiento y rehabilitación de estructuras viales.

Como uno de los objetivos de la investigación es el desarrollar una metodología que aporte a la rehabilitación de la estructura vial de caminos rurales, es esencial conocer y evaluar las condiciones actuales del camino rural Chilla – Guanazan, durante la

evaluación se elaboran encuestas y observaciones de las condiciones de la vía enfocados a las afectaciones producidas por el agua y los impactos ambientales como el polvo.

Para el caso de la evaluación de la estructura del pavimento se aplica el modelo de análisis de diseño de estructura vial empírico mecanicista desarrollado por el Instituto Mexicano de Transporte y para el caso de la evaluación de las condiciones de la estructura vial y los aspectos ambientales se han desarrollado formatos de encuestas y observaciones.

2.5. Población y Muestra

En la determinación de la población y muestra se aplican criterios de estadística inferencial y no es más que métodos que se emplean para determinar la propiedad de una población a partir de una muestra de ella, la población se refiere al conjunto de datos o al universo sobre el cual se desea estudiar mientras que la muestra es un conjunto de datos de ese universo que contiene las mismas propiedades (Lind et al., 2014).

2.5.1. Población

La población es el conjunto de medidas o interés que se obtiene a partir de todos los datos objetos de estudio, con el objetivo de inferir sobre esa población lo normal es que se extraiga de ella una muestra (Lind et al., 2014).

Para el caso que se estudia la población o universo comprende las condiciones actuales en que se encuentra la estructura del pavimento de la vía Chilla - Guanazan en una longitud de 24.1 km que una las cabeceras de estas localidades.

2.5.2. Muestra

La muestra es una porción del universo que se estudia y que tiene iguales condiciones y características de lo que se persigue estudiar (Lind et al., 2014).

Para la obtención de la muestra aplicaremos la fórmula estadística sustentada por (Hernández et al., 2014), asumiendo el nivel de confianza para este tipo de investigaciones puede variar del 90% al 99%. Donde:

$$n = \frac{Z^2 pq N}{E^2(N-1) + Z^2 pq} \quad \text{Ecuación 2}$$

- n es el tamaño de la muestra
- Z es el nivel de confianza 90%= 1.64
- p es la probabilidad de éxito 60%/100= 0.6
- q es la probabilidad de fracaso 40%/100 = 0.4
- E es el nivel de error 10%/100 = 0.10
- N es el tamaño de la población = 24,1 km.

Arrojando como resultado:

$$n = 12,97 \text{ Km.}$$

Se asume una longitud para el análisis de 13 km.

2.6. Diseño de la metodología de análisis.

Para el desarrollo de la metodología de análisis que se pretende estudiar en el estudio de caso se ha elaborado un diagrama que muestra cómo se pretende desarrollar la investigación, el mismo que consta de dos fases, la primera etapa es la evaluación de las condiciones de la estructura vial del camino rural con sus niveles de severidad adaptado a un formato y encuestas de observación lo que se pretende en esta primera etapa es conocer las condiciones actuales del pavimento bajo dos criterios fundamentales, la estructura vial y los impactos ambientales que afectan esta estructura, para la segunda etapa se efectúa un análisis de las condiciones del tipo de falla y niveles de severidad para el desarrollo de un plan de mantenimiento vial para el camino rural (PMVCR), tomando en consideración las evaluaciones efectuadas.

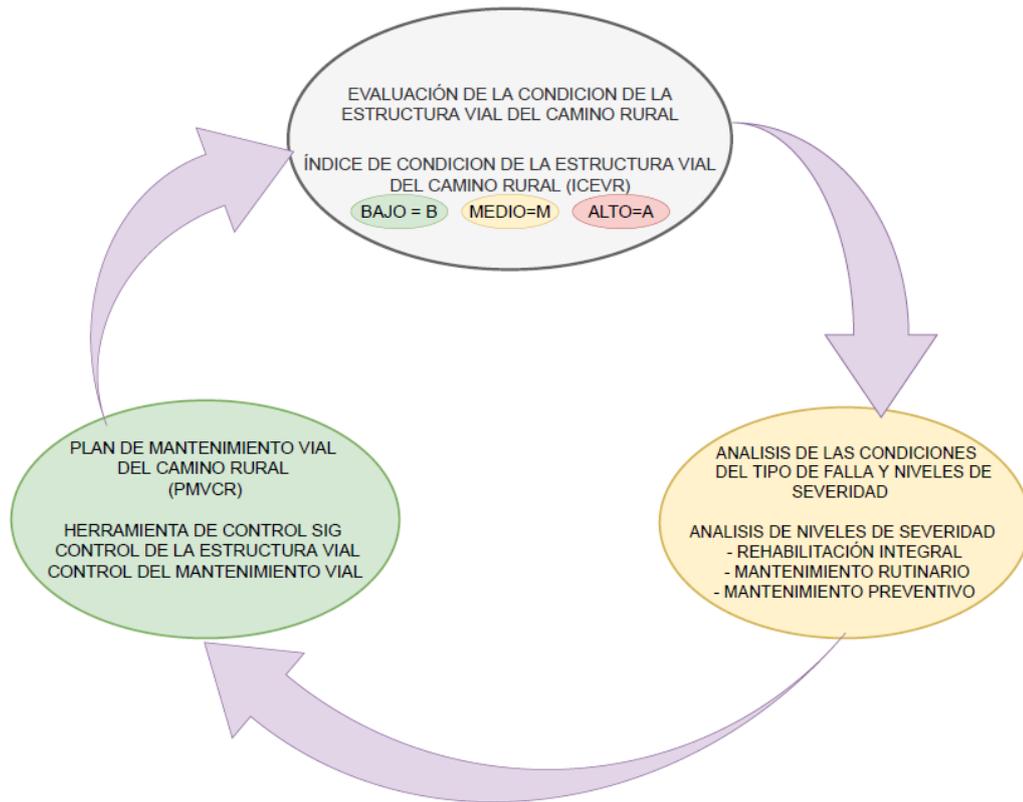


Figura Nro. 11: Diseño de la metodología de análisis para la rehabilitación vial.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

En la segunda etapa con el apoyo de herramientas de análisis SIG, como lo es la aplicación de Google Earth Pro y Google Maps, se procede a la ubicación georreferenciado de la vía, así como la identificación de las fallas según su tipo y por categoría ya sea esta por fallas estructurales de la vía o de impacto ambiental (Silva-Balaguera et al., 2018), para cada tipo de falla se asigna un nivel de severidad ya sea este bajo, medio o alto.

Identificado los niveles de severidad en la vía se logra identificar los tramos de la estructura vial que necesitan ser rehabilitada en el caso de las fallas estructurales o donde es necesario dar mantenimiento en el caso de falla generadas por los impactos ambientales.

Posteriormente a las actividades de rehabilitación y mantenimiento vial, se procede a efectuar una nueva evaluación de la estructura y el índice de condición de la estructura vial rural rehabilitada (ICEVRR) debe ser al menos igual o menor al índice de condición

de la estructura vial rural antes de la rehabilitación (ICEVR), con todo este proceso metodológico se logra efectuar un control y seguimiento de las actividades que ayuden a la rehabilitación de estructuras viales que mejore las condiciones de las carreteras rurales, como lo es el caso de la vía Chilla – Guanzan.

2.6.1. Primera Fase, Evaluación de la condición de la estructura vial del camino rural.

Para la evaluación de la estructura del camino rural, se efectúa previamente un proceso de levantamiento de la información de tráfico y clasificación de la vía como camino rural según se indican en las normas del MTOP, posteriormente se definen los límites de la camino el inicio y le fin, para este proceso se ha adaptado un formulario de igual similitud al empleado en la norma ASTM-D6433-07, para el levantamiento de la información, como si fuese un pavimento flexible con la única diferencia que en el camino rural no posee capa de rodadura, consecuentemente no existen fallas causadas por fatiga, únicamente fallas estructurales atribuidas a la deformación permanente y las atribuidas a los impactos ambientales.

2.6.1.1. Fallas estructurales.

Como ya se ha estudiado en el capítulo primero, el modelo de falla de una estructura básicamente se le atribuye a dos causas y que son provocadas por el paso repetitivo de vehículos, las fallas generadas en la superficie del pavimento provocadas por la fatiga que únicamente afectan a la capa de rodadura como lo es la mezcla asfáltica y la deformación permanente que actúa en las capas del material granular como la base, sub base, mejoramiento y subrasante, las fallas estructurales a las que se pueden ver afectadas por la deformación plástica en un camino rural son:

- 1 AHUELLAMIENTO
- 2 BACHES
- 3 DESLAVES DE TALUD
- 4 DESLAVES DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO
- 5 CUNETAS CON PROTECCIÓN SIN MANTENIMIENTO
- 6 CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS

Ahuellamiento

El ahuellamiento son deformaciones plásticas generadas en la estructura granular que con el paso repetitivo del tráfico que genera deformaciones permanentes de la huella de las llantas (Leiva et al., 2017), en el camino rural este tipo de deformaciones son muy comunes por cuanto también se ven influenciadas por las características del material soporte y la presencia de agua (Keller & Sherar, 2004).



Figura Nro. 12: Ahuellamiento en la carretera Chilla-Guanazan.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Baches

Los baches, no son más que pequeños hundimientos a manera de orificios en la superficie de la estructura del camino sin embargo con el paso de los vehículos estos hundimientos van agrandándose cada vez más hasta provocar un desprendimiento considerable de la estructura soporte de la superficie que puede causar daños a las suspensiones de los vehículos y malestar al usuario (Keller & Sherar, 2004).



Figura Nro. 13: Baches en la carretera Chilla-Guanazan.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Deslaves de talud

Los deslaves de talud se atribuyen al riesgo de falla de un talud que descarga sedimentos productos de la erosión de las rocas generadas por movimientos telúricos, por el viento, por la lluvia, por los altos cortes de las laderas y por la falta de reforestación, estos sedimentos tienen un gran impacto en la estructura de la vía, cuando existe una falla de este tipo en el camino rural provoca erosión de la capa granular de rodadura en el camino rural, también suele causar el taponamiento de las cunetas y generar embalse de agua que afecta a la estructura de la vía (Keller & Sherar, 2004).



Figura Nro. 14: Deslave de talud en la carretera Chilla-Guanazan.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Deslaves de estructura de pavimento



Figura Nro. 15: Deslave de la estructura en la carretera Chilla-Guanazan.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Es causado directamente por la erosión de la superficie del camino, muchos de estos problemas son geológicos y por la falta de control del agua en épocas de lluvias la erosión generada por el agua en zonas como quebradas y vertientes provoca la inestabilidad de la mesa donde se asienta la estructura del camino rural (Keller & Sherar, 2004)

Cunetas con protección sin mantenimiento

Una cuneta con protección de enrocado ayuda evacuar las agua de las quebradas o vertientes con gran facilidad sin causar daños a la estructura de la vía cuando están limpias y con un mantenimiento adecuado.



Figura Nro. 16: Cuneta con protección en la carretera Chilla-Guanazan.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Cunetas sin protección o sin cunetas

Una carretera o camino rural sin protección de las cunetas suele provocar un incremento de la humedad natural de la estructura vial consecuentemente con el paso de los vehículos en esa zona van a general hundimiento y el colapso de la superficie y la estructura vial.



Figura Nro. 17: Cuneta sin protección en la carretera Chilla-Guanazan.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

2.6.1.2. Impactos ambientales.

Los caminos rurales de bajo volumen de tránsito, si bien son importantes para enlazar las comunidades y usados para la explotación minera, forestal y agrícola, al mismo tiempo pueden producir cantidades importantes de sedimentos y constituir uno de los más grandes impactos negativos sobre el medio ambiente local, la calidad del agua y la vida acuática, pueden inducir erosiones significativas, crear barrancas, causar efectos en el agua subterránea, la fauna silvestre y la vegetación, afectar la estructura social, degradar los valores escénicos, tener fondos limitados y hacer improductivas las tierras útiles, si

no se controlan estos impactos (Keller & Sherar, 2004), los impactos más sobresalientes en la estructura del camino son:

- 7 AFLUENTES DE AGUA
- 8 FUERTES CORTES DE TALUD
- 9 CRUCE DE QUEBRADAS
- 10 ALCANTARILLAS SIN MANTENIMIENTO
- 11 DRENAJE INADECUADO
- 12 GENERACIÓN DE POLVO
- 13 PASO DE ANIMALES
- 14 EROSIÓN

Afluentes de agua

Cuando los afluentes de agua no se controlan con obras hidráulicas, estos pueden llegar a provocar la erosión de la estructura de la vía hasta desaparecerla e interrumpir el paso de vehículos y paralizar el transporte, afectar también la calidad del agua en los ríos (Keller & Sherar, 2004).



Figura Nro. 18: Afluentes de agua en la carretera Chilla-Guanazan.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Fuertes cortes de talud

Los caminos con problemas debido a este tipo de fallas, generan problemas de inestabilidad ocasionan retrasos en los usuarios del camino y altos costos de mantenimiento y reparación (Keller & Sherar, 2004).



Figura Nro. 19: Fuertes cortes de talud en la carretera Chilla-Guanazan.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Cruce de quebradas

Lo constituyen el paso de ríos o quebradas sobre la estructura de la vía, tiene un fuerte impacto ambiental sobre la calidad del agua.



Figura Nro. 20: Cruce de quebrada en la carretera Chilla-Guanazan.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Alcantarillas sin mantenimiento

Son atribuidas al paso de agua en alcantarillas generalmente sin dar el mantenimiento respectivo de los sedimentos, muchas de estas obras sin mantenimiento permanecen tapadas o con un cauce mínimo de servicio que en épocas de invierno no soportan el cruce de las aguas para las que fueron diseñadas.



Figura Nro. 21: Alcantarilla sin mantenimiento en la carretera Chilla-Guanazan.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Drenaje inadecuado

El drenaje inadecuado se atribuye a la falta de obra hidráulicas en caminos rurales de montaña muchas de estas obras son necesarias, pero desde el punto de vista de la administración pasan desapercibidas como las cunetas de coronación, alcantarillas, revestimiento de cunetas, etc.



Figura Nro. 22: Estructura de vía sin drenaje en la carretera Chilla-Guanazan.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Generación de polvo



Figura Nro. 23: Carretera rural sin recubrimiento en la carretera Chilla-Guanazan.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

La generación de polvo en carreteras rurales en épocas de calor afecta a las comunidades y al entorno, así como también a las zonas de cultivo, la presencia de polvo en el ambiente puede llegar a generar enfermedades respiratorias en las comunidades y en las plantaciones la pérdida de los cultivos de ahí es indispensable mitigar este efecto nocivo en la estructura vial del camino rural (Keller & Sherar, 2004).

Paso de animales

El paso de animales son estructuras utilizadas para que las especies de la zona puedan circular libremente en su entorno sin la necesidad de enfrentarse a un posible encuentro con el automóvil permitiendo que los animales se desplacen con seguridad en ambos lados del camino (Keller & Sherar, 2004)

Erosión

Estas actividades se dan en los márgenes de arroyos y los trabajos de reforestación con especies nativas del sector con viveros locales que aporten con el tipo adecuado de plantas de rápido crecimiento (Keller & Sherar, 2004).

2.6.1.3. Índice de Condición de la Estructura Vial del Camino Rural (ICEVR)

El Índice de Condición de la Estructura Vial del Camino Rural (ICEVR), es una adaptación del índice de condición del pavimento de la norma ASTM D 6433-07, la metodología del cálculo y levantamiento de la información es la misma, los únicos cambios se dan en la nomenclatura y tipo de fallas que se abordaron en numeral anterior y la asignación de los valores deductibles, como el camino rural carece de una capa de rodadura y los valores deductibles que van de 0 a 100 en pavimentos con carpeta asfáltica, se ha optado caracterizar estos valores para el camino rural en tres niveles de severidad, bajo, medio y alto, y según su razón los valores, en bajos 33, medios 66 y altos 100, para luego calcular bajo el mismo método el coeficiente de valor deductible CVD.

Previamente se realiza la evaluación vial del camino rural que se estudia, se tiene los datos del levantamiento de la información tabulada.

HOJA DE DATOS DE LA ENCUESTA DE LA CONDICIÓN DEL CAMINO RURAL PARA LA UNIDAD DE MUESTRA

| FALLAS ESTRUCTURALES | | IMPACTOS AMBIENTALES | |
|----------------------|--|----------------------|---------------------------------|
| 1 | AHUELLAMIENTO | 7 | AFLUENTES DE AGUA |
| 2 | BACHES | 8 | FUERTES CORTES DE TALUD |
| 3 | DESLLAVES DE TALUD | 9 | CRUCE DE QUEBRADAS |
| 4 | DESLLAVES DE ESTRUCTURA DE PAV | 1 | ALCANTARILLAS SIN MANTENIMIENTO |
| 5 | CUNETAS CON PROTECCIÓN SIN MANTENIMIENTO | 1 | DRENAJE INADECUADO |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | 1 | GENERACIÓN DE POLVO |
| | | 2 | PASO DE ANIMALES |
| | | 1 | EROSIÓN |
| | | 3 | |
| | | 1 | |
| | | 4 | |

| Tipo de Falla | Severidad | ÁREA AFECTADA m2 | | | Densidad en área % | Valor Deductible |
|---------------|-----------|------------------|-----|------|--------------------|------------------|
| | | L | A | Área | | |
| 2 | M | 20 | 6 | 120 | 0,083% | 66,00 |
| 1 | A | 60 | 6 | 360 | 0,249% | 100,00 |
| 6 | M | 60 | 0,5 | 30 | 0,021% | 66,00 |
| 1 | A | 50 | 6 | 300 | 0,207% | 100,00 |
| 6 | A | 50 | 6 | 300 | 0,207% | 100,00 |
| 3 | B | 6 | 1 | 6 | 0,004% | 33,00 |
| 5 | B | 6 | 1 | 6 | 0,004% | 33,00 |
| 1 | A | 60 | 6 | 360 | 0,249% | 100,00 |
| 2 | M | 50 | 6 | 300 | 0,207% | 66,00 |
| 6 | A | 50 | 1 | 50 | 0,035% | 100,00 |
| 6 | A | 50 | 1 | 50 | 0,035% | 100,00 |
| 8 | B | 6 | 1 | 6 | 0,004% | 33,00 |
| 1 | B | 30 | 6 | 180 | 0,124% | 33,00 |
| 2 | B | 10 | 3 | 30 | 0,021% | 33,00 |
| 3 | M | 8 | 1 | 8 | 0,006% | 66,00 |
| 2 | M | 8 | 6 | 48 | 0,033% | 66,00 |
| 1 | M | 10 | 3 | 30 | 0,021% | 66,00 |
| 4 | M | 30 | 3 | 90 | 0,062% | 66,00 |
| 6 | A | 30 | 1 | 30 | 0,021% | 100,00 |
| 1 | M | 50 | 6 | 300 | 0,207% | 66,00 |
| 10 | M | 3 | 3 | 9 | 0,006% | 66,00 |
| 3 | M | 5 | 2 | 10 | 0,007% | 66,00 |
| 2 | B | 10 | 3 | 30 | 0,021% | 33,00 |
| 3 | A | 10 | 3 | 30 | 0,021% | 100,00 |
| 12 | B | 60 | 1 | 60 | 0,041% | 33,00 |
| 3 | M | 50 | 2 | 100 | 0,069% | 66,00 |
| 12 | B | 100 | 6 | 600 | 0,415% | 33,00 |
| 9 | A | 200 | 6 | 1200 | 0,830% | 100,00 |
| 7 | B | 60 | 3 | 180 | 0,124% | 33,00 |
| 6 | B | 200 | 1 | 200 | 0,138% | 33,00 |
| 1 | B | 50 | 3 | 150 | 0,104% | 33,00 |
| 3 | B | 10 | 2 | 20 | 0,014% | 33,00 |
| 6 | M | 200 | 1 | 200 | 0,138% | 66,00 |
| 12 | B | 15 | 2 | 30 | 0,021% | 33,00 |
| 6 | M | 150 | 2 | 300 | 0,207% | 66,00 |

| | | | | | | |
|----|---|-----|---|------|--------|--------|
| 1 | M | 60 | 6 | 360 | 0,249% | 66,00 |
| 6 | M | 60 | 2 | 120 | 0,083% | 66,00 |
| 1 | M | 20 | 6 | 120 | 0,083% | 66,00 |
| 6 | M | 150 | 2 | 300 | 0,207% | 66,00 |
| 6 | B | 50 | 1 | 50 | 0,035% | 33,00 |
| 1 | A | 80 | 6 | 480 | 0,332% | 100,00 |
| 6 | M | 80 | 1 | 80 | 0,055% | 66,00 |
| 3 | M | 120 | 3 | 360 | 0,249% | 66,00 |
| 11 | M | 80 | 2 | 160 | 0,111% | 66,00 |
| 2 | M | 60 | 6 | 360 | 0,249% | 66,00 |
| 6 | M | 60 | 1 | 60 | 0,041% | 66,00 |
| 14 | M | 30 | 2 | 60 | 0,041% | 66,00 |
| 6 | M | 120 | 1 | 120 | 0,083% | 66,00 |
| 2 | B | 60 | 3 | 180 | 0,124% | 33,00 |
| 6 | M | 60 | 1 | 60 | 0,041% | 66,00 |
| 11 | B | 120 | 3 | 360 | 0,249% | 33,00 |
| 11 | B | 120 | 3 | 360 | 0,249% | 33,00 |
| 11 | A | 100 | 4 | 400 | 0,277% | 100,00 |
| 6 | B | 150 | 1 | 150 | 0,104% | 33,00 |
| 1 | M | 120 | 6 | 720 | 0,498% | 66,00 |
| 6 | M | 120 | 1 | 120 | 0,083% | 66,00 |
| 2 | B | 50 | 6 | 300 | 0,207% | 33,00 |
| 6 | M | 80 | 2 | 160 | 0,111% | 66,00 |
| 5 | B | 10 | 1 | 10 | 0,007% | 33,00 |
| 1 | A | 300 | 6 | 1800 | 1,245% | 100,00 |
| 6 | A | 300 | 1 | 300 | 0,207% | 100,00 |
| 11 | B | 120 | 2 | 240 | 0,166% | 33,00 |
| 5 | B | 80 | 1 | 80 | 0,055% | 33,00 |
| 5 | B | 80 | 1 | 80 | 0,055% | 33,00 |

Tabla Nro. 3 : Fallas y niveles de severidad en la vía Chilla - Guanazan

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Para el cálculo del valor del ICEVR, previamente se necesita determinar el número de valores deductibles NVD, se organiza todos los tipos de fallas por niveles de severidad y se obtiene el máximo coeficiente de valor deductible CVD, y este valor se ajustan los con la siguiente gráfica para obtener el número de valores deductibles NVD con la siguiente expresión.

Max CVD = 100

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) \times (100 - \text{Max CVD}) \quad \text{Ecuación 3}$$

$$m = 1$$

Adjustment of Number of Deduct Values

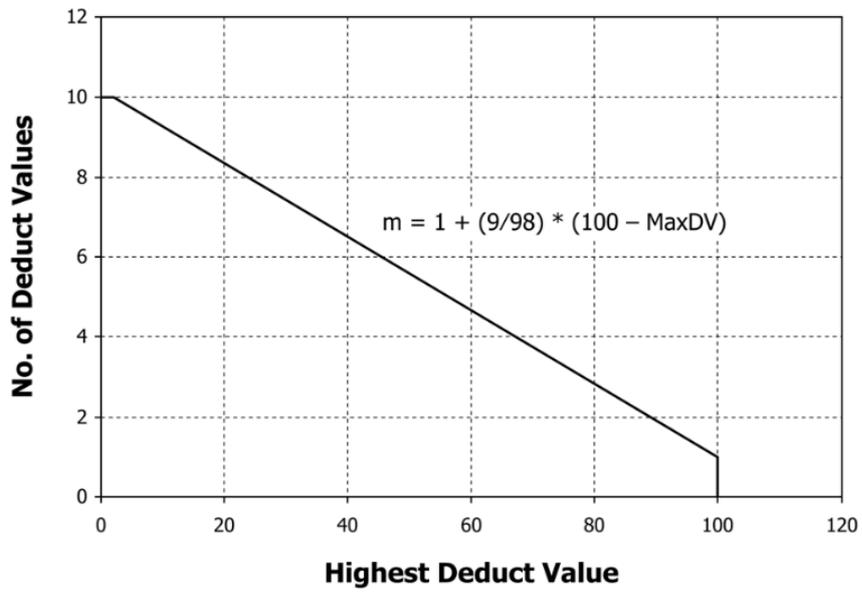


Figura Nro. 24: Numero del valor deducible según norma ASTM-D6433.

Fuente: (ASTM- D 6433-11, 2011)

Elaboración: (ASTM- D 6433-11, 2011)

Como el valor de NVD es uno, se considera solo un valor deducible que deberá ser ajustado y corregido con la siguiente tabla.

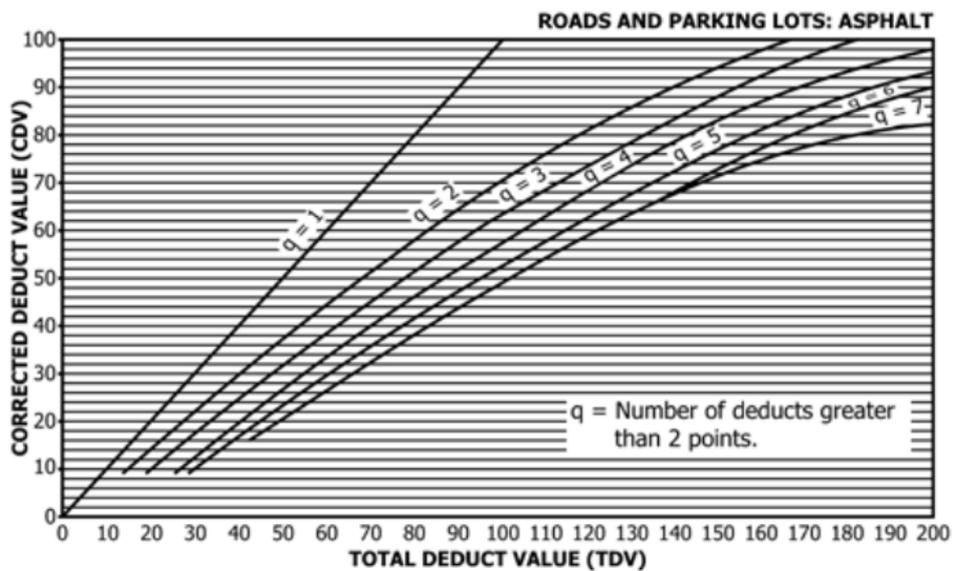


Figura Nro. 25: Ajuste del valor deducible según norma ASTM-D6433.

Fuente: (ASTM- D 6433-11, 2011)

Elaboración: (ASTM- D 6433-11, 2011)

Como el valor de q es igual a uno., y, el valor del sumatorio total de valores deductibles es de 100 con la gráfica se proyecta y obviamente se deduce que el valor corregido deductible también es de 100 y este a su vez es la máxima expresión de valores del número deductible analizado.

| No. | Deduct Value | | | | Total | q | CVD |
|-----|--------------|----|----|---|---------|---|-----|
| 1 | 100 | 66 | 33 | 1 | 200,000 | 1 | 100 |

Tabla Nro. 4 : Corrección del valor deductible CDV en la vía Chilla - Guanazan

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

La expresión que define el índice de condición de la estructura vial rural se ve influenciado por el máximo valor del CVD, que para este caso es de 100 afectado por el sumatorio total de las áreas de fallas diagnosticadas por niveles de severidad de la estructura vial rural dividida para el área total de la vía analizada la expresión es la siguiente:

$$ICEVR = (100 \times AT) - (MaxCVD \times AF) / (100 \times AT) \quad \text{Ecuación 4}$$

$$ICEVR = 90,5 \%$$

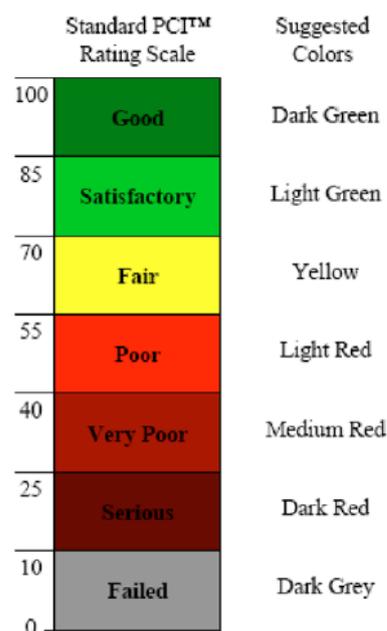


Figura Nro. 26: Clasificación del Índice de condición de la estructura de la vía.

Fuente: (ASTM- D 6433-11, 2011)

Elaboración: (ASTM- D 6433-11, 2011)

Calculado el valor del ICEVR siendo igual al 90,5 %, se categoriza a la estructura de la vía como de buena condición.

2.6.2. Segunda Fase, Análisis de las condiciones del tipo de falla y niveles de severidad

Para el análisis de las condiciones y tipos de falla, previamente levantada la información se localiza con la herramienta SIG de Google Earth Pro las ubicaciones de las fallas con las fotografías que identifican el tipo de falla y el nivel de severidad, con esta localización y nivel de severidad se elabora una tabla de análisis y propuestas de remediación, para los niveles de severidad altos se propone realizar nuevos diseños, para los niveles de severidad medios se realizara mantenimiento rutinarios cada tres meses y para los niveles de severidad bajos mantenimiento preventivo cada seis meses.

| | | |
|----|--------------------------|-------------|
| RI | Rehabilitación Integral | ALTO : A |
| MR | Mantenimiento Rutinario | MEDIO: M |
| MP | Mantenimiento Preventivo | BAJO: B |

Figura Nro. 27: Niveles de clasificación del mantenimiento según la severidad

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor



Figura Nro. 28: Herramienta SIG evaluación del camino rural Chilla-Guanazan.

Fuente: Google Earth Pro

Elaboración: El Autor

Una vez evaluada la vía con los niveles de severidad y conocido que el índice de condición de la estructura vial del camino rural ICEVR de 90.5% categorizada como condición buena, nos indica que únicamente es necesario intervenir con una rehabilitación integral en las zonas donde los niveles de severidad son altos., y, en el caso de tener un valor de ICEVR menor al 55% la rehabilitación integral y reconstrucción debe efectuarse a lo largo de toda la vía según lo indica la figura 6.

| Tipo de Falla | Descripción de la falla | Severidad | Nivel de Mantenimiento | Temporabilidad | Descripción del Mantenimiento |
|---------------|--------------------------------------|-----------|------------------------|-------------------|--|
| 1 | AHUELLAMIENTO | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de estructura de la vía en zona crítica |
| 1 | AHUELLAMIENTO | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de estructura de la vía en zona crítica |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de cuenta con revestimiento de HoSo. |
| 1 | AHUELLAMIENTO | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de estructura de la vía en zona crítica |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de cuenta con revestimiento de HoSo. |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de cuenta con revestimiento de HoSo. |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de cuenta con revestimiento de HoSo. |
| 3 | DESLAVES DE TALUD | A | RI | Periodo de diseño | Diseño para estabilizar el talud |
| 9 | CRUCE DE QUEBRADAS | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de alcantarilla |

| | | | | | |
|----|--------------------------------------|---|----|-------------------|--|
| 1 | AHUELLAMIENTO | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de estructura de la vía en zona crítica |
| 11 | DRENAJE INADECUADO | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de cuenta con revestimiento de HoSo. |
| 1 | AHUELLAMIENTO | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de estructura de la vía en zona crítica |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de cuenta con revestimiento de HoSo. |
| 2 | BACHES | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza de calzada y cuneta |
| 2 | BACHES | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 3 | DESLAVES DE TALUD | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza de calzada y cuneta |
| 2 | BACHES | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 1 | AHUELLAMIENTO | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 4 | DESLAVES DE ESTRUCTURA DE PAV | M | MR | c/d 3 meses | Reconformación de la estructura |
| 1 | AHUELLAMIENTO | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 10 | ALCANTARILLAS SIN MANTENIMIENTO | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza de alcantarilla |
| 3 | DESLAVES DE TALUD | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza de calzada y cuneta |
| 3 | DESLAVES DE TALUD | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza de calzada y cuneta |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | AHUELLAMIENTO | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | AHUELLAMIENTO | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 3 | DESLAVES DE TALUD | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza de calzada y cuneta |
| 11 | DRENAJE INADECUADO | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 2 | BACHES | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 14 | EROSIÓN | M | MR | c/d 3 meses | Riego de imprimación |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |

| | | | | | |
|----|--|---|----|-------------|---|
| 1 | AHUELLAMIENTO | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 3 | DESLAVES DE TALUD | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza de calzada y cuneta |
| 5 | CUNETAS CON PROTECCIÓN SIN MANTENIMIENTO | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza de cuentas |
| 8 | FUERTES CORTES DE TALUD | B | MP | c/d 6 meses | Reforestación de talud prevención de la erosión |
| 1 | AHUELLAMIENTO | B | MP | c/d 6 meses | Lastrado |
| 2 | BACHES | B | MP | c/d 6 meses | Resanteo |
| 2 | BACHES | B | MP | c/d 6 meses | Resanteo |
| 12 | GENERACIÓN DE POLVO | B | MP | c/d 6 meses | Riego de imprimación |
| 12 | GENERACIÓN DE POLVO | B | MP | c/d 6 meses | Riego de imprimación |
| 7 | AFLUENTES DE AGUA | B | MP | c/d 6 meses | Construcción de cuenta y subdren |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | AHUELLAMIENTO | B | MP | c/d 6 meses | Lastrado |
| 3 | DESLAVES DE TALUD | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza de calzada y cuneta |
| 12 | GENERACIÓN DE POLVO | B | MP | c/d 6 meses | Riego de imprimación |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 2 | BACHES | B | MP | c/d 6 meses | Resanteo |
| 11 | DRENAJE INADECUADO | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 11 | DRENAJE INADECUADO | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 2 | BACHES | B | MP | c/d 6 meses | Resanteo |
| 5 | CUNETAS CON PROTECCIÓN SIN MANTENIMIENTO | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza de cuentas |
| 11 | DRENAJE INADECUADO | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 5 | CUNETAS CON PROTECCIÓN SIN MANTENIMIENTO | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza de cuentas |
| 5 | CUNETAS CON PROTECCIÓN SIN MANTENIMIENTO | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza de cuentas |

Tabla Nro. 5 : Análisis de condiciones del tipo de falla, niveles de severidad y mantenimiento.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

2.6.2.1. Rehabilitación integral (RI)

En las propuestas de rehabilitación integral se realizan los diseños de rehabilitación y reconstrucción de las obras viales, para el caso de estudio vía Chilla - Guanazan donde se identificaron niveles de severidad alto, siendo estos: ahuellamiento, cruce de quebradas, cunetas sin protección o sin cunetas, deslaves de talud y drenaje inadecuado (MTOPI, 2002).

| Severidad | Nivel de Mantenimiento | Temporalidad | Descripción de la falla | Suma de ITEM |
|-----------|------------------------|-------------------|--------------------------------------|--------------|
| A | RI | Periodo de diseño | AHUELLAMIENTO | 5 |
| A | RI | Periodo de diseño | CRUCE DE QUEBRADAS | 1 |
| A | RI | Periodo de diseño | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | 5 |
| A | RI | Periodo de diseño | DESLAVES DE TALUD | 1 |
| A | RI | Periodo de diseño | DRENAJE INADECUADO | 1 |

Tabla Nro. 6 : Tipos de falla que requieren rehabilitación integral.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

2.6.2.2. Mantenimiento Rutinario (MR)

| Severidad | Nivel de Mantenimiento | Temporalidad | Descripción de la falla | Suma de ITEM |
|-----------|------------------------|--------------|--------------------------------------|--------------|
| M | MR | c/d 3 meses | AHUELLAMIENTO | 5 |
| M | MR | c/d 3 meses | ALCANTARILLAS SIN MANTENIMIENTO | 1 |
| M | MR | c/d 3 meses | BACHES | 4 |
| M | MR | c/d 3 meses | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | 11 |
| M | MR | c/d 3 meses | DESLAVES DE ESTRUCTURA DE PAV | 1 |
| M | MR | c/d 3 meses | DESLAVES DE TALUD | 4 |
| M | MR | c/d 3 meses | DRENAJE INADECUADO | 1 |
| M | MR | c/d 3 meses | EROSIÓN | 1 |

Tabla Nro. 7 : Tipos de falla que requieren mantenimiento rutinario.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

El mantenimiento rutinario se realiza a las vías cada cierto periodo de tiempo generalmente cada tres meses o cuando la administración vial lo requiere y consiste básicamente en ejecutar actividades de limpieza, resanteo, lastrado y reconstrucción de obras de arte menores (MTO, 2002).

2.6.2.3. Mantenimiento Preventivo (MP)

El mantenimiento preventivo se realiza a las vías cada cierto periodo de tiempo generalmente cada seis meses o cuando la administración vial lo requiere y consiste básicamente en ejecutar actividades de limpieza, resanteo, lastrado y reconstrucción de obras de arte menores (MTO, 2002).

| Severidad | Nivel de Mantenimiento | Temporalidad | Descripción de la falla | Suma de ITEM |
|-----------|------------------------|--------------|--|--------------|
| B | MP | c/d 6 meses | AFLUENTES DE AGUA | 1 |
| B | MP | c/d 6 meses | AHUELLAMIENTO | 2 |
| B | MP | c/d 6 meses | BACHES | 4 |
| B | MP | c/d 6 meses | CUNETAS CON PROTECCIÓN SIN MANTENIMIENTO | 4 |
| B | MP | c/d 6 meses | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | 3 |
| B | MP | c/d 6 meses | DESLAVES DE TALUD | 2 |
| B | MP | c/d 6 meses | DRENAJE INADECUADO | 3 |
| B | MP | c/d 6 meses | FUERTES CORTES DE TALUD | 1 |
| B | MP | c/d 6 meses | GENERACIÓN DE POLVO | 3 |

Tabla Nro. 8 : Tipos de falla que requieren mantenimiento preventivo.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

CAPITULO 3 PROPUESTA

3.1. Título

METODOLOGÍA PARA LA REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS VIALES QUE MEJORE LAS CONDICIONES DE LAS CARRETERAS RURALES, ESTUDIO CASO VÍA CHILLA - GUANAZÁN EN LA PROVINCIA DE EL ORO.

3.2. Antecedentes de la propuesta

La propuesta metodología que sirvieron como base para el diseño de la METODOLOGÍA PARA LA REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS VIALES QUE MEJORE LAS CONDICIONES DE LAS CARRETERAS RURALES, fueron, el desarrollo de la metodología para la evaluación del índice de condición del pavimento basados en la norma ASTM-D6433 (2011), ajustado a las condiciones de un camino rural con criterios de falla obtenidos del libro Ingeniería de caminos rurales de Gordon Keller y James Sherar (2004)., y que fue complementado por Silva-Balaguera et al (2018) con el desarrollo del artículo científico Gestión de pavimentos basado en un sistema de información geográfica SIG: una revisión, todos estos criterios se complementaron y fusionaron con una metodología en dos fase que aportaron al desarrollo y diseño de la metodología propuesta.

3.3. Justificación

Muchos de los caminos rurales son construidos para conexiones entre comunidades, para el traslado de mercadería con el acceso del agricultor al mercado, uso para la explotación minera y forestal, mejorando el flujo de bienes y servicios ayudando a promover el desarrollo local, al mismo tiempo los caminos rurales y las zonas afectadas generan grandes cantidades de sedimentos constituyéndose en uno de los más grandes generadores de impactos ambientales negativos sobre el medio ambiente local, la calidad del agua y la vida acuática de la zona si no se controlan y se mitigan estos aspectos, además de inducir estos caminos a la erosión, crear barrancas, causar efectos en el agua subterránea, la fauna silvestre, afectar la estructura social, degradar los valores escénicos, desperdiciar

fondos limitados para la administración y hacer improductivas las tierras sino se logran controlar de una manera planificada y eficiente el camino rural (Keller & Sherar, 2004).

3.4. Objetivos

3.4.1. Objetivo General

Desarrollar una metodología para la rehabilitación de la estructura vial en carreteras rurales que mejore las condiciones del transporte de usuarios.

3.4.2 Objetivo Específico

- Identificar y evaluar las condiciones de las carreteras rurales en aspectos estructurales y de impactos ambientales con la implementación de metodologías de información SIG.
- Analizar la información y ajustar a la norma ASTM D 6433 para determinar el ICEVR para conocer la condición del camino rural y proponer las mejoras y rehabilitación de la vía.
- Proponer un Plan de mantenimiento vial para el camino rural (PMVCR)

3.5. Fundamento científico-técnico

Los métodos tradicionales para la evaluación de estructuras viales en la región no han permitido tener acceso a la información geográfica que permita conocer las condiciones de la estructura vial de una carretera y logra efectuar las alternativas de mantenimiento y rehabilitación con tratamientos especiales más adecuadas para los caminos, Silva-Balaguera et al (2018), presenta una alternativa diferente para la evaluación de la condición del pavimento aplicado metodologías de sistema de información geográfica (SIG) combinada con un sistema de gestión de pavimentos (SGP), estableciendo principalmente la recolección de datos, creación de base de datos espaciales, procesamiento de mapas y presentación de la información (Silva-Balaguera et al., 2018).

La información relacionada a la evaluación de la condición de la estructura vial es organizada, estructurada para que a través de un software o la entidad encargada interprete

adecuadamente los diferentes parámetros presentes en la vía y proceda al análisis (Silva-Balaguera et al., 2018).

Con la información recolectada se realiza la sectorización o selección de los tramos a intervenir y se plantean las diferentes intervenciones según sea el estado de la estructura vial, se asigna el nivel de severidad y se planteas las posibles soluciones (Silva-Balaguera et al., 2018).

3.6. Metodologías para la rehabilitación de estructuras viales que mejore las condiciones de las carreteras rurales.

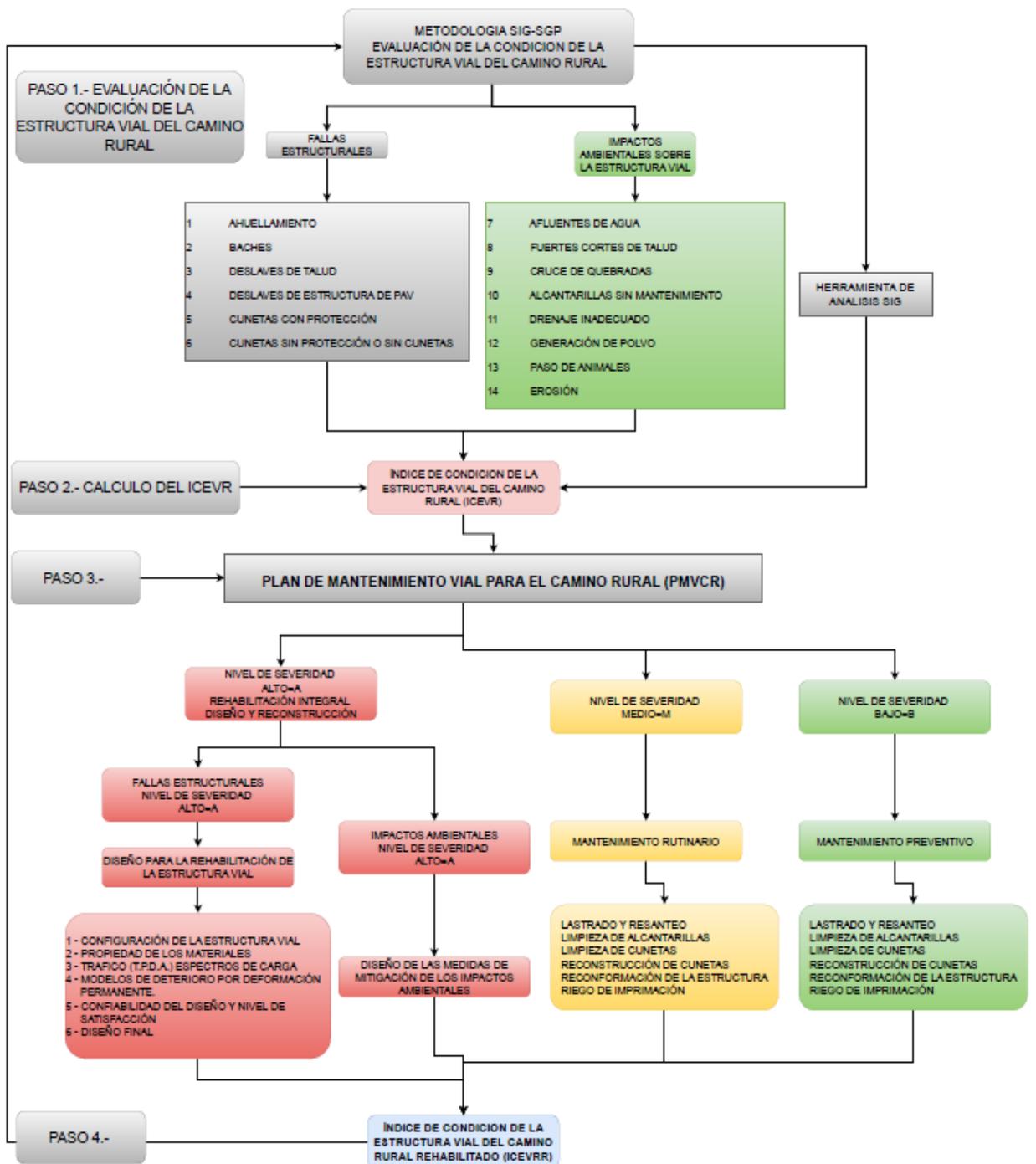


Figura Nro. 29: Metodología SIG-SGP evaluación de la condición de la estructura del camino rural.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

3.7. Plan de mantenimiento vial para el camino rural (PMVCR)

El desarrollo del plan se realiza en tres niveles, las condiciones de tipo de falla con niveles de severidad altos a los cuales es necesario realizar los diseños y posterior construcción de las obras, las condiciones de fallas con tipo de severidad medios a los cuales se aplicarán el mantenimiento rutinario según las condiciones y características necesaria a implementar identificadas en la evaluación y los tipos de fallas con niveles de severidad bajos a los cuales se aplicara el mantenimiento preventivo.

3.7.1. Programa de rehabilitación integral.

El programa de rehabilitación integral comprende la elaboración de diseños para la reconstrucción del camino rural en las zonas afectadas con niveles de severidad altos, de la evaluación realizada se obtiene los siguientes tipos de falla con sus respectivos diseños.

| ITEM | Tipo de Falla | Descripción de la falla | Severidad | Nivel de Mantenimiento | Temporalidad | Descripción del Mantenimiento |
|------|---------------|--------------------------------------|-----------|------------------------|-------------------|--|
| 1 | 1 | AHUELLAMIENTO | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de estructura de la vía en zona crítica |
| 1 | 1 | AHUELLAMIENTO | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de estructura de la vía en zona crítica |
| 1 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de cuenta con revestimiento de HoSo. |
| 1 | 1 | AHUELLAMIENTO | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de estructura de la vía en zona crítica |
| 1 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de cuenta con revestimiento de HoSo. |
| 1 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de cuenta con revestimiento de HoSo. |
| 1 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de cuenta con revestimiento de HoSo. |
| 1 | 3 | DESLAVES DE TALUD | A | RI | Periodo de diseño | Diseño para estabilizar el talud |
| 1 | 9 | CRUCE DE QUEBRADAS | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de alcantarilla |
| 1 | 1 | AHUELLAMIENTO | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de estructura de la vía en zona crítica |
| 1 | 11 | DRENAJE INADECUADO | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de cuenta con revestimiento de HoSo. |
| 1 | 1 | AHUELLAMIENTO | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de estructura de la vía en zona crítica |
| 1 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de cuenta con revestimiento de HoSo. |

Tabla Nro. 9 : Actividades del rehabilitación integral.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

3.7.1.1. Ahuellamiento

Para el diseño definitivo y rehabilitación de la estructura de la vía se han efectuado el levantamiento de la información de campo obtenido del estudio de suelos efectuado por el Ing. Cesar Palacios Mocha (2013), para el camino rural Chilla – Guanazan, desarrollado para la prefectura del Gobierno Autónomo Provincial de El Oro, de los datos extraídos de ensayos de módulos resilientes de los suelos en las zonas con niveles de severidad altos.

| Tipo de Falla | Severidad | Density % | Deduct Value | TPDA | SUELO | MR-SR | MR-SR Mpa. | MR-R | MR-SR Mpa. | ABSC |
|---------------|-----------|-----------|--------------|------|-------|-------|------------|-------|------------|--------|
| 1 | A | 0,249% | 100 | 63 | CG1 | 4580 | 31,58 | 4580 | 31,58 | 0+350 |
| 1 | A | 0,207% | 100 | 63 | CG2 | 6640 | 45,78 | 6640 | 45,78 | 0+880 |
| 1 | A | 0,249% | 100 | 63 | CG2 | 6640 | 45,78 | 6640 | 45,78 | 1+500 |
| 1 | A | 0,332% | 100 | 63 | CG9 | 7400 | 51,02 | 7400 | 51,02 | 7+800 |
| 1 | A | 1,245% | 100 | 63 | CG13 | 14820 | 102,18 | 14820 | 102,18 | 12+220 |

Tabla Nro. 10 : Valores de módulos resilientes de suelos con niveles de severidad A.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Conocido estos valores y el conteo de tráfico vehicular, se analiza y diseña la estructura vial del camino rural con estabilización de suelo cemento, los suelo finos estabilizados con suelo cemento llegan a obtener resistencias a la compresión de hasta 17,7 kN con un contenido de cemento de 150 kg/m³ (Sánchez-Cotte et al., 2019), con esta dosificación aplicando ecuaciones de correlación expresadas por Hossain y Kim (2014) como se citan en el Modelo para estimar el módulo de resiliencia de suelos finos compactados en la condición de óptima compactación (2016), p.19, donde se estipula la siguiente expresión para correlación del módulo resiliente expresado en PSI.

$$Mr = 64283 + 143 Q_U \quad \text{Ecuación 5}$$

Q_U = Resistencia a compresión última (PSI).

Conocido los valores de la estabilización de suelo cemento de 17,7 kN convertidos a PSI tenemos 2,57.

$$Mr = 64283 + 143 (2,57 \text{ psi})$$

$$Mr = 64650,51 \text{ psi}$$

$$Mr = 442,7 \text{ Mpa}$$

Con estos valores aplicamos el modelo de deterioro por ahuellamiento mediante el software IMT PAVE 3.1, para el diseño de la estructura vial estabilizada con suelo cemento en los siguientes pasos.

1.- Ingresamos el valor del conteo vehicular el tránsito equivalente.

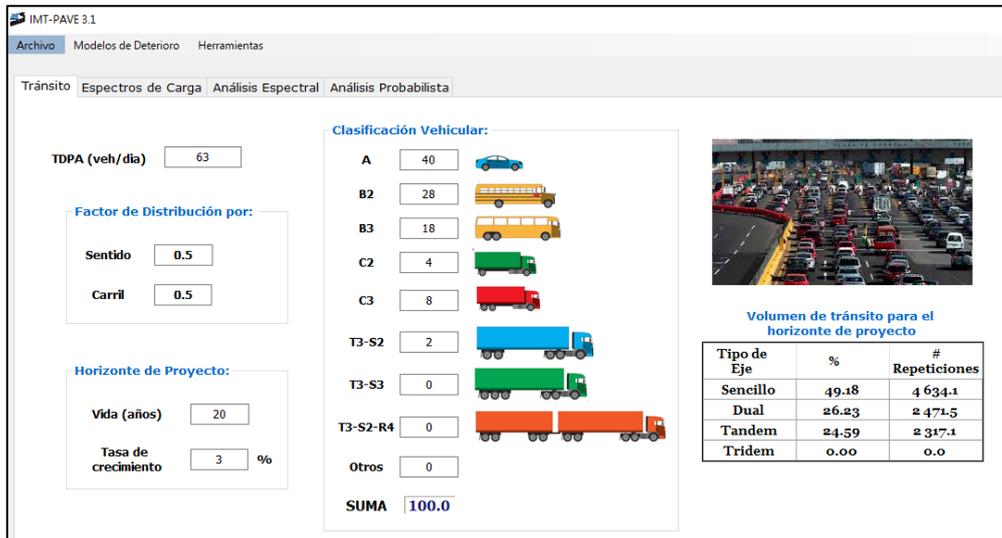


Figura Nro. 30: Ingreso de tránsito equivalente al software IMT PAVE 3.1

Fuente: IMT PAVE 3.1

Elaboración: El Autor

2.- Análisis de tránsito equivalente y espectros de carga.

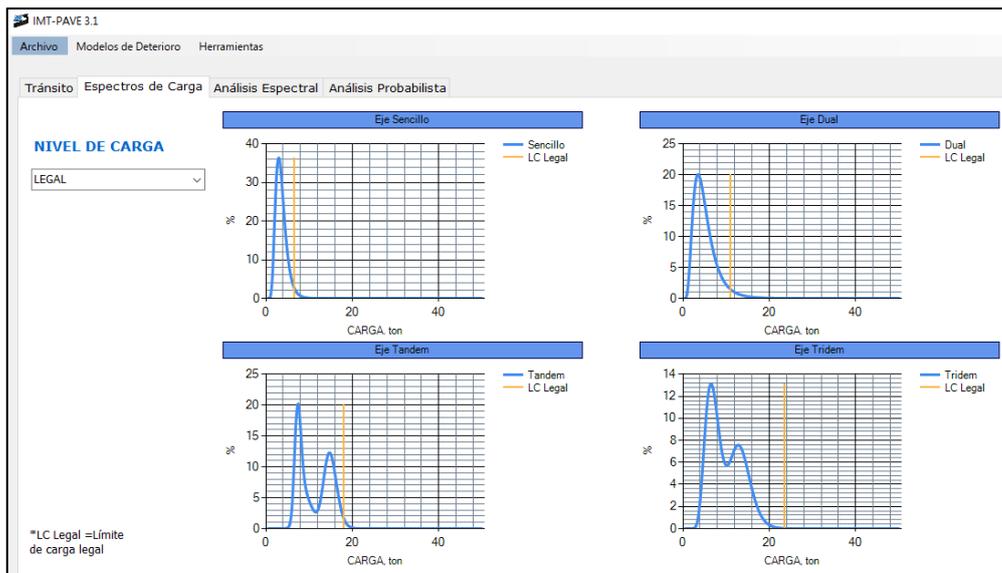


Figura Nro. 31: Espectros de carga de tránsito en software IMT PAVE 3.1

Fuente: IMT PAVE 3.1

Elaboración: El Autor

3.- Análisis espectral y diseño de espesores.

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

| No. de Capa | Nombre Capa | Espesor (cm) | Módulo (MPa) |
|-------------|--------------------|--------------|--------------|
| 1 | Base estabilizada | 30 | 442 |
| 2 | Sub rasante | 10 | 31.57 |
| 3 | Capa semi-infinita | | 31.57 |

RESULTADOS

Vida por fatiga (años) > 20
 Vida por deformación (años) 7.2

Figura Nro. 32: Análisis espectral y diseño de espesores en software IMT PAVE 3.1

Fuente: IMT PAVE 3.1

Elaboración: El Autor

4.- Análisis de confiabilidad de espesores.

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

| No. de Capa | Nombre Capa | Espesor (cm) | Módulo (MPa) | Coeficiente de Variación, % |
|-------------|--------------------|--------------|--------------|-----------------------------|
| 1 | Base estabilizada | 30 | 442 | 15 |
| 2 | Sub rasante | 10 | 31.57 | 15 |
| 3 | Capa semi-infinita | | 31.57 | 15 |

CONFIABILIDAD
90%

RESULTADOS

Vida por fatiga (años) 9.3
 Vida por deformación (años) 3.7

Figura Nro. 33: Análisis de confiabilidad de espesores en software IMT PAVE 3.1

Fuente: IMT PAVE 3.1

Elaboración: El Autor

La estructura del pavimento queda establecida en las siguientes características y espesores para las zonas donde existe ahuellamiento con niveles de severidad altos.

| No. de Capa | Nombre Capa | Espesor (cm) | Módulo (MPa) |
|-------------|--------------------|--------------|--------------|
| 1 | Base estabilizada | 30 | 442 |
| 2 | Sub rasante | 10 | 31.57 |
| 3 | Capa semi-infinita | | 31.57 |

Figura Nro. 34: Diseño de la estructura vial en zonas con niveles de severidad altos.

Fuente: IMT PAVE 3.1

Elaboración: El Autor

3.7.1.2. Cruce de Quebradas

El cruce de quebradas es necesario el diseño de una alcantarilla que ayude a mitigar los impactos de contaminación de los sedimentos y posibles derrames de combustibles en los medios acuáticos, el diseño propuesto es el siguiente.

| Tipo | Descripción | U | S. Ingles | U | S. Internacional |
|----------|-----------------------|-----|--------------------------|------|--------------------------|
| Tubería | Inv. Elevación: | ft | 8021,65 | msnm | 2445 |
| | Longitud: | ft | 25 | m | 7,62 |
| | Pendiente (%): | % | 3,52 | m | 3,52 |
| | Inv. Ele. Up: | ft | 8022,53 | msnm | 2445,26 |
| | Altura: | in | 60 | m | 1,52 |
| | Tipo: | | Circular | | Circular |
| | Ancho: | in | 60 | m | 1,52 |
| | Nro. | | 1 | | 1 |
| | n. Valor: | | 0,012 | | 0,012 |
| | Tipo de alcantarilla: | | Circular metal corrugado | | Circular metal corrugado |
| | Tipo de entradas: | | Cabezal | | Cabezal |
| Vía | Elevación rasante: | ft | 8038,06 | msnm | 2450 |
| | Ancho de rasante: | ft | 19,68 | m | 6 |
| | Ancho de bermas: | ft | 5 | m | 1,5 |
| Cálculos | Q Min: | cfs | 30 | l/s | 849,5 |
| | Q Max: | cfs | 40 | l/s | 1132,67 |
| | Q Incr: | cfs | 1 | l/s | 28,31 |
| | Cola de agua: | ft | $(dc+D)/2$ | m | $(dc+D)/2$ |

Tabla Nro. 11 : Ingreso de datos en sistema ingles programa Hydraflow

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Ingresamos los datos en unidades del sistema ingles al software académico Hydraflow, seleccionamos diseño de ductos.

| Section | Item | Input |
|---------|--------------------|-------------------------------|
| Pipe | Inv Elev Dn = | 8021.65 |
| | Length (ft) = | 25.00 |
| | Slope (%) = | 3.52 |
| | Inv Elev Up = | 8022.53 |
| | Rise (in) = | 60.0 |
| | Shape = | Circular |
| | Span (in) = | 60.0 |
| | No. Barrels = | 1 |
| | n-value = | 0.012 |
| | Culvert Type = | Circular Corrugate Metal Pipe |
| | Culvert Entrance = | Headwall |
| Embank | Top Elev = | 8038.06 |
| | Top Width (ft) = | 19.68 |
| | Crest Len (ft) = | 5.00 |
| Calcs | Q Min (cfs) = | 30.00 |
| | Q Max (cfs) = | 40.00 |
| | Q Incr (cfs) = | 1.00 |
| | Tailwater (ft) = | $(dc+D)/2$ |

Figura Nro. 35: Ingreso de datos en sistema ingles programa Hydraflow

Fuente: Hydraflow

Elaboración: El Autor

Con los datos ingresados el programa calcula las líneas de gradiente hidráulico y energía para al sistema propuesto y se verifica el diámetro necesario para la alcantarilla propuesta,

que es del tipo circular con estructura corrugada metálica con cabezal de hormigón en el ingreso y salida de la alcantarilla, tenemos los siguientes resultados.

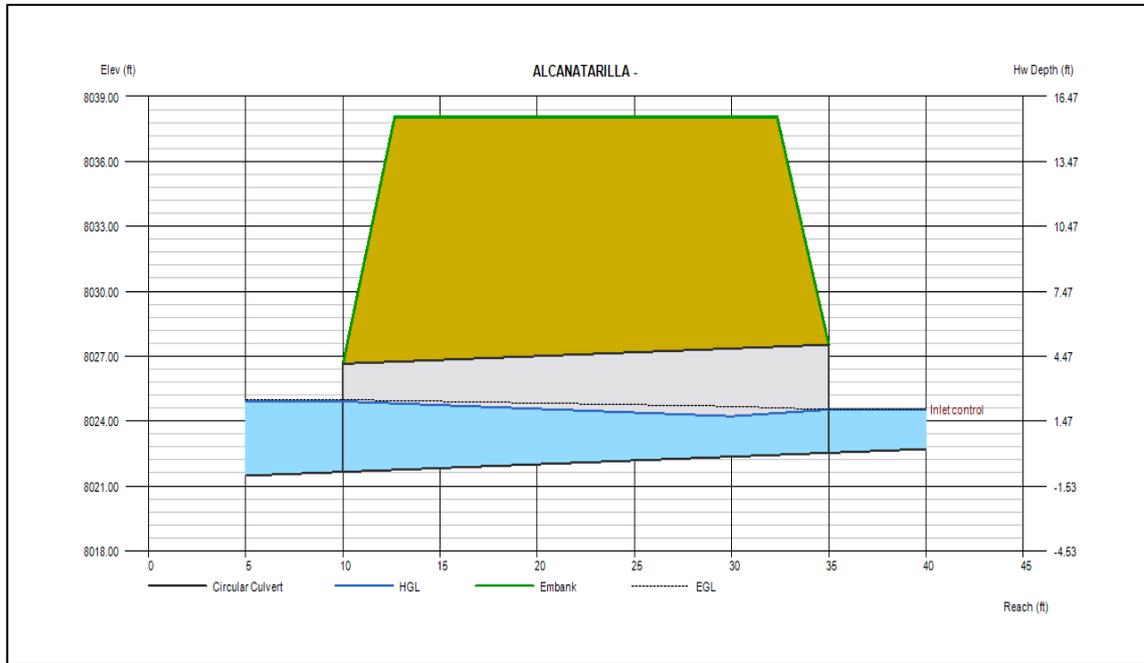


Figura Nro. 36: Diseño de alcantarilla en programa Hydraflow

Fuente: Hydraflow

Elaboración: El Autor

De los resultados obtenidos se obtiene un diámetro de tubería de 1.50 m necesario para que la alcantarilla trabaje con una capacidad del 50%.

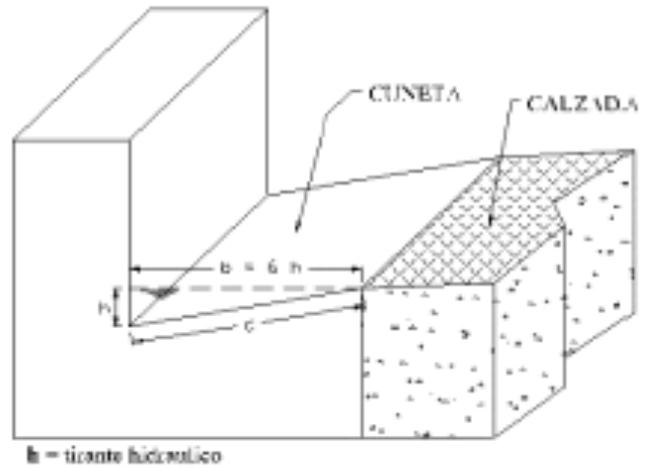
3.7.1.3. Cunetas sin Protección O Sin Cunetas

Se diseñan las cunetas con la fórmula de Manning aplicando el método de cálculo racional para la determinación del caudal.

CAUDAL MÁXIMO PARA DISEÑO DEL SISTEMA DE AALL

$Q = 28,00 \text{ l/s}$

| DIMENSIONES DE LA CUNETA | | |
|-----------------------------|------|----------------|
| Altura (h) | 0,2 | m |
| Ancho (b) | 0,8 | m |
| Area transversal en cuneta: | 0,08 | m ² |
| Perimetro mojado: | 1 | m |



CALCULO DE CUNETAS TRAMO 1

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | VALORES | FORMULACION |
|-------------|--------|---------|-------------|
|-------------|--------|---------|-------------|

Rugosidad de

Manning: $n = 0,013$ Adimensional

Pendiente: $S = 0,001$ Adimensional

Area transversal: $A = 0,0800$ m²

Perimetro de la cuneta: $P = 1,00$ m

$$Q = \frac{A R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

Radio Hidraulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$Q = \frac{0,08 \left[\frac{0,08}{1,00} \right]^{2/3} \left[0,001 \right]^{1/2}}{0,013}$$

$$R = \frac{0,08}{1,00}$$

$$Q = \frac{0,08 \left[0,1857 \right] \left[0,0316 \right]}{0,013}$$

$R = 0,08 \text{ m}$

| | | | |
|------------|--------|---------|--------|
| Q (Calc) = | 36,112 | Lts./ s | Cumple |
|------------|--------|---------|--------|

| | | | |
|-----------|-------|-----|--|
| Q (Req) = | 28,00 | l/s | |
|-----------|-------|-----|--|

$$V = \frac{Q}{A} \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{m}^2}$$

$$V = \frac{0,0361}{0,0800} \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{m}^2}$$

| |
|--------------------------|
| $V = 0,4514 \text{ m/s}$ |
|--------------------------|

El diseño de la cuneta a construirse en estos sectores de dimensiones, Altura (h) 0,2m, Ancho b) 0,8m y de forma triangular.

3.7.1.4. Deslaves de Talud

En las zonas de deslave de taludes para la reconformación de las capas se aplicarán las normas de diseño geométrico de carreteras del MTOP (2003) con la construcción de rampas de pantalla rugosa conocido como gaviones cuando la altura de los taludes sean superiores a los 5m de altura, complementado con cortes de terraza con una relación de peralte de huella de 1:1 a 1:1,5 (MTOP, 2003, p.274).

3.7.1.5. Drenaje Inadecuado

En las zonas donde existe drenaje inadecuado de la vía Chilla-Guanazan se ha detectado la falta únicamente de construcción de cunetas que deben ser conducidas hasta una rampa de descarga o alcantarilla, el diseño de las cuentas es del tipo triangulares igual a lo indicado en el apartado 3.7.1.3.

3.7.2. Programa de Mantenimiento Rutinario (MR).

| IT EM | Tipo de Falla | Descripción de la falla | Severidad | Nivel de Mantenimiento | Temporalidad | Descripción del Mantenimiento |
|-------|---------------|--------------------------------------|-----------|------------------------|--------------|--------------------------------------|
| 1 | 2 | BACHES | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 1 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | 2 | BACHES | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 1 | 3 | DESLAVES DE TALUD | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza de calzada y cuneta |
| 1 | 2 | BACHES | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 1 | 1 | AHUELLAMIENTO | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 1 | 4 | DESLAVES DE ESTRUCTURA DE PAV | M | MR | c/d 3 meses | Reconformación de la estructura |
| 1 | 1 | AHUELLAMIENTO | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 1 | 10 | ALCANTARILLAS SIN MANTENIMIENTO | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza de alcantarilla |
| 1 | 3 | DESLAVES DE TALUD | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza de calzada y cuneta |

| | | | | | | |
|---|----|--------------------------------------|---|----|-------------|--------------------------------------|
| 1 | 3 | DESLAVES DE TALUD | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza de calzada y cuneta |
| 1 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | 1 | AHUELLAMIENTO | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 1 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | 1 | AHUELLAMIENTO | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 1 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | 3 | DESLAVES DE TALUD | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza de calzada y cuneta |
| 1 | 11 | DRENAJE INADECUADO | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | 2 | BACHES | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 1 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | 14 | EROSIÓN | M | MR | c/d 3 meses | Riego de imprimación |
| 1 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | 1 | AHUELLAMIENTO | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 1 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |

Tabla Nro. 12 : Actividades del mantenimiento rutinario.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Para la ejecución del programa de mantenimiento rutinario a las zonas afectadas con niveles de severidad media, una vez realizada la evaluación y análisis se propone ejecutar las actividades descritas en la tabla Nro. 11, la ejecución de los trabajos debe efectuarse aplicando las especificaciones y normas técnica del MTOP.

3.7.3. Programa de Mantenimiento Preventivo (MP).

| IT E M | Tipo de Falla | Descripción de la falla | Severidad | Nivel de Mantenimiento | Temporalidad | Descripción del Mantenimiento |
|--------|---------------|--|-----------|------------------------|--------------|---|
| 1 | 3 | DESLAVES DE TALUD | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza de calzada y cuneta |
| 1 | 5 | CUNETAS CON PROTECCIÓN SIN MANTENIMIENTO | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza de cuentas |
| 1 | 8 | FUERTES CORTES DE TALUD | B | MP | c/d 6 meses | Reforestación de talud prevención de la erosión |
| 1 | 1 | AHUELLAMIENTO | B | MP | c/d 6 meses | Lastrado |
| 1 | 2 | BACHES | B | MP | c/d 6 meses | Resanteo |
| 1 | 2 | BACHES | B | MP | c/d 6 meses | Resanteo |
| 1 | 12 | GENERACIÓN DE POLVO | B | MP | c/d 6 meses | Riego de imprimación |
| 1 | 12 | GENERACIÓN DE POLVO | B | MP | c/d 6 meses | Riego de imprimación |
| 1 | 7 | AFLUENTES DE AGUA | B | MP | c/d 6 meses | Construcción de cuenta y sub dren |
| 1 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | 1 | AHUELLAMIENTO | B | MP | c/d 6 meses | Lastrado |
| 1 | 3 | DESLAVES DE TALUD | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza de calzada y cuneta |
| 1 | 12 | GENERACIÓN DE POLVO | B | MP | c/d 6 meses | Riego de imprimación |
| 1 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | 2 | BACHES | B | MP | c/d 6 meses | Resanteo |
| 1 | 11 | DRENAJE INADECUADO | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | 11 | DRENAJE INADECUADO | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | 2 | BACHES | B | MP | c/d 6 meses | Resanteo |
| 1 | 5 | CUNETAS CON PROTECCIÓN SIN MANTENIMIENTO | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza de cuentas |
| 1 | 11 | DRENAJE INADECUADO | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | 5 | CUNETAS CON PROTECCIÓN SIN MANTENIMIENTO | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza de cuentas |
| 1 | 5 | CUNETAS CON PROTECCIÓN SIN MANTENIMIENTO | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza de cuentas |

Tabla Nro. 13 : Actividades del mantenimiento rutinario.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Para la ejecución del programa de mantenimiento preventivo a las zonas afectadas con niveles de severidad bajos una vez realizada la evaluación y análisis se propone ejecutar las actividades descritas en la tabla Nro. 12. la ejecución de los trabajos debe efectuarse aplicando las especificaciones y normas técnicas del MTOP.

EL CAPITULO 4: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La metodología de evaluación de la condición de un camino rural fundado en los criterios de gestión de pavimentos basado en un sistema de información geográfica SIG,

permitieron conocer y evaluar la condición de la estructura vial del camino rural Chilla Guanzan representado por el Índice de Condición de la Estructura Vial Rural (ICEVR), el análisis SIG permite evaluar los niveles de severidad de cada uno de las condiciones y tipos de falla de una estructura y ubicar en un sistema de georreferenciación geográfica por niveles de severidad alto, medio o bajo y con ello sectorizar por tramos los sitios donde se tiene que intervenir con la rehabilitación integral, el mantenimiento rutinario y el mantenimiento preventivo los datos obtenidos del SIG son representado en la plataforma Google Earth.

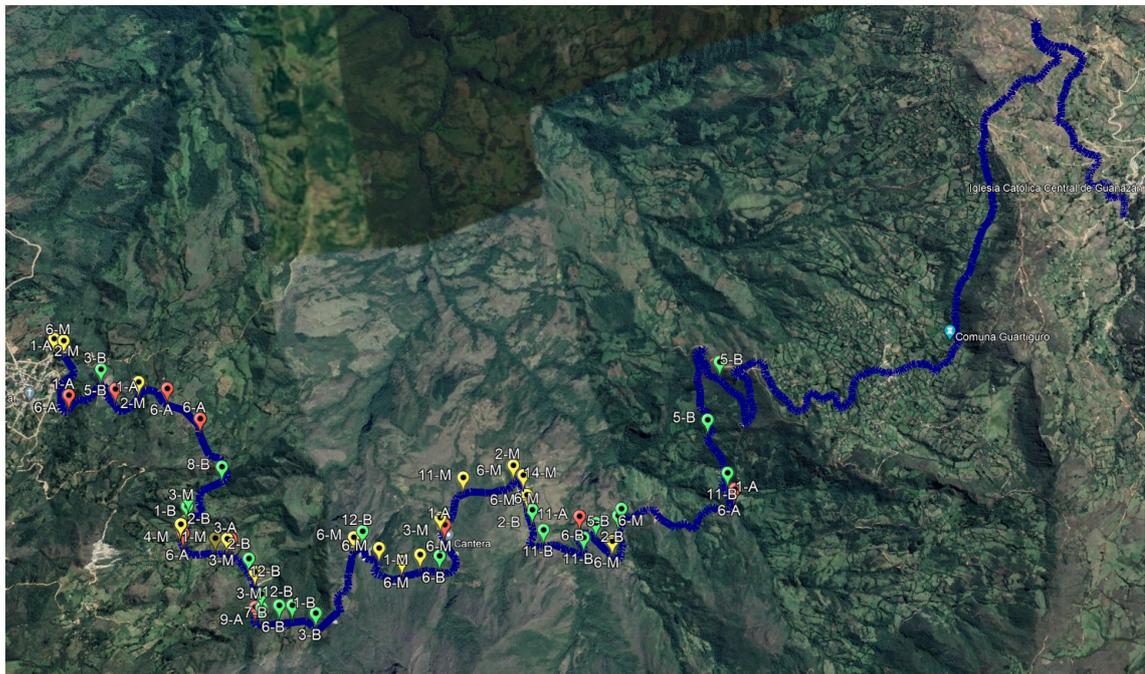


Figura Nro. 37: Datos de la evaluación y sectorización metodología SIG.

Fuente: Google Earth

Elaboración: El Autor

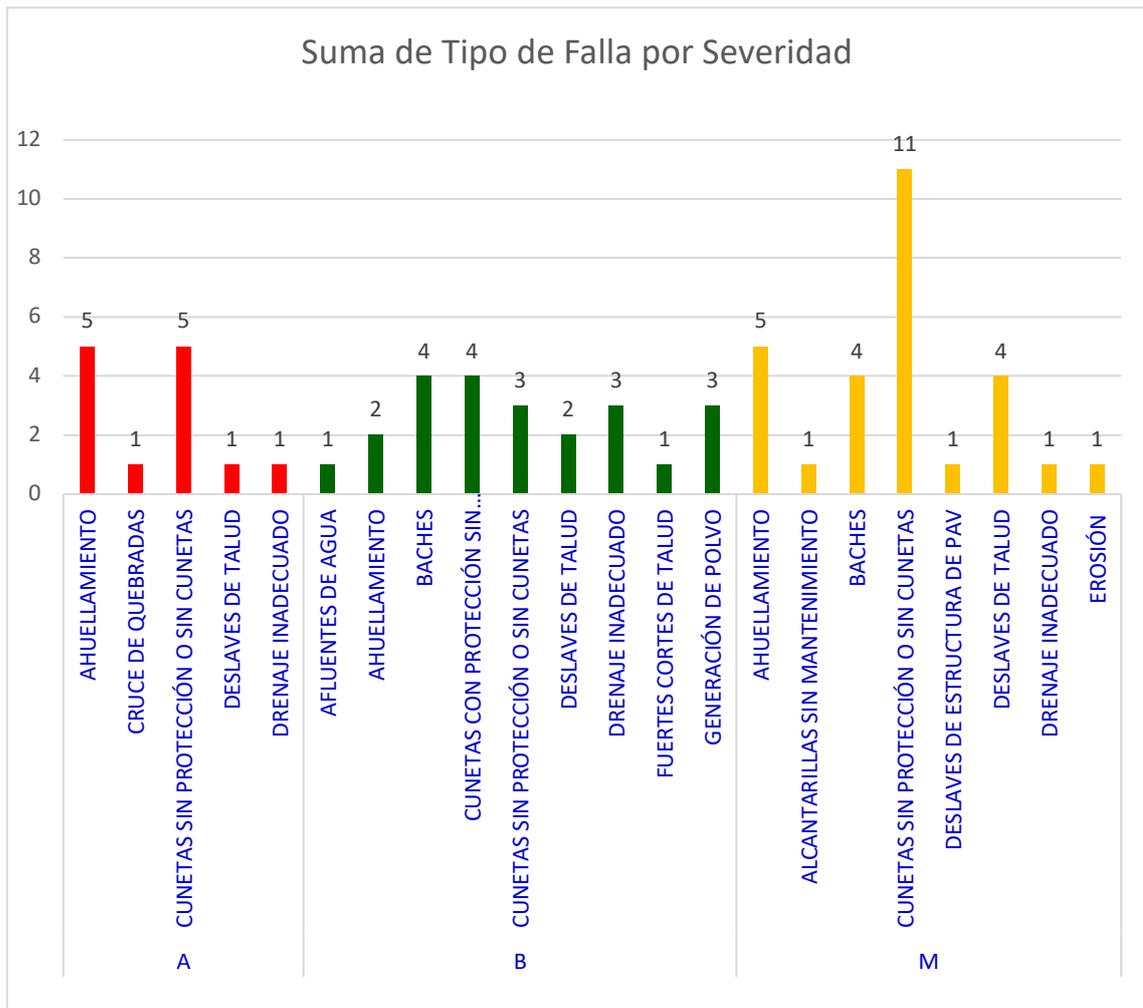


Figura Nro. 38: Tipos de fallas y niveles de severidad del camino rural Chilla-Guanazan.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

De la evaluación se logra determinar que las zonas problemáticas que más afectan a la estructura de la vía son aquellas que tienen un nivel de severidad alto, siendo necesario la rehabilitación integral, las fallas con niveles de severidad bajos, es necesario un mantenimiento rutinario y las fallas con niveles de severidad bajo un mantenimiento preventivo, las fallas evaluadas son:

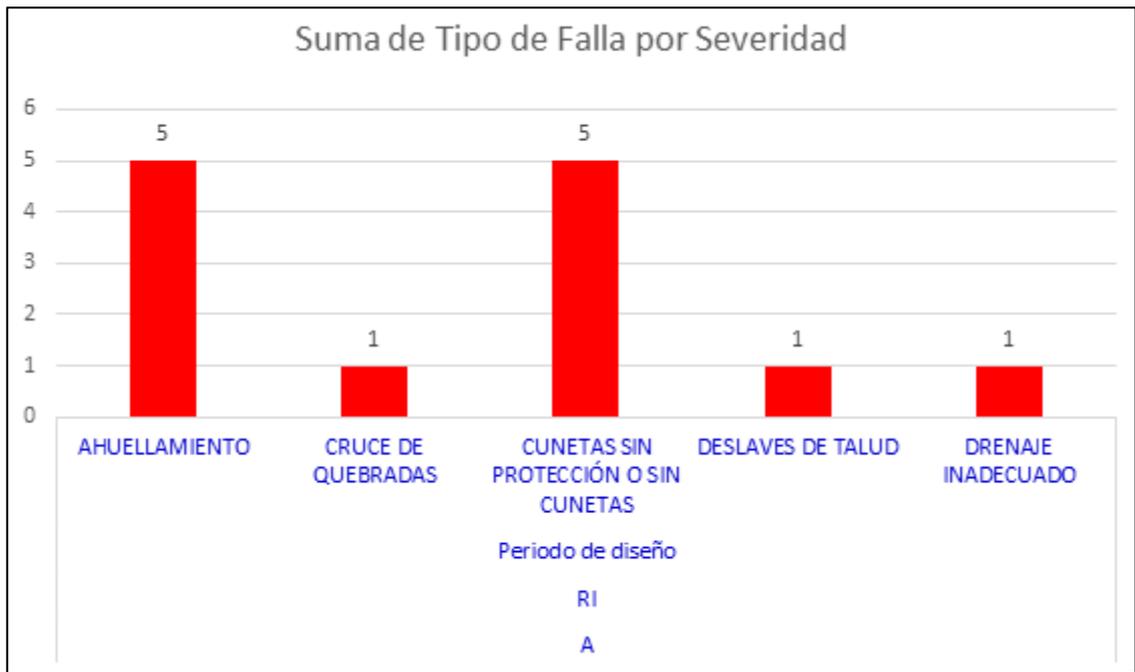


Figura Nro. 39: Fallas y niveles de severidad altos del camino rural Chilla-Guanazan.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

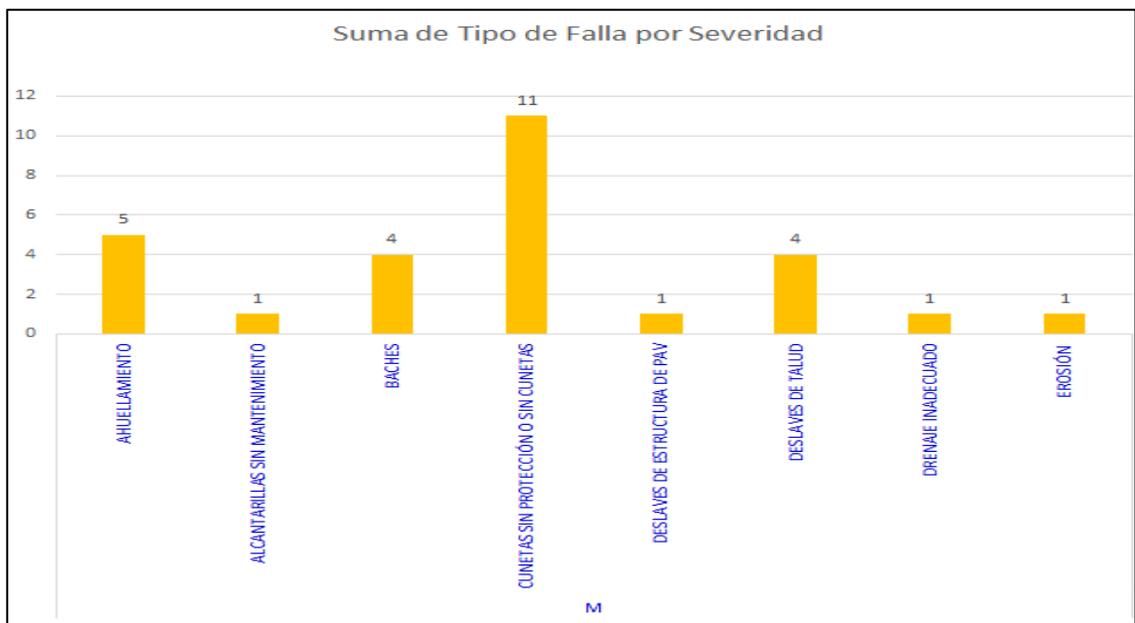


Figura Nro. 40: Fallas y niveles de severidad medios del camino rural Chilla-Guanazan.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

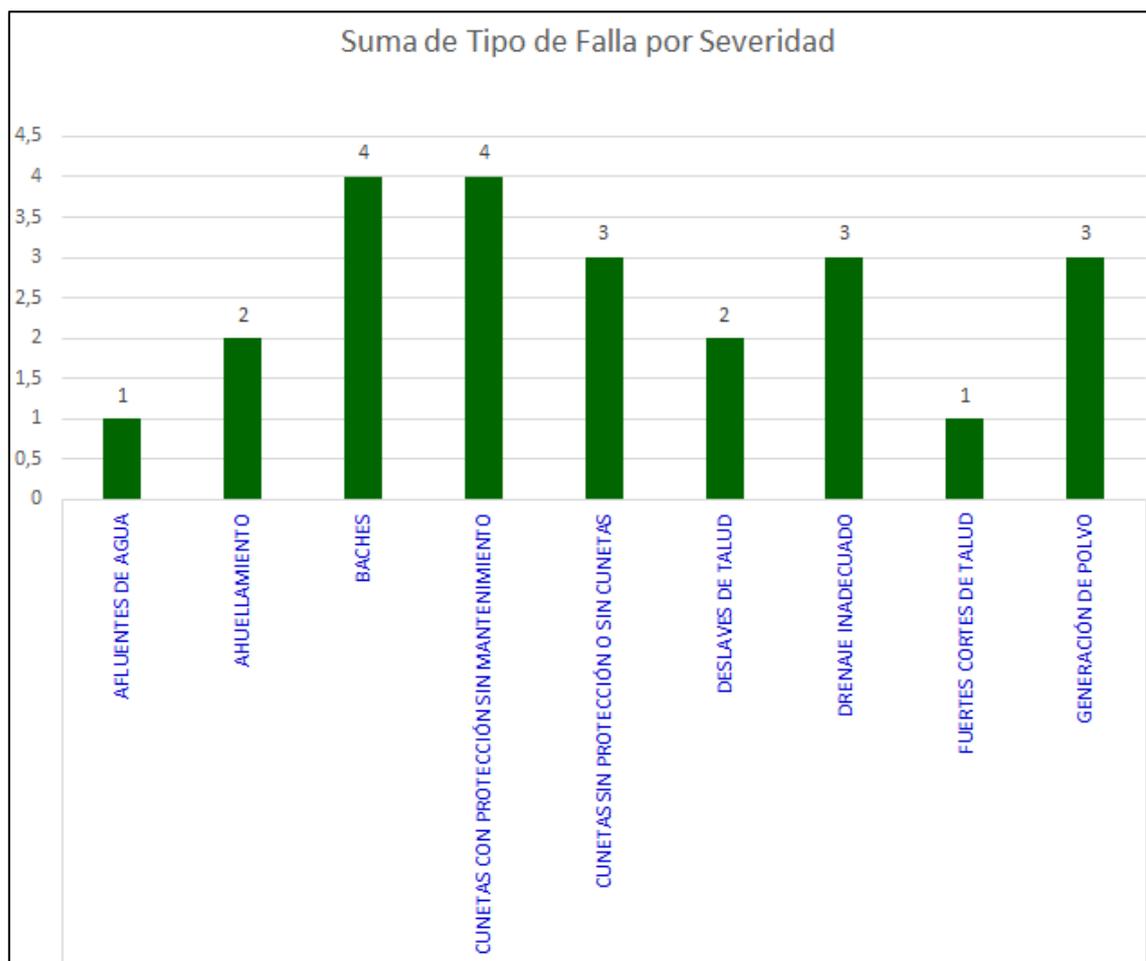


Figura Nro. 41: Fallas y niveles de severidad bajos del camino rural Chilla-Guanazan.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

CONCLUSIONES

- Se desarrolló una metodología para la rehabilitación de la estructura vial en carreteras rurales que mejore las condiciones del transporte de usuarios (caso de estudio camino rural Chilla-Guanazán ubicado en el cantón Chilla provincia de El Oro). Esta investigación se fundamentó en estudios teóricos sobre la rehabilitación de la estructura vial en carreteras rurales y en la aplicación de la metodología de estudio de caso en la vía Chilla-Guanazán.
- Se revisaron artículos científicos, memorias técnicas y bibliográficas de importantes autores que presentan conceptos y criterios para desarrollar una metodología para la rehabilitación de la estructura vial en las carreteras rurales, entre ellos se destaca los criterios expuestos por Keller & Sherar (2004) que permiten identificar y conocer aquellos principios y prácticas para proteger la calidad del agua y el medio ambiente a los que se ven afectados la estructura vial de los caminos rurales, fusionado a los criterios de fallas estructurales del camino rural expuestos por Coria y Gutiérrez (2018), de las “*Teorías para calcular esfuerzo, deformaciones y deflexiones en pavimentos flexibles: un enfoque mecanicista*”; analizada y complementados esta información con modelo de herramientas SIG expuestos por Silva-Balaguera et al (2018) para la gestión de infraestructura vial del camino rural, para poder ser aplicada en condiciones de la norma ASTM D-6433-07, descritas expuestas por Elizondo, (2010).
- Se definieron métodos y técnicas de investigación más apropiadas que ayudaron a definir una metodología de análisis para la rehabilitación de la estructura vial del camino rural, para evaluar la condición de la estructura vial del camino rural representada con el índice de condición de la estructura vial del camino rural (ICEVR) propuesta metodológica basados en el índice de condición del pavimento aplicando la norma ASTM D-6433-07, con criterios de fallas estructurales y de impactos ambientales que afectan a la estructura vial del camino rural, identificando así los puntos o sitios donde existe un nivel de afectación, categorizado en tres niveles de severidad, bajo, medio y alto, niveles de severidad de la estructura vial analizados por Elizondo (2010) en la curva de deterioro típica de condición de la vía, con el análisis de los niveles de severidad se logra establecer los factores de intervención

para la rehabilitación de la estructura vial del camino rural definidos como (RI) Rehabilitación Integral, para los tramos considerados con un nivel de afectación alto, (MR) Mantenimiento Rutinario, para los tramos considerados con un nivel de afectación medio y (MP) Mantenimiento preventivo, para los tramos considerados con un nivel de afectación bajo.

- La metodología propuesta, fue aplicada a un estudio de caso en la vía Chilla – Guanazan, dando como resultado de la investigación que los tipos de fallas con niveles de severidad alto, destacan el ahuellamiento y cunetas sin protección o sin cunetas, para lo cual se requiere realizar una rehabilitación integra (RI), para las fallas con niveles de severidad medios, destacan también el ahuellamiento, cunetas sin protección o sin cunetas, baches y deslaves de talud, para lo cual se requiere realizar un mantenimiento rutinario (MR), finalmente las fallas con niveles de severidad bajos, destacan a cunetas con protección sin mantenimiento, baches, cunetas sin protección o sin cunetas y drenaje inadecuado, para lo cual se requiere realizar un mantenimiento preventivo (MP).
- Los resultados obtenidos de la propuesta metodológica aplicada a un estudio de caso como lo es la vía Chilla – Guanazan afianzaron los criterios expuestos logrando así verificar la hipótesis planteada.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con investigaciones relacionadas a la elaboración de propuestas metodológicas para la rehabilitación de estructuras viales que mejore las condiciones de las carreteras rurales, en los contextos descritos en este documento para que sea aplicado a otros caminos rurales.
- Se recomienda aplicar esta metodología de análisis para la rehabilitación de estructuras viales que mejore las condiciones de las carreteras rurales a otros casos de estudios con similares condiciones y realizar análisis comparativos de los resultados obtenidos con esta metodología con el fin a afianzar o mejorar los criterios expuestos.
- Difundir los conocimientos expuestos en la presente investigación para que estos sean puesto a consideración de los administradores viales como una herramienta útil de administración, planificación y aplicación para la rehabilitación de estructuras viales que mejore las condiciones de las carreteras rurales., para planificar y ejecutar actividades de mantenimiento preventivo, mantenimiento rutinario y rehabilitación integral.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- AASHTO. (1993). *Guide for design pavement structures 1993* (p. 624). AASHTO.
https://www.academia.edu/8014419/Guidelines_for_1993_AASHTO_Pavement_Design
- AASHTO. (2008). Mechanistic Empirical Pavement Design Guide-Manual of practice. In American Association of State Highway and Transportation Officials (Ed.), *American Association of State Highway and Transportation Officials* (Interim Es, Issue July). American Association of State Highway and Transportation Officials.
<https://doi.org/10.17226/21960>
- AMA. (2016). ASFALTICA REVISTA TÉCNICA NRO. 47. *ASFALTICA Revista Técnica*, 1–64.
- ANE. (2018a). *Reglamento Ley Sistema Infraestructura Vial Del Transporte Terrestre*.
www.lexis.com.ec
- ANE. (2018b). Reglamento Ley Sistema Infraestructura Vial Del Transporte Terrestre. In *Registro Oficial Ecuador: Vol. Decreto Ej*.
https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/LOTAIP_8_REGLAMENTO-LEY-ORGANICA-SISTEMA-INFRAESTRUCTURA-VIAL-DEL-TRANSPORTE.pdf
- ASTM- D 6433-07. (2007). Standard practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. In *ASTM-D 6433-07* (p. 48).
- ASTM- D 6433-11. (2011). Standard practice for Roads and Parking lot Pavement Condition Index Surveys. *ASTM*, 42, 48. <https://doi.org/10.1520/D6433-11.2>
- Bonaquist, R. (1992). Summary of Pavement Performance Test Using the Accelerated Loading Facility, 1986 - 1990. *Transportation Research Record*, 1354, 74–85.
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas, J. (2019). Ingeniería de tránsito, Fundamentos y aplicaciones. In *Alfaomega Grupo Editor S.A. de C.V. Mexico* (Vol. 53, Issue 9).
- Campagnoli, S. (2017). Innovación En Métodos De Pavimentación: Casos Regionales. *Revista de Ingeniería*, 45, 22–31. <https://doi.org/10.16924/revinge.45.4>
- Coria Gutiérrez, C. A., Hernández Domínguez, R. I. , & Garnica Anguas, P. (2018). Teorías para calcular esfuerzos, deformaciones y deflexiones en pavimentos flexibles: un enfoque mecanicista. In *IMT Instituto Mexicano del Transporte* (Issue 72, p. 305).
- Corporación Andina de Fomento. (2012). Mantenimiento Vial. Informe Sectorial. In

ProQuest (Vol. 1).

- Elizondo, F. (2010). Costa Rica necesita más alternativas de mantenimiento para carreteras. In *PITRA*.
- FHWA. (2006). Geotechnical aspects of pavements. *Federal Highway Administration, 132040*, 598.
<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Geotechnical+Aspects+of+Pavements#1>
- Fienco Jalca, M. A., Bravo Mera, B. S., Guachisaca Contento, V. E., Jaramillo Pintado, E. A., & Fienco Jalca, V. E. (2017). Elementos Originales En El Diseño Geométrico De Carreteras. *Ingeniería y Tecnología, 1*(978-84-947995-2-5), 14.
<https://doi.org/10.17993/ingytec.2017.22>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. In S. A. D. C. V. E. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES (Ed.), *Mc Graw Hill* (Sexta Edic, Vol. 6, Issue 1).
- Keller, G., & Sherar, J. (2004). *Ingeniería de Caminos Rurales* (IMT Instituto Mexicano del Transporte (ed.); Primera). IMT Instituto Mexicano del Transporte.
<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/Libro/lb4.pdf>
- Leiva, F., Pérez, E., Aguiar, J., & Loría, L. (2017). Permanent deformation model for pavement condition assessment. *Revista Ingeniería de Construcción, 32*(1), 37–46.
<https://doi.org/10.4067/s0718-50732017000100004>
- Lind, D. A., Marchal, W. G., Wathen, S. A., Iván, J., Sánchez -Farley, J., Rojas, S., Julieth, R.-H., Galvis, O., Iván Jiménez Sánchez, J., Sary, F., Restrepo, R., Julieth, H., Scherger, V. P., Arbelaez R, M. A., Zulet J, L. A., Velazco M, A., Rosales R, M. F., Dominguez G, C., Economicas, D. E. C., ... Analisis, E. N. E. L. (2014). Estadística aplicada a los Negocios Y La Economía. In McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES (Ed.), *Ciencia y Sociedad: Vol. XVI* (Issue 4). The McGRAW HILL.
- Llanos, D. (2017). Los nanotubos de carbono como nueva alternativa de aplicación para mejorar la resistencia a la fatiga o reducir fisuramiento en diseño de pavimentos rígidos con concreto hidráulico. In *Universidad Tecnica Particular de Loja*.
UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA.
- López, N., & Sandoval, I. (2015). Aging male symptoms scale (AMS) for health-related quality of life in aging men: Translation and adaptation in Malay. *Malaysian Journal of Public Health Medicine, 15*(2), 17–23.

- María, J., Tordesillas, C., & Garmendia Antín, M. (2008). Carreteras-Planeamiento. Algunas Claves De La Evolución Histórica De Una Relación Imperfecta Highway-Urban Planning. Some Keys of the Historical Evolution of an Imperfect Relation. *CIUDADES*, 11, 33–51.
- Moreno, M., Guillermo, J., Aquino, E., Chaussee, D., Eugenia, M., Lara, M., & Alberto, G. (2007). El aprendizaje activo en ingeniería química, trabajo estudiantil en equipo. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 22(2), 84–93.
- MTOP. (2002). *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes - Mop - 001-F 2002*. http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/01-07-2013_ConcursoPublico_StoDomingo-Esmeraldas-Especificaciones-Tecnicas.pdf
- MTOP. (2003). *Normas de diseño geométrico de carreteras - 2003*. 1, 100.
- Muñoz, C. (2011). *CÓMO ELABORAR Y ASESORAR UNA INVESTIGACIÓN DE TESIS* (L. Gaona (ed.); Segunda Ed). Pearson Prentice Hall.
- Rama Labrado, F. (2008). Historia de los pavimentos urbanos El autor de este artículo nos resume la historia de los pavimentos urbanos desde la antigüedad hasta el. *CIMBRA*, volumen 1, 10.
- Ramos, C. A. (2015). Los paradigmas de la investigación científica. *Avances En Psicología*, 23(1), 9–17. <https://doi.org/10.33539/avpsicol.2015.v23n1.167>
- Rondón Quintana, H. A., & Reyes Lizcano, F. A. (2007). Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: Tendencias, alcances y limitaciones. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 17(2), 41–65. <https://doi.org/10.18359/rcin.1074>
- Sánchez-Cotte, E. H., Torres-Chueco, G. M., & Esquivel-Ramírez, R. E. (2019). Performance of a granular material stabilized with cement when compressive loading is applied. *Tecnura*, 23(60), 59–71.
- Silva-Balaguera, A., Leguizamón, O. D., & Valiente, L. L. (2018). Gestión de pavimentos basado en Sistemas de Información geográfica (SIG): una revisión. *Ingeniería Solidaria*, 14(26). <https://doi.org/10.16925/in.v14i26.2417>
- Tancara, C. (2008). La Investigación Documental. *Versión On-Line ISSN 2413-5720*, 16.

INDICE DE ANEXOS

| | |
|-----------------------|-----------|
| ANEXO: 1 | 89 |
| ANEXO: 2 | 91 |
| ANEXO: 3 | 92 |
| ANEXO: 4 | 94 |
| ANEXO: 5 | 96 |

ANEXOS

ANEXO: 1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

Calidad, Pertinencia y Calidez

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL, MENCIÓN VIALIDAD

ANEXO 1. Formulario de encuesta a los habitantes de la parroquia Guanazan y cabecera cantonal Chilla

Con el objetivo de conocer la influencia de la planificación de la vía rural tramo Chilla-Guanazan, le recordamos que sus respuestas serán tratadas con toda la confiabilidad del caso.

Datos Informativos

Nombres: _____

Sector: _____ Fecha: _____

De las opciones siguientes seleccione una respuesta.

1. ¿Cuál es el medio de transporte que más utiliza para desplazarse en la ciudad?

| Nº | Transporte | RESPUESTA |
|----|---------------------|-----------|
| 1 | Vehículo propio | |
| 2 | Vehículo particular | |
| 3 | Buses | |
| 4 | Taxis | |
| 5 | Motos | |
| 6 | Bicicleta | |
| 7 | Otros | |

2. ¿Por qué motivo acceden a las vías los usuarios?

| Nº | Origen-Destino | RESPUESTA |
|----|----------------|-----------|
| 1 | Laboral | |
| 2 | Educación | |
| 3 | Comercio | |
| 4 | Recreación | |
| 5 | Otros | |

3. ¿Cuánto tardan en llegar a su destino?

| Nº | Origen-Destino | RESPUESTA |
|----|----------------|-----------|
| 1 | 0 - 15 min | |
| 2 | 15 - 30 min | |
| 3 | 30 - 60 min | |
| 4 | +60 min | |

4. ¿Cuál es el nivel de servicio de la vía?

| Nº | Nivel de servicio | Condición de flujo | Velocidad máxima de circulación | RESPUESTA |
|----|-------------------|----------------------|---------------------------------|-----------|
| 1 | A | Flujo libre | 100 Km/h | |
| 2 | B | Flujo estable | 80 Km/h | |
| 3 | C | Flujo estable | 65 Km/h | |
| 4 | D | Flujo casi inestable | 55 Km/h | |
| 5 | E | Flujo inestable | 45 Km/h | |
| 6 | F | Flujo forzado | 40 Km/h | |

ANEXO: 2



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

Calidad, Pertinencia y Calidez

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL, MENCIÓN VIALIDAD

Tramo de la vía: _____

Sentido: _____

Ubicación: _____

Fecha: _____

3.4 Formato de Aforo de volúmenes de tráfico.

| Hora | Periodo | | Bicicleta | Motos | Autos | Camioneta | Camiones | |
|-------------|---------|------|--|--|---|--|--|--|
| | Inicio | Fin |  |  |  |  |  | |
| Cada 15 min | | | | | | | | |
| | 1 | 6:00 | 6:15 | | | | | |
| | | 6:15 | 6:30 | | | | | |
| | | 6:30 | 6:45 | | | | | |
| | | 6:45 | 7:00 | | | | | |
| 2 | 7:00 | 7:15 | | | | | | |
| | 7:15 | 7:30 | | | | | | |
| | 7:30 | 7:45 | | | | | | |
| | 7:45 | 8:00 | | | | | | |
| | 3 | 8:00 | 8:15 | | | | | |
| 8:15 | | 8:30 | | | | | | |
| 8:30 | | 8:45 | | | | | | |
| 8:45 | | 9:00 | | | | | | |

ANEXO: 3

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA | | | | | | | | | | | |
|--|--|--------------------------|-----------|-------------------|-------------|--------------|------|-----------|--|-----------|---------------|
| CENTRO DE POSGRADOS | | | | | | | | | | | |
| FORMATO PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DEL CAMINO RURAL | | | | | | | | | | | |
| 1 | AHUELLAMIENTO | | | | | | | | | | |
| 2 | BACHES | | | | | | | | | | |
| 3 | DESLAVES DE TALUD | | | | | | | | | | |
| 4 | DESLAVES DE ESTRUCTURA DE PAV | | | | | | | | | | |
| 5 | CUNETAS CON PROTECCIÓN SIN MANTENIMIENTO | | | | | | | | | | |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | | | | | | | | | | |
| 7 | AFLUENTES DE AGUA | | | | | | | | | | |
| 8 | FUERTES CORTES DE TALUD | | | | | | | | | | |
| 9 | CRUCE DE QUEBRADAS | | | | | | | | | | |
| 10 | ALCANTARILLAS SIN MANTENIMIENTO | | | | | | | | | | |
| 11 | DRENAJE INADECUADO | | | | | | | | | | |
| 12 | GENERACIÓN DE POLVO | | | | | | | | | | |
| 13 | PASO DE ANIMALES | | | | | | | | | | |
| 14 | EROSIÓN | | | | | | | | | | |
| ABSCISA | Pto. GPS | DIMENSIONES DE LAS LOSAS | | Pto. Localización | COORDENADAS | | COTA | DETALLE | | SEVERIDAD | OBSERVACIONES |
| | | Largo (m) | Ancho (m) | | ESTE | NORTE | | CODIGO DE | TIPO DE FALLA | | |
| 0+170 | 1 | 20 | 6 | 1 | 657895.440 | 9617872.878 | 2380 | 1 | AHUELLAMIENTO | M | |
| 0+350 | 2 | 60 | 6 | 2 | 657975.520 | 9617839.788 | 2383 | 1 | AHUELLAMIENTO | A | |
| 0+350 | 3 | 60 | 0.5 | 3 | 657975.520 | 9617839.788 | 2383 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | |
| 0+880 | 4 | 50 | 6 | 4 | 658261.071 | 9617526.755 | 2387 | 1 | AHUELLAMIENTO | A | |
| 0+880 | 5 | 50 | 6 | 5 | 658261.071 | 961752.676 | 2387 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | A | |
| 1+260 | 6 | 6 | 1 | 6 | 658364.222 | 96173289.280 | 2390 | 3 | DESLAVES DE TALUD | B | |
| 1+260 | 7 | 6 | 1 | 7 | 658364.222 | 9617328.928 | 2390 | 5 | CUNETAS CON PROTECCIÓN SIN MANTENIMIENTO | B | |
| 1+500 | 8 | 60 | 6 | 8 | 658576.293 | 9617350.848 | 2390 | 1 | AHUELLAMIENTO | A | |
| 1+750 | 9 | 50 | 6 | 9 | 658822.404 | 9617243.871 | 2390 | 2 | BACHES | M | |
| 2+130 | 10 | 50 | 1 | 10 | 659065.926 | 9616927.198 | 2401 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | A | |
| 2+584 | 11 | 50 | 1 | 11 | 659188.251 | 9616477.424 | 2420 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | A | |
| 3+104 | 12 | 6 | 1 | 12 | 658845.636 | 9616198.383 | 2455 | 8 | FUERTES CORTES DE TALUD | B | |
| 3+600 | 13 | 30 | 6 | 13 | 658871.215 | 9616263.803 | 2472 | 1 | AHUELLAMIENTO | B | |
| 3+686 | 14 | 10 | 3 | 14 | 658845.636 | 9616198.383 | 2472 | 2 | BACHES | B | |
| 3+686 | 15 | 8 | 1 | 15 | 658845.636 | 9616198.383 | 2472 | 3 | DESLAVES DE TALUD | M | |
| 3+775 | 16 | 8 | 6 | 16 | 658806.826 | 9616079.033 | 2472 | 2 | BACHES | M | |
| 3+850 | 17 | 10 | 3 | 17 | 658763.913 | 9616055.157 | 2472 | 1 | AHUELLAMIENTO | M | |
| 3+850 | 18 | 30 | 3 | 18 | 658763.913 | 9616055.157 | 2472 | 4 | DESLAVES DE ESTRUCTURA DE PAV | M | |
| 3+970 | 19 | 30 | 1 | 19 | 658771.560 | 9615987.726 | 2470 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | A | |
| 3+970 | 20 | 50 | 6 | 20 | 658771.560 | 9615987.726 | 2470 | 1 | AHUELLAMIENTO | M | |
| 4+170 | 21 | 3 | 3 | 21 | 659029.885 | 9615880.397 | 2463 | 10 | ALCANTARILLAS SIN MANTENIMIENTO | M | |
| 4+285 | 22 | 5 | 2 | 22 | 659127.818 | 9615855.271 | 2459 | 3 | DESLAVES DE TALUD | M | |
| 4+285 | 23 | 10 | 3 | 23 | 659127.818 | 9615855.271 | 2459 | 2 | BACHES | B | |
| 4+375 | 24 | 10 | 3 | 24 | 659159.058 | 9615845.714 | 2459 | 3 | DESLAVES DE TALUD | A | |
| 4+575 | 25 | 60 | 1 | 25 | 659284.264 | 9615652.295 | 2455 | 12 | GENERACIÓN DE POLVO | B | |
| 4+730 | 26 | 50 | 2 | 26 | 659314.738 | 9615530.731 | 2455 | 3 | DESLAVES DE TALUD | M | |
| 4+875 | 27 | 100 | 6 | 27 | 659332.725 | 9615331.443 | 2450 | 12 | GENERACIÓN DE POLVO | B | |
| 5+030 | 28 | 200 | 6 | 28 | 659271.746 | 9615234.366 | 2450 | 9 | CRUCE DE QUEBRADAS | A | |
| 5+095 | 29 | 60 | 3 | 29 | 659322.051 | 9615219.822 | 2451 | 7 | AFLUENTES DE AGUA | B | |
| 5+250 | 30 | 200 | 1 | 30 | 659469.882 | 9615207.423 | 2448 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | B | |
| 5+380 | 31 | 50 | 3 | 31 | 659581.122 | 9615187.642 | 2444 | 1 | AHUELLAMIENTO | B | |
| 5+590 | 32 | 10 | 2 | 32 | 659770.945 | 9615083.671 | 2440 | 3 | DESLAVES DE TALUD | B | |
| 6+400 | 33 | 200 | 1 | 33 | 660212.587 | 9615662.945 | 2475 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | |
| 6+500 | 34 | 15 | 2 | 34 | 660295.935 | 9615698.266 | 2481 | 12 | GENERACIÓN DE POLVO | B | |
| 6+730 | 35 | 150 | 2 | 35 | 660412.761 | 9615530.871 | 2487 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | |
| 7+075 | 36 | 60 | 6 | 36 | 660587.690 | 9615382.073 | 2478 | 1 | AHUELLAMIENTO | M | |
| 7+075 | 37 | 60 | 2 | 37 | 660587.690 | 9615382.073 | 2478 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | |
| 7+260 | 38 | 20 | 6 | 38 | 660749.066 | 9615407.728 | 2477 | 1 | AHUELLAMIENTO | M | |
| 7+260 | 39 | 150 | 2 | 39 | 660749.066 | 9615407.728 | 2477 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | |
| 7+400 | 40 | 50 | 1 | 40 | 660914.660 | 9615366.327 | 2474 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | B | |
| 7+800 | 41 | 80 | 6 | 41 | 661002.367 | 9615619.922 | 2464 | 1 | AHUELLAMIENTO | A | |
| 7+800 | 42 | 80 | 1 | 42 | 661002.367 | 9615619.922 | 2464 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------|-----|---|----|--|-------------|------|----|--|---|--|
| 7+880 | 43 | 120 | 3 | 43 | 660972.256 | 9615685.316 | 2460 | 3 | DESPLAVES DE TALUD | M | |
| 8+315 | 44 | 80 | 2 | 44 | 661231.137 | 9615989.012 | 2437 | 11 | DRENAJE INADECUADO | M | |
| 8+775 | 45 | 60 | 6 | 45 | 661676.181 | 9616010.382 | 2412 | 2 | BACHES | M | |
| 8+775 | 46 | 60 | 1 | 46 | 661676.181 | 9616010.382 | 2412 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | |
| 8+975 | 47 | 30 | 2 | 47 | 661746.321 | 9615910.476 | 2400 | 14 | EROSIÓN | M | |
| 9+135 | 48 | 120 | 1 | 48 | 661744.821 | 9615735.082 | 2390 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | |
| 9+290 | 49 | 60 | 3 | 49 | 661766.552 | 9615598.617 | 2387 | 2 | BACHES | B | |
| 9+290 | 50 | 60 | 1 | 50 | 661766.552 | 9615598.617 | 2387 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | |
| 9+590 | 51 | 120 | 3 | 51 | 661829.474 | 9615407.695 | 2366 | 11 | DRENAJE INADECUADO | B | |
| 10+000 | 52 | 120 | 3 | 52 | 662162.636 | 9615276.262 | 2353 | 11 | DRENAJE INADECUADO | B | |
| 10+185 | 53 | 100 | 4 | 53 | 662159.160 | 9615461.247 | 2357 | 11 | DRENAJE INADECUADO | A | |
| 10+365 | 54 | 150 | 1 | 54 | 662290.754 | 9615378.045 | 2365 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | B | |
| 10+535 | 55 | 120 | 6 | 55 | 662401.823 | 9615199.592 | 2367 | 1 | AHUELLAMIENTO | M | |
| 10+535 | 56 | 120 | 1 | 56 | 662401.823 | 9615199.592 | 2367 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | |
| 10+880 | 57 | 50 | 6 | 57 | 662493.409 | 9615405.595 | 2372 | 2 | BACHES | B | |
| 10+880 | 58 | 80 | 2 | 58 | 662493.409 | 9615405.595 | 2372 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | |
| 10+960 | 59 | 10 | 1 | 59 | 662533.797 | 9615458.151 | 2372 | 5 | CUNETAS CON PROTECCIÓN SIN MANTENIMIENTO | B | |
| 12+200 | 60 | 300 | 6 | 60 | 663323.738 | 9615444.195 | 2400 | 1 | AHUELLAMIENTO | A | |
| 12+200 | 61 | 300 | 1 | 61 | 663323.738 | 9615444.195 | 2400 | 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | A | |
| 12+435 | 62 | 120 | 2 | 62 | 663503.302 | 9615593.964 | 2413 | 11 | DRENAJE INADECUADO | B | |
| 13+080 | 63 | 80 | 1 | 63 | 663419.237 | 9616080.397 | 2472 | 5 | CUNETAS CON PROTECCIÓN SIN MANTENIMIENTO | B | |
| 13+330 | 64 | 80 | 1 | 64 | 663607.793 | 9616550.200 | 2579 | 5 | CUNETAS CON PROTECCIÓN SIN MANTENIMIENTO | B | |
| NIVELES DE SEVERIDAD | | | | | PROGRAMA DE MAESTRÍA DE INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN VIALIDAD | | | | | | |
| A | NIVEL DE SEVERIDAD ALTA | | | | | | | | | | |
| M | NIVEL DE SEVERIDAD MEDIA | | | | | | | | | | |
| B | NIVEL DE SEVERIDAD BAJA | | | | | | | | | | |
| | | | | | MAESTRANTE: Alex Fabricio Pindo Velepucha | | | | | | |
| | | | | | COHORTE: Primera | | | | | | |

ANEXO: 4

| HOJA DE DATOS DE LA ENCUESTA DE LA CONDICIÓN DEL CAMINO RURAL PARA LA UNIDAD DE MUESTRA | | | | | | |
|---|---|------------------|-----|----------------------|-----------|---------------------------------|
| FALLAS ESTRUCTURALES | | | | IMPACTOS AMBIENTALES | | |
| 1 | AHUELLAMIENTO | | | | 7 | AFLUENTES DE AGUA |
| 2 | BACHES | | | | 8 | FUERTES CORTES DE TALUD |
| 3 | DESLAVES DE TALUD | | | | 9 | CRUCE DE QUEBRADAS |
| 4 | DESLAVES DE ESTRUCTURA DE PAV | | | | 10 | ALCANTARILLAS SIN MANTENIMIENTO |
| 5 | CUNETAS CON PROTECCIÓN SIN MANTENIMIENT | | | | 11 | DRENAJE INADECUADO |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | | | | 12 | GENERACIÓN DE POLVO |
| | | | | | 13 | PASO DE ANIMALES |
| | | | | | 14 | EROSIÓN |
| Tipo de Falla | Severidad | AREA AFECTADA m2 | | | Density % | Deduct Value |
| | | L | A | Area | | |
| 2 | M | 20 | 6 | 120 | 0.083% | 66.00 |
| 1 | A | 60 | 6 | 360 | 0.249% | 100.00 |
| 6 | M | 60 | 0.5 | 30 | 0.021% | 66.00 |
| 1 | A | 50 | 6 | 300 | 0.207% | 100.00 |
| 6 | A | 50 | 6 | 300 | 0.207% | 100.00 |
| 3 | B | 6 | 1 | 6 | 0.004% | 33.00 |
| 5 | B | 6 | 1 | 6 | 0.004% | 33.00 |
| 1 | A | 60 | 6 | 360 | 0.249% | 100.00 |
| 2 | M | 50 | 6 | 300 | 0.207% | 66.00 |
| 6 | A | 50 | 1 | 50 | 0.035% | 100.00 |
| 6 | A | 50 | 1 | 50 | 0.035% | 100.00 |
| 8 | B | 6 | 1 | 6 | 0.004% | 33.00 |
| 1 | B | 30 | 6 | 180 | 0.124% | 33.00 |
| 2 | B | 10 | 3 | 30 | 0.021% | 33.00 |
| 3 | M | 8 | 1 | 8 | 0.006% | 66.00 |
| 2 | M | 8 | 6 | 48 | 0.033% | 66.00 |
| 1 | M | 10 | 3 | 30 | 0.021% | 66.00 |
| 4 | M | 30 | 3 | 90 | 0.062% | 66.00 |
| 6 | A | 30 | 1 | 30 | 0.021% | 100.00 |
| 1 | M | 50 | 6 | 300 | 0.207% | 66.00 |
| 10 | M | 3 | 3 | 9 | 0.006% | 66.00 |
| 3 | M | 5 | 2 | 10 | 0.007% | 66.00 |
| 2 | B | 10 | 3 | 30 | 0.021% | 33.00 |
| 3 | A | 10 | 3 | 30 | 0.021% | 100.00 |
| 12 | B | 60 | 1 | 60 | 0.041% | 33.00 |
| 3 | M | 50 | 2 | 100 | 0.069% | 66.00 |
| 12 | B | 100 | 6 | 600 | 0.415% | 33.00 |
| 9 | A | 200 | 6 | 1200 | 0.830% | 100.00 |
| 7 | B | 60 | 3 | 180 | 0.124% | 33.00 |
| 6 | B | 200 | 1 | 200 | 0.138% | 33.00 |
| 1 | B | 50 | 3 | 150 | 0.104% | 33.00 |
| 3 | B | 10 | 2 | 20 | 0.014% | 33.00 |
| 6 | M | 200 | 1 | 200 | 0.138% | 66.00 |
| 12 | B | 15 | 2 | 30 | 0.021% | 33.00 |

ANEXO: 5

PLAN DE MANTENIMIENTO VIAL, PARA CAMINO RURAL (PMVCR)

| RI | Rehabilitación Integral | ALTO : A | | | |
|---------------|--|-----------------|----------------------|-------------------|---|
| MR | Mantenimiento Rutinario | MEDIO: M | | | |
| MP | Mantenimiento Preventivo | BAJO: B | | | |
| Tipo de Falla | Descripción de la falla | Severidad | Nivel de Mantenimien | Temporalidad | Descripción del Mantenimiento |
| 1 | AHUELLAMIENTO | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de estructura de la vía en zona crítica |
| 1 | AHUELLAMIENTO | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de estructura de la vía en zona crítica |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de cuenta con revestimiento de HoSo. |
| 1 | AHUELLAMIENTO | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de estructura de la vía en zona crítica |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de cuenta con revestimiento de HoSo. |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de cuenta con revestimiento de HoSo. |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de cuenta con revestimiento de HoSo. |
| 3 | DES LAVES DE TALUD | A | RI | Periodo de diseño | Diseño para estabilizar el talud |
| 9 | CRUCE DE QUEBRADAS | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de alcantarilla |
| 1 | AHUELLAMIENTO | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de estructura de la vía en zona crítica |
| 11 | DRENAJE INADECUADO | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de cuenta con revestimiento de HoSo. |
| 1 | AHUELLAMIENTO | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de estructura de la vía en zona crítica |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | A | RI | Periodo de diseño | Diseño de cuenta con revestimiento de HoSo. |
| 3 | DES LAVES DE TALUD | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza de calzada y cuneta |
| 5 | CUNETAS CON PROTECCIÓN SIN MANTENIMIENTO | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza de cuentas |
| 8 | FUERTES CORTES DE TALUD | B | MP | c/d 6 meses | Reforestación de talud prevencion de la erosión |
| 1 | AHUELLAMIENTO | B | MP | c/d 6 meses | Lastrado |
| 2 | BACHES | B | MP | c/d 6 meses | Resanteo |
| 2 | BACHES | B | MP | c/d 6 meses | Resanteo |
| 12 | GENERACIÓN DE POLVO | B | MP | c/d 6 meses | Riego de imprimación |
| 12 | GENERACIÓN DE POLVO | B | MP | c/d 6 meses | Riego de imprimación |
| 7 | AFLUENTES DE AGUA | B | MP | c/d 6 meses | Construcción de cuenta y subdren |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | AHUELLAMIENTO | B | MP | c/d 6 meses | Lastrado |
| 3 | DES LAVES DE TALUD | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza de calzada y cuneta |
| 12 | GENERACIÓN DE POLVO | B | MP | c/d 6 meses | Riego de imprimación |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 2 | BACHES | B | MP | c/d 6 meses | Resanteo |
| 11 | DRENAJE INADECUADO | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 11 | DRENAJE INADECUADO | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 2 | BACHES | B | MP | c/d 6 meses | Resanteo |
| 5 | CUNETAS CON PROTECCIÓN SIN MANTENIMIENTO | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza de cuentas |
| 11 | DRENAJE INADECUADO | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 5 | CUNETAS CON PROTECCIÓN SIN MANTENIMIENTO | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza de cuentas |
| 5 | CUNETAS CON PROTECCIÓN SIN MANTENIMIENTO | B | MP | c/d 6 meses | Limpieza de cuentas |
| 2 | BACHES | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Lim |
| 2 | BACHES | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 3 | DES LAVES DE TALUD | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza de calzada y cuneta |
| 2 | BACHES | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 1 | AHUELLAMIENTO | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 4 | DES LAVES DE ESTRUCTURA DE PAV | M | MR | c/d 3 meses | Reconformación de la estructura |
| 1 | AHUELLAMIENTO | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 10 | ALCANTARILLAS SIN MANTENIMIENTO | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza de alcantarilla |
| 3 | DES LAVES DE TALUD | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza de calzada y cuneta |
| 3 | DES LAVES DE TALUD | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza de calzada y cuneta |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | AHUELLAMIENTO | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | AHUELLAMIENTO | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 3 | DES LAVES DE TALUD | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza de calzada y cuneta |
| 11 | DRENAJE INADECUADO | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 2 | BACHES | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 14 | EROSIÓN | M | MR | c/d 3 meses | Riego de imprimación |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 1 | AHUELLAMIENTO | M | MR | c/d 3 meses | Lastrado y resanteo |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |
| 6 | CUNETAS SIN PROTECCIÓN O SIN CUNETAS | M | MR | c/d 3 meses | Limpieza y reconstrucción de cunetas |