



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EN LA VÍA  
TRANSNVERSAL SUR E-50 EN EL TRAMO LA AVANZADA-TORATA,  
CANTÓN SANTA ROSA**

**ERAS ORTEGA ANDY DAMIAN  
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EN LA  
VÍA TRASNVERSAL SUR E-50 EN EL TRAMO LA AVANZADA-  
TORATA, CANTÓN SANTA ROSA**

**ERAS ORTEGA ANDY DAMIAN  
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTOS TÉCNICOS**

**EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EN LA  
VÍA TRANSVERSAL SUR E-50 EN EL TRAMO LA AVANZADA-  
TORATA, CANTÓN SANTA ROSA**

**ERAS ORTEGA ANDY DAMIAN  
INGENIERO CIVIL**

**SANCHEZ MENDIETA CARLOS EUGENIO**

**MACHALA  
2024**

# EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EN LA VÍA TRASNVERSAL SUR E- 50 DEL TRAMO LA AVANZADA- TORATA, CANTÓN SANTA ROSA

*por Andy Eras*

---

**Fecha de entrega:** 31-jul-2024 10:13a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2425329873

**Nombre del archivo:** ANDY\_ERAS\_ORTEGA.pdf (5.31M)

**Total de palabras:** 19836

**Total de caracteres:** 105675

# EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EN LA VÍA TRASNVERSAL SUR E-50 DEL TRAMO LA AVANZADA- TORATA, CANTÓN SANTA ROSA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

**3** %

INDICE DE SIMILITUD

%

FUENTES DE INTERNET

%

PUBLICACIONES

**3** %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to University of Zakho</b> Trabajo del estudiante	< <b>1</b> %
<b>2</b>	<b>Submitted to Submitted on 1685414674649</b> Trabajo del estudiante	< <b>1</b> %
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Internacional SEK</b> Trabajo del estudiante	< <b>1</b> %
<b>4</b>	<b>Submitted to Webster University</b> Trabajo del estudiante	< <b>1</b> %
<b>5</b>	<b>Submitted to Intercollege</b> Trabajo del estudiante	< <b>1</b> %
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador</b> Trabajo del estudiante	< <b>1</b> %
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional Autonoma de Chota</b> Trabajo del estudiante	< <b>1</b> %

**8** Submitted to American University of the Middle East <1%  
Trabajo del estudiante

---

**9** Submitted to Centro de Formación Técnica CENCO S.A. <1%  
Trabajo del estudiante

---

**10** Submitted to UNIBA <1%  
Trabajo del estudiante

---

**11** Submitted to University of Malaya <1%  
Trabajo del estudiante

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

< 40 words

Excluir bibliografía

Apagado



## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

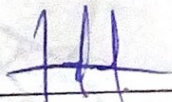
El que suscribe, ERAS ORTEGA ANDY DAMIAN, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EN LA VÍA TRASNVERSAL SUR E-50 DEL TRAMO LA AVANZADA-TORATA, CANTÓN SANTA ROSA, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



ERAS ORTEGA ANDY DAMIAN

0706113958

## **Dedicatoria**

El camino ha sido largo y lleno de experiencias, hay que recordar que somos una vez en la vida, y vivimos eternamente en las huellas que vamos dejando, este trabajo de titulación es dedicado para el Ser creador y Eterno que es DIOS, por haberme permitido llegar a este punto de mi vida y forjar mi vida.

Dedico este trabajo a mis Padres Joffre Eras y Piedad Ortega, por ser mis seres de luz por su inmenso amor por su arduo trabajo y sacrificio, siendo mi motivación para lograr mis objetivos, por todo su apoyo hacia mi persona por confiar en mi hasta el final, que sea una larga vida para retribuir todo su esfuerzo.

A mi familia especialmente a mis abuelos que, aunque algunos de ellos no estén aquí sus consejos me llegaron y me motivaron a ser una persona de bien.

Y a todas y cada una de las personas que busquen dejar su nombre plasmado en este camino llamado vida.

Con profundo amor...

*Andy Damian Eras Ortega*



## **Agradecimiento**

Desde lo más profundo de mi ser un agradecimiento especial al ser que brinda el sentido de la vida que ilumina los caminos que es nuestra guía, agradezco a DIOS por el soplo de vida que nos da en cada instante y ha permitido llegar a esta instancia.

A mis padres Joffre y Piedad por darme un lugar en sus vidas por inculcarme perseverancia, por sus múltiples consejos para que no decline en ningún momento durante todo este tiempo, por ser mi todo en esta vida gracias por haberme forjado con valores y principios para ser lo que soy a día de hoy.

Agradezco a Yaritza por ser luz en mi vida por ser mi compañera de aventuras durante esta vida universitaria por las risas y por todos los momentos brindados que se llevan en el corazón.

A los amigos que me dio la vida universitaria José Miguel, Joao, Steven, Jonathan y Daniela por su compañía y por las interminables risas que hicieron alegrar durante esta etapa de la vida.

A mis docentes por los conocimientos y experiencias impartidas que han sido la base para mi crecimiento en la vida académica y personal y un agradecimiento especial y mucha gratitud para mi tutor, el Ing. Carlos Eugenio Sánchez Mendieta por su guía, su apoyo incondicional y su profesionalismo en este trabajo por su determinación y exigencia que hicieron que me motivará a sacar lo mejor de mí.

*Andy Damian Eras Ortega*

## **Resumen**

La infraestructura vial es de gran importancia para el crecimiento social y económico dentro de un país, para brindar un adecuado servicio de vialidad. En este trabajo se plantea la Evaluación de la vía Transversal Sur E-50 en el tramo la Avanzada - Torata. Se ejecuta la metodología planteada, la cual consiste en una investigación bibliográfica, evaluación de las condiciones de la zona de estudio y propuesta de alternativas de mejoramiento y rehabilitación vial. La inspección Visual mediante el método de PCI índice de condición de pavimento refleja datos importantes de los tramos en mal estado los cuales fueron el punto de partida para la realización de ensayos destructivos en laboratorio con la finalidad de evaluar la estructura del pavimento y categorización del mismo. Los parámetros evaluados fueron necesarios para la propuesta de alternativas que generen un adecuado servicio de vialidad a largo plazo mediante el Software HDM-4, se logró procesar los datos obtenidos en la zona de estudio como características de la subrasante, tráfico promedio diario, aforo de vehículos y otros parámetros necesarios para la gestión de proyectos que busquen la rehabilitación y mejoramiento de la zona de estudio. Las alternativas recomendables son la rehabilitación total del tramo evaluado, también existe la rehabilitación parcial y la periódica por lo cual mediante la gestión de proyectos se evidencia que alternativa es factible, de mayor beneficio para los usuarios y que contribuya a la conservación vial logrando así un adecuado servicio de vialidad que beneficie al desarrollo de la sociedad.

Palabras clave: Vialidad, Evaluación, PCI, HDM-4, rehabilitación, mantenimiento, vía

## **Abstract**

Road infrastructure is of great importance for social and economic growth within a country, to provide adequate road service. In this work, the Evaluation of the Transversal Sur E-50 road in the La Avanzada - Torata section is proposed. The proposed methodology is executed, which consists of bibliographic research, evaluation of the conditions of the study area and proposal of alternatives for road improvement and rehabilitation. The Visual inspection using the PCI pavement condition index method reflects important data of the sections in poor condition which were the starting point for carrying out destructive tests in the laboratory with the purpose of evaluating the structure of the pavement and categorizing it. . The evaluated parameters were necessary for the proposal of alternatives that generate an adequate long-term road service through the HDM-4 Software, it was possible to process the data obtained in the study area such as subgrade characteristics, average daily traffic, traffic capacity. vehicles and other parameters necessary for the management of projects that seek the rehabilitation and improvement of the study area. The recommended alternatives are the total rehabilitation of the evaluated section, there is also partial and periodic rehabilitation, so through project management it is evident which alternative is feasible, of greater benefit to users and that contributes to road conservation, thus achieving a adequate road service that benefits the development of society.

**Keywords:** Roads, Evaluation, PCI, HDM-4, rehabilitation, maintenance, road

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	9
CAPÍTULO I.....	11
1. Planteamiento del problema.....	11
1.1 Tema de investigación .....	11
1.2 Línea Base del Proyecto .....	11
1.2.1 Localización territorial .....	11
1.2.2 Población.....	11
1.2.3 Geología .....	12
1.2.4 Uso y cobertura del suelo.....	13
1.2.5 Sistema hidrográfico .....	14
1.2.6 Amenazas y/o riesgos.....	14
1.2.7 Amenazas por Inundaciones.....	14
1.2.8 Red vial .....	15
1.2.9 Características de las vías.....	16
1.2.10 Situación Turística .....	16
1.3 Descripción de la situación problemática .....	17
1.3.1 Descripción del Problema. ....	17
1.4 Problema. ....	18
1.4.1 Problemas secundarios. ....	19
1.5 Delimitación del objeto de estudio. ....	19
1.5.1 Espacial. ....	19
1.6 Justificación. ....	20
1.7 Objetivos.....	21
1.7.1 Objetivo general.....	21
1.7.2 Objetivos específicos. ....	21
CAPÍTULO II .....	21
2. Marco teórico.....	21
2.1 Antecedentes contextuales.....	21
2.1.1 Macro .....	21
2.1.2 Meso.....	23
2.1.3 Micro.....	24
2.2 Antecedentes Conceptuales .....	25
2.2.1 Carretera .....	25
2.2.2 Vías Rurales.....	25
2.2.3 Pavimentos .....	26
2.2.4 Tipos de Pavimento.....	26
2.2.5 Pavimento Flexible .....	26
2.2.6 Componentes de un pavimento flexible.....	27
2.2.7 Deterioro del Pavimento flexible.....	27
2.2.8 Tipos de deterioros en pavimentos flexibles .....	27
2.2.9 Problemas de Pavimento .....	28
2.2.10 La rehabilitación del pavimento de las carreteras.....	29
2.2.11 Software HDM-4 .....	29

2.2.12	Índice de condición del pavimento PCI .....	30
2.2.13	Clasificación de Condición de Pavimento .....	30
2.2.14	Factores para Evaluar pavimentos .....	31
2.2.15	Propuesta metodológica .....	31
2.3	Antecedentes Referenciales .....	32
CAPÍTULO III .....		34
3.	Metodología .....	34
3.1	Modalidad básica de la investigación .....	34
3.2	Tipo de investigación .....	34
3.2.1	Investigación descriptiva .....	34
3.2.2	Investigación experimental .....	34
3.2.3	Investigación documental .....	34
3.3	Objeto de estudio .....	35
3.4	Descripción de la población y muestra .....	35
3.4.1	Población .....	35
3.4.2	Muestra .....	35
3.5	Métodos con los materiales utilizados .....	35
3.5.1	Método empírico .....	36
3.5.2	Método de evaluación .....	37
3.5.3	Procedimiento de los datos obtenidos .....	38
CAPÍTULO IV .....		39
4.	Análisis e interpretación de resultados .....	39
4.1	Información Bibliográfica obtenida .....	39
4.2	Evaluación de la Estructura de Pavimento en la zona de estudio .....	40
4.2.1	Ubicación de la Zona de Estudio .....	40
4.2.2	Datos del Tramo de estudio .....	40
4.2.3	Unidades de Muestreo .....	40
4.2.4	Proceso para el cálculo del PCI .....	41
4.2.5	Obtención de Datos en Zona de Estudio .....	41
4.2.6	Identificación de fallas en la Zona de Estudio .....	41
4.2.7	Registro de fallas de en el Software Evalpav .....	42
4.2.8	Categorización del PCI .....	44
4.2.9	Categorización del estado de la vía con la metodología PCI en el tramo de vía La Avanzada-Torata .....	45
4.2.10	Estudios en la Estructura de Pavimento .....	46
4.2.11	Aplicación del Ensayo Marshall .....	47
4.3	Propuesta de Mejoramiento y Rehabilitación .....	48
4.3.1	Plan de Mantenimiento y Mejoramiento Vial .....	48
4.3.2	Procesamiento de Datos y Resultados con el programa HDM-4 .....	49
4.3.3	Geometría Vial de la Zona de Estudio .....	50
4.3.4	Climatología de la zona de estudio .....	51
4.3.5	Flujo vehicular .....	52
4.3.6	Modelo de Trafico HDM-4 .....	52
4.3.7	Capacidad de la Vía y velocidad promedio .....	53
4.3.8	Características del firme .....	54
4.3.9	Características de los Vehículos que transitan por la zona .....	55
4.3.10	Características de los Vehículos .....	56

4.3.11	Costo Unitario operacional.....	57
4.4	Propuesta de Alternativas De Mejoramiento y Rehabilitación.....	58
4.4.1	Alternativa 1 .....	62
4.4.2	Alternativa 2 .....	62
4.4.3	Alternativa 3 .....	63
4.5	Resultados proporcionados por el Modelo HDM-4.....	63
5.	Conclusiones.....	64
6.	Referencias bibliograficas.....	65
7.	Anexos .....	69
7.1	Anexo: Resultados de Limites Liquido y plástico.....	69
7.3	Ensayo de CBR.....	71
7.4	Resultados del CBR en laboratorio.....	72
7.5	Ensayo de Penetración.....	72
7.6	Resultados del Ensayo Marshall en laboratorio.....	73
7.7	Cálculo de la Unidad de muestra .....	74
7.8	Ficha para Evaluación PCI .....	75
7.9	Software Evalpav para Evaluar PCI .....	76
7.9.1	Espacio de trabajo.....	76
7.10	Resultados obtenidos del PCI por cada tramo según el PCI.....	77
7.11	Clasificación del PCI por tramos .....	81
7.12	Fallas Registradas .....	82
7.13	Extracción de muestras y ensayos en laboratorio .....	83
7.13.1	Toma de Muestras en la zona de estudio .....	83
7.14	Ensayos del Laboratorio .....	84
7.14.1	Limites de Consistencia .....	84
7.14.2	Proctor y CBR .....	85
7.15	Extracción de las muestras para MARSHALL.....	86
7.16	Gestión del Proyecto en HDM-4 .....	87
7.16.1	Relación Volumen Capacidad por Periodo .....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Población Cantón Santa Rosa.....	12
Tabla 2.Clasificación del suelo por textura .....	12
Tabla 3.Cobertura del suelo cantonal .....	13
Tabla 4.Tipo de calzada de las vías de competencia municipal según localización.....	16
Tabla 5.Sitios naturales y manifestaciones culturales del cantón Santa Rosa. ....	16
Tabla 6.Clasificación del PCI .....	30
Tabla 7 Descripción del proceso metodológico.....	36
Tabla 8Escala de clasificación de las categorías de la Subrasante - CBR.....	37
Tabla 9 Clasificación del PCI.....	37
Tabla 10 Criterios de Evaluación.....	39
Tabla 11 Longitudes de unidades de muestreo asfálticas .....	40
Tabla 12 Fallas Registradas en la zona de Estudio .....	42
Tabla 13 Tramos en los que se encuentran comprendidas las unidades de muestreo.....	43
Tabla 14Resultados proporcionados por el Software Evalpav en cada unidad de muestra .....	44
Tabla 15Resultados obtenidos de PCI en la zona de estudio.....	45
Tabla 16 Resumen de Resultados obtenidos en el Laboratorio .....	47

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1Mapa de Localización del Cantón. ....	11
Ilustración 2.Mapa Hidrografía cantonal .....	14
Ilustración 3.Mapa de Red Vial Cantonal.....	15
Ilustración 4 :Estado de la Vía.....	18
Ilustración 5:Ubicación del objeto de estudio.....	19
Ilustración 6 Tipos de Fallas en Pavimentos.....	28
Ilustración 7:Propuesta metodológica.....	31



# INTRODUCCIÓN

## **Importancia del Tema**

La infraestructura vial es vital para reducir el hambre, disminuir la pobreza, y otorgar una mejor calidad de vida. El servicio que se ejecuta por carretera es un medio de transporte que ofrece traslado de recursos de diferente índole y se ejecuta puerta a puerta adecuado para la entrega de productos para la venta al público. La infraestructura vial tiene la capacidad de transformar la agricultura de supervivencia en un sistema agrícola comercial y multifacético que libere los potenciales que se encuentran en las zonas rurales. Se debe reconocer que una mayor o nueva infraestructura vial realmente fomenta el crecimiento económico es de gran importancia para una gestión eficiente de los proyectos de infraestructura vial. Al tener un buen servicio en los tramos de mayor de mayor demanda se logra el desarrollo en todos los sectores productivos que intervienen en la red vial. (Ben, 2019)

Los caminos y autopistas son carreteras necesarias para la circulación de insumos y mercancías, permitiendo que ciudades, provincias, parroquias y los productores agrícolas lleguen a conectarse entre sí. Esta circulación de producción por lo general se ejecuta por caminos laterales o caminos de terracería, por esta razón, la importancia de la conservación y mantenimiento de estas carreteras. Las carreteras en buen estado evidencian crecimiento económico y todos los beneficios que conlleva tener un servicio de vialidad adecuado ya que es el medio por el cual la sociedad se conecta entre sí. (Victor et al., 2020)

## **Actualidad del problema**

El pavimento por estar afectado a diversos factores que deterioran su estructura como factores climáticos, de diseño o antrópicos presentes y no permiten que este cumpla con su función, con fallas en su capa de rodadura. La función principal de la estructura del pavimento es mantener los deterioros, incluyendo el agrietamiento por fatiga y la deformación permanente, a un límite aceptable para que el pavimento pueda soportar la carga aplicada por vehículos y las repeticiones durante la duración del servicio. Además, la estructura en capas del pavimento garantiza que la presión de contacto del vehículo se distribuya de forma que las respuestas críticas en la capa inferior del pavimento sean bajas

para evitar daños graves. (Siaway Kwado Mensahn et al., 2022), al no cumplir las funciones por lo cual fue diseñado causa diferentes problemas al momento que los vehículos circulen sobre esta estructura de pavimento.

El insuficiente mantenimiento de la estructura del pavimento representa un riesgo vial, pero un adecuado y frecuente mantenimiento de la capa de rodadura permiten mantener una rugosidad que garantice la seguridad y la comodidad del vehículo al circular por dicha estructura. (Cango Mena & Zárate Torres, 2020)

### **Estructura del Trabajo**

En el Capítulo I se describe la situación actual, la problemática, causas originadas y sus efectos, se presenta la delimitación del objeto de estudio, que detalla la ubicación del proyecto y longitud del tramo de evaluación, para ello se fundamenta la investigación para cumplir los objetivos del Desarrollo Territorial de dicha zona de estudio, se muestran preguntas científicas que permiten destacar cuál es el alcance de este proyecto, su objetivo general y específicos dando a conocer el alcance de este proyecto.

En el capítulo II, se evidencia las bases teóricas investigadas, conceptos y artículos de diferentes autores los cuales se encuentran en contextos nacionales como internacionales, se hace énfasis en los resultados obtenidos por dichos autores dando relevancia a los aportes que estos nos proporcionan también se evidencian antecedentes contextuales los cuales se dividen en macro que son los de carácter internacional de gran relevancia los meso que son los que abarcan aquellos realizados en América Latina y los micro que son de carácter local.

En el capítulo III, se establece la metodología que se va a aplicar para evaluar el tramo que presenta fallas en su capa de rodadura, por ende, uno de los métodos es el Índice de Condición de Pavimento (PCI) mediante una inspección visual que determina el estado del pavimento, otro método es el ensayo destructivo mediante calicatas para determinar la capacidad portante de la subrasante.

El capítulo IV, con base a los resultados que se obtienen en la evaluación visual y ensayos de laboratorio, se plantean las alternativas de rehabilitación vial mediante el software HDM-4 y también a través de estudios de ingeniería que permiten obtener las soluciones más accesibles y viables de solución a los factores de afectación en la zona de estudio.

El capítulo V, se evidencian las conclusiones y recomendaciones en base a los resultados obtenidos, a la revisión bibliográfica aplicada en este proyecto y a los diferentes métodos usados para las propuestas de alternativas.

## CAPÍTULO I

### 1. Planteamiento del problema

#### 1.1 Tema de investigación

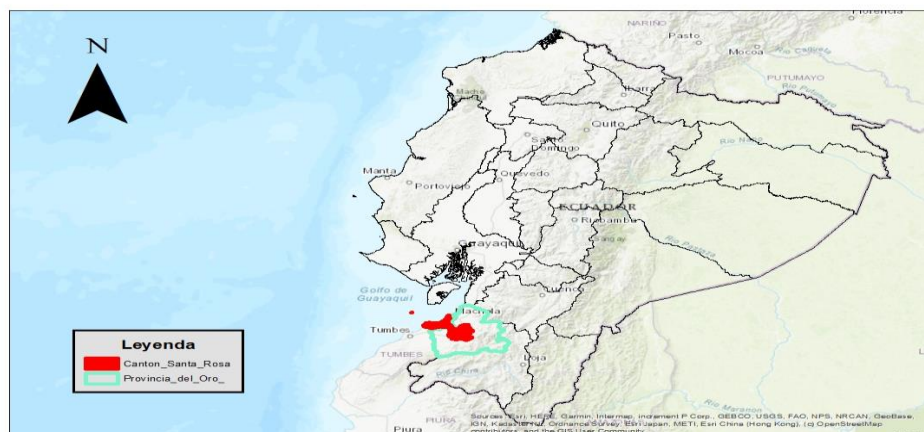
Evaluación de Pavimento en Parroquias Rurales en el tramo la Avanzada-Torata del Cantón Santa Rosa.

#### 1.2 Línea Base del Proyecto

##### 1.2.1 Localización territorial

El cantón Santa Rosa se encuentra ubicado en la provincia de El Oro, en la zona centro de esta. Debido a su ubicación geográfica, es un punto estratégico ya que sirve de enlace entre la zona alta, la zona baja y la zona costera de la provincia.

**Ilustración 1:** Mapa de Localización del Cantón.



**Fuente:** Autor

##### 1.2.2 Población

El crecimiento poblacional del cantón Santa Rosa para el año 2020 es de 82171 habitantes, de la cual el 49% corresponde a mujeres y 51% es la población masculina. En la relación hombres-mujeres se evidencia que en el área urbana el número de mujeres es mayor que en el sector rural.

La relación urbano rural es muy amplia, se evidencia en la tabla 1, que la cabecera cantonal concentra al 77 % de la población y el 23 está distribuida entre las 7 parroquias rurales, en la tabla1. Detalla la cantidad de habitantes hombres y mujeres y su distribución en el área urbano y rural.

Tabla 1:Población Cantón Santa Rosa

SEXO	AREA URBANA	AREA RURAL	TOTAL
Hombre	32782	10432	41938
Mujer	33139	8818	40233
Total	65921	19250	82171

**Fuente:** Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial Cantón Santa Rosa. Geología

### 1.2.3 Geología

En el cantón la composición geológica que sobresale son las arcillas marinas de estuario, al representar el 60.77%, lo cual se puede evidenciar en la tabla 2, esta estructura ha permitido la formación de vegetación ribereña y de manglar en la zona oeste del cantón, más específicamente en las parroquias Santa Rosa, La Victoria y Jambelí; en el resto del cantón se encuentran formaciones que presentan un grado de fertilidad media y también limitaciones para la ubicación de cultivos.

Tabla 2:Clasificación del suelo por textura

Descripción	km2	%
Arcillas marinas de estuario	550.97	60.77%
Areniscas,conglomerados	3.66	0.40%
Esquisitos verdes,negros,azules	38.25	4.22%
Esquisitos y gneises	105.01	11.58%
Granito gneísico	66.8	7.37%
Granodiorita	91.37	10.08%
Lavas andesíticas	35.66	3.93%
Rocas ultrabásicas	14.94	1.65%

TOTAL	906.65	100%
-------	--------	------

**Fuente:** Catálogo de datos del Instituto Geográfico Militar 2018(geodatabase)

#### 1.2.4 Uso y cobertura del suelo

El territorio se encuentra cubierto en un 62,68 % de la cobertura cantonal por tierras agropecuarias. Dentro de esta clasificación se puede evidenciar en la tabla 3, que el sector agropecuario mixto es el que predomina con el 32,37% del área total y se encuentran en La Victoria, la cabecera cantonal, Bellamaría, Bellavista, Torata, La Avanzada y San Antonio.

Tabla 3.Cobertura del suelo cantonal

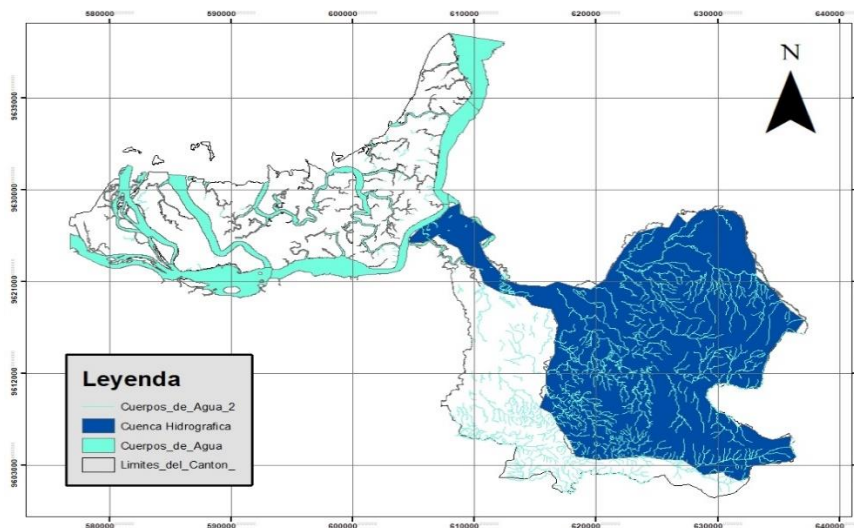
USO COBERTURA DE SUELO	Km2	%
AGRÍCOLA	3.3	0.36%
AGROPECUARIO FORESTAL	1.36	0.15%
AGROPECUARIO MIXTO	293.52	32.37%
CUERPO DE AGUA	19.53	2.15%
ANTRÓPICO	14.4	1.59%
CAMARONERAS	148.07	16.33%
CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN	172.79	19.06%
FORESTAL	1.4	0.15%
MANGLARES	118.85	13.11%
PECUARIO	38.21	4.21%
PRODUCCIÓN BANANO	62.19	6.86%
PRODUCCIÓN CACAO	23.31	2.57%
TIERRAS EN DESCANSO	5.19	0.57%
TIERRAS IMPRODUCTIVAS	4.59	0.50%
TOTAL	906.65	100%

**Fuente:** Geo portal del Ministerio de Agricultura y Ganadería 2018

### 1.2.5 Sistema hidrográfico

El sistema hídrico nos da a conocer los cuerpos de agua presentes dentro del territorio y que deben ser conservados para la preservación de la cantidad y calidad del recurso hídrico, así para el cantón Santa Rosa, se muestra en la ilustración 2 que existen dos cuencas hidrográficas de importancia, la cuenca del río Santa Rosa y la cuenca del río Arenillas.

Ilustración 2. Mapa Hidrografía cantonal



Fuente: Autor

### 1.2.6 Amenazas y/o riesgos

Se han presentado 293 eventos que demandan peligro para la población, el 44% está relacionado con inundaciones e incendios forestales. Los incendios forestales se ubican en la parroquia La Avanzada. En cuanto a la territorialización de los eventos peligrosos se puede precisar que la cabecera cantonal concentra al 48% del total de eventos en el cantón en cuanto a inundaciones además de las parroquias que se encuentran en el relieve plano como Bellavista, La Victoria y Bellamaría; (GAD SANTA ROSA, 2020a)

### 1.2.7 Amenazas por Inundaciones

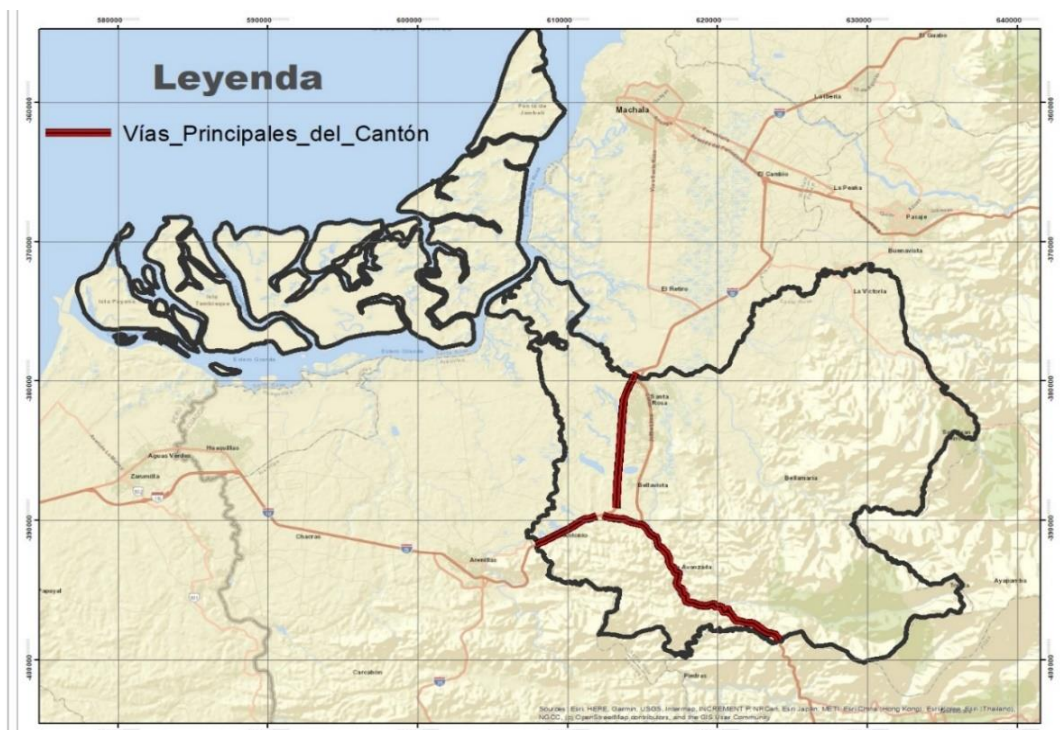
Las inundaciones son la amenaza más frecuente y perjudicial para la población en el cantón, con las áreas más afectadas en las zonas más bajas de la cabecera cantonal. Estos eventos han ocurrido principalmente en la cabecera cantonal en los últimos años. Se han realizado obras de prevención y mitigación como estaciones de bombeo,

compuertas y muros de contención en las riberas del río Santa Rosa, pero no se ha utilizado el suelo planificado.

### 1.2.8 Red vial

El sistema vial del cantón Santa Rosa se encuentra conectado provincial como nacional debido a su ubicación geográfica e infraestructura, así como a la distribución de las principales vías del cantón, lo ubicando como articulador provincial y proporcionando conectividad tanto dentro de la provincia como a varios puertos del país. Las vías de mayor relevancia que se encuentran en el cantón son: la vía E50 que permite la integración del cantón con las provincias del sur, y la vía E25 que comunica al cantón con las provincias del norte del país. El sistema de carreteras del cantón tiene una longitud de 726,85 kilómetros. De acuerdo con su competencia, el 6.92% de las vías son provinciales, el 40.22% son provinciales y el 52.86% se encuentran en áreas urbanas y rurales.

Ilustración 3: Mapa de Red Vial Cantonal



**Fuente:** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantonal de Santa Rosa, 2020



### 1.2.9 Características de las vías

La Dirección de Obras Públicas municipales proporcionan datos relevantes sobre la caracterización de las vías, la Tabla 4 muestra el tipo de calzada y su porcentaje en las vías del Cantón, así como los kilómetros y materiales utilizados en las vías de cada parroquia. Hasta el año 2020, el 41% de las vías de competencia del municipio están cubiertas por una capa de rodadura que incluye asfalto, hormigón o adoquín, mientras que el 26% son vías lastradas o mejoradas previamente a ser asfaltadas, y el 33% son vías de tierra habilitadas y no habilitadas. La cabecera cantonal y Bellavista son las vías que más no están habilitadas debido a la falta de mantenimiento. (GAD SANTA ROSA, 2020b)

Tabla 4: Tipo de calzada de las vías de competencia municipal según localización

Tipo de Calzada	CABECERA CANTONAL	BELLAVISTA	LA AVANZADA	TORATA	SAN ANTONIO	VICTORIA	BELLAMARIA	JAMBELÍ	SUMA(K M)	PORCENTAJE
ASFALTO	128.07	9.45	5.24	5.63	5.9	6.45	5.84	0.12	166.71	41%
LASTRE	85.74	8.75	1.27	3.34	1.27	1.94	3.31	0	105.6	26%
TIERRA	85.18	20.14	4.62	2.36	4.13	2.58	1.99	12.78	133.78	33%
<b>TOTAL</b>	<b>298.99</b>	<b>38.34</b>	<b>11.13</b>	<b>11.33</b>	<b>11.3</b>	<b>10.97</b>	<b>11.13</b>	<b>12.9</b>	<b>406.08</b>	<b>100%</b>

Fuente: GAD Cantonal Santa Rosa

### 1.2.10 Situación Turística

Según la Guía metodológica para la jerarquización de atractivos y generación de espacios turísticos en Ecuador de 2017, los atractivos se dividen en dos categorías: SITIOS NATURALES y MANIFESTACIONES CULTURALES. Ambas categorías se agrupan en tipos y subtipos. Los sitios naturales se clasifican en las siguientes categorías: montañas, planicies, desiertos, ambientes lacustres, ríos, bosques, aguas subterráneas, fenómenos espeleológicos, fenómenos geológicos, costas o litorales, ambientes marinos y tierras insulares, los cuales se enumeran con sus respectivos nombres. en la Tabla 4. (GAD SANTA ROSA, 2020a)

Tabla 5: Sitios naturales y manifestaciones culturales del cantón Santa Rosa.

TIPOS	SUBTIPOS	NOMBRE DEL ATRACTIVO
Montañas	Altas Montañas	Montaña de Piedra de Vega Rivera
	Cerros	La Chilca
		El Guayabo
		Sabayán

		Cerro Pan de Azúcar
Bosques	Húmedo tropical Occidental	Bosque premontano bajo de Valle Hermoso
		Bosque premontano bajo La Fénix
		Bosque premontano bajo Sabayán
	Manglar	Puerto Jelí
Ríos	Principales Ríos	Río Santa Rosa,Río Negro,Río Buenavista
	Riachuelo o arroyo	
		Río Chico, San Agustín,Vega Rivera
	Rápidos o raudales	El Guayabo
		EL Playón

**Fuente:** Unidad de Turismo del GAD Santa Rosa /2020

### 1.3 Descripción de la situación problemática

#### 1.3.1 Descripción del Problema.

El pavimento flexible es una infraestructura vial crucial que permite el crecimiento económico, social y cultural entre las diversas regiones del país. Su función es brindar comodidad, seguridad y confort al usuario, lo que permite que el vehículo circule de forma rápida y segura. (Br. Salazar Tello Anghelo Alexis, 2019), se debe contar con una buena estructura de pavimento para brindar un buen servicio de vialidad.

El tramo de la carretera comprendida desde la Parroquia la Avanzada hasta la Parroquia Torata presenta desgaste y fallas en su capa de rodadura la cual consta de 12 km, este tramo forma parte de la Transversal E50 Sur la cual conecta las Provincias de El Oro, Loja y Zamora, desde el cantón Huaquillas hasta Zamora. Cabe recalcar que la parte alta de la Provincia del Oro es de gran producción y esta carretera es la única que conecta con los diferentes cantones de esta, por ende, al presentar fallas en su capa de rodadura se dificulta el transporte al existir tránsito a diario, un gran volumen de camiones de cargas pesada, además de buses de transporte Interprovincial y vehículos livianos.

El crecimiento poblacional en cantones y Provincias Aledaños, la mayor demanda de productos industriales ha provocado que exista un incremento de vehículos pesados que transitan por dicha zona por ende esto ha generado que exista un desgaste en la capa de rodadura, también la presencia de huecos y baches hace se dificulté el tránsito y afecta la comodidad de los usuarios al hacer uso de esta vía.

Otro de los factores que influye en el deterioro de la capa de rodadura son las fuertes lluvias que se suscitan en épocas invernales, las mismas que provocan grandes deslizamientos de tierras sobre la calzada, lo cual hace que las vías se cierren parcialmente y no se pueda tener un libre tránsito de vehicular, llegando hasta en ocasiones a cerrarse por ambos carriles dejando incomunicados a los cantones de la parte alta de la Provincia del Oro.

La vía tiene dos carriles angostos, lo que dificulta el traslado, ya que se estacionan varios vehículos en diferentes sectores, por lo que se ocupe más tiempo para circular y se genera congestión vehicular, por un inadecuado diseño de la vía que genera este problema.

Al ser una vía de gran importancia, los usuarios manifiestan la inconformidad en el confort de la vía en ciertos tramos donde existe diferentes fallas en la capa de rodadura y esto conlleva a que los usuarios prolonguen su tiempo de viaje, también esto afecta la economía no solo del sector si no de la parte alta de la Provincia ya que una vía en mal estado afecta directa e indirectamente al desarrollo de la población.

Ilustración 4 :Estado de la Vía



**Fuente:** Autor

#### **1.4 Problema.**

¿Los Usuarios de la vía Transversal Sur E50 reciben un inadecuado servicio de vialidad en el tramo comprendido desde la parroquia la Avanzada hasta la Parroquia Torata?

#### 1.4.1 Problemas secundarios.

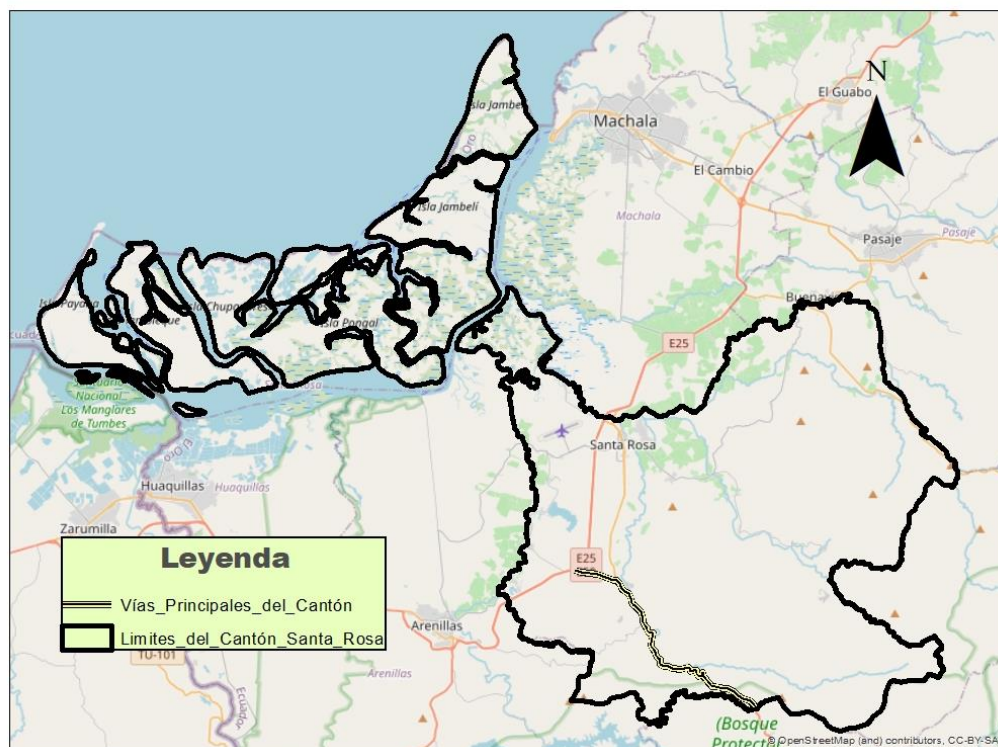
- ¿Qué métodos se pueden ejecutar para evaluar la estructura de Pavimento de la vía Transversal Sur E50 en el tramo comprendido desde la parroquia la Avanzada hasta la Parroquia Torata?
- ¿En qué condiciones se encuentra la vía Transversal Sur E50 en el tramo comprendido desde la parroquia la Avanzada hasta la Parroquia Torata?
- ¿Qué alternativas se pueden presentar para la rehabilitación de la vía Transversal Sur E50 en el tramo comprendido desde la parroquia la Avanzada hasta la Parroquia Torata?

#### 1.5 Delimitación del objeto de estudio.

##### 1.5.1 Espacial.

Esta Investigación se llevará a cabo en las Parroquias la Avanzada y Torata, ubicadas en el cantón Santa Rosa de la Provincia del Oro. La zona de estudio se ubica en la vía Trasversal Sur E50 y el tramo de evaluación va desde la parroquia la Avanzada hasta la parroquia Torata en el cantón Santa Rosa la cual consta de 12 km.

Ilustración 5:Ubicación del objeto de estudio



Fuente: Autor

## **1.6 Justificación.**

Con el tiempo, el medio de comunicación más antiguo utilizado por los humanos ha sido el terrestre, que permite una mejor comunicación entre pueblos y ciudades, convirtiéndose en uno de los principales ejes de comunicación global. Por lo tanto, en la actualidad, el progreso de una nación se puede observar en el estado de conservación y desarrollo de su infraestructura. La seguridad y el bienestar de la red vial en todo el país deben garantizarse mediante el cumplimiento de los requisitos de mantenimiento establecidos en las normas vigentes para conservar la infraestructura de tránsito terrestre. (Alimohammadi, 2020) es de gran importancia que exista una buena red vial ya que contribuye en muchos aspectos positivos para la población y su crecimiento.

Uno de los objetivos del PDOT de la Provincia del Oro es el desarrollo de la vialidad y conectividad con enfoque en el equilibrio urbano-rural del territorio, así que se puede contribuir mediante este trabajo para el cumplimiento de dicho objetivo.

Este proyecto técnico se realizará para que los usuarios de la vía Transversal sur E50 tengan un adecuado servicio de vialidad, ya que esta vía es muy transitada y de gran importancia no solo para la provincia del Oro y para Loja y Zamora, para que tengan una alternativa que rehabilitara este tramo de carretera y obtenga un óptimo manteamiento en el que se corrijan todos los factores y fenómenos que afectan a dicha estructura vial y así se logre un desarrollo económico, social y moderno, ya que la vialidad es importante para la provincia del Oro y Loja y Zamora.

El siguiente proyecto se realiza para la obtención de un título de tercer nivel, por lo cual busca aportar alternativas de rehabilitación y mantenimiento vial, mediante métodos técnicos que permitan evaluar la condición actual en la que encuentra el pavimento, así definir las opciones viables que se pueden ejecutar para brindar un adecuado servicio de vialidad

Por ende, es que un buen sistema vial y un correcto mantenimiento y reparación vial darían un buen servicio de vialidad y así contribuir con el desarrollo social y económico de cantones y provincias aledañas.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo general.**

Proporcionar alternativas de rehabilitación vial mediante la evaluación de la estructura de pavimento para el tramo de la carretera Transversal Sur E50 comprendido desde la parroquia la Avanzada hasta la Parroquia Torata.

### **1.7.2 Objetivos específicos.**

- Investigar métodos y técnicas para la evaluación de carreteras mediante la revisión bibliográfica que permita un adecuado servicio de vialidad en el tramo comprendido desde la parroquia la Avanzada hasta la Parroquia Torata.
- Evaluar el estado actual de la carretera mediante métodos y técnicas de evaluación de estructuras de pavimentos.
- Proponer una alternativa de mantenimiento vial de la estructura de pavimento en carreteras de montaña.

## **CAPÍTULO II**

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes contextuales**

#### **2.1.1 Macro**

En la época donde se empezó a formar las naciones, la historia de la construcción de carreteras adquirió un significado económico y político significativo. En los Estados Unidos, esta historia estuvo relacionada con la solución del problema de la división de poder entre el centro federal y las autoridades estatales. Los productores agrícolas estaban interesados en las carreteras convencionales porque antes de transportar productos agrícolas por ferrocarril, debían entregarse en la estación. Las dificultades de transporte hicieron que el producto permaneciera sin vender y parcialmente podrido en los campos; Además, viajar a la estación de tren en condiciones de mal tiempo podía ser peligroso para los caballos. El mal estado de las carreteras rurales limitó el desarrollo de la industria urbana, pero el crecimiento de la producción industrial y el inicio de la motorización resultaron beneficiosos para las carreteras urbanas. (Makurin & Ulianova, 2022) desde la

antigüedad las carreteras han ayudado al crecimiento de las industrias y al desarrollo del sector agrícola siendo las principales vías de comunicación entre productor y consumidor.

En todos los países del mundo, las carreteras y autopistas constituyen un componente vital y significativo de la infraestructura de transporte y son cruciales para el crecimiento de las economías y sociedades locales. Los pavimentos son un componente crucial de la infraestructura de transporte mundial, ya que las redes de carreteras sirven como conexiones entre empresas, industrias y clientes y tienen un gran impacto en la economía y el crecimiento de un país. (Atheer Muhammed Ali & Ali M. Lafta, 2023), la importancia de una carretera se ve reflejada por lo que se logra a través de ella tales como conexiones entre ciudades y desarrollo económico y social de un país.

Los ingenieros de pavimentos y las administraciones de carreteras deben enfrentar el mantenimiento y la rehabilitación de los pavimentos. Por lo tanto, se requiere una evaluación del estado del pavimento y una evaluación del desempeño para determinar cualquier mantenimiento y rehabilitación necesarios en el momento adecuado de aplicación. El mantenimiento y la rehabilitación adecuados pueden mejorar la comodidad del viaje y la seguridad del tráfico. Los indicadores de condición del pavimento, como el Índice de condición del pavimento (PCI), el Índice de calidad del pavimento (PQI), la Calificación de capacidad de servicio actual (PSR) y el Índice de rugosidad internacional (IRI), son algunos de los principales componentes que asume cualquier sistema de gestión de pavimento. (Alimohammadi, 2020), la evaluación del estado de pavimento es el punto de partida para general alternativas de rehabilitación vial para lo cual se usan métodos para indicar la condición en la cual se encuentra la estructura de mismo.

En los países en desarrollo se han adoptado ampliamente el sistema de gestión de pavimentos (PMS) y la evaluación económica de proyectos de carreteras. El desarrollo de tecnología para soportar la estructura del pavimento ha llevado a un aumento significativo del PMS. Muchas agencias de carreteras del mundo han utilizado la herramienta HDM-4 durante dos décadas. El desarrollo de la urbanización ampliada se ha visto afectado en el diseño del asfalto y se ha observado durante los últimos años. Como resultado, ejerce más tensión y tensión sobre el pavimento, lo que provoca fatiga, baches, surcos, parches, caída de bordes y otros problemas. (Harinder et al., 2023) HDM-4 es la herramienta tecnológica la cual nos brinda análisis, y evalúa las condiciones de pavimento para así generar alternativas de rehabilitación y mantenimiento vial.



### 2.1.2 Meso

El estado de las carreteras es un factor fundamental para el desarrollo y crecimiento de la economía de cualquier país del mundo y Ecuador no escapa a esta realidad. Por ello, el país necesita carreteras y vías en buen estado para promover un desarrollo social y económico que permita elevar la calidad de vida de todos sus habitantes, por tal motivo se necesita realizar mantenimientos y controles constantes en las vías, como acciones tendientes a mantener y prolongar la vida útil de las mismas.(Simón Baque-Solis, 2020),Ecuador al ser un país altamente productivo en diferentes ramas de la industria debe contar con vías de buen estado y realizar su correcto mantenimiento ya que así contribuye al desarrollo del País.

Conocer la evaluación de la regularidad superficial del pavimento y del paquete estructural en cualquier periodo de su servicio o de la vida útil, permitirá definir las acciones de mantenimiento o rehabilitación necesarias en el momento oportuno. Es posible encontrar varias investigaciones en las cuales se ha evaluado el pavimento flexible obteniendo la serviciabilidad y capacidad resistente de diversos resultados, donde los índices desfavorables al entrar en operación son indicios de mayores deterioros en el tiempo, mayor costo de mantenimiento, inadecuada vida útil de servicio, rehabilitación o reconstrucción a temprana edad del pavimento, entre otros.(De La Cruz Vega et al., 2022),es importante conocer la capacidad y vida útil del pavimento para así determinar el correcto mantenimiento y así generar un menor costo de operación.

El país inició 2023 con un 45% de la red vial estatal en malas condiciones o en peligro para la circulación. Eso suma 4.718,32 kilómetros de carreteras que necesitan diferentes niveles de intervención. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2023)

Las principales causas del deterioro de las carreteras se deben a la falta de mantenimiento. el escaso control o fiscalización de las infraestructuras viales. Aproximadamente, el 80% de nuestras vías son de pavimentos flexibles. Es decir, están diseñadas para un período determinado de 10 a 15 años. Sin embargo, incluso después de los primeros cinco años, es necesario dar un mantenimiento, para evitar daños prematuros. Sin el cuidado oportuno, las carreteras comienzan a deteriorarse antes de cumplir su vida útil.

La falta de mantenimiento es un problema significativo en las vías a cargo de municipios, consejos provinciales y del Ministerio de Obras Públicas. Por otro lado, las vías concesionadas a empresas privadas suelen estar en mejores condiciones. Lo que sucede es que estas empresas velan por su inversión. (Yáñez Gustavo, 2023), se evidencia que las vías nacionales actualmente no brindan un adecuado servicio de vialidad debido a las diferentes causas mencionadas.

### **2.1.3 Micro**

La vía transversal Sur E 50 conecta a las Provincias de EL Oro, Loja y Zamora, en su tramo La Avanzada-Torata tiene 12 km deterior en su capa de rodadura, que no son atendidas por los organismos pertinentes, generando inconformidad en los usuarios. Las vías de mayor relevancia que se encuentran en el cantón son: la vía E50 que permite la integración del cantón con las provincias del sur, y la vía E25 que comunica al cantón con las provincias del norte del país. (GAD SANTA ROSA, 2020a), según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento del cantón Santa Rosa territorial la vía Transversal Sur E 50 es de gran importancia para que conectar el cantón y la Provincia con la parte Norte del País.

La carencia de mantenimiento vial conlleva diversos problemas como el aumento de costos de operación de los vehículos, mayor riesgo de accidentes de tránsito, y reducción de la vida útil del pavimento. El estudio de la estructura del pavimento en carreteras de montaña aplicada a la vía Quera-Porotillo-Chilla se realizó para determinar si la vía ofrece un servicio vial adecuado. (Zapata et al., 2023). El estudio realizado en esta zona evidencia las fallas que presenta las estructuras de pavimentos en la Provincia del Oro.

Uno de los principales problemas de las carreteras rurales es la falta de confort y seguridad al transitar por sus vías, generadas por irregularidad, depresiones, elevaciones, baches y fisuras que dificultan el tránsito normal ocasionando pérdida de tiempo y dinero al dañar vehículos que transitan por estas vías.

Las fallas existentes en el pavimento flexible de la vía Santa Rosa-Bellavista -La Avanzada, como estudio caso, y mediante la observación directa y muestreo de campo se califica a la vía como buena. El estado total de la vía en estudio se encuentra con el 20% muy bueno, 47% bueno, 20% regular y el 13% está muy malo. (TENE NARVÁEZ, 2022)

La ubicación de este estudio es relacionada al área de ejecución del proyecto ya que el Tramo la Avanzada-Torata se encuentra a continuación de dicha de zona ya evaluada, por lo cual los datos proporcionados nos servirá de como punto referencial para llevar a cabo la ejecución del proyecto.

## **2.2 Antecedentes Conceptuales**

### **2.2.1 Carretera**

Está definida como la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que llene las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente para permitir el rodamiento adecuado de los vehículos para los que se ha acondicionado. Según Castelán Eduardo la carretera, una estructura que cumple con ciertos lineamientos de diseño para dar un servicio de vialidad a los usuarios. (Castelán, 2008)

Según la (REGLAMENTO LEY SISTEMA INFRAESTRUCTURA VIAL DEL TRANSPORTE TERRESTRE, 2018) en su artículo 4 proporciona una definición sobre vías en Ecuador.

*“Concepto y clases de vías. - Son las estructuras de diferentes tipos construidas para la movilidad terrestre de los vehículos, ciclistas, peatones y semovientes, y, constituyen un esencial medio de comunicación que une regiones, provincias, cantones y parroquias de la República del Ecuador, cuya forma constitutiva contiene la plataforma de circulación que comprende todas las facilidades necesarias para garantizar la adecuada circulación, incluyendo aquella definida como derecho de vía.”*. Las vías en Ecuador son un factor importante para la comunicación en su territorio, ya que conectan a todas sus Provincias logrando una buena circulación.

### **2.2.2 Vías Rurales**

Aquellos que permiten el acceso a las explotaciones agropecuarias y que corresponden a las redes viales secundaria o terciaria, bajo control provincial o municipal - cumplen un importante rol en el desarrollo de las actividades productivas y en la mejora de las condiciones de vida de la población rural. Son elementos indispensables para producir y comercializar la producción, y también para la comunicación, la educación y la salud. (Laura Salomón, 2018)

### **2.2.3 Pavimentos**

Estructura conformada por varias capas como la carpeta asfáltica, la base y la subbase que ejercen esfuerzos sobre la subrasante o capa de terreno que está asentada, toda esta estructura transmite su carga y distribuye sus esfuerzos al terreno de fundación originados por los vehículos. (De La Cruz Vega et al., 2022). El pavimento es la encargada de recibir las fuerzas y esfuerzos que ejercen los vehículos al circular sobre ellos, y transmitirlos a la parte baja llamada subrasante.

### **2.2.4 Tipos de Pavimento**

Los pavimentos se pueden clasificar en pavimentos flexibles y pavimentos rígidos. Los pavimentos flexibles incluyen todos los pavimentos distintos de los rígidos; normalmente se diseñan como continuos sin juntas formales, en cambio los rígidos son aquellos que si se construyen con juntas. Cada pavimento tiene ventajas y desventajas que deben evaluarse para un mayor rendimiento según los requerimientos. (Jiang, 2022), los diferentes tipos de pavimentos se adaptan a las características requeridas por el diseñador por que tanto el pavimento flexible tiene sus ventajas sobre el rígido y así mismo el rígido.

### **2.2.5 Pavimento Flexible**

El pavimento flexible convencional consta de un revestimiento bituminoso, inferior a 0,15 m, de mezcla asfáltica sobre las capas de base granular, pudiendo también tener capas de subrasante tratada o estabilizada. (Massenlli & Paiva, 2019), los materiales que lo componen deben cumplir una buena distribución y compactación siendo la subrasante la última de todas estas capas que componen este tipo de pavimento.

El proceso constructivo de pavimentos de carreteras flexibles se basa en un 70 % de contenido de betún asfáltico que nos brinda una mezcla aglutinante con agregado para producir concreto asfáltico. Este se coloca sobre una base bituminosa de una capa aglomerante. Todo este proceso lleva un control de calidad por Estándares en lo cual se verifica la temperatura correcta en la cual debe ser calentado el betún para luego ser mezclado con agregado y aglutinante llegando a calentarse a una temperatura de 163°C para así llegar a su etapa de compactación. (I. Ekwunatum et al., 2023), se deben cumplir con los estándares proporcionados para así obtener un pavimento flexible que alcance su tiempo de vida útil y brinde un adecuado servicio a los diferentes usuarios.

### **2.2.6 Componentes de un pavimento flexible**

La estructura del pavimento flexible la forman una capa superficial, la capa asfáltica o conocida capa de rodadura, y en ella están la base y la subbase sucesivamente, que se encuentra sobre la subrasante en la que llegan las cargas y esfuerzos de los vehículos. En el cual la carpeta asfáltica es la que contiene mezclas asfálticas y materiales de origen pétreo y es la encargada de entrar en contacto directamente con las fuerzas que ejercen los vehículos y también los fenómenos naturales como lluvia y efectos de luz solar, por otra parte la base granular es la que está por debajo de la capa asfáltica se recomienda que este al ser un material granular tiene que ser friccionante para que así obtener una resistencia proporcional a las fuerzas a recibir y a su vez trasladar a las capas inferiores. (Manuela Garzon Reina Leicy Yaimir Hernández Mendez, 2018)Seguido de esta se encuentra las sub base granular la cual también es una capa granular la cual consta de materiales de menor resistencia que la de la base granulares, es una capa de material no ligado que se utiliza en la construcción de pavimentos para proporcionar características de drenaje y tener así una buena estabilidad estructural del sistema de pavimento, su función principal es drenar el agua que se filtre y así mantener la eficiencia estructural y un buen funcionamiento del sistema vial.(Kandlavath et al., 2020)

### **2.2.7 Deterioro del Pavimento flexible.**

El desgaste de las capas asfálticas, compactación, deformación de corte, deformación de la subrasante, influyen en la deformación del pavimento.La fatiga es un estado de tensión provocado por la frecuencia de la carga vehicular, que causa el agotamiento del material, se manifiesta por las fisuras superficiales , los deterioros progresivos de la superficie de rodadura debido a la carga de tránsito vehicular y los factores climáticos, reducen en la transitabilidad vehicular e la temperatura, la lluvia, la radiación solar, la presión atmosférica, la velocidad del viento y la humedad influyen en deterioros de los pavimentos(León Bobadilla, 2021)

### **2.2.8 Tipos de deterioros en pavimentos flexibles**

Debido al envejecimiento, la vulnerabilidad al clima y al tráfico y el creciente retraso en las reparaciones, la infraestructura del transporte por carretera se deteriora. Los pavimentos flexibles experimentan numerosos indicadores de deterioro, incluyendo grietas, baches, erosión, etc. No es fácil identificar la existencia de varios indicadores de

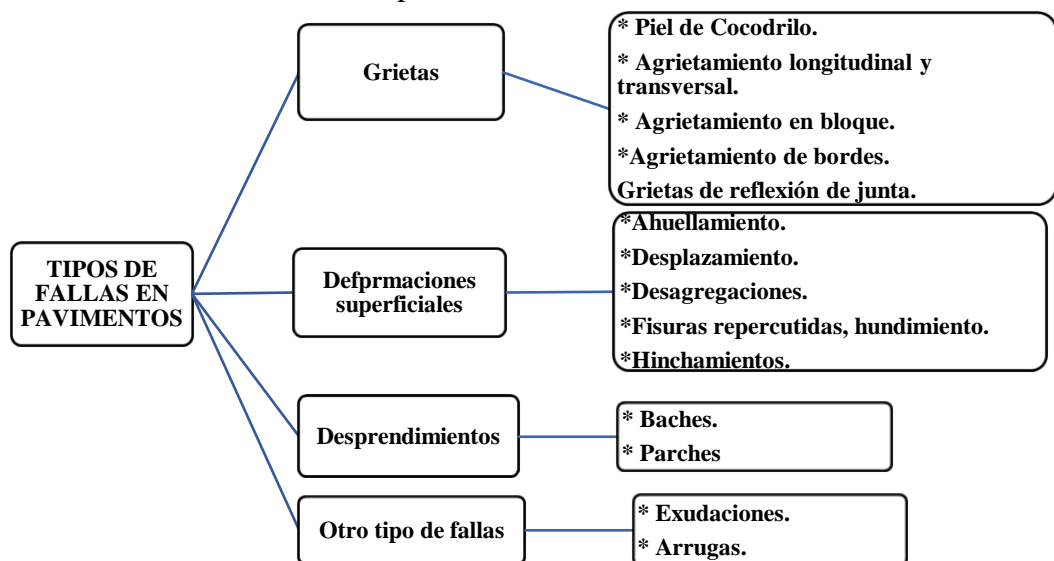
deterioro. La posición, la escala, la gravedad y el mapeo de la angustia son un problema clave.

### 2.2.9 Problemas de Pavimento

Varias causas comunes de fallas de pavimentos flexibles se deben a un diseño inadecuado de la mezcla asfáltica, mala calidad de los materiales y/o construcción, inadecuado espesor estructural del pavimento, cantidad de tráfico superior a la prevista en el diseño del pavimento y tasa de carga diferente a la prevista en el diseño del pavimento, envejecimiento de los aglutinantes asfálticos, que ocurre a un ritmo lento, excepto en los casos en que los grandes vacíos de aire en un pavimento asfáltico pueden acelerarse. envejecimiento, Efecto del clima en términos de altas y bajas temperaturas y precipitaciones, y Falta de mantenimiento preventivo. (Kherudkar\* & Namdeo, 2021)

La capa de rodadura es aquella que compone el pavimento, esta evidencia cambios en su estructura física y química debido a múltiples factores externos e internos, estos ocasionan daños en las carreteras e influyen en su ciclo de vida, lo anterior se conoce como deterioro de la capa de rodadura o capa superficial o se también se denomina como el cumplimiento de la vida útil del mismo por que al llegar a su estado de falla muestra fallas superficiales o hasta profundas que son fácil de detectar. (Castellanos Guerrero & Chaves Pabón, 2020)

Ilustración 6: Tipos de Fallas en Pavimentos



Fuente: Autor

### **2.2.10 La rehabilitación del pavimento de las carreteras**

La rehabilitación se define como un trabajo para mejorar las características estructurales y/o funcionales de servicio de un pavimento. El procedimiento de diseño actual para la rehabilitación no interestatal en SCDOT se centra en la eficiencia de la preparación del contrato y, por lo general, no incluye una investigación de campo detallada. (Ahmed et al., 2021)

Para rehabilitar un paquete estructural vial es importante estudiar su subrasante la cual es el terreno original debajo del pavimento de una carretera cuando estos materiales están compuestos de suelo expansivo, se denomina subrasante expansiva, es importante analizar esta capa ya que es la que soporta las cargas proporcionadas a la estructura.(Amakye et al., 2021)

### **2.2.11 Software HDM-4**

El programa de software HDM-4 tiene la función de tomar decisiones en un periodo anual, evidenciando la situación del pavimento después de su construcción además de señales de pavimento flexibles. que puede usarse para recomendar el escenario anual de la estructura del pavimento, lo cual ayuda a seleccionar las alternativas de mantenimiento que pueden ejecutarse. (Vamsi & Harinder, 2022)

Los modelos de deterioro del pavimento HDM-4 ayudan a predecir el inicio y la progresión de varios deterioros del pavimento bajo diferentes combinaciones de tráfico, clima, estructura del pavimento y composición. Dado que la tasa de iniciación y propagación de cada deterioro del pavimento depende en gran medida de las condiciones locales, es esencial calibrar y validar los modelos HDM-4 para las condiciones locales antes de su uso. (Deori et al., 2019)

Desarrollado por Worldbank es el software de cálculo que se utiliza ampliamente para estimar diversos costos, como el costo de construcción de carreteras y el costo de operación de vehículos (VOC). Se deben ingresar los datos necesarios, como las condiciones climáticas, el volumen de tráfico, la velocidad de circulación, la curvatura de la carretera y la pendiente de la carretera. (Ko et al., 2016)



### 2.2.12 Índice de condición del pavimento PCI

En torno a esto, “el método Pavement Condition Index De tal modo que, el PCI es un índice numérico, desarrollado para obtener el valor de la irregularidad de la superficie del pavimento y la condición operacional de este (PCI); constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado como procedimiento estandarizado. (Giler et al., 2023)

Hoy se conoce como la metodología PCI la más completa para evaluar y calificar pavimentos flexibles. Al haber una variada cantidad de combinaciones, este método utiliza factores de ponderación a los que conocemos como “valores deducidos”, así indica en qué grado afecta la condición del pavimento de acuerdo con cada combinación de deterioro, nivel de severidad (alto, medio y bajo) y densidad. En esta metodología se establecen los resultados de una descripción visual en la que se obtiene clase, severidad y cantidad que representan el estado del pavimento. (Andrade et al., 2021)

### 2.2.13 Clasificación de Condición de Pavimento

PCI es un índice que muestra el estado actual del pavimento según una evaluación sincrónica. Del tipo, densidad y gravedad de la falla. El PCI estándar utiliza una escala de 7 divisiones diferentes; específico. La versión de la báscula PCI utiliza solo 3 divisiones, con diferentes colores asignados por Micro Paver para demostrar varios estados dentro de la escala. Al mismo tiempo, la condición actual está asociada a la calidad del pavimento (PQ). (Al-Rubae et al., 2020)

Tabla 6. Clasificación del PCI

PCI	CLASIFICACIÓN
86-100	Excelente
71-85	Muy Bueno
56-70	Bueno
41-55	Regular
26-40	Pobre
11-25	Muy Pobre
0-10	Fallado

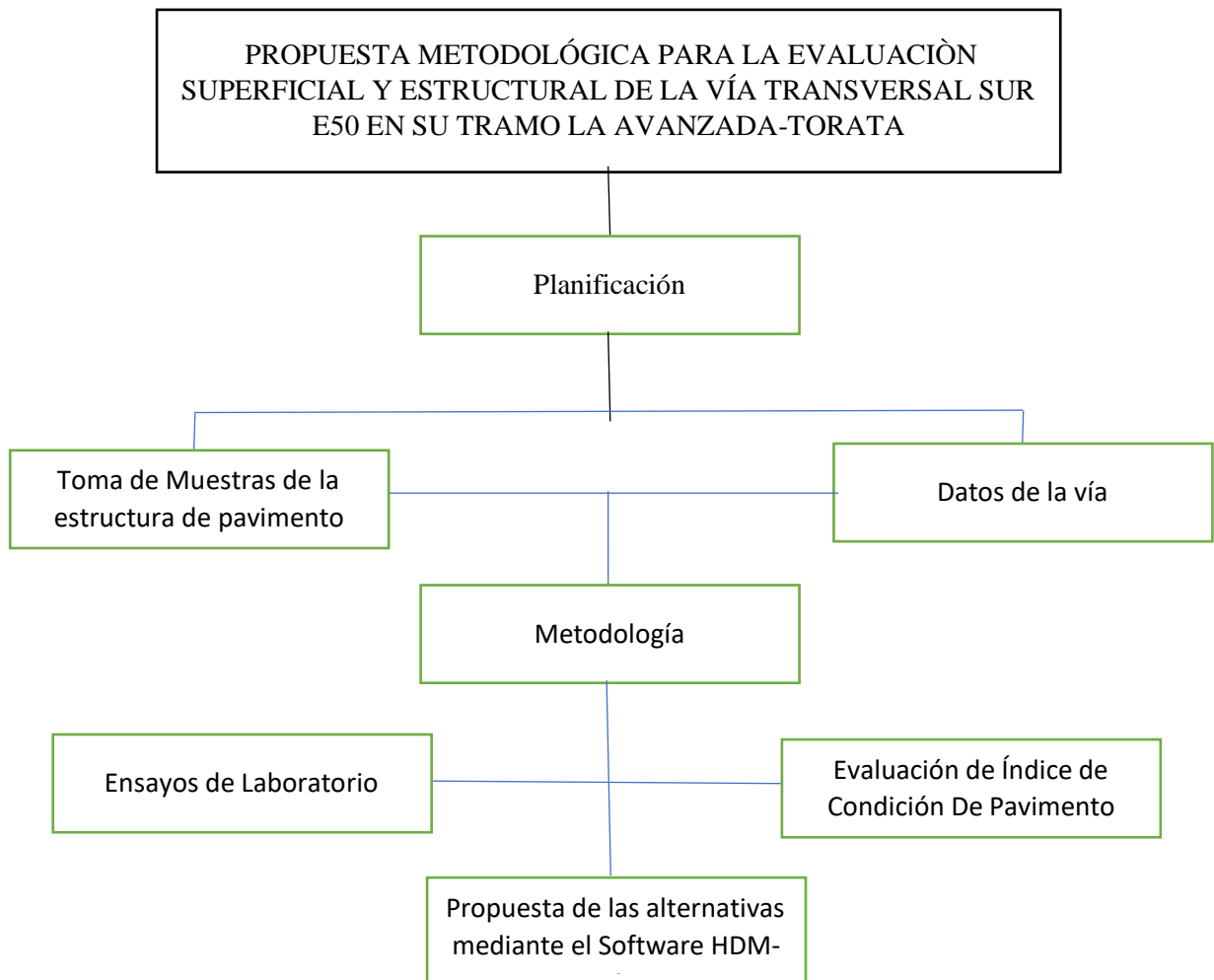
Fuente: Autor

### 2.2.14 Factores para Evaluar pavimentos

Una forma de evaluar la condición o estado de una estructura vial es mediante ensayos destructivos que se ejecutan con toma de muestras y alteran el pavimento, ya que se deben tomar muestras en el suelo de fundación, subbase, base y asfalto mediante calicatas para establecer características estructurales de cada material para evaluarla completamente. Pero este método de medición altera el equilibrio del sistema pavimento-subrasante. Por lo cual al ejecutar este tipo de procedimientos se está alterando la capacidad de su base inferior o también conocida como subrasante. (Triviño Molina, 2022)

### 2.2.15 Propuesta metodológica

Ilustración 7: Propuesta metodológica



Fuente: Autor

### 2.3 Antecedentes Referenciales

Los Autores D Harinder , P. Anusha, A. Ramesh, y K. Mehaboob Peera presentaron en el año 2023 un artículo titulado “*Evaluación del desempeño de pavimentos flexibles basado en HDM-4 e índice de rugosidad internacional*” (Harinder et al., 2023)

- Este artículo describe el desempeño actual y futuro de las carreteras (10 años), el progreso del deterioro se predijo utilizando el HDM-4. El estudio aborda las principales causas de angustia y sus motivos en una sección determinada. El estudio reveló la falla del tramo de la carretera por deterioro durante 10 años con y sin mantenimiento, y también ayuda a tomar decisiones para aplicar un tratamiento de mantenimiento adicional de estas rutas, en particular, se realizó en Hyderabad, en especial en carreteras sujetas a mucho tráfico.

Los Autores Ariza Sanubari, Fakhrul Rozi Yamali y Ria Zulfiati en su artículo publicado el 2023 titulado “*Análisis Tingkat Kerusakan Jalan Perkerasan Lentur Dengan Método Índice de condición del pavimento (PCI) Studi Kasus: Jalan Pelabuhan Talang Duku Muaro Jambi*” (Sanubari et al., 2023)

- Los Autores en su estudio analizan el tipo de daño y el nivel de desempeño en las condiciones del pavimento para brindar soluciones de reparación mediante el método estándar Bina Marga de 1995. El método PCI se usa para analizar 3 funciones principales que se desea conocer: tipo de daño, nivel de gravedad del daño y cantidad de daño. El resultado del método PCI es un índice numérico cuyo valor es de 0 a 100. El PCI es un método de evaluación de pavimento que busca determinar el estado de este a través de una inspección visual.

Zapata Anthony, Luna Manuel, Sánchez Carlos y Mediana Yudy publicaron un artículo en el año 2023 el cual lleva por título “*Evaluación De La Estructura De Pavimento En Carreteras De Montaña*” (Zapata et al., 2023)

- En este Artículo se muestra una metodología para evaluar la estructura del pavimento en carreteras de montaña en la zona de la vía Quera-Porotillo-Chilla con la finalidad de determinar si la vía ofrece un servicio vial adecuado. Esta metodología comprende el análisis de indicadores como el uso de suelo, el índice de condición de pavimento y ensayos de laboratorio. La evaluación empieza con una inspección visual que contribuye a recopilar información

sobre el uso del suelo para establecer la relevancia de la vía. Se aplica el método del índice de condición del pavimento para clasificar el estado del pavimento según la normativa correspondiente. Después, se hicieron ensayos de laboratorio con muestras de suelo extraídas de la vía que proporcionan datos de granulometría y capacidad portante, clasificados según las normativas establecidas por la ASTM y el Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Cristobal Tene Narváez en su tesis de Maestría en el año 2022 titulada “*Metodología para la Evaluación de vías rurales, considerando la regularidad superficial de pavimentos flexibles: estudio caso vía santa rosa –bellavista – la avanzada del cantón santa rosa, provincia de el oro.*” (TENE NARVÁEZ, 2022)

- La metodología de evaluación de vías rurales aplicada en este estudio de los índices PCI, IRI y PSI. Se realizó la planificación que consiste en obtener: datos de la vía, materiales y/o equipo y el equipo de protección personal. Posteriormente se realizó los trabajos de campo para obtener las fallas existentes, mediante el método del PCI aplicando la norma ASTM D6433. Los valores del IRI se obtuvieron igual para medir su regularidad usando la aplicación IRI para Smartphone. con el valor del IRI promedio se calculó el PSI, y encontrar su serviciabilidad. Los valores definitivos de cada índice, se interpretan los resultados para permitir tomar una decisión al mantenimiento en la vía.

## CAPÍTULO III

### **3. Metodología**

#### **3.1 Modalidad básica de la investigación**

El tema propuesto “Evaluación de pavimento en parroquias rurales en el tramo La Avanzada – Torata del cantón Santa Rosa” es de carácter experimental y cuantitativo; mediante informes, modelaciones en software de análisis estructural, investigación bibliográfica, internet, artículos, libros, normativa nacional e internacional.

#### **3.2 Tipo de investigación**

Se realizó tres tipos de investigaciones: documental, campo, y descriptiva.

##### **3.2.1 Investigación descriptiva**

Esta Investigación se basa en la obtención de información detallada perteneciente a la zona de estudio, con la finalidad de establecer el estado actual de la carretera mediante el método PCI (Índice de condición de Pavimento), para así mediante el Programa HDM-4 proponer alternativas de mantenimiento y rehabilitación vial para un adecuado servicio de vialidad.

##### **3.2.2 Investigación experimental**

La investigación experimental implica la realización de un estudio que involucra la manipulación controlada de una o más variables, con el fin de observar y medir los efectos producidos. Mediante los estudios de laboratorio se obtienen datos detallados de las características físicas y portantes de la estructura de pavimento a través del Ensayo de CBR. Generalmente, la investigación experimental sigue un proceso que incluye la identificación del problema, la formulación de hipótesis, el diseño del estudio, la recopilación y el análisis de datos, y la interpretación de los resultados. Para este proyecto (Ramos-Galarza, 2021)

##### **3.2.3 Investigación documental**

Este método de investigación ejecuta la recopilación de datos de revistas, libros, artículos, tesis de maestría y guías de manuales los cuales brinden información relacionada con el software HDM-4. Para la aplicación en campo nos permitirán conocer las características de diseño, la eficiencia de la construcción de la vía a través de ensayos destructivos.

### 3.3 Objeto de estudio

El enfoque del estudio se centra en analizar y proponer alternativas de rehabilitación vial, los cuales nos proporcionan datos del estado actual del tramo de estudio y así identificar en que escala de serviciabilidad se encuentra, partiendo de los datos obtenidos y resultados de los métodos aplicados y así contar con alternativas adecuadas para la rehabilitación y mantenimiento de la vía Transversal Sur E-50 comprendida desde el tramo de la parroquia la Avanzada hasta la parroquia Torata el cual consta de 12 km.

### 3.4 Descripción de la población y muestra

#### 3.4.1 Población

La población a la cual va dirigida nuestra investigación será para la vía interurbana el tramo de la carretera Transversal Sur E50 comprendido desde la parroquia la Avanzada hasta la Parroquia Torata. Donde se registró una longitud de 12.1 km de la vía, lo que permite la conexión entre dos sectores permitiendo la movilidad.

#### 3.4.2 Muestra

Para el cálculo de la determinación de la muestra que se aplicará en la metodología del PCI, para evaluación de daños en la vía, se plantea la siguiente ecuación:

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

Donde:

*n*: número mínimo de unidades de muestreo a evaluar

*σ*: desviación estándar del PCI entre las unidades (10 para pavimentos flexibles)

*e*: error admisible en el estimativo del PCI de la sección (5%)

*N*: número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento

### 3.5 Métodos con los materiales utilizados

Este método consiste en la recopilación de los datos bibliográficos, en los cuales se establecen los fundamentos teóricos y técnicas que nos respaldan nuestro proyecto. También ,nos proporcionan los procesos y análisis que se ejecutarán en este estudio que se basa en la propuesta de rehabilitación y mantenimiento vial en carreteras de montaña.

Tabla 7: Descripción del proceso metodológico.

Variable	Tipo de Variable	Operación	Caracterización	Definición
Índice de Condición de Pavimento	Cualitativa	Se ejecuta mediante inspección visual, llevando registros en ficha técnica	*Tipos de Fallas en la capa de rodadura	El método PCI se usa para analizar conocer: tipo de daño, nivel de gravedad del daño y cantidad de daño. (Sanubari et al., 2023)
Ensayos de Laboratorio	Cualitativa	Toma de Muestras de la estructura de pavimento, en la capa de la subrasante	*Capacidad Portante de la Subrasante.	Ensayos destructivos que se ejecutan con toma de muestras y alteran el pavimento, ya que se deben tomar muestras en el suelo de fundación, subbase, base y asfalto mediante calicatas
Análisis del programa HDM 4	Cualitativa	Conservación vial Mejoramiento vial	Costo – beneficio en relación con el mantenimiento de carreteras.	El programa de software HDM-4 tiene la función de tomar decisiones en un periodo anual.

**Fuente:** Autor

### 3.5.1 Método empírico

Mediante la inspección visual se pretende conocer las condiciones superficiales del pavimento. Ya que se cuente con la identificación de las fallas estas entran a un proceso de clasificación las cuales irán categorizadas por su severidad y por el tipo de falla, de esta forma se logrará tener el índice de condición de la vía de acuerdo con los parámetros del PCI.

A través del ensayo CBR se pretende obtener la cuantificación de la capacidad resistente de la subrasante, subbase y base. También, nos permite identificar el contenido de humedad y densidad. Para la ejecución del ensayo mediante la perforación de dos calicatas para determinar las muestras y obtener el porcentaje del CBR.

### 3.5.2 Método de evaluación

Para la obtención de la información de la zona de estudio se evaluó la estructura del pavimento, la condición actual del mismo y las posibles causas que generan este deterioro. Tomando las especificaciones que se presentan en el Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos se extrajo la clasificación de las categorías de la Subrasante lo cual se puede evidenciar en la tabla 8. Para conocer el estado actual del pavimento y evaluar las fallas que se presentan, para ello se utiliza la escala de categorización que se muestra en la tabla 9 la cual proporciona los rangos establecidos en el ensayo del PCI, estos datos serán procesados en el software Evalpav para así lograr la correcta clasificación según la norma ASTM 5340.

Tabla 8 Escala de clasificación de las categorías de la Subrasante - CBR

Tipo	Categoría de la subrasante	CBR
S0	Inadecuada	$CBR < 3\%$
S1	Pobre	$3\% \geq CBR < 6\%$
S2	Regular	$6\% \geq CBR < 10\%$
S3	Buena	$10\% \geq CBR < 20\%$
S4	Muy Buena	$20\% \geq CBR < 30\%$
S5	Excelente	$CBR \geq 30\%$

**Fuente:** MTOP2015

Tabla 9: Clasificación del PCI

PCI	CLASIFICACIÓN
86-100	Excelente
71-85	Muy Bueno
56-70	Bueno
41-55	Regular
26-40	Pobre
11-25	Muy Pobre
0-10	Fallado

**Fuente:** Chaverri Jimenez & Madrigal Salazar, 2012)



### **3.5.3 Procedimiento de los datos obtenidos**

El procedimiento posterior de la obtención de datos mediante métodos empíricos ya mencionados es evaluar y tabular todos los resultados. La Evaluación de la zona de estudio y las condiciones de serviciabilidad del pavimento las cuales mediante inspección visual se obtiene, severidad, cantidad o densidad del mismo, estos resultados son la base para emplear el método PCI el cual nos proporciona en que condición se encuentra el pavimento. Por otra parte también se emplearon ensayos de laboratorio según las normas establecidas los cuales nos ayudaron a saber el tipo de suelo, contenido de humedad compactación y la resistencia de la subrasante mediante el porcentaje obtenido en el CBR. Con la obtención de todos estos resultados se procede a ingresar en el programa HDM-4 el cual nos proporciona los parámetros que se están cumpliendo y los que se deben mejorar y así tener claro los pasos a seguir.

## CAPÍTULO IV

### 4. Análisis e interpretación de resultados

Con base a la metodología planteada en el capítulo anterior se procede a la aplicación de cada uno de los procedimientos presentados para ello se especifica en la tabla 10 el análisis con su respectivo indicador al igual que la descripción del mismo, el instrumento a emplearse, la actividad realizada y el criterio que se busca en dicho análisis.

#### 4.1 Información Bibliográfica obtenida

Tabla 10 Criterios de Evaluación

Análisis	Indicador	Descripción	Instrumento	Técnica	Criterio
Deterioro del Pavimento	PCI	Índice de Condición de Pavimento	Software Evalpav, Fichas de Evaluación	Observación de campo y registro de fallas.	Estado actual del pavimento
Estructura del Pavimento	CBR SUCS	Tipo de suelo y capacidad portante.	Ensayos de laboratorio.	Procesos según norma para obtener el tipo de suelo y la capacidad portante.	Características de la estructura del pavimento.
Estructura del Pavimento	Marshall	Clasificación y composición de la carpeta asfáltica	Ensayos de Laboratorio	Toma de muestras en campo y posterior análisis en laboratorio	Clasificación de la capa asfáltica para la cual fue diseñada
Deterioro del pavimento flexible	PCI	Clasificación del estado del pavimento.	Ficha de trabajo para registro de fallas	Datos obtenidos en campo	Condición actual de la capa de rodadura
Alternativas de Mantenimiento	Red vial	Análisis de la condición	Software HDM-4	Propuesta de Mantenimiento	Adecuada red vial y

y Rehabilitación		de la zona de estudio		y Rehabilitación según el estado de la red vial.	conservación de su infraestructura.
---------------------	--	--------------------------	--	---	---

**Fuente:** Autor

## **4.2 Evaluación de la Estructura de Pavimento en la zona de estudio**

### **4.2.1 Ubicación de la Zona de Estudio**

La carretera Transversal Sur E-50 ubicada en la provincia de El Oro es la encargada de comunicar a los cantones de la parte baja con la parte alta y a su vez a las provincias aledañas.

### **4.2.2 Datos del Tramo de estudio**

El tramo de carretera consta de una longitud de 12.1km y posee un ancho promedio de 7m esta conformada en su totalidad por pavimento flexible.

### **4.2.3 Unidades de Muestreo**

Las unidades de muestreo son el punto de partida para la aplicación del método PCI para lo cual se necesitan los datos previamente detallados como la longitud del tramo de estudio y el ancho de la misma el cual nos servirá para establecer la longitud de cada muestra en base al Manual del PCI como se detalla en la tabla 11 y se adopta una longitud de muestra de 32m para nuestro ancho de 7m.

Tabla 11 Longitudes de unidades de muestreo asfálticas

<b>Ancho de la calzada</b>	<b>Ancho de la unidad de muestreo (m)</b>
5.0 m	46.0 m
5.5 m	41.8 m
6.0 m	38.3 m
6.5 m	35.4 m
7.3 m(Max)	31.5 m

**Fuente:** Manual PCI

Para determinar el número de unidades de muestreo según la norma ASTM D6433 nos permite determinar un número mínimo de unidades de muestreo mediante la aplicación de fórmula la cual consta de un 95% de confiabilidad, un error del 5% y una desviación estándar que para pavimentos flexibles es de 10.

Para nuestro estudio con los datos previamente detallados se obtiene un número de muestras de 15 y con una longitud de 32 m por cada una de ellas el estudio empieza desde la abscisa 0+000 ubicada en la parroquia la avanzada y terminado en la abscisa 11+000 ubicada en la parroquia Torata.

#### **4.2.4 Proceso para el cálculo del PCI**

Según (Almubarak et al., 2022), en su estudio aplica el método de Índice de Condición de pavimento con el cual mide la afectación de los daños en el pavimento flexible el cual se basa en 3 categorías principales las cuales son tipo de daño, gravedad del daño y cantidad o densidad del daño. El PCI se mide con una escala numérica la condición del pavimento, que va desde 0 a 100, se consideraría que se encuentra en mal estado si se encuentra en 0 y si tiene valor de 100 estaría en excelente el estado.

#### **4.2.5 Obtención de Datos en Zona de Estudio**

En la etapa de obtención de datos se evidencian y se registran las fallas que se encuentran en la capa asfáltica las cuales según la norma ASTM 5340 son 19 tipos de fallas que se pueden presentar en el pavimento, en la ficha de trabajo se registra el tipo y la severidad de cada una de ellas.

#### **4.2.6 Identificación de fallas en la Zona de Estudio**

Se pueden verificar varios tipos de fallas los cuales presentan características que se van presentando en la carpeta asfáltica las fallas se clasifican en 5 tipos de fallas las cuales son fisuras, deformaciones, pérdidas de las capas de la estructura, daños superficiales y otros daños que no contemplan alguna de las clasificaciones mencionada (SAIR ALZATE ZULUAGA, 2019), es importante este análisis ya que así se puede realizar una evaluación una correcta identificación y categorización de las fallas que se presenta en la zona de estudio.

Las fallas identificadas en la zona de estudio se detallan en el gráfico. las cuales constan de un 44% constituido por Parcheo es la que prevalece en todas las unidades de muestreo, seguida de la piel de cocodrilo con el 29% también consta de un 13% de huecos todos estos análisis se reflejaron mediante la recolección de datos y posterior procesamiento de los resultados obtenidos.

Ilustración 8: Identificación de fallas

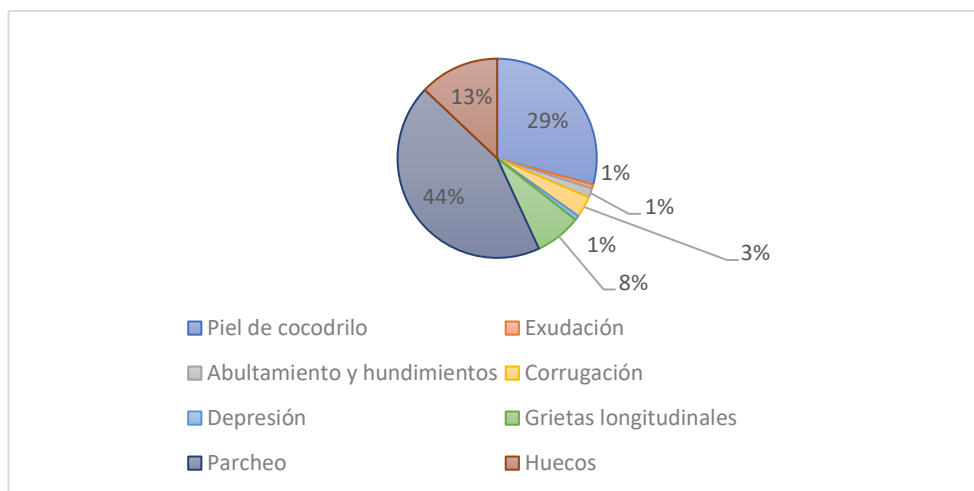


Ilustración 9: Identificación de fallas



**Fuente:** Autor

Tabla 12 Fallas Registradas en la zona de Estudio



**Fuente:** Autor

#### 4.2.7 Registro de fallas de en el Software Evalpav

Para ingresar los datos en el Software se necesita datos como ancho de vía longitud y numero de muestras al tener 15 unidades de muestra tendremos igual número de resultados de cada tamo en este software nos proporcionan datos como densidad y valores deducidos por cada falla lo cual nos ayuda a categorizar el tramo según la escala del método PCI.

En la tabla 12 se presentan la abscisa de cada tramo y el área de la unidad de muestra datos previos y necesarios para el empleo del Software.

Tabla 13 Tramos en los que se encuentran comprendidas las unidades de muestreo

TRAMO	ABCISA INICIAL	ABCISA FINAL	AREA DE TRAMO(m ^2)
1	00+000	00+0045	292
2	7+000	0+0745	292
3	1+000	0+1045	292
4	1+500	0+1545	292
5	2+000	0+2045	292
6	2+700	0+2745	292
7	3+000	0+3045	292
8	3+700	0+3745	292
9	4+000	0+4045	292
10	5+000	0+5045	292
11	6+000	0+6045	292
12	7+000	0+7045	292
13	8+000	0+8045	292
14	9+000	0+9045	292
15	+000	0+11045	292

**Fuente:** Autor

#### 4.2.8 Categorización del PCI

La herramienta de proceso de la metodología PCI es el software Evalpav el cual nos da como resultado el índice de condición de pavimento que se registrar por cada unidad de muestra, este software proporciona hojas de calculo en las cuales se detallan los parámetros de evaluación los cuales son la densidad de cada falla, el valor deducido corregido y por su puesto la escala en e índice que se encuentra la condición del pavimento evaluado.(CORIPUNA OSORIO & HUANACCHIRI HUAMAN, 2019)

En la tabla 13 se registra la categorización de cada unidad de muestra y su índice de condición de pavimento (PCI),este resultado optimiza y precisa ala metodología PCI ya que se considera un método más exacto que el tradicional el cual aplica de una manera empírica el análisis y proceso de los resultados.

Tabla 14 Resultados proporcionados por el Software Evalpav en cada unidad de muestra

TRAMO	PCI	CALSIFICACION
1	32	<b>Pobre</b>
2	30	<b>Pobre</b>
3	22	<b>Muy Pobre</b>
4	77	<b>Muy Bueno</b>
5	83	<b>Muy Bueno</b>
6	83	<b>Muy Bueno</b>
7	86	<b>Excelente</b>
8	64	<b>Muy Bueno</b>
9	76	<b>Bueno</b>
10	41	<b>Muy Bueno</b>
11	46	<b>Regular</b>

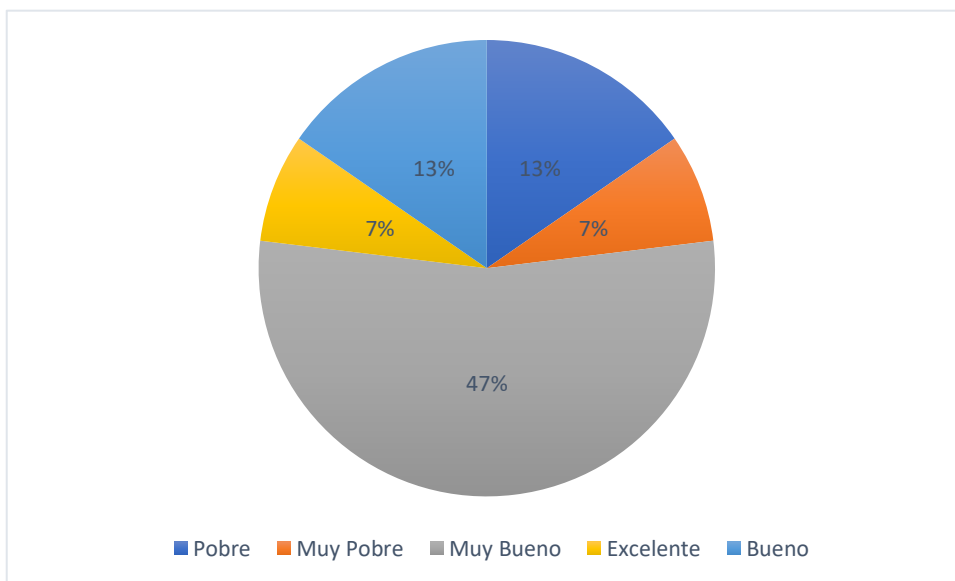
12	70	<b>Regular</b>
13	68	<b>Muy Bueno</b>
14	76	<b>Bueno</b>
15	78	<b>Muy Bueno</b>

**Fuente:** Autor

#### 4.2.9 Categorización del estado de la vía con la metodología PCI en el tramo de vía La Avanzada-Torata

La categorización de la zona de estudio es la parte final de la aplicación de la metodología PCI, teniendo como resultado que dentro de las unidades de muestras requeridas se obtuvo que el pavimentos e encuentra en un 47 % en estado Muy bueno seguido de un 13 % en estado Pobre y Bueno respectivamente tal y como se evidencia en la grafica 15, cabe recalcar que el tramo 1 y 2 son los tramos con la categorizan de pobre y por otra parte la zona más afectada se puede encontrar en el tramo 3 el cual cuenta con un PCI=22 lo cual lo categoriza en estado Muy Pobre.

Tabla 15 Resultados obtenidos de PCI en la zona de estudio



**Fuente:** Autor



#### 4.2.10 Estudios en la Estructura de Pavimento

Mediante los datos obtenidos en la metodología PCI, los cuales indicaban las zonas más críticas ubicadas en los tramos 1,2 y 3 por lo cual se procede con la realización de ensayos destructivos en estos puntos ya señalados, estos consisten en realizar calicatas en los tramos más crítico y así analizar el estado de la estructura del pavimento como es la base la subbase y por su puesto la subrasante que la última capa de esta estructura.

El ensayo que determina la clasificación de suelo mediante la Norma SUCS(Sistema Unificado de Clasificación de suelos),mediante el cálculo de los índices de plasticidad el cual cuenta con 6 y un límite líquido de 25.8 % lo cual lo clasifica como un suelo (SM),para determinar el CBR en la subrasante se emplea el ensayo de Proctor modificado para lo cual se realizó la compactación con energías de 56,25 y 12 golpes empezando con un porcentaje de humedad 3% por lo cual mediante la curva se obtiene una densidad seca máxima de 1.52 gr/cm<sup>3</sup> y un porcentaje de humedad del 11.55 lo cual será el punto de partida para iniciar con el CBR de diseño. El valor *CBR* (coeficiente de carga de California) es un indicador relevante del suelo en la capa de la subrasante el cual es de gran importancia para el diseño de pavimentos.(Tenpe & Patel, 2020),la categorización de la zona estudio en la que se ejecutó la toma de muestras en su capa de subrasante se obtuvo un resultado de 7.98 % lo cual entra en la clasificación de Regular lo cual da para que pueda asentarse la estructura de pavimento.

Ilustración 10 Calicata 1



Ilustración 11 Calicata 2



**Fuente:** Autor

Tabla 16 Resumen de Resultados obtenidos en el Laboratorio

<b>Concepto</b>	<b>Detalle</b>
Clasificación de suelo (SUCS)	SM
Índices de plasticidad	6
Límite líquido	25.80%
Ensayo de compactación (Proctor modificado)	Realizado con energías de 56, 25 y 12 golpes
Porcentaje de humedad inicial	3%
Densidad seca máxima	1.52 g/cm <sup>3</sup>
Porcentaje de humedad óptimo	11.55%
Valor CBR en la subrasante	7.98%
Clasificación CBR	Regular

**Fuente:** Autor

#### **4.2.11 Aplicación del Ensayo Marshall**

La estabilidad y el módulo de rigidez de Marshall son parámetros de gran relevancia para el diseño de mezclas asfálticas, donde la estabilidad refleja la resistencia a la deformación y el módulo de rigidez refleja las propiedades mecánicas del material. (Valentin et al., 2022), es importante evaluar la carpeta asfáltica para así poder determinar si cumple con los parámetros requeridos la zona de estudio en la vía Transversal E50 es una vía de tráfico muy pesado lo cual requiere espesores de entre 10 y 15 cm según (María Caridad Sánchez Morales & Ing. Deborah María Pavón Marrero, 2020), en la extracción de muestras se obtuvieron espesores promedios de 10 cm pero en zonas específicas se encontró carpetas asfálticas que evidencian espesores de 5 cm lo cual no es adecuado para el tráfico que recibe la estructura. En la aplicación del ensayo Marshall se obtuvo valores de Estabilidad de 1810.5 lbf y un flujo de 8.37 in lo cual evidencia que está diseñada para tráfico Pesado según los parámetros establecidos en el MTOP.

Ilustración 12: Ensayo Marshall 1



Fuente: Autor

### 4.3 Propuesta de Mejoramiento y Rehabilitación

#### 4.3.1 Plan de Mantenimiento y Mejoramiento Vial

Mantenimiento Rutinario.

Son acciones preventivas y permanentes con el objetivo de conservar los elementos que componen a la resistencia de las vías y conservarlos en condiciones adecuadas posterior a su construcción o rehabilitación. Las reparaciones ejecutas en firmes menores, los terraplenes y la nivelación de la vía, etc. y otros elementos componentes de estas, se pueden realizar de manera manual. Así se logra un adecuado servicio se vialidad con todos los factores requeridos,(Chávez Sotil Andres, 2014).

Mantenimiento Periódico

Consiste en un conjunto de acciones realizadas durante un periodo de un año o más, lo cual tiene el propósito de conservar las propiedades estructurales de la carretera, controlar defectos específicos importantes así prevenir que se desarrollen las fallas existentes. Este tipo de mantenimiento consta de actividades de tratamiento superficial y reparación,(Ramirez Medina & Valenzuela Robles, 2023).

## Rehabilitación

Esta técnica consiste en la mejora del estado de un pavimento regresando a su estado original y así logrando que el pavimento tenga suficiente capacidad estructural para soportar la cargas que se producen y para lo que a sido diseñado,(Norambuena-Contreras et al., 2009).

## Reconstrucción

La Técnica de reconstrucción de basa en la demolición, retirada y sustitución parcial o completa de los pavimentos asfálticos que se registren los cuales esten con problemas estructurales excesivos, altos índices de deterioro, falta de vida útil restante o incluso subrasante. (Nueva et al., 2007)

### 4.3.2 Procesamiento de Datos y Resultados con el programa HDM-4

El modelo de gestión conocido como HDM-4 se desarrolló por el Banco Mundial el cual tuvo como objetivo de fusionar la evaluación técnica y económica de proyectos viales para analizar alternativas, procedimientos y programas de inversión. Para así tener un nivel de confiabilidad alta al hacer uso del modelo HDM-4.(JARRÍN CORAL, 2019).

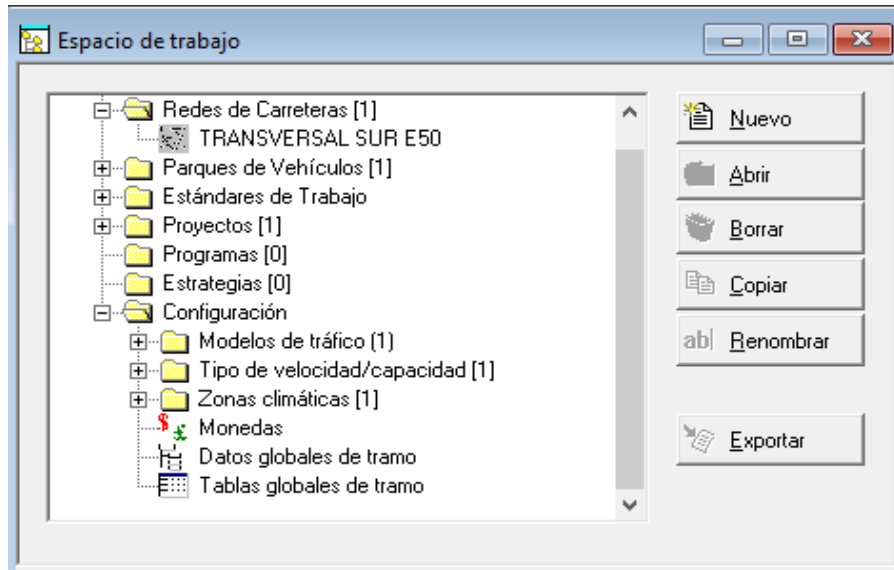
Tabla 17:Ventajas del Modelo HDM-4

<b>Ventaja</b>	<b>Descripción</b>
Simulación del flujo de tráfico	Estima las velocidades para distintos tipos de vehículos teniendo en cuenta el volumen, la composición y el patrón del tráfico, así como las condiciones de la infraestructura.
Estimación de costos operativos	Calcula los costos de operación de los vehículos basándose en las velocidades estimadas, la geometría de la carretera y el estado del pavimento.
Predicción del deterioro del pavimento	Modela el desgaste del pavimento según el tráfico acumulado y las condiciones ambientales.

**Fuente:**(JARRÍN CORAL, 2019)

El Software HDM-4 dentro de su zona de trabajo requiere varias variables para la gestión de proyectos las cuales son zona climática, características de la vía, flujo vehicular, parque de vehículos, modelos de tráfico, tipos de velocidad y capacidad entre otros que se pueden visualizar en la ilustración 13.

Ilustración 13 Espacio del Software HDM-4



Fuente: Autor

### 4.3.3 Geometría Vial de la Zona de Estudio

En el estudio realizado por el MTOP en la zona de la Avanzada-Saracay en el año 2014 detalla que se caracteriza por tener un relieve de colinas de baja altura con pendientes máximas de 25 % (14° de inclinación) en sitios aislados, por lo general los terrenos tienen pendientes promedio del 5 % (3° de inclinación). Los drenajes son difusos y no existen cauces desarrollados de manera especial.

Tabla 18: Geometría Vial de la Zona de estudio

Parámetro	Valor
Rampas + pendientes	15 m/km
Curvatura horizontal media	75 °/km
Velocidad límite	80 km/h
Altitud	355 m

Tipo drenaje	No hay efectos del drenaje
--------------	----------------------------

**Fuente:** Autor

#### 4.3.4 Climatología de la zona de estudio

Un factor importante para evaluar el pavimento en la zona climática donde se encuentra ubicado por ende es de gran relevancia para el modelo HDM-4 contar con las temperaturas registradas tanto bajas como altas y la precipitación promedio que registra la zona de estudio, mediante la aplicación Meteored la cual proporciona datos de las precipitaciones por zonas y las temperaturas relacionadas a lo largo del tiempo se obtienen los datos que de detallan en la tabla.

Tabla 19: Información de Precipitaciones y temperatura en el año 2023

Mes	Temperatura Promedio (°C)	Precipitación Promedio (mm)
Enero	25	300
Febrero	26	310
Marzo	26	337
Abril	25	250
Mayo	25	120
Junio	26	61.8
Julio	25	35
Agosto	24	25
Septiembre	25	30
Octubre	26	50
Noviembre	26	70

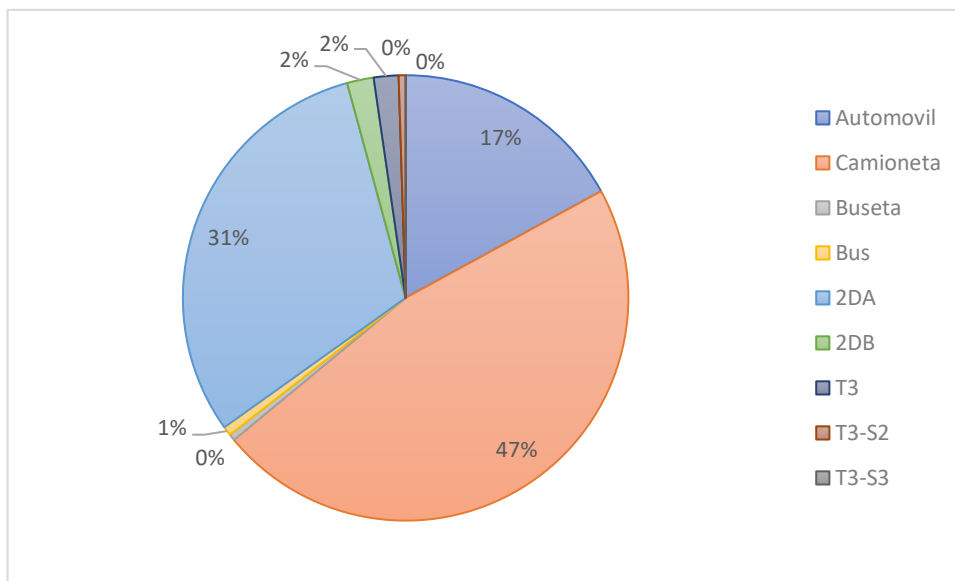
Diciembre	26	100
-----------	----	-----

Fuente: METEORED

#### 4.3.5 Flujo vehicular

El modelo de programa HDM-4 requiere parámetros detallados de la zona a realizar el proyecto uno de ellos el flujo vehicular que presenta la vía por ello mediante un conteo vehicular se logra obtener datos reales de los vehículos que transitan a diario y como se clasifican tal y como se detalla en la ilustración 8, siendo los vehículos livianos los que registran mayor presencia.

Ilustración 14: Flujo Vehicular de la Vía Transversal Sur E 50



Fuente: Autor

#### 4.3.6 Modelo de Trafico HDM-4

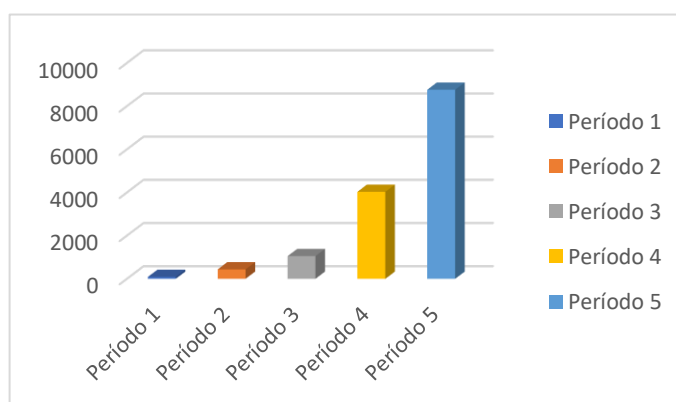
El modelo de tráfico dentro del Software HDM-4 se emplea para analizar el comportamiento del tráfico que se presenta dentro de la zona de estudio datos de gran relevancia para la ejecución del Proyecto, en la tabla se presenta el modelo de trafico para una vía inter urbana que nos sugiere el programa por defecto.

Tabla 20: Modelo de Trafico de una Vía interurbana

Periodo	Descripción	Horas por año (HRYRp)	Tráfico horario (HVp)	% de IMD (PCNADTp)
1	Período 1	87.6	0.09	2.17
2	Período 2	350.4	0.08	7.59
3	Período 3	613.2	0.07	11.64
4	Período 4	2978.4	0.05	40.24
5	Período 5	4730.4	0.03	38.36

Fuente: HDM-4

Ilustración 15 Histograma de la distribución de horas acumuladas en a cada periodo



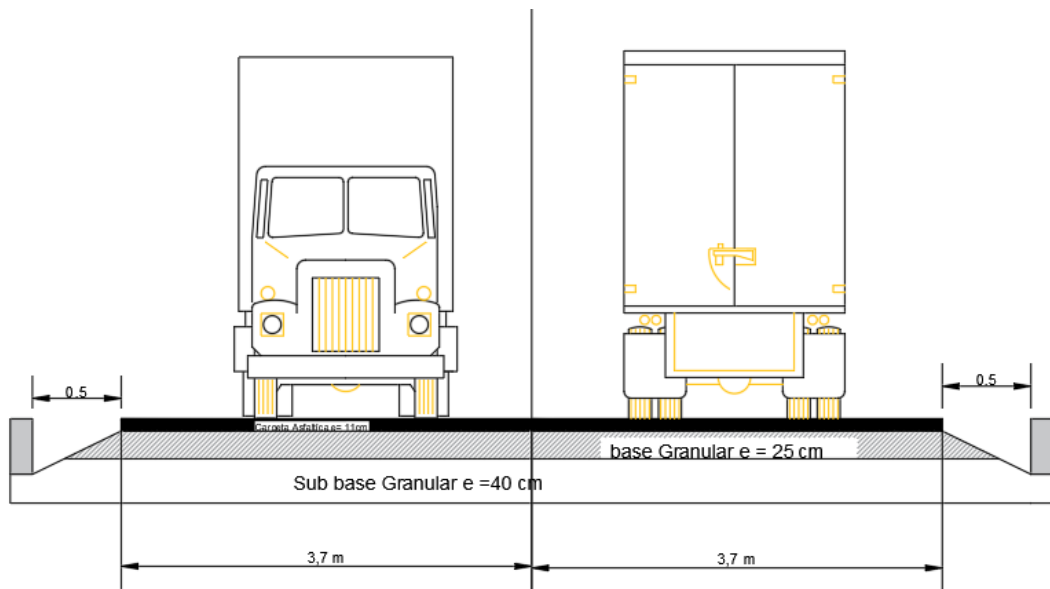
Fuente: Autor

#### 4.3.7 Capacidad de la Vía y velocidad promedio

En la última Rehabilitación en la zona de estudio ejecutada el año 2014 se detectó que a sido diseñada para una velocidad promedio de 60 km/h esta cuenta con dos carriles uno en cada sentido,3xisten varios factores que se evidencian en la tabla 22 los cuales son necesarios para emplear el modelo HDM-4 todos estos relacionados con la velocidad y la capacidad de la carretera.



Ilustración 16: Sección Transversal de la vía



Fuente: Autor

#### 4.3.8 Características del firme

Dentro de la zona de estudio se necesita plantear los tramos de carretera que se van a evaluar para lo cual se necesita varias características de la vía como longitud de la misma que patrón de tránsito tiene resistencia en la carpera de subrasante entre otras que se detallan en la tabla 21 y 22 respectivamente.

Tabla 21 Características de la vía

Tramo	Longitud (km)	Calzada (m)	Espaldones (m)	Carriles (#)	Patrón de Tránsito	Clima	Tipo de Pavimento
Tramo 1	6.2	7.4	0	2	Interurbano	Húmedo	Asfalto
Tramo 2	6	7.4	0	2	Interurbano	Húmedo	Asfalto
Total	12.1						

Fuente: Autor

Tabla 22 Características de la estructura de pavimento

Tramo	Último Año de Intervención	CBR (%)	Tipo de Pavimento	Compactación (%)	Espesores (cm)	
Tramo 1	2014	7.98	Asfalto	95	Base	25
Tramo 2	2021	7.98	Asfalto	95	subbase	40
					Asfalto	11

Fuente: Autor

#### 4.3.9 Características de los Vehículos que transitan por la zona

El flujo vehicular y la características de los vehículos que son los encargados de proporcionar cargas al pavimento es de gran relevancia para el análisis del proyecto es importante clasificarlos de acuerdo a su función ya sea de carga, de transporte de pasajeros, motorizados o no motorizados otros factores importantes son la proyección de crecimiento de los vehículos para medir el impacto a futuro también el costo unitario de operación de cada uno de ellos todos estos datos son requeridos para realizar la programación y evaluación en el software HDM-4.

Tabla 23: Conteo Vehicular

Tipo de Vehículo	Automóvil	Camioneta	Buseta	Bus	Camión C2 (Volqueta)	Camión C3	Total
TPDA	225	540	15	14	252	34	1082
TPDA %	21	46	2	1	26	4	100

Fuente:(Lalangui Yaguana & Serrano Sarango, 2023)

Tasa de crecimiento vehicular que proporciona el MTOP en su estudio realizado en el año 2014 en el proyecto de rehabilitación de la misma vía en la que se desarrolló la Evaluación.

Tabla 24:Tasa de Crecimiento Vehicular

<b>Periodo</b>	<b>Livianos</b>	<b>Buses</b>	<b>Camiones</b>
2005-2010	4,23	2,87	2,10
2011-2015	3,65	2,55	1,87
2016-2020	3,18	2,29	1,68
2020-2025	5,16	1,96	4,07
2025-2030	4,15	1,72	3,67
2030-2035	3,99	1,15	3,33

Fuente:(MTOPE, 2023)

#### 4.3.10 Características de los Vehículos

Aquí se presentan los detalles de los vehículos, ejes equivalentes también las ruedas de las que están compuestos tipos de neumáticos todos estos datos son proporcionados por el Plan Vial de la provincia del Oro CONGOPE y se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 25:Parque vehicular – costos unitarios.

<b>Tipos de Vehículos</b>	<b>Espacios Equivalentes Veh. Pasajeros (PCSE)</b>	<b>N° de Ruedas (n°/veh)</b>	<b>N° de Ejes (n°/veh)</b>	<b>Tipo de Neumáticos</b>	<b>N° de Renovaciones (n°)</b>	<b>Costo de Renovaciones (%)</b>	<b>Ejes Equivalentes a 8,16 ton ESALF (n°/veh)</b>	<b>Peso Bruto de Operación (ton)</b>
Automóviles	1	4	2	Radial	-	-	0,005	0,5
Camioneta	1	4	2	Radial	-	-	0,005	1

Buses	2	6	2	Diagonal	1,3	43,8	0,584	10
Camiones C2	3	6	2	Diagonal	1,3	43,8	4,468	18
Camiones C3	2	10	3	Diagonal	1,3	45	4,343	27
Camiones C5	2,6	18	5	Diagonal	1,3	45	7,421	47

Fuente: CONGOPE 2019

#### 4.3.11 Costo Unitario operacional

El costo operacional de los vehículos es un factor que depende en un porcentaje del estado de la vía ya que puede generar retrasos mayor inversión en combustibles estos costos están detallados por el CONGOPE que aplica la metodología HDM-4 y presenta los siguientes precios referenciales tanto en valores de automóviles en el mercado como los gastos que genera la misma en un lapso de un año.

Tabla 26 Parque vehicular – costos unitarios.

Tipos de Vehículos	Vehículo Nuevo (USD/veh)	Neumático Nuevo (USD/veh)	Combustible Gasolina (USD/lt)	Combustible Diésel (USD/lt)	Aceite Lubricante (USD/lt)	Mano de Obra de Mantenimiento (USD/h)	Salario de Tripulación (USD/h)	Fijo por Año (USD/año)	Capital (%)
Automóviles	8472	78,64	1,04	-	5,34	7,74	1,24	281	8,00
Camioneta	12271	119,13	1,04	-	5,34	7,74	1,24	376	8,00
Buses	65089	200,00	-	0,42	5,42	12,92	9,61	845	8,00
Camiones C2	47720	243,00	-	0,42	5,42	12,92	8,80	1569	8,00

Camiones C3	96863	243,48	-	0,42	5,42	12,92	8,85	1931	8,00
Camiones C5	117793	250,00	-	0,42	5,42	12,92			

**Fuente:** CONGOPE 2019

Otro de los factores importante y relevantes dentro del costo para el mantenimiento de los vehículos es el combustible el cual se encuentra al alza actualmente llegando a incrementar los costos de operación los precios referenciales s evidencian en la tabla 28 de los combustibles que se emplean en el país.

Tabla 27: Precios Referenciales de combustibles

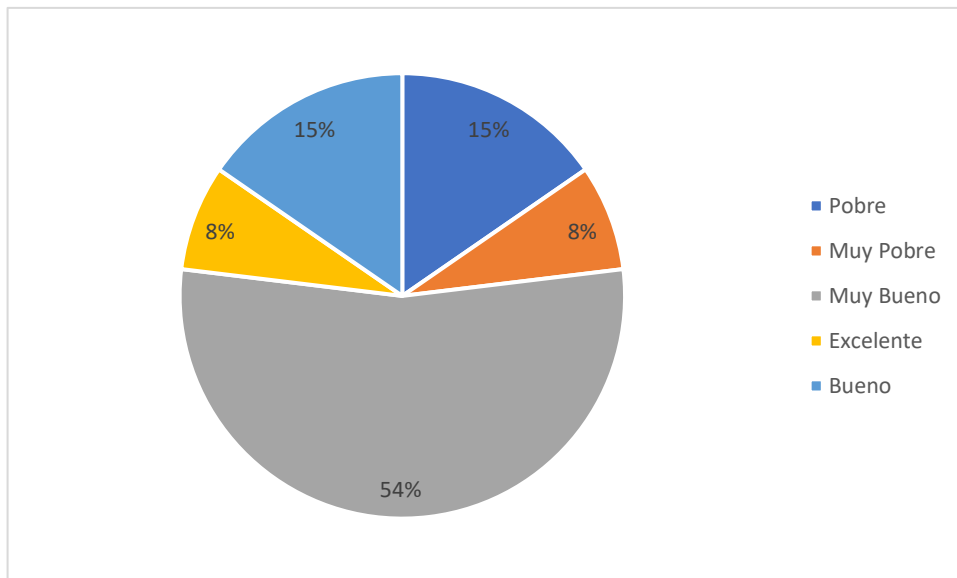
<b>Tipo de Combustible</b>	<b>Precio Terminal Includo IVA 15% (USD/galón)</b>	<b>Precio Consumidor (USD/galón)</b>
Extra	2.28	2.46
Ecopaís	2.28	2.46
Diésel	1.65	1.8
Súper	3.35	3.99

**Fuente:** CONGOPE 2019

#### **4.4 Propuesta de Alternativas De Mejoramiento y Rehabilitación**

Dentro de la evaluación PCI el cual registra el área de las fallas y categoriza los tramos evaluados según su condición se obtiene que solo el 7% del área de estudio se encuentra con una condición Excelente por otra parte una parte que con un 7 % de encuentra en Estado Pobre todos estos datos se reflejan en la ilustración 9, este es el punto de partida para proceder a plantear las alternativas que se pueden ejecutar en cada tramo según su condición.

Ilustración 17 Porcentaje de Condición del estado de pavimento



Fuente: Autor

En estudio realizado por (Chávez Sotil Andres, 2014) detalla que se debe partir de 4 condiciones para usar el modelo HDM-4, entre las cuales esta conocer el deterioro de la localidad, un momento a mediano plazo donde se pueda aplicar métodos empíricos que puedan predecir el deterioro al igual que un tiempo a largo plazo donde puedan aplicarse los métodos de rehabilitación y una condición a futuro que se pretenda evaluar.

Tabla 28: Categorización del PCI vs. Tipos de Mantenimiento

Índice de Condición de Pavimento	Categoría de Acción	Descripción
100 a 85	Excelente	Mantenimiento Preventivo o Mínimo: Pavimento en condición muy buena; no requiere acciones de mantenimiento correctivo inmediatas; ocasionalmente pueden requerir acciones de mantenimiento mínimo preventivo
85 a 70	Muy Bueno	Mantenimiento Correctivo Menor: Pavimento en condición buena, con fallas incipientes que requieren acciones correctivas inmediatas y/o en el corto plazo

70 a 55	Bueno	Mantenimiento Correctivo Mayor o Intensivo: Pavimento en condición dudosa o regular, con fallas evidentes que requieren acciones correctivas frecuentes y probablemente una rehabilitación a mediano plazo.
		1. Condición dudosa mantenimiento correctivo mayor.
		2. Sellado de superficie.
		3. Re-encarpetado delgado.
40 a 25	Pobre	Rehabilitación - Refuerzo Estructural: Pavimento en condición deficiente con fallas en proceso de generación, que requieren una rehabilitación en el corto plazo para evitar la generalización de daños irreversibles
< 25	Muy Pobre y Colapsado	Rehabilitación - Reconstrucción: Pavimento en condición muy deficiente, con fallas severas generalizadas que requieren una rehabilitación mayor, probablemente con alto porcentaje de reconstrucción, en el corto plazo

**Fuente:**(Chávez Sotil Andrés, 2014)

Para ejecutar estas alternativas se parte desde la evaluación del PCI se pueden generar alternativas de rehabilitación y mejoramiento según la categorización en la que se encuentre el tramo evaluado el CONGOPE proporciona una tabla de valores de las actividades que se ejecutan lo cual nos sirve de punto de partida según las alternativas planteadas.

Tabla 29 Costo de las intervenciones consideradas de conservación, mejoramiento y rutinario

<b>Tipo</b>	<b>Superficie</b>	<b>Detalle</b>	<b>Económico</b>	<b>Financiero</b>	<b>Unidad</b>
Conservación	CA	Mantenimiento rutinario	\$319.35	\$391.84	KM*AÑO
		Recapeo 4 cm	\$4.48	\$5.50	m <sup>2</sup>
		Fresado 3 cm + reposición 3 cm	\$3.74	\$4.60	m <sup>2</sup>
	TB	Slurry	\$1.12	\$1.37	m <sup>2</sup>
		Bacheo	\$117.12	\$143.70	m <sup>3</sup>
		Mantenimiento rutinario	\$530.16	\$650.50	KM*AÑO
		Doble tratamiento superficial	\$2.43	\$2.98	m <sup>2</sup>
	GR	Tratamiento superficial	\$1.79	\$2.20	m <sup>2</sup>
		Bacheo	\$117.12	\$143.70	m <sup>2</sup>
		Mantenimiento rutinario	\$1544.63	\$1895.26	KM*AÑO
		Recargo 10 cm	\$6.29	\$7.72	m <sup>3</sup>
		Perfilado (regularización)	\$0.24	\$0.29	m <sup>2</sup>



		Bacheo	\$6.29	\$7.72	m <sup>3</sup>
Mejoramiento	GR	Doble Tratamiento Bituminoso Superficial	\$3.24	\$3.98	m <sup>2</sup>
		Doble Tratamiento Bituminoso Superficial sobre base estabilizada con emulsión	\$4.56	\$5.59	m <sup>2</sup>

**Fuente:** CONGOPE 2019

Las Alternativas planteadas dentro del proyecto son 3 las cuales son de Mejoramiento y rehabilitación que serán planteadas en el siguiente apartado.

#### **4.4.1 Alternativa 1**

La alternativa 1 consiste en el mantenimiento de la carpera asfáltica las actividades planteadas son fresado y reposición lo cual consiste en la remoción de la carpeta asfáltica en su última capa y colocar una capa nueva, otra actividad es el bacheo el cual es el sellado de los huecos presentes en el área de asfalto y la última actividad es el sellado de fisuras que se presenten en la zona de estudio.

#### **4.4.2 Alternativa 2**

La alternativa 2 consiste en el mantenimiento de la carpeta asfáltica que se detalla en la alternativa 1 y se añade la reconstrucción mediante un ensanche parcial lo cual consiste en una rehabilitación de secciones específicas de la vía así se logra mejorar su capacidad de soporte y una mejor sección sin necesidad de reconstrucción total.

#### 4.4.3 Alternativa 3

Dentro de la alternativa 3 se plantea el mantenimiento periódico explicado en la alternativa 1 en el cual se emplea el fresado el sellado de fisuras y el bacheo en esta alternativa se añade un estándar de mejora en el cual consiste la reconstrucción total de la zona estudio.

#### 4.5 Resultados proporcionados por el Modelo HDM-4

Uno de los resultados proporcionados por el programa es el costo Anual por alternativa planteada detallando los años en que se plantean proyectado a 20 años por lo cual se obtiene un costo total durante todo el periodo y uno anual según la alternativa planteada.

Ilustración 18: Costo de la aplicación de alternativas

<b>Año</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>
2024	190,176.00	2,358,822.50	2,608,000.00
2025	190,176.00	0	190,176.00
2026	190,176.00	0	0
2027	190,176.00	0	0
2028	190,176.00	0	190,176.00
2029	190,176.00	0	0
2030	190,176.00	0	0
2031	190,176.00	0	190,176.00
2032	190,176.00	3,586.11	0
2033	190,176.00	0	0
2034	190,176.00	3,586.11	190,176.00
2035	190,176.00	3,586.11	0
2036	190,176.00	0	0
2037	190,176.00	0	0
2038	190,176.00	0	0
<b>Total</b>	<b>2,852,640.00</b>	<b>2,369,580.83</b>	<b>3,178,528.00</b>

**Fuente:** Autor

## **5. Conclusiones**

Mediante la investigación Bibliográfica se logró identificar métodos de evaluación de la Estructura de pavimento, para así aplicarlos en la zona de estudio y determinar el grado de serviciabilidad que esta vía ofrece, se logran identificar métodos que no solo ayuden a conocer el estado de la infraestructura, si no también que propongan alternativas para que se brinde un servicio de vialidad adecuado, la metodología se planteó a partir de fundamentos localizados en artículos científicos, teniendo como resultado métodos de inspección visual como el PCI, ensayos destructivos aplicados en evaluaciones anteriores y propuesta de alternativas de mejoramiento y rehabilitación vial median el Software HDM-4.

En el tramo la Avanzada se detectó los puntos más críticos mediante la inspección visual aplicada, por ende se estableció que sería el punto a analizar realizando la respectiva toma de muestras lo cual consiste en ensayos no destructivos que en laboratorio se procedió a analizar toda la estructura de pavimentos mediante la obtención del CBR de la subrasante y mediante el Ensayo Marshal determinar con qué tipo de tráfico fue diseñado encontrando novedades en el espesor de la carpeta asfáltica la cual no cumple con las especificaciones técnicas que nos da la Norma ASHTHO.

La vía Transversal sur E50 es de gran relevancia para la provincia por ende se plantean alternativas que proporcionan un adecuado servicio de vialidad, las tres alternativas son tanto de mantenimiento rutinario, periódico y de rehabilitación al procesar los datos de vía y todos los factores que requiere el Software HDM-4 se evidencia que la alternativa 3 consta de un valor de \$ 3,178,528.00 la cual consiste en la remoción total de la superficie y posterior colocación de una nueva estructura de pavimento, por otra parte la alternativa 2 tiene un 26% menos que la alternativa 3 y consiste de remoción parcial de la superficie y mantenimiento de la misma y finalmente la alterativa1 tiene un costo de 2,852,640.00 la cual consiste en un mantenimiento rutinario año a año por un periodo de 15 años.

En relación a el costo de cada alternativa se recomienda la alternativa 2 la remoción parcial en zonas afectadas y mantenimiento rutinario ya que nos refleja el menor costo y en términos de funcionalidad está a la par de las otras dos que fueron planteadas.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ahmed, F., Thompson, J., Kim, D., Carroll, E., & Huynh, N. (2021). Cost-effectiveness of performing field investigation for pavement rehabilitation design of non-interstate routes. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 10(3), 299–311. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2020.06.001>
- Alimohammadi, H. (2020). A framework for evaluation of existing pavement conditions and selection of feasible maintenance/rehabilitation alternatives; a case study in some routes of Livingston Parish in the state of Louisiana. *SN Applied Sciences*, 2(2), 289. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-1999-6>
- Almubarok, F. S., Mudiyo, R., & S, S. (2022). Road Pavement Condition Index as a Method to Analyze the Level of Road Damage. *Journal of Advanced Civil and Environmental Engineering*, 5(2), 84. <https://doi.org/10.30659/jacee.5.2.84-93>
- Al-Rubaei, R. H. A., Shubber, A. A. M., & Khaleefah, H. S. (2020). Evaluation of rigid pavement using the Pavement Condition Index: A Case Study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 737(1), 012128. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/737/1/012128>
- Amakye, S. Y., Abbey, S. J., Booth, C. A., & Mahamadu, A.-M. (2021). Enhancing the Engineering Properties of Subgrade Materials Using Processed Waste: A Review. *Geotechnics*, 1(2), 307–329. <https://doi.org/10.3390/geotechnics1020015>
- Andrade, A., Castillo, G., & Chacate, C. (2021). Efectos de la variabilidad de los datos iniciales en el índice de condición del pavimento y predicción de su deterioro. *NOVASINERGIA REVISTA DIGITAL DE CIENCIA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA*, 4(1), 102–114. <https://doi.org/10.37135/ns.01.07.06>
- Atheer Muhammed Ali, & Ali M. Lafta. (2023). World highways pavement management system: an overview. *Muthanna Journal of Engineering and Technology*. <https://doi.org/10.52113/3/eng/mjet/2023-11-01/33-39>
- Ben, S. O. (2019). Significance of Road Infrastructure on Economic Sustainability. *American International Journal of Multidisciplinary Scientific Research*, 5(4). [www.cribfb.com/journal/index.php/aijmsr](http://www.cribfb.com/journal/index.php/aijmsr)
- Br. Salazar Tello Anghelo Alexis. (2019). *Evaluación de las patologías del pavimento flexible aplicando el método PCI, para mejorar la transitabilidad de la carretera Pomalca - Tumán*. Universidad Cesar Vallejo .
- Cango Mena, L. P., & Zárate Torres, B. A. (2020). Evaluación del desgaste de pavimento flexible mediante el uso de fotogrametría de corto alcance. *Avances Investigación En Ingeniería*, 18(1). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.6629>
- Castelán, E. (2008). *Manual de Carreteras*.
- Castellanos Guerrero, W. M., & Chaves Pabón, S. B. (2020). Efecto del envejecimiento de mezclas asfálticas en el ciclo de vida del pavimento desde el aspecto técnico y ambiental. Revisión del estado de conocimiento. *Revista Vínculos*, 17(1), 7–23. <https://doi.org/10.14483/2322939X.16227>
- Chávez Sotil Andres. (2014). *PROPUESTA DE SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS PARA MUNICIPALIDADES Y GOBIERNOS LOCALES*.
- CORIPUNA OSORIO, C., & HUANACCHIRI HUAMAN, Y. (2019). *EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO, UTILIZANDO EL MÉTODO PCI CON EL SOFTWARE EVALPAV, EN LAS AVENIDAS EL TRÉBOL, VENUS Y MANUEL GONZALES PRADA (KM 0+000 - 2+383) DEL DISTRITO DE LOS OLIVOS*.
- De La Cruz Vega, S. A., Ibañez Ccoapaza, C. E., & Coaquira Cueva, D. Y. (2022). Determinación de índice de serviciabilidad y capacidad resistente. Caso práctico: pavimentos en Azángaro, Puno, Perú. *Infraestructura Vial*, 24(43), 1–8. <https://doi.org/10.15517/iv.v24i43.48563>

- Deori, S., Choudhary, R., Tiwari, D., & Kumar, A. (2019). HDM-4 deterioration modelling: Validation and adoption for flexible pavements with modified bituminous road surfacing. *Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 14(2), 208–226. <https://doi.org/10.7250/bjrbe.2019-14.440>
- GAD SANTA ROSA. (2020a). *PDOT SANTA ROSA 2019-2023*.
- GAD SANTA ROSA. (2020b). *Plan de Uso y Gestión de Suelo*.
- Giler, F.-D. V., Bladimiro, S., Mogrovejo-Carrasco, ;, & Estuardo, D. (2023). *FUNCTIONAL EVALUATION OF FLEXIBLE PAVEMENT IN THE RURAL ROAD NETWORK OF PORTOVIEJO, ECUADOR*. <https://doi.org/10.46296/yc.v7i13.0363>
- Harinder, D., Anusha, P., Ramesh, A., & kamatalam, K. M. P. (2023). Evaluation of flexible pavement performance based on HDM-4 and international roughness index. *E3S Web of Conferences*, 391, 01202. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339101202>
- I. Egwunatum, S., I. Akpokodje, O., & I. Awo-Osagie, A. (2023). Quality Impairments in Flexible Road Pavements. In *Quality Control - An Anthology of Cases*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.105697>
- JARRÍN CORAL, I. P. (2019). *APLICACIÓN DEL MODELO HDM-4 EN EL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PARA EL MANTENIMIENTO VIAL DE AVENIDA CRISTÓBAL COLÓN, QUITO*. 1–271.
- Jiang, X. (2022). Analysis on Design of Three Types of Pavements from the Perspectives of Structure, Construction Process and Failure Mode. *Academic Journal of Architecture and Geotechnical Engineering*, 4(2). <https://doi.org/10.25236/AJAGE.2022.040208>
- Kandlavath, H. N., Chowdhury, P. S., & Reddy, M. A. (2020). Evaluation of horizontal permeability characteristics of granular subbase material. *Transportation Research Procedia*, 48, 3725–3733. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.046>
- Kherudkar\*, P., & Namdeo, A. H. (2021). Examine the Underlying Causes of Flexible Pavement Deteriorations, Methods of Maintenance and Pavement Condition Rating. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 10(4), 228–238. <https://doi.org/10.35940/ijeat.d2518.0410421>
- Ko, K.-H., Moon, B.-K., Lee, T.-W., Lee, W.-H., Yoo, I.-Y., Lee, S.-Y., Han, D.-S., & Jeong, S.-H. (2016). An Economic Calibration Method for Fuel Consumption Model in HDM4. *Wireless Personal Communications*, 89(3), 959–975. <https://doi.org/10.1007/s11277-016-3353-2>
- Lalangui Yaguana, A., & Serrano Sarango, G. (2023). *ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN CARRETERAS DE MONTAÑA*.
- Laura Salomón, A. (2018). Los caminos rurales desde una perspectiva histórica: antecedentes y novedades del Plan de Caminos de Fomento Agrícola (Argentina, 1956). *Revista História: Debates e Tendências*, 18(2), 260–275. <https://doi.org/10.5335/hdtv.18n.2.8075>
- León Bobadilla, A. I. (2021). Relación de severidad de los deterioros de los pavimentos flexibles con la transitabilidad. *Big Bang Faustiniiano*, 10(2). <https://doi.org/10.51431/bbf.v10i2.683>
- Makurin, A. I., & Ulianova, I. A. (2022). On the eve of the era of “highways”: on the History of Federal Highway Construction in the USA. *Genesis: Исторические Исследования*, 3, 32–43. <https://doi.org/10.25136/2409-868X.2022.3.35423>
- Manuela Garzon Reina Leicy Yaimir Hernández Mendez, A. (2018). *CARTILLA-GUIA ILUSTRATIVA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE PARA BAJOS VOLUMENES DE TRANSITO*.
- María Caridad Sánchez Morales, & Ing. Deborah María Pavón Marrero. (2020). *Propuesta de espesores mínimos de superficie y coeficientes de equivalencia de espesores para el diseño de pavimentos flexibles*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193962633005>

- Massenlli, G. S. R., & Paiva, C. E. L. de. (2019). Influencia de la deflexión superficial en pavimentos flexibles con subrasante de baja resistencia. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 27(4), 613–624. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052019000400613>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2023). *Deterioro de la Red Vial*.
- MTOP. (2023). *INFORME DE VIABILIDAD PROYECTO REHABILITACION DE LA CARRETERA EJE VIAL 1 -LA AVANZADA -SARACAY*.
- Norambuena-Contreras, J., Zamora Barraza, D., Castro-Fresno, D., & Vega-Zamanillo, A. (2009). ANÁLISIS TÉRMICO DE GEOSINTÉTICOS UTILIZADOS EN LA REHABILITACIÓN DE LA REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 17(1). <https://doi.org/10.4067/S0718-33052009000100010>
- Nueva, U. M., Colombia, G., Quintana, R., Alexander, H., Lizcano, R., & Alberto, F. (2007). Ciencia e Ingeniería Neogranadina. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 17(2), 41–65. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91117204>
- Pinheiro, S., Silva, S. M., & Salomão, A. P. (2020). PATOLOGIAS EM ESTRADAS VICINAIS: A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO E CONSERVAÇÃO DE VIAS RURAIS PARA O DESENVOLVIMENTO REGIONAL PATHOLOGIES IN VICINAL ROADS: THE IMPORTANCE OF MAINTENANCE AND CONSERVATION OF RURAL ROADS FOR THE REGIONAL DEVELOPMENT. *Revista Multidisciplinaria Noreste Mineiro*. <https://orcid.org/0000-0002-5815-8287>
- Ramirez Medina, D. A., & Valenzuela Robles, L. S. (2023). Plan de mantenimiento periódico del pavimento en el tramo Paradero Las Retamas – Puente Los Ángeles. *Infraestructura Vial*, 25(44), 1–13. <https://doi.org/10.15517/iv.v25i44.51309>
- Ramos-Galarza, C. (2021). Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciaAmérica*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- REGLAMENTO LEY SISTEMA INFRAESTRUCTURA VIAL DEL TRANSPORTE TERRESTRE*. (2018). [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- SAIR ALZATE ZULUAGA. (2019). *SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SEVERIDAD DE DAÑOS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA DETERMINAR POSIBLES INTERVENCIONES*.
- Sanubari, M., Yamali, F. R., & Zulfiati, R. (2023). Analisis Tingkat Kerusakan Jalan Perkerasan Lentur Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) Studi Kasus: Jalan Pelabuhan Talang Duku Muaro Jambi. *Jurnal Civronlit Unbari*, 8(1), 36. <https://doi.org/10.33087/civronlit.v8i1.108>
- Siaway Kwado Mensahn, E., Abubakar Wada, S., & Lugeiyamu, L. (2022). Roadway Pavement Design Methods, Structural Approaches and Relevant Computer Algorithms: A Critical Review. *International Journal of Transportation Engineering and Technology*, 8(1), 13. <https://doi.org/10.11648/j.ijtet.20220801.12>
- Simón Baque-Solis, B. I. (2020). *Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí* Assessment of the state of flexible pavement using the pci method of the port-airport highway (Section II). *Blanket. Manabi Province Avaliação do estado do pavimento flexível usando o método pci da rodovia porto-aeroporto (Seção II). Cobertor. Província de Manabi*. 6, 203–228. <https://doi.org/10.23857/dc.v6i2.1163>
- TENE NARVÁEZ, C. L. (2022). “METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE VÍAS RURALES, CONSIDERANDO LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES: ESTUDIO CASO VÍA SANTA ROSA-BELLAVISTA-LA AVANZADA DEL CANTÓN SANTA ROSA, PROVINCIA DE EL ORO.”
- Tenpe, A. R., & Patel, A. (2020). Application of genetic expression programming and artificial neural network for prediction of CBR. *Road Materials and Pavement Design*, 21(5), 1183–1200. <https://doi.org/10.1080/14680629.2018.1544924>

- Triviño Molina, R. (2022). *Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí*.
- Valentin, J., Vacková, P., & Belhaj, M. (2022). Comparison and statistical evaluation of Marshall stability and stiffness modulus for asphalt mixtures. In *Current Perspectives and New Directions in Mechanics, Modelling and Design of Structural Systems* (pp. 1600–1604). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003348443-261>
- Vamsi, D., & Harinder, D. (2022). Assessment of Performance and Maintenance of Flexible Pavement Using KENLAYER and HDM-4. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 982(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/982/1/012055>
- Yáñez Gustavo. (2023). *Carreteras de Ecuador en mal estado: ¿cuáles son las causas?*
- Zapata, A., Luna, M., Sanchez, C., & Medina, Y. (2023). Evaluation Of Pavement Structures On Mountain Roads. *Revista Ciencia y Construcción*, 4(4).

## 7. Anexos

### 7.1 Anexo: Resultados de Límites Líquido y plástico

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES	PROYECTO Evaluación de Pavimentos OBRA La Avanzada -Torata LOCALIZA La Avanzada -Torata ENSAYO PROFUNDIDAD 1.5
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
FECHA may-24 OPERADOR Eras Ortega Andy	
<b>LIMITE LIQUIDO</b>	

PRUEBA N°	CÁPSULA N°	DE NUMERO GOLPES	PESO CAP + SUELO HÚMEDO (gr)	PESO CAP + SUELO SECO (gr)	PESO DEL AGUA (gr)	PESO DE CÁPSULA (gr)	PESO DEL SUELO SEC (gr)	CONTENIDO DE HUMEDAD %
1	R5y	21	26.54	24.25	2.29	9.61	14.64	15.64
2	R99	19	33.34	29.25	4.09	9.63	19.62	20.85
3	R12A	25	23.95	21.25	2.7	9.54	11.71	23.06
4	R24	18	28.11	24.15	3.96	9.56	14.59	27.14
5								
6								

**MEDIA ARITMÉTICA: 25.23**

#### LIMITE PLÁSTICO

1	R5y	11.65	11.58	0.07	9.75	1.83	3.83
2	R99	12.82	12.65	0.17	9.75	2.9	5.86
3	R12A	13.42	13.3	0.12	9.8	3.5	3.43
4	R24	11.75	11.55	0.2	9.8	1.75	11.43

**MEDIA ARITMÉTICA: 6.14**



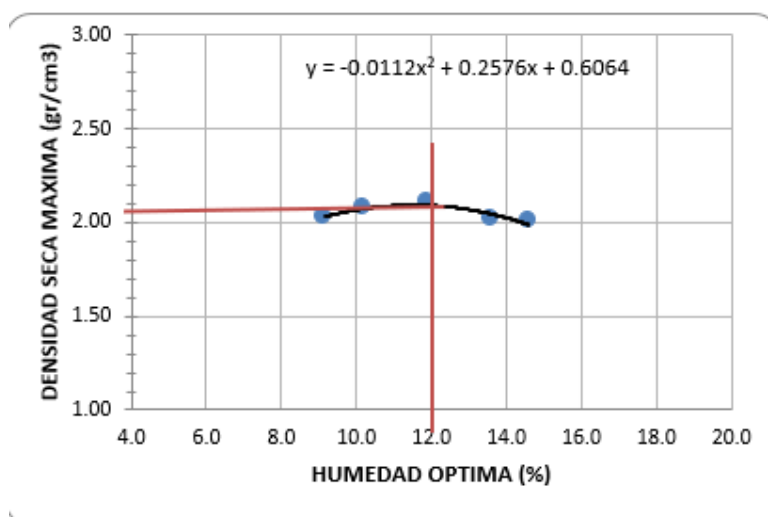
## 7.2 Proctor Modificado

UNIVERSIDAD DE MACHALA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

### ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

PROYECTO : EVALUACIÓN DE PAVIMENTO TRAMO LA AVANZADA TORATA  
 DESCRIPCION DEL MATERIAL : FECHA: jun-24  
 ABSCISA : PROFUNDIDAD : 0.5  
 PESO DEL MARTILLO : 10 Lb ALTURA DE CAIDA : 18" N° DE GOLPES : 56 N° DE CAPAS : 5  
 ALTURA DEL MOLDE = 11.64 DIAMETRO DEL MOLDE = 10.16

MUESTRA N°	1	2	3	4	5					
PESO DE LA MUESTRA ( gr )	5000	4891	4886	4954	4935					
VOLUMEN DE AGUA ( cm <sup>3</sup> )	250	139.743	135.722	133.892	129.868					
% EQUIVALENTE DE AGUA	5%	8%	11%	14%	17%					
PESO DEL MOLDE SIN COLLARIN ( gr )	5595	5595	5595	5595	5595					
PESO DEL MOLDE + SUELO HUM.( gr )	10458	10285	10598	10456	10469					
VOLUMEN DEL MOLDE ( cm <sup>3</sup> )	2124.0	2124.0	2124.0	2124.0	2124.0					
	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA
N° DE CAPSULA	X50	R-299	R31A	E41	R14	R110	R45	R70	R34X	R73
PESO DE CAPSULA ( gr )	9.680	9.720	9.620	9.560	9.640	9.660	9.640	9.720	9.670	9.550
CAPSULA + SUELO HUMEDO ( gr )	60.410	58.140	59.600	58.350	56.640	59.880	57.190	57.200	50.860	53.330
CAPSULA + SUELO SECO ( gr )	54.500	52.200	55.470	54.200	51.000	55.260	52.450	53.140	47.150	46.250
PESO DEL AGUA ( gr )	5.910	5.940	4.130	4.150	5.640	4.620	4.740	4.060	3.710	7.080
PESO DEL SUELO SECO ( gr )	44.820	42.480	45.850	44.640	41.360	45.600	42.810	43.420	37.480	36.700
CONTEN. HUMEDAD %	13.186	13.983	9.008	9.297	13.636	10.132	11.072	9.351	9.899	19.292
HUMEDAD PROMEDIO %	13.58		9.15		11.88		10.21		14.60	
DENSIDAD HUMEDA ( gr / cm <sup>3</sup> )	2.29		2.21		2.36		2.29		2.29	
DENSIDAD SECA ( gr / cm <sup>3</sup> )	2.02		2.02		2.11		2.08		2.00	

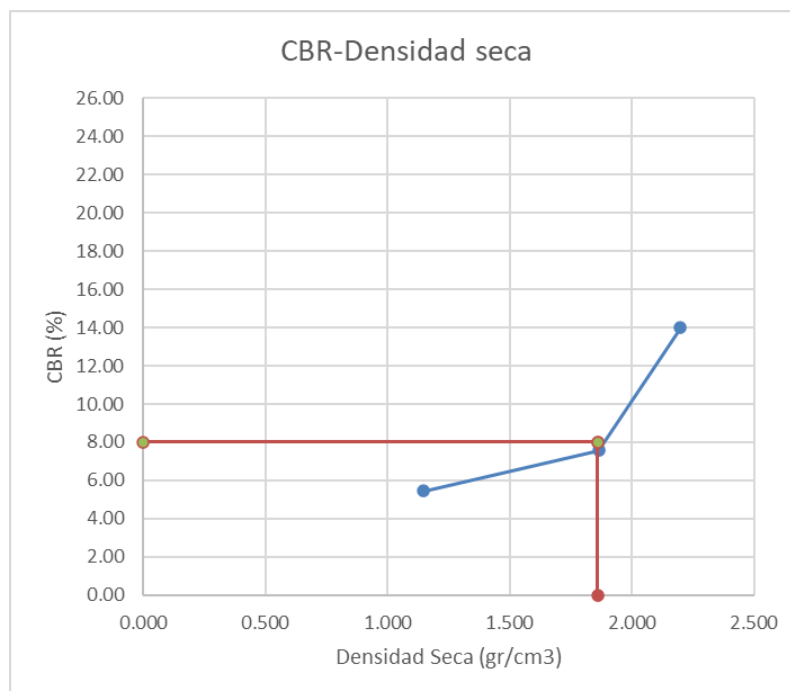


DATOS	
HUMED.	DENSID. SECA
13.58	2.02
9.15	2.02
11.88	2.11
10.21	2.08
14.60	2.00

HUMEDAD OPTIMA            12  
DENSIDAD SECA MÁXIM    2.31

### 7.3 Ensayo de CBR

UNIVERSIDAD DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS C.B.R.												
PROYECTO : Evaluación de Pavimento en el tramo la Avanzada-Torata								N° DE CAPAS : 5				
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL A-1-B								FECHA : jul-24				
ABSCISA: MUESTRA #								PROFUNDIDAD : 1.50 m				
<b>MOLDEN°</b>	<b>1 - 10006560</b>				<b>2 - 10006642</b>				<b>3 - 10006561</b>			
N° DE GOLPES POR CAPAS	56				25				12			
PESO MOLDE (gr)	7698				7551				7546			
ALTURA DE LA MUESTRA Hm (cm)	11.68				11.68				11.68			
DIAMETRO DEL MOLDE D (cm)	15.24				15.24				15.24			
VOLUM MUEST V=( $\pi D^2/4$ )*H	2130.61				2130.61				2130.61			
CONDICIÓN DE MUESTRA	ANTES DE SATURAR		DESPUÉS DE SATURAR		ANTES DE SATURAR		DESPUÉS DE SATURAR		ANTES DE SATURAR		DESPUÉS DE SATURAR	
PESO MUESTRA HUMED + MOLDE	12586		12879		11785		11897		10689		10236	
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	4,888		5,181		4,234		4,346		3,143		2,690	
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm <sup>3</sup>	2.294		2.432		1.987		2.040		1.475		1.263	
<b>HUMEDAD</b>	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPIENTE N°	R 63	R 15	RX6	R59X	R90	R20	R31A	R44T	R91	RT4	R34X	R187
PESO RECIPIENTE gr.	9.6	9.63	9.7	9.6	9.6	9.68	9.58	9.62	9.5	9.69	9.75	9.8
P. MUEST.HUM + REC. gr.	55.8	58.81	69.2	69.8	59.6	61.03	44.27	65.4	67.8	71.54	56.34	64.5
P. MUEST.SECA + REC. gr.	52.2	55.7	61.8	64	55.7	57.2	38.74	60.6	63.1	67.5	53.4	59.5
PESO AGUA gr.	3.6	3.11	7.4	5.8	3.9	3.83	5.53	4.8	4.7	4.04	2.94	5
PESO MUESTRA SECA gr.	42.6	46.07	52.1	54.4	46.1	47.52	29.16	50.98	53.6	57.81	43.65	49.7
CONT. DE HUMEDAD %	8.45	6.7506	0	10.66176	8.46	8.059764	0	9.415457	8.77	6.9884	0	10.06036
HUMEDAD PROMEDIO %	8.451		5.331		8.460		4.708		8.769		5.030	
DENSIDAD SECA gr/cm <sup>3</sup>	2.115		2.197		1.832		1.864		1.356		1.147	

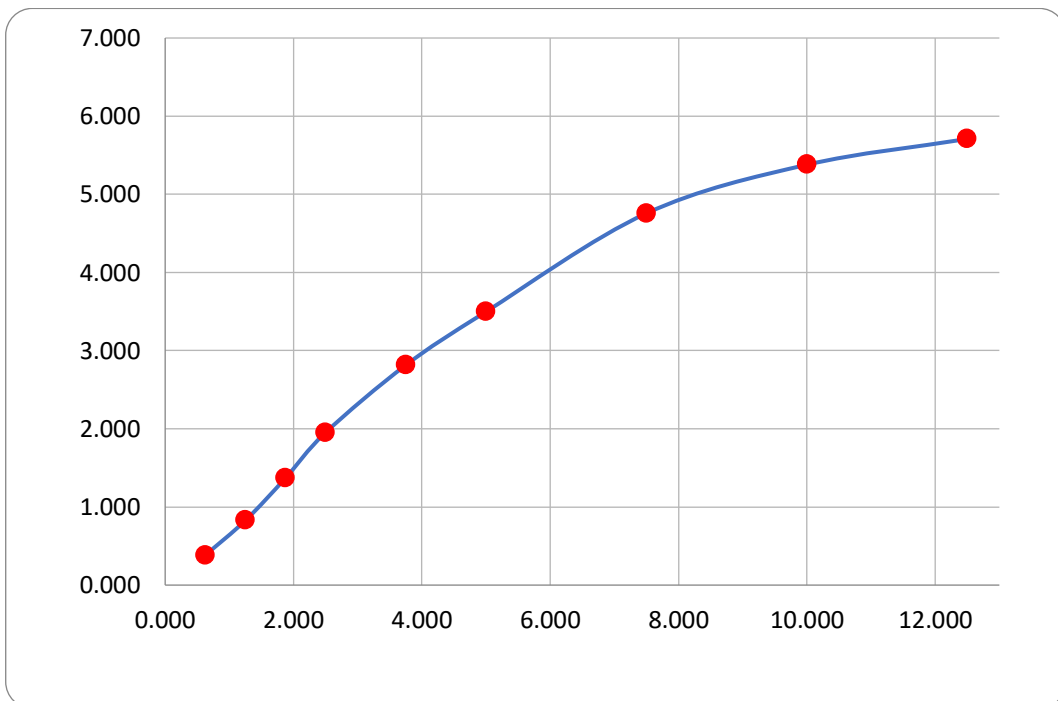


		MPa	mm	kN	MPa	MPa	%CBR				
ESPONJAMIENTO		MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3			
FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	LECTDIAL	CAMBIO	ESPONJAMIENTO	LECTDIAL	CAMBIO	ESPONJAMIENTO	LECTDIAL	CAMBIO	ESPONJAMIENTO	
		$1 \times 10^{-2} \text{ mm}$	LONG. $1 \times 10^{-2} \text{ mm}$		$\%$	$1 \times 10^{-2} \text{ mm}$		LONG. $1 \times 10^{-3} \text{ pulg}$	$\%$		$1 \times 10^{-2} \text{ mm}$
LECT. INICIAL 1/7/2024	0	0	0	0.000	0	0	0.00	0	0	0.00	
	1	0.15	0.15	0.001	0.8	0.8	0.01	3.1	3.1	0.03	
	2	1.95	1.95	0.017	0.71	0.71	0.01	3.2	3.2	0.03	
	3	1.7417	1.7417	0.015	0.8	0.8	0.01	3.6	3.6	0.03	
	4	2.77	2.77	0.024	0.97	0.97	0.01	3.8	3.8	0.03	

#### 7.4 Resultados del CBR en laboratorio

MPa	mm	kN	MPa	MPa	%CBR
	0.625	0.65	0.34		
	1.25	0.883	0.46		
	1.875	1	0.52		
6.9	2.5	1.054	0.55	0.55	7.9

#### 7.5 Ensayo de Penetración



## 7.6 Resultados del Ensayo Marshall en laboratorio

PARAMETER	Sample I	Sample II	Sample III
Height (mm)	3.5433	2.9528	2.879
Volume (cm <sup>3</sup> )	44.525	37.104	31.415
Flow (mm)	0.27	0.1554	0.17
Correction Factor	0.0299	0.0307	0.0394
Max Load (kN)	2200	2499	2247
Stability (kN)	1672	1949	1879
Bulk Density (g/cm <sup>3</sup> )	0.122	0.128	0.124
Flow Tangent (mm)	0	0	0
Marshall Quotient (kN/mm)	0.066	0.133	0
Average Stability (kN)	1810.5		
Average Flow (mm)	0.8		

## 7.7 Cálculo de la Unidad de muestra

Datos de la carretera de estudio:

Ancho de la calzada	7
Longitud de la vía (km)	12

ancho de la longitud de muestreo
----------------------------------

División de las unidades de muestreo		
a=	7	m
L=	12000	m
A=	292	m <sup>2</sup>
N=	288	

Área de la muestra		
A=	292	m <sup>2</sup>

Unidades mínimas de muestreo		
Ancho calzada		7
Longitud de la vía		12
N=		288
$\sigma$ =		10
e=		5.00

n=	15.21	15
----	-------	----

intervalo de las unidades de muestreo		
i=	19.2	15

Datos generales	
ancho calzada	7
Longitud de la vía	12
Ancho de longitud muestra	45
área de muestra	292
numero de muestras	15

## 7.8 Ficha para Evaluación PCI

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA</b> Calidad, Pertinencia y Calidez <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b> 										
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)										
Vía :				Evaluado por :						
Fecha :				Revisado por :			Ing. Carlos Sanchez Msc			
Tipo de Pavimento:				Abscisa inicial:			Abscisa final:			
				Area de tramo (m2) :			313.6		N° de 6	
Tipos de fallas				Unidad		Tipos de fallas			Unidad	
1	Piel de cocodrilo.				11	Parcheo.				
2	Exudación.				12	Pulimento de agredos.				
3	Agrietamiento en bloque.				13	Huecos.				
4	Abultamientos y hundimientos.				14	Cruce de vía férrea.				
5	Corrución.				15	Abuellamiento.				
6	Depresión .				16	Desplazamiento.				
7	Grieta de borde.				17	Grieta parabólica (slippage).				
8	Grieta de reflexión de junta.				18	Hinchamiento.				
9	Desnivel carril/espaldón.				19	Desprendimientos de agredos.				
10	Grietas Longitudinal y/o Transversal.									
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES										
FALLA		Unidad	Severidad	Largo	Ancho(m)	Profundidad(m)	Total			
1 Piel de Cocodrillo		m	M	16	1.1		17.6			
Corrución		m	M	49	0.2		9.8			
Parcheo		m	M	1.6	1.4		2.24			
Parcheo		m	M	2.8	1.3		3.64			
Parcheo		m	M	2	1.5		3			
Huecos		m	A	0.8	0.8		0.64			
Huecos		m	A	0.8	0.8		0.64			
Huecos		m	A	0.4	0.8		0.32			
Huecos		m	A	0.6	0.4		0.24			
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES										
FALLA		Unidad	Severidad	Total	Densidad(%)	VD	VDT M		q	
Piel de Cocodrillo		m <sup>2</sup>	M	17.6	5.61	35	122		4	
Corrución		m <sup>2</sup>	M	9.8	3.13	22				
Parcheo		m <sup>2</sup>	A	8.88	2.83	30				
Huecos		m <sup>2</sup>	A	1.84	0.59	35				
							m	6.97		
CALCULO DEL PCI										
Nro		VALORES REDUCIDOS					TDV	Q	cdv	
35	35	30	22				122	4	70	
35	35	30	2				102	3	57	
35	35	2	2				74	2	48	
35	2	2	2				41	1	35	
							CDV MAX		78	
							PCI		22	
							CLASIFICACIÓN			

## 7.9 Software Evalpav para Evaluar PCI

### 7.9.1 Espacio de trabajo

EvalPav: EVALUACIÓN DE PARROQUIAS RURALES  
 Proyecto Evaluación Datos Imprimir

Evaluación de Pavimentos de Superficie Asfáltica - Método PCI (ASTM D 6433)

Sector  Carril

Unidad de muestra  Área de muestra (m<sup>2</sup>)

Progresiva inicial  Progresiva final

Inspeccionado por

Fecha  Muestra adicional

m  VRC  PCI

**Daños**

1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos
2. Exudación	8. Grieta de reflexión de junta	14. Cruce de vía ferrea
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril/berma	15. Ahuellamiento
4. Abultamientos y hundimientos	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desplazamiento
5. Corrugación	11. Parcheo	17. Grieta parabólica (slippage)
6. Depresión	12. Pulimento de agregados	18. Hinchamiento
		19. Desprendimientos de agregados

Diagrama

Longitud (m)	Ancho (m)
<input type="text"/>	<input type="text"/>

TIPO	SEVERIDAD	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	TOTAL	DENSIDAD	VR

DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES

## 7.10 Resultados obtenidos del PCI por cada tramo según el PCI

: EVALUACIÓN DE PARROQUIAS RURALES							
: TRAMO 1							
: CALZADA							
UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIV A INICIAL	PROGRESIV A FINAL	m	VRC	PCI	CLASIFICACION	MUESTRA ADICIONAL
1			5.5	68	32	Pobre	FALSO
: EVALUACIÓN DE PARROQUIAS RURALES							
: TRAMO 2							
: CALZADA							
UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIV A INICIAL	PROGRESIV A FINAL	m	VRC	PCI	CLASIFICACION	MUESTRA ADICIONAL
			4.7	70	30	Pobre	FALSO
: : EVALUACIÓN DE PARROQUIAS RURALES							
: : TRAMO 3							
: : CALZADA							
UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIV A INICIAL	PROGRESIV A FINAL	m	VRC	PCI	CLASIFICACION	MUESTRA ADICIONAL
3			4.4	78	22	Muy Pobre	FALSO
: EVALUACIÓN DE PARROQUIAS RURALES							
: TRAMO 4							
: CALZADA							
UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIV A INICIAL	PROGRESIV A FINAL	m	VRC	PCI	CLASIFICACION	MUESTRA ADICIONAL
			8.4	23	77	Muy Bueno	FALSO
: EVALUACIÓN DE PARROQUIAS RURALES							
: TRAMO 5							
: CALZADA							
UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIV A INICIAL	PROGRESIV A FINAL	m	VRC	PCI	CLASIFICACION	MUESTRA ADICIONAL
			8.8	17	83	Muy Bueno	FALSO



: EVALUACIÓN DE PARROQUIAS RURALES							
: TRAMO 6							
: CALZADA							
UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIV A INICIAL	PROGRESIV A FINAL	m	VRC	PCI	CLASIFICACION	MUESTRA ADICIONAL
			9.0	17	83	Muy Bueno	FALSO
: EVALUACIÓN DE PARROQUIAS RURALES							
: TRAMO 7							
: CALZADA							
UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIV A INICIAL	PROGRESIV A FINAL	m	VRC	PCI	CLASIFICACION	MUESTRA ADICIONAL
			9.3	14	86	Excelente	FALSO
: EVALUACIÓN DE PARROQUIAS RURALES							
: TRAMO 8							
: CALZADA							
UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIV A INICIAL	PROGRESIV A FINAL	m	VRC	PCI	CLASIFICACION	MUESTRA ADICIONAL
			8.6	21	79	Muy Bueno	FALSO

<b>PROYECTO</b>	: EVALUACIÓN DE PARROQUIAS RURALES							
<b>SECTOR</b>	: TRAMO 9							
<b>CARRIL</b>	: CALZADA							
<b>AREA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>UNIDAD DE MUESTRA</b>	<b>PROGRESIV A INICIAL</b>	<b>PROGRESIV A FINAL</b>	<b>m</b>	<b>VRC</b>	<b>PCI</b>	<b>CLASIFICACION</b>	<b>MUESTRA ADICIONAL</b>
292.5				7.2	36	64	Bueno	FALSO
<b>PROYECTO</b>	: EVALUACIÓN DE PARROQUIAS RURALES							
<b>SECTOR</b>	: TRAMO 10							
<b>CARRIL</b>	: CALZADA							
<b>AREA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>UNIDAD DE MUESTRA</b>	<b>PROGRESIV A INICIAL</b>	<b>PROGRESIV A FINAL</b>	<b>m</b>	<b>VRC</b>	<b>PCI</b>	<b>CLASIFICACION</b>	<b>MUESTRA ADICIONAL</b>
292.5				8.8	24	76	Muy Bueno	FALSO
<b>PROYECTO</b>	: EVALUACIÓN DE PARROQUIAS RURALES							
<b>SECTOR</b>	: TRAMO 11							
<b>CARRIL</b>	: CALZADA							
<b>AREA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>UNIDAD DE MUESTRA</b>	<b>PROGRESIV A INICIAL</b>	<b>PROGRESIV A FINAL</b>	<b>m</b>	<b>VRC</b>	<b>PCI</b>	<b>CLASIFICACION</b>	<b>MUESTRA ADICIONAL</b>
292.5				0.0	59	41	Regular	FALSO
<b>PROYECTO</b>	: EVALUACIÓN DE PARROQUIAS RURALES							
<b>SECTOR</b>	: TRAMO 12							
<b>CARRIL</b>	: CALZADA							
<b>AREA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>UNIDAD DE MUESTRA</b>	<b>PROGRESIV A INICIAL</b>	<b>PROGRESIV A FINAL</b>	<b>m</b>	<b>VRC</b>	<b>PCI</b>	<b>CLASIFICACION</b>	<b>MUESTRA ADICIONAL</b>
292.5				5.9	54	46	Regular	FALSO

<b>PROYECTO</b>	: EVALUACIÓN DE PARROQUIAS RURALES							
<b>SECTOR</b>	: TRAMO 13							
<b>CARRIL</b>	: CALZADA							
<b>AREA (m²)</b>	<b>UNIDAD DE MUESTRA</b>	<b>PROGRESIV A INICIAL</b>	<b>PROGRESIV A FINAL</b>	<b>m</b>	<b>VRC</b>	<b>PCI</b>	<b>CLASIFICACION</b>	<b>MUESTRA ADICIONAL</b>
292.5				0.0	30	70	Muy Bueno	FALSO
<b>PROYECTO</b>	: EVALUACIÓN DE PARROQUIAS RURALES							
<b>SECTOR</b>	: TRAMO 13							
<b>CARRIL</b>	: CALZADA							
<b>AREA (m²)</b>	<b>UNIDAD DE MUESTRA</b>	<b>PROGRESIV A INICIAL</b>	<b>PROGRESIV A FINAL</b>	<b>m</b>	<b>VRC</b>	<b>PCI</b>	<b>CLASIFICACION</b>	<b>MUESTRA ADICIONAL</b>
292.5				0.0	30	70	Muy Bueno	FALSO
<b>PROYECTO</b>	: EVALUACIÓN DE PARROQUIAS RURALES							
<b>SECTOR</b>	: TRAMO 14							
<b>CARRIL</b>	: CALZADA							
<b>AREA (m²)</b>	<b>UNIDAD DE MUESTRA</b>	<b>PROGRESIV A INICIAL</b>	<b>PROGRESIV A FINAL</b>	<b>m</b>	<b>VRC</b>	<b>PCI</b>	<b>CLASIFICACION</b>	<b>MUESTRA ADICIONAL</b>
292.5				7.6	32	68	Bueno	FALSO
<b>PROYECTO</b>	: EVALUACIÓN DE PARROQUIAS RURALES							
<b>SECTOR</b>	: TRAMIO 15							
<b>CARRIL</b>	: CALZADA							
<b>AREA (m²)</b>	<b>UNIDAD DE MUESTRA</b>	<b>PROGRESIV A INICIAL</b>	<b>PROGRESIV A FINAL</b>	<b>m</b>	<b>VRC</b>	<b>PCI</b>	<b>CLASIFICACION</b>	<b>MUESTRA ADICIONAL</b>
292.5				8.5	22	78	Muy Bueno	FALSO

### 7.11 Clasificación del PCI por tramos

TRAMO	ABCISA INICIAL	ABCISA FINAL	AREA DE TRAMO	PCI	CALSIFICACION	SIMBOLOGIA
1	00+000	00+0045	292	32	<b>Pobre</b>	
2	0+0700	0+0745	292	30	<b>Pobre</b>	
3	0+1000	0+1045	292	22	<b>Muy Pobre</b>	
4	00+1500	0+1545	292	77	<b>Muy Bueno</b>	
5	0+2000	0+2045	292	83	<b>Muy Bueno</b>	
6	0+2700	0+2745	292	83	<b>Muy Bueno</b>	
7	0+3000	0+3045	292	86	<b>Excelente</b>	
8	0+3700	0+3745	292	64	<b>Muy Bueno</b>	
9	0+4000	0+4045	292	76	<b>Bueno</b>	
10	0+5000	0+5045	292	41	<b>Muy Bueno</b>	
11	0+6000	0+6045	292	46	<b>Regular</b>	
12	0+7000	0+7045	292	70	<b>Regular</b>	
13	0+8000	0+8045	292	68	<b>Muy Bueno</b>	
14	0+9000	0+9045	292	76	<b>Bueno</b>	
15	0+11000	0+11045	292	78	<b>Muy Bueno</b>	

PCI	ASIFICACION	COLOR
86-100	EXCELENTE	
71-85	MUY BUENO	
56-70	BUENO	
41-55	REGULAR	
26-40	POBRE	
11-25	MUY POBRE	
0-10	FALLADO	

## 7.12 Fallas Registradas

CANTIDADES DE FALLAS REGISTRADAS EN LAS UNIDADES DE			
ITEM	FALLA	UNIDAD	CANTIDAD
1	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>	68.3
2	Exudación	m <sup>2</sup>	1.6
3	Agrietamiento en bloque	m <sup>2</sup>	0
4	Abultamiento y hundimientos	m	3.5
5	Corrugación	m <sup>2</sup>	8.0
6	Depresión	m <sup>2</sup>	1.8
7	Grietas de borde	m <sup>2</sup>	0
8	Grieta de reflexión de junta.	m	0
9	Desnivel de carril/espaldon	m	0
10	Grietas longitudinales	m	17.5
11	Parqueo	m <sup>2</sup>	102.7
12	Pulimiento de agregados	m <sup>2</sup>	0
13	Huecos	m <sup>2</sup>	30.2
14	Cruce de vía férrea.	m <sup>2</sup>	0
15	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>	0
16	Desplazamiento	m <sup>2</sup>	0
17	Grieta parabólica (slippage).	m <sup>2</sup>	0
18	Hinchamiento	m <sup>2</sup>	0
19	Desprendimientos de agregados	m <sup>2</sup>	0

## 7.13 Extracción de muestras y ensayos en laboratorio

### 7.13.1 Toma de Muestras en la zona de estudio





## 7.14 Ensayos del Laboratorio

### 7.14.1 Limites de Consistencia



### 7.14.2 Proctor y CBR





## 7.15 Extracción de las muestras para MARSHALL



## 7.16 Gestión del Proyecto en HDM-4

### 7.16.1 Relación Volumen Capacidad por Periodo

Tramo: ALTERNATIVA 1  
 Alternativa: TRAMO 2

ID tramo: TR-2

Clase de carretera: Secundaria o principal

Longitud: 3.20 km

Ancho: 7.00 m

Rampa+Pendiente: 15.00 m/km

	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5
2024	0.090	0.080	0.070	0.050	0.030
2025	0.090	0.080	0.070	0.050	0.030
2026	0.100	0.090	0.080	0.050	0.030
2027	0.100	0.090	0.080	0.080	0.030
2028	0.110	0.100	0.080	0.080	0.040
2029	0.110	0.100	0.090	0.080	0.040
2030	0.120	0.100	0.090	0.070	0.040
2031	0.120	0.110	0.100	0.070	0.040
2032	0.130	0.110	0.100	0.070	0.040
2033	0.140	0.120	0.110	0.080	0.050
2034	0.140	0.130	0.110	0.080	0.050
2035	0.150	0.130	0.120	0.080	0.050
2036	0.160	0.140	0.120	0.090	0.050
2037	0.160	0.140	0.130	0.090	0.050
2038	0.170	0.150	0.130	0.090	0.060
2039	0.180	0.160	0.140	0.100	0.060
2040	0.190	0.170	0.150	0.100	0.060
2041	0.200	0.170	0.150	0.110	0.070
2042	0.210	0.180	0.160	0.110	0.070
2043	0.220	0.190	0.170	0.120	0.070

**Tramo:** ALTERNATIVA 2  
**Alternativa:** TRAMO 2

ID tramo: TR-2

Clase de carretera: Secundaria o principal

Longitud: 3.20 km

Ancho: 7.00 m

Rampa+Pendiente: 15.00 m/km

	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5
<b>2024</b>	0.090	0.080	0.070	0.050	0.030
<b>2025</b>	0.050	0.040	0.040	0.030	0.020
<b>2026</b>	0.050	0.040	0.040	0.030	0.020
<b>2027</b>	0.050	0.050	0.040	0.030	0.020
<b>2028</b>	0.050	0.050	0.040	0.030	0.020
<b>2029</b>	0.080	0.050	0.040	0.030	0.020
<b>2030</b>	0.080	0.050	0.050	0.030	0.020
<b>2031</b>	0.080	0.050	0.050	0.030	0.020
<b>2032</b>	0.080	0.060	0.050	0.040	0.020
<b>2033</b>	0.070	0.060	0.050	0.040	0.020
<b>2034</b>	0.070	0.060	0.060	0.040	0.020
<b>2035</b>	0.070	0.070	0.060	0.040	0.020
<b>2036</b>	0.080	0.070	0.060	0.040	0.030
<b>2037</b>	0.080	0.070	0.060	0.050	0.030
<b>2038</b>	0.090	0.080	0.070	0.050	0.030
<b>2039</b>	0.090	0.080	0.070	0.050	0.030
<b>2040</b>	0.090	0.080	0.070	0.050	0.030
<b>2041</b>	0.100	0.090	0.080	0.050	0.030
<b>2042</b>	0.100	0.090	0.080	0.060	0.030
<b>2043</b>	0.110	0.100	0.080	0.060	0.040

**Tramo:** ALTERNATIVA 3  
**Alternativa:** TRAMO 2

ID tramo: TR-2

Clase de carretera: Secundaria o principal

Longitud: 3.20 km

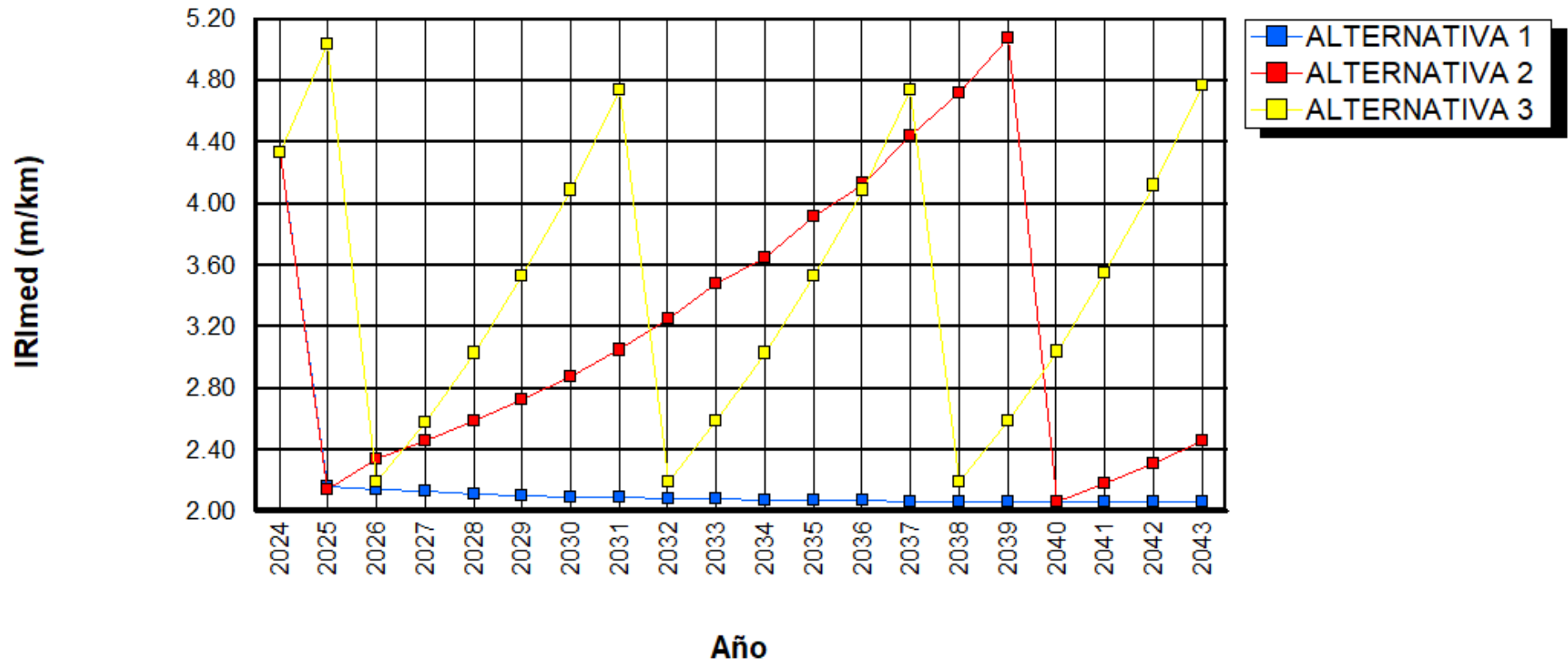
Ancho: 7.00 m

Rampa+Pendiente: 15.00 m/km

	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5
<b>2024</b>	0.090	0.080	0.070	0.050	0.030
<b>2025</b>	0.090	0.080	0.070	0.050	0.030
<b>2026</b>	0.100	0.090	0.080	0.050	0.030
<b>2027</b>	0.100	0.090	0.080	0.080	0.030
<b>2028</b>	0.110	0.100	0.080	0.080	0.040
<b>2029</b>	0.110	0.100	0.090	0.080	0.040
<b>2030</b>	0.120	0.100	0.090	0.070	0.040
<b>2031</b>	0.120	0.110	0.100	0.070	0.040
<b>2032</b>	0.130	0.110	0.100	0.070	0.040
<b>2033</b>	0.140	0.120	0.110	0.080	0.050
<b>2034</b>	0.140	0.130	0.110	0.080	0.050
<b>2035</b>	0.150	0.130	0.120	0.080	0.050
<b>2036</b>	0.160	0.140	0.120	0.090	0.050
<b>2037</b>	0.160	0.140	0.130	0.090	0.050
<b>2038</b>	0.170	0.150	0.130	0.090	0.060
<b>2039</b>	0.180	0.160	0.140	0.100	0.060
<b>2040</b>	0.190	0.170	0.150	0.100	0.060
<b>2041</b>	0.200	0.170	0.150	0.110	0.070
<b>2042</b>	0.210	0.180	0.160	0.110	0.070
<b>2043</b>	0.220	0.190	0.170	0.120	0.070

### 7.16.2 Regularidad media

## Regularidad Media (IRImed) por Proyecto (ponderado según longitud de tramo)



## 7.17 Calendario de actuaciones por año



### Calendario de actuaciones (por año)

Nombre del estudio: AVANZADA-TORATA

Fecha ejecución: 30-07-2024

Todos los costes se expresan en: US Dollar.

#### ALTERNATIVA 1

Año	Tramo	Descripción de trabajos	Código	Coste Económico	Coste Financiero	Cantidad de trabajo
2024	TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>190,176.0</b>	<b>0.0</b>	
2025	TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>190,176.0</b>	<b>0.0</b>	
2026	TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>190,176.0</b>	<b>0.0</b>	
2027	TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>190,176.0</b>	<b>0.0</b>	
2028	TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>190,176.0</b>	<b>0.0</b>	
2029	TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>190,176.0</b>	<b>0.0</b>	
2030	TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>190,176.0</b>	<b>0.0</b>	
2031	TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>190,176.0</b>	<b>0.0</b>	
2032	TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>190,176.0</b>	<b>0.0</b>	
2033	TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>190,176.0</b>	<b>0.0</b>	
2034	TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>190,176.0</b>	<b>0.0</b>	

2035 TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<u>190,176.0</u>	<u>0.0</u>	
2036 TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<u>190,176.0</u>	<u>0.0</u>	
2037 TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<u>190,176.0</u>	<u>0.0</u>	
2038 TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<u>190,176.0</u>	<u>0.0</u>	
2039 TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<u>190,176.0</u>	<u>0.0</u>	
2040 TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<u>190,176.0</u>	<u>0.0</u>	
2041 TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<u>190,176.0</u>	<u>0.0</u>	
2042 TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<u>190,176.0</u>	<u>0.0</u>	
2043 TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<u>190,176.0</u>	<u>0.0</u>	
<b>Costes totales para la Alternativa:</b>			<u>3,803,520.0</u>	<u>0.0</u>	

## **ALTERNATIVA 2**

<b>Año</b>	<b>Tramo</b>	<b>Descripción de trabajos</b>	<b>Código</b>	<b>Coste Económico</b>	<b>Coste Financiero</b>	<b>Cantidad de trabajo</b>
2024 TRAMO 2		Obra de reconstrucción con t	RECAS2	2,358,822.5	2,795,203.3	3.20 km
<b>Coste total anual:</b>				<u>2,358,822.5</u>	<u>2,795,203.3</u>	
2033 TRAMO 2		Sellado de Fisuras	SDF	3,586.1	0.0	4,912.47 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<u>3,586.1</u>	<u>0.0</u>	
2035 TRAMO 2		Sellado de Fisuras	SDF	3,586.1	0.0	4,912.47 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<u>3,586.1</u>	<u>0.0</u>	
2037 TRAMO 2		Sellado de Fisuras	SDF	3,586.1	0.0	4,912.47 sq. m

<b>Coste total anual:</b>				<u>3,586.1</u>	<u>0.0</u>	
2039 TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR		380,352.0	0.0	44,800.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<u>380,352.0</u>	<u>0.0</u>	
<b>Costes totales para la Alternativa:</b>				<u>2,749,932.8</u>	<u>2,795,203.3</u>	

### **ALTERNATIVA 3**

<i>Año</i>	<i>Tramo</i>	<i>Descripción de trabajos</i>	<i>Código</i>	<i>Coste Económico</i>	<i>Coste Financiero</i>	<i>Cantidad de trabajo</i>
2024	TRAMO 2	Prep. Rep. Bordes		0.0	0.0	32.99 sq. m
		Prep. Bacheo		0.0	0.0	7,665.99 sq. m
		Obra de reconstrucción con b RECAS3		2,608,000.0	3,200,000.0	0.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<u>2,608,000.0</u>	<u>3,200,000.0</u>	
2025	TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<u>190,176.0</u>	<u>0.0</u>	
2031	TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<u>190,176.0</u>	<u>0.0</u>	
2037	TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<u>190,176.0</u>	<u>0.0</u>	
2043	TRAMO 2	Fresado y Reposición	FYR	190,176.0	0.0	22,400.00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<u>190,176.0</u>	<u>0.0</u>	
<b>Costes totales para la Alternativa:</b>				<u>3,368,704.0</u>	<u>3,200,000.0</u>	

### **Resumen de Costes Económicos Totales Anuales**

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
2024	190,178.00	2,368,822.60	2,608,000.00
2025	190,178.00	0.00	190,178.00
2026	190,178.00	0.00	0.00
2027	190,178.00	0.00	0.00
2028	190,178.00	0.00	0.00
2029	190,178.00	0.00	0.00
2030	190,178.00	0.00	0.00
2031	190,178.00	0.00	190,178.00
2032	190,178.00	0.00	0.00
2033	190,178.00	3,588.11	0.00