



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

CENTRO DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

**METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE
PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN VÍAS RURALES, CONSIDERA LA CONDICIÓN
SUPERFICIAL E IDENTIFICACIÓN DE FALLAS**

AUTOR: JOSE ANDRES ROMAN ZAMBRANO

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

TUTOR: ING. JOSE LUIS ORDOÑEZ, M.SC.

MACHALA

2022

PENSAMIENTO

“Gestionar una carretera conlleva la realización de una serie de actuaciones planificadas con el objetivo de mantener un nivel adecuado de funcionamiento, al menor coste posible. Con el paso del tiempo, las acciones físicas y químicas provocan que el nivel de deterioro de la red aumente.

Una correcta conservación debe establecer las medidas de protección y reparación más adecuadas en cada caso, teniendo en cuenta no sólo aspectos técnicos sino también sociales, económicos y medioambientales.”

(Núñez and Pérez 2005)

DEDICATORIA

A Dios por darme todo, en especial la sabiduría, conocimiento e inteligencia, para enfrentar cada adversidad de la vida

A mi amada Esposa e hijos, por darme su apoyo incondicional e inspiración para salir adelante en cada reto que me pone la vida en cuanto a lo personal y profesional.

A mis padres por su constante apoyo, y consejos, que me han permitido llegar lejos en mis aspiraciones en el camino correcto.

A mis docentes, coordinadores y amigos, que me han brindado su apoyo, y conocimiento en el momento oportuno.

AGRADECIMIENTOS

- Extiendo mi agradecimiento más sincero a la Universidad Técnica de Machala, y mediante ella a la Facultad de Ingeniería Civil, y al Centro de Posgrado quien nos ha instruido y formándonos como profesionales comprometidos con la sociedad de nuestra provincia y del país.
- A todos los docentes que contribuyeron con su ciencia y sabiduría en la formación académica, en especial al Señor Ing. M.Sc. Carlos Eugenio Sánchez Mendieta, coordinador del Programa de Maestría en Ingeniería Civil, por su dedicación y paciencia, en las actividades durante todo el programa de Maestría.
- Un agradecimiento especial al Ingeniero José Luis Ordoñez Fernández, tutor del presente trabajo de titulación, por su orientación y dedicación, en cada momento oportuno, durante el desarrollo de la investigación.
- A cada uno de los compañeros que compartieron clases durante el proceso de estudios de la Maestría, que han brindado su amistad y conocimientos.

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

La responsabilidad de contenidos, comentarios, opiniones y críticas emitidas en el presente trabajo de investigación titulado METODOLOGÍA PARA LA “GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN VÍAS RURALES, CONSIDERANDO LA CONDICIÓN SUPERFICIAL E IDENTIFICACIÓN DE FALLAS”, corresponden exclusivamente a la responsabilidad del autor, y a el patrimonio intelectual de la Universidad Técnica de Machala.



JOSÉ ANDRÉS ROMÁN ZAMBRANO

C.I. 0705336287

Machala, 2021/11/24

REPORTE DE SIMILITUD CON PROGRAMA TURNITIN

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Tutor del trabajo de titulación “La responsabilidad de contenidos, comentarios, opiniones y críticas emitidas en el presente trabajo de investigación titulado “METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN VÍAS RURALES, CONSIDERANDO LA CONDICIÓN SUPERFICIAL E IDENTIFICACIÓN DE FALLAS” elaborado por la Ing. José Andrés Román Zambrano, consideró que ha sido realizado con prolijidad, fundamentación teórica y técnica; y, de acuerdo a los requisitos exigidos por la organización del Programa de Maestría en Ingeniería Civil, mención Vialidad, por lo que autorizo su presentación ante las instancias de aprobación correspondiente.



ING. JOSÉ LUIS ORDOÑEZ FERNANDEZ M.Sc.
C.C/0703830646

Machala, 2021/11/24

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Ing. José Andrés Román Zambrano, con cédula de ciudadanía No.- 0705336287, manifiesto en forma libre y voluntaria, ceder a la Universidad Técnica de Machala, los derechos de autor, consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículo 4, 5, y 6 en calidad de autora del trabajo de titulación denominado “METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN VÍAS RURALES, CONSIDERANDO LA CONDICIÓN SUPERFICIAL E IDENTIFICACIÓN DE FALLAS”, que ha sido desarrollado para optar por el título de Magíster en Ingeniería Civil, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada, en concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en el formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica de Machala.



JOSE ANDRES ROMAN ZAMBRANO

C.I. 0705336287

Machala, 2021/11/24

CERTIFICACIÓN DE PUBLICACIÓN

RESUMEN

La gestión de mantenimiento vial conlleva a desarrollar una serie de acciones planificadas, para mantener un nivel adecuado en el funcionamiento y optimización de costos según (Núñez and Pérez 2005), en la presente investigación, se tiene como objetivo elaborar una metodología mediante la identificación de fallas y condición superficial de los pavimentos flexibles, que permite utilizar la toma de decisiones en la gestión de mantenimiento, en tres tramos viales rurales, de la provincia de El Oro. Tomando como muestras: la vía El Cambio- La Peaña, vía Bellavista- La Avanzada, vía Santa Rosa- Puerto Jeli. Para lo cual necesitamos datos de entrada que se obtuvieron a través de la observación directa en campo y recolección de datos, que se han llevado a cabo, mediante el levantamiento de información en sitio, elaborando el inventario vial, y análisis de tráfico, además, de la revisión de material bibliográfico sobre metodologías de gestión para el mantenimiento en vías rurales. Esta investigación tiene como fundamento: la teoría del comportamiento de los pavimentos flexibles, el análisis del deterioro, y optimización de costos, también, utilizamos un sistema de información geográfica, para caracterizar el estado en el cual se encuentran las vías rurales, para luego, a través de una aplicación de un software para la gestión de pavimentos, mediante el cual obtenemos como resultado final la evaluación del comportamiento de los pavimentos flexibles y un análisis sobre el estado de las vías rurales, y de esta manera priorizamos las actuaciones, y así concluimos con la elaboración de una metodología para la gestión de mantenimiento de pavimentos flexibles, en vías rurales, que permite mantener a las vías rurales en condiciones favorables, y optimizando los recursos económicos.

PALABRAS CLAVE: Gestión de mantenimiento, Pavimentos flexibles, Vías rurales, Deterioro de pavimentos flexibles, Condición superficial.

ABSTRACT

Road maintenance management leads to developing a series of planned actions, to maintain an adequate level of operation and cost optimization, in this research, the objective is to develop a methodology by identifying flaws and surface condition of the pavements flexible, which allows decision-making to be used in maintenance management in three rural road sections in the province of El Oro. For which we take as a sample: the El Cambio- La Peaña road, Bellavista- La Avanzada road, Santa Rosa- Puerto Jeli. For which we need input data that was obtained through direct observation in the field and data collection, which have been carried out, by collecting information on site, preparing the road inventory, and traffic analysis, in addition, of the review of bibliographic material on management methodologies for maintenance in rural roads. This research is based on: the theory of the behavior of flexible pavements, the analysis of deterioration, and cost optimization, we also use a geographic information system, to characterize the state in which the rural roads are located, and then, Through a software application for pavement management, through which we obtain as a final result the evaluation of the behavior of flexible pavements and an analysis of the state of rural roads, and in this way we prioritize actions, and thus We concluded with the elaboration of a methodology for the management of flexible pavement maintenance, in rural roads, which allows to keep rural roads in favorable conditions, and optimizing economic resources.

KEYWORDS: Maintenance management, Flexible pavements, Rural roads, Flexible pavement deterioration, Surface condition.

ÍNDICE GENERAL

PENSAMIENTO	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS	4
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	5
REPORTE DE SIMILITUD CON PROGRAMA TURNITIN	6
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	7
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	8
CERTIFICACIÓN DE PUBLICACIÓN	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
ÍNDICE GENERAL	12
INDICE DE FIGURAS.....	16
ÍNDICE DE TABLAS	18
ÍNDICE DE ANEXOS	18
LISTA DE ABREVIATURAS	19
INTRODUCCIÓN	20
Capítulo I: Marco Teórico	23
1.1. Antecedentes históricos.....	23
1.1.1. Historia de las carreteras.....	23
	12

1.2.2. Carreteras Modernas	23
1.2. Antecedentes conceptuales.....	25
1.2.1. Concepto de pavimento.....	25
1.2.2. Pavimentos flexibles	26
1.2.2.1. Capas que conforman un pavimento flexible.....	26
1.2.2.2. Ciclo de vida de los pavimentos flexibles.....	29
1.2.2.3. Ciclo de vida deseable de los pavimentos flexibles.....	31
1.2.3. Importancia del mantenimiento vial	33
1.2.4. Mantenimiento vial	33
1.2.4.1. Elementos de la vía.....	34
1.2.4.2. Inventario vial.....	34
1.2.4.3. Evaluación vial	34
1.2.4.4. Tráfico	36
1.2.5. Plan de mantenimiento vial.....	38
1.2.6. Tipos de mantenimiento vial.....	38
1.2.6.1. Mantenimiento rutinario	38
1.2.6.2. Mantenimiento periódico.....	39
1.2.6.3. Mantenimiento de emergencia.....	40
1.2.7. Modalidad para ejecución de mantenimiento vial	40

1.2.8.	Costos de mantenimiento.....	41
1.2.9.	Gestión de mantenimiento vial	42
1.2.9.1.	Sistemas de gestión.....	43
1.3.	Antecedentes referenciales.....	44
1.3.1.	Métodos para la evaluación de condición de pavimentos.....	44
1.3.1.1.	Índice de Condición del Pavimento (PCI).....	44
1.3.1.2.	PAVER	60
1.3.1.3.	Índice Internacional de Rugosidad (IRI).....	61
1.3.2.	Métodos de Predicción de la Condición del pavimento.....	65
1.3.2.1.	Métodos de Regresión	66
1.3.2.2.	Cadenas de Markov	67
1.3.2.3.	HDM-4.....	68
1.3.3.	Sistemas de Información Geográfica	69
1.4.	Antecedentes contextuales	69
1.4.1.	Estado actual de las vías	69
1.4.2.	Descripción del área de estudio	71
1.4.2.1.	Localización.....	71
1.4.2.2.	Características del área de estudio.....	73
Capítulo II: Metodología.....		78

2.1. Métodos.....	78
2.2. Tipo de estudio.....	78
2.3. Paradigma	79
2.4. Enfoque.....	79
2.5. Universo y Muestra.....	79
2.6. Materiales empleados.....	79
2.7. Técnicas estadísticas	80
Capítulo III: Propuesta Metodológica.....	81
3.1. Datos informativos.....	81
3.1.1. Título.....	81
3.2. Antecedentes de la propuesta.....	81
3.3. Justificación	81
3.4. Objetivos.....	81
3.4.1. Objetivo general.....	81
3.4.2. Objetivos específicos	81
3.5. Análisis de factibilidad	82
3.6. Fundamentación.....	82
3.7. Metodología propuesta.....	82
Capítulo IV: Análisis y discusión de los resultados.....	86

4.1. Análisis de resultados	86
4.1.1. Identificación, Evaluación de Fallas y Análisis de Tráfico	86
4.1.2. Análisis de deterioros.....	89
4.1.3. Costos de mantenimiento.....	91
4.1.4. Plan de mantenimiento.....	91
CONCLUSIONES	94
RECOMENDACIONES.....	95
BIBLIOGRAFÍA	96
ANEXOS	100

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de pavimentos.....	26
Figura 2. Estructura del pavimento	27
Figura 3. Condición de la vía sin mantenimiento	30
Figura 4. Condición de la vía con y sin mantenimiento.....	32
Figura 5. Diagrama de flujo del ciclo de vida fatal y deseable.....	32
Figura 6. Elementos que conforman la vía	34
Figura 7. Actividades de mantenimiento rutinario.....	39
<i>Figura 8. Circulo virtuoso</i>	<i>43</i>
<i>Figura 9. Gráfico Valor Deducido Total VS Valor Deducido Corregido</i>	<i>59</i>
<i>Figura 10. Escala IRI y modelo físico QCS.....</i>	<i>63</i>

Figura 11.	Equipos empleados en la medida de la regularidad superficial	63
Figura 12.	Aplicación móvil IRI	64
Figura 13.	Curvas generadas por métodos de regresión.....	66
Figura 14.	Representación gráfica de los vectores curva deterioro.....	67
Figura 15.	Vía El Cambio – Unión Colombiana – La Peaña	72
Figura 16.	Vía Santa Rosa- Puerto Jeli.....	72
Figura 17.	Vía Santa Rosa- Bellavista- La Avanzada	73
Figura 18.	Características geométricas de la vía El Cambio- La Peaña.....	74
Figura 19.	Características geométricas de la vía Santa Rosa- Puerto Jeli.....	77
Figura 20.	Características geométricas de la vía Santa Rosa- Bellavista- La Avanzada.	77
Figura 21.	Metodología para la gestión de pavimentos rurales.....	84
Figura 22.	Hoja de evaluación de tramos vía Santa Rosa Puerto Jeli	87
Figura 23.	Hoja de evaluación de tramos vía Santa Rosa La Avanzada	88
Figura 24.	Deterioro anual del firme (HDM-4).....	89
Figura 25.	Gráfico de regularidad (HDM-4)	90
Figura 26.	Gráfico de correlación de PCI e IRI	90
Figura 27.	Informe de actuaciones y costos (HDM-4).....	91
Figura 28.	Estado de las vías rurales por tramo software ArcGIS	92
Figura 29.	Características generales de las vías por tramo software ArcGIS	92
Figura 30.	Estado de las vías e intervenciones a realizarse por tramo software ArcGIS.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Clases de carreteras	37
Tabla 2.	Clasificación índice de pavimentos	45
Tabla 3.	Tipos, identificación de fallas, y gráficos de valores deducidos método PCI	46
Tabla 4.	Fallas utilizadas en la metodología PAVER.....	60
Tabla 5.	Tipo de vía por superficie de rodadura.....	70
Tabla 6.	Estado de superficie de rodadura (Km), Provincia de El Oro	70
Tabla 7.	Coordenadas vía El Cambio La Peaña	71
Tabla 8.	Coordenadas vía Santa Rosa – Puerto Jeli.....	72
Tabla 9.	Coordenadas vía Santa Rosa – La Avanzada	73
Tabla 10.	Cuadro de requisitos, soluciones y actuaciones	83
Tabla 11.	Cuadro de resumen de estados de las vías PCI e IRI	94
Tabla 12.	Cuadro de inversiones viales	95

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Identificación y Evaluación de Fallas PCI.....	100
Anexo 2.	Recolección de Datos IRI	101
Anexo 3.	Recolección de Datos de Tráfico	102
Anexo 4.	Estudios de Tráfico	103
Anexo 5.	Índice Internacional de Rugosidad (IRI), promedio por tramos	107
Anexo 6.	Índice de Condición del Pavimento (PCI)	110
Anexo 7.	Sistema de Gestión de Pavimentos (HDM-4), grafica de regularidad de deterioro anual del pavimento, con mantenimiento vs sin mantenimiento	117

Anexo 8.	Sistema de Gestión de Pavimentos (HDM-4), resumen de deterioros anuales del pavimento.....	119
Anexo 9.	Costos económicos anuales (HDM-4), informe.....	123

LISTA DE ABREVIATURAS

AASHTO. American Association of State Highway and Transportation Officials, (Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transporte).

ASTM. American Society for Testing and Materials

IRI. International Roughness Index, (Índice Internacional de Rugosidad).

PCI. Pavement Condition Index, (Índice de Condición del Pavimento).

MTOP. Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

ASTM. American Society of Testing Materials, (Asociación Americana de Ensayos de Materiales).

TPDA. Trafico Promedio Diario Anual.

HDM-4. Highway Development & Manangement

SIG. Sistemas de Información Geográfica

CAF. Corporación Andina de Fomento

NEVI-12. Norma Ecuatoriana Vial

CNC. Concejo Nacional de Competencias

INVIAS. Instituto Nacional de Vías

INTRODUCCIÓN

Las sociedades cada vez exigen un transporte y movilidad sustentable y sostenible para cada ciudad desarrollada o en vías de desarrollo, debido al crecimiento exponencial de las poblaciones, es por este motivo la importancia de implementar una gestión de mantenimiento vial, que permita mantener en óptimas condiciones las carreteras rurales, al menor costo posible, ya que las redes viales rurales representan parte del patrimonio de la sociedad, el cual debe ser más eficiente en el tiempo.

En la actualidad, los sistemas de gestión vial más desarrollados son los aplicados a pavimentos, los cuales tienen como desafío, mantener un nivel de servicio satisfactorio, esto demanda de una política de gestión, que debe ser planificada, con recursos destinados exclusivamente al mantenimiento vial, por lo cual los métodos de gestión han evolucionado a través del tiempo.

Durante el presente siglo, el afianzamiento y preponderancia creciente del automóvil como medio de transporte ha requerido una gran expansión de las redes de carreteras en todos los países. Por este motivo, un sistema de gestión es una herramienta para la toma de decisiones en línea con los objetivos planteados. Entre otros aspectos una distribución óptima de fondos destinados al mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura vial, mediante la adopción de estrategias efectivas y económicas permite proveer, evaluar y mantener la red en condiciones aceptables. (CAF 2010)

La gestión de mantenimiento de pavimentos flexibles evita el deterioro prematuro de las vías rurales, esta es razón por lo cual se empleó métodos para la identificación de fallas y con ello la evaluación de la condición superficial del pavimento, metodología denominada Índice de Condición de Pavimento (PCI), debido a su fácil implementación y por la evaluación que brinda para pavimentos flexibles, otro de los métodos muy conocidos para la evaluación de los pavimentos es el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), que es un indicador estadístico de la regularidad superficial del pavimento, que se obtiene a través de una aplicación móvil. Mediante la aplicación de los métodos PCI, y el IRI, se puede determinar el estado actual en que se encuentran los pavimentos, y a través un software de predicción de los deterioros en los pavimentos (HDM-4), todo ello con el fin de caracterizar a través de sistemas de información geográfica (SIG), y de esta manera establecer una gestión de mantenimiento adecuado, con los tiempos de

intervención oportunos, que significarán mantener en buen estado y prolongar la vida útil del pavimento flexible. Por lo cual, se elaboró una metodología para la gestión del mantenimiento de pavimentos flexibles de vías rurales, mediante la identificación de fallas y condición superficial, que nos permitió la toma de decisiones oportunas. Es necesario que se aplique la metodología para la gestión del mantenimiento de pavimentos flexibles de vías rurales, para evitar daños mayores y la optimización de costos.

Las carreteras sufren deterioros debido a las acciones físicas y químicas, por esta razón, la presente investigación, se enfoca en el estudio de la gestión de mantenimiento vial y particularmente de los pavimentos flexibles de las vías rurales, además es importante mencionar que debido a múltiples causas como el crecimiento del parque automotor, falta de mantenimiento oportuno, las prácticas limitadas debido a la capacidad técnica y su desarrollo organizacional, han producido efectos negativos tales como el deterioro de la capa de rodadura se acelere, y la durabilidad de la vía se vea afectada, por lo cual se tiene como objetivo de la presente investigación, elaborar una metodología para la gestión de mantenimiento de pavimentos flexibles en vías rurales, mediante la identificación de fallas y condición superficial, que permita la toma de decisiones oportunas, la cual es aplicable en la gestión de mantenimiento y administración de los pavimentos flexibles. Además, tenemos como objetivos específicos: Identificar la condición superficial de pavimentos flexibles mediante métodos PCI e IRI y análisis de tráfico de vías rurales. Evaluar la condición superficial de pavimentos mediante métodos PCI e IRI, y métodos de predicción mediante sistema de gestión de pavimentos. Definir un plan de mantenimiento y caracterizar mediante la utilización de sistemas de información geográfica. Además, tenemos como problema de la investigación, ¿Qué tipo de gestión de mantenimiento evita el deterioro de pavimentos flexibles para vías rurales de la provincia de El Oro?, el cual fue corroborado con la metodología de la propuesta, en tres tramos viales, la cual es aplicable para las vías rurales.

Los métodos de investigación empleados fueron: Teóricos (análisis y síntesis documental) y Empíricos (de campo). El universo de la presente investigación realizada va dirigida a las vías rurales de la provincia de El Oro, las cuales tienen similares características. La muestra que se tomó, fue en tres tramos viales de la provincia de El Oro, en las carreteras: vía El Cambio- La Peaña, con una longitud de 5.744 km, con un ancho de 7.00 metros, la vía Bellavista- La Avanzada con una longitud de 5.853 km, con una sección de 10.30 metros y, por último, la vía Santa Rosa-

Puerto Jeli con longitud de 3.425 Km, y una sección de 7,30 metros, los tres tramos viales son de dos carriles, y están conformados por una carpeta de rodadura de concreto asfáltico. En la presente investigación se obtuvo resultado, una gestión en el mantenimiento vial, aplicable para las vías rurales. El tipo de investigación fue exploratorio, debido a que se realizó levantamiento de información empleando un inventario vial, registrándose la condición superficial de la vía, descriptivo, por cuanto definimos nuestra metodología para mediante la identificación de fallas y condición superficial de los pavimentos flexibles, para la toma de decisiones en la gestión de mantenimiento de vías rurales de la provincia de El Oro, y explicativo, porque se propuso la aplicación de una metodología para la gestión de mantenimiento de pavimentos flexibles, en vías rurales. El enfoque es cuantitativo, debido a que la presente investigación se basa en la recolección de datos y análisis, para responder a preguntas y probar la hipótesis, y se lleva a cabo mediante la medición numérica, el conteo y uso estadístico, para establecer con exactitud patrones de comportamiento de los pavimentos flexibles en las vías rurales.

Este trabajo consta de cuatro capítulos, distribuidos de la siguiente manera:

El Capítulo I, “Marco Teórico”, establece antecedentes históricos, conceptuales, referenciales y contextuales, además de definir los principales términos relacionados con la gestión de mantenimiento vial y pavimentos flexibles de la vía.

El Capítulo II, “Métodos”, determina el tipo de estudio, paradigma y enfoque de la investigación, y métodos empleados.

El Capítulo III, “Propuesta metodológica”, detalla el motivo de la investigación, se plantea la metodología de gestión de mantenimiento en pavimentos flexibles.

El capítulo IV, “Análisis y discusión de resultados”, analiza los resultados, así como la interpretación de todos los resultados obtenidos, de la evaluación de la condición superficial de los pavimentos y del mantenimiento adecuado, para de esta manera verificar la hipótesis.

Conclusiones y Recomendaciones”, contiene las conclusiones y recomendaciones de la investigación, obtenidos a partir del análisis de los resultados.

Capítulo I: Marco Teórico

1.1. Antecedentes históricos

1.1.1. *Historia de las carreteras*

Desde la antigüedad, la construcción de vías de comunicación ha sido uno de los primeros signos de civilización avanzada. Cuando las ciudades de las primeras civilizaciones empezaron a aumentar de tamaño y densidad de población, la comunicación con otras regiones se tornó necesaria para hacer llegar suministros alimenticios o transportarlos a otros consumidores. Entre los primeros constructores de carreteras se encuentran los mesopotámicos. (Bañón y Beviá 2000) Para comprender la concepción y génesis de las carreteras actuales se hace necesario profundizar en su historia, entre los primeros constructores de carreteras se encuentran los mesopotámicos, hacia el año 3500 a.C., también tenemos a los chinos construyeron la Ruta de la Seda (la más larga del mundo) durante 2.000 años, y desarrollaron un sistema de carreteras en torno al siglo XI a.C. Existía en la antigua Babilonia, alrededor del año 700 a.C. un sistema de antiguas carreteras que unían palacios y templos; estaban construidas con ladrillo cocido y piedra unidos con mortero bituminoso, se les consideran las precursoras de las vías romanas.

Una de las grandes impulsoras de la evolución de las carreteras fue la civilización romana, dejando hasta hoy (y aún en buenas condiciones) una vasta red de carreteras.

Según la ley romana toda persona tenía derecho a usar las calzadas romanas, pero los responsables del mantenimiento eran los habitantes del distrito por el que pasaba; cuando el imperio romano declinó, su red de caminos declinó con él. Sin embargo, la calidad superior y la estructura de sus firmes han permitido que muchos caminos romanos sobrevivan a este día.

Las calzadas romanas tenían un espesor de 90 a 120 cm, y estaban compuestas cuatro capas básicas. (Ramos 2007).

1.2.2. *Carreteras Modernas*

La primera incursión en los pavimentos modernos de hoy se le puede atribuir a Thomas Telford. El sistema de Telford implicaba cavar una zanja e instalar cimientos de roca pesada, la sección de firme de Telford (construida hacia 1780), fue de 35 a 45 centímetros distribuidos generalmente en tres capas. La capa inferior o cimiento de árido grueso (tamaño hasta 100 milímetros) y de un

espesor de 7,5 a 18 centímetros. Encima de esta capa se colocaban dos capas de áridos de unos 65 milímetros de tamaño máximo y espesor de 15 a 25 cm y finalmente encima de ésta una capa de 4 cm de grava densamente compactada. Posteriormente, John McAdam, logró mejorar este sistema, utilizó una superficie inclinada del subsuelo para mejorar el drenaje, en la cual puso árido angular (tamaño máximo de 75 milímetros) en dos capas para una profundidad total cercana a los 20 centímetros. Encima de esta capa se colocaban 50 milímetros de árido grueso con un tamaño máximo de 25 milímetros. La razón de utilizar el tamaño de árido máximo de 25 milímetros (1 pulgada) era proporcionar un pavimento “liso” para las ruedas del carro. Así, la profundidad total de un pavimento típico del macadán era cerca de 250 milímetros. En 1850, cerca de 2.200 kilómetros de firmes tipo macadán estaban en funcionamiento en las áreas urbanas del Reino Unido. El primer pavimento del macadán en los EE.UU. se construyó en Maryland en 1823. Sin embargo, los cimientos de tierra de las carreteras macadamizadas no pudieron soportar los camiones pesados que se utilizaron en la I Guerra Mundial. Como resultado, para construir carreteras de carga pesada se adoptó el sistema de Telford, ya que proporcionaba una mejor distribución de la carga de la carretera sobre el subsuelo subyacente. La popularidad de la bicicleta, que comenzó en la década de 1880, y la introducción del automóvil una década más tarde, llevaron a la necesidad de tener más y mejores carreteras. Hacia 1870, como consecuencia del desarrollo de la industria del petróleo, se comenzaron a emplear betunes de destilación para la fabricación de mezclas, pero no fue hasta finales del siglo XIX, cuando el norteamericano C. Richardson, sentó las bases de la tecnología de la pavimentación con mezclas bituminosas, aunque la industria de la fabricación no se desarrolló hasta después de la primera guerra mundial. De la misma forma, durante la II guerra mundial, las técnicas y los equipos para la fabricación de mezclas bituminosas se desarrollaron enormemente, debido principalmente a las necesidades de construcción acelerada de aeródromos militares. (Ramos 2007).

Las variables más importantes a tener en cuenta en la ingeniería de carreteras moderna son las pendientes del terreno sobre el que se construye la carretera, la capacidad portante tanto del suelo como del firme para soportar la carga esperada, la estimación correcta de la intensidad de uso de la carretera, la naturaleza geológica y geotécnica del suelo sobre el que va a construirse, así como la composición y espesor de la estructura de pavimentación. El pavimento puede ser rígido o flexible, utilizando este último una mezcla de grava y arena con material bituminoso obtenido del

petróleo y de los productos de la hulla. Esta mezcla es compacta, pero lo bastante plástica para absorber grandes golpes y soportar un elevado volumen de tráfico pesado. Los pavimentos rígidos se construyen con una mezcla de cemento Portland, grava y agregado fino. El espesor del pavimento puede variar de 15 a 45 cm, dependiendo del volumen de tráfico que deba soportar; generalmente se utiliza un refuerzo de acero en forma de malla reticulada para evitar la formación de grietas, fisuras, o incluso el desconchamiento y rotura del firme. Bajo el pavimento se coloca un lecho de arena o grava fina. Desde mediados de este siglo ha comenzado a ser posible en determinadas circunstancias estabilizar el suelo en lugar de construir cimientos a base de tierras compactadas o de hormigón, siempre y cuando aquél sea lo suficientemente homogéneo. El cemento, la cal y el betún asfáltico son los aglomerantes más empleados en este tipo de tratamientos. Las carreteras modernas se construyen en líneas casi rectas a través de campo abierto en lugar de seguir las viejas rutas establecidas, y se evitan las áreas congestionadas o se cruzan utilizando avenidas especiales, túneles o pasos elevados. (Bañón y Beviá 2000).

1.2. Antecedentes conceptuales

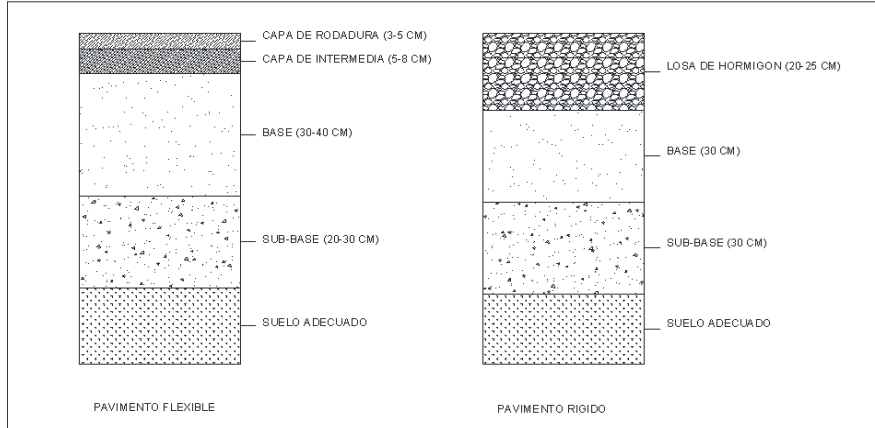
1.2.1. Concepto de pavimento

De acuerdo con Norma AASHTO, el pavimento es un elemento estructural que se apoya en toda su superficie sobre la subrasante. Esta capa debe estar preparada para soportar el sistema de capas de espesores diferentes, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado tiempo. (Barreto et al. 2018).

Según la NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI-12-MTOP, Volumen 3, lo define para designar sólo la capa de rodadura, especialmente cuando está construida por una carpeta.

El pavimento es la zona de la vía destinada al tránsito de vehículos. Se halla compuesto de diversas capas, cada una de ellas destinada a cumplir un cometido diferente. Tipológicamente, se distinguen en tres tipos de firmes: flexibles o deformables, rígidos o elásticos, mixtos.

Figura 1. Tipos de pavimentos



Fuente: (Bañón y Beviá 2000)

Nota: Estructura de los pavimentos más empleados.

1.2.2. Pavimentos flexibles

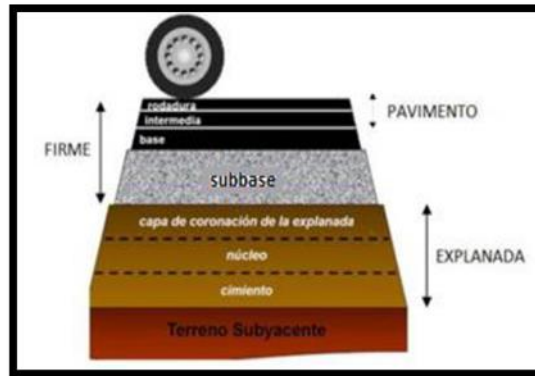
Este tipo de pavimento está formado por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante, puede prescindir de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra. (Castaño et al. 2009)

Están contruidos con materiales asfálticos o pétreos; una alternativa para caminos con tránsito entre 10 mil y 50 mil vehículos diarios. Su sección está constituida por capas que mejoran su calidad de abajo para arriba; y su geometría se asienta en capas con mayor ancho en la base, pero menor calidad; como todo pavimento, su finalidad es la disipación de energía, sin que ésta rebase la capacidad del terreno natural. (Bonilla et al. 2017). Además, según NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI-12-MTOP, Volumen 3, define a los pavimentos flexibles como la capa de rodadura formada por una mezcla bituminosa de asfalto altamente resistente a los ácidos, álcalis y sales.

1.2.2.1. Capas que conforman un pavimento flexible

Los pavimentos flexibles están contruidos por capas, las cuales tienen diferentes características, en cuanto a la calidad del material. Es la combinación de capas de subbase, base y de superficie o capa de rodadura colocadas sobre una subrasante, para soportar cargas del tránsito y distribuir los esfuerzos en la plataforma. (Nevi-12-Mtop Volumen 3 A 2013)

Figura 2. Estructura del pavimento



Fuente: (López y Pérez 2020)

Subrasante

Es la superficie superior de la obra básica, preparada como fundación de la estructura de pavimento y de los espaldones (Nevi-12-Mtop Volumen 3 A 2013)

En muchos casos, esta capa no se considera como perteneciente al firme, sino a la explanación u obra de tierra. Sin embargo, su función es muy importante respecto de aquél, ya que le dota de una base uniforme y de buena capacidad portante. Los materiales que se emplean en su confección son suelos seleccionados, a ser posible procedentes de la propia excavación o de los alrededores de la obra. Al conseguir un cimiento de características uniformes, los espesores de las capas superiores pueden ser constantes, lo que es muy conveniente desde el punto de vista constructivo, económico y de proyecto. La situación contraria implicaría constantes cambios en los espesores del firme, según las características locales de la explanada natural. (Bañón y Beviá 2000)

Subbase

Es la capa de espesor definido, de materiales que cumplen determinadas especificaciones, las cuales se colocan sobre una subrasante aprobada, para soportar la capa de base. (Nevi-12-Mtop Volumen 3 A 2013)

La subbase completa la misión estructural, dado que a esta capa pueden llegar esfuerzos verticales que no hayan sido absorbidos por la capa base, y su misión será que estos esfuerzos lleguen atenuados a la explanada. La subbase sirve para uniformizar el apoyo del firme sobre la explanada

y, además, dada la diferente naturaleza que tiene el firme y la explanada, esta capa sirve de transición entre el cimiento del firme y la estructura. (López y Pérez 2020). Además, según (Bañón y Beviá 2000), define a la subbase como la capa granular situada entre la explanada y la base del firme. Es una capa típica de los firmes bituminosos, aunque en ocasiones se emplea en firmes rígidos asentados en terrenos de baja capacidad portante.

Las principales funciones asignadas a esta capa son:

(a) Resistencia mecánica: Ha de soportar y repartir adecuadamente las cargas del tráfico sobre la explanada, de forma que ésta pueda tolerar las presiones recibidas sin deformarse excesivamente. Además, dada la profundidad a la que se halla situada en el firme, está sometida a una alta presión de confinamiento lateral.

(b) Economía: Al estar más alejada del plano de rodadura, sus características portantes no tienen por qué ser muy elevadas, por lo que pueden emplearse materiales de inferior calidad, abaratando así el coste de la obra.

(c) Drenaje: Debe impedir la ascensión capilar del agua procedente del cimiento a las capas superiores del firme, ya que afectaría de manera negativa a su comportamiento mecánico y durabilidad. Aparte de exigir características drenantes al material –bajo contenido en finos arcillosos- deben disponerse drenes o cunetas conectados con esta capa que faciliten una rápida evacuación del agua infiltrada, ya que una acumulación resultaría muy perjudicial para la funcionalidad de esta capa.

Debido a las funciones y características antes mencionadas se suelen utilizar materiales con una granulometría muy bien estudiada, estricto contenido en finos y con áridos duros para evitar su degradación con el paso del tiempo.

Base

Se define como la capa de espesor definido, de materiales sujetos a determinadas especificaciones, colocada sobre una subbase o la subrasante para soportar las capas de superficie o rodadura. (Nevi-12-Mtop Volumen 3 A 2013).

La capa de base se halla situada entre la subbase o la explanada caso de que no exista aquélla, y el pavimento. La principal función que se le atribuye a esta capa es la resistente, para lo cual debe presentar un alto grado de compacidad; también debe ser durable, por lo que debe presentar

insensibilidad al agua y los cambios volumétricos que ocasiona su presencia, así como una estabilidad a las cargas prolongada en el tiempo. (Bañón y Beviá 2000). Otro autor (López y Pérez 2020), define, que “la capa base, tiene una misión puramente estructural (resistente). Tiene que absorber la mayor parte de los esfuerzos verticales procedentes de los vehículos pesados, evitando que lleguen a la subbase presiones superiores a su capacidad estructural.”

Carpeta asfáltica

Es la capa de un espesor determinado, que se coloca para que sirva de capa de rodadura. (Nevi-12-Mtop Volumen 3 A 2013).

De acuerdo (López y Pérez 2020), la carpeta asfáltica por ser la capa superior del firme, proporciona las características funcionales. Dada esta posición dentro de la estructura, se encuentra sometido a la acción del tráfico y a las acciones climáticas. Por ello, desde el punto de vista estructural, debe absorber completamente los esfuerzos horizontales (aceleraciones, frenadas, cambios de carril, etc.). Sin embargo, la absorción de los esfuerzos verticales es parcial, dependiendo de su rigidez y espesor.

1.2.2.2. Ciclo de vida de los pavimentos flexibles

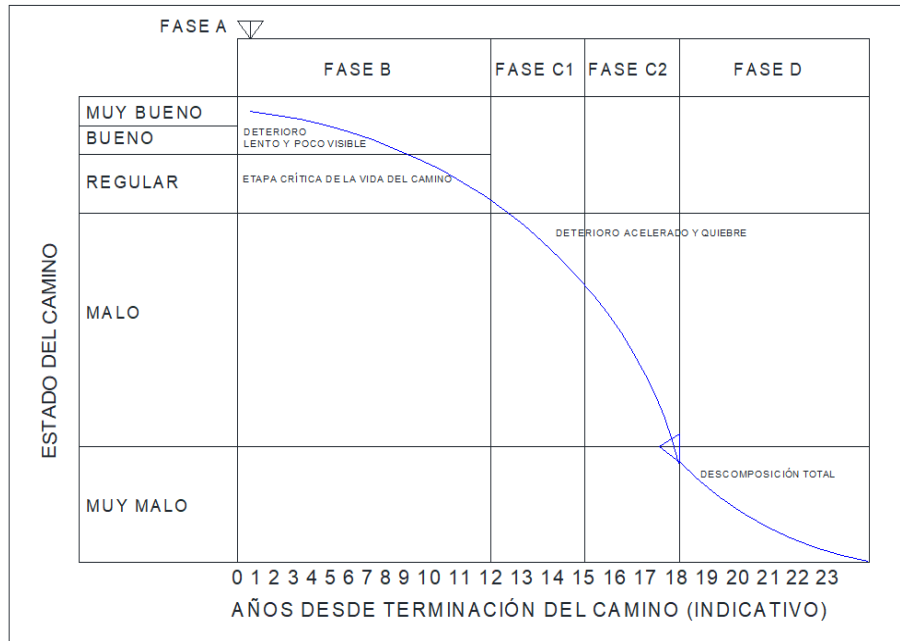
Las carreteras, “con el paso del tiempo, las acciones físicas y químicas provocan que el nivel de deterioro de la red aumente.” (Núñez y Pérez 2005).

Según (Menendez 2003), el deterioro de un camino es un proceso que tiene diferentes etapas, desde una etapa inicial, con un deterioro lento y poco visible, pasando luego por una etapa crítica donde su estado deja de ser bueno, para luego deteriorarse rápidamente, al punto de la descomposición total.

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

Este ciclo consta de cuatro fases, las cuales se describen a continuación:

Figura 3. Condición de la vía sin mantenimiento



Fuente: (Menéndez 2003)

Fase A: Construcción

El camino se encuentra, en ese momento, en excelentes condiciones para satisfacer plenamente las necesidades de los usuarios.

Fase B: Deterioro lento y poco visible

Durante un cierto número de años, el camino va experimentando un proceso de desgaste y debilitamiento lento, principalmente en la superficie de rodadura, aunque, en menor grado, también en el resto de su estructura.

Durante la fase B, el camino se mantiene en aparente buen estado y el usuario no percibe el desgaste, a pesar del aumento gradual de fallas menores aisladas. El camino sigue sirviendo bien a los usuarios y está en condiciones de ser conservado en el pleno sentido del término.

Fase C: Deterioro acelerado

Después de varios años de uso, la superficie de rodadura y otros elementos del camino están cada vez más “agotados”; el camino entra en un período de deterioro acelerado y resiste cada vez menos el tránsito vehicular. Al inicio de esta fase, la estructura básica del camino aún sigue intacta y la percepción de los usuarios es que el camino se mantiene bastante sólido; sin embargo, no es así.

Avanzando más en la fase C, se pueden observar cada vez más daños en la superficie y comienza a deteriorarse la estructura básica, lo cual, lamentablemente, no es visible. En otras palabras, cuando la superficie de rodadura presenta fallas graves que pueden verse a simple vista, es posible asegurar que la estructura básica del camino está siendo seriamente dañada.

Los daños comienzan siendo puntuales y poco a poco se van extendiendo hasta afectar la mayor parte del camino. Esta fase es relativamente corta, ya que una vez que el daño de la superficie se generaliza, la destrucción es acelerada.

Fase D: Descomposición total

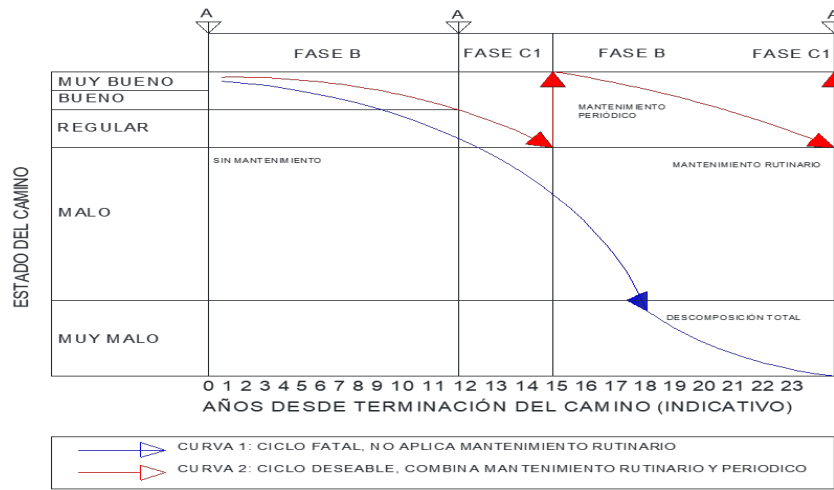
La descomposición total del camino constituye la última etapa de su existencia y puede durar varios años. Durante este período el paso de los vehículos se dificulta seriamente, la velocidad de circulación baja bruscamente y la capacidad del camino queda reducida a sólo una fracción de la original. Los vehículos comienzan a experimentar daños en los neumáticos, ejes, amortiguadores y en el chasis.

En general, los costos de operación de los vehículos suben de manera considerable y la cantidad de accidentes graves también aumenta. Los automóviles ya no pueden circular y sólo transitan algunos camiones y vehículos especiales.

1.2.2.3. Ciclo de vida deseable de los pavimentos flexibles

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

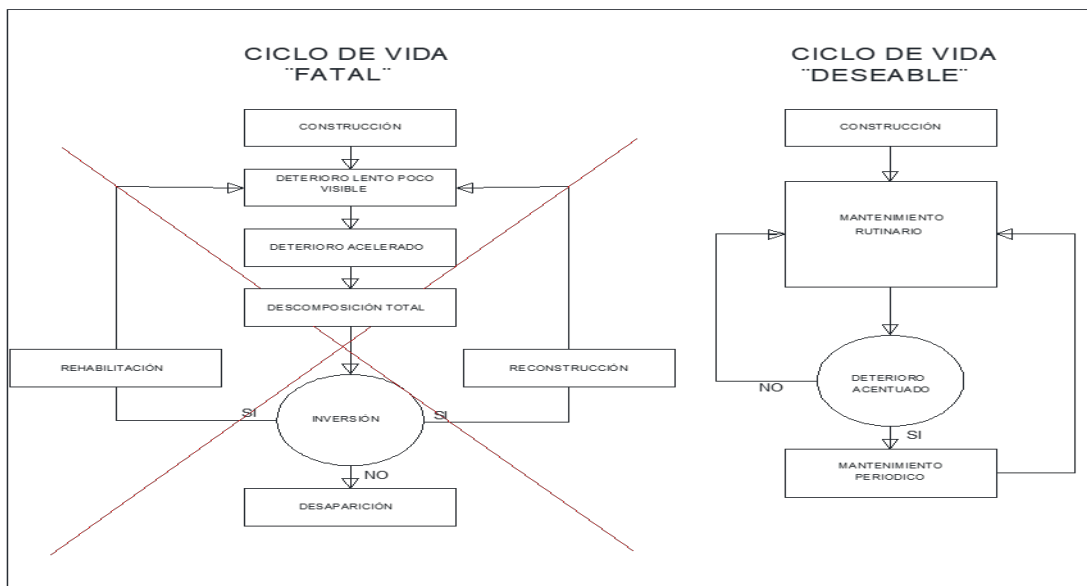
Figura 4. Condición de la vía con y sin mantenimiento



Fuente: (Menéndez 2003)

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

Figura 5. Diagrama de flujo del ciclo de vida fatal y deseable



Fuente: (Menéndez 2003)

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

Puede observarse que el mantenimiento rutinario prolonga el estado de conservación del camino en un nivel muy bueno y bueno por más tiempo, en comparación con el caso del camino al que no se le brinda este tipo de mantenimiento.

Un camino no mantenido, en cambio, después del segundo año empieza a dar dificultades para el transporte: mayores tiempos de circulación, mayor consumo de combustible y repuestos, mayores costos de operación del transporte, acceso sólo a vehículos pesados, tarifas más altas del transporte, menor acceso de la población a los mercados y servicios, etc. (Menendez 2003).

1.2.3. Importancia del mantenimiento vial

La infraestructura vial tiene una notable influencia en el desarrollo de una nación o región, tal como lo demuestran las fuertes correlaciones existentes entre la densidad de la red de carreteras y el Producto Interno Bruto (PIB) correspondiente su área de influencia. Sin embargo, la condición o estado de la red resulta un aspecto clave para garantizar la materialización de esa relación, es decir, para que la inversión en infraestructura obtenga los resultados proyectados en términos de rentabilidad socioeconómica y de desarrollo y crecimiento. (CAF 2010).

1.2.4. Mantenimiento vial

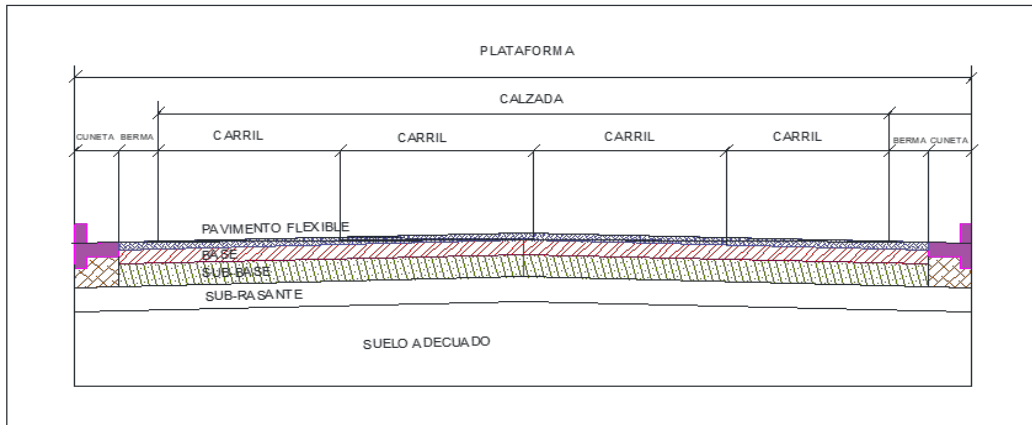
Se puede definir como las actividades destinadas a preservar la condición de una carretera y de sus componentes, tales como el derecho de vía, calzadas, bermas, elementos de drenaje, estructuras, túneles, dispositivos de seguridad y control de tránsito, etc., con el fin de que sigan prestando de manera efectiva el servicio para el cual fueron construidos o dispuestos realizado correctamente. (Londoño y Alvarez 2016).

“El mantenimiento de pavimentos sobre una red vial consiste de diversas actividades rutinarias, preventivas, esto incluye el sellado de grietas, el parcheo de baches y otras técnicas aplicables.” (Gao et al. 2012). Además, nos permite tener beneficios económicos a largo plazo debido a que se puede conservar más allá de su periodo para el cual fue diseñado.

1.2.4.1. Elementos de la vía

Para efectuar la descripción de las partes de que consta la vía nos centraremos en su sección transversal, ya que en ella se distinguen todas ellas perfectamente. Los elementos que conforman la vía son: plataforma, calzada, carril, berma, cunetas.

Figura 6. Elementos que conforman la vía



Fuente: (Bañón y Beviá 2000)

1.2.4.2. Inventario vial

Es un proceso que nos permite conocer los caminos que componen la red vial de una determinada área. Antes de dar inicio a los trabajos de mantenimiento, se debe efectuar el inventario detallado de la vía. Los datos que son consignados en el inventario permiten, conocer la ubicación de los principales componentes y obras que conforman el camino, el estado de los mismos y la necesidad de ciertos trabajos. (Menendez 2003)

Además, de ser un “registro ordenado, sistemático y periódico de los componentes de un camino, especificando su ubicación, características físicas y estado de conservación.” (Concejo Nacional de Competencias 2017)

1.2.4.3. Evaluación vial

La evaluación vial para el mantenimiento, nos permite identificar, cuantificar y evaluar las condiciones de los pavimentos, que requieren algún tipo de mantenimiento o que deben ser

solucionados a través de un programa anual. Existen varios métodos para la evaluación vial. Con la evaluación de la condición superficial, identificamos las fallas y daños que se presentan a lo largo de la vía, y que afectan en el funcionamiento y reducen su vida útil.

Según, (Bañón y Beviá 2000), para evaluar el estado de un firme se emplean dos procedimientos diferentes sucesivos y complementarios: la inspección visual y la auscultación con aparatos.

Con el primero se pretende detectar y localizar de manera sencilla y rápida, y es posible estimar cuantitativamente, los deterioros existentes en el tramo sometido a estudio; con el segundo se va más allá, cuantificando exactamente y evaluando los daños existentes en el firme previamente localizados para determinar cuál es el tratamiento de conservación que debe aplicarse.

Inspección visual

La inspección visual es el principal medio para la obtención de datos genéricos relativos al estado del firme. Consiste en una inspección realizada directamente sobre el terreno por técnicos cualificados que recorren la carretera a pie o en vehículo a marcha lenta, con objeto de detectar e incluso tratar de cuantificar los deterioros existentes siguiendo criterios preestablecidos. Para que una inspección visual sea eficaz debe responder a unos criterios que a la vez sean sencillos y no introduzcan una subjetividad grande. Así por ejemplo la Dirección General de Carreteras estableció en 1.981 un método de evaluación visual basado en la creación de siete bloques de datos:

- Tipo de capa de rodadura
- Aspecto de la capa de rodadura
- Reparaciones existentes
- Roderas
- Sección en desmonte
- Defectos varios
- Tipo de arcén

En cualquier caso, una herramienta de apoyo muy útil para la inspección visual es la existencia previa de catálogos de deterioros. Se trata de colecciones de fichas en cada una de las cuales se incluye la denominación del deterioro correspondiente, una descripción del mismo, una explicación de sus posibles causas y una fotografía de un firme afectado por dicho deterioro.(Bañón y Beviá 2000).

Auscultación con aparatos

De acuerdo al manual de carreteras (Bañón y Beviá 2000), la auscultación con aparatos del firme de una carretera es un paso más sobre la inspección visual, aunque en ningún caso puede prescindirse de ésta en la determinación del estado de dicho firme. Gracias a la auscultación con aparatos es posible proceder a cuantificaciones, absolutamente imprescindibles por ejemplo en el caso de los refuerzos, y llegar a rendimientos elevados en la obtención de datos, lo que permite el seguimiento de una red de carreteras. La auscultación debe basarse en trabajos desarrollados de una manera continua en el espacio y con una periodicidad preestablecida. Es lo que se denomina auscultación sistemática, que se lleva a cabo con aparatos que permiten elevados rendimientos. Seguidamente, en las zonas o tramos en que dicha auscultación sistemática o la propia inspección visual han detectado singularidades, se procede a una auscultación puntual de menor rendimiento, pero que proporciona mayor precisión. A continuación, se describen algunos de los métodos de auscultación empleados en el mantenimiento de firmes como los son: Regularidad superficial. Índice IRI (Perfilógrafos y viágrafos, analizadores de tipo dinámico, equipos de medida integra y actualmente equipos tecnológicos), Resistencia al deslizamiento (CRD) (Deslizógrafos: Aparato SCRIM) , Textura superficial (Ensayo de la mancha de arena (NLT-335), Texturómetro láser, auscultación de la sección estructural (Viga Benkelman (NLT-356), Deflectógrafo Lacroix, Deflectómetros de impacto, Curviómetro.

1.2.4.4. Tráfico

El tráfico se genera a través del flujo vehicular sobre una carretera, y es uno de los factores que inciden en sus características, además de esto, condiciona el diseño geométrico, estructura del pavimento y el mantenimiento. Por lo cual es importante determinar volumen y composición vehicular para una determinada carretera o tramo, a través de aforos y clasificación vehicular.

El conteo vehicular permite determinar el volumen de tránsito, que es parte fundamental para evaluar y diseñar las carreteras. El tráfico puede medirse mediante el TPDA (Tráfico promedio diario anual), que según la NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI-12-MTOP, Volumen 2A, lo define como la medida más recurrente de flujo vehicular. Se utiliza para caracterizar el tráfico cuando no existe el fenómeno de la congestión, así como para efectos de diseño de pavimentos. Es el valor que se incorpora generalmente a los modelos de deterioro de pavimentos, además se puede realizar mediante observaciones en un punto de la carretera. Es necesario conocer los niveles de

tráfico, por lo cual, para obtener el volumen de tráfico se cuenta con dos métodos como son el conteo manual y el automático, estos se realizan en un periodo mínimo de 7 días consecutivos de una semana. Luego de esto se realizan las proyecciones del tráfico, utilizando las tasas de crecimiento vehicular.

Según (Normas de Diseño Geométrico 2003), para determinar la proyección del tráfico futuro se aplicará siguiente fórmula:

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

Dónde:

i = índice de crecimiento vehicular

n = Número de años de proyección vial.

Además, de acuerdo la NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI-12-MTOP, Volumen 2A, las carreteras en función del tráfico, se clasifican en:

Tabla 1. Clases de carreteras

Clasificación funcional de las vías en base al TPDA			
Descripción	Clasificación funcional	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) al año de horizonte	
		Límite Inferior	Límite Superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o Carretera	AV2	26000	50000
Multicarril	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

Fuente: (Nevi-12-Mtop Volumen 2 A 2013)

1.2.5. Plan de mantenimiento vial

El mantenimiento vial requiere un enfoque de mediano y largo plazo. Por lo tanto, resulta imprescindible que los organismos viales posean capacidades adecuadas para la planificación a largo plazo, y permitan prever las necesidades en materia de inversión en obras de rehabilitación. La planificación a mediano plazo brindará luego las herramientas para prever dichas inversiones, y prepararse para disponer de recursos financieros, ejecutar los diseños, redactar los documentos de licitación y ejecutar los procesos licitatorios, con el objetivo de realizar las obras en el momento oportuno, y maximizar su rentabilidad. En el corto plazo, por ejemplo, la planificación y programación anual de actividades deberá concentrarse en el mantenimiento rutinario (limpieza de desagües, zona de camino, etc.) y el periódico menor (sellados, bacheos, etc.), además de garantizar que su ejecución responda a las estrategias seleccionadas y a las decisiones tomadas en oportunidad de la planificación a mediano y largo plazo, para asegurar niveles de operación y conservación adecuados sobre la totalidad de la red vial. (CAF 2010).

1.2.6. Tipos de mantenimiento vial

El realizar mantenimiento a las carreteras y caminos (Mantenimiento de vías terrestres) es importante ya que de esta manera se asegura el tiempo de vida útil previsto de los mismos, manteniendo un funcionamiento adecuado de la vía. En este artículo mostramos los tipos de mantenimiento de carreteras (clasificación de mantenimiento), esperamos sea de utilidad.

Los tipos de mantenimiento de carreteras que se pueden realizar son los siguientes:

Mantenimiento rutinario

Mantenimiento periódico

Mantenimiento de emergencia

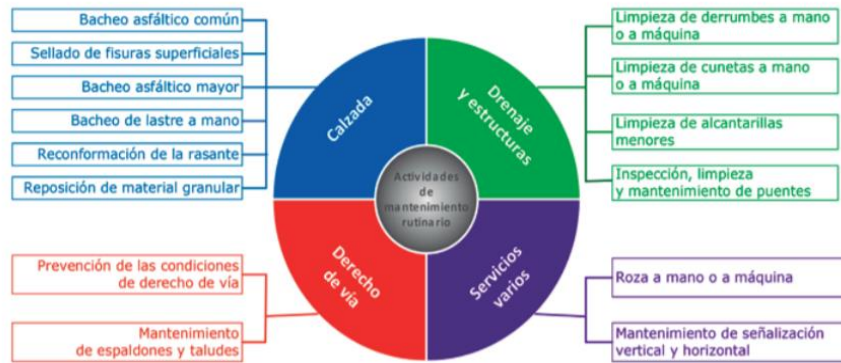
1.2.6.1. Mantenimiento rutinario

El mantenimiento rutinario, como su nombre lo indica, es el conjunto de actividades más o menos continuas, destinadas a que el camino se encuentre en permanente buen estado. El tipo de actividades y la frecuencia de las mismas depende de muchos factores, pero fundamentalmente del volumen de tráfico, del clima y del relieve topográfico; y de manera menos incidente, del tipo de material de afirmado y del suelo de fundación.

Acciones que se requieren ocasionalmente o con una periodicidad superior a un año en una carretera y sus elementos conexos y que, en cierta medida, se pueden programar con antelación, debido a que son determinadas principalmente por el tránsito y las condiciones meteorológicas. (Londoño y Alvarez 2016).

Las principales actividades de mantenimiento rutinario que se deben realizar sobre los elementos de las vías se registran en el siguiente gráfico.

Figura 7. Actividades de mantenimiento rutinario



Fuente: (Concejo Nacional de Competencias 2017)

“Es el conjunto de actividades necesarias para que la carretera conserve un nivel de servicio entre regular y bueno.” (Coronado 2000).

1.2.6.2. Mantenimiento periódico

Actividades destinadas a reparar o reponer situaciones de deterioro que se producen en la carretera y en sus elementos conexos a lo largo del año, y que en cierta medida son independientes de la intensidad del tránsito y de las condiciones meteorológicas. (Londoño y Alvarez 2016), Según (Coronado 2000), se refiere a las obras de mantenimiento programadas con una frecuencia mayor a un año. Estas obras incluyen:

- Reposición de balasto en carreteras no pavimentadas.
- Aplicación de sellos sobre pavimentos asfálticos.
- Aplicación de tratamientos especiales como lechada asfáltica y otros.
- Colocación de sobrecapas de asfalto (reapeo).

- Aplicación de tratamientos especiales como reciclaje de pavimentos existentes y otros.
- Aplicación de capas de concreto hidráulico u otros.

Además de las actividades como, la limpieza de cunetas, alcantarillas, pilas de los puentes, entre otros.

1.2.6.3. Mantenimiento de emergencia

Se considera “emergencia” toda acción no prevista ni ponderable, debida a las fuerzas de la naturaleza o acciones humanas impredecibles que obstaculicen la vía impidiendo el libre tránsito. Al conocer sobre un incidente, se debe tomar las acciones necesarias. Estas actividades incluyen, pero no se limitan a: remoción de derrumbes, construcción de desviaciones e instalación de puentes provisionales.(Coronado 2000)

1.2.7. Modalidad para ejecución de mantenimiento vial

Según (Sabogal 2000), define cada una de las modalidades de la siguiente manera:

Administración directa del mantenimiento vial. - Administrar en forma permanente, durante un lapso determinado, un sector de carretera, adelantando gestiones y acciones para la correcta conservación del mismo (no incluye la ejecución de obras), a cambio de una remuneración fija mensual.

Mantenimiento rutinario con microempresas. - Suministro de mano de obra y herramienta menor para ejecutar actividades de mantenimiento rutinario en un sector de carretera, durante un período fijo, a cambio de una determinada remuneración por kilómetro atendido.

Mantenimiento periódico por precios unitarios. - Ejecución de trabajos de mantenimiento periódico en un sector de carretera, a precios unitarios, en la cantidad y plazo definidos en el contrato.

Mantenimiento integral. - Ejecución de obras de mantenimiento periódico y atención de emergencias, pagadas por precio unitario. Actividades de administración y de mantenimiento rutinario que se pagan por cuotas mensuales fijas durante el desarrollo del contrato.

Mantenimiento por indicadores de estado. - Atención completa de la conservación de un sector de carretera para que siempre permanezca dentro de rangos de estado preestablecidos para cada uno de los elementos que componen el sector, a cambio de un determinado precio mensual

Concesión vial. - Contrato a largo término entre el Estado y un Concesionario que asume la responsabilidad del financiamiento, construcción y mantenimiento de una carretera y su operación por peaje, a través del cual recupera parcial o totalmente la deuda y el capital de riesgo invertido en el proyecto

1.2.8. Costos de mantenimiento

De acuerdo al (CAF 2010), el mantenimiento vial está evidentemente asociado a cierto costo de ejecución, y como en todo bien público, ese costo lo debe pagar la sociedad. Sin embargo, hay diferentes formas de pagarlo, y puede decirse que el modelo de financiamiento está directamente relacionado con el modelo de gestión implementado. Es así que existen diferentes esquemas o fuentes de financiamiento para la gestión del mantenimiento, que en general pueden resumirse como provenientes de:

- Recursos recurrentes
- Fondos de destinación específica
- Cargos a los usuarios

Desde otro punto de vista, las fuentes de recursos para el mantenimiento pueden clasificarse, según quien efectúe el pago, en:

- Pago por el usuario directo
 - Impuestos (combustibles, neumáticos, compra de automóviles, etc.)
 - Peaje
- Paga toda la comunidad
 - Rentas generales

El problema del financiamiento del mantenimiento vial está relacionado fundamentalmente con la condición de instrumento de ajuste fiscal con que históricamente se ha caracterizado la inversión en carreteras, y simultáneamente con la mayor predisposición generalizada de las autoridades políticas a favorecer las nuevas inversiones en detrimento de los recursos necesarios para la conservación de la infraestructura existente. Esta es, sin duda alguna, una de las principales razones por las cuales se implementaron los contratos de mantenimiento de mediano y largo plazo, es decir, como una forma de asegurar cierto flujo destinado específicamente a la conservación de la red existente y fuera de los posibles ajustes, competencias por recursos o inclusive desvíos de los mismos a otras áreas y destinos.

1.2.9. Gestión de mantenimiento vial

Según (Bañón y Beviá 2000), una red de carreteras constituye un patrimonio muy importante. Si se tiene en cuenta que los usuarios gastan anualmente en sus vehículos una cantidad similar a la del valor de reposición de la red, se entiende la necesidad de aplicar criterios de coste económico en la gestión de pavimentos de carreteras.

De acuerdo a (CAF 2010), un sistema de gestión es una herramienta para la toma de decisiones en línea con los objetivos planteados respecto a la recreación del círculo virtuoso. Entre otros aspectos permite lograr una distribución óptima de fondos destinados al mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura vial, mediante la adopción de estrategias efectivas y económicas para proveer, evaluar y mantener la red en condiciones aceptables. En rigor, es un conjunto de herramientas o métodos, y provee una metodología sistemática para la realización de los procesos que aseguran la consistencia de las decisiones tomadas en los diferentes niveles de una organización.

Muchos de los elementos mencionados o descritos formarán parte de un sistema de gestión integral de la infraestructura vial, como el sistema de información integral que administra la información del inventario físico y la evaluación de la condición, o el desarrollo y calibración local de modelos de deterioro que permitan predecir la condición futura de la red a partir de su estado actual, las solicitudes a las que se encuentra sometida y el nivel de mantenimiento.

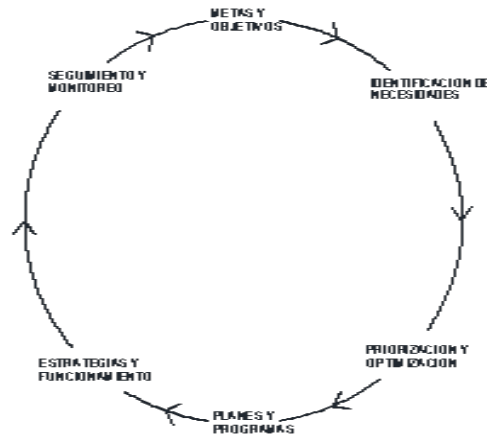
La planificación del mantenimiento vial, como toda planificación de actividades relacionadas con la infraestructura de transporte, es un proceso continuo y dinámico. En el caso del mantenimiento vial, la planificación involucra, al menos, las siguientes actividades:

- Definición de metas y objetivos
- Identificación de necesidades en la red vial
- Priorización y optimización de actividades
- Definición de un plan
- Análisis y establecimiento de estrategias de financiamiento
- Programación de actividades y utilización de recursos
- Ejecución, seguimiento y control

Este proceso continuo y dinámico, suele representarse como un círculo, usualmente calificado como “círculo virtuoso”, precisamente porque al recorrerlo en forma continua, aunque

a partir de parámetros dinámicos, permite lograr que el proceso de planificación resulte eficaz y se logren los objetivos propuestos, optimizando a la vez los recursos utilizados para ello.

Figura 8. Círculo virtuoso



Fuente: (CAF 2010)

1.2.9.1. Sistemas de gestión

La noción de gestión va asociada en cualquier ámbito a la administración de unos recursos para alcanzar unos objetivos determinados. Cuando las actividades que se realizan para la consecución de esos objetivos están sistematizadas y por tanto se desarrollan de acuerdo con un plan preestablecido en el cual las distintas fases están interrelacionadas se habla entonces de sistemas de gestión. En relación a las actividades de mantenimiento de firmes, el sistema de gestión de firmes es el procedimiento consistente en coordinar y controlar todas las actividades encaminadas a conservar los firmes de carreteras, asegurando la mejor utilización posible de los recursos disponibles, es decir, haciendo máximo el beneficio para la sociedad. Dentro del objetivo global señalado pueden definirse objetivos de diversa índole: económicos, técnicos y administrativos. Desde el punto de vista técnico, un sistema de gestión de la conservación debe dirigirse al establecimiento de estrategias de conservación y a la definición de prioridades en las actuaciones implícitas en esas estrategias. Es preciso por tanto disponer de modelos de evolución firmes y de datos sobre la evolución real de los mismos y su estado en un momento dado. (Bañón y Beviá 2000)

1.3. Antecedentes referenciales

1.3.1. Métodos para la evaluación de condición de pavimentos

Los métodos de evaluación de pavimentos que han ido apareciendo con el tiempo, han sido apoyados con tecnologías lo cual ha permitido que los mismos traten de entrega reales lo más cercanos a la realidad, sin embargo, también se han aportado con formas de evaluación con encuestas que han hecho que se tomen acciones directas en ciertos países con lo cual se analiza datos de encuestas de alta calidad y se programa actividades de mantenimiento y reparación a nivel de proyecto (Susanna et al. 2017).

1.3.1.1. Índice de Condición del Pavimento (PCI)

El PCI es un indicador numérico que valora la condición superficial del pavimento. El PCI proporciona una medida de la condición presente del pavimento basada en las fallas observadas en la superficie del pavimento, que también indican la integridad estructural y condición operacional de la superficie (rugosidad localizada y seguridad). El PCI no puede medir la capacidad estructural ni la medida directa de la resistencia al deslizamiento o rugosidad. Proporciona una base objetiva y racional para determinar la necesidad de conservación y reparación y sus prioridades. El monitoreo continuo del PCI es usado para establecer la tasa de deterioro del pavimento, que permite una identificación prematura sobre la necesidad de una rehabilitación mayor. El PCI brinda información sobre el comportamiento del pavimento para su validación o mejoramiento del diseño existente y procedimientos de conservación. (ASTM-D6433 2003)

La metodología del Índice de Condición de Pavimento es muy común, por su fácil implementación y por la evaluación que brinda tanto para pavimentos flexibles como para rígidos.

En toda estructura de pavimento, los deterioros que son producidos por la acción de las cargas del tráfico, clima y otros se pueden clasificar de acuerdo a su clase, severidad y cantidad presente, esta metodología se desarrolló para obtener un Índice de integridad estructural del pavimento con rangos de calificación de 0 a 100, en donde 0 es malo y 100 es excelente. (Diaz 2014). La metodología implementa una serie de daños, los cuales poseen una unidad de medida y grados de

severidad, que de acuerdo a la se deben clasificar y cuantificar para determinar posteriormente el índice de integridad estructural del pavimento y condición operacional de la superficie. (Varela 2002).

Tabla 2. Clasificación índice de pavimentos

RANGO	CALIFICACIÓN
100 - 85	EXCELENTE
85 - 70	MUY BUENO
70 - 55	MUY BUENO
55 - 40	BUENO
40 - 25	REGULAR
25 -10	MALO
10 - 0	MUY MALO

Fuente: (Varela 2002)

Nota: Rangos de calificación del PCI

La metodología inicia seleccionando una muestra específica para análisis:

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

En donde:

n = Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar

N = Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento

e= Error admisible en el estimativo del PCI DE LA SECCIÓN (E= 5%)

σ = Desviación estándar del PCI entre las unidades

Anteriormente, se muestra la fórmula necesaria para obtener el número de muestras a analizar, es importante conocer que cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco ($n < 5$), se deberán evaluar todas las unidades. Como recomendación es importante que las unidades a evaluar posean entre ellas un mismo espaciamiento a lo largo de la vía. La primera unidad el evaluador elegirá al azar.

Para la selección de intervalos que serán importantes identificar para las unidades de muestreo se utiliza la fórmula que se muestra a continuación, sí la unidad inicial de muestreo para inspección

seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, etc. Sin embargo, si se requieren cantidades de daño exactas para pliegos de licitación (rehabilitación), todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas.

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

En donde:

N= Número total de unidades de muestreo disponible

n= Número mínimo de unidades para evaluar

i= Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior

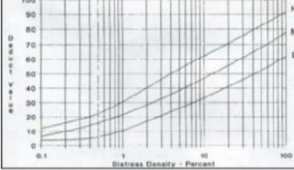

A través de Valores deducidos los cuales se observan en base de gráficas que el propio método entrega para cada daño de acuerdo a su severidad y cantidad y de este modo obtener el valor de PCI, para plantearlo en una curva de deterioro que muestre el valor del PCI VS EDAD.

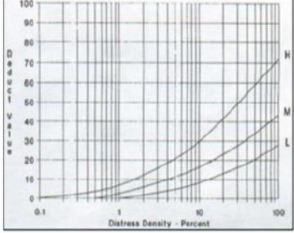
A continuación, se muestra la descripción, causas, medición, opciones de tratamiento, imágenes, y las gráficas que ayudan en la obtención del Valor deducido total y el Valor deducido corregido.

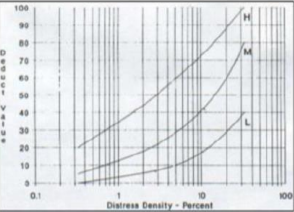
(Varela 2002)

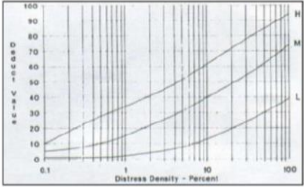
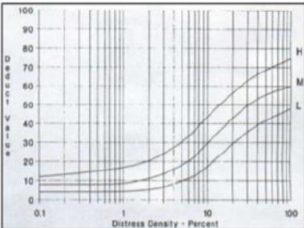
Tabla 3. Tipos, identificación de fallas, y gráficos de valores deducidos método PCI

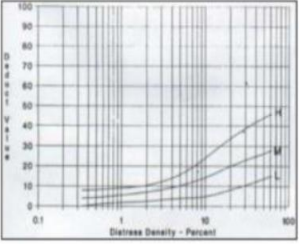
GRÁFICO DE VALORES DEDUCIDOS	IDENTIFICACIÓN DE FALLA	TIPO DE FALLA
<p>Gráfico de valores deducidos Falla 1: Piel de cocodrilo, para niveles de severidad Bajo(L), Medio(M) y Alto(H), las gráficas utilizadas, fueron tomadas del Manual de PCI publicado por el Ing, Luis Ricardo Vásquez Varela</p>	<p>Nivel de severidad Bajo (B) Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con pocas interconectadas. Las grietas no están “descascaradas”, es decir, no presentan pérdida del material a lo largo de sus lados.</p>	<p>PIEL DE COCODRILO Descripción: son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. Causas: Ocurre únicamente en áreas sujetas a cargas repetidas de tránsito tales como las huellas de las ruedas Medición: Metros cuadrados (m2) de área afectada. Opciones de tratamiento:</p>
	<p>Nivel de severidad Alto (A) Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y “descascarados” los</p>	

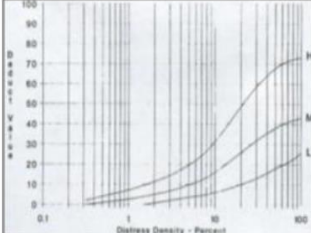
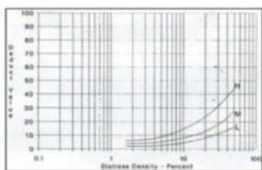
	<p>bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el efecto del tránsito. Pueden venir acompañadas de ahuellamiento.</p>	<p>B: No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta. M: Parcheo parcial o en toda la profundidad (Full Depth). Sobrecarpeta. Reconstrucción. A: Parcheo parcial o Full Depth. Sobrecarpeta. Reconstrucción.</p>
<p>Gráfico de valores deducidos Falla 2: Exudación, para niveles de severidad Bajo(L), Medio(M) y Alto(H)</p> 	<p>Nivel de severidad Bajo (B) La mancha ha ocurrido solamente en un grado muy ligero, siendo apreciable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los neumáticos de los vehículos.</p>	<p>EXUDACIÓN Descripción: Es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante y reflectiva que usualmente llega a ser pegajosa. Causas: Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales, emerge y entonces se expande en la superficie del pavimento. Medición: Metros cuadrados (m2) de área afectada. Si se contabiliza la mancha no deberá contabilizarse el pulimento de agregados. Opciones de tratamiento: B: No se hace nada. M: Se aplica arena / agregados y compactación. Lavado. A: Se aplica arena / agregados y compactación (precalentando si fuera necesario). Lavado.</p>
	<p>Nivel de severidad Medio (M) La mancha ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año.</p>	
	<p>Nivel de severidad Alto (A) La mancha ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año.</p>	
<p>Gráfico de valores deducidos Falla 3: Fisuras en bloque, para niveles</p>	<p>Nivel de severidad Bajo (B) Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm. 2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición</p>	<p>FISURAS EN BLOQUE Descripción: Son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en</p>

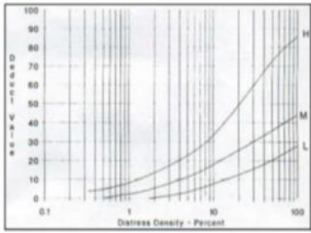
<p>de severidad Bajo(L), Medio(M) y Alto(H)</p> 	<p>satisfactoria del material llenante).</p> <p>Nivel de severidad Medio (M) Existe una de las siguientes condiciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm. y 76.0 mm. 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm., rodeada de grietas adyacentes pequeñas. 3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas adyacentes pequeñas. <p>Nivel de severidad Alto (A) Existe una de las siguientes condiciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas adyacentes pequeñas de severidad media o alta. 2. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm. de ancho. 3. Una grieta de cualquier ancho en la cual pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas. 	<p>tamaño de 0.30 m x 0.30 m a 3.0 m x 3.0 m.</p> <p>Causas: Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios.</p> <p>Medición: Metros cuadrados (m2) de área afectada.</p> <p>Opciones de tratamiento: B: Sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 mm. Riego de sello. M: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta. A: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.</p>
<p>Gráfico de valores deducidos Falla 4: Abultamientos y hundimientos, para</p>	<p>Nivel de severidad Bajo (B): No tienen una consecuencia importante en la calidad de rodaje.</p> <p>Nivel de severidad Medio (M): Producen un efecto medio en</p>	<p>ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS Descripción: Son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues</p>

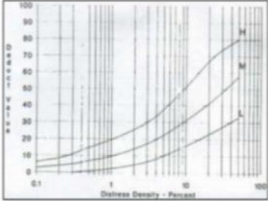
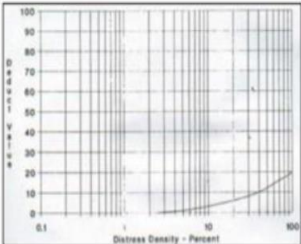
<p>niveles de severidad Bajo(L), Medio(M) y Alto(H)</p> 	<p>la calidad de rodaje.</p> <p>Nivel de severidad Alto (A): Producen un efecto negativo muy marcado en la calidad de rodaje.</p>	<p>éstos últimos son causados por pavimentos inestables. Causas: Los abultamientos pueden ser causados por factores tales como:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Levantamiento de losas de concreto de cemento tipo Portland con una sobrecarpeta de concreto asfáltico. 2. Expansión por congelación 3. Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito. <p>Medición: Metros lineales. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra.</p> <p>Opciones de tratamiento: B: No se hace nada. M: Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial. A: Reciclado (fresado) en frío. Parcheo profundo o parcial. Sobrecarpeta</p>
<p>Gráfico de valores deducidos Falla 5: Corrugación, para niveles de severidad Bajo(L), Medio(M) y Alto(H)</p>	<p>Nivel de severidad Bajo (B): No tienen una consecuencia importante en la calidad de rodaje.</p> <p>Nivel de severidad Medio (M): Producen un efecto medio en la calidad de rodaje.</p> <p>Nivel de severidad Alto (A): Producen un efecto negativo muy marcado en la calidad de rodaje.</p>	<p>CORRUGACIÓN Descripción: La corrugación es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Causa: Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinado con una carpeta o una base</p>

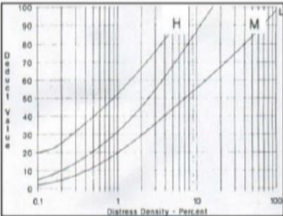
		<p>inestable.</p> <p>Medición: Metros cuadrados (m²) de área afectada.</p> <p>Opciones de tratamiento:</p> <p>B: No se hace nada. M: Reconstrucción. A: Reconstrucción.</p>
<p>Gráfico de valores deducidos Falla 6: Depresión, para niveles de severidad Bajo(L), Medio(M) y Alto(H)</p> 	<p>Nivel de severidad Bajo (B): Máxima profundidad de la depresión: 13.0 a 25.0 mm.</p>	<p>DEPRESIÓN</p> <p>Descripción: Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma empozamientos.</p> <p>Causas: Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidropneumático.</p> <p>Medición: Metros cuadrados (m²) del área afectada.</p> <p>Tipo de tratamiento:</p> <p>B: No se hace nada. M: Parcheo superficial, parcial o profundo. A: Parcheo superficial, parcial o profundo.</p>
	<p>Nivel de severidad Medio (M): Máxima profundidad de la depresión: 25.0 a 51 mm.</p>	
<p>Gráfico de valores deducidos Falla 7:</p>	<p>Nivel de severidad Bajo (B): Grietas de baja severidad sin disgregación.</p>	<p>GRIETAS DE BORDE</p> <p>Descripción: Son paralelas y generalmente están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m.</p>
<p>Nivel de severidad Medio (M):</p>		

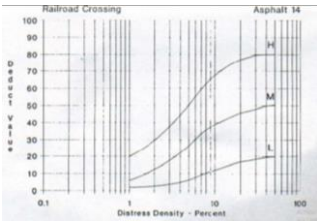
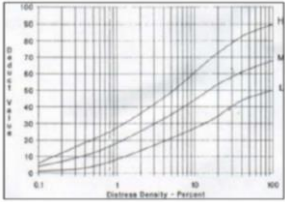
<p>Grietas de borde, para niveles de severidad Bajo(L), Medio(M) y Alto(H)</p> 	<p>Grietas de media severidad con algo de disgregación y ruptura de los bordes.</p> <p>Nivel de severidad Alto (A): Considerable rotura de borde y disgregación en las grietas.</p>	<p>del borde exterior del pavimento. Causas: Este daño puede originarse por debilitamiento debido a condiciones climáticas de la base o de la subrasante en sectores próximos al borde del pavimento, por falta de soporte lateral o por terraplenes construidos con materiales expansivos. Medición: La grieta de borde se mide en metros lineales. Opciones de tratamiento: B: No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm. M: Sellado de grietas. Parcheo parcial - profundo. A: Parcheo parcial – profundo.</p>
<p>Gráfico de valores deducidos Falla 8: Grietas de reflexión de junta, para niveles de severidad Bajo(L), Medio(M) y Alto(H)</p>	<p>Nivel de severidad Bajo (B): Existe una de las siguientes condiciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm. 2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material de sello). <p>Nivel de severidad Medio (M): Existe una de las siguientes condiciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm. 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm., rodeada de grietas adyacentes pequeñas. 3. Grieta rellena de cualquier 	<p>GRIETAS DE REFLEXIÓN DE JUNTA Descripción: Daño ocurrido solamente en pavimentos asfálticos construidos sobre una losa de concreto de cemento tipo Portland. Causas: Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento tipo Portland, inducido por temperatura o humedad. Medición: Metros lineales. La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado. Por ejemplo, una grieta de 15.0 m. puede tener 3.0 m. de grietas de alta severidad; éstas deben</p>

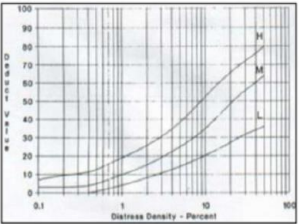
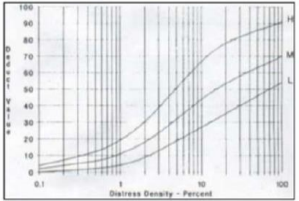
	<p>ancho, rodeada de grietas adyacentes pequeñas.</p> <p>Nivel de severidad Bajo (B): Existe una de las siguientes condiciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm. 2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material de sello). 	<p>registrarse de forma separada. Si se presenta un abultamiento en la grieta de reflexión éste también debe registrarse.</p> <p>Opciones de tratamiento: B: Sellado para anchos superiores a 3.0 mm. M: Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial. A: Parcheo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta.</p>
<p>Gráfico de valores deducidos Falla 9: Desnivel de carril-espaldón, para niveles de severidad Bajo(L), Medio(M) y Alto(H)</p> 	<p>Nivel de severidad Bajo (B): La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y el hombrillo está entre 25,0 y 51,0 mm.</p> <p>Nivel de severidad Medio (M): La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y el hombrillo está entre 51,0 y 102,0 mm.</p> <p>Nivel de severidad Alto (A): La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y el hombrillo es mayor de 102,0 mm.</p>	<p>DESNIVEL DE CARRIL-ESPALDÓN</p> <p>Descripción: El desnivel calzada-hombrillo es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y el hombrillo.</p> <p>Causas: Este daño se debe a la erosión o asentamiento del hombrillo o a la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin elevar el nivel del hombrillo.</p> <p>Medición: Metros lineales.</p> <p>Opciones de tratamiento: L, M, H: Relleno del hombrillo para ajustar al nivel del canal.</p>
<p>Gráfico de valores deducidos Falla 10: Grietas longitudinales y transversales, para niveles de severidad</p>	<p>Nivel de severidad Bajo (B): Existe una de las siguientes condiciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm. 2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material de sello). 	<p>GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES</p> <p>Descripción: Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento.</p> <p>Causas: Pueden ser causadas por:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Una junta de carril del pavimento pobremente

<p>Bajo(L), Medio(M) y Alto(H)</p> 	<p>Nivel de severidad Medio (M): Existe una de las siguientes condiciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm. 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeadas de grietas adyacentes pequeñas. 3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas adyacentes pequeñas. 	<p>construida.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al envejecimiento del asfalto. 3. Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento Portland, pero no las juntas de pavimento de concreto. <p>Medición: Metros lineales. La longitud y severidad de cada grieta debe registrarse después de su identificación.</p> <p>Si la grieta no tiene el mismo nivel de severidad a lo largo de toda su longitud, cada porción de la grieta con un nivel de severidad diferente debe registrarse por separado.</p> <p>Si ocurren abultamientos o hundimientos en la grieta, éstos deben registrarse.</p> <p>Opciones de tratamiento:</p> <p>B: No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm</p> <p>M: Sellado de grietas.</p> <p>A: Sellado de grietas. Parcheo parcial.</p>
<p>Gráfico de valores deducidos Falla 11: Parches, para niveles de</p>	<p>Nivel de severidad Bajo (B): El bache está en buena condición y es satisfactorio. El efecto sobre la calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.</p>	<p>PARCHES</p> <p>Descripción: Es un área de pavimento la cual ha sido reemplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un bache se considera un defecto, no importa que tan bien se</p>
	<p>Nivel de severidad Medio (M): El bache está moderadamente</p>	

<p>severidad Bajo(L), Medio(M) y Alto(H)</p> 	<p>deteriorado o el efecto sobre la calidad del tránsito se califica como de severidad media.</p> <p>Nivel de severidad Alto (A): El bache está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.</p>	<p>comporte (usualmente, un área bacheada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento).</p> <p>Medición: En metros cuadrados (m²) de área afectada, sin embargo, si un solo parche tiene áreas de diferente severidad, éstas deben medirse y registrarse de forma separada.</p> <p>Opciones de tratamiento: B: No se hace nada. M: No se hace nada. Sustitución del bache. A: Sustitución del bache</p>
<p>Gráfico de valores deducidos Falla 12: Pulimiento de agregados, no se define ningún nivel de severidad</p> 	<p>Niveles de severidad No se define ningún nivel de severidad, sin embargo, el grado de pulimiento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.</p>	<p>PULIMIENTO DE AGREGADOS Descripción: Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Causas: Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Este tipo de daño se registra cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa. Medición: Metros cuadrados (m²) de área afectada. Si se contabiliza mancha del pavimento (exudación), no se tendrá en cuenta el pulimiento de agregados. Opciones de tratamiento: Tratamiento superficial. Sobre-carpeta.</p>

		Fresado y sobrecarpeta.																			
<p>Gráfico de valores deducidos Falla 13: Huecos, para niveles de severidad Bajo(L), Medio(M) y Alto(H)</p> 	<p>Nivel de severidad:</p> <p>Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm. están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con la tabla siguiente:</p> <table border="1" data-bbox="573 594 922 695"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Profundidad máxima del hueco</th> <th colspan="3">Diámetro medio(mm)</th> </tr> <tr> <th>102 a 203 mm</th> <th>203 a 457 mm</th> <th>457 a 762 mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12.7 a 25.4 mm</td> <td>BAJA (B)</td> <td>BAJA (B)</td> <td>MEDIA (M)</td> </tr> <tr> <td>> 25.4 a 50.8 mm</td> <td>BAJA (B)</td> <td>MEDIA (M)</td> <td>ALTA (A)</td> </tr> <tr> <td>> 50.8 mm</td> <td>MEDIA (M)</td> <td>MEDIA (M)</td> <td>ALTA (A)</td> </tr> </tbody> </table> <p>Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm. debe medirse el área total del hueco en metros cuadrados y dividirla entre (0.47 m²) para hallar el número de huecos equivalentes.</p> <p>Nivel de severidad Bajo (B): Según la tabla se determina la severidad, según la profundidad y diámetro del hueco</p>	Profundidad máxima del hueco	Diámetro medio(mm)			102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm	12.7 a 25.4 mm	BAJA (B)	BAJA (B)	MEDIA (M)	> 25.4 a 50.8 mm	BAJA (B)	MEDIA (M)	ALTA (A)	> 50.8 mm	MEDIA (M)	MEDIA (M)	ALTA (A)	<p>HUECOS</p> <p>Descripción: Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0,90 m. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior.</p> <p>Causas: El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua de lluvia dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento. Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos.</p> <p>Medición: Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándose separadamente.</p> <p>Opciones de tratamiento: B: No se hace nada. Parcheo parcial o profundo. M: Bacheo parcial o profundo. A: Bacheo profundo.</p>
	Profundidad máxima del hueco		Diámetro medio(mm)																		
		102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm																	
12.7 a 25.4 mm	BAJA (B)	BAJA (B)	MEDIA (M)																		
> 25.4 a 50.8 mm	BAJA (B)	MEDIA (M)	ALTA (A)																		
> 50.8 mm	MEDIA (M)	MEDIA (M)	ALTA (A)																		
<p>Nivel de severidad Medio (M): Según la tabla se determina la severidad, según la profundidad y diámetro del hueco</p>	<p>Nivel de severidad Alto (A): Según la tabla se determina la severidad, según la profundidad y diámetro del hueco</p>																				
	<p>Nivel de severidad Bajo (B): No tienen una consecuencia</p>	CRUCE DE VÍA FÉRREA																			

<p>Gráfico de valores deducidos Falla 14: Cruce de vía férrea, para niveles de severidad Bajo(L), Medio(M) y Alto(H)</p> 	<p>importante en la calidad de rodaje.</p> <p>Nivel de severidad Medio (M): Producen un efecto medio en la calidad de rodaje.</p> <p>Nivel de severidad Alto (A): Producen un efecto negativo muy marcado en la calidad de rodaje.</p>	<p>Descripción: Estan asociados al cruce de sumideros de rejilla son depresiones o abultamientos en el plano de contacto entre el pavimento de la calzada y el sumidero, que afectan la calidad de rodaje.</p> <p>Medición: Metros cuadrados (m2). Si el acceso no afecta la calidad de tránsito, entonces no debe registrarse.</p> <p>Opciones de tratamiento: B: No se hace nada. M: Bacheo superficial o parcial del cruce. Nivelación total del pavimento. A: Bacheo superficial o parcial del cruce. Nivelación total del pavimento.</p>
<p>Gráfico de valores deducidos Falla 15: Ahuellamiento, para niveles de severidad Bajo(L), Medio(M) y Alto(H)</p> 	<p>Niveles de severidad: Dependen de la profundidad promedio del ahuellamiento: B: 6,0 a 13,0 mm. M: >13,0 mm a 25,0 mm. A > 25,0 mm. La profundidad promedio del ahuellamiento se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad y usando las medidas tomadas a lo largo de aquel para calcular su profundidad promedio.</p> <p>Vistas Generales de Ahuellamientos de diferentes severidades:</p>	<p>AHUELLAMIENTO</p> <p>Descripción: El ahuellamiento es la depresión en la superficie de las huellas de las ruedas.</p> <p>Causas: Es producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debido a la carga del tránsito.</p> <p>Medición: Metros cuadrados (m2) está definida por la profundidad media de la huella.</p> <p>Opciones de tratamiento: B: No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta. M: Bacheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta. A: Bacheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta</p>

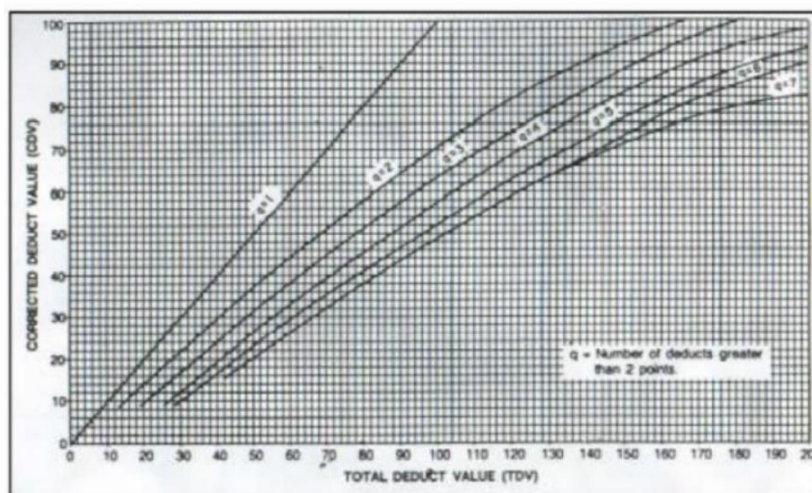
<p>Gráfico de valores deducidos Falla 16: Desplazamiento, para niveles de severidad Bajo(L), Medio(M) y Alto(H)</p> 	<p>Nivel de severidad Bajo (B): No tienen una consecuencia importante en la calidad de rodaje.</p>	<p>DESPLAZAMIENTO Descripción: El desplazamiento es un corrimiento permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Causas: Normalmente, este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables. Medición: Metros cuadrados (m2) de área afectada. Las deformaciones que ocurren en baches se consideran para el inventario de daños como baches. Opciones de tratamiento: B: No se hace nada. Fresado. M: Fresado. Parcheo parcial o profundo. A: Fresado. Parcheo parcial o profundo.</p>
	<p>Nivel de severidad Medio (M): Producen un efecto medio en la calidad de rodaje.</p>	
	<p>Nivel de severidad Alto (A): Producen un efecto negativo muy marcado en la calidad de rodaje.</p>	
<p>Gráfico de valores deducidos Falla 17: Grieta parabólica, para niveles de severidad Bajo(L), Medio(M) y Alto(H)</p> 	<p>Nivel de severidad Bajo (B): Ancho promedio de la grieta menor que 10,0 mm.</p>	<p>GRIETA PARABÓLICA Descripción: Las grietas parabólicas por deslizamiento son grietas en forma de media luna creciente, con sus puntas hacia el sentido del tránsito. Causas: Este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica -entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento de baja resistencia, o de un riego de adherencia excesivo, y en algunas oportunidades pobre. Medición: Metros cuadrados (m2) y se califica según el nivel de severidad más alto presente en la misma.</p>
	<p>Nivel de severidad Medio (M): Existe una de las siguientes condiciones: 1. Ancho promedio de la grieta entre 10,0 mm y 38,0 mm. 2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados.</p>	
	<p>Nivel de severidad Alta (A): Existe una de las siguientes condiciones: 1. Ancho promedio de la grieta</p>	

	<p>es mayor de 38,0 mm.</p> <p>2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.</p>	<p>Opciones de tratamiento: L: No se hace nada. Parcheo parcial. M; H: Bacheo parcial (localizado).</p>
<p>Gráfico de valores deducidos Falla 18:</p> <p>Peladura y desprendimiento, para niveles de severidad Bajo(L), Medio(M) y Alto(H)</p>	<p>Nivel de severidad Bajo (B): El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad. Un hinchamiento de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento: si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba del vehículo.</p>	<p>PELADURA Y DESPRENDIMIENTO Descripción: El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento con una onda larga y gradual de longitud mayor de 3,0 m. Causas: Usualmente, este daño es causado por suelos potencialmente expansivos. Medición: Metros cuadrados (m2) de área afectada. Opciones de tratamiento: B: No se hace nada. M: No se hace nada. Reconstrucción. A: Reconstrucción.</p>
	<p>Nivel de severidad Medio (M): El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.</p>	
	<p>Nivel de severidad alto (A): El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.</p>	
<p>Gráfico de valores deducidos Falla 19:</p> <p>Hinchamiento, para niveles de severidad Bajo(L), Medio(M) y Alto(H)</p>	<p>Nivel de severidad Bajo (A): Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.</p>	<p>HINCHAMIENTO Definición: La disgregación y desintegración son el desgaste de la superficie del pavimento debido a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Causas: El desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. El ablandamiento de la</p>

	<p>Nivel de severidad medio (M): Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y “ahuecada”. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.</p>	<p>superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento. Medición: Metros cuadrados (m²) de área afectada. Opciones de tratamiento: B: No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.</p>
	<p>Nivel de severidad alto (A): Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente “ahuecada”. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10,0 mm. y profundidades menores que 13,0 mm. Áreas ahuecadas mayores se consideran huecos. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.</p>	<p>M: Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. A: Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción. Para los niveles M y A, si el daño es localizado (por ejemplo, por derramamiento de aceite) se hace parcheo parcial.</p>

Fuente: (Varela 2002)

Figura 9. Gráfico Valor Deducido Total VS Valor Deducido Corregido



Fuente: (Varela 2002)

Dentro las ventajas y desventajas que posee la metodología se muestran lo siguiente:

Modelo Índice de Condición de Pavimento

Ventajas

Fácil manejo

Sin necesidad de un técnico especialista se puede realizar la evaluación

Muestra resultados del análisis en el sitio (PCI, Índice de Servicio)

Metodología completa

Desventajas

Largo procedimiento

Resultados dependientes del técnico que realiza la evaluación

1.3.1.2. PAVER

La metodología PAVER se presenta de manera similar a la metodología PCI debido a que usan la misma forma de calificación para la evaluación de las vías.

El método de evaluación visual de pavimento llamado PAVER fue desarrollado en el Laboratorio de Investigación Ingenieril de Construcción del Cuerpo de Ingenieros de la Fuerza Armada de los EE.UU. Siendo esta una herramienta de uso militar y civil. Desde su implementación en 1980, ha obtenido una aceptación rápida en los círculos militares y civiles a través del mundo. (Andrade 2018).

La forma de calificación para la evaluación de pavimentos es la que se maneja en la metodología del PCI, es decir los tipos de deterioro que se encuentran en dicha metodología son varios los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4. Fallas utilizadas en la metodología PAVER

No. de falla	Falla	Unidad de medida
1	Piel de cocodrilo	m2
2	Exudación	m2
3	Agrietamiento en bloque	m2
4	Abultamientos y hundimientos	m
5	Corrugación	m2
6	Depresión	m2
7	Grieta de borde	m
8	Grieta de reflexión de junta	m

9	Desnivel de carril/espaldón	m
10	Grietas longitudinales y/o transversal	m
11	Parqueo	m2
12	Pulimento de agregados	m2
13	Huecos	No
14	Cruce de vía férrea	m2
15	Ahuellamiento	m2
16	Desplazamiento	m2
17	Grieta parabólica	m2
18	Hinchamiento	m2
19	Desprendimientos de agregados	m2

Fuente: (Corros et al. 2009)

Ventajas

Fácil manejo

Sin necesidad de un técnico especialista se puede realizar la evaluación

Calificación para la evaluación sencilla

Desventajas

Largo procedimiento

Resultados dependientes del técnico que realiza la evaluación

1.3.1.3. Índice Internacional de Rugosidad (IRI)

El IRI es un indicador estadístico de la rugosidad superficial del pavimento; representa la diferencia entre el perfil longitudinal teórico (recta o parábola continua perfecta, IRI = 0) y el perfil longitudinal real existente en el instante de la medida. Las diferencias entre los perfiles (irregularidades) obedecen principalmente al proceso constructivo y a la utilización de la carretera. (Miquel 2006).

Para establecer criterios de calidad y comportamiento de los pavimentos que indicarán las condiciones actuales y futuras del estado superficial de un camino, surgió la necesidad de establecer un índice que permitiera evaluar las deformaciones verticales de un camino, que afectan la dinámica de los vehículos que transitan sobre él. Se trató de unificar los criterios de evaluación con los equipos de medición de rugosidad a nivel mundial, tales como los perfilómetros o los equipos de tipo respuesta, y que de alguna manera sustituyera el método de la AASHO, ahora

AASHTO, que permite calificar la condición superficial de un camino solo en forma subjetiva. (Patiño et al. 1998)

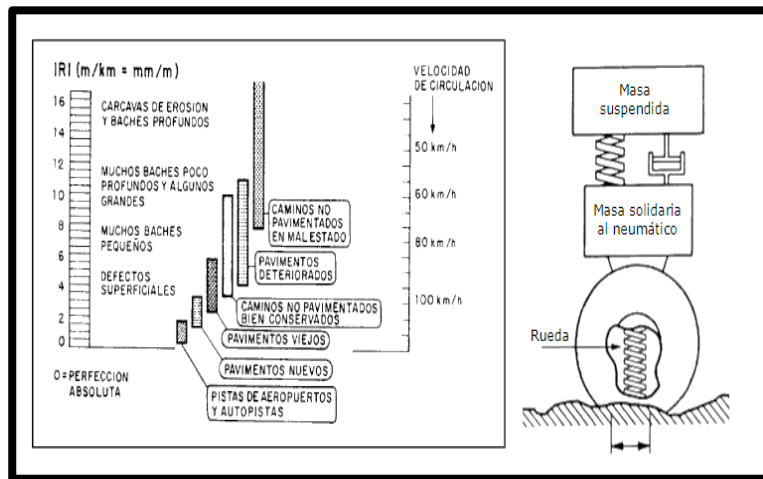
Según (Bañón y Beviá 2000), la regularidad superficial es un factor que afecta de manera importante a la comodidad que percibe el usuario al circular por la carretera. Una carretera con una superficie irregular provocará molestos y continuos movimientos verticales bruscos en el vehículo que los amortiguadores no son capaces de absorber en su totalidad. Para la medida de esta característica se emplean diferentes aparatos: (a) Perfilógrafos y viágrafos: Basados en la medida de la superficie empleando referencias estrictamente geométricas. En ellos, se registra el desplazamiento vertical de una rueda con respecto a un bastidor horizontal de 3 a 10 m. de longitud. Actualmente están obsoletos dado su bajísimo rendimiento, empleándose únicamente los transverso perfilógrafos para medir deformaciones en el sentido perpendicular al eje de la vía. (b) Analizadores de tipo dinámico: Este tipo de aparatos poseen mayores rendimientos que los anteriores, al incorporar acelerómetros para realizar las medidas de regularidad superficial, alcanzando velocidades de entre 20 y 70 km/h, más próximas a las características de los vehículos. Destacan los regularímetros, el analizador del perfil longitudinal (APL) francés o el analizador de regularidad superficial (ARS) español. (c) Equipos de medida integral: Este tipo de aparatos integra diversos sistemas para la medición de diversas características superficiales del firme aparte de la regularidad superficial, por lo que su rendimiento se multiplica espectacularmente. Los diferentes equipos de medida van integrados en furgonetas cuyas velocidades superan los 70 km/h., pudiendo determinarse simultáneamente la regularidad y textura superficial, resistencia al deslizamiento, fisuración de la superficie, o la profundidad de las roderas. Estos vehículos multifuncionales son los empleados actualmente en la auscultación de carreteras. Para la cuantificación de los resultados obtenidos por los aparatos de auscultación se emplea el Índice de Regularidad Internacional (IRI), elaborado en 1.986 por un equipo de expertos del Banco Mundial. De forma simplificada, el IRI puede definirse como el desplazamiento vertical acumulado del usuario durante una distancia recorrida, lo que matemáticamente equivale a:

$$IRI = \frac{1}{(n - 1)} \cdot \sum_{i=2}^n |Z - Z_0|_i$$

donde $Z-Z_0$ es el desplazamiento vertical relativo del usuario n es el número de medidas consideradas

La determinación del IRI sigue un modelo físico llamado QCS (Quarter Car Simulation o de cuarto de coche) que trata de simular la suspensión y masas de un vehículo tipo circulando a una velocidad constante de 80 km/h. El índice obtenido suele expresarse en mm/m.; un valor inferior a 2 denota una excelente regularidad superficial.

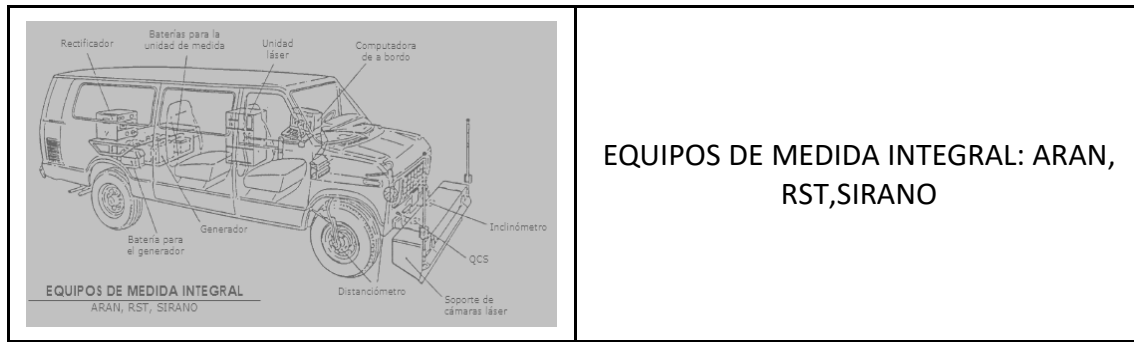
Figura 10. Escala IRI y modelo físico QCS



Fuente: (Bañón and Beviá 2000a)

Figura 11. Equipos empleados en la medida de la regularidad superficial

EQUIPOS DE MEDIDA DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL	
	REFERENCIAS GEOMÉTRICAS PERFILÓGRAFOS Y VIÁGRAFOS
	ANALIZADORES DINÁMICOS REGULARÍMETROS, APL, ARS

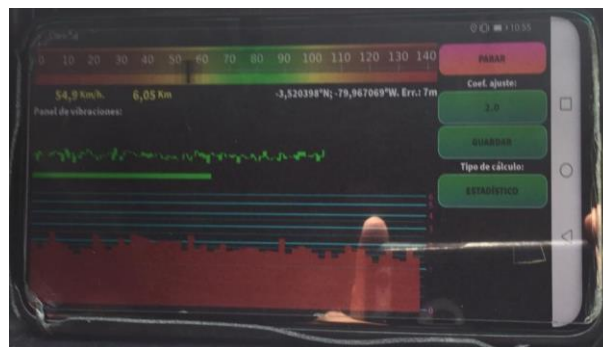


Fuente: (Bañón y Beviá 2000)

Aplicación móvil IRI

Según (Nieto 2018), este programa permite calcular el IRI con los sensores de vibración y el GPS de Android. Realiza gráficas e informes además de permitir su calibración, los cálculos se deben adaptar, a través de un coeficiente de ajuste comparándolo con ensayos reales.

Figura 12. Aplicación móvil IRI



Fuente: (El Autor)

Velocidad del ensayo

La velocidad debe ser constante y centrada en los 80 km/h. Por ese motivo el velocímetro marca en verde los alrededores de dicha velocidad:

Colocación del teléfono

Puede colocarse apoyado en el salpicadero o colgando del parabrisas. Los resultados variarán, debe probarse cuál es la forma más adecuada. Solo probando se puede saber cuál es el sistema más adecuado. Al igual que para la determinación del coeficiente de ajuste y el sistema de cálculo

elegido deben compararse los primeros resultados con un IRI ya realizado por el método convencional para cerciorarse de la bondad de los datos.

Coefficiente de ajuste

Como no hay dos Smartphones ni dos vehículos iguales, este parámetro debe ajustarse comparándolo con un IRI realizado por el método tradicional. Una vez ajustado no hay motivo para cambiarlo de no ser que el coche haya tenido algún cambio (cambio de neumáticos, amortiguación, desgaste.)

En esta nueva versión, dependiendo del tipo de algoritmo de cálculo utilizado guardará un coeficiente de ajuste diferente para cada tipo de cálculo.

Cálculo

El archivo se puede abrir como una hoja de cálculo, como un informe con los resultados, además de un archivo para abrirlo en Google Earth. Con estos resultados podemos obtener los valores de la irregularidad superficial del pavimento.

1.3.2. Métodos de Predicción de la Condición del pavimento

Según (Andrade 2019), los métodos de predicción de la condición del pavimento son fundamentales para la realización de sistemas de gestión de mantenimiento. Predecir el deterioro de una vía ha resultado un tema importante para investigar debido a que las condiciones de una carretera variarán con el tiempo y con algunos factores. Esta fase es clave para poder realizar actividades que mantengan el pavimento con el fin de conseguir que la vía brinde un buen servicio a los usuarios, se lograrán inversiones de menor costo y administraciones más estables.

La metodología del Índice de Condición de Pavimento forma parte fundamental de ciertos modelos de gestión de mantenimiento de pavimentos y a través de sus muestras e índices obtienen un análisis completo y más aún si se complementan a través de imágenes o fotografías aéreas. Los modelos de predicción han buscado siempre conseguir resultados más cercanos a la realidad con muestreos, análisis de datos y otros procesos con tecnologías más avanzadas.

Para identificar metodologías de predicción del pavimento se debe conocer que el modelo de deterioro del pavimento es una ecuación que se relaciona con un factor de tiempo extrínseco (edad o número de aplicaciones de carga) con una combinación de factores intrínsecos (respuestas estructurales, etc.) e indicadores de rendimiento que simulan el proceso de deterioro del estado del

pavimento y proporcionan previsión de las condiciones del pavimento durante un período de tiempo.

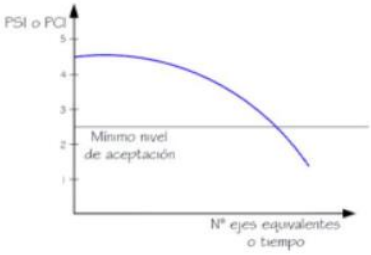
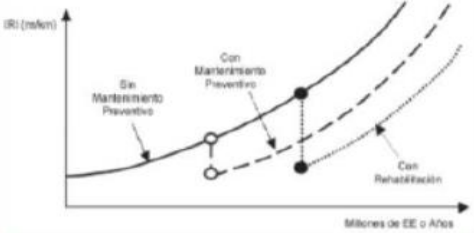
1.3.2.1. Métodos de Regresión

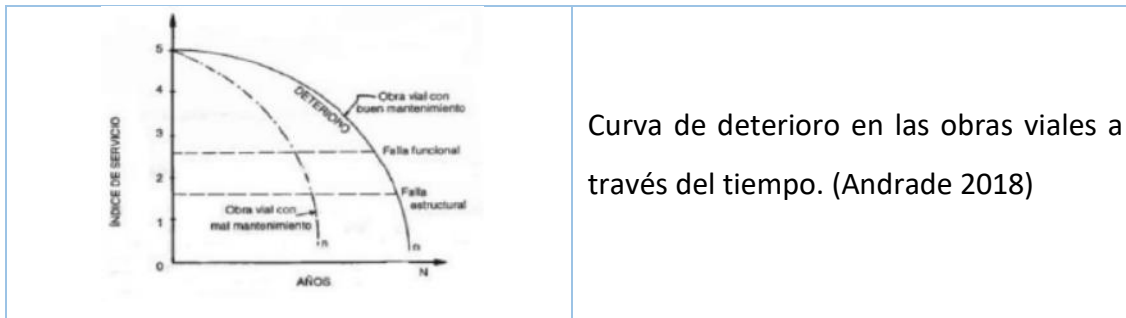
El modelo de Análisis de Regresión realiza un análisis de tendencia del comportamiento en el tiempo, a través de datos históricos que han sido recolectados durante la vida útil de la infraestructura. Los datos necesarios para el uso del modelo de regresión deben ser agrupados con características similares como: estructura, tránsito, clima, etc.

Las metodologías que utilizan análisis de regresión lo hacen para establecer relación empírica entre dos o más variables y en algunos casos se pueden utilizar regresión: lineal entre dos variables, lineal múltiple y no lineal (Leiva 2004).

Para el uso de modelos de regresión se debe tomar en cuenta la forma funcional de las curvas esperadas en el momento que se realice el análisis de regresión. Con las investigaciones que se han realizado a través del tiempo han existido varios modelos (curvas) que se han obtenido por ajustes de regresión, entre las más importantes las siguientes de la Tabla.

Figura 13. Curvas generadas por métodos de regresión

CURVAS GENERADAS POR MÉTODOS DE REGRESIÓN	DESCRIPCIÓN
	<p>Curva de comportamiento de los pavimentos (Silva et al. 2018)</p>
	<p>Efecto del mantenimiento preventivo y rehabilitación en IRI. (Vera et al. 2010)</p>

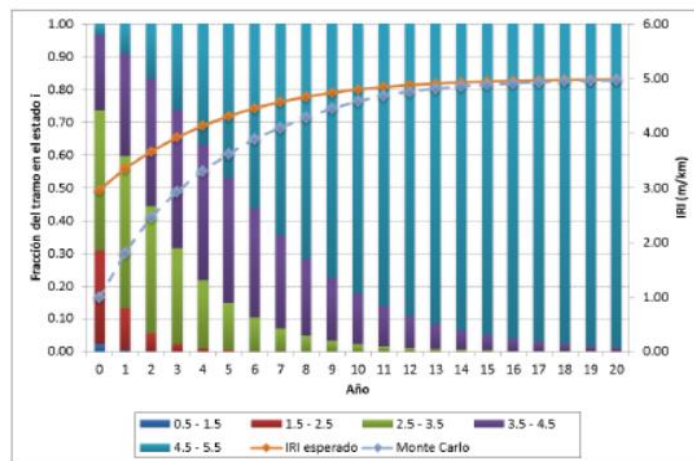


1.3.2.2. Cadenas de Markov

Las metodologías a través de las cadenas de Markov son utilizadas para determinar a través de análisis probabilísticos el estado futuro de la infraestructura de un pavimento basándose de su estado actual. El análisis probabilístico se realiza en base a la Matriz de Transición de Probabilidades (MTP), el mismo que describe el comportamiento con variaciones probabilísticas de un estado a otro.

Los métodos realizados en base a cadenas de Markov entregan resultados de tipo probabilísticos para la evolución de deterioros los mismos que pueden ser cuantitativos y cualitativos a partir de datos como la distribución de información histórica y encuestas a expertos. (Andrade 2018)

Figura 14. Representación gráfica de los vectores curva deterioro



Fuente: (Andrade 2018)

Nota: Representación gráfica de los vectores curva deterioro, en tramo de pavimentos asfálticos, resultados con la aplicación cadenas de Markov.

1.3.2.3. HDM-4

El objetivo del programa es el de optimizar el costo del transporte por carretera, entendido éste como la suma de los costes asumidos por el estado y los costes generados sobre los usuarios. Dentro de los costes de la administración hay que incluir los derivados de la construcción de la carretera y su posterior conservación y mantenimiento. Para el usuario, los costes se evalúan en términos de costes de operación del vehículo: consumo de combustible, coste del tiempo de viaje, costes derivados de accidentes, etc.

En particular, el HDM permite evaluar ambos flujos de costes para un determinado periodo de análisis. El año de inicio del análisis podrá ser el primer año de construcción, el año de puesta en servicio o simplemente el año actual. El programa determinará a lo largo de la vida útil restante del pavimento, la evolución de su estado. En función de dicho estado se establecen las distintas alternativas de actuación y se calculan los costes generados.

En el HDM-4 mediante un primer módulo se introducen los datos de partida, cualquier error a la hora de imponer las hipótesis de partida es detectado a este nivel e interrumpe el análisis. El segundo módulo evalúa los deterioros de la carretera y una serie de efectos. En particular se realiza una serie de análisis a partir de los modelos siguientes:

- Deterioro de la carretera (RD): Predice el deterioro del firme.
- Efectos de las actuaciones (WE): Implementa programas de actuaciones y determina sus costes.
- Efectos sobre los usuarios (RUE): Determina los costes de circulación de los vehículos, accidentes y el tiempo de viaje.
- Efectos sociales y medioambientales (SEE): Determina los efectos producidos por emisiones y ruidos y predice el número de accidentes y la cantidad de consumo de energía.

Un tercer módulo realiza el análisis económico. Calcula los indicadores económicos de las distintas alternativas de conservación planteadas. Por último, el cuarto módulo, de generación de resultados, proporciona una serie de informes sobre el estado del firme, los costes de operación de los vehículos y el análisis económico.

Por otra parte, es importante aclarar que el programa admite tres niveles de aplicación: planificación, programación y proyecto. El nivel de planificación estratégica permite un análisis global del sistema de carreteras, para la preparación de estimaciones a largo plazo sobre las

necesidades de la red y las inversiones necesarias bajo distintos escenarios presupuestarios. El nivel de programación identifica y prioriza las actuaciones en distintos tramos de la red, según las disponibilidades presupuestarias en cada caso. Por último, el nivel de proyecto sería la etapa final, en la que se evalúan para un tramo en concreto los beneficios económicos de las distintas opciones de actuación para así seleccionar la más adecuada.

El modelo HDM-4 no permite la realización de la asignación y distribución del tráfico en una red de carreteras.(Núñez y Pérez 2005)

1.3.3. Sistemas de Información Geográfica

A nivel mundial, el uso de SIG (Sistemas de Información Geográfica) han logrado importante aceptación debido a la facilidad de localización e introducción de información necesaria en la toma de decisiones para los proyectos. El modelo o sistema de datos georreferenciados permite el ingreso y el procesamiento de información acerca de parámetros establecidos en la evaluación del pavimento. Las aplicaciones de SIG llegan a una selección o interpretación de la priorización de recursos que otorgan el mayor beneficio a la región. La facilidad de consulta del SIG brinda eficiencia en el manejo de información para las autoridades a cargo de la red vial. (Silva et al.2018)

Este sistema permite generar mapas de intervención vial que detallan, a nivel de red, la ubicación de daños severos existentes sobre el pavimento y sus características. Hacer esto en forma objetiva implica estandarizar los procesos de medición, tales como la localización de los daños, de tal manera que sea posible hacer análisis espaciales con ayuda de software especializado como ARCGIS. (Macea et al. 2016)

1.4. Antecedentes contextuales

1.4.1. Estado actual de las vías

La Provincia del El Oro, está ubicada al sur en el extremo sur occidental del Ecuador. Una parte del territorio provincial se localiza en las faldas de las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes y la otra mayoritaria en la Región Costa y una tercera, la Región Insular.

La provincia cubre una superficie de 5.791,85 km², que representa el 2.15% de la superficie nacional. Los límites provinciales son al norte las provincias de Guayas y Azuay, al sur la provincia de Loja y Perú, al este las provincias de Azuay y Loja y al oeste Perú y el Océano Pacífico.

El sistema vial correspondiente al Gobierno Provincial de El Oro tiene una longitud de 3230.57 Km, esta red vial según el tipo de superficie de rodadura tiene 614.38 km de pavimento flexible (19.02%), 2200.48 km de Lastre (68.11 %), 413, 74 kilómetros de vías de tierra que equivale al 12.81 % de la vialidad provincial, y mixto de 1.97 km (0.06%).

Tabla 5. Tipo de vía por superficie de rodadura

Tipo de superficie de rodadura	Longitud (km)
Lastre	2200.48
Mixto	1.97
Pavimento flexible	614.38
Tierra	413.74

Fuente: (Provincial 2018)

Estado de la superficie de rodadura

El estado de la superficie de rodadura de la red vial provincial de El Oro, presenta en su mayoría un estado regular con 2164.47 km que corresponde al 67.00%, seguido por un estado malo con 606.58 km que corresponde al 18.78 % y finalmente un estado bueno con 459.52 km que corresponde al 14.22%.

Tabla 6. Estado de superficie de rodadura (Km), Provincia de El Oro

SUPERFICIE DE RODADURA	BUENO	MALO	REGULAR	TOTAL
Lastre	145.95	407.12	1647.41	2200.48
Mixto			1.97	1.97
Pavimento flexible	311.29	22.15	280.94	614.38
Tierra	2.28	177.31	234.15	413.74
Total	459.52	606.58	2164.47	3230.57

Fuente: (Provincial 2018)

En la provincia de El Oro las vías rurales tienen una cobertura de 3230.57 kilómetros, para comprobar la aplicación de la metodología para la gestión de mantenimiento de pavimentos flexibles, en vías rurales considerando la condición superficial e identificación de fallas, se aplicó a las siguientes vías rurales:

La vía El Cambio – Unión Colombiana- La Peaña, tiene una longitud de 5.744 km; es una arteria que une el cantón Pasaje y Machala; Parroquia El Cambio y La Peaña; actualmente está conformada por una carpeta de rodadura de concreto asfáltico con un ancho de 7.00 metros.

La vía Bellavista – La Avanzada, Ubicado en el Cantón Santa Rosa, Provincia de El Oro, frente al ingreso de la ciudadela Febres Cordero, con dos carriles con una sección de 10.30 m, en estos dos carriles se tiene la presencia de bordillos, cunetas y continúa su recorrido por la cabecera de la parroquia Bellavista, el sitio La Florida hasta llegar a la abscisa 5+853 en el redondel de la parroquia La Avanzada, adicional a esto se indica que están fijados paraderos, sistema de iluminación eléctrico, sistema de agua potable en todo el recorrido de la vía, y el sistema de alcantarillado sanitario, para la parroquia Bellavista, Sitio La Florida y Parroquia La Avanzada.

La vía Santa Rosa - Puerto Jelí, comienza a la altura Monumento de Jorge Káiser, ingreso norte de la ciudad de Santa Rosa, hasta llegar a la Parroquia Puerto Jelí, ésta vía pertenece al perímetro urbano del cantón Santa Rosa, provincia de El Oro, con aproximadamente 3.425 Km de longitud, con dos carriles.

Los tres tramos vías, antes mencionados muestran un evidente deterioro y múltiples fallas a lo largo de toda su longitud, por no existir mantenimiento rutinario y periódico por lo que ha generado como resultado una vía en malas condiciones.

1.4.2. Descripción del área de estudio

1.4.2.1. Localización

Localización Vía El Cambio- La Peaña

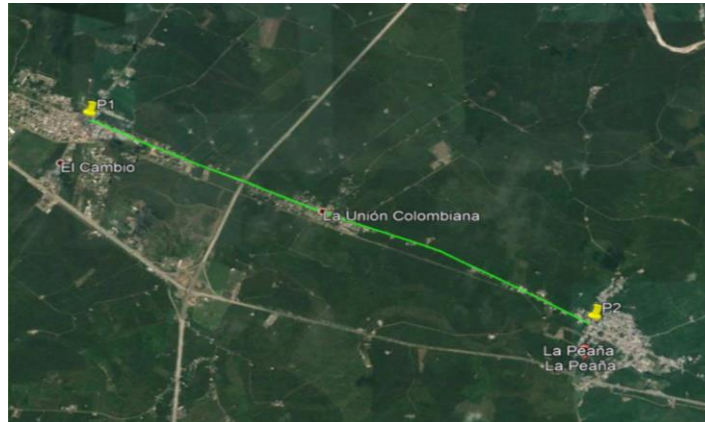
El proyecto se encuentra localizado en el cantón Pasaje y Machala une la parroquia La Peaña (Pasaje) y El Cambio (Machala); cantones que intervienen Machala y Pasaje, con una longitud de 5.744 Km; utilizando el Datum WGS 84 en el sistema Universal Transversal de Mercator las coordenadas del proyecto en son:

Tabla 7. Coordenadas vía El Cambio La Peaña

PUNTO	NORTE	ESTE
INICIO	9636595	622187
FIN	9633995	627297

Fuente: (El Autor)

Figura 15. Vía El Cambio – Unión Colombiana – La Peaña



Fuente: (Google Earth)

Localización Vía Santa Rosa- Puerto Jeli

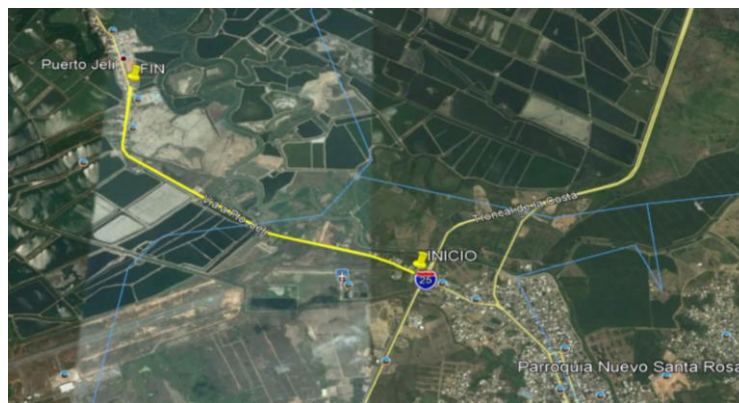
El proyecto se encuentra ubicado en la provincia de El Oro; ciudad de Santa Rosa tiene como punto de partida el redondel de la vía panamericana, hasta la parroquia de Pto. Jeli, con una longitud de 3.425 km. con un tráfico de doble sentido, utilizando el Datum WGS 84 en el sistema Universal Transversal de Mercator las coordenadas del proyecto en son:

Tabla 8. Coordenadas vía Santa Rosa – Puerto Jeli

PUNTO	NORTE	ESTE
INICIO	9620184	614208
FIN	9622110	611783

Fuente: (El Autor)

Figura 16. Vía Santa Rosa- Puerto Jeli



Fuente: (Google Earth)

Localización Vía Bellavista- La Avanzada

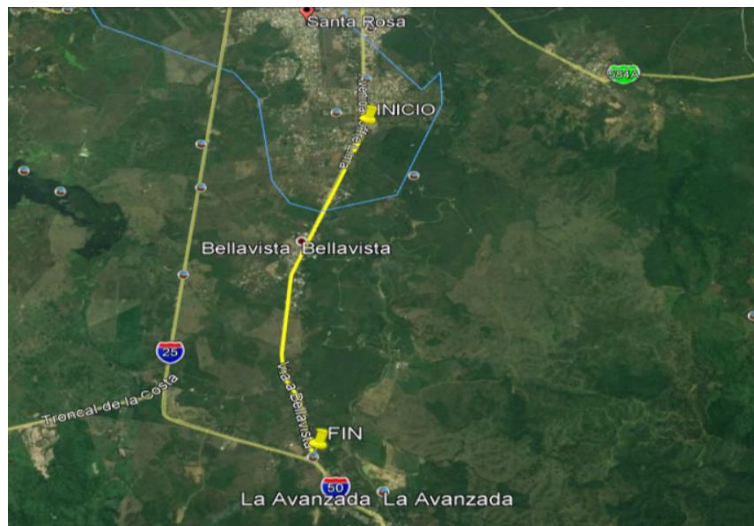
El proyecto se encuentra ubicado en la provincia de El Oro; en el cantón Santa Rosa, tiene como punto de partida la parroquia Bellavista, hasta la parroquia La Avanzada (Templete del redondel), con una longitud de 5.853 km. con un tráfico de doble sentido, utilizando el Datum WGS 84 en el sistema Universal Transversal de Mercator las coordenadas del proyecto en son:

Tabla 9. Coordenadas vía Santa Rosa – La Avanzada

PUNTO	NORTE	ESTE
INICIO	9615284	615617
FIN	9609703	615082

Fuente: (El Autor)

Figura 17. Vía Santa Rosa- Bellavista- La Avanzada



Fuente: (Google Earth)

1.4.2.2. Características del área de estudio

Características de la vía El Cambio- La Peaña

Dentro de las actividades que fomentan el estado económico en los cantones Pasaje – Machala es el cultivo de banano y cacao, el mismo que genera alto índice de desarrollo de la provincia, la vía sirve de conexión entre los dos cantones antes mencionados la misma que se encuentra con deterioro a nivel de carpeta asfáltica donde genera productos en mal estado.

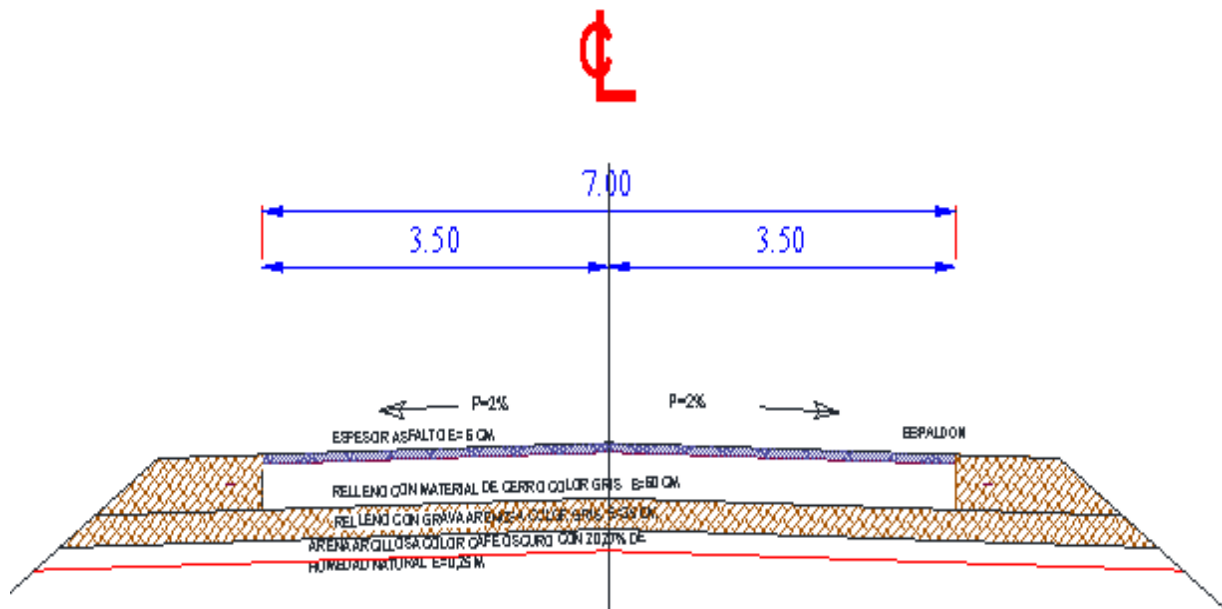
El cantón Pasaje se ubica a 18 km al este de Machala el mismo que limita al norte con el cantón El Guabo, al sur con los cantones Santa Rosa, Atahualpa y Chilla, al este con el cantón Zaruma y parte de la Provincia del Azuay y al oeste con el cantón Machala; la extensión cantonal es de 451 km², que representan el 7.28% de la superficie total de la provincia. La población es de 81.897 habitantes que equivale al 12,63% de la población provincial.

La parroquia La Peaña pertenece al cantón Pasaje, está ubicado en el km 5 de la vía Pasaje – Machala, tiene un clima cálido típico de cualquier lugar de la costa, posee una altura de 14 msnm. Se encuentra a 3km del cantón pasaje.

El Cantón Machala cuenta con una extensión aproximada de 37.275,23 has que equivale al 6.49% de la superficie total de la Provincia.

La capital cantonal, la ciudad de Machala, es el centro de negocios, administrativo y financiero además de la capital provincial lo que le transforma en el polo económico del sur del país. El Cantón es netamente urbano con el 94% de la población (231.260 habitantes) asentado en la ciudad de Machala y con únicamente el 6% de sus habitantes (14.712 personas) localizados en el área rural. El grupo de edad comprendido entre los 15 y 64 años, es el mayoritario, alcanzando a los 160.321 habitantes o el 65% de la población económicamente activa.

Figura 18. Características geométricas de la vía El Cambio- La Peaña



Fuente: (El Autor)

Características de la vía Santa Rosa- Puerto Jeli, Santa Rosa- Bellavista- La Avanzada

Dentro de las actividades que fomentan el estado económico del cantón Santa Rosa, están la producción agrícola, ganadera y camaronera; además explota recursos auríferos, la pesca artesanal y la pequeña industria vinícola. Es pionera en el país y el mundo en la producción de camarón en cautiverio, generando así un alto índice de desarrollo para la provincia y el país.

El cantón Santa Rosa se ubica a 33 km al este de Machala el mismo que limita al norte con el océano Pacífico, los cantones Machala y Pasaje, al sur con los cantones Huaquillas, Arenillas y Piñas, al este con los cantones Pasaje y Atahualpa y al oeste con el Océano Pacífico, Cantón Arenillas. El cantón Santa Rosa tiene una superficie de 944.41 Km² (94.441 Ha) que representa el 16.27% de la superficie total de la provincia de El Oro (5804.61 Km²). Pertenecen al área Urbana 18.18 Km² e incluye la cabecera cantonal de Santa Rosa, Nuevo Santa Rosa, Puerto Jeli, Jumón y Jambelí; al área Rural pertenecen 926.23 Km², conformada por sus 8 parroquias que son: Santa Rosa, Bellavista, La Avanzada, La Victoria, San Antonio, Torata, Bellamaría y Jambelí. La cabecera cantonal (ciudad de Santa Rosa) tiene un área de 17.12 Km², e incluye la parroquia Urbana Nuevo Santa Rosa y la parroquia Urbana Puerto Jeli.

El clima varía entre tropical megatérmico seco en la mayor parte del cantón y el Tropical megatérmico semiseco en el archipiélago de Jambelí, la temperatura del cantón oscila entre 24 a 26 °C en promedio anual llegando hasta 30° C en invierno.

Los meses más secos varían según los pisos altitudinales, el mes de agosto es seco en la parte más alta del cantón y corresponde a la parroquia Torata y Bellamaría y el mes de octubre es seco en la parroquia Santa Rosa, San Antonio y La Victoria; y en el Archipiélago de Jambelí los meses de noviembre y diciembre.

Los meses lluviosos son de enero – abril, el resto del año es medianamente seco, como consecuencia del fenómeno “El niño” la ciudad se ve afectada por constantes inundaciones

El cantón Santa Rosa posee dos fuentes hidrográficas: la del río Caluguro que tiene como afluentes el río Chico y el río Byrón; y la del río Santa Rosa cuyos afluentes nacen de los cerros La Chilca, El Guayabo y Sabayán, ubicados en la Cordillera Dumarí, la cual forma parte de la Cordillera de Los Andes. Además, cuenta con el río Buenavista, que es el accidente geográfico que limita con el cantón Machala y Pasaje, tiene como afluentes el río Caluguro, río Negro, río San Agustín y río Dumarí. La unión de los ríos Santa Rosa y Buenavista da origen al río Pital.

El río Pital, a la altura de la cabecera cantonal, sirve de límite con el cantón Machala y desemboca en el Estero Jelí, y este a su vez en el Archipiélago de Jambelí. Hacia el Oeste, y como límite con el cantón de Arenillas, se ubica al río Arenillas, cuyas aguas son aprovechadas por los moradores del sector para el riego de cultivos, es además el afluente principal del Humedal La Tembladera. El cantón Santa Rosa presenta tres zonas bien definidas: la cuenca alta, la cuenca baja y la región insular.

La cuenca alta (montañas), cuyo accidente geográfico más notable es el río Santa Rosa, presenta una topografía con pendientes fuertes que van del 50% al 90% de inclinación, el tipo de cobertura vegetal existente amortigua el fenómeno erosivo, a pesar de las fuertes pendientes.

La cuenca baja (costa) se caracteriza por tener una topografía con ligeras ondulaciones dirigidas hacia las sábanas y los diversos esteros y ríos que forman la parte hidrográfica de esta cuenca, por esta razón, esta es la zona de mayor producción agropecuaria del cantón, y por ende la que sufre las consecuencias del fenómeno El Niño.

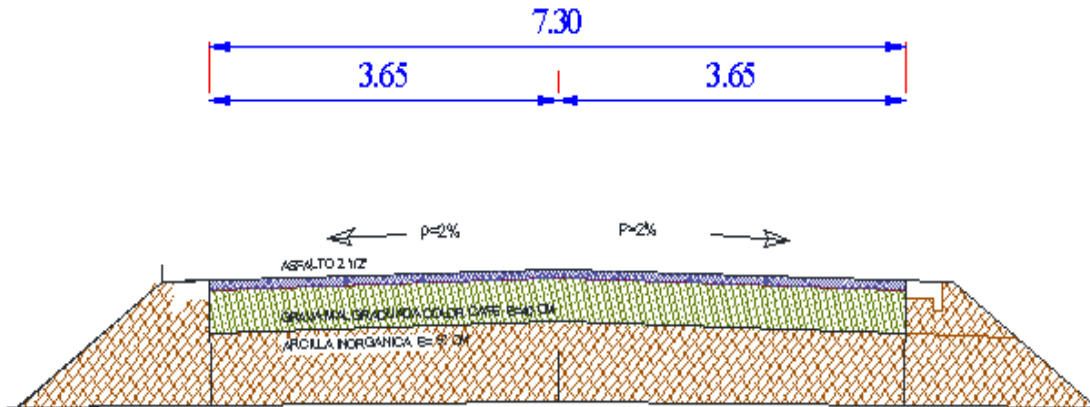
La región insular (islas), identificada por todas las islas que forman el Archipiélago de Jambelí, presenta una topografía relativamente plana, interrumpida por las piscinas camaroneras, las cuales se hallan en gran número en estas islas. Debido a su cercanía al mar, algunas de estas islas se inundan sobre todo en aguajes fuertes y/o en presencia del fenómeno El Niño.

Existen cuatro pisos altitudinales que van desde los 0 msnm en el archipiélago de Jambelí hasta los 1250 msnm en la parte alta de la parroquia Torata, caracterizándose por tener barreras de escalonamiento en áreas pertenecientes a la parroquia Torata y La Avanzada, así como llanuras aluviales de precipitación en los cauces de los ríos y esteros del cantón, cuenta con planicies costeras en la parroquia Santa Rosa en especial el área urbana y áreas de manglar en el Archipiélago de Jambelí y Puerto Jelí. (Geografía - SANTA ROSA)

El sistema vial secundario está asfaltado y lastrado y une las parroquias del cantón, a excepción de la parroquia La Victoria cuya comunicación con el cantón la realiza a través de las vías de los cantones Pasaje y Machala.

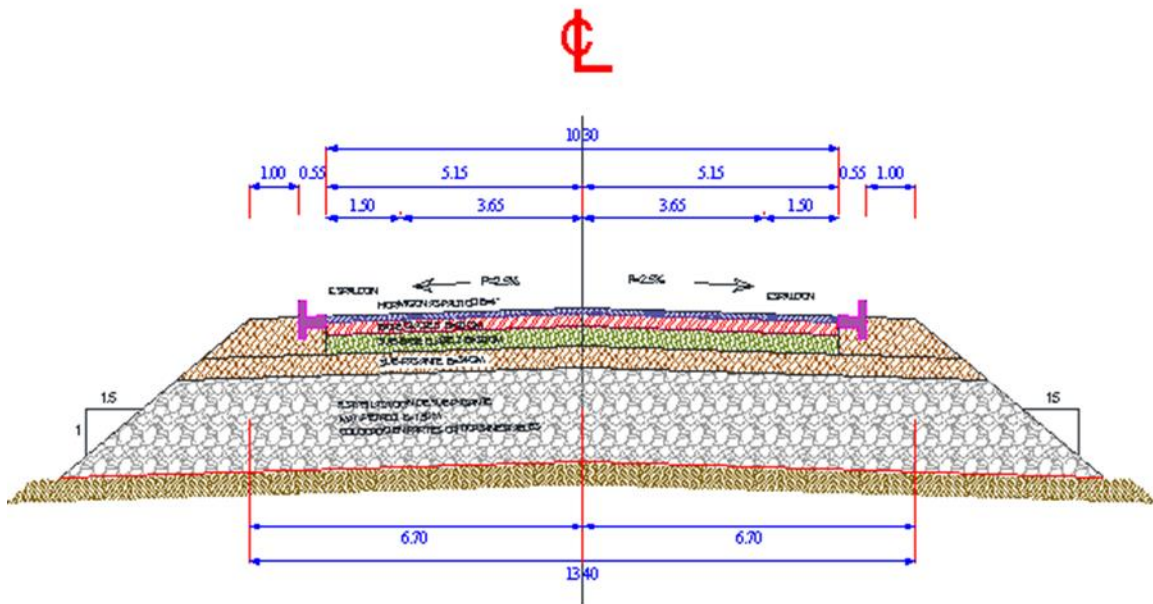
Además, cuenta con un sistema vial de verano en malas condiciones, que comunica en verano con los diferentes sitios o comunidades que conforman las parroquias del cantón.

Figura 19. Características geométricas de la vía Santa Rosa- Puerto Jeli



Fuente: (El Autor)

Figura 20. Características geométricas de la vía Santa Rosa- Bellavista- La Avanzada.



Fuente: (El Autor)

Capítulo II: Metodología

2.1. Métodos

Según (Baena 2017), “el método es un camino para investigar, conocer, descubrir”. Es un proceso ordenado y sistemático, que nos permite obtener como resultado final la elaboración, de una metodología para la gestión de mantenimiento de pavimentos flexibles, en vías rurales.

Los métodos de investigación empleados fueron: Teóricos (análisis y síntesis documental) y Empíricos (de campo), los cuales se detallan a continuación:

Documental. - Se consultó material bibliográfico de revistas indexadas, libros universalmente reconocidos, documentos, memorias o actas de congresos internacionales, tesis de maestría o doctorado, leyes, normas y reglamentos, referentes a la gestión de mantenimiento vial, deterioros de los pavimentos, costos de mantenimiento vial.

De campo. - Se realizó levantamiento de información en el sitio, elaborando el inventario vial, evaluación de la capa de rodadura y estudios de tráfico.

2.2. Tipo de estudio

El tipo de investigación es:

Exploratorio. - Porque se realizó levantamiento de información empleando un inventario vial, registrándose la condición superficial de la vía, además de conteos vehiculares para establecer el volumen y composición vehicular, se evaluó el índice de condición de pavimento PCI, y Índice Internacional de Rugosidad IRI.

Descriptivo. - Por cuanto definimos nuestra metodología para mediante la identificación de fallas y condición superficial de los pavimentos flexibles, para la toma de decisiones en la gestión de mantenimiento de vías rurales de la provincia de El Oro.

Explicativo. - Por qué se propone la aplicación de una metodología para la gestión de mantenimiento de pavimentos flexibles, en vías rurales.

2.3. Paradigma

La presente investigación obedece a un paradigma positivista, debido a que utiliza, abarca o sigue métodos de investigación de las ciencias físicas y naturales aplicando a un objetivo claro de la aplicación de una metodología para la gestión de mantenimiento de pavimentos flexibles en vías rurales, por lo tanto, se considera la posibilidad de estudiar científicamente, los hechos de fenómenos, datos, lo observable y lo verificable.

2.4. Enfoque

El enfoque es cuantitativo, debido a que la presente investigación se basa en la recolección de datos y análisis, para responder a preguntas y probar la hipótesis, y se lleva a cabo mediante la medición numérica, el conteo y uso estadístico, para establecer con exactitud patrones de comportamiento de los pavimentos flexibles en las vías rurales.

2.5. Universo y Muestra

El universo de la presente investigación realizada va dirigida a las vías rurales de la provincia de El Oro, las cuales tienen similares características.

La muestra que se tomó, fue en tres tramos viales, los cuales son: la vía el Cambio- La Peaña ubicada en los cantones Machala y Pasaje con una longitud de 5.744 Km, la vía Santa Rosa- Puerto Jeli, con una longitud de 3.425Km, y la vía Santa Rosa- Bellavista- La Avanzada con una longitud de 5.853 km, estas dos últimas ubicadas en el cantón Santa Rosa.

2.6. Materiales empleados

Las modalidades de investigación son: de campo, realizando un levantamiento de información en sitio, elaborando el inventario vial, y análisis de tráfico, documental bibliográfico, se consultó material bibliográfico sobre metodologías de gestión para el mantenimiento vial, en vías rurales.

Se utilizaron en campo para trabajos de observación directa, insumos tales como cinta guías de observación, para el conteo de tráfico, para recolectar datos del PCI en las vías, se usó: cinta métrica, flexómetro, regla de aluminio, equipo de seguridad, cámara fotográfica, para registrar los

deterioros, así como también un vehículo y un smartphone para la medición del IRI, a través de una aplicación móvil llamada, IRI para Android.

2.7. Técnicas estadísticas

La técnica que utilizamos para la realización de este proyecto, fue documental, que a través del cual nos permita registrar las debidas observaciones de una forma eficaz de las debidas observaciones realizadas por otros, de observación directa en la identificación de fallas y condición de superficies de los pavimentos flexibles en las carreteras rurales, en la cual se identifican tipos de deterioro, severidad y cantidad, permitiendo con esto identificar las posibles causas del deterioro, mediante guías de observación, en las cuales se registrará la información necesaria, para obtener un base de datos, que nos permitirá obtener en los posterior resultados.

Capítulo III: Propuesta Metodológica

3.1. Datos informativos

3.1.1. Título

Metodología para gestión de mantenimiento de pavimentos flexibles, en vías rurales

3.2. Antecedentes de la propuesta

La propuesta de una metodología para la gestión del mantenimiento de pavimentos flexibles, en las vías rurales, se basa en el constante monitoreo del estado de la capa de rodadura, mediante la identificación de la condición superficial de los pavimentos flexibles, y así poderlos evaluar mediante métodos como el PCI e IRI, para definir un plan de mantenimiento adecuado para preservar el buen estado de la vía.

3.3. Justificación

Las redes viales rurales de la provincia de El Oro se encuentran bajo la administración del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de El Oro, los cuales conectan ciudades y corredores principales con las zonas rurales, para dar acceso a estas poblaciones a la salud y educación, y además conectan a las explotaciones agrícolas, mineras y forestales, con las rutas y mercados regionales, lo cual promueve el desarrollo rural.

3.4. Objetivos

3.4.1. Objetivo general

Elaborar una metodología para la gestión del mantenimiento de pavimentos flexibles en vías rurales

3.4.2. Objetivos específicos

Identificar la condición superficial de pavimentos flexibles mediante métodos PCI e IRI y análisis de tráfico de vías rurales.

Evaluar la condición superficial de pavimentos mediante métodos PCI e IRI, y métodos de predicción mediante sistema de gestión de pavimentos.

Definir un plan de mantenimiento y caracterizar mediante la utilización de sistemas de información geográfica.

3.5. Análisis de factibilidad

La gestión de mantenimiento en las vías rurales, beneficia a amplios sectores, productivos y turísticos: tales como el sector agrícola, ganadero, minero, la pesca artesanal, al sector camaronero cuyas piscinas se encuentran cerca de la vía, así como también beneficios hacia el comercio, por lo cual es importante una metodología para la gestión, permita monitorear y elaborar un plan de mantenimiento, que permita preservar la inversión realizada.

3.6. Fundamentación

Las actividades de los pobladores, y las actividades productivas y turísticas de la provincia de El Oro, se han visto perjudicadas, por no tener algunas de sus vías rurales en buen estado para su desarrollo. Mediante la elaboración de un plan de mantenimiento, se podrá conservar las mismas y preservar los recursos invertidos. La metodología del mantenimiento, permitirá conservar la inversión, además de permitir que los beneficiarios de las vías, continúen desarrollando sus actividades económicas y sociales sin verse afectados sus intereses, y así mejorar su estilo de vida, y puedan acceder a los servicios básicos sociales, con rapidez de desplazamiento.

3.7. Metodología propuesta

Esta metodología se basa en la gestión del mantenimiento de pavimentos flexibles en vías rurales, aplicando esta propuesta, nos ayudo a recolectar, organizar, verificar y procesar, la información de una manera adecuada, para facilitar el trabajo de la gestión de pavimentos. Para comprobar la aplicabilidad de la metodología propuesta, tomamos como muestra, tres tramos viales de la provincia de El Oro, realizando la recolección de datos, como el tráfico, los valores del PCI e IRI, mediante la inspección visual en el sitio, para obtener una base de datos, que nos permitió evaluar la condición superficial de pavimentos mediante métodos PCI e IRI, y métodos de predicción mediante sistema de gestión de pavimentos, y así definimos un plan de mantenimiento y lo caracterizamos mediante la utilización de sistemas de información geográfica, para de esta manera

obtener una gestión en el mantenimiento de las vías rurales. Esta metodología nos facilitó la intervención en los tramos viales, siendo favorable realizar los mantenimientos programados, para prolongando la vida útil de las vías y optimizando recursos.

Para lo cual detallamos a continuación mediante un cuadro de requisitos, soluciones y actuaciones para las instituciones sugeridos:

Tabla 10. Cuadro de requisitos, soluciones y actuaciones

N o	REQUISITOS	SOLUCIONES PROPUESTAS	ACTUACIONES
1	Bases de datos actualizadas	Alimentación continua a través de inventarios viales	Inventario vial
2	Condición actual de las vías rurales	Inspecciones periódicas programadas, y análisis de resultados	Metodología: TPA, PCI, IRI
3	Análisis de necesidades y prioridades	Modelos de deterioros	Sistema de gestión de pavimentos
4	Impacto de decisiones de pavimentos	Análisis económicos (costos)	Presupuesto
5	Planes de monitoreo y seguimiento	Ordenar actividades para el mantenimiento de los pavimentos, control y seguimiento	Sistemas de información geográfica
6	Retroalimentación	Actualización del sistema	

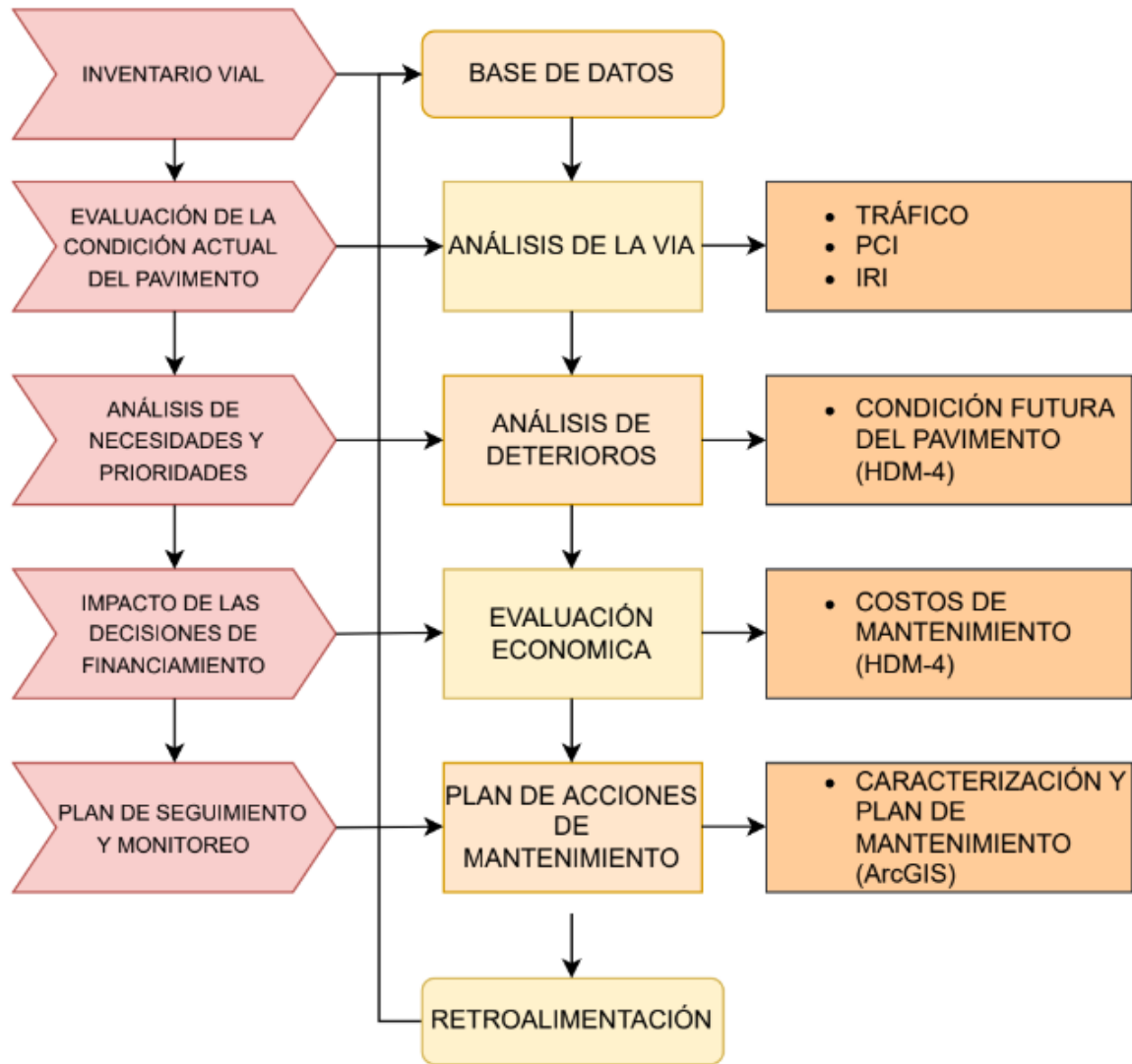
Fuente: (El Autor)

Nota: Cuadro de requisitos, soluciones propuestas para la gestión de vías rurales y actuaciones

Además, planteamos la estructuración para la gestión de pavimentos en las vías rurales, detallado en el siguiente organigrama.

METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS EN VÍAS RURALES PROPUESTO

Figura 21. Metodología para la gestión de pavimentos flexibles rurales



Fuente: (El Autor)

El objetivo del modelo es facilitar los trabajos de gestión de pavimentos flexibles para vías rurales, mediante la recolección, organización, verificación y procesamiento, para lo cual realizamos una

base de datos, a través de un inventario, con las características históricas y físicas de la vía, para luego realizar un análisis, con los datos obtenidos, como es el tráfico, los valores del PCI e IRI, los cuales se realizaron mediante la inspección visual en el sitio, y así obtener valores de TPDA, PCI e IRI, que nos permitan ingresarlo en el programa HDM-4, para obtener como resultado informes de la condición futura del pavimentos, así como informes de costos económicos, en lo que respecta a la evaluación económica, para finalmente concluir con el plan de acciones y mantenimiento, a través del sistema de información geográfica ArcGIS, con el cual caracterizamos nuestro plan de mantenimiento, para realizar un seguimiento y monitoreo de las vías rurales, es importante la retroalimentación de la información de la base de datos constantemente, debido a los deterioros que sufren los pavimentos debido a los múltiples factores a los que se encuentran expuestos.

Capítulo IV: Análisis y discusión de los resultados

4.1. Análisis de resultados

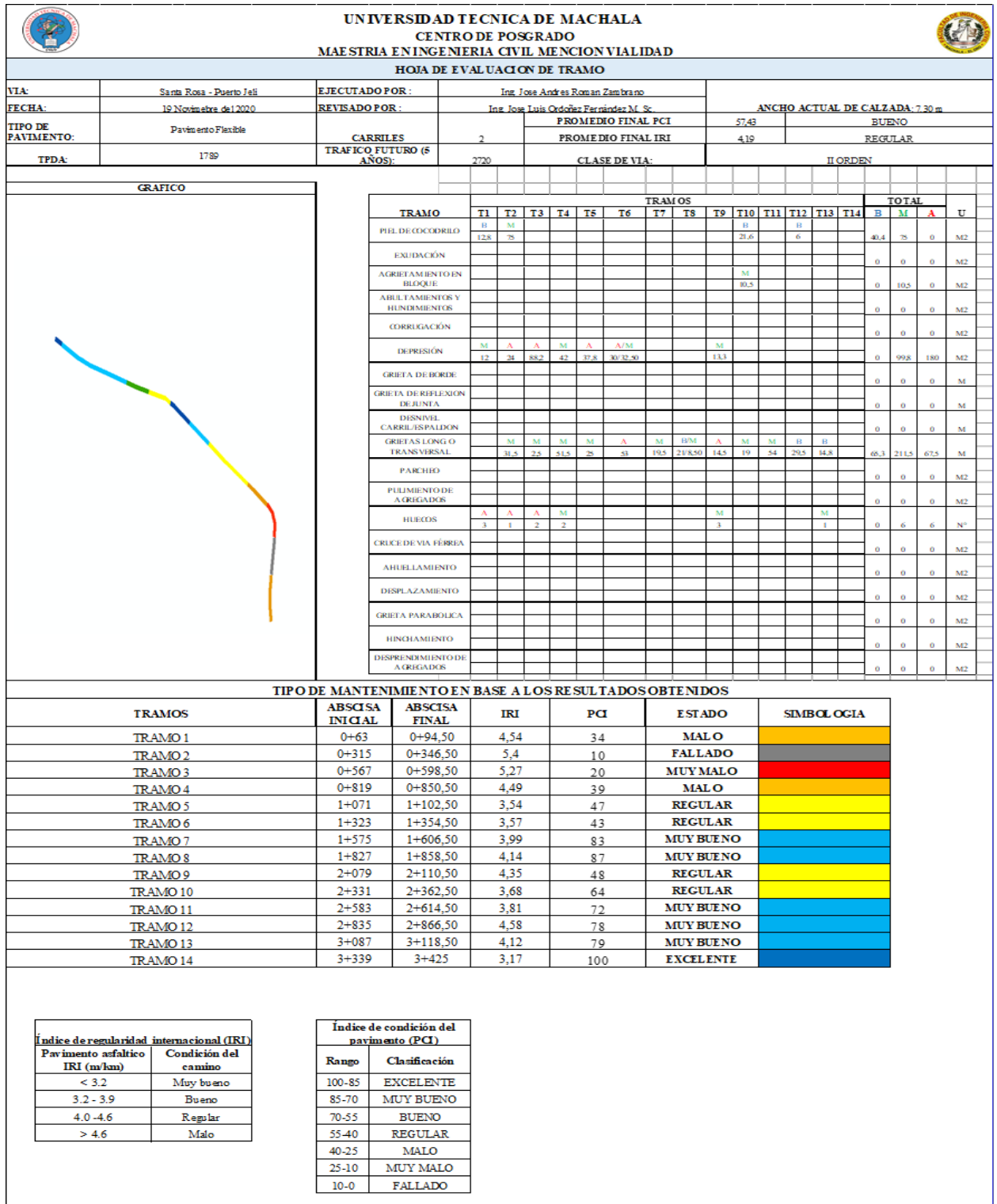
Al aplicar la metodología para la gestión del mantenimiento en vías rurales, en los tramos El Cambio - La Peaña, Santa Rosa - Puerto Jeli, Santa Rosa – La Avanzada, los resultados nos ha permitido corroborar que es aplicable en vías rurales. Además, se detallan los procedimientos llevados a cabo, para realizar la investigación, los medios empleados para determinar la información de campo, para luego analizarla y procesarla, y así obtener los parámetros para plantear propuestas para la gestión del mantenimiento en vías rurales.

4.1.1. Identificación, Evaluación de Fallas y Análisis de Tráfico

Para aplicar la metodología para la gestión del mantenimiento en vías rurales, en los tramos El Cambio - La Peaña, Santa Rosa - Puerto Jeli, Santa Rosa – La Avanzada, realizamos la recolección de información para la base de datos, a través de la inspección visual en el sitio, para posteriormente evaluar los tipos de fallas, además de diferentes datos, como el tráfico y características de la vía.

En las vías del presente informe, se identificó varios tipos de fallas los cuales los registramos en las siguientes figuras:

Figura 22. Hoja de evaluación de tramos vía Santa Rosa Puerto Jeli



Fuente: (El Autor)

Figura 23. Hoja de evaluación de tramos vía Santa Rosa La Avanzada

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA									
CENTRO DE POSGRADO									
MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL MENCION VIALIDAD									
HOJA DE EVALUACION DE TRAMO									
VIA:	Santa Rosa - La Avanzada			EJECUTADO POR :	Ing. Jose Andres Roman Zambrano			ANCHO ACTUAL DE CALZADA: 7.30 m	
FECHA:	19 Noviembre del 2020			REVISADO POR :	Ing. Jose Luis Ordoñez Fernández M. Sc.			PROMEDIO FINAL PCI	
TIPO DE PAVIMENTO:	Pavimento Flexible			CARRILES	2			68.8	BUENO
TPDA:	3522			TRÁFICO FUTURO (5 AÑOS):	5371			2.76	MUY BUENO
				CLASE DE VIA:	I ORDEN				

TRAMO	TRAMOS															TOTAL			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	B	M	A	U
PHL DE COCOCRILO		B	M		B	M	M		B/M				M	A		32.52	106	1634	M2
EXUDACIÓN																0	0	0	M2
AGRIETAMIENTO EN BLOQUE									M	M		M	M			0	128.5	0	M2
ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS		M			A	M	M		49	85.8		32.82	5			0	58.5	21.5	M2
COFRUGACIÓN																0	0	0	M2
DEPRESIÓN																0	0	0	M2
GRETA DE BORDE																0	0	0	M
GRETA DE REFLEXION DE LINTA																0	0	0	M
DESNIVEL CARRIL ESPALDON																0	0	0	M
GRETA SLONG O TRANSVERSAL	B	B		B	B	B	M		B	M	B		M	M		83.6	81.4	0	M
PARCHEO	M															0	448	0	M2
FULBMENTO DE ACREGADOS	448															0	0	0	M2
HUECOS																0	0	0	Nº
CRUCE DE VIA FERREA																0	0	0	M2
AHUELLAMIENTO																0	0	0	M2
DESPLAZAMIENTO																0	0	0	M2
GRETA PARABOLICA																0	0	0	M2
HENCHAMIENTO																0	0	0	M2
DESPRENDIMIENTO DE ACREGADOS																0	0	0	M2

TIPO DE MANTENIMIENTO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS								
TRAMOS	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	IRI	PCI	ESTADO	SIMBOLOGIA
TRAMO 1	0+44.66	0+66.99	0+44.66	0+66.99	3,07	87	EXCELENTE	
TRAMO 2	0+424,27	0+446,60	0+424,27	0+446,60	2,99	55	REGULAR	
TRAMO 3	0+803,88	0+826,21	0+803,88	0+826,21	2,78	73	MUY BUENO	
TRAMO 4	1+183,49	1+205,82	1+183,49	1+205,82	2,55	100	EXCELENTE	
TRAMO 5	1+563,10	1+585,43	1+563,10	1+585,43	2,61	25	MUY MALO	
TRAMO 6	1+942,71	1+965,04	1+942,71	1+965,04	2,58	24	MUY MALO	
TRAMO 7	2+322,32	2+344,65	2+322,32	2+344,65	2,69	67	BUENO	
TRAMO 8	2+701,93	2+724,26	2+701,93	2+724,26	2,64	87	EXCELENTE	
TRAMO 9	3+081,54	3+103,87	3+081,54	3+103,87	2,48	59	BUENO	
TRAMO 10	3+461,15	3+483,48	3+461,15	3+483,48	2,85	56	BUENO	
TRAMO 11	3+840,76	3+863,09	3+840,76	3+863,09	2,54	80	MUY BUENO	
TRAMO 12	4+220,37	4+242,70	4+220,37	4+242,70	2,58	100	EXCELENTE	
TRAMO 13	4+599,98	4+622,31	4+599,98	4+622,31	2,75	76	MUY BUENO	
TRAMO 14	4+979,59	5+001,92	4+979,59	5+001,92	3,10	43	REGULAR	
TRAMO 15	5+359,20	5+853,00	5+359,20	5+853,00	3,22	100	EXCELENTE	

Índice de regularidad internacional (IRI)	
Pavimento asfáltico IRI (m/km)	Condición del camino
< 3.2	Muy bueno
3.2 - 3.9	Bueno
4.0 - 4.6	Regular
> 4.6	Malo

Índice de condición del pavimento (PCI)	
Rango	Clasificación
100-85	EXCELENTE
85-70	MUY BUENO
70-55	BUENO
55-40	REGULAR
40-25	MALO
25-10	MUY MALO
10-0	FALLADO

Fuente: (El Autor)

Mediante esta tabla, se realiza una evaluación de los diferentes tramos, tomando como referencia el PCI, y los valores promedios de IRI, con lo cual le podemos dar una calificación del estado de la vía, de acuerdo normas internacionales establecidas de los dos métodos antes mencionados, y así poder evaluar las diferentes clasificaciones de la condición superficial del pavimento, y mediante su simbología, identificar el estado actual de cada tramo, además analizamos el TPDA, para evaluar tipo orden en que se encuentra la vía y así sugerir ampliaciones de anchos de calzada en caso sea necesario, y se recomienda una tipo y opción de mantenimiento a corto plazo según los valores obtenidos.

4.1.2. Análisis de deterioros

Luego, realizamos un análisis de predicción mediante sistema de gestión de pavimentos, el cual nos permite ver el deterioro de la vía, sin mantenimiento y con mantenimiento, con el pasar de los años, en el programa HDM-4, obtenido como resultado para cada tramo de las vías, con valores de IRI, menores a 3.2, lo que permite mantener el buen estado del pavimento, mediante un calendario de actuaciones anual, para lo cual adjuntamos los resultados obtenidos.

Figura 24. Deterioro anual del firme (HDM-4)

Alternativa:		Alternativa Base				Clase carretera: Terciaria o local										
Tramo:		TRAMO 1 EL CAMBIO				Ancho: 7.00m										
Tipo Firme:		Bituminoso														
Longitud:		0.43km														
												Valores Medios Anuales				
Año	TM IMD	ESAL millones/ ELANE	IRI ant. m/km	IRI medio m/km	Todas fis. %	Desp. estr. años %	Rotura borde m2	Prof. rodadura mm	No. de baches	No. de baches No. estruct.	Espesor año mm	Escalón. medio mm	Juntas desconch. %	No de fallos por km	Losas fisuradas %	Fisuras det. N/km
2021	1,281	0.04	4.61	4.54	12.10	9.55	0.46	5.15	4.22	4.47						
2022	1,336	0.04	4.77	4.69	19.87	20.89	1.46	5.31	4.45	4.40						
2023	1,395	0.04	4.95	4.86	30.72	39.33	2.55	5.48	4.71	4.29						
2024	1,456	0.04	5.18	5.05	45.26	54.64	3.74	5.66	31.65	4.12						
2025	1,519	0.05	5.47	5.32	61.76	38.06	5.03	5.87	79.21	3.91						
2026	1,586	0.05	5.81	5.64	74.49	25.21	6.44	6.10	147.82	3.72						
2027	1,655	0.05	6.21	6.01	83.80	15.76	7.98	6.35	229.37	3.64						
2028	1,728	0.05	6.71	6.46	90.32	9.08	9.66	6.61	326.99	3.58						
2029	1,804	0.06	7.33	7.02	94.64	4.56	11.49	6.89	446.40	3.54						
2030	1,883	0.06	8.11	7.72	97.29	1.69	13.49	7.18	581.81	3.51						

H.D.M.-4 Resumen del deterioro anual del firme (Combinado)

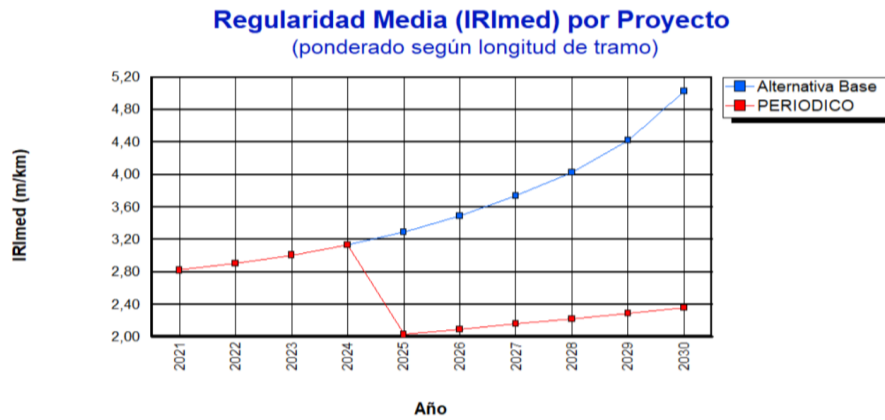
30/11/2021

Alternativa:		PERIODICO				Clase carretera: Terciaria o local										
Tramo:		TRAMO 1 EL CAMBIO				Ancho: 7.00m										
Tipo Firme:		Bituminoso														
Longitud:		0.43km														
												Valores Medios Anuales				
Año	TM IMD	ESAL millones/ ELANE	IRI ant. m/km	IRI medio m/km	Todas fis. %	Desp. estr. años %	Rotura borde m2	Prof. rodadura mm	No. de baches	No. de baches No. estruct.	Espesor año mm	Escalón. medio mm	Juntas desconch. %	No de fallos por km	Losas fisuradas %	Fisuras det. N/km
2021	1,281	0.04	4.61	4.54	6.05	4.78	0.23	2.58	2.11	4.47						
2022	1,336	0.04	2.05	2.03	0.00	0.00	0.50	0.16	0.00	4.26						
2023	1,395	0.04	2.11	2.08	0.00	0.00	1.05	0.32	0.00	4.26						
2024	1,456	0.04	2.17	2.14	0.00	0.00	1.64	0.49	0.00	4.26						
2025	1,519	0.05	2.22	2.19	0.00	0.00	2.29	0.65	0.00	4.26						
2026	1,586	0.05	2.28	2.25	0.00	0.00	2.99	0.82	0.00	4.26						
2027	1,655	0.05	2.34	2.31	0.00	0.00	3.76	0.98	0.00	4.26						
2028	1,728	0.05	2.41	2.37	0.00	0.00	4.59	1.15	0.00	4.26						
2029	1,804	0.06	2.48	2.44	0.85	0.00	5.50	1.32	0.00	4.26						
2030	1,883	0.06	2.55	2.51	2.25	0.00	6.50	1.49	0.00	4.26						

Fuente: (El Autor)

Figura 25. Gráfico de regularidad (HDM-4)

HDM - 4 Gráfico de Regularidad Media por Alternativa de Proyecto
Nombre del Estudio: VIA SANTA ROSA LA AVANZADA
Fecha de Ejecución: 30-01-2022

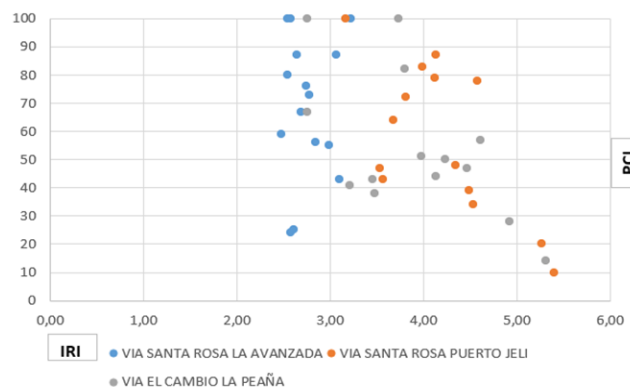


Fuente: (El Autor)

En el siguiente gráfico podemos observar, el estado actual del tramo de la vía, sin mantenimiento y con mantenimiento, siendo favorable el mantenimiento en los tiempos oportunos, para prolongar la vida útil del pavimento, con valores de IRI favorables.

Con la recolección y evaluación de datos de acuerdo los métodos PCI e IRI, nos permitió saber el estado actual en que se encuentran las vías, el cual lo representamos a través de gráficos de correlación entre el PCI e IRI.

Figura 26. Gráfico de correlación de PCI e IRI



Fuente: (El Autor)

Mediante la aplicación de un sistema de gestión de pavimentos (software HDM-4), se realizó la predicción del deterioro de los pavimentos a lo largo de los periodos establecidos, manteniendo los valores de IRI,

4.1.3. Costos de mantenimiento

A través del tipo de mantenimiento y de acuerdo a las opciones de tratamiento elegidas, para cada tramo, se realiza un informe económico, mediante la aplicación HDM-4, obteniendo como resultado, un calendario de actuaciones, con los costos para cada vía, los cuales los detallamos en a continuación.

Figura 27. Informe de actuaciones y costos (HDM-4)

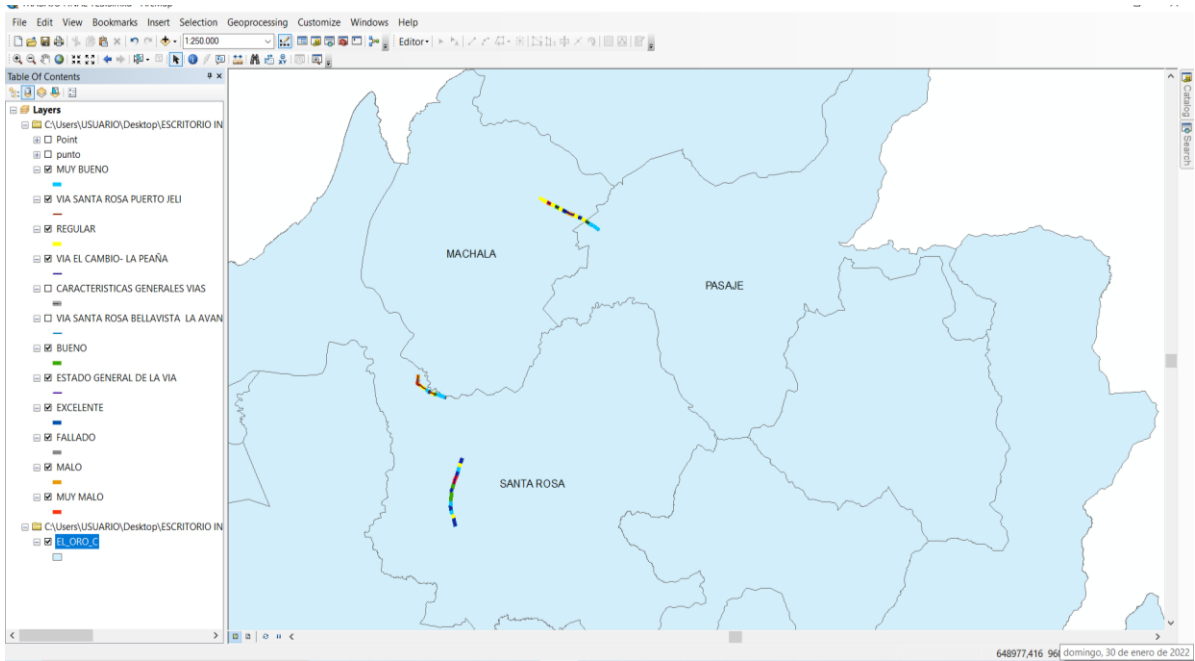
HDM - 4		Calendario de actuaciones (por año)				
ROADWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT		Nombre del estudio: VIA EL CAMBIO LA PEADA		Fecha ejecución: 10-11-2021		
Todos los costes se expresan en: US Dollar.						
PERIODICO						
Año	Tramo	Descripción de trabajos	Código	Coste Económico	Coste Financiero	Cantidad d' trabajo
2021	TRAMO 1	EL CAMBIK FRESADO Y RECAPEO	FYR	40.635.0	49.845.6	3.010,00 sq. m
	TRAMO 10	EL CAMBIK FRESADO Y RECAPEO	FYR	34.303.5	42.079.0	2.541,00 sq. m
	TRAMO 12	EL CAMBIK FRESADO Y RECAPEO	FYR	34.303.5	42.079.0	2.541,00 sq. m
	TRAMO 13	EL CAMBIK FRESADO Y RECAPEO	FYR	34.303.5	42.079.0	2.541,00 sq. m
	TRAMO 14	EL CAMBIK FRESADO Y RECAPEO	FYR	34.303.5	42.079.0	2.541,00 sq. m
	TRAMO 2	EL CAMBIK FRESADO Y RECAPEO	FYR	34.303.5	42.079.0	2.541,00 sq. m
	TRAMO 4	EL CAMBIK FRESADO Y RECAPEO	FYR	34.303.5	42.079.0	2.541,00 sq. m
	TRAMO 6	EL CAMBIK FRESADO Y RECAPEO	FYR	34.303.5	42.079.0	2.541,00 sq. m
	TRAMO 7	EL CAMBIK FRESADO Y RECAPEO	FYR	34.303.5	42.079.0	2.541,00 sq. m
	TRAMO 8	EL CAMBIK FRESADO Y RECAPEO	FYR	34.303.5	42.079.0	2.541,00 sq. m
	TRAMO 9	EL CAMBIK FRESADO Y RECAPEO	FYR	34.303.5	42.079.0	2.541,00 sq. m
Coste total anual:				383.670.0	470.635.2	
Costes totales para la Alternativa:				383.670.0	470.635.2	
RECONSTRUCCIÓN						
Año	Tramo	Descripción de trabajos	Código	Coste Económico	Coste Financiero	Cantidad d' trabajo
2021	TRAMO 3	EL CAMBIK RECONSTRUCCIÓN	REC	195.657.0	233.822.8	2.541,00 sq. m
Coste total anual:				195.657.0	233.822.8	
Costes totales para la Alternativa:				195.657.0	233.822.8	
RUTINARIO						
Año	Tramo	Descripción de trabajos	Código	Coste Económico	Coste Financiero	Cantidad d' trabajo
2021	TRAMO 11	EL CAMBIK Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Sellado de fisuras	SF	0.0	0.0	0,00 sq. m
	TRAMO 15	EL CAMBIK Bacheo	B	0.6	0.7	0,06 sq. m
		Sellado de fisuras	SF	0.0	0.0	0,00 sq. m
	TRAMO 5	EL CAMBIK Bacheo	B	1.1	1.3	0,11 sq. m
		Sellado de fisuras	SF	0.0	0.0	0,00 sq. m
Coste total anual:				1.7	2.1	
2022	TRAMO 11	EL CAMBIK Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Sellado de fisuras	SF	0.0	0.0	0,00 sq. m
	TRAMO 15	EL CAMBIK Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Sellado de fisuras	SF	0.0	0.0	0,00 sq. m
	TRAMO 5	EL CAMBIK Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Sellado de fisuras	SF	0.0	0.0	0,00 sq. m

Fuente: (El Autor)

4.1.4. Plan de mantenimiento

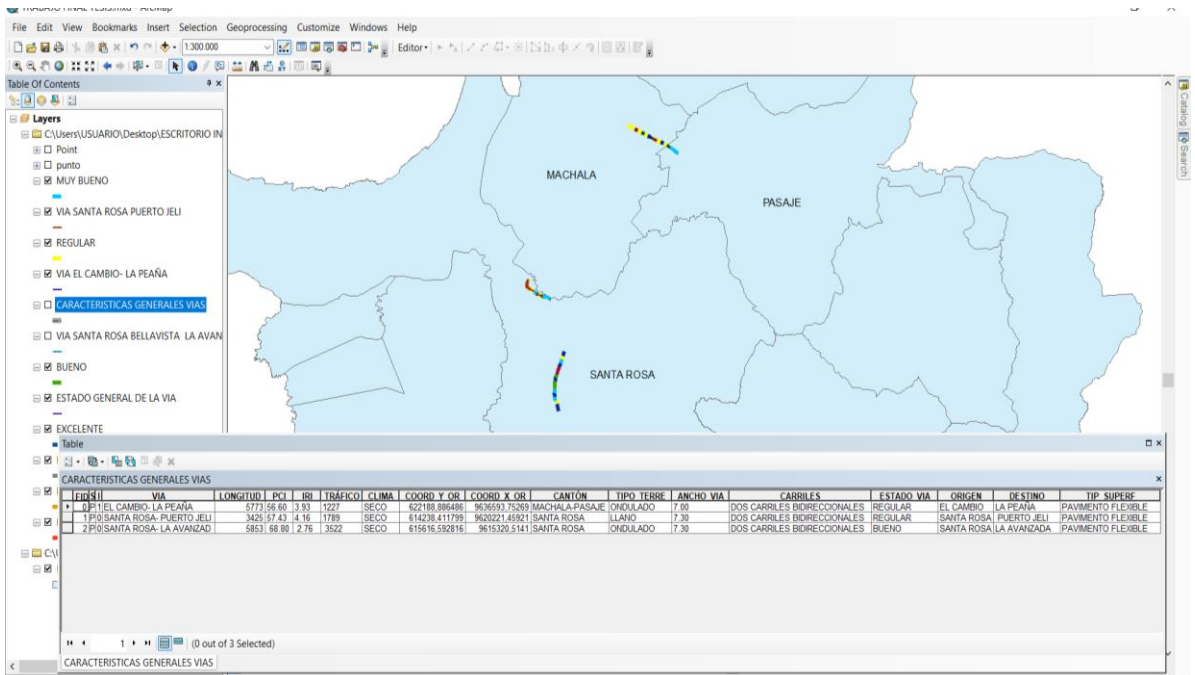
Además, para complementar la gestión para mantenimiento de pavimentos flexibles en vías rurales, definimos un plan de mantenimiento y lo caracterizamos mediante la utilización de sistemas de información geográfica, el cual lo detallamos en el siguiente gráfico y tablas:

Figura 28. Estado de las vías rurales por tramo software ArcGIS



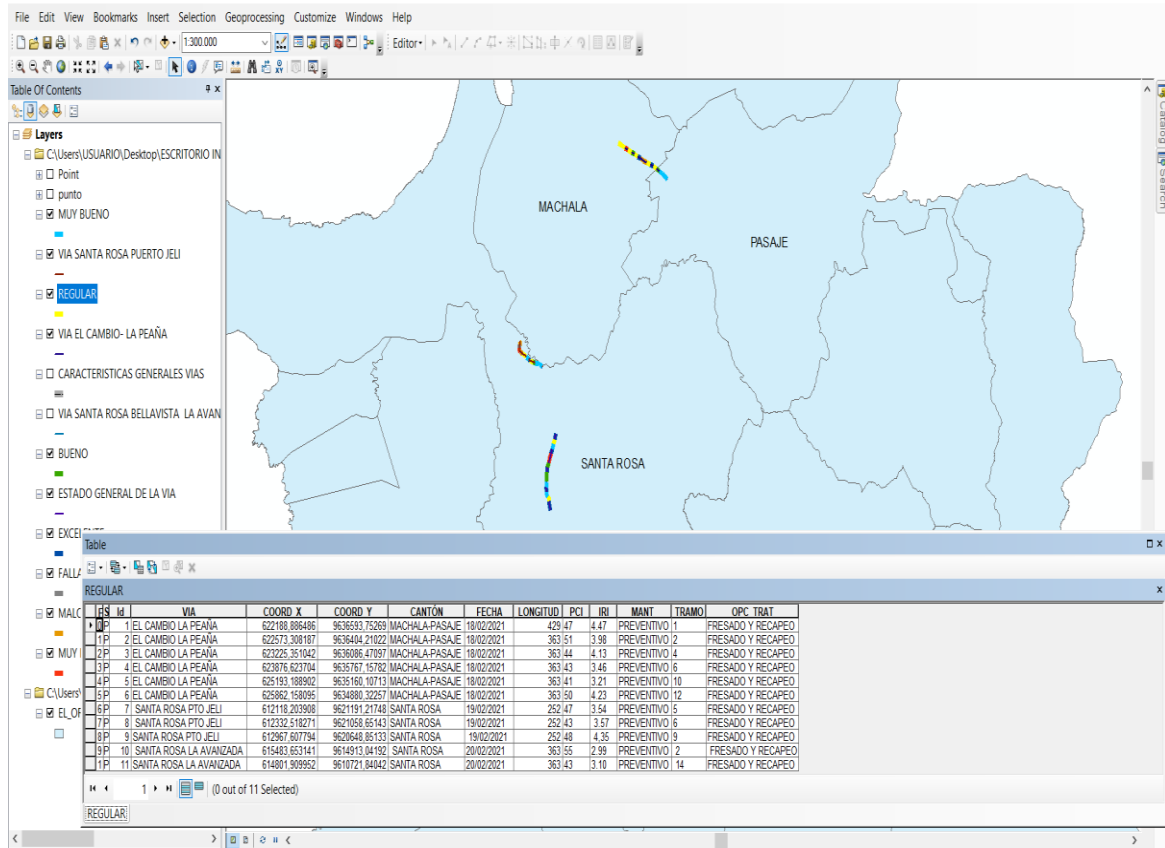
Fuente: (El Autor)

Figura 29. Características generales de las vías por tramo software ArcGIS



Fuente: (El Autor)

Figura 30. Estado de las vías e intervenciones a realizarse por tramo software ArcGIS



Fuente: (El Autor)

CONCLUSIONES

- Con la elaboración de una metodología para la gestión en el mantenimiento de las vías rurales, nos facilitó la selección de intervención en los tramos viales en los momentos oportunos, de forma rápida y económica, en el presente proyecto se logró gestionar tres vías diferentes, obteniendo como resultado, los deterioros anuales de los pavimentos, sin mantenimiento y con mantenimiento, durante el periodo de 10 años, siendo favorable realizar los mantenimientos programados, para prolongar la vida útil de las vías y optimizar recursos.
- Con identificación y evaluación de la condición superficial de los pavimentos flexibles en las vías rurales, mediante los métodos PCI e IRI, se logró conocer el estado actual en que se encuentran las vías, teniendo como resultado según la tabla, que las vías en promedio se encuentran en estado regular, por lo cual es necesario realizar una gestión, que nos permita realizar los mantenimientos adecuados, y así mejorar el estado de las vías.

Tabla 11. Cuadro de resumen de estados de las vías PCI e IRI

VIA	PCI (PROMEDIO)	ESTADO	IRI (PROMEDIO)	ESTADO
EL CAMBIO - LA PEAÑA	56,6	REGULAR	3,87	REGULAR
SANTA ROSA - PUERTO JELI	57,43	REGULAR	4,19	REGULAR
SANTA ROSA - BELLAVISTA - LA AVANZADA	68,8	REGULAR	2,76	BUENO

Fuente: (El Autor)

- Con la utilización de la metodología propuesta, logramos tener inversiones menores, comparando con reconstrucción total de la vía, y logramos mantener en promedio de IRI muy bueno, con valores menores a 3.2, ameritan inversiones para la vía El Cambio - La Peaña de \$704634.00 dólares americanos, mientras que para la vía Santa Rosa - Puerto Jeli de \$454299.07 dólares americanos, y la vía Santa Rosa - La Avanzada de \$577207.35 dólares americano, lo cual nos permite gestionar los mantenimientos de la vía, de una manera eficaz y a bajos costos, para lograr mantener nuestras vías en buen estado, y garantizar su vida útil, en la siguiente tabla se resume la inversión con mantenimiento y el costo estimativo de la reconstrucción total de la vía.

Tabla 12. Cuadro de inversiones viales

TABLA DE INVERSIONES						
VIA	DISTANCIA	RECONSTRUCCIÓN	PERIODICO	COSTO MANTENIMIENTO	COSTO DE RECONSTRUCCIÓN	BENEFICIO
EL CAMBIO LA PEÑA	5,744	195657	508977	704634,00	3503847,81	2799213,81
SANTA ROSA- PUERTO JELI	3,425	141649,2	312649,87	454299,07	3570337,96	3116038,89
SANTA ROSA- LA AVANZADA	5,853		577207,35	577207,35	2089254,66	1512047,31

Fuente: (El Autor)

- Con un plan de mantenimiento, caracterizado en tablas y gráficos referenciados mediante coordenadas, en los cuales se registró, el estado de las vías, tipo de mantenimiento, intervenciones a realizarse, a través del software ArcGIS, se logró complementar la gestión de mantenimiento de las vías rurales, mediante la identificación de fallas y condición superficial, que nos permitió la toma de decisiones, en las vías analizadas.

RECOMENDACIONES

- Aplicar la metodología propuesta de gestión de mantenimiento de pavimentos flexibles en vías rurales, es importante considerar una recolección, organización, verificación y procesamiento, de una manera adecuada, para facilitar el trabajo de la gestión de pavimentos.
- Es importante conocimiento de los conceptos básicos para la identificación de fallas de los pavimentos, además de la calibración de la aplicación IRI para smartphone, se debe considerar una velocidad promedio de 80 km/h, para de esta manera obtener buenos resultados para la base de datos.
- Es recomendable tener una buena base de datos, con la mayor cantidad de datos posibles, para alimentar la base de datos del programa HDM-4, y así lograr mejores resultados en el análisis de toma de decisiones.
- Es necesario la aplicación de una gestión en el mantenimiento de pavimentos flexibles de vías rurales, mediante la identificación de fallas y condición superficial, para tomar decisiones oportunas, que eviten daños mayores y la optimización de costos.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, A. 2018. “Mejora de La Gestión Del Mantenimiento de Pavimentos Urbanos En La Ciudad de Valencia a Través de La Predicción de Su Deterioro.” Edited by García Segura, T., Montalbán Domingo, L. Planificación y Gestión en Ingeniería Civil, UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA.
- Andrade, A. 2019. “Mejora de La Gestión Del Mantenimiento de Pavimentos Urbanos En La Ciudad de Valencia a Través de La Predicción de Su Deterioro.” <https://riunet.upv.es/handle/10251/115994>.
- ASTM-D6433. 2003. *ASTM International*. <https://www.astm.org/>.
- Baena Paz, Guillermina. 2017. *Metodología de La Investigación*. Edited by Grupo Editorial Patria. Grupo Editorial Patria.
- Bañón, Luis, y José Francisco Beviá. 2000a. “Manual de Carreteras. Volumen I: Elementos Y Proyecto.” *Caminos I*. http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1788/1/MC_Tomo_1.pdf.
- Bañón, Luis, y José Francisco Beviá. 2000b. “Manual de Carreteras. Volumen II: Construcción Y Mantenimiento.” *Caminos II*. http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1787/1/MC_Tomo_2.pdf.
- Barreto, Lisseth, Jonathan Banguera, y Javier Córdova. 2018. “Análisis Comparativo de Ejes Equivalentes Obtenidos Mediante Método Aashto 93 Y Los Proporcionados Por Pesaje En Balanza Fija de Vehículos.” *Revista Universidad Y Sociedad* 10 (1): 59–68.
- Bonilla, V. M., J. A. Quintana Rodriguez, F. J. Carrion Viramontes, L. A. Martinez Trujano, J. A. Hernandez Figueroa, H. M. Gasca Zamora, A. Hernandez Guzman, and M. A. Montes Zea. 2017. “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN PAVIMENTO DE CONCRETO ESTRUCTURALMENTE REFORZADO CONTINUO (PCERC),” no. 509. <https://trid.trb.org/view/1508242>.
- CAF. 2010. *Mantenimiento vial. Informe sectorial*. CAF.
- Castaño, F. Herrera, J. Gómez, j. Reyes, F. 2009. “Pavimentos Flexibles.” <https://revistas.ucr.ac.cr/Vial/Article/Downloadhttps://revistas.ucr.ac.cr/Vial/Article/Download>, no. Revistas UCR: 6.

- Consejo Nacional de Competencias. 2017. “CNC,” 2017, 1ra Edición.
- Coronado, J. 2000. “Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras,” 2000.
- Corros, M., Urbáez, E., Corredor G. 2009. “Manual de Evaluación de Pavimentos.” Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Tecnología de la Construcción, Programa de Capacitación Académica. <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-evaluacion1.pdf>.
- Díaz Cardenas, Juan Manuel. 2014. “Evaluación de la metodología PCI como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los pavimentos flexibles.” Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/12102>.
- Gao, Lu, Chi Xie, Zhanmin Zhang, and S. Travis Waller. 2012. “Network-Level Road Pavement Maintenance and Rehabilitation Scheduling for Optimal Performance Improvement and Budget Utilization.” *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 27 (4): 278–87.
- Geografía - SANTA ROSA. n.d. Accessed April 26, 2022. <https://sites.google.com/site/santarosaunico/geografia>.
- Leiva, Fabricio. 2004. “Metodología Para El Desarrollo de Modelos de Deterioro Para Caminos Vecinales de Lastre Y Suelo.” <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/1448>.
- Londoño, Cipriano, and J. A. Alvarez. 2016. “INVIAS,” 2016.
- López, Griselda, y Ana María Pérez. 2020. “Los Firmes En Carreteras: Características Generales Y Funciones.” [Handlehttps://riunet.upv.es](https://riunet.upv.es) › [Handlehttps://riunet.upv.es](https://riunet.upv.es/handle/10251/142221) › [Handlehttps://riunet.upv.es/handle/10251/142221](https://riunet.upv.es/handle/10251/142221).
- Macea, Luis Fernando, Luis Morales, y Luis Gabriel Márquez. 2016. “Un sistema de gestión de pavimentos basado en nuevas tecnologías para países en vía de desarrollo.” *Ingeniería, investigación y tecnología* 17 (2): 223–35.
- Menéndez, J. 2003. “Mantenimiento de Rutinario de Caminos Con Microempresas.” Edited by Oit/oficina Subregional de los Países Andinos, 2003, Primera edicion edition.
- Miquel, Mauricio Pradena. 2006. “Análisis de Regularidad Superficial En Caminos Pavimentados.” *Revista de La Construcción* 5 (2): 16–22.

Nevi-12-Mtop Volumen 2 A, Vial Norma Ecuatoriana. 2013. “NEVI-12-MTOP.” *LIBRO A N 2*.

Nevi-12-Mtop Volumen 3 A, Vial Norma Ecuatoriana. 2013. “NEVI-12-MTOP.” *LIBRO A N 3*.

Nieto, Luis. 2018. “Investigaciones En La Obra civilResearches into Civil Engineering.” 2018. <http://carreteras-laser-escaner.blogspot.com/2018/10/manual-iri-android-2.html>.

Normas de Diseño Geométrico-2003. n.d. Scribd. Accessed April 26, 2022. <https://www.scribd.com/doc/64165603/Normas-de-Diseno-Geometrico-2003>.

Núñez, Carolina, and Ignacio Pérez. 2005. “El Modelo HDM-4: Descripción Y Posibilidades de Aplicación Dentro de Un Sistema de Gestión de Carreteras.” <https://core.ac.uk/download/pdf/75988384.pdf>.

Patiño, M., Angus, P., Rodríguez, A., ed. 1998. “ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD EN LA RED CARRETERA DE MÉXICO.” In *INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES*, 57. Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

Provia. 2018. February 5, 2018. http://www.congope.gob.ec/?page_id=1552.

Ramos, Rubén Tino. 2007. “Vías, carreteras y otras calzadas: Breve historia de las mismas.” *Cimbra: Revista del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas*, no. 376: 16–25.

Sabogal, Fernando Sánchez. 2000. “GESTIÓN DE LA CONSERVACIÓN VIAL EN COLOMBIA.” edited., 19. 14 CONGRESO MUNDIAL DE LA CARRETERA DE LA IRF .

Silva, Andrés, Omar Leguizamón, and Lesly Valiente. 2018. “Gestión de pavimentos basado en Sistemas de Información geográfica (SIG): una revisión.” *Ingeniería Solidaria* 14 (26). <https://doi.org/10.16925/in.v14i26.2417>.

Susanna, Alberti, Maurizio Crispino, Filippo Giustozzi, and Emanuele Toraldo. 2017. “Deterioration Trends of Asphalt Pavement Friction and Roughness from Medium-Term Surveys on Major Italian Roads.” *International Journal of Pavement Research and Technology* 10 (5). <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2017.07.002>.

Varela, Luis Ricardo Vásquez. 2002. “PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS.” Universidad Nacional de Colombia, Ingepav, ingeniería de pavimentos.

<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>.

Vera, I., Guillermo Thenoux, H. D. Solminihac, and Tomás Echaveguren. 2010. "Modelo de Evaluación Técnica del Desempeño Del Mantenimiento de Pavimentos Flexibles." *Revista de La Construcción* 9 (2): 76–88.

ANEXOS

Anexo 1. Identificación y Evaluación de Fallas PCI

Vía El Cambio – La Peaña	Vía Santa Rosa – Puerto Jeli
	
Vía Santa Rosa – Puerto Jeli	Vía Santa Rosa – La Avanzada
	

Anexo 2. Recolección de Datos IRI

Datos para la calibración de aplicación IRI para Smartphone	Ajuste de Smartphone en el vehículo
	
Recorrido con vehículo, con aplicación IRI para Smartphone	Resultados obtenidos de la aplicación IRI, en el smartphone
	

Anexo 3. Recolección de Datos de Tráfico

<p>Conteo vehicular El Cambio – La Peaña</p> 	<p>Conteo vehicular vía Santa Rosa – Puerto Jeli</p> 
<p>Conteo vehicular vía Santa Rosa - Bellavista</p> 	<p>Conteo vehicular El Cambio – La Peaña</p> 

Anexo 4. Estudios de Tráfico

Vía El Cambio -La Peña

Nº	TIPO DE VEHÍCULO	TRAMO (0+000- INICIO)			TRAMO (2+100- ENTRADA A LA UNION COLOMBIANA)			TRAMO (5+700- ENTRADA A LA UNION COLOMBIANA)		
		SENTIDO EL CAMBIO- INTERSECCIÓN	SENTIDO INTERSECCIÓN E 26-EL CAMBIO	TOTAL	SENTIDO INTERSECCIÓN NE 26-UNION	SENTIDO UNION COLOMBIANA - INTERSECCIÓN	TOTAL	SENTIDO EL CAMBIO- INTERSECCIÓN	SENTIDO INTERSECCIÓN E 26-EL CAMBIO	TOTAL
1	VEHICULO LIVIANO (AUTOMOVIL)	309	287	596	181	72	253	261	244	505
2	VEHICULO LIVIANO (CAMIONETA)	195	158	353	106	59	165	139	111	250
3	2DA	37	32	69	2	3	5	27	22	49
4	2DB	75	65	140	55	50	105	66	54	120
5	3A	22	20	42	15	12	27	18	15	33
6	4C	11	16	27	4	5	9	7	6	13
TOTAL VEHICULOS		1227			564			970		

TPDA CLASIFICADO			
Nº	TIPO DE VEHÍCULO	Nº DE EJES	TPDA
1	LIVIANOS	2 ejes simples 4 Ruedas	596
2	CAMIONETA	2 ejes simples 4 Ruedas	353
3	2DA	2 ejes simples 4 Ruedas	69
4	2DB	2 ejes simples 6 Ruedas	140
5	3A	1 eje simple 1 eje tandem	42
6	4C	1 eje simple 1 eje tridem	27
TPDA (primer año de servicio)			1227
Total de vehiculos (autos +camiones)			1227
Numero de camiones			278
Porcentaje de camiones (%)			22,66

TPDA FUTURO					
Nº	TIPO DE VEHÍCULO	Nº DE EJES	CANTIDAD VEHICULOS	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL (i)	TRAFICO FUTURO 10 AÑOS TPDA(1+i)^n
1	LIVIANOS	2 ejes simples 4 Ruedas	949	4,08%	1416
3	2DA	2 ejes simples 4 Ruedas	69	5,36%	116
4	2DB	2 ejes simples 6 Ruedas	140	5,36%	236
5	3A	1 eje simple 1 eje tandem	42	5,36%	71
6	4C	1 eje simple 1 eje tridem	27	5,36%	46
TPDA (primer año de servicio)			1227	TPDA (Proyectado)	1884

Vía Santa Rosa - Puerto Jeli

N°	TIPO DE VEHÍCULO	TRAMO (0+000- INICIO)			TRAMO (3+500-PTO. JELI)		
		SANTA ROSA - PUERTO JELI	PUERTO JELI- SANTA ROSA	TOTAL	SANTA ROSA - PUERTO JELI	PUERTO JELI- SANTA ROSA	TOTAL
1	VEHICULO LIVIANO (AUTOMOVIL)	521	468	989	498	462	960
2	VEHICULO LIVIANO (CAMIONETA)	288	246	534	278	234	512
3	2DA	71	55	126	60	52	112
4	2DB	65	58	123	57	45	102
5	3A	9	6	15	6	3	9
6	3S2	0	2	2	2	0	2
TOTAL VEHICULOS		1789			1697		

TPDA CLASIFICADO			
N°	TIPO DE VEHÍCULO	N° DE EJES	TPDA
1	LIVIANOS	2 ejes simples 4 Ruedas	989
2	CAMIONETA	2 ejes simples 4 Ruedas	534
3	2DA	2 ejes simples 4 Ruedas	126
4	2DB	2 ejes simples 6 Ruedas	123
5	3A	1 eje simple 1 eje tandem	15
6	3S2	1 eje simple 2 tandem	2
TPDA (primer año de servicio)			1789
Total de vehiculos (autos +camiones)			1789
Numero de camiones			266
Porcentaje de camiones (%)			14,87

TPDA FUTURO					
Nº	TIPO DE VEHÍCULO	Nº DE EJES	CANTIDAD VEHICULOS	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL (i)	TRAFICO FUTURO 10 AÑOS TPDA(1+i)^n
1	LIVIANOS	2 ejes simples 4 Ruedas	1523	4,08%	2272
3	2DA	2 ejes simples 4 Ruedas	126	5,36%	212
4	2DB	2 ejes simples 6 Ruedas	123	5,36%	207
5	3A	1 eje simple 1 eje tandem	15	5,36%	25
6	3S2	1 eje simple 1 eje tridem	2	5,36%	3
TPDA (primer año de servicio)			1789	TDPA (Proyectado)	2720

Vía Santa Rosa - Bellavista

Nº	TIPO DE VEHÍCULO	TRAMO (0+000- INICIO)			TRAMO (5+700- LA AVANZADA)		
		SENTIDO BELLAVISTA- LA AVAZADA	SENTIDO LA AVANZADA- BELLAVISTA	TOTAL	SENTIDO LA AVANZADA- BELLAVISTA	SENTIDO BELLAVISTA- LA AVAZADA	TOTAL
1	VEHICULO LIVIANO (AUTOMOVIL)	981	1026	2007	436	534	970
2	VEHICULO LIVIANO (CAMIONETA)	463	448	911	282	335	617
3	2DA	105	98	203	51	67	118
4	2DB	187	194	381	82	70	152
5	3A	5	15	20	13	8	21
6	3S2	0	0	0	2	3	5
TOTAL VEHICULOS		3522			1883		

TPDA CLASIFICADO			
Nº	TIPO DE VEHÍCULO	Nº DE EJES	TPDA
1	LIVIANOS	2 ejes simples 4 Ruedas	2007
2	CAMIONETA	2 ejes simples 4 Ruedas	911
3	2DA	2 ejes simples 4 Ruedas	203
4	2DB	2 ejes simples 6 Ruedas	381
5	3A	1 eje simple 1 eje tandem	20
6	3S2	1 eje simple 1 eje tridem	0
TPDA (primer año de servicio)			3522
Total de vehiculos (autos +camiones)			3522
Numero de camiones			604
Porcentaje de camiones (%)			17,15

TPDA FUTURO					
Nº	TIPO DE VEHÍCULO	Nº DE EJES	CANTIDAD VEHICULOS	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL (i)	TRAFICO FUTURO 10 AÑOS TPDA(1+i)^n
1	LIVIANOS	2 ejes simples 4 Ruedas	2918	4,08%	4353
3	2DA	2 ejes simples 4 Ruedas	203	5,36%	342
4	2DB	2 ejes simples 6 Ruedas	381	5,36%	642
5	3A	1 eje simple 1 eje tandem	20	5,36%	34
TPDA (primer año de servicio)			3522	TDPA (Proyectado)	5371

Anexo 5. Índice Internacional de Rugosidad (IRI), promedio por tramos.

VÍA EL CAMBIO LA PEAÑA			
VALORES DE IRI PROMEDIO			
TRAMOS	ABSCISA INICIAL	ABSCISA A FINAL	IRI
TRAMO 1	0+000	0+428,61	4,47
TRAMO 2	0+428,61	0+791,28	3,98
TRAMO 3	0+791,28	1+153,95	5,31
TRAMO 4	1+153,95	1+516,62	4,13
TRAMO 5	1+516,62	1+879,29	2,76
TRAMO 6	1+879,29	2+241,96	3,46
TRAMO 7	2+241,96	2+604,63	3,74
TRAMO 8	2+604,63	2+967,30	4,92
TRAMO 9	2+967,30	3+329,97	3,48
TRAMO 10	3+329,97	3+692,64	3,21
TRAMO 11	3+692,64	4+055,31	2,76
TRAMO 12	4+055,31	4+417,98	4,23
TRAMO 13	4+417,98	4+780,65	4,61
TRAMO 14	4+780,65	5+143,32	3,8
TRAMO 15	5+143,32	5+744	3,2
	IRI PROMEDIO		3,87

VÍA SANTA ROSA PUERTO JELI			
VALORES DE IRI PROMEDIO			
TRAMOS	ABSCISA INICIAL	ABSCISA A FINAL	IRI
TRAMO 1	0+63	0+94,50	4,54
TRAMO 2	0+315	0+346,50	5,4
TRAMO 3	0+567	0+598,50	5,27
TRAMO 4	0+819	0+850,50	4,49
TRAMO 5	1+071	1+102,50	3,54
TRAMO 6	1+323	1+354,50	3,57
TRAMO 7	1+575	1+606,50	3,99
TRAMO 8	1+827	1+858,50	4,14
TRAMO 9	2+079	2+110,50	4,35
TRAMO 10	2+331	2+362,50	3,68
TRAMO 11	2+583	2+614,50	3,81
TRAMO 12	2+835	2+866,50	4,58
TRAMO 13	3+087	3+118,50	4,12
TRAMO 14	3+339	3+425	3,17
	IRI PROMEDIO		4,19

VÍA SANTA ROSA LA AVANZADA			
VALORES DE IRI PROMEDIO			
TRAMOS	ABSCISA INICIAL	ABSCISA A FINAL	IRI
TRAMO 1	0+44,66	0+66,99	3,07
TRAMO 2	0+424,27	0+446,60	2,99
TRAMO 3	0+803,88	0+826,21	2,78
TRAMO 4	1+183,49	1+205,82	2,55
TRAMO 5	1+563,10	1+585,43	2,61
TRAMO 6	1+942,71	1+965,04	2,58
TRAMO 7	2+322,32	2+344,65	2,69
TRAMO 8	2+701,93	2+724,26	2,64
TRAMO 9	3+081,54	3+103,87	2,48
TRAMO 10	3+461,15	3+483,48	2,85
TRAMO 11	3+840,76	3+863,09	2,54
TRAMO 12	4+220,37	4+242,70	2,58
TRAMO 13	4+599,98	4+622,31	2,75
TRAMO 14	4+979,59	5+001,92	3,10
TRAMO 15	5+359,20	5+853,00	3,22
IRI PROMEDIO			2,76

Anexo 6. Índice de Condición del Pavimento (PCI)

TRAMO: VÍA EL CAMBIO- LA PEAÑA

LONGITUD DEL

TRAMO: 5.744 km

TIPO DE PAVIMENTO: PAVIMENTO FLEXIBLE

CARRILES: 2

VÍA	TRAMO	PCI	KM	PORCENT AJE	ESTADO
EL CAMBIO - LA PEAÑA	1	47	429	7,46%	REGULAR
EL CAMBIO - LA PEAÑA	2	51	363	6,31%	REGULAR
EL CAMBIO - LA PEAÑA	3	14	363	6,31%	MUY MALO
EL CAMBIO - LA PEAÑA	4	44	363	6,31%	REGULAR
EL CAMBIO - LA PEAÑA	5	67	363	6,31%	BUENO
EL CAMBIO - LA PEAÑA	6	43	363	6,31%	REGULAR
EL CAMBIO - LA PEAÑA	7	100	363	6,31%	EXCELENTE
EL CAMBIO - LA PEAÑA	8	28	363	6,31%	MALO
EL CAMBIO - LA PEAÑA	9	38	363	6,31%	MALO
EL CAMBIO - LA PEAÑA	10	41	363	6,31%	REGULAR
EL CAMBIO - LA PEAÑA	11	100	363	6,31%	EXCELENTE
EL CAMBIO - LA PEAÑA	12	50	363	6,31%	REGULAR
EL CAMBIO - LA PEAÑA	13	57	363	6,31%	BUENO
EL CAMBIO - LA PEAÑA	14	82	363	6,31%	MUY BUENO

EL CAMBIO - LA PEAÑA	15	87	601	10,46%	MUY BUENO
			574		
			4	100,00%	

RESUMEN ESTADO DE LA VÍA		
ESTADO	KM	PORCENTAJ E
FALLADO	0	0,00%
MUY MALO	363	6,31%
MALO	725	12,63%
REGULAR	2242	39,03%
BUENO	725	12,63%
MUY BUENO	963	16,77%
EXCELENTE	725	12,63%

VIA	PCI	ESTADO
EL CAMBIO - LA PEAÑA	56,60	REGULAR

VIA SANTA ROSA -

TRAMO:

PUERTO JELI

3.42

5

LONGITUD DEL TRAMO:

km

ANCHO DE LA VÍA:

PAVIMENTO

TIPO DE PAVIMENTO:

FLEXIBLE

CARRILES:

2

VÍA	TR AM O	PCI	KM	PORCENT AJE	ESTADO
SANTA ROSA- PUERTO JELI	1	34	315	9,20%	MALO
SANTA ROSA- PUERTO JELI	2	10	252	7,36%	FALLADO
SANTA ROSA- PUERTO JELI	3	20	252	7,36%	MUY MALO
SANTA ROSA- PUERTO JELI	4	39	252	7,36%	MALO
SANTA ROSA- PUERTO JELI	5	47	252	7,36%	REGULAR
SANTA ROSA- PUERTO JELI	6	43	252	7,36%	REGULAR
SANTA ROSA- PUERTO JELI	7	83	252	7,36%	MUY BUENO
SANTA ROSA- PUERTO JELI	8	87	252	7,36%	EXCELENTE
SANTA ROSA- PUERTO JELI	9	48	252	7,36%	REGULAR
SANTA ROSA- PUERTO JELI	10	64	252	7,36%	BUENO
SANTA ROSA- PUERTO JELI	11	72	252	7,36%	MUY BUENO

SANTA ROSA- PUERTO JELI	12	78	252	7,36%	MUY BUENO
SANTA ROSA- PUERTO JELI	13	79	252	7,36%	MUY BUENO
SANTA ROSA- PUERTO JELI	14	100	86	2,51%	EXCELENTE
			342		
			5	100,00%	

RESUMEN ESTADO DE LA VIA		
ESTADO	KM	PORCENTAJ
		E
FALLADO	252	7,36%
MUY MALO	252	7,36%
MALO	567	16,55%
REGULAR	756	22,07%
BUENO	252	7,36%
MUY BUENO	100	
	8	29,43%
EXCELENTE	338	9,87%

VIA	PCI	ESTADO
SANTA ROSA- PUERTO JELI	57,4	
	3	REGULAR

VIA SANTA ROSA - LA

TRAMO: AVANZADA

LONGITUD DEL

TRAMO: 5.853 km

TIPO DE PAVIMENTO: PAVIMENTO FLEXIBLE

CARRILES: 2

VIA	TRAMO	PCI	KM	PORCENT AJE	ESTADO
BELLAVISTA- LA AVANZADA	1	87	67	1,14%	EXCELENTE
BELLAVISTA- LA AVANZADA	2	55	380	6,49%	REGULAR
BELLAVISTA- LA AVANZADA	3	73	380	6,49%	MUY BUENO
BELLAVISTA- LA AVANZADA	4	100	380	6,49%	EXCELENTE
BELLAVISTA- LA AVANZADA	5	25	380	6,49%	MUY MALO
BELLAVISTA- LA AVANZADA	6	24	380	6,49%	MUY MALO
BELLAVISTA- LA AVANZADA	7	67	380	6,49%	BUENO

BELLAVISTA- LA AVANZADA	8	87	380	6,49%	EXCELENTE
BELLAVISTA- LA AVANZADA	9	59	380	6,49%	BUENO
BELLAVISTA- LA AVANZADA	10	56	380	6,49%	BUENO
BELLAVISTA- LA AVANZADA	11	80	380	6,49%	MUY BUENO
BELLAVISTA- LA AVANZADA	12	100	380	6,49%	EXCELENTE
BELLAVISTA- LA AVANZADA	13	76	380	6,49%	MUY BUENO
BELLAVISTA- LA AVANZADA	14	43	380	6,49%	REGULAR
BELLAVISTA- LA AVANZADA	15	100	851	14,54%	EXCELENTE
			585		
			3	100,00%	

RESUMEN ESTADO DE LA VÍA		
ESTADO	KM	PORCENTAJ
		E
FALLADO	0	0,00%
MUY MALO	759	12,97%

MALO	0	0,00%
REGULAR	759	12,97%
BUENO	1139	19,46%
MUY BUENO	1139	19,46%
EXCELENTE	2057	35,14%

VIA	PCI	ESTADO
BELLAVISTA- LA AVANZADA	68,80	REGULAR

Anexo 7. Sistema de Gestión de Pavimentos (HDM-4), grafica de regularidad de deterioro anual del pavimento, con mantenimiento vs sin mantenimiento

Gráfico de Regularidad Media por Alternativa de Proyecto

Nombre del Estudio: VIA EL CAMBIO LA PEADA
Fecha de Ejecución: 30-01-2022

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

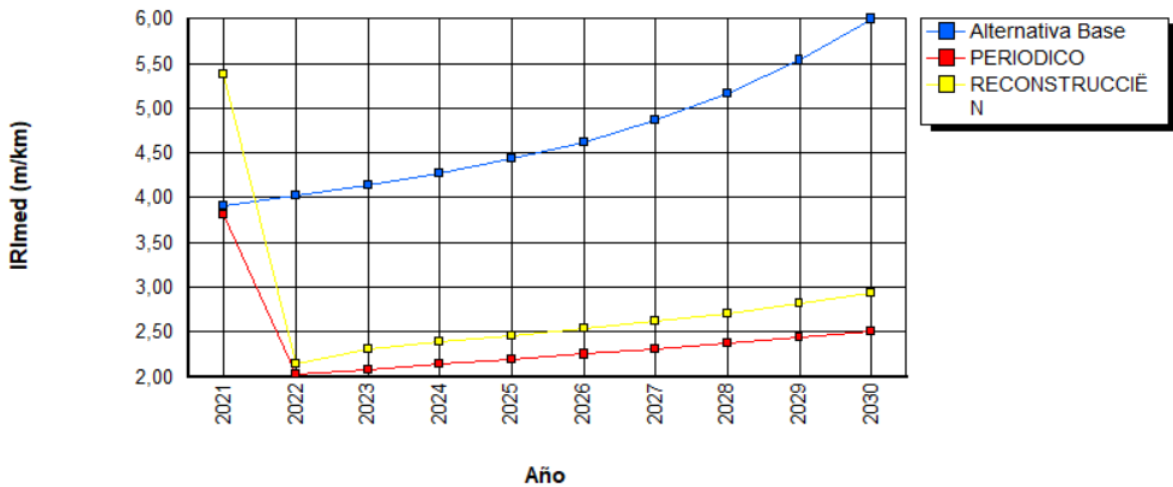
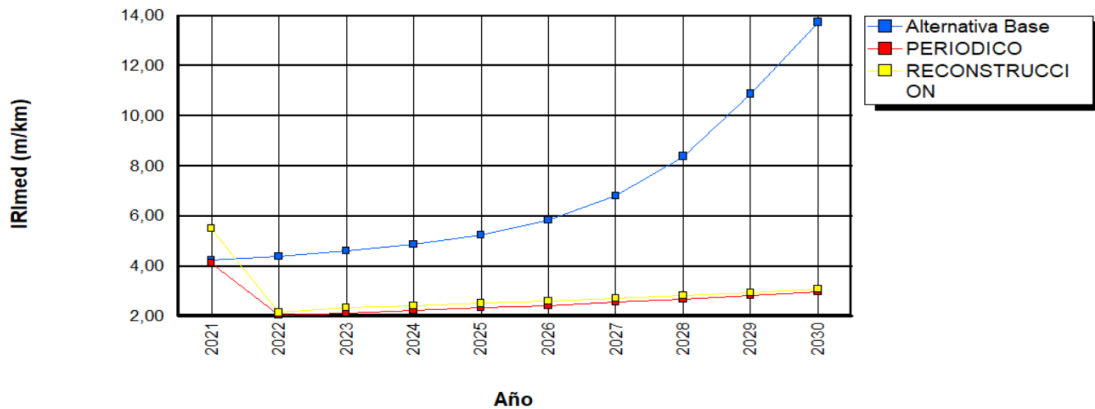


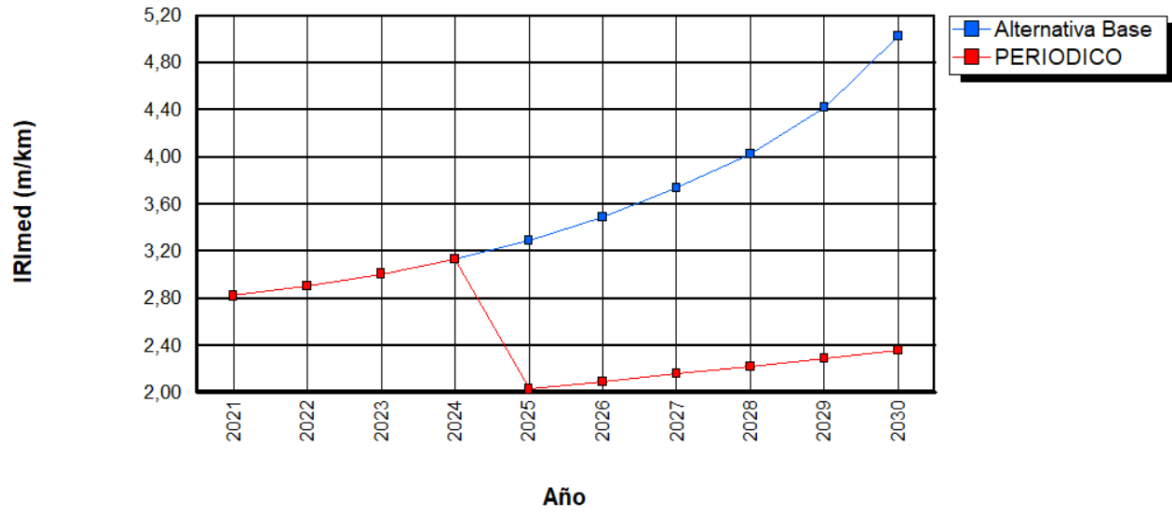
Gráfico de Regularidad Media por Alternativa de Proyecto

Nombre del Estudio: VIA SANTA ROSA PUERTO JELI
Fecha de Ejecución: 30-01-2022

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



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



Anexo 8. Sistema de Gestión de Pavimentos (HDM-4), resumen de deterioros anuales del pavimento

30/1/2022

HDM - 4
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Resumen del deterioro anual del firme (Combinado)

Nombre del estudio: VIA EL CAMBIO LA PEADA

Fecha de ejecución: 30-01-2022

Alternativa:	Alternativa Base	
Tramo:	TRAMO 1 EL CAMBIO	Clase carretera: Terciaria o local
Tipo Firme:	Bituminoso	
Longitud:	0,43km	Ancho: 7,00m

Año	TM IMD	ESAL millones/ ELANE	IRI ant. m/km	IRI medio m/km	Valores Medios Anuales											
					Todas fis. estr %	Desp. áridos %	Rotura borde m2	Prof. rodera mm	No. de baches	No estruct.	Espesor árido mm	Escalón. medio mm	Juntas desconch %	No de fallos por km	Losas fisuradas %	Fisuras det. N#/km
2021	1,281	0,04	4,61	4,54	12,10	9,55	0,46	5,15	4,22	4,47						
2022	1,336	0,04	4,77	4,69	19,87	20,89	1,46	5,31	4,45	4,40						
2023	1,395	0,04	4,95	4,86	30,72	39,33	2,55	5,48	4,71	4,29						
2024	1,456	0,04	5,18	5,06	45,26	54,64	3,74	5,66	31,65	4,12						
2025	1,519	0,05	5,47	5,32	61,76	38,06	5,03	5,87	79,21	3,91						
2026	1,586	0,05	5,81	5,64	74,49	25,21	6,44	6,10	147,82	3,72						
2027	1,655	0,05	6,21	6,01	83,80	15,76	7,98	6,35	229,37	3,64						
2028	1,728	0,05	6,71	6,46	90,32	9,08	9,66	6,61	328,99	3,58						
2029	1,804	0,06	7,33	7,02	94,64	4,56	11,49	6,89	446,40	3,54						
2030	1,883	0,06	8,11	7,72	97,29	1,69	13,49	7,18	581,81	3,51						

Alternativa:	PERIODICO											
Tramo:	TRAMO 1 EL CAMBIO					Clase carretera:						Terciaria o local
Tipo Firme:	Bituminoso											
Longitud:	0,43km					Ancho:						7,00m

Año	TM IMD	ESAL millones/ ELANE	IRI ant. m/km	IRI medio m/km	Valores Medios Anuales											
					Todas fis. estr %	Desp. áridos %	Rotura borde m2	Prof. rodera mm	No. de baches	No estruct.	Espesor árido mm	Escalón. medio mm	Juntas desconch %	No de fallos por km	Losas fisuradas %	Fisuras det. Ns/km
2021	1,281	0,04	4,61	4,54	6,05	4,78	0,23	2,58	2,11	4,47						
2022	1,336	0,04	2,05	2,03	0,00	0,00	0,50	0,16	0,00	4,26						
2023	1,395	0,04	2,11	2,08	0,00	0,00	1,05	0,32	0,00	4,26						
2024	1,456	0,04	2,17	2,14	0,00	0,00	1,64	0,49	0,00	4,26						
2025	1,519	0,05	2,22	2,19	0,00	0,00	2,29	0,65	0,00	4,26						
2026	1,586	0,05	2,28	2,25	0,00	0,00	2,99	0,82	0,00	4,26						
2027	1,655	0,05	2,34	2,31	0,00	0,00	3,76	0,98	0,00	4,26						
2028	1,728	0,05	2,41	2,37	0,00	0,00	4,59	1,15	0,00	4,26						
2029	1,804	0,06	2,48	2,44	0,85	0,00	5,50	1,32	0,00	4,26						
2030	1,883	0,06	2,55	2,51	2,25	0,00	6,50	1,49	0,00	4,26						

Nombre del estudio: VIA SANTA ROSA PUERTO JELI

Fecha de ejecución: 30-01-2022

Alternativa:	Alternativa Base											
Tramo:	TRAMO 1					Clase carretera:						Terciaria o local
Tipo Firme:	Bituminoso											
Longitud:	0,09km					Ancho:						7,30m

Año	TM IMD	ESAL millones/ ELANE	IRI ant. m/km	IRI medio m/km	Valores Medios Anuales											
					Todas fis. estr %	Desp. áridos %	Rotura borde m2	Prof. rodera mm	No. de baches	No estruct.	Espesor árido mm	Escalón. medio mm	Juntas desconch %	No de fallos por km	Losas fisuradas %	Fisuras det. Ns/km
2021	1,865	0,04	4,70	4,62	1,35	25,02	0,00	5,29	4,58	2,50						
2022	1,945	0,04	4,87	4,79	3,85	76,57	0,00	5,59	5,26	2,49						
2023	2,028	0,04	5,10	4,98	8,71	91,23	0,00	5,90	40,10	2,46						
2024	2,115	0,04	5,39	5,24	17,05	82,83	0,00	6,22	88,64	2,40						
2025	2,206	0,05	5,78	5,59	30,09	69,71	0,00	6,56	143,15	2,28						
2026	2,300	0,05	6,28	6,03	49,25	50,47	0,00	6,95	202,71	2,07						
2027	2,399	0,05	7,19	6,73	70,29	29,22	0,00	7,43	355,99	1,78						
2028	2,501	0,05	8,63	7,91	84,16	15,03	0,00	8,02	590,02	1,59						
2029	2,609	0,06	11,06	9,85	92,55	6,17	0,00	8,70	939,06	1,51						
2030	2,721	0,06	14,85	12,96	97,03	1,06	0,00	9,44	1.397,26	1,50						

Alternativa:	PERIODICO	Clase carretera:	Terciaria o local
Tramo:	TRAMO 1		
Tipo Firme:	Bituminoso		
Longitud:	0,09km	Ancho:	7,30m

Año	TM IMD	ESAL millones/ ELANE	IRI ant. m/km	IRI medio m/km	Valores Medios Anuales												
					Todas fis. estr %	Desp. áridos %	Rotura borde m2	Prof. rodera mm	No. de baches	No estruct.	Espesor árido mm	Escalón. medio mm	Juntas desconch %	No de fallos por km	Losas fisuradas %	Fisuras det. Ns/km	
2021	1,865	0,04	4,70	4,62	0,68	12,51	0,00	2,65	2,29	2,50							
2022	1,945	0,04	2,09	2,05	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	2,23							
2023	2,028	0,04	2,19	2,14	0,00	0,00	0,00	0,68	0,00	2,23							
2024	2,115	0,04	2,29	2,24	0,00	0,00	0,00	1,02	0,00	2,23							
2025	2,206	0,05	2,39	2,34	0,00	0,00	0,00	1,36	0,00	2,23							
2026	2,300	0,05	2,50	2,44	0,50	0,00	0,00	1,71	0,00	2,23							
2027	2,399	0,05	2,62	2,56	1,51	0,00	0,00	2,06	0,00	2,23							
2028	2,501	0,05	2,75	2,68	3,52	0,00	0,00	2,41	0,00	2,22							
2029	2,609	0,06	2,89	2,82	6,97	0,00	0,00	2,77	0,00	2,20							
2030	2,721	0,06	3,06	2,98	12,36	0,00	0,00	3,14	0,00	2,16							

Nombre del estudio: VIA SANTA ROSA LA AVANZADA

Fecha de ejecución: 30-01-2022

Alternativa:	Alternativa Base	Clase carretera:	Terciaria o local
Tramo:	TRAMO 1		
Tipo Firme:	Bituminoso		
Longitud:	0,07km	Ancho:	7,30m

Año	TM IMD	ESAL millones/ ELANE	IRI ant. m/km	IRI medio m/km	Valores Medios Anuales												
					Todas fis. estr %	Desp. áridos %	Rotura borde m2	Prof. rodera mm	No. de baches	No estruct.	Espesor árido mm	Escalón. medio mm	Juntas desconch %	No de fallos por km	Losas fisuradas %	Fisuras det. Ns/km	
2021	3,673	0,08	2,85	2,80	2,35	0,00	0,00	2,12	1,11	6,10							
2022	3,831	0,09	2,95	2,90	5,01	0,00	0,00	2,24	1,24	6,00							
2023	3,996	0,09	3,06	3,00	9,35	0,00	0,00	2,36	1,39	5,88							
2024	4,168	0,10	3,19	3,13	15,89	0,00	0,00	2,50	1,57	5,70							
2025	4,348	0,10	3,35	3,27	25,22	0,00	0,00	2,64	1,77	5,44							
2026	4,535	0,11	3,53	3,44	37,97	0,00	0,00	2,80	2,01	5,08							
2027	4,730	0,11	3,75	3,64	54,50	0,00	0,00	2,99	2,30	4,57							
2028	4,935	0,12	3,96	3,85	69,12	0,00	0,00	3,23	2,64	4,00							
2029	5,148	0,13	4,24	4,10	79,93	0,00	0,00	3,51	62,56	3,55							
2030	5,370	0,13	4,75	4,49	87,62	0,00	0,00	3,85	176,45	3,23							

Alternativa:	PERIODICO	Clase carretera:	Terciaria o local
Tramo:	TRAMO 1		
Tipo Firme:	Bituminoso		
Longitud:	0,07km	Ancho:	7,30m

Año	TM IMD	ESAL millones/ ELANE	IRI ant. m/km	IRI medio m/km	Valores Medios Anuales											
					Todas fis. estr %	Desp. áridos %	Rotura borde m2	Prof. rodera mm	No. de baches	No estruct.	Espesor árido mm	Escalón. medio mm	Juntas desconch %	No de fallos por km	Losas fisuradas %	Fisuras det. Ns/km
2021	3,673	0,08	2,85	2,80	2,35	0,00	0,00	2,12	1,11	6,10						
2022	3,831	0,09	2,95	2,90	5,01	0,00	0,00	2,24	1,24	6,00						
2023	3,996	0,09	3,06	3,00	9,35	0,00	0,00	2,36	1,39	5,88						
2024	4,168	0,10	3,19	3,13	7,95	0,00	0,00	1,25	0,79	5,70						
2025	4,348	0,10	2,06	2,03	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	5,61						
2026	4,535	0,11	2,12	2,09	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	5,55						
2027	4,730	0,11	2,19	2,16	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	5,50						
2028	4,935	0,12	2,26	2,22	0,00	0,00	0,00	0,54	0,00	5,50						
2029	5,148	0,13	2,33	2,29	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	5,50						
2030	5,370	0,13	2,40	2,36	0,00	0,00	0,00	0,81	0,00	5,50						

Anexo 9. Costos económicos anuales (HDM-4), informe

HDM - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Calendario de actuaciones (por año)

Nombre del estudio: VIA EL CAMBIO LA PEADA

Fecha ejecución: 10-11-2021

Todos los costes se expresan en: US Dollar.

PERIODICO

Año	Tramo	Descripción de trabajos	Código	Coste Económico	Coste Financiero	Cantidad de trabajo
2021	TRAMO 1 EL CAMBIO	FRESADO Y RECAPEO	FYR	40,635.0	49,845.6	3,010,00 sq. m
	TRAMO 10 EL CAMBIO	FRESADO Y RECAPEO	FYR	34,303.5	42,079.0	2,541,00 sq. m
	TRAMO 12 EL CAMBIO	FRESADO Y RECAPEO	FYR	34,303.5	42,079.0	2,541,00 sq. m
	TRAMO 13 EL CAMBIO	FRESADO Y RECAPEO	FYR	34,303.5	42,079.0	2,541,00 sq. m
	TRAMO 14 EL CAMBIO	FRESADO Y RECAPEO	FYR	34,303.5	42,079.0	2,541,00 sq. m
	TRAMO 2 EL CAMBIO	FRESADO Y RECAPEO	FYR	34,303.5	42,079.0	2,541,00 sq. m
	TRAMO 4 EL CAMBIO	FRESADO Y RECAPEO	FYR	34,303.5	42,079.0	2,541,00 sq. m
	TRAMO 6 EL CAMBIO	FRESADO Y RECAPEO	FYR	34,303.5	42,079.0	2,541,00 sq. m
	TRAMO 7 EL CAMBIO	FRESADO Y RECAPEO	FYR	34,303.5	42,079.0	2,541,00 sq. m
	TRAMO 8 EL CAMBIO	FRESADO Y RECAPEO	FYR	34,303.5	42,079.0	2,541,00 sq. m
	TRAMO 9 EL CAMBIO	FRESADO Y RECAPEO	FYR	34,303.5	42,079.0	2,541,00 sq. m
Coste total anual:				383,670.0	470,635.2	

Costes totales para la Alternativa:

383,670.0 470,635.2

RECONSTRUCCIÓN

Año	Tramo	Descripción de trabajos	Código	Coste Económico	Coste Financiero	Cantidad de trabajo
2021	TRAMO 3 EL CAMBIO	RECONSTRUCCIÓN	REC	195,657.0	233,822.8	2,541,00 sq. m
Coste total anual:				195,657.0	233,822.8	

Costes totales para la Alternativa:

195,657.0 233,822.8

RUTINARIO

Año	Tramo	Descripción de trabajos	Código	Coste Económico	Coste Financiero	Cantidad de trabajo
2021	TRAMO 11 EL CAMBIO	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Sellado de fisuras	SF	0.0	0.0	0,00 sq. m
	TRAMO 15 EL CAMBIO	Bacheo	B	0.6	0.7	0,06 sq. m
		Sellado de fisuras	SF	0.0	0.0	0,00 sq. m
	TRAMO 5 EL CAMBIO	Bacheo	B	1.1	1.3	0,11 sq. m
		Sellado de fisuras	SF	0.0	0.0	0,00 sq. m
Coste total anual:				1.7	2.1	

2022	TRAMO 11 EL CAMBIO	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Sellado de fisuras	SF	0.0	0.0	0,00 sq. m
	TRAMO 15 EL CAMBIO	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Sellado de fisuras	SF	0.0	0.0	0,00 sq. m
	TRAMO 5 EL CAMBIO	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Sellado de fisuras	SF	0.0	0.0	0,00 sq. m

Todos los costes se expresan en: US Dollar.

PERIODICO

Año	Tramo	Descripción de trabajos	Código	Coste Económico	Coste Financiero	Cantidad de trabajo
2021	TRAMO 1	FRESADO Y RECAPEO	FYR	9,313.0	11,423.9	689,85 sq. m
	TRAMO 3	FRESADO Y RECAPEO	FYR	24,834.6	30,463.8	1,839,60 sq. m
	TRAMO 4	FRESADO Y RECAPEO	FYR	24,834.6	30,463.8	1,839,60 sq. m
	TRAMO 6	FRESADO Y RECAPEO	FYR	24,834.6	30,463.8	1,839,60 sq. m
	TRAMO 5	FRESADO Y RECAPEO	FYR	24,834.6	30,463.8	1,839,60 sq. m
	TRAMO 7	FRESADO Y RECAPEO	FYR	24,834.6	30,463.8	1,839,60 sq. m
	TRAMO 8	FRESADO Y RECAPEO	FYR	24,834.6	30,463.8	1,839,60 sq. m
	TRAMO 9	FRESADO Y RECAPEO	FYR	24,834.6	30,463.8	1,839,60 sq. m
	TRAMO 10	FRESADO Y RECAPEO	FYR	24,834.6	30,463.8	1,839,60 sq. m
	TRAMO 11	FRESADO Y RECAPEO	FYR	24,834.6	30,463.8	1,839,60 sq. m
	TRAMO 12	FRESADO Y RECAPEO	FYR	24,834.6	30,463.8	1,839,60 sq. m
	TRAMO 13	FRESADO Y RECAPEO	FYR	24,834.6	30,463.8	1,839,60 sq. m
	TRAMO 14	FRESADO Y RECAPEO	FYR	30,156.3	36,991.7	2,233,80 sq. m
Coste total anual:				312,649.9	383,517.2	

Costes totales para la Alternativa:

312,649.9 383,517.2

RECONSTRUCCION

Año	Tramo	Descripción de trabajos	Código	Coste Económico	Coste Financiero	Cantidad de trabajo
2021	TRAMO 2	RECONSTRUCCIÓN	REC	141,649.2	169,280.0	1,839,60 sq. m
Coste total anual:				141,649.2	169,280.0	

Costes totales para la Alternativa:

141,649.2 169,280.0

Resumen de Costes Económicos Totales Anuales

	PERIODICO	RECONSTRUCCION
2021	312,649.87	141,649.20
Total	312.649,87	141.649,20

Todos los costes se expresan en: US Dollar.

PERIODICO

Año	Tramo	Descripción de trabajos	Código	Coste Económico	Coste Financier	Cantidad d trabajo
2024	TRAMO 1	FRESADO Y RECAPEO	FYR	6,802.9	8,099.5	489,10 sq. m
	TRAMO 2	FRESADO Y RECAPEO	FYR	37,449.0	45,937.4	2.774,00 sq. m
	TRAMO 3	FRESADO Y RECAPEO	FYR	37,449.0	45,937.4	2.774,00 sq. m
	TRAMO 4	FRESADO Y RECAPEO	FYR	37,449.0	45,937.4	2.774,00 sq. m
	TRAMO 5	FRESADO Y RECAPEO	FYR	37,449.0	45,937.4	2.774,00 sq. m
	TRAMO 6	FRESADO Y RECAPEO	FYR	37,449.0	45,937.4	2.774,00 sq. m
	TRAMO 7	FRESADO Y RECAPEO	FYR	37,449.0	45,937.4	2.774,00 sq. m
	TRAMO 8	FRESADO Y RECAPEO	FYR	37,449.0	45,937.4	2.774,00 sq. m
	TRAMO 9	FRESADO Y RECAPEO	FYR	37,449.0	45,937.4	2.774,00 sq. m
	TRAMO 10	FRESADO Y RECAPEO	FYR	37,449.0	45,937.4	2.774,00 sq. m
	TRAMO 11	FRESADO Y RECAPEO	FYR	37,449.0	45,937.4	2.774,00 sq. m
	TRAMO 12	FRESADO Y RECAPEO	FYR	37,449.0	45,937.4	2.774,00 sq. m
	TRAMO 13	FRESADO Y RECAPEO	FYR	37,449.0	45,937.4	2.774,00 sq. m
	TRAMO 14	FRESADO Y RECAPEO	FYR	37,449.0	45,937.4	2.774,00 sq. m
	TRAMO 15	FRESADO Y RECAPEO	FYR	83,767.5	102,754.8	6.205,00 sq. m

Coste total anual:

577,207.4 708,041.0

Costes totales para la Alternativa:

577,207.4 708,041.0

Resumen de Costes Económicos Totales Anuales

	PERIODICO
2024	577,207.35
Total	577.207,35