



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

“EVALUACIÓN DE SERVICIABILIDAD ACTUAL DE LA VÍA
VALDIVIA – SINCHAL – BARCELONA – LOMA ALTA Y
PROPUESTA DE REHABILITACIÓN Y/O RECONSTRUCCIÓN
DE LA VÍA”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

CONFORME POZO MELANY ELIANA
PÉREZ MARTÍNEZ RONALD LENIN

TUTOR:

Ing.. DANIEL CAMPOVERDE CAMPOVERDE MSc.

La Libertad - Ecuador

2023



UPSE

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

“EVALUACIÓN DE SERVICIABILIDAD ACTUAL DE LA VÍA
VALDIVIA – SINCHAL – BARCELONA – LOMA ALTA Y
PROPUESTA DE REHABILITACIÓN Y/O RECONSTRUCCIÓN
DE LA VÍA”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

CONFORME POZO MELANY ELIANA
PÉREZ MARTÍNEZ RONALD LENIN

TUTOR:

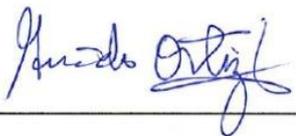
Ing.. DANIEL CAMPOVERDE CAMPOVERDE MSc.

La Libertad - Ecuador

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 
Ing. Jonny Villao Borbor MSc.
DIRECTOR DE CARRERA

f. 
Ing. Daniel Campoverde MSc.
DOCENTE TUTOR

f. 
Ing. Guido Ortiz Safadi MSc.
DOCENTE ESPECIALISTA

f. 
Ing. Lucrecia Moreno Alcívar PhD.
DOCENTE UIC

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **CONFORME POZO MELANY ELIANA** y **PEREZ MARTINEZ RONALD LENIN** declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado **“EVALUACION DE SERVICIABILIDAD ACTUAL DE LA VIA VALDIVIA – SINCHAL – BARCELONA – LOMA ALTA Y PROPUESTA DE REHABILITACION Y/O RECONSTRUCCION DE LA VIA”**, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, Carrera de INGENIERÍA CIVIL, por lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente a nuestra autoría.

Por medio de la presente declaración cedemos los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,

f.



Conforme Pozo Melany Eliana

C.I. 2450826934

f.



Pérez Martínez Ronald Lenin

C.I. 0604692186

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Daniel Campoverde MSc.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo **“EVALUACION DE SERVICIABILIDAD ACTUAL DE LA VIA VALDIVIA – SINCHAL – BARCELONA – LOMA ALTA Y PROPUESTA DE REHABILITACION Y/O RECONSTRUCCION DE LA VIA”**, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, elaborado por los Señores. **CONFORME POZO MELANY ELIANA y PEREZ MARTINEZ RONALD LENIN**, egresados de la carrera de Ingeniería Civil, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.



f. _____

Ing. Daniel Campoverde MSc.

DOCENTE TUTOR

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Certificación de Gramatólogo

Lic. ALEXI JAVIER HERRERA REYES

Magíster En Diseño Y Evaluación

De Modelos Educativos

La Libertad, noviembre 24 del 2023.

Certifica:

Que después de revisar el contenido del trabajo de integración curricular en opción al título de **INGENIERO/A CIVIL** de: **CONFORME POZO MELANY ELIANA & PEREZ MARTINEZ RONALD LENIN**, cuyo tema es: **“EVALUACIÓN DE SERVICIABILIDAD ACTUAL DE LA VÍA VALDIVIA – SINCHAL – BARCELONA – LOMA ALTA Y PROPUESTA DE REHABILITACIÓN Y/O RECONSTRUCCIÓN DE LA VÍA”**, me permito declarar que el trabajo investigativo se encuentra idóneo y puede ser expuesto ante el jurado respectivo para la defensa del tema en mención.

Es todo cuanto puedo manifestar en honor a la verdad.



Lic. Alexi Herrera R, MSc.
Docente de Español A: Literatura
Cel: 0962989420
e-mail: alexiherrerareyes@hotmail.com

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema **“EVALUACION DE SERVICIABILIDAD ACTUAL DE LA VIA VALDIVIA – SINCHAL – BARCELONA – LOMA ALTA Y PROPUESTA DE REHABILITACION Y/O RECONSTRUCCION DE LA VIA”**, elaborado por **CONFORME POZO MELANY ELIANA** y **PEREZ MARTINEZ RONALD LENIN** estudiantes egresados de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 4% de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto, reporte de similitud.

Atentamente:



f. _____

Ing. Daniel Campoverde MSc.

DOCENTE TUTOR

DEDICATORIA

El presente proyecto quiero dedicar al Señor, mi Dios; a mis padres Geovanny Pérez y Martha Martínez por todo el apoyo y el esfuerzo que día tras día me han brindado en el proceso de toda mi vida académica; a mis hermanos Geovanny, Kevin y mi sobrina Sophia por entender y guiarme con palabras sabias y adecuadas para mantenerme enfocado en el objetivo planteado.

A cada uno de los miembros de mis familiares y amigos que nunca perdieron la fe en mí y siempre el apoyaron con su confianza y motivación, ayudándome a cumplir esta gran meta.

RONALD LENIN PEREZ MARTINEZ

Principalmente dedico este proyecto a Dios, por permitirme llegar a este punto de mi carrera y por iluminarme en el camino. A mis padres Ismael Conforme y Cecibel Pozo por el apoyo y por inculcarme que todo lo que me proponga lo puedo conseguir, así también a mis hermanos Estefanía, Danny, Kevin y Justin que siempre estuvieron alentándome a cumplir esta meta y a mis sobrinos que son el motor de superación día a día. Y a todas las personas que fueron de motivación y que estuvieron presentes en cada paso que daba para llegar alcanzar unas de mis principales metas.

MELANY ELIANA CONFORME POZO

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis padres y hermanos por haber estado a mi lado apoyándome, motivándome y siempre viendo lo mejor por mí para cumplir todas mis metas y sueños.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena por darme esa oportunidad de luchar por este sueño.

A la Carrera de Ingeniería Civil y los docentes que la conforman por brindarme ese conocimiento, valores y principios.

Al Gobierno Autónomo de la Provincia de Santa Elena, por el invaluable aporte de datos teóricos y técnicos para el desarrollo de la investigación.

Finalmente deseo agradecer a mi tutor Ing. Daniel Campoverde por ser parte de este proyecto y haberme brindado todo su conocimiento y tiempo en el desarrollo de este.

RONALD LENIN PEREZ MARTINEZ

Deseo expresar mis más profundos agradecimientos a mi familia por ser los pilares fundamentales en mi vida, brindándome de su apoyo incondicional para culminar mi carrera.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena por abrirme sus puertas y formarme como profesional, a la Carrera de Ingeniería Civil por los buenos docentes y futuros colegas que nos imparten el conocimiento día a día para hacer excelentes profesionales, sobre todo al Ing. Daniel Campoverde, tutor de este trabajo de grado, por su invaluable ayuda y toda la dedicación de su tiempo en la elaboración de este proyecto.

MELANY ELIANA CONFORME POZO

INDICE GENERAL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iii
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA	iv
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO.....	v
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTOS	ix
LISTA DE TABLAS	xvii
1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	23
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	24
1.2. ANTECEDENTES	25
1.3. HIPÓTESIS	28
1.3.1. Hipótesis General.....	28
1.3.2. Hipótesis específicas.....	29
1.4. OBJETIVOS.....	29
1.4.1. Objetivo General.....	29
1.4.2. Objetivos específicos.....	29
1.5. ALCANCE	30
1.6. VARIABLES.....	30
1.6.1. Variables independientes.....	30
1.6.2. Variables Dependientes.....	30
2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	31
2.1. VÍAS O CARRETERAS.....	31
2.1.1. Relación entre carreteras y territorio.....	31

2.1.2.	Clasificación de carreteras.	31
2.2.	PAVIMENTO.	33
2.2.1.	Componentes del pavimento.	33
2.2.2.	CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS.....	34
	Pavimento rígido.....	35
	Pavimento semi rígido	35
	Pavimento Flexible.	35
	Pavimento articulado	35
2.3.	Deterioro en pavimento.	36
2.3.1.	Agrietamiento.....	37
2.3.2.	Deformación Visco plástica.	40
2.3.3.	Defectos Superficiales.....	42
2.3.4.	Deterioros diversos.....	44
2.4.	Índices de Condición de Pavimentos.....	45
2.4.1.	PSR (Present Serviceability Rating)	46
2.4.2.	PSI (Present Serviceability Index).	46
2.4.3.	IRI (International Roughness Index).....	46
2.4.4.	Ruth Depth (RD)	46
2.4.5.	Pavement Condition Index (PCI).....	47
2.4.6.	Pavement Management System (PMS).....	47
2.5.	Diseño de pavimentos asfálticos reciclados.	47
2.5.1.	Enfoque para el diseño del reciclado en planta en caliente.....	49
3.	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	50
3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	50
3.1.1.	Tipo de investigación.	50

3.1.2.	Nivel de Investigación.....	50
3.2.	MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO.....	51
3.2.1.	Método.	51
3.2.2.	Enfoque.	51
3.2.3.	Diseño de la investigación.	51
3.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	52
3.3.1.	Población.....	52
3.3.2.	Muestra.....	52
3.3.3.	Muestreo.....	52
3.4.	UBICACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO	53
3.4.1.	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	53
3.5.	INFORMACIÓN PREELIMINAR DEL ÁREA DE ESTUDIO	54
3.6.	METODOLOGÍA DEL OE.1: IDENTIFICAR FALLAS FUNCIONALES EN EL PAVIMENTO DE LA VÍA VALDIVIA - SINCHAL - BARCELONA - LOMA ALTA MEDIANTE EL MÉTODO PSR EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	55
3.6.1.	Recopilación de datos iniciales y selección de tramos.	55
3.6.2.	Índices de calidad:.....	56
3.6.3.	Identificación de Fallas Funcionales:.....	56
3.6.4.	Priorización de Fallas:.....	56
3.6.5.	Generación de catálogo de fallas.....	56
3.6.6.	Análisis de Resultados en catálogo de fallas:	56
3.7.	METODOLOGÍA DEL OE. 2: DETERMINAR LA PERCEPCIÓN DE LOS USUARIOS DE LA SERVICIABILIDAD DE LA VÍA UTILIZANDO LA METODOLOGÍA PSI EN EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.	

3.7.1.	Diseño y proceso de la Encuesta.....	57
3.7.2.	Selección de Muestra y recopilación de datos:	59
3.7.3.	Análisis de Datos:	59
3.8.	METODOLOGÍA DEL O.E.3. DESARROLLAR ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN DE LA VÍA VALDIVIA - SINCHAL - BARCELONA - LOMA ALTA A TRAVÉS DEL DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA MEJORAR LAS CONDICIONES DE LA VÍA.....	59
3.8.1.	Rehabilitación de pavimentos acorde a normativa AASHTO-93... 60	
	Consideraciones para la factibilidad de cada tipo de refuerzo:	60
	Condiciones importantes en el diseño de un refuerzo:	60
	Refuerzo de concreto asfáltico sobre pavimentos de concreto asfáltico:	60
	Refuerzo de concreto asfáltico sobre pavimentos de hormigón:	60
4.	CAPÍTULO IV: RESULTADOS	63
4.1.	RESULTADOS DEL OE1: IDENTIFICAR FALLAS FUNCIONALES EN EL PAVIMENTO DE LA VÍA VALDIVIA - SINCHAL - BARCELONA - LOMA ALTA MEDIANTE EL MÉTODO Y PSR EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.	63
4.1.1.	CATALOGO DE FALLAS.	64
4.2.	RESULTADOS DEL OE. 2: DETERMINAR LA PERCEPCIÓN DE LOS USUARIOS DE LA SERVICIABILIDAD DE LA VÍA UTILIZANDO LA METODOLOGÍA PSI EN EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	69
4.2.1.	Preguntas relacionadas a la variable movilidad.	69
4.2.2.	Preguntas relacionadas a la variable seguridad.....	75
4.2.3.	Preguntas relacionadas a la variable comodidad.....	78
4.3.	Serviciabilidad actual (Pt)	82

4.3.1.	Índice de Serviciabilidad (Δ PSI).....	83
4.3.2.	Índice de Serviciabilidad final:	83
4.4.	RESULTADOS DEL OE. 3: DESARROLLAR ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN DE LA VÍA VALDIVIA - SINCHAL - BARCELONA - LOMA ALTA A TRAVÉS DEL DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA MEJORAR LAS CONDICIONES DE LA VÍA.....	84
4.5.	REHABILITACION	85
4.5.1.	REHABILITACION METODO RECICLADO	86
4.5.2.	Reciclado en frio.	86
4.6.	DIFUSIÓN DE RESULTADOS	90
5.	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	92
5.1.	CONCLUSIONES.....	92
5.2.	RECOMENDACIONES	93
6.	BIBLIOGRAFÍA	94
7.	ANEXOS	97

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de componente del pavimento.	34
Figura 2. Tipos de pavimento.	36
Figura 3. Ubicación de marcadores Vía Valdivia – Sinchal – Barcelona – Loma Alta. Ubicación de marcadores Vía Valdivia – Sinchal – Barcelona – Loma Alta.	54
Figura 4. Delimitación de tramos en la vía Sinchal – Barcelona - Loma Alta	63
Figura 5. Diagrama de pérdida de serviciabilidad.	83
Figura 6. Estructura de Pavimento existente.....	87
Figura 7. Nomograma de módulo de la subrasante.....	88
Figura 8. Estructura del pavimento	89
Figura 9. Estructura del pavimento	90

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación funcional de las vías en base al TPDA.....	32
Tabla 2. Clasificación funcional por importancia en la red vial.	32
Tabla 3. Fallas por agrietamientos.	38
Tabla 4. Grupo de deformación visco plástica.....	40
Tabla 5. Grupo de defectos superficiales.	43
Tabla 6. Otros tipos de deterioros	44
Tabla 7. Revisión de índices para la evaluación de la superficie de pavimentos.	45
Tabla 8. Guía para la selección del método de reciclado	48
Tabla 9. Preguntas relaciones a la variable movilidad.....	58
Tabla 10. Preguntas relacionadas a la variable seguridad.....	58
Tabla 11. Preguntas relacionadas con la variable comodidad.....	58
Tabla 12. Puntuaciones referidas a encuestas.	58
Tabla 13. Cuadro de operacionalización de las variables	62
Tabla 14. Distancia de tramos en la vía Sinchal – Barcelona - Loma Alta.....	64
Tabla 15. Catálogo de fallas del pavimento.	65
Tabla 16. Respuestas a pregunta ¿Suele experimentar congestiónamiento vehicular en la vía? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.....	69
Tabla 17. Resultados de pregunta: ¿Suele experimentar congestiónamiento vehicular en la vía? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.....	70
Tabla 18. Respuestas a pregunta ¿Suele experimentar congestiónamiento vehicular en la vía? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.	70
Tabla 19. Resultados de pregunta: ¿Suele experimentar congestiónamiento vehicular en la vía? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.	70
Tabla 20. Respuestas a pregunta ¿Suele experimentar congestiónamiento vehicular en la vía? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.	70
Tabla 21. Resultados de pregunta: ¿Suele experimentar congestiónamiento vehicular en la vía? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.	71
Tabla 22. Respuestas a pregunta ¿Esta vía proporciona acceso a diversas áreas de servicio? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.....	71

Tabla 23. Resultados de pregunta: ¿Esta vía proporciona acceso a diversas áreas de servicio? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.....	71
Tabla 24. Respuestas a pregunta ¿Esta vía proporciona acceso a diversas áreas de servicio? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.	72
Tabla 25. Resultados de pregunta: ¿Esta vía proporciona acceso a diversas áreas de servicio? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona	72
Tabla 26. Respuestas a pregunta ¿Esta vía proporciona acceso a diversas áreas de servicio? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.	72
Tabla 27. Resultados de pregunta: ¿Esta vía proporciona acceso a diversas áreas de servicio? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.	73
Tabla 28. Respuestas a pregunta ¿Considera usted que el ancho de la vía es el adecuado? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.	73
Tabla 29. Resultados de pregunta: ¿Considera usted que el ancho de la vía es el adecuado? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.	73
Tabla 30. Respuestas a pregunta ¿Considera usted que el ancho de la vía es el adecuado? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.....	74
Tabla 31. Resultados de pregunta: ¿Considera usted que el ancho de la vía es el adecuado? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.....	74
Tabla 32. Respuestas a pregunta ¿Considera usted que el ancho de la vía es el adecuado? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.....	74
Tabla 33. Resultados de pregunta: ¿Considera usted que el ancho de la vía es el adecuado? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.....	74
Tabla 34. Respuestas a pregunta ¿La vía cuenta con señalización vertical y horizontal? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.	75
Tabla 35. Resultados de pregunta: ¿La vía cuenta con señalización vertical y horizontal? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.	75
Tabla 36. Respuestas a pregunta ¿La vía cuenta con señalización vertical y horizontal? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.....	75
Tabla 37. Resultados de pregunta: ¿La vía cuenta con señalización vertical y horizontal? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.....	76

Tabla 38. Respuestas a pregunta ¿La vía cuenta con señalización vertical y horizontal? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.	76
Tabla 39. Resultados de pregunta: ¿La vía cuenta con señalización vertical y horizontal? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.	76
Tabla 40. Respuestas a pregunta ¿Ha sufrido siniestros ocasionados por el estado de la vía? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.....	77
Tabla 41. Resultados de pregunta: ¿Ha sufrido siniestros ocasionados por el estado de la vía? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.....	77
Tabla 42. Respuestas a pregunta ¿Ha sufrido siniestros ocasionados por el estado de la vía? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.	77
Tabla 43. Resultados de pregunta: ¿Ha sufrido siniestros ocasionados por el estado de la vía? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona	77
Tabla 44. Respuestas a pregunta ¿Ha sufrido siniestros ocasionados por el estado de la vía? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta	78
Tabla 45. Resultados de pregunta: ¿Ha sufrido siniestros ocasionados por el estado de la vía? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta	78
Tabla 46. Respuestas a pregunta ¿Cuál es la satisfacción que siente al conducir en la vía? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.....	78
Tabla 47. Resultados de pregunta: ¿Cuál es la satisfacción que siente al conducir en la vía? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.....	79
Tabla 48. Respuestas a pregunta ¿Cuál es la satisfacción que siente al conducir en la vía? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.	79
Tabla 49 Resultados de pregunta: ¿Cuál es la satisfacción que siente al conducir en la vía? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.	79
Tabla 50. Respuestas a pregunta ¿Cuál es la satisfacción que siente al conducir en la vía? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.	79
Tabla 51. Resultados de pregunta: ¿Cuál es la satisfacción que siente al conducir en la vía? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta	80
Tabla 52. Respuestas a pregunta ¿Cómo considera el estado de la vía de acuerdo con su percepción? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal	80

Tabla 53. Resultados de pregunta: ¿Cómo considera el estado de la vía de acuerdo con su percepción? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.	80
Tabla 54. Respuestas a pregunta ¿Cómo considera el estado de la vía de acuerdo con su percepción? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.	81
Tabla 55. Resultados de pregunta: ¿Cómo considera el estado de la vía de acuerdo con su percepción? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.	81
Tabla 56. Respuestas a pregunta ¿Cómo considera el estado de la vía de acuerdo con su percepción? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.	81
Tabla 57. Resultados de pregunta: ¿Cómo considera el estado de la vía de acuerdo con su percepción? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.	81
Tabla 58. Resumen de las respuestas a la pregunta ¿Cuál es la satisfacción que siente al conducir en la vía?, evaluada en los tres tramos de la vía.	82
Tabla 59. Resumen de las respuestas a la pregunta ¿Cómo considera el estado de la vía de acuerdo con su percepción?, evaluada en los tres tramos de la vía.	82
Tabla 60. Parámetros de serviciabilidad.	83
Tabla 61. Clasificación de Índices de Serviciabilidad PSI.	84
Tabla 62. Utilización de reciclado en frío con ligantes hidrocarburos.	865
Tabla 63. Módulos dinámicos.	86
Tabla 64. Tipos de daños y severidad.	86
Tabla 65. Determinación de características de pavimento por reciclar.	87
Tabla 66. Espesores mínimos de carpeta asfáltica para pavimentos reciclados en frío con emulsión asfáltica	88

“EVALUACION DE SERVICIABILIDAD ACTUAL DE LA VIA VALDIVIA – SINCHAL – BARCELONA – LOMA ALTA Y PROPUESTA DE REHABILITACION Y/O RECONSTRUCCION DE LA VIA”

Autores: Conforme Pozo Melany Eliana

Pérez Martínez Ronald Lenin

Tutor: MSc. Daniel Campoverde.

RESUMEN

Las vías de segundo orden ocupan una parte significativa de la red provincial de carreteras y caminos en la provincia de Santa Elena y su importancia radica en ser un componente que promueve el desarrollo socioeconómico de la región. La importancia del mantenimiento de una vía garantiza su útil aprovechamiento, pero la provincia, al no contar con información actualizada de los estados de las vías genera que los planes de gestión vial se basen fundamentalmente en planificaciones de años pasados realizadas por expertos, dejando al margen la opinión de los usuarios. La presente investigación tiene como objetivo principal evaluar la calidad de servicio de la vía que conecta las comunas Valdivia – Sinchal – Barcelona – Loma Alta.

Para ello se aplica el método PSR descrito por la AASHTO, para calcular la clasificación de la serviciabilidad presente en estas vías y a su vez elaborar una encuesta para que los usuarios evalúen esta carretera mediante las variables: movilidad, seguridad y comodidad.

La serviciabilidad obtenida mediante el método PSI (índice presente de serviciabilidad), resulta en un alto porcentaje de usuarios que consideran que la serviciabilidad de la vía tiene calificación negativa.

Palabras clave: Serviciabilidad, vía de segundo orden, carreteras, PSI.

“EVALUATION OF THE CURRENT SERVICEABILITY OF THE VALDIVIA - SINCHAL - BARCELONA - LOMA ALTA ROAD AND PROPOSAL FOR THE REHABILITATION OR RECONSTRUCTION OF THE ROAD”

Autores: Conforme Pozo Melany Eliana

Pérez Martínez Ronald Lenin

Tutor: MSc. Daniel Campoverde.

ABSTRAC

Second-order roads occupy a significant part of the provincial network of highways and roads in the province of Santa Elena and their importance lies in being a component that promotes the socioeconomic development of the region. The importance of maintaining a road guarantees its useful use, but the province, by not having updated information on the status of the roads, means that road management plans are fundamentally based on planning from past years carried out by experts, leaving aside the opinion of users. The main objective of this research is to evaluate the quality of service of the road that connects the communes Valdivia – Sinchal – Barcelona – Loma Alta.

To do this, the PSR method described by the AASHTO is applied to calculate the classification of the serviceability present on these roads and at the same time develop a survey for users to evaluate this road using the variables: mobility, safety and comfort.

The serviceability obtained through the PSI method (present serviceability index) results in a high percentage of users who consider that the serviceability of the road has a negative rating.

Keywords: Serviceability, second-order roads, highways, PSI

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La construcción de carreteras y caminos se consideran componentes vitales de los sistemas integrados de países y regiones (Mohammadi et al., 2022). Las autopistas rurales de dos carriles son el tipo de vía más común a nivel mundial (Ostrowski & Budzynski, 2021), En la provincia de Santa Elena la red de tránsito ocupa un total de 1046,40 km (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santa Elena, 2023), considerándose de alta importancia como un aspecto importante de la infraestructura pública (Lukpanov et al., 2022), donde la eficiencia de la red de tráfico es determinante para propender el desarrollo social y económico de áreas urbanas y rurales (Castañeda et al., 2022; Lee & Yoon, 2021). Las condiciones del pavimento de las carreteras determinan los tiempos de viaje, seguridad y comodidad del usuario, alteran el tráfico de una carretera y elevan los costos operativos y emisiones de carbono de los vehículos que transitan por ellas (Ragnoli et al., 2018). El correcto monitoreo del estado del pavimento después de su construcción permite evaluar el nivel de daño, identifica el problema y diseña tratamientos de acuerdo a la prioridad en la que necesita ser intervenida (Miller & Bellinger, 2003; PIARC, 2016).

Existen diversos métodos para catalogar la condición de los pavimentos, principalmente la revisión de índices de evaluación de superficies de carreteras, como el PCI o Índice de condición de pavimento, IRI o Índice Internacional de Rugosidad, RD o Profundidad de Rodadura y PSI Índice de serviciabilidad (Ragnoli et al., 2018). El método utilizado en este estudio para evaluar la condición del pavimento es el Índice Presente de Serviciabilidad o PSI, siendo de los más utilizados para representar el aspecto global o específico del pavimento, usado para describir las condiciones funcionales en función de la calidad de circulación (Múčka, 2017).

La red provincial de carreteras y caminos en Santa Elena se compone en gran medida de vías de segundo orden, desempeñando un papel crucial en el desarrollo socioeconómico de la región (Qian et al., 2022). La importancia de mantener estas vías en buen estado radica en garantizar su óptimo aprovechamiento. Sin embargo,

la falta de información actualizada sobre el estado de las carreteras en la provincia ha llevado a que los planes de gestión vial se basen en planificaciones de años anteriores, a menudo elaboradas por expertos, dejando de lado la valiosa opinión de los usuarios (Nikolaides, 2015). Esta investigación tiene como objetivo principal evaluar la calidad de servicio de la vía que conecta las comunas Valdivia – Sinchal – Barcelona – Loma Alta. El objetivo general es evaluar el estado del pavimento flexible en esta vía mediante el Índice Presente de Serviciabilidad (PSI) con el fin de determinar estrategias de rehabilitación. Los objetivos específicos incluyen la identificación de fallas funcionales en el pavimento, la determinación de la percepción de los usuarios sobre la serviciabilidad de la vía y el desarrollo de estrategias de rehabilitación a través del diseño de la reconstrucción de pavimentos flexibles, buscando mejorar las condiciones de la carretera.

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El estado de la red vial de transporte es considerado un indicador del nivel de desarrollo de un país (Queiroz & Gautam, 1992) y el pavimento el material más utilizado en la infraestructura vial (Ali et al., 2022), mantener el estado de las carreteras en un nivel aceptable de servicio es un desafío para las autoridades de carreteras (Ragnoli et al., 2018).

Las agencias y departamentos encargados de las carreteras y caminos desarrollan Sistemas de Gestión de Pavimentos (PMS), entendido como una herramienta que permite la toma de decisiones al aplicar acciones en las carreteras estableciendo prioridades y costos (Martínez Arguelles et al., 2011), para analizar el ciclo de vida de la infraestructura vial mediante la aplicación de diferentes modelos y técnicas de evaluación al deterioro del pavimento (Llopis-Castelló et al., 2020; Pérez-Acebo et al., 2018), sin embargo estas instituciones cuentan con presupuestos limitados que resultan en recursos técnicos que dificultan el análisis del proceso de deterioro de los pavimentos urbanos (Loprencipe et al., 2017). mejorar la seguridad vial mediante ingeniería y mantenimiento adecuado debería ser objetivo principal, donde la calidad solo puede lograrse asegurando la eficiencia del sistema gestión de pavimento (Bruno et al., 2022; Osman et al., 2022; Tighe et al., 2000).

El Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santa Elena (2023), considera que las vías privilegian el desarrollo del litoral y los desarrollos urbanísticos existentes. Uno de los ejes productivos más importantes es el sector Las Balsas – Valdivia donde la vía Valdivia – Loma Alta incide en la población y en las áreas productivas con una población de 6736 habitantes y una superficie agrícola aproximada de 800 hectáreas.

La investigación se enmarca de acuerdo al decimoprimer objetivo de desarrollo sostenible de la Agenda 2030 de Naciones Unidas (2018), que expresa “Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles” listando como metas: garantizar que todas las personas tengan la posibilidad de utilizar sistemas de transporte que sean seguros, económicos, fáciles de usar y respetuosos con el medio ambiente, mejorar la seguridad vial, especialmente a través de la expansión de los servicios de transporte público y busca aumentar significativamente el número de ciudades y comunidades que adopten y pongan en práctica políticas y planes integrados para fomentar la inclusión y la utilización eficiente de los recursos en sus áreas urbanas.

El problema de investigación se desarrolla acorde a la interrogante principal: **P.G.** ¿Qué Índice Presente de Serviciabilidad (PSI) otorga la evaluación del estado del pavimento flexible en la Vía Valdivia - Sinchal - Barcelona - Loma Alta? de la cual se derivan tres interrogantes específicas: **P.E.1:** ¿Qué fallas funcionales muestran los métodos IRI y PSR en la vía? **P.E.2:** ¿Cuál es la percepción del usuario del estado de la vía? y **P.E.3:** ¿Qué estrategias se proponen para la rehabilitación de la vía Valdivia - Sinchal - Barcelona - Loma Alta?

1.2. ANTECEDENTES

En ese contexto los antecedentes se refieren a la revisión de documentación y estudios bibliográficos relacionados con el tema o problema que se está investigando. A nivel internacional, se buscarían y revisarían estudios, informes y literatura relevante a nivel global. A nivel nacional, la revisión se centraría en documentos y estudios específicos del país en cuestión. A nivel local, se examinarían investigaciones y documentos pertinentes a una región o comunidad

específica. Esta revisión de antecedentes bibliográficos es esencial para comprender el estado actual del conocimiento sobre el tema, identificar lagunas en la investigación y fundamentar el enfoque de la nueva investigación o proyecto.

En el ámbito internacional resaltan los estudios de (Ragnoli et al., 2018), “Métodos de detección de daños en el pavimento: una revisión bibliográfica” esta revisión abarca tanto las soluciones disponibles en el mercado como los enfoques desarrollados en la investigación. El objetivo principal es proporcionar un marco integral de las soluciones existentes, analizándolas desde una perspectiva única para identificar las más adecuadas para futuras investigaciones y mejoras técnicas tomando en cuenta el papel de las tecnologías emergentes automatizadas y semiautomáticas en este contexto, la metodología utilizan una revisión bibliográfica sobre los métodos de recopilación de datos y el enfoque de procesamiento utilizados para evaluar la condición de las superficies de carreteras, resultando en un resumen que indica que las diferentes alteraciones de las carreteras, agrupadas en categorías como fisuraciones, deformaciones visco plásticas, y deterioros de la superficie, pueden ser identificadas con eficacia por varias tecnologías de inspección, los autores concluyen que los Sistema de Gestión de Pavimentos son herramientas útiles en guiar de manera proactiva a una Agencia para garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios de la carretera.

Esto se logra mediante un proceso continuo que involucra la inspección, identificación y corrección de problemas en el pavimento. Para llevar a cabo este proceso de manera efectiva, es esencial emplear herramientas específicas respaldadas por datos tecnológicos actuales sobre el estado del pavimento. La determinación del nivel de urgencia para abordar cada problema y su impacto en la seguridad y comodidad de los usuarios es un componente crítico. Además, la elección del equipo adecuado para inspecciones exhaustivas depende del alcance del proyecto, el presupuesto y la precisión requerida.

También el artículo científico realizado por (Zakeri et al., 2017), titulado “Técnicas basadas en imágenes para la detección, clasificación y cuantificación de grietas en pavimentos asfálticos: Una revisión bibliográfica” donde se pretende realizar una revisión exhaustiva de varias plataformas y enfoques de procesamiento de imágenes

utilizados en la interpretación de superficies de asfalto, su propuesta analiza las metodologías existentes desde distintos enfoques, acompañado de comparaciones detalladas en tres etapas de los métodos: detección, clasificación y cuantificación de los daños, con el propósito de facilitar investigaciones futuras en este campo. Los resultados presentan una combinación completa de los avances más recientes en el procesamiento de imágenes aplicado a la interpretación de fisuras en pavimentos asfálticos y resumen los sistemas de inspección de pavimentos desarrollados hasta la fecha, concluyendo con una discusión de las tecnologías emergentes y en desarrollo consideradas para automatizar estos procesos, resaltan ventajas, desventajas y utilidad.

A nivel nacional se desarrolló la investigación realizada por (Flores De Valgas & Mogrovejo Carrasco, 2023), titulado “Evaluación funcional del pavimento flexible en la red vial rural de Portoviejo, Ecuador” donde los autores tuvieron como objetivo realizar un diagnóstico del estado de las carreteras flexibles en la red vial rural del cantón Portoviejo, ubicado en la provincia de Manabí. La evaluación funcional del pavimento se llevó a cabo mediante la recopilación de datos y la observación detallada de fallas utilizando tres metodologías: el Índice de Condición del Pavimento (PCI), el Índice de Regularidad del Pavimento (IRI) y el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI).

Los resultados del análisis indicaron que el tramo evaluado obtuvo una calificación de 77 según el índice PCI, clasificándolo como "Muy Bueno" y se identificaron seis tipos de fallas en las 11 unidades de muestra analizadas, con diferentes grados de incidencia: fisuras longitudinales (22.86%), ahuellamiento (20.00%), piel de cocodrilo (17.14%), bulto y hundimiento (17.14%), bache (14.29%) y fisura por deslizamiento (8.57%), el análisis del PSI arrojó una calificación de 4, mientras que el IRI obtuvo un resultado de 2, concluyendo en que la vía requiere tanto mantenimiento menor como mayor, ya que se identificaron fallas significativas, como las fisuras longitudinales, el ahuellamiento y la piel de cocodrilo, que requieren atención adecuada.

También el autor (Lara Lara, 2023), en su tesis de grado titulada “Medición indirecta de la serviciabilidad en las vías asfaltadas de segundo orden del cantón

Guaranda” donde se realiza la valoración técnica de las vías de segundo orden del cantón Guaranda, usando método PSI y modelo Servqual, con la finalidad de examinar una similitud en los resultados del método técnico y la percepción de los usuarios. La investigación incluyó como técnica revisión de la literatura, la realización de un ensayo utilizando el rugosímetro de Merlín y la administración de encuestas. Una vez se obtuvieron los resultados con ambos métodos, se procedió a llevar a cabo un análisis de correlación utilizando el coeficiente de Pearson. Este análisis reveló una fuerte correlación lineal positiva de 0.990, lo que indica que las variables están directamente relacionadas. Posteriormente, se desarrolló un modelo de predicción que incorporó cuatro dimensiones del modelo Servqual junto con el IRI. Concluyendo en la importancia de tener en cuenta el rango de validez de las ecuaciones al utilizar este modelo de predicción.

A nivel local se han desarrollado estudios de grado como el de (Limonés Gabino, 2021), con título “evaluación de los pavimentos flexibles por los métodos PCI y VIZIR” con objetivo de evaluar los pavimentos asfálticos en los sectores de Pueblo Nuevo y Coresa, ubicados en el cantón Salinas, utilizando dos metodologías de inspección visual: el Índice de Condición de Pavimentos (PCI) y la metodología de Visión e Inspección de Zonas e Itinerarios de Riesgo (VIZIR). Los resultados mostraron que de acuerdo con el método PCI, el estado de la calzada era regular, con un valor promedio de 40.27, contrastando el método VIZIR, se obtuvo también un estado calificado como regular, con un valor promedio del Índice de Deterioro Superficial (IS) de 3. En ambos métodos, los resultados fueron consistentes, identificando como las fallas más predominantes las fisuras longitudinales, la piel de cocodrilo, el pulimento de agregados, los ahuellamientos, la pérdida de la película ligante, la segregación, los ojos de pescado y los abultamientos.

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis General.

La evaluación del estado del pavimento flexible en la Vía Valdivia - Sinchal - Barcelona - Loma Alta utilizando Índice Presente de Serviciabilidad (PSI) facilita la determinación de propuestas técnicas para la rehabilitación de la carretera.

1.3.2. Hipótesis específicas.

H.E.1.: La identificación de fallas funcionales en el pavimento de la vía Valdivia - Sinchal - Barcelona - Loma Alta mediante el método PSR permitirá la evaluación de pavimentos flexibles.

H.E.2.: La percepción de los usuarios de la serviciabilidad de la vía proveerá de datos útiles para la evaluación de pavimentos flexibles utilizando la metodología PSI.

H.E.3.: El diseño de la rehabilitación y reconstrucción de pavimentos flexibles permitirá mejorar las condiciones de la vía Valdivia - Sinchal - Barcelona - Loma Alta.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General.

Evaluar el estado del pavimento flexible en la Vía Valdivia - Sinchal - Barcelona - Loma Alta mediante el Índice Presente de Serviciabilidad (PSI) para determinar estrategias de rehabilitación de la carretera.

1.4.2. Objetivos específicos.

O.E.1.: Identificar fallas funcionales en el pavimento de la vía Valdivia - Sinchal - Barcelona - Loma Alta mediante el método PSR en la evaluación de pavimentos flexibles.

O.E.2.: Determinar la percepción de los usuarios de la serviciabilidad de la vía utilizando la metodología PSI en evaluación de pavimentos flexibles.

O.E.3.: Desarrollar estrategias de rehabilitación de la vía Valdivia - Sinchal - Barcelona - Loma Alta a través del diseño de la rehabilitación y reconstrucción de pavimentos flexibles para mejorar las condiciones de la vía.

1.5. ALCANCE

El alcance de esta investigación presenta la evaluación de la condición de los pavimentos en el contexto de la construcción y mantenimiento de carreteras y caminos. Se reconoce la importancia crucial de las carreteras y caminos como componentes vitales de los sistemas de transporte de países y regiones, en particular a las autopistas rurales de dos carriles, que son un tipo de vía ampliamente utilizado en la provincia de Santa Elena, proporcionando información específica sobre la red de tráfico en las comunas de Valdivia, Sinchal, Barcelona y Loma Alta, subrayando su relevancia en la infraestructura pública y el desarrollo agrícola. Los métodos utilizados son aplicables a cualquier carretera en la provincia de Santa Elena y presenta información relevante del estado actual de una vía rural importante de la provincia.

1.6. VARIABLES

1.6.1. Variables independientes.

Fallas funcionales en el pavimento

1.6.2. Variables Dependientes.

Récord presente de serviciabilidad (PSR) e Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. VÍAS O CARRETERAS.

La Real Academia Española (2023), define como carretera, como un camino público dispuesto para el tránsito de vehículos, cumpliendo con las cualidades de ser ancho, espacioso y pavimentado para autores más especializados se considera una adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que cumpliendo con condiciones de ancho, alineamiento y pendiente permite el rodamiento adecuado de vehículos (Crespo, 2004).

A nivel local el Ministerio de Transporte y Obras Públicas lo describe como el camino que se diseña y se construye a partir de especificaciones adecuadas para un tránsito vehicular importante (Especificaciones Generales Para La Construcción de Caminos y Puentes, 2002).

2.1.1. Relación entre carreteras y territorio.

Durante este proceso el tránsito y la actividad de desplazamiento donde las vías cobran creciente importancia, se debe considerar el entorno en el que se lleva a cabo la movilidad, específicamente, el territorio en el que se desarrollan los procesos de desplazamiento (Blanco, 2010). En la mayoría de los análisis, especialmente aquellos centrados en políticas públicas, resaltan la relevancia de la concreción física del transporte tienden a contemplar el progreso de la infraestructura terrestre como un requisito previo para el desarrollo territorial. La trascendencia de este aspecto es tan evidente que se refleja en la inclusión del transporte como uno de los objetivos fundamentales en todas las políticas públicas (Flores Rangel, 2015).

2.1.2. Clasificación de carreteras.

Acorde a la clasificación contenida en la Norma Ecuatoriana Vial, (2013), en Ecuador se considera la clasificación funcional de carreteras de acuerdo con el Tráfico Proyectado Diario Anual o TPDA debiendo diseñarse acorde a la características funcionales y geométricas acorde a su clase como explica la Tabla

1, otro sistema útil referido en la NEVI 12, es la clasificación funcional por importancia en la red vial, clasificándose de acuerdo con la Tabla 2.

Tabla 1.

Clasificación funcional de las vías en base al TPDA

Clasificación funcional de las vías en base al TPDA.			
Descripción	Clasificación funcional	TPDA al año de horizonte	
		Límite Inferior	Límite Superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o Carretera Multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de dos carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	50

Nota: Clasificación funcional de las vías en base al TPDA, tomado de: Norma Ecuatoriana Vial - NEVI (p.64), por Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013.

Tabla 2.

Clasificación funcional por importancia en la red vial.

Descripción	
Corredores Arteriales	Caminos de alta jerarquía funcional, que conectan capitales, puertos y pasos de frontera.
Vías colectoras	Caminos de mediana jerarquía que recolectan el tráfico de la zona rural o región para conducirlos a los caminos arteriales.
Caminos Vecinales	Carreteras convencionales básicas que incluyen caminos rurales.

Nota: Clasificación funcional de las vías en base a la importancia de la red vial, tomado de: Norma Ecuatoriana Vial - NEVI (p.65), por Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013.

2.2. PAVIMENTO.

El propósito de un pavimento en una estructura, instalado sobre una base adecuada, es brindar una superficie de rodadura que posibilite el tráfico seguro y cómodo de vehículos a las velocidades operativas deseadas, independientemente de las condiciones climáticas, existen diversos tipos de pavimentos, que varían según el tipo de vehículos y el volumen de tráfico, en el caso de un camino no pavimentado, las condiciones de operación son deficientes, lo que impone restricciones en las velocidades y las cargas de los vehículos, aumentando también los costos operativos como el mantenimiento y el combustible, la utilización de un camino de tierra está condicionada por el clima y un drenaje adecuado, en un camino con revestimiento primario, como grava o suelo pedregoso arenoso, las condiciones climáticas pueden ser menos determinantes, siempre y cuando exista un drenaje eficiente (Universidad Mayor de San Simón, 2004).

Un pavimento raramente experimenta una ruptura catastrófica, a menos que haya un error en el diseño geotécnico, como en el caso de pavimentos sobre suelos expansivos, la degradación generalmente ocurre de manera continua a lo largo del tiempo, desde la apertura al tráfico, mediante mecanismos complejos no totalmente interrelacionado, esto implica la acumulación gradual de deformaciones plásticas a lo largo de las capas (ya sean asfálticas o cementadas), debido a la combinación de cargas del tráfico y los efectos de la intemperie, como las variaciones de temperatura y humedad a lo largo del tiempo, además, la condición de "ruptura" de un pavimento es en cierta medida indefinida y subjetiva, ya que existen divergencias entre técnicos y administradores en cuanto al momento óptimo para restaurar un pavimento que presenta cierto nivel de deterioro estructural y/o funcional (Universidad Mayor de San Simón, 2004).

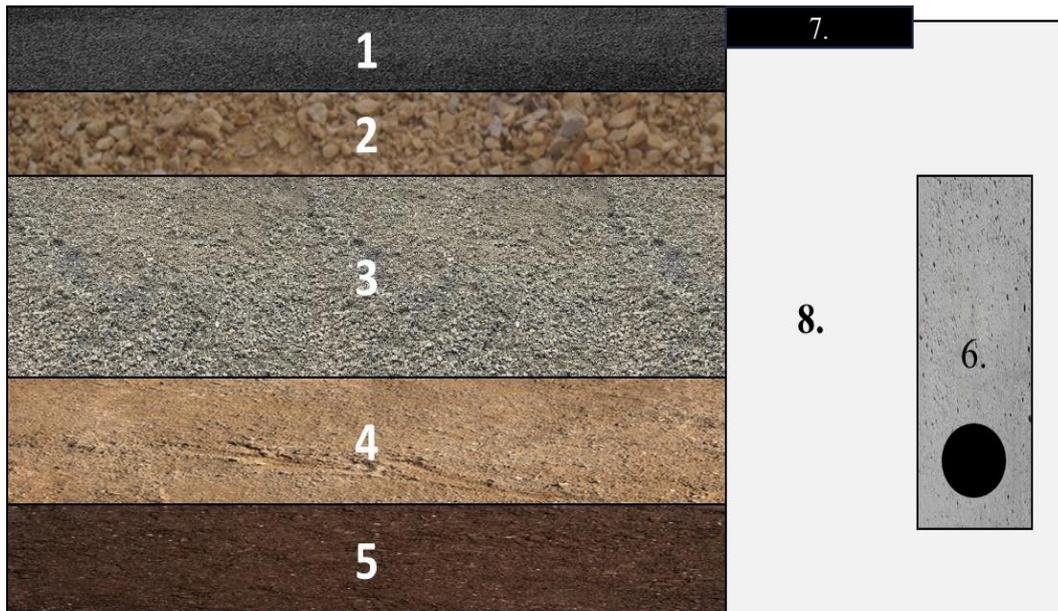
2.2.1. Componentes del pavimento.

La estructura de un pavimento se puede concebir como una superestructura que descansa sobre una fundación, siendo esta última el resultado de un estudio geotécnico apropiado. En el contexto de los pavimentos para carreteras, la

superestructura está compuesta por la capa de revestimiento y la capa base, mientras que la fundación está conformada por las capas de sub-base y suelo compactado (Universidad Mayor de San Simón, 2004).

Figura 1.

Esquema de componente del pavimento.



Nota: 1) Capa de Rodadura, 2) Capa Base, 3) Capa Subbase, 4) Suelo Compactado, 5) Subrasante, 6) Subdrenaje longitudinal, 7) Revestimiento de Hombreras, 8) Subbase de Hombreras. Tomado y adaptado de: Ingeniería de pavimentos, (p.22), por Instituto Tecnológico de Aeronáutica de Brasil, 2000.

2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS

En el ámbito de la ingeniería vial, la clasificación de los pavimentos se realiza considerando diversos factores, entre ellos la flexibilidad y rigidez estructural. Los pavimentos, esencialmente, se categorizan en cuatro tipos principales: pavimentos flexibles, pavimentos semi rígidos, pavimentos rígidos y pavimentos articulados. Cada tipo presenta características específicas que los hacen apropiados para distintas condiciones de tráfico, climáticas y geotécnicas.

Pavimento rígido.

En el contexto de una estructura de pavimento rígido, es pertinente destacar que la elevada rigidez inherente de la losa de hormigón conlleva a una eficiente dispersión de las cargas generadas por las ruedas de los vehículos. Este fenómeno se traduce en la generación de tensiones substancialmente reducidas en la capa de subrasante.

Pavimento semi rígido

Los pavimentos semi rígidos se sitúan en un punto intermedio entre los pavimentos flexibles y rígidos. Combinan capas de asfalto con una base estructural más sólida, a menudo compuesta por materiales cementantes. Esta combinación proporciona una mayor resistencia a las deformaciones que un pavimento flexible estándar, siendo adecuados para áreas con tráfico moderado a pesado y condiciones geotécnicas específicas

Pavimento Flexible.

Los pavimentos flexibles se caracterizan por constituir sistemas de múltiples estratos, con las capas de mayor calidad dispuestas en las proximidades de la superficie, donde las tensiones experimentan sus valores más significativos. La capa superior, comúnmente compuesta de concreto asfáltico, desempeña la función primordial en la distribución de la carga, hasta que esta alcanza niveles admisibles para la subrasante. Justo bajo esta capa de concreto asfáltico se ubica una base, que puede estar compuesta por piedra triturada, grava de granulometría adecuada o materiales estabilizados mediante cemento, cal o asfalto. Inmediatamente debajo de esta base se dispone una capa de menor calidad, conocida como subbase.

Pavimento articulado

Los pavimentos articulados incorporan juntas y dispositivos de articulación entre losas para permitir cierta flexión y movimiento controlado. Esta característica reduce la probabilidad de fisuras y grietas, especialmente en

pavimentos de concreto. Los pavimentos articulados son ideales para áreas sujetas a cambios térmicos significativos, minimizando el riesgo de daños estructurales.

Figura 2.

Tipos de pavimento.



Nota: (a) rígido, (b) semi rígido, (c) flexible, (d) articulado. Tomado de: Ingeniería de pavimentos, (p.12), por Instituto Tecnológico de Aeronáutica de Brasil, 2000.

2.3. Deterioro en pavimento.

El proceso de etiquetado y cuantificación de los deterioros en el pavimento representa los pasos iniciales fundamentales en el contexto de la evaluación del mantenimiento vial, esta etapa se reviste de gran importancia debido a la ausencia de una estandarización precisa en la definición de los tipos de problemas, lo que podría llevar a una clasificación inconsistente, en la literatura especializada, podemos encontrar múltiples catálogos desarrollados por diversos investigadores y

organizaciones con criterios prácticamente convergentes en cuanto a la identificación y evaluación de los deterioros, uno de los puntos de referencia más ampliamente reconocidos y difundidos es la norma ASTM D6433-16, la cual establece directrices para la identificación y clasificación de deterioros tanto en pavimentos flexibles como en pavimentos rígidos, (Ragnoli et al., 2018).

Según, los tipos de deterioro se han agrupado en cuatro clases:

- A. Agrietamiento.
- B. Deformación visco plástica
- C. Defectos superficiales.
- D. Angustias diversas.

2.3.1. Agrietamiento.

El conjunto de deterioros presentes en el pavimento abarca una variedad de tipos, entre los que se incluyen fisuras por fatiga, fisuras en bloques, fisuras en los bordes, fisuras longitudinales y transversales, así como fisuras por reflexión, la mayoría de estos deterioros están relacionados con factores climáticos, a excepción del agrietamiento tipo cocodrilo, que está vinculado al agrietamiento causado por cargas y deslizamiento debidos al tráfico, la posición, dimensiones y orientación de estas fisuras permiten identificar el tipo específico de deterioro y sus causas subyacentes, tal como se detalla en la Tabla 3, además, cada tipo de fisura tiene diferentes implicaciones en cuanto a la seguridad y comodidad globales de la carretera, por ejemplo, la presencia de fisuras por fatiga indica que el pavimento se encuentra al final de su ciclo de vida útil, muy lejos del estándar recomendado, (Ragnoli et al., 2018).

Tabla 3.

Fallas por agrietamientos.

GRUPO	FALLAS	SEVERIDAD	LÍMITES	DIMENSIÓN TÍPICA	POSICIÓN	CAPA INTERESADA
AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL	Paralelo a la línea central o dirección de tránsito	BAJO. Grietas finas y finas sin rellenar	X < 10 mm		Longitudinal al Cr: recorrido de la rueda Trasversal Cr: dirección de depósito	Curso de uso
		Medio. Grieta de ancho medio rodeada de grietas ligeras y aleatorias	10 < X < 75 mm Sin rellano			
		ALTO. Cualquier fisura rellena o no, rodeada de fisuras aleatorias de gravedad media - alta.	X > 75 mm			
AGRIETAMIENTO POR REFLEJO DE LAS ARTICULACIONES	Pavimento asfáltico	BAJO. Crac sin relleno y racks sellados en buenas condiciones.	X < 10 mm	Forma rectangular de la losa debajo.	Junta de losa	Curso de uso
		MEDIO. Grieta de ancho medio rodeada de grieta secundaria ligera	10 < X < 75 mm Sin rellano			
		ALTO. Ancho de fisura considerable y cualquier fisura rellena o no, rodeada de fisura secundaria de severidad media - alta, pavimento severamente deshilachado y roto.	X > 75 mm			
AGRIETAMIENTO POR DESLIZAMIENTO	Grietas en forma de medialuna	BAJO. Grietas finas	X < 10 mm	En forma de medialuna	Transversal a la dirección de viaje	Curso de uso
		MEDIO. Grieta media o el área alrededor de la grieta está moderadamente desconchada o rodeada de grietas secundarias	10 < X < 40 mm			
		ALTO. Ancho de grieta considerable y el área alrededor está cortada en pedazos fáciles de quitar	X > 40 mm			

GRUPO	FALLAS	SEVERIDAD	LÍMITES	DIMENSIÓN TÍPICA	POSICIÓN	CAPA INTERESADA
AGRIETAMIENTO POR FATIGA Grietas interconectadas	BAJO. Finas grietas longitudinales finas sin grietas interconectadas o con sólo unas pocas. No desconchado.	X < 10 mm Sin relleno	Formas poliédricas, dimensión máxima 50 cm	Camino de la rueda	Capa de rodadura, base tratada	
	MEDIO. Las grietas en la red o el patrón son visibles, ligeramente interconectadas y desconchadas.	10 < X < 75 mm sin relleno o X < 75 mm con desconchad o de grietas < 10 mm				
	ALTO. Las grietas de red o patrón están bien definidas y desconchadas en los bordes, con algunas piezas que pueden balancearse bajo el tráfico.	X > 75 mm sin relleno o desconchad o de grietas > 10 mm				
AGRIETAMIENTO AGRIETAMIENTO DE BLOQUES Grietas longitudinales y transversales, que se cruzan ortogonalmente.	BAJO. Ancho promedio menor a 3 mm Pocas grietas, poco deformadas	X < 10 mm Sin relleno	Forma rectangular	Áreas extendidas	Capa de desgaste	
	MEDIO. Grietas redes	10 < X < 75 mm Sin relleno o X < 75 mm con desconchad o de grietas < 10 mm				
	ALTO. Bloques regulares	X > 75 mm sin relleno o desconchad o de grietas > 10 mm				
AGRIETAMIENTO DEL BORDE Grietas longitudinales paralelas al borde exterior	BAJO. Crujido bajo sin ruptura ni deleite	/	Forma de curva	Paralelo al borde exterior dentro de 0,5 m	Capa de desgaste	
	MEDIO. Fisura media con rotura o deshilachado y pérdida limitada de material.	Pérdida de material X < 10% de la longitud del pavimento.				
	ALTO. Grietas considerables con rotura o desmoronamiento y pérdida limitada de material.	Pérdida de material X > 10% de la longitud del pavimento.				

Nota: Se agrupan los principales tipos de falla por agrietamiento Tomado de Pavement Distress Detection Methods: A Review (p. 14), por Ragnoli, A., De Blasiis, M., & Di Benedetto, A. (2018), Journal Infraestructures.

2.3.2. Deformación Visco plástica.

El grupo de deformaciones visco plásticas comprende todas las alteraciones que involucran tanto las capas superficiales como las inferiores del pavimento, el desprendimiento, la corrugación y la caída de carriles/bordes generalmente conllevan un desplazamiento tanto horizontal como vertical de la capa superior de la estructura del pavimento, mientras que los baches y hundimientos, los surcos, las depresiones, los baches y el oleaje pueden afectar a toda la estructura, la carga representa la causa principal de deterioro visco plástico, seguida por el tráfico y los efectos climáticos, la identificación del tipo específico de deterioro y sus causas subyacentes se basa en la posición, dimensiones y orientación de estas deformaciones.

Tabla 4.

Grupo de deformación visco plástica.

GRUPO	FALLA	SEVERIDAD	LÍMITES	DIMENSIÓN TÍPICA	POSICIÓN	CAPA INTERESADA
DEFORMACIONES VISCO PLÁSTICAS	GOLPES Y HUNDIMIENTOS Desplazamiento localizado hacia arriba/abajo	BAJO, MEDIO, ALTO Falta de calidad de marcha referida al estándar de confort.	BAJA: los baches o hundimientos causan una calidad de marcha de baja severidad	Pequeños desplazamientos localizados	Toda la superficie	Capa de desgaste, Base y Subbase
			MEDIANO: los baches o hundimientos causan una calidad de marcha de severidad media			
			ALTO: los baches o hundimientos provocan una calidad de marcha muy severa			
RUTA	Depresión superficial en la trayectoria de las ruedas	BAJO. profundidad ligera de la rutina	$6 < Y < 13 \text{ mm}$	Depresión de la superficie con levantamiento lateral del pavimento.	Camino de la rueda	Capa de desgaste, Base y Subbase
		MEDIO. profundidad media de la rutina	$13 < Y < 25 \text{ mm}$			
		ALTO. gran profundidad de la rutina	$Y > 25 \text{ mm}$			

GRUPO	FALLA	SEVERIDAD	LÍMITES	DIMENSIÓN TÍPICA	POSICIÓN	CAPA INTERESADA					
DEFORMACIONES VISCO PLÁSTICAS	CORRUGACIONES Crestas y valles muy espaciados que ocurren a intervalos regulares	BAJO, MEDIO, ALTO Falta de calidad de marcha referida al estándar de confort.	Calidad de marcha de baja severidad	Muy espaciado	Perpendicular a la dirección de tráfico	Capa de desgaste, Base					
			Calidad de marcha de severidad media, grietas ligeras y deformaciones visibles								
			Calidad de conducción de alta severidad, grietas considerables, con alto nivel de deformación								
	DEPRESIONES Área de pavimento localizada con elevación ligeramente más baja que el pavimento circundante	BAJO. Baja profundidad Medio. Profundidad media ALTO. Alta profundidad	13 < Y < 25 mm 25 < Y < 50 mm Y > 50 mm	/	Dirección longitudinal	Capa de desgaste, Base y Subbase					
							BACHES	referido a la profundidad máxima y al diámetro de los baches	BAJO, MEDIO, ALTO Según la tabla - niveles de gravedad de los baches. Ver la tabla 3	Forma y diámetro máximo	Toda la superficie
HINCHAR Protuberancia hacia arriba en la superficie del pavimento											
	DE CARRIL / HOMBRO Diferencia de elevación entre el borde del pavimento y la banquina	BAJO, MEDIO, ALTO Referido a la diferencia de elevación entre el borde del pavimento y la banquina	BAJA: 25 < Y < 50 mm	/	Cerca del borde del pavimento	Capa de desgaste					
MEDIANO: 50 < Y < 100 mm											
ALTO: Y > 100 mm											

GRUPO	FALLA	SEVERIDAD	LÍMITES	DIMENSIÓN TÍPICA	POSICIÓN	CAPA INTERESADA
DEFORMACIONES VISCO PLÁSTICAS	EMPUJAR Desplazamiento longitudinal permanente		BAJA: El empujón provoca una calidad de marcha de baja severidad			
		BAJO, MEDIO, ALTO Falta de calidad de marcha referida al estándar de confort.	MEDIANO: El empujón provoca una calidad de marcha de gravedad media	Ola corta y abrupta en el pavimento.	área extendida	Capa de desgaste, Base y Subbase
			ALTO: El empujón provoca una calidad de conducción de alta severidad			

Nota: Se agrupan los principales tipos de falla por deformaciones visco plásticas Tomado de Pavement Distress Detection Methods: A Review (p. 15), por Ragnoli, A., De Blasiis, M., & Di Benedetto, A. (2018), Journal Infraestructures.

2.3.3. Defectos Superficiales.

El grupo de defectos superficiales comprende tres categorías: el sangrado, el agregado de pulido y el deshilachado, el sangrado se produce cuando hay un exceso de ligante bituminoso en la superficie de la capa superior, mientras que el desmoronamiento ocurre debido a la inadecuada adherencia del ligante asfáltico, lo que puede llevar al desprendimiento del árido, en el caso del agregado de pulido, la superficie de la capa superior se vuelve lisa debido al desgaste del árido debido al tráfico, lo que resulta en una disminución de la adherencia, las causas de estos defectos superficiales están relacionadas con las propiedades de los materiales bituminosos y el efecto del tráfico, la identificación del tipo específico de defecto se basa en la posición, dimensiones y orientación de estos problemas, como se detalla minuciosamente en la Tabla 5, (Ragnoli et al., 2018).

Tabla 5.

Grupo de defectos superficiales.

GRUPO	MOLESTIA	SEVERIDAD	LÍMITES	DIMENSIÓN TÍPICA	POSICIÓN	CAPA INTERESADA
Defectos superficiales	EXHUDADO Película de material bituminoso sobre la superficie que crea una superficie reflectante brillante, similar al vidrio.	BAJO, MEDIO, ALTO Relacionado con la frecuencia en el tiempo	BAJA: Grado muy leve y se nota sólo durante unos pocos días del año			Curso de uso
			MEDIANO: El asfalto se pega a los zapatos y a los vehículos sólo unas pocas semanas al año			
			ALTO: El asfalto se adhiere extensa y considerablemente a los zapatos y a los vehículos durante al menos varias semanas al año			
Defectos superficiales	AGREGADO PULIDO La superficie del agregado se vuelve lisa.	BAJO, MEDIO, ALTO Cantidad relacionada	BAJA: <10% de la superficie	Superficie lisa	Camino de la rueda	Curso de uso
			MEDIANO: > 10 y <25% de la superficie			
			ALTO: > 25% de la superficie			
Defectos superficiales	DESALOJO Desalojamiento de la partícula de agregado grueso	BAJO, MEDIO, ALTO Cantidad relacionada	BAJA: Sólo unas pocas áreas iniciales están interesadas.	Clúster o área extendida	Camino de la rueda	Curso de uso
			MEDIANO: Pérdida considerable de agregado grueso o grupos de agregado grueso faltante están presentes.			
			ALTO: La superficie es muy rugosa y picada, puede eliminarse por completo en algunos lugares.			

Nota: Se agrupan los principales tipos de falla por defectos superficiales Tomado de Pavement Distress Detection Methods: A Review (p. 16), por Ragnoli, A., De Blasiis, M., & Di Benedetto, A. (2018), Journal Infraestructuras.

2.3.4. Deterioros diversos.

Los tres problemas finales incluyen parches y servicios públicos, parches cortados, cruces de ferrocarril, cuencas colectoras y tapas de alcantarillas. Estos son problemas comunes en entornos urbanos y se pueden identificar fácilmente debido a sus formas características, Tabla 6, (Ragnoli et al., 2018).

Tabla 6.

Otros tipos de deterioros.

GRUPO	MOLESTIA	SEVERIDAD	LÍMITES	DIMENSIÓN TÍPICA	POSICIÓN	CAPA
OTROS	APLICACIÓN DE PARCHES A LA UTILIDAD	BAJO, MEDIO, ALTO Cantidad relacionada	BAJA: <10% de la superficie	Más de 1m ²	/	Curso de uso
			MEDIANO: > 10 y <25% de la superficie			
			ALTO: >25% de la superficie			
OTROS	CRUCE DE FERROCARRIL	BAJO, MEDIO, ALTO Falta de calidad de marcha referida al estándar de confort.	BAJA: Calidad de marcha de baja severidad		Área de pistas	Curso de uso
			MEDIANO: Calidad de marcha de severidad media			
			ALTO: Calidad de marcha de alta severidad			
OTROS	AGUJEROS	BAJO, MEDIO, ALTO Falta de calidad de marcha referida al estándar de confort.	BAJA: R. provoca conducción de baja gravedad calidad	Más de 1m ²		Curso de uso
			MEDIANO: R. provoca marcha de gravedad media calidad			
			ALTO: R. provoca conducción de alta gravedad calidad			

Nota: Se agrupan los otros tipos de falla, tomado de Pavement Distress Detection Methods: A Review (p. 16), por Ragnoli, A., De Blasiis, M., & Di Benedetto, A. (2018), Journal Infraestructuras.

2.4. Índices de Condición de Pavimentos

Los Catálogos de Problemas de Pavimentos desempeñan un papel crucial al proporcionar un lenguaje común para la identificación, descripción y evaluación de gravedad de los problemas en los pavimentos, estos aspectos son esenciales para una Agencia de Carreteras comprometida en la implementación de un eficiente Sistema de Gestión de la Red de Carreteras, los procedimientos estandarizados para la recopilación de datos, la utilización de índices sólidos para evaluar la condición del pavimento y la capacitación de expertos en la recopilación de datos del pavimento son requisitos esenciales para el éxito del sistema, (Ragnoli et al., 2018).

Los principales aspectos que guían la formulación la Gestión de Pavimentos son la comodidad, la seguridad y las consideraciones económicas, una estrategia de mantenimiento adecuada se define equilibrando estos factores y utilizando herramientas específicas que se basan en la información actual sobre el estado del pavimento, además de tener en cuenta las prioridades de la Agencia de Carreteras, como el Índice de Condición del Pavimento (PCI), el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), la Profundidad de las Fisuras (RD) y el Índice de Condición del Pavimento (PCI), en la siguiente Tabla 7 resume los índices mencionados anteriormente, (Ragnoli et al., 2018).

Tabla 7.

Revisión de índices para la evaluación de la superficie de pavimentos viales.

Índice	Información	Medición	Método de Encuesta
PCI	Superficie del pavimento	Tipo, gravedad y cantidad de deterioro	Inspección visual
ES	Calidad de conducción	Aspereza	Perfil de la carretera
RD	Deformación	Deflexión longitudinal del pavimento	Perfil de la carretera
PSI	Calidad de conducción	Presentación funcional	Inspección visual

Nota: Revisión de los índices para la evaluación de superficie de pavimentos, tomado de Pavement Distress Detection Methods: A Review (p. 16), por Ragnoli, A., De Blasiis, M., & Di Benedetto, A. (2018), Journal Infraestructuras.

2.4.1. PSR (Present Serviceability Rating)

Es un sistema de calificación utilizado para evaluar la calidad y el estado de las superficies de carreteras y pavimentos, pero el método actualmente no es utilizado debido que fue reformado a PSI, (Ragnoli et al., 2018).

2.4.2. PSI (Present Serviceability Index).

Es un parámetro que se utiliza para describir la condición funcional del pavimento con respecto a la calidad de circulación: proporciona una valoración de la capacidad de la carretera para servir al tráfico: tiene en cuenta varias características de la carretera, como variación de la pendiente, profundidad de la rodera, grietas y superficie de parcheo, el PSI se utiliza para proporcionar una evaluación integral de las condiciones del pavimento, tanto para los aspectos de seguridad como de confort: la complejidad hace que sean necesarios varios datos de entrada para el cálculo, (Ragnoli et al., 2018).

2.4.3. IRI (International Roughness Index)

Este índice proporciona una clasificación de la calidad de la marcha en función del perfil longitudinal seguido por la trayectoria de una rueda en movimiento, el perfil necesario para calcular este índice puede obtenerse utilizando cualquier instrumento de medición válido, que va desde niveles de varilla estática hasta perfiladores inerciales de alta velocidad, la rugosidad del pavimento guarda una relación directa con la calidad de la marcha, el confort y la seguridad, debido que es una de las causas potenciales de accidentes debido a la pérdida de control del vehículo causada por la irregularidad en la superficie del pavimento, (Ragnoli et al., 2018).

2.4.4. Ruth Depth (RD)

Una medida que evalúa la deflexión longitudinal del pavimento a lo largo de la trayectoria de las ruedas, como resultado de la acumulación de deformaciones viscoplásticas en las capas del pavimento y la subrasante, el ahuellamiento o

hundimiento del pavimento, que se mide mediante la RD, suele ser causado por la repetición de cargas de tráfico intenso o el desplazamiento lateral del material en las capas del pavimento, este indicador es de gran relevancia en términos de seguridad vial, debido que en condiciones de clima húmedo, un nivel elevado de surcos puede aumentar la posibilidad de hidro planeo y provocar la pérdida de control de los vehículos en la carretera, (Ragnoli et al., 2018).

2.4.5. Pavement Condition Index (PCI)

Fue desarrollado para proporcionar una medida de la integridad del pavimento y la condición operativa de la superficie basada en una escala numérica, la escala tiene rango máximo de 100 que representa las condiciones perfectas y 0 la fallida, el método se basa en un estudio visual: el grado de deterioro es función del tipo de deterioro, de su gravedad y de la cantidad o densidad de la unidad de muestra considerada, (Ragnoli et al., 2018).

2.4.6. Pavement Management System (PMS).

Es el conjunto de instrumentos y técnicas diseñadas para permitir la asistencia al investigador dentro de la toma de decisiones en la identificación de las estrategias óptimas para la planificación, evaluación y mantenimiento sostenible de las superficies de pavimentos a lo largo del tiempo. Algunas entidades utilizan también el término Programa de Gestión del Pavimento (PMP) en adición al PMS. El PMP comparte una estructura similar y es comparable al PMS en muchos aspectos, aunque destaca por dar una mayor relevancia al componente financiero durante la fase de selección de proyectos y programación, involucrando aspectos como las proyecciones presupuestarias y la asignación de recursos financieros, entre otros, (Salem & Louzi, (2023).

2.5. Diseño de pavimentos asfálticos reciclados.

El diseño de pavimentos asfálticos reciclados se refiere al proceso de planificación y creación de estructuras de pavimento que involucran el uso de materiales asfálticos reciclados. En este contexto, se considera la reutilización de materiales

asfálticos existentes provenientes de pavimentos antiguos o desgastados. El diseño de estos pavimentos busca optimizar la durabilidad, resistencia y sostenibilidad mediante la incorporación de técnicas y tecnologías que permitan la reintegración de materiales reciclados en nuevas capas asfálticas. Esto no solo contribuye a la gestión sostenible de recursos, sino que también puede tener beneficios económicos y medioambientales al reducir la necesidad de utilizar materiales vírgenes y minimizar los residuos de construcción. Dependiendo de varios factores se selecciona un método reciclado para cubrir diferentes tipos de deterioros.

Tabla 8.

Guía para la selección del método de reciclado

Tipos de deterioro en pavimentos	Reciclado en planta caliente	Reciclado en el sitio	
		Superficial en caliente	En frío.
Defectos superficiales			
Desprendimiento	●	●	
Exudación	●	●	
Superficie resbaladiza	●	●	
Deformaciones			
Abultamiento	●	●	
Ahuellamiento poco profundo	●	●	
Ahuellamiento profundo			●
Agrietamiento asociado a las cargas de tránsito			
Piel de cocodrilo	●		●
Longitudinal en la banda de rodamiento	●	●	●
Parabólicas		●	
Agrietamiento no asociado a las cargas de tránsito			
Grietas en Bloque	●		●
Grieta longitudinal de junta	●	●	
Grietas transversales de contracción	●		●
Agrietamiento por reflexión	●		●
Rugosidad			
Falta general de regularidad superficial	●	●	
Depresiones	●	●	

Nota: Los puntos indican en qué casos son utilizados los diferentes métodos de reciclado, tomado de Diseño de obras de rehabilitación para la corrección de deficiencias estructurales (p. 54), por Sánchez Sabogal Fernando (2020).

2.5.1. Enfoque para el diseño del reciclado en planta en caliente.

El proceso de reciclado en planta en caliente da lugar a una mezcla que guarda semejanza con una nueva. Su utilización como capa superior tiene el propósito de corregir deficiencias funcionales en la calzada, en situaciones donde no se lleva a cabo un dimensionamiento. Asimismo, se emplea para mejorar la capacidad estructural del pavimento, en cuyo caso el diseño de la rehabilitación se corresponde con el diseño de sobre capas asfálticas.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Las primeras consideraciones que debe tomar en cuenta el investigador son el tipo y nivel de investigación para el diseño metodológico de las variables de estudio, este proceso metodológico orienta al investigador en los procesos sistemáticos que debe desarrollar durante el proyecto ejecutado, creando un plan de acción donde se encuentran implícitas las líneas de donde se obtendrán los resultados esperados.

3.1.1. Tipo de investigación.

El estudio utiliza la investigación de tipo aplicada, también referida como práctica o empírica, caracterizada por buscar la implementación de conocimientos adquiridos en conjunto a la adquisición de nuevos saberes (Vargas Cordero, 2009), considerando que abarca todos los esfuerzos organizados y destinados a abordar problemas o intervenir en situaciones. En este contexto, se comprende como investigación aplicada tanto la innovación en campos técnicos, artesanales e industriales como la investigación científica propiamente dicha.

En el presente estudio se utiliza la investigación aplicada utilizando teorías científicas previamente confirmadas para resolver cuestiones prácticas y gestionar situaciones comunes de la vida diaria, poniendo en práctica conceptos relacionados con pavimentos, fallas en pavimentos, índices de evaluación de estado de pavimentos y sistema de gestión de pavimentos, que nos permiten comprender y evaluar el estado actual de una vía de la provincia de Santa Elena y proponer estrategias útiles en la rehabilitación y construcción de la misma.

3.1.2. Nivel de Investigación.

De acuerdo con (Ramos-Galarza, 2020) la investigación se ubica dentro del nivel cualitativo donde con modelos explicativos basados en ecuaciones estructurales se propone una teoría que busque una comprensión de un fenómeno. El estudio al ser de carácter experimental permite comprobar hipótesis que

expliquen el comportamiento de un determinado fenómeno, determinando los elementos de causa y efecto de los fenómenos de interés para el investigador.

Los elementos causales se relacionan con las variables dependiente: Récord presente de serviciabilidad (PSR) y Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) e independiente: Fallas funcionales en el pavimento, que al contener una estrecha relación presentan en el nivel más profundo de la investigación los resultados y conclusiones de la presente investigación.

3.2. MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO

3.2.1. Método.

Para la obtención de resultados se aplica el método descriptivo que se utiliza para describir características de una población o fenómeno sin manipular variables (Rodríguez Jiménez & Pérez Jacinto, 2017). Se basa en la observación y la recopilación de datos, y se utiliza en estudios de encuestas y observacionales.

3.2.2. Enfoque.

El enfoque de la investigación es de tipo mixto, su parte cuantitativa se basa en la recopilación y el análisis de datos numéricos, utilizando formulas y métodos matemáticos y escalas estadísticas se puede medir y cuantificar porcentajes de daños de las condiciones de los pavimentos en la vía, la parte cualitativa se centra en la comprensión y recopilación datos no numéricos, como las inspecciones visuales, aplicación de encuestas para su posterior análisis para identificar patrones y significado, todo esto brindará un inventario útil de daños en la vía.

3.2.3. Diseño de la investigación.

La investigación es de diseño transversal puesto que en esta los sujetos de estudio son evaluados con la recopilación de datos de su estado en un mismo punto del tiempo, la vía se derivará en tramos cuya comparativa y análisis serán útiles para determinar el estado global y específico de los pavimentos de la vía estudiada.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

Estos conceptos se refieren a la delimitación de las características a estudiar, la población es el grupo completo de elementos bajo estudio, la muestra es una parte representativa de esa población y el muestreo es el proceso de selección de esa muestra de manera que sea representativa y permita obtener conclusiones sobre la población en su conjunto.

3.3.1. Población.

La población de estudio se define como un conjunto de casos específico, claramente delimitado y accesible, que servirá como base para seleccionar la muestra, y que cumple con criterios preestablecidos, estos casos específicos pueden ser individuos o elementos que comparten una característica común y que son el foco de atención en una investigación. En la investigación desarrollada la población es la red vial de la provincia de Santa Elena

3.3.2. Muestra

Una muestra es un subconjunto seleccionado de la población total, los investigadores eligen cuidadosamente una muestra más pequeña y representativa que les permita obtener información y hacer inferencias sobre la población completa. La muestra seleccionada de la población total será la Vía: Valdivia – Sinchal – Barcelona – Loma Alta, que es el objeto de estudio.

3.3.3. Muestreo

El muestreo es el proceso de seleccionar y recopilar un conjunto representativo de elementos o individuos de una población más amplia con el propósito de realizar inferencias o análisis sobre dicha población. En el ámbito estadístico y de investigación, el muestreo es esencial para obtener datos de manera eficiente y económica, evitando la necesidad de examinar toda la población. Para el estudio se utilizan muestreos en base a encuestas realizadas a los usuarios y la inspección visual de toda la vía subdivida por tramos que componen la

infraestructura vial de las comunas, utilizando un segmento de la población que es el que utiliza con mayor frecuencia la vía en estudio.

3.4. UBICACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO

La definición del sector de estudio corresponde al lugar específico donde se desarrolla la investigación, este espacio físico albergará las variables de estudio y presentara el lugar donde se realizarán la obtención de datos, la delimitación de los tramos de estudio garantizará la correcta interpretación y validación de los datos de estudio.

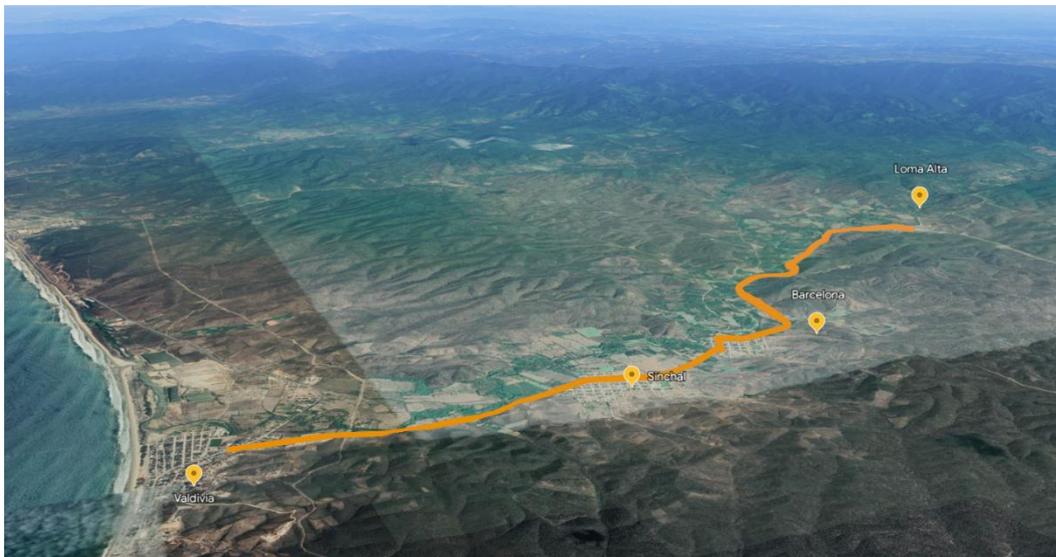
3.4.1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.

La obtención de la topografía del sector de estudio se realiza con la obtención de las cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar (IGM) y planos de la vía facilitados por el departamento de vialidad del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santa Elena (GADPSE), estos permitirán trazar la ruta de estudio. Adicionalmente se utilizaron imágenes satelitales de Google Earth, una fuente de libre acceso de datos geoespaciales, que se obtienen fácilmente a través de la plataforma en línea de Google Earth, los usuarios pueden acceder a estas imágenes con solo ingresar direcciones, coordenadas geográficas o nombres de lugares en la función de búsqueda, lo que permite una selección rápida y precisa de ubicaciones de interés.

La mayor información de la vía se recopiló de los documentos del GADP Santa Elena que incluyen los estudios de diseño y la consultoría realizada para la posterior construcción de esta.

Figura 3.

Ubicación de marcadores Vía Valdivia – Sinchal – Barcelona – Loma Alta.



Nota: Vista Isométrica de tramos de vía en estudio, Tomado de Google Earth, (2023)

3.5. INFORMACIÓN PREELIMINAR DEL ÁREA DE ESTUDIO

Acorde a la documentación presentada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santa Elena, en su documento técnico “Estudios de rehabilitación y diseños definitivos de la vía Barcelona - Loma Alta, de 5.0 km ubicada en la parroquia Colonche de la Provincia de Santa Elena” describe la información obtenida en los criterios de Topografía, Estudio de Tráfico, Afluentes de materiales. La información recopilada es base para evaluar como el comportamiento de la vía ha evolucionado a partir del año de diseño de esta en conjunto con los diversos factores asociados a la calidad constructiva de la obra vial. Sin embargo, es importante recalcar que este estudio solo incluye el estudio del tramo Barcelona – Loma Alta, que constituye una parte del estudio completo, sin embargo, al ser un axioma de una carretera de mayor envergadura, puede darnos muestras de factores que inciden en los demás tramos, al relacionarse como una ruta de tránsito y de transporte de mercadería en rutas agrícolas.

3.6. METODOLOGÍA DEL OE.1: IDENTIFICAR FALLAS FUNCIONALES EN EL PAVIMENTO DE LA VÍA VALDIVIA - SINCHAL - BARCELONA - LOMA ALTA MEDIANTE EL MÉTODO PSR EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Para el desarrollo de la metodología se refiere a la evaluación de pavimentos flexibles utilizando el método de Índice de Estado Superficial de Pavimentos (PSR) para identificar fallas funcionales en el pavimento de la Vía Valdivia - Sinchal - Barcelona - Loma Alta. Se sigue un conjunto de pasos que comprende desde la recopilación de datos iniciales, la selección de los tramos de evaluación e identificación de las causas de fallas existentes.

3.6.1. Recopilación de datos iniciales y selección de tramos.

Se recopilan datos iniciales sobre la carretera, incluyendo su longitud, ancho, puntos importantes de la red vial, tipo de pavimento, historial de mantenimiento, tráfico promedio, y la selección de tramos representativos de la carretera para llevar a cabo la evaluación. Estos tramos deben abarcar diferentes condiciones del pavimento y zonas de interés. En conjunto con una visita de campo se pudo evaluar las condiciones del pavimento y se realizan las mediciones correspondientes de los principales aspectos que indican fallas funcionales o problemas significativos en el pavimento.

Para el desarrollo metodológico de este objetivo se enfocan los esfuerzos en detallar el estado actual de la vía y las principales fallas funcionales de la misma, se realiza una inspección detallada donde se evidencian las fallas y el estado actual de la vía. El resultante de esta metodología proporcionará una visión completa del estado de la vía y las acciones necesarias para abordar sus fallas funcionales, contribuyendo así a la seguridad y eficiencia del sistema de transporte.

3.6.2. Índices de calidad:

Con la utilización de los datos obtenidos con anterioridad se utiliza los resultados para crear correlaciones de los Índices de Estado Superficial de Pavimentos (PSR), el Índice de Distress y otros indicadores que permitan cuantificar la calidad del pavimento y la vía en general. Además, con ello se evalúa la serviciabilidad percibida por los usuarios y si se considera una carretera funcional de acuerdo con los estándares requeridos.

3.6.3. Identificación de Fallas Funcionales:

A partir de los datos recopilados en la inspección de campo y las mediciones de calidad, se identifican las principales fallas funcionales de la vía. Estas fallas incluyen baches, fisuras, desprendimiento del pavimento, falta de señalización adecuada, problemas de drenaje, además de otros problemas que afecten la seguridad y comodidad de los usuarios.

3.6.4. Priorización de Fallas:

Por medio de parámetros de calidad se clasifican las fallas identificadas en función de su gravedad y su impacto en la funcionalidad de la vía. Esto permitirá emitir criterios de priorización para ejercer acciones necesarias para abordar las fallas más críticas que podrían generar problemas fuertes a futuro.

3.6.5. Generación de catálogo de fallas

La documentación adecuada se sintetizará en un informe técnico que incluye un catálogo de fallas que mostrarán el estado actual de la vía y las principales fallas funcionales identificadas, incluyendo información sobre la ubicación de las fallas, su tipo, su extensión y su impacto en la vía y en la seguridad de los usuarios, además de cómo estas fallas afectan a la percepción del usuario durante el tránsito sobre la misma.

3.6.6. Análisis de Resultados en catálogo de fallas:

Se analizan los datos obtenidos de las mediciones, se identifican tramos que catalogan el conjunto de fallas en conjunto con un análisis más detallado para identificar las posibles causas de las fallas funcionales identificadas. Esto podría incluir factores como el tráfico, las condiciones climáticas, la calidad de los materiales, la construcción y el mantenimiento previo y se genera un catálogo que documenta y sintetiza los hallazgos, las acciones recomendadas y las conclusiones de la evaluación. Este informe servirá como base para la planificación de futuras intervenciones en la carretera.

3.7. METODOLOGÍA DEL OE. 2: DETERMINAR LA PERCEPCIÓN DE LOS USUARIOS DE LA SERVICIABILIDAD DE LA VÍA UTILIZANDO LA METODOLOGÍA PSI EN EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.

La determinación de la percepción de los usuarios sobre la serviciabilidad de la vía utilizando la Metodología PSI (Índice de Satisfacción del Usuario) en la evaluación de pavimentos flexibles implica la recopilación de datos a través de encuestas. Esta metodología ayuda a integrar la opinión de los usuarios en la evaluación de pavimentos flexibles y garantiza que las mejoras se alineen con las necesidades y expectativas de quienes utilizan la vía, lo que contribuye a la eficiencia y la seguridad del sistema de transporte.

3.7.1. Diseño y proceso de la Encuesta

Para el cumplimiento del objetivo se diseña una encuesta que contemple las variables relevantes para evaluar la satisfacción del usuario en relación con la vía. Incluye aspectos como la comodidad del viaje, la seguridad, la calidad del pavimento, la señalización y otros factores que afectan la experiencia del usuario. Las preguntas utilizadas en el proceso de encuesta se determinaron tomando en cuenta las variables de movilidad, seguridad, comodidad, expuestas en las tablas mostradas.

Tabla 9.

Preguntas relacionadas a la variable movilidad

Número	Pregunta	Criterio evaluado
1	¿Suele experimentar congestión vehicular en la vía?	Congestión
2	¿Esta vía proporciona acceso a diversas áreas de servicio?	Accesibilidad
3	¿Considera usted que el ancho de la vía es el adecuado?	Diseño geométrico

Tabla 10.

Preguntas relacionadas a la variable seguridad

Número	Pregunta	Criterio evaluado
4	¿La vía cuenta con señalización vertical y horizontal?	Señalización
5	¿Ha sufrido siniestros ocasionados por el estado de la vía?	Accidentes

Tabla 11.

Preguntas relacionadas con la variable comodidad.

Número	Pregunta	Criterio evaluado
6	¿Cuál es la satisfacción que siente al conducir en la vía?	Confort
7	¿Cómo considera el estado de la vía de acuerdo con su percepción?	Estado de la vía

El conjunto de preguntas se puntúa de acuerdo con el criterio expuesto en la tabla 12, se considera que el congestión vehicular, el confort y la percepción del usuario del estado de la vía son los ítems con mayor ponderación seguidos del diseño geométrico, los accidentes y la última instancia la accesibilidad a servicios.

Tabla 12.

Puntuaciones referidas a encuestas.

Puntuaciones de acuerdo con preguntas de encuesta		
Ítems	Criterio	Puntuación
1	Congestión	20
2	Accesibilidad	5
3	Diseño geométrico	10
4	Señalización	5
5	Accidentes	10
6	Confort	25
7	Estado de la vía	25
Total		100%

3.7.2. Selección de Muestra y recopilación de datos:

Para determinar el tamaño y la composición de la muestra de usuarios que se encuestarán. La muestra debe ser representativa de la población de usuarios de la vía en cuestión. En este caso se seleccionaron un grupo de personas aleatoriamente que circulan por esta vía y se realizó las encuestas a usuarios, medios de transporte y pasajeros. Las encuestas se realizaron en sitio en diferentes horarios y días de la semana para obtener una visión más completa de las percepciones de los usuarios.

3.7.3. Análisis de Datos:

Procesar y analizar los datos recopilados en las encuestas. Esto puede incluir la creación de un sistema de puntuación basado en las respuestas de los usuarios, que permita cuantificar la satisfacción del usuario, en conjunto utilizando la metodología establecida. El PSI generalmente se expresa en una escala que va de 0 a 5, donde un valor más alto indica una mayor satisfacción del usuario.

3.8. METODOLOGÍA DEL O.E.3. DESARROLLAR ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN DE LA VÍA VALDIVIA - SINCHAL - BARCELONA - LOMA ALTA A TRAVÉS DEL DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA MEJORAR LAS CONDICIONES DE LA VÍA.

Con esta información, se inicia el diseño de la rehabilitación y reconstrucción de pavimentos flexibles, considerando factores como la resistencia estructural requerida, el tipo de tráfico proyectado y las condiciones climáticas locales. Esto implica la selección de materiales apropiados, el cálculo de espesores necesarios y la definición de técnicas de construcción que maximicen la durabilidad y la resistencia del pavimento.

3.8.1. Rehabilitación de pavimentos acorde a normativa AASHTO-93.

Se refiere a un enfoque específico basado en las directrices de la Asociación Americana de funcionarios de Carreteras y Transporte (AASHTO, por sus siglas en inglés) del año 1993. La introducción establece el contexto y la base para la aplicación del método AASHTO-93 en la rehabilitación de pavimentos. Se espera que esta sección brinde una visión general de los principios y objetivos del método.

Consideraciones para la factibilidad de cada tipo de refuerzo:

Aquí se analizan aspectos relacionados con la viabilidad de diferentes tipos de refuerzos. Puede abordar preguntas como qué tipo de refuerzo es más apropiado en situaciones específicas y qué condiciones del pavimento se deben tener en cuenta al tomar decisiones sobre el refuerzo a utilizar.

Condiciones importantes en el diseño de un refuerzo:

Esta sección destaca las condiciones cruciales que deben considerarse durante el diseño de un refuerzo para pavimentos. Podría incluir factores como las características del tráfico, las propiedades del suelo y la resistencia estructural requerida.

Refuerzo de concreto asfáltico sobre pavimentos de concreto asfáltico:

Se aborda la aplicación del método AASHTO-93 específicamente para pavimentos de concreto asfáltico. Puede incluir detalles sobre la viabilidad del refuerzo, reparaciones previas necesarias, control de fisuras y consideraciones de diseño de espesores.

Refuerzo de concreto asfáltico sobre pavimentos de hormigón:

Similar a la sección anterior, pero se centra en pavimentos de hormigón. Examina la factibilidad del refuerzo, tareas de reparación previas, control de fisuras y criterios de diseño de espesores para este tipo de pavimento.

En resumen, esta metodología específica se ocupa de la rehabilitación de pavimentos mediante la implementación de refuerzos, utilizando pautas definidas por la AASHTO en 1993. Cada sección aborda aspectos específicos y consideraciones cruciales para el diseño y la aplicación efectiva de refuerzos en diferentes tipos de pavimentos.

Tabla 13. Cuadro de operacionalización de las variables

Variab	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	
Variable Dependiente:	<i>Catálogo de Fallas</i>	Identificación de fallas funcionales en el pavimento mediante índices de serviciabilidad de la vía	Realización de catálogo de fallas e identificación de fallas funcionales en el pavimento	Resultados del índice PSI	Calificación	Escala
				Catálogo de fallas	Informe	Unidad
	<i>Rehabilitación del pavimento</i>	Diseñar rehabilitación de pavimentos acorde a la normativa AASHTO 93	Calcular la rehabilitación del tramo seleccionado	Diseño estructural del Pavimento	Espesores de capa	cm
Variable Independiente:	Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)	Sistema de calificación utilizado para evaluar la calidad y el estado de las superficies de carreteras y pavimentos	Tiene en cuenta varias características de la carretera, como variación de la pendiente, profundidad de la rodadura, grietas y superficie de parcheo (AASHTO), 1993)	Tipo, gravedad y cantidad de deterioro Presentación funcional	Índice	Adimensional

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

El capítulo de resultados presenta los hallazgos obtenidos como resultado de la investigación realizada. En este capítulo, se resumen y se presentan los datos recopilados, se muestran las pruebas y análisis estadísticos realizados, y se exponen los resultados de las investigaciones en función de los objetivos y las hipótesis planteadas (Manterola et al., 2007).

4.1. RESULTADOS DEL OE1: IDENTIFICAR FALLAS FUNCIONALES EN EL PAVIMENTO DE LA VÍA VALDIVIA - SINCHAL - BARCELONA - LOMA ALTA MEDIANTE EL MÉTODO PSR EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.

De acuerdo con la metodología propuesta la división de los tramos de acuerdo con los límites comunales resultó en la delimitación de tres tramos de estudio como se observan en la **Figura 4** y la **Tabla 14**.

Figura 4.

Delimitación de tramos en la vía Sinchal – Barcelona - Loma Alta

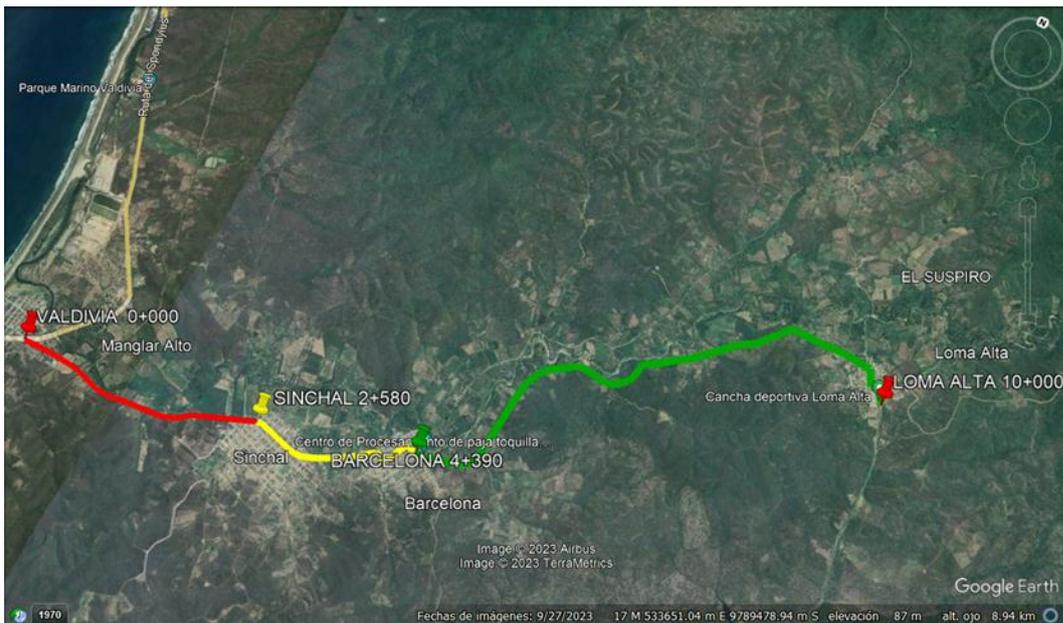


Tabla 14.

Distancia de tramos en la vía Sinchal – Barcelona - Loma Alta.

SECTOR	COORDENADAS		DISTANCIA (Km)
	NORTE	ESTE	
VALDIVIA	9785467.67	530939.52	2.58
SINCHAL	9785749.00	533424.00	1.81
BARCELONA	9786129.90	534960.90	5.61
	TOTAL		10.00

4.1.1. CATALOGO DE FALLAS.

El catálogo de fallas generado para la vía Sinchal – Barcelona - Loma Alta se ha elaborado mediante la delimitación de tramos y la realización de un exhaustivo recorrido en cada uno de ellos. Este enfoque sistemático ha permitido la observación detallada y la catalogación precisa de las diversas fallas funcionales presentes en la vía. Los resultados de este análisis se encuentran resumidos de manera organizada en la tabla correspondiente, proporcionando una visión consolidada de las condiciones y problemáticas identificadas en diferentes segmentos de la vía.

Durante la exhaustiva inspección de la vía Sinchal – Barcelona - Loma Alta, se identificaron diversas fallas funcionales que abarcan un espectro variado de condiciones. Entre las principales fallas encontradas se destacan fisuras longitudinales y transversales, así como la presencia de piel de cocodrilo. Estas fisuras pueden atribuirse a tensiones inducidas por cargas repetidas, variaciones climáticas y envejecimiento del pavimento. Asimismo, se observaron bacheo o reparaciones previas, posiblemente derivadas de intervenciones anteriores para corregir defectos en la estructura. La presencia de baches y ahuellamiento sugiere desgaste y deformación localizada, mientras que el hundimiento podría vincularse a problemas en la capa subyacente del pavimento. La corrugación, por otro lado, indica irregularidades superficiales que pueden estar relacionadas con el tránsito vehicular y la falta de uniformidad en la construcción. Estas observaciones proporcionan un diagnóstico detallado que servirá como base para el desarrollo de estrategias específicas de rehabilitación y mantenimiento de la vía.

Tabla 15. Catálogo de fallas del pavimento.

TIPO DE FALLA	TRAMO	ABSCISA	ÁREA POR INTERVENIR	% INTERVENCIÓN	DESCRIPCIÓN	FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN	CAUSAS COMUNES
FISURA LONGITUDINAL 	VALDIVIA - SINCHAL	0+000 - 2+580	2.30 m	6	Rotura longitudinal sensiblemente paralela al eje de la carretera, con abertura mayor a 3 mm.	En cualquier nivel, reparar las grietas en mantenimiento rutinario.	Juntas longitudinales de construcción inadecuadas
	SINCHAL- BARCELONA	2+580 - 4+390	1.10 m				Uso de ligantes (asfaltos) muy duros.
	BARCELONA - LOMA ALTA	4+390 - 10+000	1.30 m				Ligantes (asfaltos) envejecidos.
FISURA TRANSVERSAL 	VALDIVIA - SINCHAL	0+000 - 2+580	2.72 m	6	Rotura transversal sensiblemente perpendicular al eje de la carretera, con abertura mayor a 3 mm.	LIGERO Y MEDIO: Reparación en mantenimiento rutinario. FUERTE: Sustitución de la capa de rodadura o recapeo con espesor suficiente.	Juntas transversales de construcción inadecuadas
	SINCHAL- BARCELONA	2+580 - 4+390	1.64 m				Uso de ligantes (asfaltos) muy duros.
	BARCELONA - LOMA ALTA	4+390 - 10+000	0.72 m				Reflejo de grietas en bases rígidas (bases estabilizadas).

TIPO DE FALLA	TRAMO	ABSCISA	ÁREA POR INTERVENIR	% INTERVENCIÓN	DESCRIPCIÓN	FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN	CAUSAS COMUNES
PIEL DE COCODRILO 	VALDIVIA - SINCHAL	0+000 - 2+580	7.20 m	2	Roturas longitudinales y transversales, con separación menor a 15 cm, y con abertura creciente según avanza el deterioro.	LIGERO: Lechada superficiales cada área afectada.	Incompatibilidad de deflexiones con el espesor de la capa de rodadura. Subdrenaje inadecuado en sitios aislados. Uso de ligantes (asfaltos) muy duros.
	SINCHAL- BARCELONA	2+580 - 4+390	1.64 m			MEDIO: Lechada superficial en todo el tramo.	
	BARCELONA - LOMA ALTA	4+390 - 10+000	3.55 m			FUERTE: Recuperación de base para estabilización como refuerzo. Nueva capa de rodadura.	
BACHEO O REPARACIONES 	VALDIVIA - SINCHAL	0+000 - 2+580	53.0 m	2	Hundimiento local de la calzada, con agrietamiento en la malla cerrada y generalmente pérdida parcial de bloques de la capa de rodadura (carpeta).	LIGERO: Tratamiento de mantenimiento rutinario.	Estructura inadecuada. Defecto constructivo aislado. Subdrenaje inadecuado.
	SINCHAL- BARCELONA	2+580 - 4+390	5.60 m			MEDIO: Nueva capa de rodadura.	
	BARCELONA - LOMA ALTA	4+390 - 10+000	0.80 m			FUERTE: Estabilización de base en 15 o 20 cm. Nueva capa de rodadura.	

TIPO DE FALLA	TRAMO	ABSCISA	ÁREA POR INTERVENIR	% INTERVENCIÓN	DESCRIPCIÓN	FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN	CAUSAS COMUNES
BACHES 	VALDIVIA - SINCHAL	0+000 - 2+580	0.10 m	15	Constituyen daños estructurales que interrumpen la continuidad del pavimento; su presencia es indicativa de insuficiente mantenimiento.	DIAMETRO	Evolución de daños tales como piel de cocodrilo, hundimientos.
	SINCHAL- BARCELONA	2+580 - 4+390	1.60 m			Baches de 15cm a 25cm: BAJO	Espesores del pavimento insuficientes.
	BARCELONA - LOMA ALTA	4+390 - 10+000	0.80 m			Baches de 25cm a 50cm: MEDIO Baches mayor de 50 cm: ALTO	Uso de materiales y mezcla de calidad pobre (técnicas de control de calidad deficientes).
AHUELLAMIENTO 	VALDIVIA - SINCHAL	0+000 - 2+580	0.10 m	1	Deformación del perfil transversal por hundimiento a lo largo de las rodadas, con la aparición de cordones laterales a cada lado de la rodera.	LIGERO: Rellenar la rodera en mantenimiento rutinario.	Uso de ligantes (asfalto) blandos.
	SINCHAL- BARCELONA	2+580 - 4+390	0.50 m			MEDIO: Rellenar la rodera en forma continua.	Dosificación del ligante (asfalto) en exceso. Uso de áridos (agregados) redondeados.
	BARCELONA - LOMA ALTA	4+390 - 10+000	24.50 m			FUERTE: Fresar la capa de rodadura y sustituirla la banda de circulación afectada.	Compactación o calidad deficiente de la base.

TIPO DE FALLA	TRAMO	ABSCISA	ÁREA POR INTERVENIR	% INTERVENCIÓN	DESCRIPCIÓN	FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCIÓN	CAUSAS COMUNES
HUNDIMIENTO 	VALDIVIA - SINCHAL	0+000 - 2+580	2.10 m	1	Deformación del perfil transversal, tanto por hundimiento a lo largo de las rodadas como por elevación de las áreas vecinas adyacentes a las rodadas. Presentan una deformación más amplia que las roderas.	Se definen en 3 niveles. BAJO: Se encuentra entre 13 mm a 25 mm. MEDIO: Se encuentra entre 25 mm a 50 mm. ALTO: La profundidad máxima del área es mayor a 50mm.	Asentamiento o consolidación de estratos comprensibles de la fundación. Deficiente nivelación de bases y subbases). Falta de confinamiento lateral de los paseos (hundimiento de borde).
	SINCHAL- BARCELONA	2+580 - 4+390	2.60 m				
	BARCELONA - LOMA ALTA	4+390 - 10+000	12.50 m				
CORRUGACIÓN 	VALDIVIA - SINCHAL	0+000 - 2+580	0.60 m	1	La separación entre crestas es menor de 3m, encontrándose por lo general en un rango de 0.60 a 0.90m.	BAJO: La ondulación causa cierta vibración en el vehículo. MEDIO: La ondulación causa una significativa vibración. ALTO: La ondulación causa una vibración excesiva en el vehículo.	Altas temperaturas de servicio. Contaminación de las mezclas asfálticas, falta de aireación de mezclas con asfaltos líquidos. Excesos de humedad en subrasante o capas granulares (asentamientos diferenciales).
	SINCHAL- BARCELONA	2+580 - 4+390	0.80 m				
	BARCELONA - LOMA ALTA	4+390 - 10+000	0.90 m				
TOTAL =				37 %	REHABILITACION PAVIMENTO RECICLADO		

4.2. RESULTADOS DEL OE. 2: DETERMINAR LA PERCEPCIÓN DE LOS USUARIOS DE LA SERVICIABILIDAD DE LA VÍA UTILIZANDO LA METODOLOGÍA PSI EN EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.

La interpretación de los resultados de la encuesta debe considerar el contexto y tener en cuenta las metas y objetivos específicos de la evaluación de serviciabilidad, considerando que los tramos delimitados se obtienen evaluaciones individuales de cada tramo de la vía.

4.2.1. Preguntas relacionadas a la variable movilidad.

Los resultados de las encuestas se aplican a los usuarios de la vía en tres tramos de estudio, las preguntas realizadas se relacionan con la facilidad de transitar por medio de la vía

4.2.1.1. *¿Suele experimentar congestión vehicular en la vía?*

Los resultados de las encuestas a la pregunta *¿Suele experimentar congestión vehicular en la vía?* en el tramo Valdivia – Sinchal se resumen en la tabla 17, del tramo Sinchal – Barcelona en la tabla 19, y en el tramo Barcelona – Loma Alta en la tabla 21.

Tabla 16.

Respuestas a pregunta *¿Suele experimentar congestión vehicular en la vía?* en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.

Tramo 1: Valdivia - Sinchal		
Respuesta	Puntuación	Frecuencia
Nada frecuente	5	7
Poco frecuente	4	22
Algo frecuente	3	39
Frecuente	2	27
Muy frecuente	1	4
Total		99

Tabla 17.

Resultados de pregunta: ¿Suele experimentar congestión vehicular en la vía? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.

Tramo 1: Valdivia - Sinchal	
Sumatoria	298
Población	99
Promedio (Sobre 5)	3,01

Tabla 18.

Respuestas a pregunta ¿Suele experimentar congestión vehicular en la vía? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.

Tramo 2: Sinchal - Barcelona		
Respuesta	Puntuación	Frecuencia
Nada frecuente	5	8
Poco frecuente	4	34
Algo frecuente	3	46
Frecuente	2	14
Muy frecuente	1	4
Total		106

Tabla 19.

Resultados de pregunta: ¿Suele experimentar congestión vehicular en la vía? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.

Tramo 2: Sinchal - Barcelona	
Sumatoria	346
Población	106
Promedio (Sobre 5)	3,26

Tabla 20.

Respuestas a pregunta ¿Suele experimentar congestión vehicular en la vía? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.

Tramo 3: Barcelona - Loma Alta		
Respuesta	Puntuación	Frecuencia
Nada frecuente	5	37
Poco frecuente	4	30
Algo frecuente	3	7
Frecuente	2	8
Muy frecuente	1	0
Total		82

Tabla 21.

Resultados de pregunta: ¿Suele experimentar congestión vehicular en la vía? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.

Tramo 3: Barcelona - Loma Alta	
Sumatoria	342
Población	82
Promedio (Sobre 5)	4,17

4.2.1.2. ¿Esta vía proporciona acceso a diversas áreas de servicio?

Los resultados de las encuestas a la pregunta ¿Esta vía proporciona acceso a diversas áreas de servicio? en el tramo Valdivia – Sinchal se resumen en la tabla 23, del tramo Sinchal – Barcelona en la tabla 25, y en el tramo Barcelona – Loma Alta en la tabla 27.

Tabla 22.

Respuestas a pregunta ¿Esta vía proporciona acceso a diversas áreas de servicio? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.

Tramo 1: Valdivia - Sinchal		
Respuesta	Puntuación	Frecuencia
Totalmente en desacuerdo	1	0
En desacuerdo	2	0
Me es indiferente	3	6
De acuerdo	4	64
Totalmente de acuerdo	5	29
Total		99

Tabla 23.

Resultados de pregunta: ¿Esta vía proporciona acceso a diversas áreas de servicio? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.

Tramo 1: Valdivia - Sinchal	
Sumatoria	419
Población	99
Promedio (Sobre 5)	4,23

Tabla 24.

Respuestas a pregunta ¿Esta vía proporciona acceso a diversas áreas de servicio? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.

Tramo 2: Sinchal - Barcelona		
Respuesta	Puntuación	Frecuencia
Totalmente en desacuerdo	1	15
En desacuerdo	2	36
Me es indiferente	3	25
De acuerdo	4	20
Totalmente de acuerdo	5	10
Total		106

Tabla 25.

Resultados de pregunta: ¿Esta vía proporciona acceso a diversas áreas de servicio? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona

Tramo 2: Sinchal - Barcelona	
Sumatoria	292
Población	106
Promedio (Sobre 5)	2,75

Tabla 26.

Respuestas a pregunta ¿Esta vía proporciona acceso a diversas áreas de servicio? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.

Tramo 3: Barcelona - Loma Alta		
Respuesta	Puntuación	Frecuencia
Totalmente en desacuerdo	1	41
En desacuerdo	2	35
Me es indiferente	3	2
De acuerdo	4	3
Totalmente de acuerdo	5	1
Total		82

Tabla 27

Resultados de pregunta: ¿Esta vía proporciona acceso a diversas áreas de servicio? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.

Tramo 3: Barcelona - Loma Alta	
Sumatoria	134
Población	82
Promedio (Sobre 5)	1,63

4.2.1.3. ¿Considera usted que el ancho de la vía es el adecuado?

Los resultados de las encuestas a la pregunta ¿Considera usted que el ancho de la vía es el adecuado? en el tramo Valdivia – Sinchal se resumen en la tabla 29, del tramo Sinchal – Barcelona en la tabla 31, y en el tramo Barcelona – Loma Alta en la tabla 33.

Tabla 28.

Respuestas a pregunta ¿Considera usted que el ancho de la vía es el adecuado? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.

Tramo 1: Valdivia - Sinchal		
Respuesta	Puntuación	Frecuencia
Si	2	74
No	1	25
Total		99

Tabla 291.

Resultados de pregunta: ¿Considera usted que el ancho de la vía es el adecuado? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.

Tramo 1: Valdivia - Sinchal	
Sumatoria	173
Población	99
Promedio (Sobre 5)	1,75

Tabla 30.

Respuestas a pregunta ¿Considera usted que el ancho de la vía es el adecuado? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.

Tramo 2: Sinchal - Barcelona		
Respuesta	Puntuación	Frecuencia
Si	2	40
No	1	66
Total		106

Tabla 31.

Resultados de pregunta: ¿Considera usted que el ancho de la vía es el adecuado? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.

Tramo 2: Sinchal - Barcelona	
Sumatoria	146
Población	106
Promedio (Sobre 5)	1,38

Tabla 32.

Respuestas a pregunta ¿Considera usted que el ancho de la vía es el adecuado? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.

Tramo 3: Barcelona - Loma Alta		
Respuesta	Puntuación	Frecuencia
Si	2	67
No	1	15
Total		82

Tabla 33.

Resultados de pregunta: ¿Considera usted que el ancho de la vía es el adecuado? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.

Tramo 3: Barcelona - Loma Alta	
Sumatoria	149
Población	82
Promedio (Sobre 5)	1,82

4.2.2. Preguntas relacionadas a la variable seguridad.

4.2.2.1. ¿La vía cuenta con señalización vertical y horizontal?

Los resultados de las encuestas a la pregunta ¿La vía cuenta con señalización vertical y horizontal? en el tramo Valdivia – Sinchal se resumen en la tabla 35, del tramo Sinchal – Barcelona en la tabla 37, y en el tramo Barcelona – Loma Alta en la tabla 39.

Tabla 34.

Respuestas a pregunta ¿La vía cuenta con señalización vertical y horizontal? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.

Tramo 1: Valdivia - Sinchal		
Respuesta	Puntuación	Frecuencia
Si	2	64
No	1	35
Total		99

Tabla 35.

Resultados de pregunta: ¿La vía cuenta con señalización vertical y horizontal? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.

Tramo 1: Valdivia - Sinchal	
Sumatoria	163
Población	99
Promedio (Sobre 5)	1,65

Tabla 362.

Respuestas a pregunta ¿La vía cuenta con señalización vertical y horizontal? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.

Tramo 2: Sinchal - Barcelona		
Respuesta	Puntuación	Frecuencia
Si	2	30
No	1	76
Total		106

Tabla 37.

Resultados de pregunta: ¿La vía cuenta con señalización vertical y horizontal? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.

Tramo 2: Sinchal - Barcelona	
Sumatoria	136
Población	106
Promedio (Sobre 5)	1,28

Tabla 38.

Respuestas a pregunta ¿La vía cuenta con señalización vertical y horizontal? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.

Tramo 3: Barcelona - Loma Alta		
Respuesta	Puntuación	Frecuencia
Si	2	5
No	1	77
Total		82

Tabla 39.

Resultados de pregunta: ¿La vía cuenta con señalización vertical y horizontal? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.

Tramo 3: Barcelona - Loma Alta	
Sumatoria	87
Población	82
Promedio (Sobre 5)	1,06

4.2.2.2. ¿Ha sufrido siniestros ocasionados por el estado de la vía?

Los resultados de las encuestas a la pregunta ¿Ha sufrido siniestros ocasionados por el estado de la vía? en el tramo Valdivia – Sinchal se resumen en la tabla 41, del tramo Sinchal – Barcelona en la tabla 43, y en el tramo Barcelona – Loma Alta en la tabla 45.

Tabla 40.

Respuestas a pregunta ¿Ha sufrido siniestros ocasionados por el estado de la vía? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.

Tramo 1: Valdivia - Sinchal		
Respuesta	Puntuación	Frecuencia
Si	1	54
No	2	45
Total		99

Tabla 41.

Resultados de pregunta: ¿Ha sufrido siniestros ocasionados por el estado de la vía? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.

Tramo 1: Valdivia - Sinchal	
Sumatoria	144
Población	99
Promedio (Sobre 5)	1,45

Tabla 42.

Respuestas a pregunta ¿Ha sufrido siniestros ocasionados por el estado de la vía? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.

Tramo 2: Sinchal - Barcelona		
Respuesta	Puntuación	Frecuencia
Si	1	25
No	2	81
Total		106

Tabla 43.

Resultados de pregunta: ¿Ha sufrido siniestros ocasionados por el estado de la vía? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.

Tramo 2: Sinchal - Barcelona	
Sumatoria	187
Población	106
Promedio (Sobre 5)	1,76

Tabla 44.

Respuestas a pregunta ¿Ha sufrido siniestros ocasionados por el estado de la vía? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.

Tramo 3: Barcelona - Loma Alta		
Respuesta	Puntuación	Frecuencia
Si	1	71
No	2	11
Total		82

Tabla 45.

Resultados de pregunta: ¿Ha sufrido siniestros ocasionados por el estado de la vía? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta

Tramo 3: Barcelona - Loma Alta	
Sumatoria	93
Población	82
Promedio (Sobre 5)	1,13

4.2.3. Preguntas relacionadas a la variable comodidad.

4.2.3.1. ¿Cuál es la satisfacción que siente al conducir en la vía?

Los resultados de las encuestas a la pregunta ¿Cuál es la satisfacción que siente al conducir en la vía? en el tramo Valdivia – Sinchal se resumen en la tabla 47, del tramo Sinchal – Barcelona en la tabla 49, y en el tramo Barcelona – Loma Alta en la tabla 51.

Tabla 46.

Respuestas a pregunta ¿Cuál es la satisfacción que siente al conducir en la vía? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.

Tramo 1: Valdivia - Sinchal		
Respuesta	Puntuación	Frecuencia
Muy malo	1	2
Malo	2	1
Regular	3	95
Bueno	4	1
Excelente	5	0
Total		99

Tabla 47.

Resultados de pregunta: ¿Cuál es la satisfacción que siente al conducir en la vía? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.

Tramo 1: Valdivia - Sinchal	
Sumatoria	293
Población	99
Promedio (Sobre 5)	2,96

Tabla 48.

Respuestas a pregunta ¿Cuál es la satisfacción que siente al conducir en la vía? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.

Tramo 2: Sinchal - Barcelona		
Respuesta	Puntuación	Frecuencia
Muy malo	1	2
Malo	2	1
Regular	3	93
Bueno	4	4
Excelente	5	6
Total		106

Tabla 49.

Resultados de pregunta: ¿Cuál es la satisfacción que siente al conducir en la vía? en el tramo 2 vía Sinchal - Barcelona.

Tramo 2: Sinchal - Barcelona	
Sumatoria	329
Población	106
Promedio (Sobre 5)	3,08

Tabla 50.

Respuestas a pregunta ¿Cuál es la satisfacción que siente al conducir en la vía? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.

Tramo 3: Barcelona - Loma Alta		
Respuesta	Puntuación	Frecuencia
Muy malo	1	2
Malo	2	2
Regular	3	78
Bueno	4	0
Excelente	5	0
Total		82

Tabla 51.

Resultados de pregunta: ¿Cuál es la satisfacción que siente al conducir en la vía? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.

Tramo 3: Barcelona - Loma Alta	
Sumatoria	240
Población	82
Promedio (Sobre 5)	2,93

4.2.3.2. ¿Cómo considera el estado de la vía de acuerdo con su percepción?

Los resultados de las encuestas a la pregunta ¿Cómo considera el estado de la vía de acuerdo con su percepción? en el tramo Valdivia – Sinchal se resumen en la tabla 53, del tramo Sinchal – Barcelona en la tabla 55, y en el tramo Barcelona – Loma Alta en la tabla 57.

Tabla 52.

Respuestas a pregunta ¿Cómo considera el estado de la vía de acuerdo con su percepción? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.

Tramo 1: Valdivia - Sinchal		
Respuesta	Puntuación	Frecuencia
En muy mal estado	1	0
Mal estado	2	1
Regular	3	96
Buena	4	2
Excelente	5	0
Total		99

Tabla 53.

Resultados de pregunta: ¿Cómo considera el estado de la vía de acuerdo con su percepción? en el tramo 1 vía Valdivia – Sinchal.

Tramo 1: Valdivia - Sinchal	
Sumatoria	298
Población	99
Promedio (Sobre 5)	3,01

Tabla 54.

Respuestas a pregunta ¿Cómo considera el estado de la vía de acuerdo con su percepción? en el tramo 2 vía Sinchal – Barcelona.

Tramo 2: Sinchal - Barcelona		
Respuesta	Puntuación	Frecuencia
En muy mal estado	1	1
Mal estado	2	0
Regular	3	105
Buena	4	0
Excelente	5	0
Total		106

Tabla 55.

Resultados de pregunta: ¿Cómo considera el estado de la vía de acuerdo con su percepción? en el tramo 2 vía Sinchal - Barcelona.

Tramo 2: Sinchal - Barcelona	
Sumatoria	316
Población	106
Promedio (Sobre 5)	2,98

Tabla 56.

Respuestas a pregunta ¿Cómo considera el estado de la vía de acuerdo con su percepción? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.

Tramo 3: Barcelona - Loma Alta		
Respuesta	Puntuación	Frecuencia
En muy mal estado	1	0
Mal estado	2	1
Regular	3	80
Buena	4	1
Excelente	5	0
Total		82

Tabla 57.

Resultados de pregunta: ¿Cómo considera el estado de la vía de acuerdo con su percepción? en el tramo 3 vía Barcelona – Loma Alta.

Tramo 3: Barcelona - Loma Alta	
Sumatoria	246
Población	82
Promedio (Sobre 5)	3,00

4.3. Serviciabilidad actual (Pt)

Con relevancia en los resultados obtenidos de las encuestas, haciendo énfasis en las preguntas ¿Cuál es la satisfacción que siente al conducir en la vía?, en la tabla 58 y ¿Cómo considera el estado de la vía de acuerdo con su percepción?, en la tabla 59 aplicadas a los usuarios de la vía en tres tramos de estudio, se obtiene un Pt de 3.

Tabla 58.

Resumen de las respuestas a la pregunta ¿Cuál es la satisfacción que siente al conducir en la vía?, evaluada en los tres tramos de la vía.

Tramo	Promedio (Sobre 5)
Valdivia - Sinchal	2.96
Sinchal - Barcelona	3.08
Barcelona - Loma Alta	2.93
Pt	3,0

Tabla 59.

Resumen de las respuestas a la pregunta ¿Cómo considera el estado de la vía de acuerdo con su percepción?, evaluada en los tres tramos de la vía.

Tramo	Promedio (Sobre 5)
Valdivia - Sinchal	3.01
Sinchal - Barcelona	2.98
Barcelona - Loma Alta	3.00
Pt	3,0

La Serviciabilidad actual de la vía se considera que si el valor da entre 2 y 3 la vía necesita una rehabilitación o si el mismo da menor a 2 se recomienda hacer una reconstrucción de la misma. El resultado obtenido por las encuestas realizadas da una serviciabilidad actual de 3, conociendo el valor que obtuvo esta vía a nivel de estudios una vez ya construida en el año 2012 obtuvo un Pt de diseño de 2 por lo que se concluye con estos valores que el Pt actual aun no llega al Pt de diseño hasta el 2033, dándonos a razonar que la vía aún se está comportando adecuadamente, solo necesita de rehabilitación para volver al estado inicial.

4.3.1. Índice de Serviciabilidad (Δ PSI)

La Serviciabilidad se define como la habilidad del pavimento de servir al tipo de tráfico que circulan en la vía, se mide en una escala del 0 al 5.

Ecuación 1.

Índice de serviciabilidad

$$\Delta\text{PSI} = P_o - P_t$$

4.3.1.1. Índice de Serviciabilidad inicial:

De acuerdo con la AASHTO, el pavimento flexible tiene una serviciabilidad inicial de 4.2.

4.3.2. Índice de Serviciabilidad final:

De acuerdo con la AASHTO, el pavimento flexible tiene una serviciabilidad final de 2.5 o mayor para vías muy transitadas y de 2.0 para vías con tránsito menor. De acuerdo con los resultados de las encuestas hemos determinado que el valor de serviciabilidad final es de 3, debido al valor reflejo de las encuestas realizadas, que representa un pavimento en mal estado por la presencia de baches, fisuras, hundimientos, etc.

Figura 5.

Diagrama de pérdida de serviciabilidad.

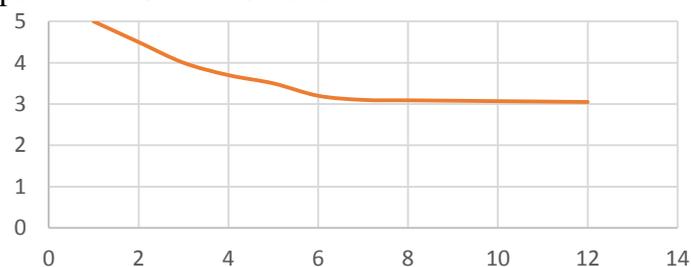


Tabla 60.

Parámetros de serviciabilidad.

Parámetro	Medida
P_o	4.2
P_t	3
ΔPSI	1.2

Tabla 61.

Clasificación de Índices de Serviciabilidad PSI.

Índice de Serviciabilidad (PSI)	Calificación
5 - 4	Muy buena
4 - 3	Buena
3 - 2	Regular
2 - 1	Mala
1 - 0	Muy mala

Que de acuerdo con los índices de la tabla 61, Se concluye que según el índice de Serviciabilidad obtenido de 1.2 califica a la vía como mala o en mal estado, por tanto, requiere una pronta rehabilitación de la misma para que esta no llegue al límite y tenga luego que necesitar una reconstrucción de la misma.

4.4. RESULTADOS DEL OE. 3: DESARROLLAR ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN DE LA VÍA VALDIVIA - SINCHAL - BARCELONA - LOMA ALTA A TRAVÉS DEL DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA MEJORAR LAS CONDICIONES DE LA VÍA.

El diseño de la rehabilitación nos permitirá conocer que espesor es que requiere de carpeta asfáltica nueva, para poder llevar al índice de Serviciabilidad al punto inicial, ya que con el tiempo esta ha ido disminuyendo por la constante carga que recibe. Para esto se debe evaluar lo siguiente.

4.5. REHABILITACION

En el contexto de la rehabilitación de carreteras, se distinguen dos enfoques fundamentales: la rehabilitación mediante la aplicación de una capa adicional (conocida como rehabilitación "sobre capa") y la rehabilitación mediante el reciclado de materiales existentes. La elección entre estos métodos se basa en una evaluación exhaustiva de los daños en la infraestructura vial. Es pertinente destacar que, cuando los daños se sitúan por debajo del 25%, se inclina la preferencia hacia la rehabilitación mediante sobre capa, mientras que, si los daños superan este umbral, se favorece la alternativa de reciclado.

En este contexto específico, se ha optado por la modalidad de rehabilitación mediante reciclado, decisión fundamentada en la consideración de la magnitud de los daños identificados en la vía en cuestión.

Tabla 62.

Utilización de reciclado en frío con ligantes hidrocarburos.

	TIPO I	TIPO II	TIPO III
Material reciclado del pavimento existente	Capa asfáltica < 50 mm + base granular	Capa asfáltica de 50 a 100 mm + base granular	Solo capas asfálticas
Tipo	De asfalto blando (80-100 o 150-200)	De asfalto blando u ocasionalmente con regenerante	Emulsión de efecto regenerante
Emulsión			
Dotación	4% - 7%	3% - 5%	2% - 3%
Objetivo	Mejoramiento mecánico o geométrico del pavimento	Como en el Tipo I y, eventualmente, regeneración del ligante existente	Regeneración del ligante existente y recomposición de la mezcla, mejorando levemente la capacidad estructural, de la capa reciclada

Sabiendo que es de tipo III, se conocer el módulo dinámico para esta rehabilitación con la Tabla 62, esta tabla permite identificar el módulo dinámico correspondiente para el tipo específico de reciclado, en este caso, el reciclado de Tipo III, caracterizado por un rango de módulo dinámico de 2500 a 3000 Mpa.

Tabla 63.

Módulos dinámicos.

MÓDULOS DINÁMICOS (Mpa)	
Reciclado con emulsión o asfalto espumado	
Tipo I	1200 - 1800
Tipo II	2000 - 2500
Tipo III	2500 - 3000
Reciclado con cemento	3500 - 4200
Reciclado mixto	Como el reciclado con emulsión

4.5.1. REHABILITACIÓN MÉTODO RECICLADO

Teniendo en cuenta que la vía es de 2 carriles, la longitud total analizada es de 10 km, con un ancho de la vía de 6.7 m siendo un área total evaluada de 67000 m².

Tabla 64.

Tipos de daños y severidad.

TIPOS DE DAÑOS - SEVERIDAD			
Tipos de daños		Severidad	
Piel de cocodrilo	2%	67000	Baja
Ahuellamiento	2%	1340	Baja
Áreas bacheadas	5%	1340	Baja
Huecos	15%	3350	Media
Roderos	1%	10050	Baja
Fisuras transversales	12%	670	Media
Daños totales	37%	8040	

4.5.2. Reciclado en frío.

La rehabilitación de firmes mediante reciclado en frío con emulsión se presenta innegablemente como la técnica más sostenible para este propósito. Esta afirmación se sustenta en la dualidad de beneficios que ofrece: por un lado, se traduce en notables ahorros económicos y, por otro, demuestra un compromiso con la sostenibilidad ambiental.

Al considerar el tráfico, expresado como 5.757×10^5 unidades, y los espesores del pavimento existente, se establece una base sólida para la planificación y ejecución de esta técnica. Este enfoque integral, que tiene en cuenta tanto la carga de tráfico como las características específicas del pavimento preexistente, contribuye significativamente a la eficiencia y la resiliencia ambiental de la rehabilitación.

Figura 6.

Estructura de Pavimento.



Tabla 65.

Determinación de características de pavimento por reciclar.

DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL PAVIMENTO POR RECICLAR	
Espesor de asfalto (ha)	225 mm
Espesor de mat. gran. (hg)	150 mm

4.5.2.1. Asignación de factor de equivalencia al material granular pro reciclar (f_e)

Basándonos en el análisis previo de fallas, se ha determinado que el factor equivalente se asigna un valor comprendido entre 0.1 y 0.2, dependiendo de si el material granular está o no conminado. En este contexto, al evaluar el nivel de daño de la vía, se deduce que el material granular se encuentra contaminado, y por lo tanto, se le asigna un valor específico de 0.1 en este caso. Esta asignación precisa del factor equivalente tiene implicaciones significativas en la evaluación global de la estabilidad y la calidad del pavimento.

4.5.2.2. Determinación del espesor requerido de pavimento reciclado y la nueva carpeta asfáltica

Utilizando los datos de resistencia al deslizamiento (MR) y el tráfico de diseño, se ha trazado una línea en el gráfico correspondiente. El resultado de esta representación gráfica indica un valor de Tn (espesor necesario) igual a 210 mm. Este valor representa el espesor requerido para garantizar la resistencia y durabilidad adecuadas del pavimento frente al nivel de tráfico proyectado.

Figura 7.

Nomograma de módulo de la subrasante.

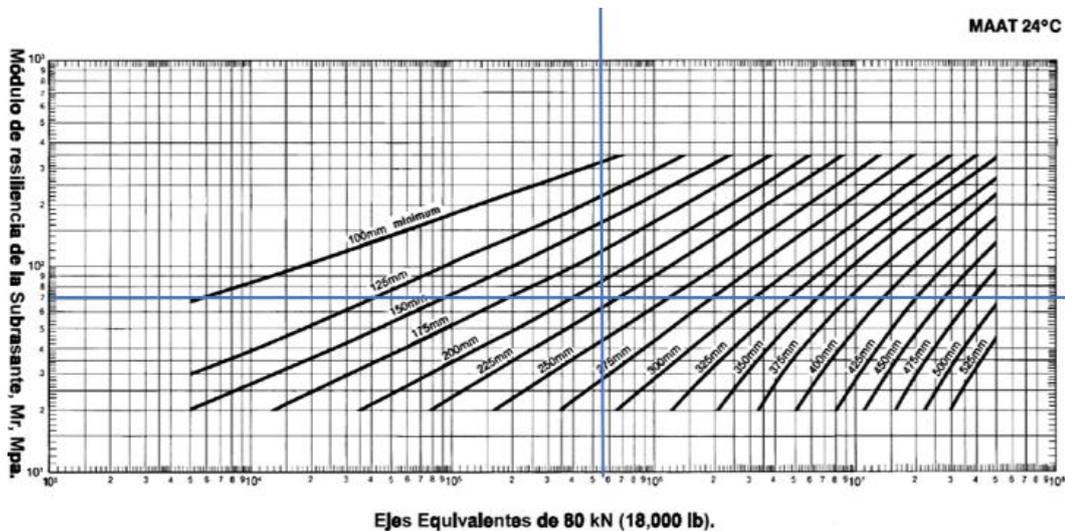


Tabla 66.

Espesores mínimos de carpeta asfáltica para pavimentos reciclados en frío con emulsión asfáltica

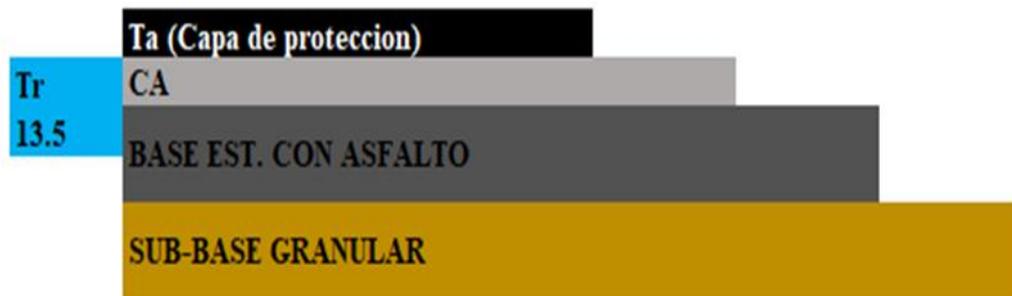
Espesores mínimos de carpeta asfáltica para pavimentos reciclados en frío con emulsión asfáltica

Ejes equivalentes en el carril de diseño (N)	Espesor mínimo de carpeta asfáltica nueva (Ta), mm
<10 ⁴	Tratamiento superficial
10 ⁴ - 10 ⁵	50*
10⁵ - 10⁶	75*
10 ⁶ - 10 ⁷	100*
>10 ⁷	125*

Mediante la consideración del eje equivalente, se ha calculado el espesor necesario de la carpeta asfáltica, siendo T_a igual a 75 mm, con un eje equivalente específico de 5.757×10^5 . La determinación del espesor de la carpeta asfáltica se vuelve crucial en el diseño de pavimentos para garantizar la resistencia y durabilidad adecuadas. Además, el espesor del pavimento existente que debe ser reprocesado (T_r) se calcula restando el espesor de la carpeta asfáltica necesaria (T_a) del espesor necesario total (T_n). En este caso, se obtiene un valor de T_r igual a 135 mm, proporcionando información esencial para la planificación y ejecución efectiva de la rehabilitación del pavimento.

Figura 8

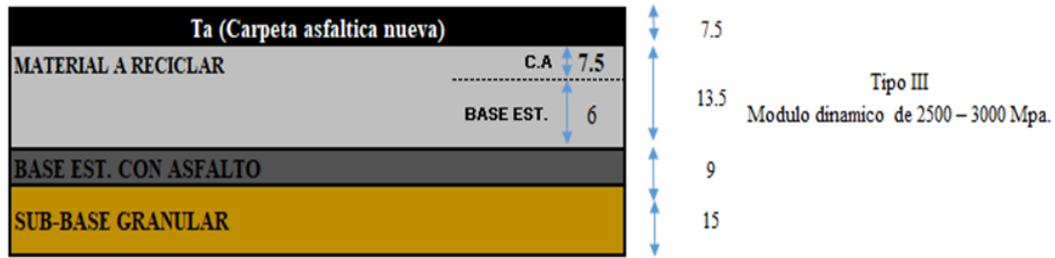
Estructura del pavimento



La evaluación detallada indica que el material a reciclar abarca un espesor de 135 mm, equivalente a 13.5 cm del pavimento existente. Según la información proporcionada en la tabla 62, se ha determinado que el tipo de reciclado adecuado es el Tipo III. Este tipo implica el reciclado exclusivo de las capas asfálticas, sin afectar el material granular subyacente. En este proceso, se prescribe la mezcla del material a reciclar con una emulsión de efecto regenerante, con una dotación recomendada de 2% a 3%. Es esencial destacar que, en este caso, no se realiza intervención alguna en el material granular, destacando así un enfoque selectivo y específico en el proceso de reciclado. Este análisis detallado informa las decisiones fundamentales para la ejecución de la rehabilitación, asegurando la eficacia y la sostenibilidad del proceso.

Figura 9.

Estructura del pavimento, (unidades en cm).



La evaluación de los espesores del pavimento en la vía estudiada reveló la existencia de dos tramos con diferencias significativas en sus espesores. Tras calcular el espesor que requería reciclado, se determinó que el tramo de mayor espesor era de 13.5 cm, mientras que el otro tramo contaba con un espesor de 12 cm. La decisión adoptada fue homogeneizar el tratamiento de la vía reciclando un espesor de 13.5 cm en toda la extensión de los 10 km de la vía. Además, se planifica la aplicación de una nueva capa de asfalto con un espesor de 7.5 cm en la totalidad del tramo, consolidando así una estrategia coherente y uniforme para la rehabilitación del pavimento en toda la longitud de la vía. Este enfoque integral garantiza una mayor consistencia en la calidad y durabilidad del pavimento a lo largo de toda la carretera.

4.6. DIFUSIÓN DE RESULTADOS

La evaluación de la serviciabilidad de la vía Valdivia-Sinchal-Barcelona-Loma Alta ha revelado un conjunto significativo de fallas en sus tramos. Entre estas, se destacan las fisuras longitudinales, que presentan un grado de intervención del 6%. Asimismo, se evidencian fisuras transversales con una proporción similar al 6%. Se ha identificado, además, la presencia de torsiones longitudinales y transversales con una separación inferior a 15 cm, conocidas como "piel de cocodrilo", con un nivel de intervención del 2%. Otras problemáticas incluyen la formación de baches, contribuyendo con un 15% al deterioro total de la vía, junto con ahuellamientos, hundimientos y corrugaciones, cada uno con un modesto 1% de incidencia. En conjunto, estas irregularidades engloban un porcentaje considerable del 37% en términos de intervención vial.

Al discutir estos resultados, se evidencia la urgencia de abordar integralmente estas fallas para garantizar la seguridad y eficiencia de la vía. La presencia de fisuras, torsiones y otras deformaciones revelan un deterioro estructural que compromete la calidad del servicio ofrecido por la carretera. Esta evaluación detallada sirve como base fundamental para la formulación de una propuesta de rehabilitación que aborda de manera específica cada uno de los problemas identificados.

En conclusión, la evaluación de la serviciabilidad de la vía ha proporcionado una comprensión clara de las deficiencias existentes. La intervención del 37% subraya la necesidad inminente de implementar medidas de rehabilitación. La formulación de estrategias específicas, basada en un análisis detallado de las fallas, se postula como la siguiente fase crucial de este estudio, encaminada a mejorar sustancialmente la infraestructura vial y garantizar la seguridad y eficiencia del tránsito en la región.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En conjunto, estas conclusiones y recomendaciones buscan proporcionar una guía práctica y estratégica para la mejora integral de la vía Valdia – Sinchal – Barcelona – Loma Alta, enfocándose en aspectos tanto funcionales como perceptuales para lograr un sistema vial seguro, eficiente y satisfactorio para los usuarios. La evaluación exhaustiva de la vía bajo los objetivos propuestos ha proporcionado información valiosa sobre su estado y necesidades.

5.1. CONCLUSIONES

Con relación al Objetivo Específico 1, centrado en el estudio del estado actual de la vía, se evidencian problemáticas asociadas a los sistemas de drenaje de la vía, identificado falencias funcionales significativas. La presencia de deficiencias en el sistema de drenaje se erige como un factor crítico que contribuye a la deterioración de la infraestructura vial. La acumulación de agua en ciertas secciones de la vía no solo afecta negativamente la calidad del pavimento, sino que también representa un riesgo potencial para la seguridad del tráfico.

De acuerdo con el Objetivo Específico 2, se buscó evaluar la percepción de los usuarios, se observa que estos califican la condición de la vía como deficiente. Esta percepción adversa destaca la importancia de abordar no solo las cuestiones estructurales, sino también las expectativas y la satisfacción de quienes utilizan la vía a diario. La calidad percibida de la infraestructura vial tiene un impacto significativo en la experiencia del usuario y, por ende, en la seguridad y eficiencia del tráfico. De acuerdo con la evaluación del objetivo anterior de la serviciabilidad actual evaluada Pt, que aún no ha llegado al Pt de diseño y se concluye que es aplicable ejecutar el trabajo de rehabilitación de esta vía para evitar que el deterioro siga progresando aceleradamente en esta carretera.

El análisis del Objetivo Específico 3, orientado a la identificación de necesidades de rehabilitación, revela de manera concluyente la urgencia de intervenciones

específicas. La presencia de deficiencias estructurales, combinada con la evaluación negativa de los usuarios, subraya la necesidad imperativa de llevar a cabo medidas de rehabilitación y mejora. Dentro del estudio se ha realizado una prefactibilidad del diseño de rehabilitación de un tramo típico estudiado.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar un programa de mantenimientos rutinarios y o periódicos de los sistemas de drenaje existentes con el objetivo de mantenerlos operativos y con esto contribuir un adecuado funcionamiento de los drenajes para que las estructuras de los pavimentos alcancen el periodo de diseño de 10 años considerado en el presente trabajo, además de una revisión detallada de los sistemas de drenaje existentes, con el objetivo de identificar y corregir las deficiencias que contribuyen a la acumulación de agua en la vía. El mantenimiento del drenaje no solo preservará la integridad del pavimento, sino que también mitigará riesgos para la seguridad vial.

Se sugiere que la entidad a cargo de la vía ejecute a la brevedad posible el trabajo de rehabilitación sugerido en el presente proyecto para evitar que la vía continúe un acelerado proceso de deterioro del pavimento. Dada la percepción negativa de los usuarios y las evidentes necesidades de rehabilitación estructural, se sugiere la implementación de estrategias de rehabilitación. Estas podrían incluir la reparación de pavimentos existentes, la reconstrucción de secciones críticas y la aplicación de tratamientos superficiales para mejorar la calidad y la comodidad de la vía.

Para abordar de manera integral las preocupaciones de los usuarios, se propone realizar una encuesta de satisfacción del usuario. Esto permitirá obtener retroalimentación específica sobre las expectativas y experiencias de los usuarios, orientando así las decisiones de diseño y rehabilitación para satisfacer sus necesidades. Considerando la información recopilada, se recomienda una planificación a largo plazo que no solo aborde las necesidades inmediatas de rehabilitación, sino que también contemple estrategias de mantenimiento continuo y mejoras a medida que evolucione la infraestructura vial.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Ali, A., Heneash, U., Hussein, A., & Eskebi, M. (2022). Predicting Pavement Condition Index Using Fuzzy Logic Technique. *Infrastructures*, 7(7), 91. <https://doi.org/10.3390/infrastructures7070091>
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (1993). *Diseño de Pavimentos* (Tercera).
- Bruno, S., Vita, L., & Loprencipe, G. (2022). Development of a GIS-Based Methodology for the Management of Stone Pavements Using Low-Cost Sensors. *Sensors*, 22(17), 6560. <https://doi.org/10.3390/s22176560>
- Castañeda, K., Sánchez, O., Herrera, R. F., & Mejía, G. (2022). Highway Planning Trends: A Bibliometric Analysis. *Sustainability*, 14(9), 5544. <https://doi.org/10.3390/su14095544>
- Crespo, C. (2004). *Vías de Comunicación: Caminos, Ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos*. (3a.). Limusa.
- Flores De Valgas, G. S. B., & Mogrovejo Carrasco, D. E. (2023). EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA RED VIAL RURAL DE PORTOVIEJO, ECUADOR. *REVISTA CIENTÍFICA YACHASUN*, 7(13). <https://doi.org/https://doi.org/10.46296/yc.v7i13.0363>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santa Elena. (2023). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Provincia de Santa Elena*.
- Lara Lara, D. J. (2023). *MEDICIÓN INDIRECTA DE LA SERVICIABILIDAD EN LAS VÍAS ASFALTADAS DE SEGUNDO ORDEN DEL CANTÓN GUARANDA*. Univeridad Nacional de Chimborazo.
- Lee, J., & Yoon, Y. (2021). Indicators development to support intelligent road infrastructure in urban cities. *Transport Policy*, 114, 252–265. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.10.009>
- Limones Gabino, P. E. (2021). *EVALUACIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES POR LOS MÉTODOS PCI Y VIZIR*. Univerrrsidad Estatal Península de Santa Elena.
- Llopis-Castelló, D., García-Segura, T., Montalbán-Domingo, L., Sanz-Benlloch, A., & Pellicer, E. (2020). Influence of Pavement Structure, Traffic, and

- Weather on Urban Flexible Pavement Deterioration. *Sustainability*, 12(22), 9717. <https://doi.org/10.3390/su12229717>
- Loprencipe, G., Pantuso, A., & Di Mascio, P. (2017). Sustainable Pavement Management System in Urban Areas Considering the Vehicle Operating Costs. *Sustainability*, 9(3), 453. <https://doi.org/10.3390/su9030453>
- Lukpanov, R., Dyusembinov, D., Shakhmov, Z., Tsygulov, D., Aibuldinov, Y., & Vatin, N. I. (2022). Impregnating Compound for Cement-Concrete Road Pavement. *Crystals*, 12(2), 161. <https://doi.org/10.3390/cryst12020161>
- Martínez Arguelles, G., Fuentes, L. G., & Torregroza Aldana, L. M. (2011). Revisión del sistema de gestión de pavimentos de la red ciclorrutas de Bogotá. *Revista Ingeniería de Construcción*, 26(2), 150–170. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732011000200002>
- Miller, J. S., & Bellinger, W. Y. (2003). *Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program*.
- Norma Ecuatoriana Vial, 63 (2013).
- Mohammadi, A., Igwe, C., Amador-Jimenez, L., & Nasiri, F. (2022). Applying lean construction principles in road maintenance planning and scheduling. *International Journal of Construction Management*, 22(12), 2364–2374. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1788758>
- Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes, (2002).
- Můčka, P. (2017). Road Roughness Limit Values Based on Measured Vehicle Vibration. *Journal of Infrastructure Systems*, 23(2). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000325](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000325)
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*.
- Osman, S. A., Almoshaogeh, M., Jamal, A., Alharbi, F., Al Mojil, A., & Dalhat, M. A. (2022). Intelligent Assessment of Pavement Condition Indices Using Artificial Neural Networks. *Sustainability*, 15(1), 561. <https://doi.org/10.3390/su15010561>
- Ostrowski, K., & Budzynski, M. (2021). Measures of Functional Reliability of Two-Lane Highways. *Energies*, 14(15), 4577. <https://doi.org/10.3390/en14154577>

- Pérez-Acebo, H., Linares-Unamunzaga, A., Abejón, R., & Rojí, E. (2018). Research Trends in Pavement Management during the First Years of the 21st Century: A Bibliometric Analysis during the 2000–2013 Period. *Applied Sciences*, 8(7), 1041. <https://doi.org/10.3390/app8071041>
- PIARC. (2016). *State of the Art in Monitoring Road Condition and Road/Vehicle Interaction*.
- Queiroz, C., & Gautam, S. (1992). Road Infrastructure and Economic Development: Some Diagnostic Indicators. *Policy Research Working Paper*, 921.
- Ragnoli, A., De Blasiis, M., & Di Benedetto, A. (2018). Pavement Distress Detection Methods: A Review. *Infrastructures*, 3(4), 58. <https://doi.org/10.3390/infrastructures3040058>
- Ramos-Galarza, C. A. (2020). Alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 9(3), 1–6. <https://doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>
- Rodríguez Jiménez, A., & Pérez Jacinto, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 82, 175–195. <https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>
- Salem, Z. A., & Louzi, N. (2023). Pavement Management in Highway Engineering. *Civil Engineering and Architecture*, 11(3), 1512–1522. <https://doi.org/10.13189/cea.2023.110332>
- Tighe, S., Li, N., Falls, L. C., & Haas, R. (2000). Incorporating Road Safety into Pavement Management. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1699(1), 1–10. <https://doi.org/10.3141/1699-01>
- Vargas Cordero, Z. R. (2009). LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTÍFICA. *Revista Educación*, 33(1), 155–165.
- Zakeri, H., Nejad, F. M., & Fahimifar, A. (2017). Image Based Techniques for Crack Detection, Classification and Quantification in Asphalt Pavement: A Review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 24(4), 935–977. <https://doi.org/10.1007/s11831-016-9194-z>

ANEXOS

ANEXO I. RECOLECCION DE DATOS POR MEDIO DE ENCUESTAS.

UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

Trabajo de Integración Curricular: “Evaluación de serviciabilidad actual de la vía valdivia – sinchal – Barcelona – loma alta y propuesta de rehabilitación y/o reconstrucción de la vía”.

Autores: Melany Eliana Conforme Pozo y Ronald Lenin Pérez Martínez.

Tutor: Ing. Daniel Campoverde Campoverde, Mg.

ANEXO I. RECOLECCION DE DATOS POR MEDIO DE ENCUESTAS.

ANEXO 1: EVALUACION DE CRITERIO DEL CONFORT DE LA VIA A USUARIOS.

1. ¿Qué tan frecuente es el congestionamiento vehicular en la vía?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

2. ¿Esta vía proporciona acceso a diversas áreas de servicio?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

3. ¿Considera usted que el ancho de la vía es el adecuado?

- Si
- No

4. ¿La vía cuenta con algún tipo de señalización vertical y horizontal?

- Si
- No

5. ¿Ha sufrido siniestros ocasionados por el estado de la vía?

- Si
- No

6. ¿Cuál es la satisfacción que siente al conducir en la vía? (siendo 1 muy malo y 5 excelente)

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

7. ¿Según su percepción visual? ¿Cómo considera el estado de la vía?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

ANEXO II ANEXO FOTOGRÁFICO:



UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: "EVALUACION DE SERVICIABILIDAD ACTUAL DE LA VIA VALDIVIA – SINCHAL – BARCELONA – LOMA ALTA Y PROPUESTA DE REHABILITACION Y/O RECONSTRUCCION DE LA VIA"

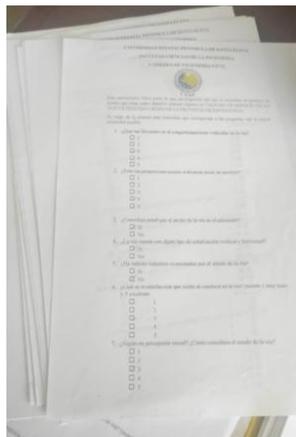
TUTOR: Ing. DANIEL CAMPOVERDE Mg.

TESISTAS:

- CONFORME POZO MELANY ELIANA
- PEREZ MARTINEZ RONALD LENIN

ANEXO FOTOGRÁFICO

REGISTRO DE ESTUDIO DE ENCUESTA





**UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



TEMA: “EVALUACION DE SERVICIABILIDAD ACTUAL DE LA VIA VALDIVIA – SINCHAL – BARCELONA – LOMA ALTA Y PROPUESTA DE REHABILITACION Y/O RECONSTRUCCION DE LA VIA”

TUTOR: Ing. DANIEL CAMPOVERDE Mg.

- TESISTAS:**
- CONFORME POZO MELANY ELIANA
 - PEREZ MARTINEZ RONALD LENIN

ANEXO FOTOGRÁFICO

CONTEO VOLUMÉTRICO DEL TRÁFICO

Two identical traffic count data sheets. Each sheet has columns for 'FECHA' and 'DIA DE LA SEMANA', and rows for vehicle types: MOTO, LUVIADOS, AUTOMOVIL, CAMIONETA, BUS, 25, 35, PESADOS, 250, 350. The sheets contain handwritten data for several dates, including a 'TOTAL' row at the bottom.



Two more traffic count data sheets, identical in format to the first two. They show columns for vehicle types and dates, with handwritten data entries.



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: “EVALUACION DE SERVICIABILIDAD ACTUAL DE LA VIA VALDIVIA – SINCHAL – BARCELONA – LOMA ALTA Y PROPUESTA DE REHABILITACION Y/O RECONSTRUCCION DE LA VIA”

TUTOR: Ing. DANIEL CAMPOVERDE Mg.

TESISTAS:

- CONFORME POZO MELANY ELIANA
- PEREZ MARTINEZ RONALD LENIN

ANEXO FOTOGRÁFICO

VISITA TÉCNICA CON EL TUTOR





**UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



TEMA: “EVALUACION DE SERVICIABILIDAD ACTUAL DE LA VIA VALDIVIA – SINCHAL – BARCELONA – LOMA ALTA Y PROPUESTA DE REHABILITACION Y/O RECONSTRUCCION DE LA VIA”

TUTOR: Ing. DANIEL CAMPOVERDE Mg.

- TESISTAS:**
- CONFORME POZO MELANY ELIANA
 - PEREZ MARTINEZ RONALD LENIN

ANEXO FOTOGRÁFICO

RECOLECCIÓN DE DATOS DE FALLAS EXISTENTES



ANEXO III. ESTUDIO DE TRÁFICO VÍA SINCHAL – BARCELONA – LOMA ALTA

PLANIFICACIÓN

La demanda de transporte se define por medio de un tráfico promedio diario anual (TPDA) lo que se obtienen de los tipos de vehículos y el volumen de estos que circulan por la vía, el sentido direccional.

LOCALIZACIÓN

El estudio de tráfico de la vía Valdivia - Sinchal - Barcelona - Loma Alta, de la Provincia de Santa Elena.

CONTEO VOLUMÉTRICO DEL TRÁFICO

Se realizó el aforo de tránsito dentro del área de estudio, como la vía es de 10 km de longitud solo hubo un punto de estación, en donde por medio del conteo manual de los vehículos que circulaban por la vía, con el siguiente formato en donde se registra por tipo de vehículo y la cantidad de la misma.

Los días de aforo fue de una semana, comenzando de viernes a jueves con un periodo de (8) horas consecutivas de (08h00 a 16h00) lo que permitirá sean confiables y reales.

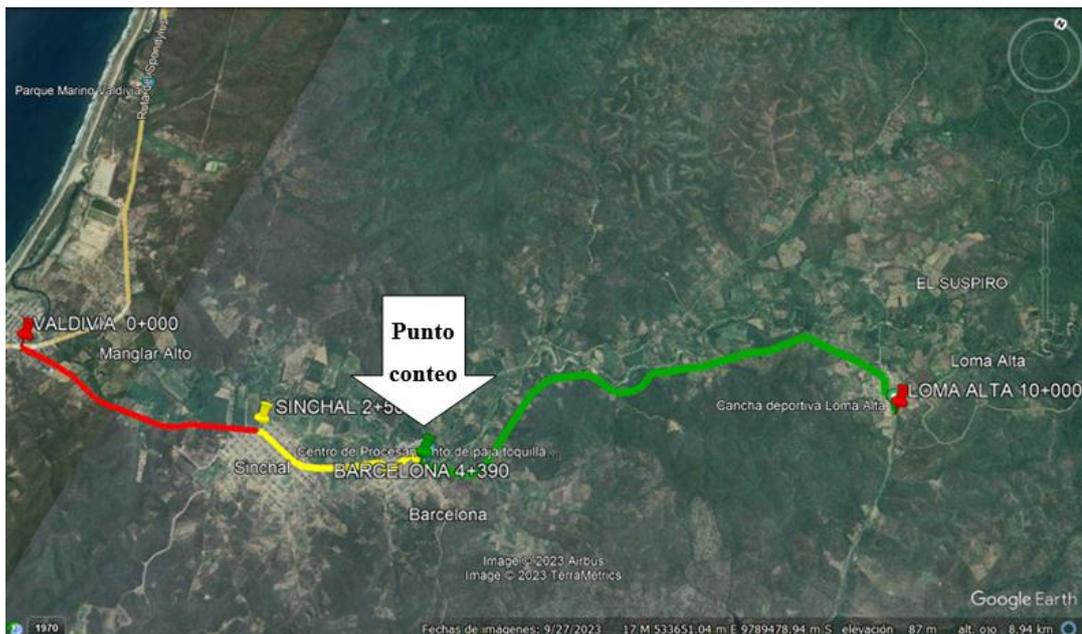
Anexo 1. Plantilla para conteo de tráfico

CONTEO VOLUMÉTRICO DE TRÁNSITO										
Estacion de aforo No.1				Vía: Barcelona - Ssinchal - Barcelona - Loma Alta						
Fecha	Liviano			Buses		Pesados				
Hora	 Motos	 Automovil	 Camioneta	 Buseta	 Bus	 2D	 2DA	 2DB	 V3A	Total
8:00 a 9:00										
9:00 a 10:00										
10:00 a 11:00										
11:00 a 12:00										
12:00 a 13:00										
13:00 a 14:00										
14:00 a 15:00										
15:00 a 16:00										
TD-TOTAL										
TPDH										

PUNTO DE CONTEO

Se definió como punto de estación de conteo uno ubicado según la geometría de la vía, en la mitad de longitud total de 10 km. Este punto estaba ubicado en Barcelona, Av. Ventura Domínguez y 9 de octubre, en donde se podían visualizar los vehículos sin obstáculo alguno.

Anexo 2. Gráfico del punto de conteo.



Nota: Vista Isométrica de tramos de vía en estudio, Tomado de Google Earth, (2023)

RESULTADOS DE LOS CONTEOS

El tráfico promedio diario anual (TPDA) es el principal resultado del conteo volumétrico de tráfico, además de la composición del tráfico de la vía.

CONTEO DE TRÁFICO

Los resultados del conteo diario se muestran en los siguientes anexos.

Anexo 3. Conteo del tránsito Día Viernes.

DIA 1

CONTEO VOLUMÉTRICO DE TRÁNSITO

FECHA	ESTACIÓN DE AFORO NO. 1			VÍA:						TOTAL
	CANTON	SANTA ELENA		VALDIVIA - SINCHAL - BARCELONA - LOMA ALTA						
08/09/2023	LIVIANO			BUSES		PESADOS				
Hora	MOTOS	AUTOMOVIL	CAMIONETA	BUSETA	BUS	2D	2DA	2DB	V3A	
8:00 a 9:00	30	21	12	3	4	6	9	2	0	87
9:00 a 10:00	22	13	15	1	4	7	6	2	0	70
10:00 a 11:00	25	8	9	0	5	4	5	0	0	56
11:00 a 12:00	30	15	10	2	4	6	9	0	0	76
12:00 a 13:00	25	11	14	0	4	8	10	2	0	74
13:00 a 14:00	36	20	16	1	5	8	13	4	0	103
14:00 a 15:00	28	8	14	0	4	4	11	0	0	69
15:00 a 16:00	33	14	9	1	4	7	9	2	0	79
TD-TOTAL	229	110	99	8	34	50	72	12	0	614
TPDH	29	14	12	1	4	6	9	2	0	77

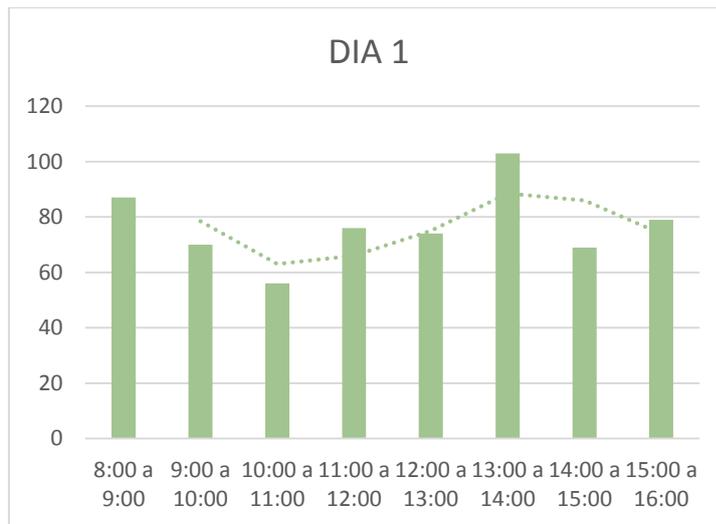
Anexo 4.

La hora pico del día 1, fue de 13:00 a 14:00.

HORAS PICO			
Hora	LIVIANO	BUSES	PESADOS
8:00 a 9:00	63	7	17
9:00 a 10:00	50	5	15
10:00 a 11:00	42	5	9
11:00 a 12:00	55	6	15
12:00 a 13:00	50	4	20
13:00 a 14:00	72	6	25
14:00 a 15:00	50	4	15
15:00 a 16:00	56	5	18

Anexo 5.

Gráfica del tránsito del día viernes.



Anexo 6

Conteo del tránsito del día Sábado.

DIA 2

CONTEO VOLUMÉTRICO DE TRÁNSITO

FECHA	ESTACIÓN DE AFORO NO. 1			VÍA: VALDIVIA - SINCHAL - BARCELONA - LOMA ALTA						TOTAL
	CANTON	SANTA ELENA		BUSES		PESADOS				
09/09/2023	LIVIANO									
Hora	MOTOS	AUTOMOVIL	CAMIONETA	BUSETA	BUS	2D	2DA	2DB	V3A	
8:00 a 9:00	29	22	11	1	4	9	11	2	0	89
9:00 a 10:00	35	13	16	0	4	8	8	3	0	87
10:00 a 11:00	19	9	17	1	4	6	4	0	0	60
11:00 a 12:00	32	19	12	0	4	8	10	2	0	87
12:00 a 13:00	20	13	7	1	4	9	6	2	0	62
13:00 a 14:00	33	25	15	0	5	11	12	1	0	102
14:00 a 15:00	30	12	10	1	4	8	8	0	0	73
15:00 a 16:00	24	27	19	0	4	10	7	2	0	93
TD-TOTAL	222	140	107	4	33	69	66	12	0	653
TPDH	28	18	13	1	4	9	8	2	0	82

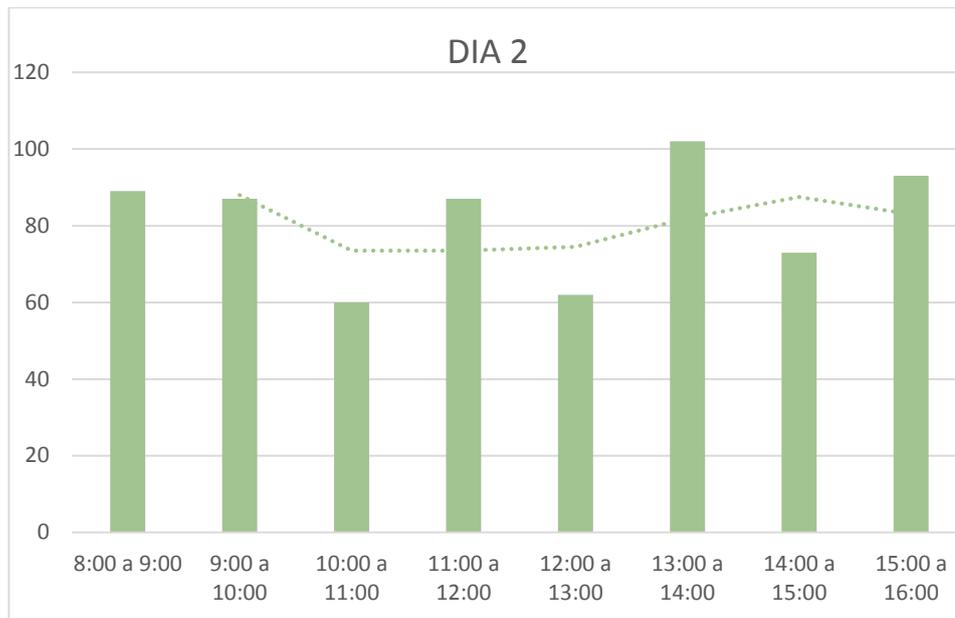
Anexo 7

La hora pico del día 2, fue de 13:00 a 14:00.

HORAS PICO			
Hora	LIVIANO	BUSES	PESADOS
8:00 a 9:00	62	5	22
9:00 a 10:00	64	4	19
10:00 a 11:00	45	5	10
11:00 a 12:00	63	4	20
12:00 a 13:00	40	5	17
13:00 a 14:00	73	5	24
14:00 a 15:00	52	5	16
15:00 a 16:00	70	4	19
TOTAL	469	37	147

Anexo 8

Gráfica del volumen de tránsito del día Sábado.



Anexo 9

Conteo de tránsito del día 3, Domingo.

DIA 3

CONTEO VOLUMÉTRICO DE TRÁNSITO

FECHA	ESTACIÓN DE AFORO NO. 1			VÍA:						TOTAL
	CANTON	SANTA ELENA		VALDIVIA - SINCHAL - BARCELONA - LOMA ALTA						
10/09/2023	LIVIANO	BUSES			PESADOS					
Hora	MOTOS	AUTOMOVIL	CAMIONETA	BUSETA	BUS	2D	2DA	2DB	V3A	
8:00 a 9:00	22	12	7	1	4	9	6	0	0	61
9:00 a 10:00	14	9	13	1	4	7	5	0	0	53
10:00 a 11:00	21	8	5	0	5	2	0	0	0	41
11:00 a 12:00	14	13	8	2	4	6	4	0	0	51
12:00 a 13:00	15	10	12	1	4	4	6	0	0	52
13:00 a 14:00	24	8	14	2	4	8	8	0	0	68
14:00 a 15:00	17	12	15	0	4	5	0	0	0	53
15:00 a 16:00	18	14	9	1	5	5	8	0	0	60
TD-TOTAL	145	86	83	8	34	46	37	0	0	439
TPDH	18	11	10	1	4	6	5	0	0	55

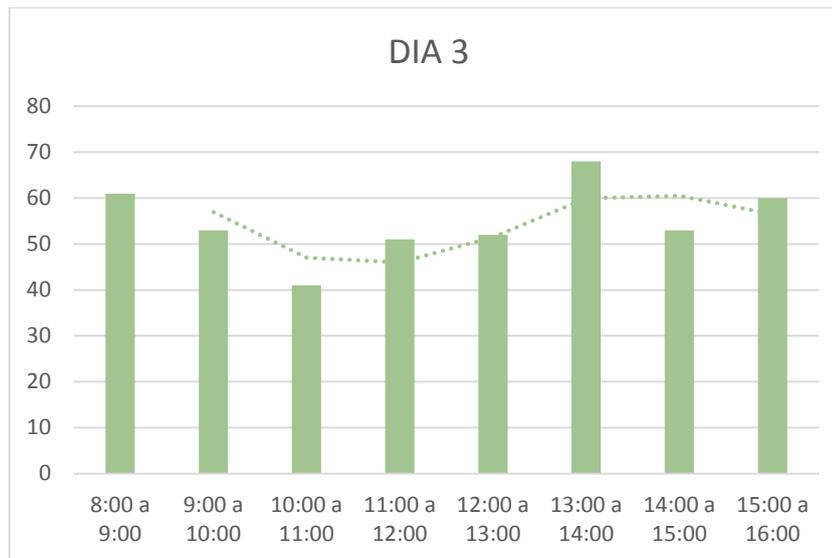
Anexo 10

La hora pico del día 3, fue de 13:00 a 14:00.

HORAS PICO			
Hora	LIVIANO	BUSES	PESADOS
8:00 a 9:00	41	5	15
9:00 a 10:00	36	5	12
10:00 a 11:00	34	5	2
11:00 a 12:00	35	6	10
12:00 a 13:00	37	5	10
13:00 a 14:00	46	6	16
14:00 a 15:00	44	4	5
15:00 a 16:00	41	6	13
TOTAL	314	42	83

Anexo 11.

Gráfica del volumen de tránsito del día Domingo.



Anexo 12

Conteo de tránsito del día lunes.

DIA 4

CONTEO VOLUMÉTRICO DE TRÁNSITO

FECHA	ESTACIÓN DE AFORO NO. 1			VÍA:						TOTAL
	CANTON	SANTA ELENA		VALDIVIA - SINCHAL - BARCELONA - LOMA ALTA						
11/09/2023	LIVIANO	BUSES			PESADOS					
Hora	MOTOS	AUTOMOVIL	CAMIONETA	BUSETA	BUS	2D	2DA	2DB	V3A	
8:00 a 9:00	29	16	10	0	5	4	5	3	0	72
9:00 a 10:00	25	21	12	2	4	5	8	2	0	79
10:00 a 11:00	20	8	5	0	4	6	10	1	1	55
11:00 a 12:00	25	12	13	2	4	6	0	0	0	62
12:00 a 13:00	19	21	15	3	4	0	6	2	1	71
13:00 a 14:00	33	17	12	3	4	7	10	3	0	89
14:00 a 15:00	29	9	8	0	5	5	6	0	0	62
15:00 a 16:00	27	15	10	1	4	7	9	4	0	77
TD-TOTAL	207	119	85	11	34	40	54	15	2	567
TPDH	26	15	11	1	4	5	7	2	0	71

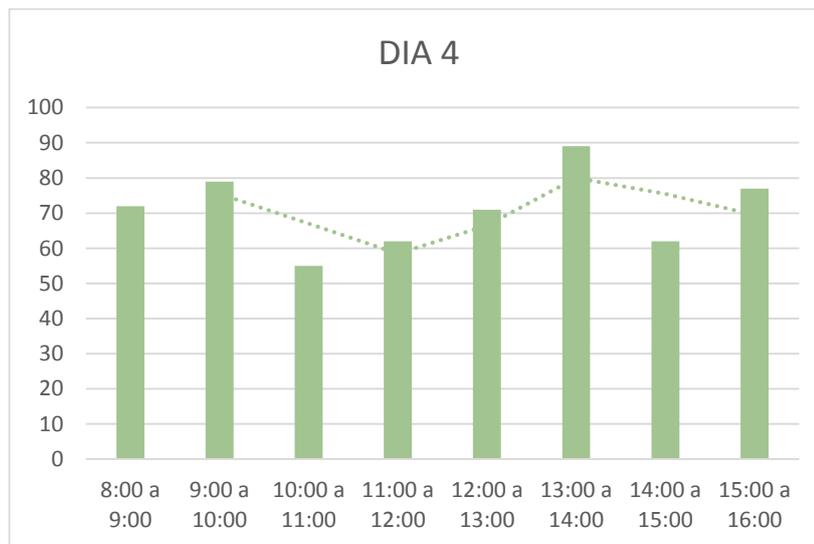
Anexo 13

La hora pico del día 4, fue de 13:00 a 14:00.

HORAS PICO			
Hora	LIVIANO	BUSES	PESADOS
8:00 a 9:00	55	5	12
9:00 a 10:00	58	6	15
10:00 a 11:00	33	4	18
11:00 a 12:00	50	6	6
12:00 a 13:00	55	7	9
13:00 a 14:00	62	7	20
14:00 a 15:00	46	5	11
15:00 a 16:00	52	5	20
TOTAL	411	45	111

Anexo 14

Gráfica del volumen de tránsito del día lunes.



Anexo 15

Conteo de tránsito del día Martes.

DIA 5

CONTEO VOLUMÉTRICO DE TRÁNSITO

ESTACIÓN DE AFORO NO. 1				VÍA:						TOTAL
FECHA	CANTON	SANTA ELENA		VALDIVIA - SINCHAL - BARCELONA - LOMA ALTA						
12/09/2023	LIVIANO	BUSES		PESADOS						
Hora	MOTOS	AUTOMOVIL	CAMIONETA	BUSETA	BUS	2D	2DA	2DB	V3A	
8:00 a 9:00	24	15	10	0	4	7	7	1	0	68
9:00 a 10:00	20	19	14	2	4	6	8	3	0	76
10:00 a 11:00	18	12	8	0	4	5	5	0	1	53
11:00 a 12:00	22	16	7	2	4	4	0	1	0	56
12:00 a 13:00	26	19	12	2	4	1	4	2	0	70
13:00 a 14:00	27	22	9	3	4	9	7	1	1	83
14:00 a 15:00	19	12	10	0	5	8	8	0	0	62
15:00 a 16:00	25	20	8	1	4	9	6	2	0	75
TD-TOTAL	181	135	78	10	33	49	45	10	2	543
TPDH	23	17	10	1	4	6	6	1	0	68

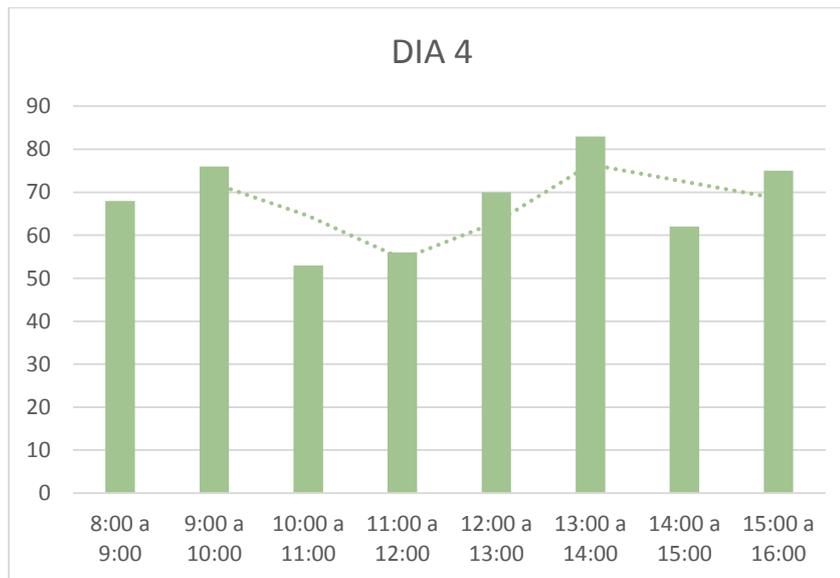
Anexo 16

La hora pico del día 5, fue de 13:00 a 14:00.

HORAS PICO			
Hora	LIVIANO	BUSES	PESADOS
8:00 a 9:00	49	4	15
9:00 a 10:00	53	6	17
10:00 a 11:00	38	4	11
11:00 a 12:00	45	6	5
12:00 a 13:00	57	6	7
13:00 a 14:00	58	7	18
14:00 a 15:00	41	5	16
15:00 a 16:00	53	5	17
TOTAL	394	43	106

Anexo 17

Gráfica del volumen de tránsito del día Martes.



Anexo 18

Conteo de tránsito del día Miércoles.

DIA 6

CONTEO VOLUMÉTRICO DE TRÁNSITO

FECHA	ESTACIÓN DE AFORO NO. 1			VÍA:						TOTAL
	CANTON	SANTA ELENA		VALDIVIA - SINCHAL - BARCELONA - LOMA ALTA						
13/09/2023	LIVIANO	BUSES			PESADOS					
Hora	MOTOS	AUTOMOVIL	CAMIONETA	BUSETA	BUS	2D	2DA	2DB	V3A	
8:00 a 9:00	25	18	12	2	4	7	6	2	0	76
9:00 a 10:00	23	24	22	1	5	6	10	3	0	94
10:00 a 11:00	22	11	10	2	4	0	7	0	0	56
11:00 a 12:00	18	15	18	0	4	8	8	1	0	72
12:00 a 13:00	26	21	15	2	4	5	0	3	0	76
13:00 a 14:00	29	30	10	2	4	9	10	3	0	97
14:00 a 15:00	23	14	20	0	5	6	7	0	0	75
15:00 a 16:00	27	21	16	2	4	6	7	2	0	85
TD-TOTAL	193	154	123	11	34	47	55	14	0	631
TPDH	24	19	15	1	4	6	7	2	0	79

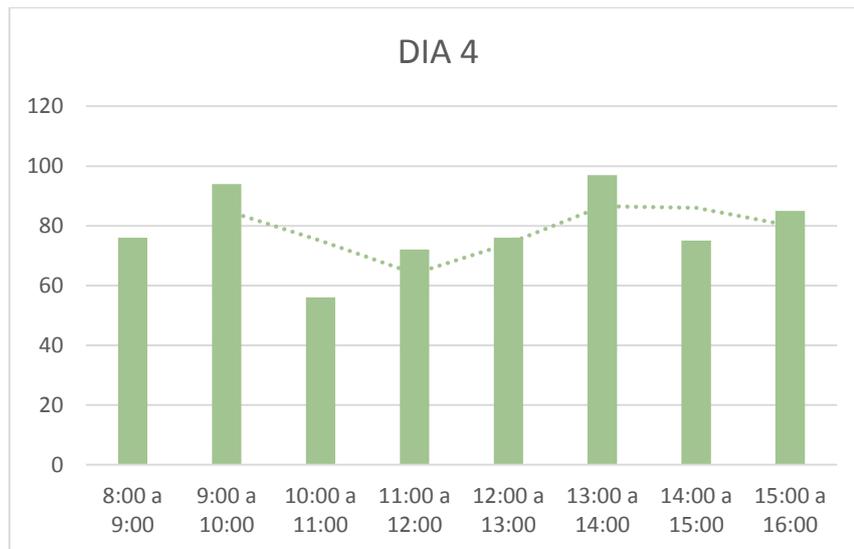
Anexo 19

La hora pico del día 6, fue de 13:00 a 14:00.

HORAS PICO			
Hora	LIVIANO	BUSES	PESADOS
8:00 a 9:00	55	6	15
9:00 a 10:00	69	6	19
10:00 a 11:00	43	6	7
11:00 a 12:00	51	4	17
12:00 a 13:00	62	6	8
13:00 a 14:00	69	6	22
14:00 a 15:00	57	5	13
15:00 a 16:00	64	6	15
TOTAL	470	45	116

Anexo 20

Gráfica del volumen de tránsito del día Miércoles.



Anexo 21

Conteo de tránsito del día Jueves.

DIA 7

CONTEO VOLUMÉTRICO DE TRÁNSITO

ESTACIÓN DE AFORO NO. 1				VÍA:						TOTAL
FECHA	CANTON	SANTA ELENA		VALDIVIA - SINCHAL - BARCELONA - LOMA ALTA						
14/09/2023	LIVIANO	BUSES		PESADOS						
Hora	MOTOS	AUTOMOVIL	CAMIONETA	BUSETA	BUS	2D	2DA	2DB	V3A	
8:00 a 9:00	30	23	20	2	4	6	10	3	0	98
9:00 a 10:00	27	22	15	1	4	10	0	2	0	81
10:00 a 11:00	22	29	10	0	5	8	9	0	0	83
11:00 a 12:00	25	20	19	1	4	0	3	0	0	72
12:00 a 13:00	20	27	15	2	4	8	9	3	0	88
13:00 a 14:00	32	28	14	2	5	9	11	1	0	102
14:00 a 15:00	29	17	26	3	4	7	2	0	0	88
15:00 a 16:00	31	21	20	0	5	8	10	1	0	96
TD-TOTAL	216	187	139	11	35	56	54	10	0	708
TPDH	27	23	17	1	4	7	7	1	0	89

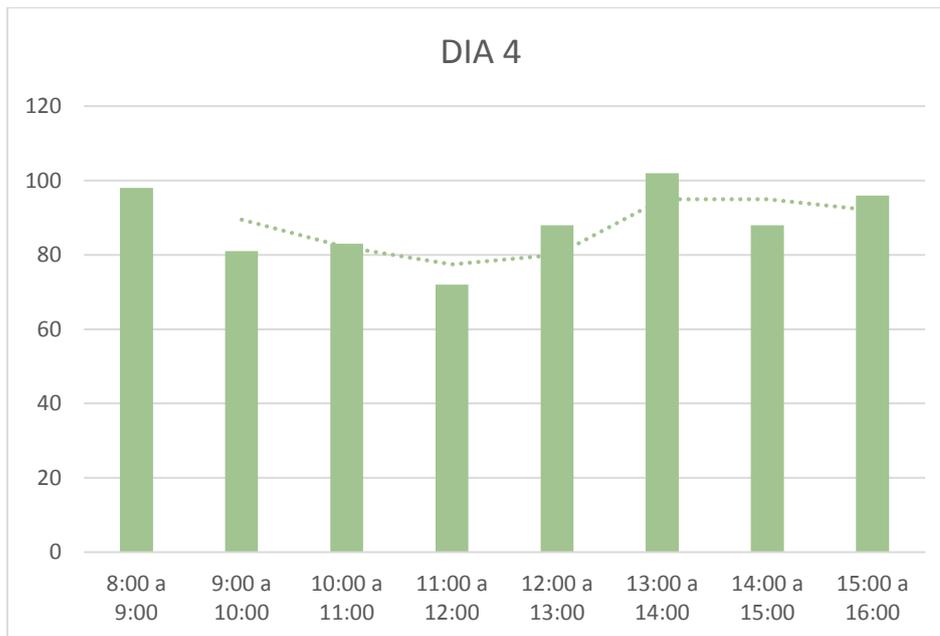
Anexo 22

La hora pico del día 7, fue de 13:00 a 14:00.

HORAS PICO			
Hora	LIVIANO	BUSES	PESADOS
8:00 a 9:00	73	6	19
9:00 a 10:00	64	5	12
10:00 a 11:00	61	5	17
11:00 a 12:00	64	5	3
12:00 a 13:00	62	6	20
13:00 a 14:00	74	7	21
14:00 a 15:00	72	7	9
15:00 a 16:00	72	5	19
TOTAL	542	46	120

Anexo 23

Gráfica del volumen de tránsito del día jueves.



TPDS

Se realizó un resumen del conteo del tráfico diario, obteniendo un TPDS de 494, también con esto se encontró los factores de ajuste.

Haciendo las equivalencias de los vehículos, en donde se considera que 2 motos equivalen a un auto, teniendo eso en cuenta se obtiene:

Anexo 24

CONTEO VOLUMÉTRICO DE TRÁNSITO											
ESTACIÓN DE AFORO NO. 1					VIA: VALDIVA – SINCHAL – BARCELONA – LOMA ALTA						
DÍAS	LIVIANOS		BUSES		PESADOS				TRÁFICO DIARIO	FACTOR AJUSTE PROMEDIO (Fd)	Fd Promedio
	AUTOMOVIL	CAMIONETA	BUSETA	BUS	2D	2DA	2DB	V3A			
08/09/2023	224.5	99	8	34	50	72	12	0	499.5	0.989	
09/09/2023	251	107	4	33	69	66	12	0	542	0.911	
10/09/2023	158.5	83	8	34	46	37	0	0	367	1.347	
11/09/2023	222.5	85	11	34	40	54	15	2	463.5	1.065	1.022
12/09/2023	226	78	10	33	49	45	10	0	451	1.096	
13/09/2023	250.5	123	11	34	47	55	14	0	534.5	0.924	
14/09/2023	295	139	11	35	56	54	10	0	600	0.823	
Σ	1628	714	63	237	357	383	73	2	3457		
TPDS									494		

Haciendo comparación con el TPDS realizado el junio del 2012 por el GADP de Santa Elena, que obtuvo un total de 334 vehículos y nosotros un 494 vehículo dando a conocer que el tráfico aumento significativamente. Se busca los datos anuales de la estación más cercana, en este caso se utilizó una de la estación Chanduy – Engunga del año 2008 al 2009, para encontrar el factor mensual (Fm) del mes correspondiente en este caso, Septiembre.

Anexo 25

TABLA CON DATOS ANUALES DE LA ESTACIÓN MÁS CERCANA						
VARIACIÓN MENSUAL DEL VOLUMEN TOTAL DE TRÁNSITO ESTACIÓN						
CHANDUY - ENGUNGA AMBOS SENTIDOS AÑOS 2008 -2009						
2008				2009		
MESES	DIAS DEL MES	TMm (veh/mes)	TPDMm (veh/mes)	DÍAS DEL MES	TMm (veh/mes)	TPDMm (veh/mes)
ENE	31	109888	3545	31	112299	3623
FEB	28	114209	4079	28	111297	3975
MAR	31	107172	3457	31	106663	3441
ABR	30	101624	3387	30	109820	3661
MAY	31	110336	3559	31	106472	3435
JUN	30	107941	3598	30	109615	3654
JUL	31	119162	3844	31	117935	3804
AGO	31	127556	4115	31	131103	4229
SEP	30	114254	3808	30	120385	4013
OCT	31	118774	3831	31	118343	3818
NOV	30	127456	4249	30	126214	4207
DIC	31	123652	3989	31	130006	4194
TOTAL	365	1382024	45461	365	1400152	46052
TPDA		3786			3836	
Fm (Septiembre)		0.99			0.96	
PROMEDIO			0.975			

Anexo 26.

Para obtener el factor semanal (Fs) se debe conocer cuantas semanas tiene cada mes. Obteniendo así un factor semanal promedio y en relación, con el mes estudiado podamos conocer este valor.

MESES	DIAS	DIAS/7
ENERO	31	4.4286
FEBRERO	28	4.0000
MARZO	31	4.4286
ABRIL	30	4.2857
MAYO	31	4.4286
JUNIO	30	4.2857
JULIO	31	4.4286
AGOSTO	31	4.4286
SEPTIEMBRE	30	4.2857
OCTUBRE	31	4.4286
NOVIEMBRE	30	4.2857
DICIEMBRE	31	4.4286
PROMEDIO		4.3452

Se obtiene mediante la ecuación 1:

Ecuación 2.

Factor semanal

$$Fs = FsProm / Fsmes \text{ a trabajar}$$

$$Fs = 4.3452 / 4.2857$$

$$Fs = 1.0139$$

CÁLCULO DEL TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA).

Considerando las variaciones de tráfico, se calcula el TPDA mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 3.

Trafico promedio diario anual.

$$TPDA = TPDS * Fm * Fd * Fs$$

$$TPDA = 494 * 0.975 * 1.022 * 1.0139$$

$$TPDA \text{ existente} = 499 \text{ veh. mixtos/día/ambos sentidos}$$

Donde:

TPDS= Tráfico promedio diario semanal.

Fm= Factor mensual.

Fd= Factor diario.

Fs= Factor semanal.

DETERMINACIÓN DEL TRÁFICO ASIGNADO

Calcular el tráfico asignado es un paso crítico en la planificación de infraestructura vial. El tráfico asignado representa la demanda de tráfico total que se espera en una zona y es la base para diseñar carreteras, calles, intersecciones y otros componentes de la infraestructura. La omisión del tráfico generado y por desarrollo puede llevar a la infraestructura inadecuada, ayuda a evitar la congestión y a mantener un flujo de tráfico constante.

Ecuación 4.

Tránsito Generado (Tg)

$$TG = 0,15 \text{ TPDA}$$

$$TG = 0,15 * 499$$

$$\mathbf{TG= 75 \text{ veh. mixtos/día/ambos sentidos}}$$

Ecuación 5.

Tránsito Por Desarrollo (Td)

$$TD = 0,10 \text{ TPDA}$$

$$TD = 0,10 * 499$$

$$\mathbf{TD= 50 \text{ veh. mixtos/día/ambos sentidos}}$$

Ecuación 6.

Tráfico Asignado (Ta)

$$TA = \text{TPDA} + \text{TG} + \text{TD}$$

$$TA = 499 + 75 + 50$$

$$\mathbf{TA \text{ existente} = 624 \text{ veh. mixtos/día/ambos sentidos}}$$

COMPOSICIÓN VEHICULAR

Anexo 27

La composición vehicular se mide en términos de porcentajes sobre el volumen total, que pertenecen a determinadas categorías.

COMPOSICIÓN VEHICULAR						
CATEGORÍA	TIPO	TPDS	%	Σ	CANTIDAD	Σ
Liviano	Automóvil	232.57	47.09%	68%	294	423
	Camioneta	102.00	20.65%		129	
Buses	Buseta	9.00	1.82%	9%	11	54
	Bus	33.86	6.86%		43	
Pesados	2D	51.00	10.33%	24%	64.44	147
	2DA	54.71	11.08%		69.13	
	2DB	10.43	2.11%		13	
	V3A	0.29	0.06%		0.36	
TOTAL		494		100%		624

TASAS DE CRECIMIENTO

Anexo 28

Para la proyección del tráfico se usaron datos de la tabla donde especifica las tasas de crecimientos por tipo de vehículo y periodo de vida útil del proyecto facilitada por el MTOP.

TASAS DE CRECIMIENTO ESTIMADAS			
TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL (%)			
PERÍODO	LIVIANO	BUS	CAMIÓN
2010 -2015	4.21	2.24	2.52
2015 - 2020	3.75	1.99	2.24
2020 - 2025	3.37	1.80	2.02
2025 - 2030	3.06	1.63	1.84

Fuente: Coordinación de Factibilidad - MTOP

TRÁFICO PROYECTADO

El período establecido fue de 10 años, de acuerdo a las tasas de crecimiento dependiendo del año a analizar y a la siguiente formula por cada año que transcurre.

Ecuación 7.

Tráfico proyectado

$$Tf = Ta (1+i) ^n$$

Donde:

Tf: Tráfico futuro.

Ta: Tráfico actual.

i: Índice de crecimiento.

n: Número de años de la proyección.

Anexo 29

PROYECCIÓN DEL TRÁFICO				
AÑO	N Años	LIVIANOS	BUSES	PESADOS
COMPOSICIÓN		0.677466	0.086780	0.235754
TASA DE CRECIMIENTO (2020-2025)		3.37	1.8	2.02
TASA DE CRECIMIENTO (2025-2030)		3.06	1.63	1.84
2023	0	423	54	147
2024	1	437	55	150
2025	2	452	56	153
2026	3	463	57	155
2027	4	477	58	158
2028	5	491	59	161
2029	6	507	60	164
2030	7	522	61	167
2031	8	538	62	170
2032	9	554	63	173
2033	10	571	64	177
Tf		812		veh mixto/día

Para determinar el TPDA Equivalente, con los porcentajes de los vehículos pesados se clasifica los de 2 y 3 ejes con los de 4 o más ejes, del total de la proyección, es decir de 812 vehículos pesados.

6.1.1. COMPOSICIÓN VEHICULAR DE CAMIONES

Anexo 30

Esta composición se realizó para poder verificar cuantos ejes tiene cada camión, debido a que para el cálculo del TPDA Equivalente no se multiplican para el mismo valor.

Tabla de Equivalencias (EJE LIVIANO)	
Descripción Categoría	Equivalencia a Eje Liviano
Livianos	1
Bus o Busetas	2
Camión de 2 o 3 ejes	2
Camión de 4 ejes o mas	3

6.1.2. TPDA EQUIVALENTE

Ecuación 8.

Tráfico promedio diario anual equivalente

$$\text{TPDA equivalente} = 1(\text{Livianos}) + 2(\text{Buses}) + 2(\text{Camiones 2 o 3 ejes})$$

$$\text{TPDA equivalente} = 1(571) + 2(64) + 2(177)$$

$$\text{TPDA Equivalente} = 1053 \text{ Veh/día}$$

Se obtiene un TPDA equivalente de 1053 veh/ día al ser proyectado a los 10 años.

JERARQUÍA DE LA VÍA

Con el resultado obtenido se procede a clasificar la vía de acuerdo a la MOP de acuerdo a la tabla establecida, se especificarán datos importantes como velocidad de diseño, radios mínimos para curvas horizontales, ancho de calzada, peraltes, anchos de espaldones, etc.

Anexo 31

FACTOR EQUIVALENTE DE CARGA

Conociendo que se está trabajando en un pavimento flexible, con una proyección de 10 años (n), un número estructural (Sn) de 3 dado de los estudios hechos por la Prefectura de Santa Elena y una pérdida de Serviciabilidad (Pt) de 3 obtenido de las encuestas.

FACTOR CAMIÓN

Recordando que los valores Lx y L2 van de acuerdo al tipo de vehículo a analizar.

Anexo 32

Peso del eje en Kips.

L_x

JERARQUÍA DE LA Vía	
CLASE I (ABSOLUTA)	
Terreno	Montañoso
Velocidad de diseño	50
Radio min de curvas horizontal	75
Distancia de visibilidad para parada	55
Distancia de visibilidad para rebasamiento	345
Peralte	MAXIMO = 10%
Curvas verticales convexas	7
Curvas verticales cóncavas	10
Gradiente longitudinal máximo	8%
Gradiente longitudinal mínimo	0.50%
Ancho de pavimento	6.7
Clase de Pavimento	Carpeta Asfáltica
Ancho de espaldones	1.5
Gradiente transversal para pavimento	2
Gradiente transversal para espaldones	2 a 4

Ton	Kips
1	2.2
2	4.4
3	6.6
4	8.8
7	15.4
11	24.2
20	44
24	52.8

Anexo 33

Variación de ejes.

L₂	
1	SIMPLE
2	TANDEM
3	TRIDEM

Procederemos a calcular el factor camión considerando nuestro SN y PT asignado lo tendremos que realizar por medio de fórmulas debido a que este no se encuentra presente en las tablas de pavimentos flexibles. Se utilizaron las fórmulas explicadas en clases.

Ecuación 9.

$$B_{18} = 0,4 + \frac{0,08(18 + 1)^{3,23}}{(SN + 1)^{5,19}}$$

$$B_{18} = 1.211$$

Ecuación 10.

$$G_t = \text{Log} \left(\frac{4,2 - P_t}{4,2 - 1,5} \right)$$

$$G_t = -0.35218$$

Ecuaciones a utilizar en los cálculos en Excel:

Ecuación 11.

$$B_x = 0,4 + \frac{0,08(Lx + L_2)^{3,23}}{(SN + 1)^{5,19} * L_2^{3,23}}$$

Ecuación 12.

$$\text{LOG} \left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}} \right) = 4,79\text{LOG}(18 + 1) - 4,79\text{LOG}(Lx + L_2) +$$
$$4,33\text{LOG}(L_2) + \frac{Gt}{B_x} - \frac{Gt}{B_{18}}$$

Ecuación 13.

$$FEC = \frac{1}{10^B}$$

De las ecuaciones aplicadas en cada categoría y valor de mismo, podemos resumir la siguiente en el Anexo 34, con los resultados de los valores encontrados.

Anexo 34

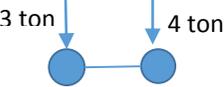
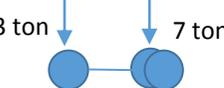
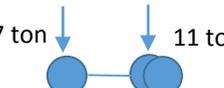
FACTOR EQUIVALENTE DE CARGA				
VEHICULO	Bx	LOG (Wtx/Wt18)	FEC	TOTAL FEC
AUTO	0.41393	2.05717	0.008766506	0.048549607
	0.44202	1.40030	0.039783101	
CAMIONETA	0.44202	1.40030	0.039783101	0.150078321
	0.49551	0.95744	0.11029522	
BUSETA	0.44202	1.40030	0.039783101	0.66003344
	0.90390	0.20743	0.620250339	
BUS	0.90390	0.20743	0.620250339	3.388453666
	2.41801	-0.44220	2.768203327	
2D	0.44202	1.40030	0.039783101	0.150078321
	0.49551	0.95744	0.11029522	
2DA	0.44202	1.40030	0.039783101	0.66003344
	0.90390	0.20743	0.620250339	
2DB	0.90390	0.20743	0.620250339	3.388453666
	2.41801	-0.44220	2.768203327	
3A	0.90390	0.20743	0.620250339	3.312509968
	1.90238	-0.43012	2.692259629	
V3A	0.90390	0.20743	0.620250339	3.312509968
	1.90238	-0.43012	2.692259629	

CALCULOS DE ESAL'S

Anexo 35

Para el cálculo del factor de crecimiento se usó la misma tabla de las tasas de crecimiento establecidas en la MTOP. Y se usan el resto de fórmulas para el cálculo de los Esal's.

TIPO	VEHÍCULO	%	CARGAS (EJES)	TRÁFICO AÑO (0)	FACTOR DE CRECIMIENTO	DÍAS DEL AÑO	FACTOR CAMIÓN	ESAL'S DISEÑO
LIVIANO	AUTO	3.37%		294	11.661	365	0.0485	60724
	CAMIONETA			129	11.661	365	0.1501	82326
BUS	BUSETA	1.80%		11	10.850	365	0.6600	29725
	BUS			43	10.850	365	3.3885	574068

TIPO	VEHÍCULO	%	CARGAS (EJES)	TRÁFICO AÑO (0)	FACTOR DE CRECIMIENTO	DÍAS DEL AÑO	FACTOR CAMIÓN	ESAL'S DISEÑO
CAMION	2D	2.02%		64	10.960	365	0.1501	38687
	2DA			69	10.960	365	0.6600	182534
	2DB			13	10.960	365	3.3885	178609
	V3A			0.36	10.960	365	3.3125	4784
				624			TOTAL	1151455

ESAL'S DE DISEÑO= 1151455

TRÁFICO DE DISEÑO

Ecuación 14.

Tráfico de diseño = Σ ESAL's diseño \times Factor carril \times Factor direccional

$$\text{Tráfico de diseño} = 1151455 \times 1 \times 0.5$$

$$\text{Tráfico de diseño} = 575728 \text{ ejes (8,2 Tn)}$$

Tomando en consideración que los estudios de la prefectura dieron un Esal's de diseño de 360965 y un tráfico de diseño de 180 483 ejes, resumidos en el siguiente anexo:

Anexo 36

NUMERO DE EJES EQUIVALENTES (ESAL'S) DE 18000 LBS., PARA EL PERIODO DE DISEÑO				
TIPO DE VEHICULOS	NUMERO	FACTOR CAMION	DIAS DEL AÑO	ESAL'S DISEÑO
LIVIANOS (Autos y Camionetas)	531	0,025	365	4845
AUTOBUSES	93	2,54	365	86220
CAMION (25)	113	5,15	365	212412
CAMION (35)	45	3,5	365	57488
TOTAL	782		ESAL'S DE DISEÑO	360965

Tráfico Diseño = 360965x0.5x1= 180.483 Ejes Equivalentes de 8.2Ton.
--

Haciéndose notorios el crecimiento del tráfico de diseño con respecto a los estudios hechos en el 2012 y estos en el 2023

6.1.3. CÁLCULO DEL MÓDULO DE LA SUBRASANTE

Para este cálculo se utilizará un CBR de 10% por los estudios hechos por la Prefectura de Santa Elena.

El método de Diseño de la AASHTO 93, requiere el uso del Módulo de Resiliencia, el cual se obtiene de la correlación con el CBR adoptado como de diseño mediante las siguientes ecuaciones:

Ecuación 15.

Módulo de la subrasante o resiliencia

Para CBR de diseño <10%:

$$MR= 1500 \times CBR \text{ (psi)}$$

Para CBR de diseño entre 10 a 20%:

$$MR= 3000 \times CBR^{0,65} \text{ (psi)}$$

Para CBR de diseño >20%:

$$MR= 4326 \times \ln (CBR+241) \text{ (psi)}$$

Para nuestro caso la segunda ecuación se ajusta a las condiciones mecánicas de la subrasante existente, por tanto, el módulo de resiliencia es:

$$MR= 3000 \times 10^{0,65} = 13400 \text{ psi.}$$

Sin embargo, el Método de la AASHTO 2002 propone una variante en la fórmula para determinar el módulo de resiliencia con el CBR de forma general, la fórmula es la siguiente, el módulo de resiliencia que se utilizará será de:

Ecuación 16.

Módulo de residencia (AASHTO 2002)

$$MR= 2555 \times CBR^{0,64} \text{ (psi)}$$

Aplicando esta expresión tenemos que:

$$MR= 2555 \times (10)^{0,64} = 11153 \text{ psi.}$$

NIVELES DE CONFIABILIDAD

Anexo 37

Los niveles de confiabilidad se miden de acuerdo a la clasificación de la vía y en donde está ubicada.

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad, R, recomendado	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Para nuestro diseño se ha considerado un valor de confiabilidad del 95% de acuerdo con la recomendación que da la guía de diseño AASHTO 93 para una vía de tipo colectoras y en zona rural, también haciendo mención que en los estudios hechos por la prefectura utilizaron este mismo nivel de confiabilidad.

DESVIACIÓN STANDARD

según la guía de diseño de la AAHTO 93 se tomará un valor de desvío standard de 0,44 considerado para pavimentos flexibles y sin error en la predicción del tráfico futuro.

NÚMERO ESTRUCTURAL SN

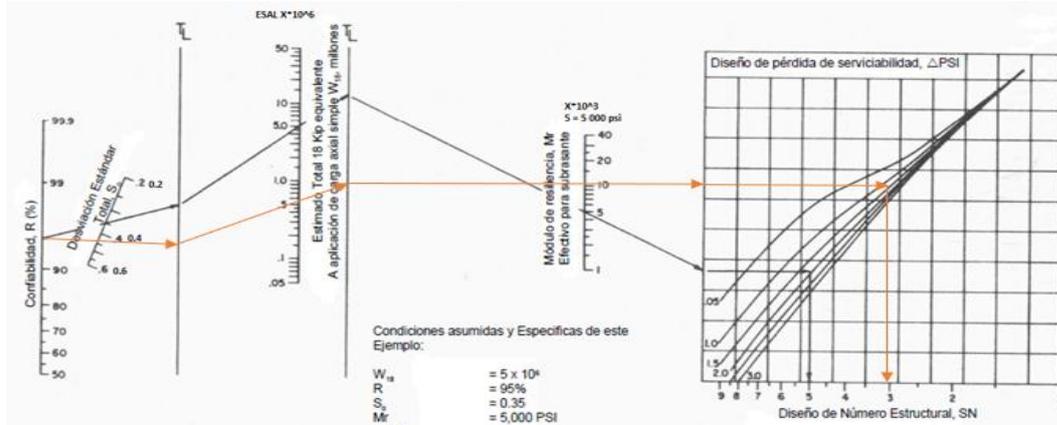
Anexo 38

Tabla de datos para encontrar el número estructural por Ábaco.

DATOS		
MR=	11153	Psi
CONFIABILIDAD R=	95	%
DESV ESTANDR=	0.44	
Δ PSI=	1.2	
Tráfico de diseño	575728	ejes (8,2 Tn)
	5.757	$\times 10^5$

Anexo 39

Diseño de número estructural.



Obteniendo así un SN de 3.1 por Abaco para todo el pavimento, similar al SN utilizado en los cálculos anteriores que fue de 3.