

PONTIFICIA UNIVESIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TRABAJO DE TITULACIÓN

**“EVALUACIÓN FUNCIONAL DE 12 KILÓMETROS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA UBICADO EN LA PROVINCIA DE
CHIMBORAZO, CIUDAD GUANO, PARROQUIA URBINA MEDIANTE EL USO DE
LA METODOLOGÍA PCI”**

AUTORES:

HERNÁN PATRICIO MOYANO AYALA

ANA ROCIO SALAZAR NAVARRETE

TUTOR: ING. JUAN PABLO SOLORZANO AZAZANZA

QUITO, 2021

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a mi padre Iván Moyano, que con todo su amor y cariño me forjó a ser la persona que soy actualmente. Gracias a todo su apoyo incondicional, sacrificios y consejos he alcanzado mis logros y anhelos. Te agradezco mucho.

A mi madre Patricia Ayala, por siempre estar presente en mis buenos y malos momentos, me aportaste conocimiento y siempre me diste el empujón necesario para seguir adelante.

A mis tíos, Patricio Moyano Vallejo y Clara del Rocío Moyano, que más que ser mis tíos, siempre me apoyaron como si fuesen mis propios padres. Les agradezco por todo su apoyo y amor.

A mi hermana, Ariel Moyano, por llenarme de momentos felices e inolvidables. No hay mejor amiga que una hermana y no hay mejor hermana que tú.

A mi abuelita Balbina Vallejo, que siempre nos estará cuidando, sé que estás muy feliz y orgullosa de mis logros. Recuerdo con gran cariño y dicha todos los momentos que me regalaste en mi infancia y adolescencia. Nunca me olvidaré de ti.

A todos mis amigos incondicionales que me han apoyado y me han regalado momentos divertidos y experiencias inigualables.

A todos mis profesores quienes me formaron como profesional.

Atentamente: Hernán Patricio Moyano Ayala

*A Dios, por permitirme haber cumplido uno de los sueños más grandes que he tenido, y
seguirme guiando a diario.*

*A mis padres Vicente y Rocio, porque a pesar de los errores que pude cometer, nunca dejaron de
confiar en mí, y me siguen formando como una persona de bien.*

A mis hermanos Patricia y Vicente, que siempre me han apoyado con sus consejos.

Atentamente: Ana Rocio Salazar Navarrete

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la vida, y las personas que me la dieron. Siempre estoy feliz de conocer lugares, personas, y pasar momentos amenos. Gracias a la vida he logrado culminar una de mis metas.

Todos los conocimientos que tengo el día de hoy los tengo gracias a mis profesores de la secundaria y de la universidad. Agradezco a muchos de ellos que tuvieron mucha confianza en mí y me impulsaron a mejorar a nivel intelectual y personal.

Les agradezco a todos los ingenieros de la Escuela de Ingeniería Civil de la PUCE, por impartirme todos sus conocimientos, especialmente a mi tutor Ing. Juan Pablo Solorzano, a los ingenieros Patricio Peñaherrera, Estuardo Páez, Diego Cajas, Mauricio Cely, Carlos Celi, Jorge Albuja, Gustavo Yáñez, Freddy Paredes y al Ing. Eddy Sánchez por todos sus consejos acertados.

A nuestros correctores Ing. Paúl Enríquez e Ing. Fredi Paredes, por su ayuda y confianza.

A mi querida compañera de tesis Ana Rocío Salazar por brindarme una amistad sincera y compañía. Una gran compañera de estudio y trabajo. Te agradezco de todo corazón, por el apoyo, la paciencia, hacer más fáciles las horas de trabajo, la felicidad, las risas, las anécdotas y las aventuras. No importa lo lejos que algún día podamos estar, siempre conservaré nuestra buena amistad. Es un honor cumplir una meta a tu lado.

Finalmente, agradezco a mis amigos y compañeros.

Atentamente: Hernán Patricio Moyano Ayala

A mi amigo y compañero de tesis Patricio, sin el cual, este proyecto no hubiese sido posible. Al director de tesis, Ing. Juan Pablo Solorzano, quien supo brindarnos desde el primer día su comprensión y apoyo, para el avance del proyecto.

A nuestros correctores, Ing. Fredi Paredes e Ing. Paúl Enríquez, por su tiempo y experiencia.

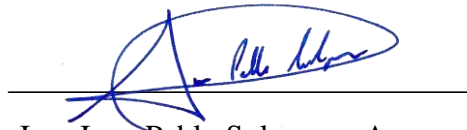
A la Facultad de Ingeniería Civil de la PUCE, y a todos los profesores, que permitieron que pueda culminar la carrera adquiriendo los mejores conocimientos.

Atentamente: Ana Rocío Salazar Navarrete

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ingeniero Juan Pablo Solorzano Azanza, tutor designando por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador PUCE para revisar el proyecto de titulación con el tema “Evaluación funcional de 12 kilómetros del pavimento flexible de la carretera Sicsibamba - Urbina ubicado en la provincia de Chimborazo, ciudad guano, parroquia Urbina mediante el uso de la metodología PCI” de los estudiantes **Hernán Patricio Moyano Ayala & Ana Rocío Salazar Navarrete**, alumnos de Ingeniería Civil, considero que la investigación cumple con todos los requisitos de fondo y todos los sometidos a la evaluación por parte de Consejo de Facultad de Ingeniería Civil de la PUCE.

Quito, 28 de marzo del 2021



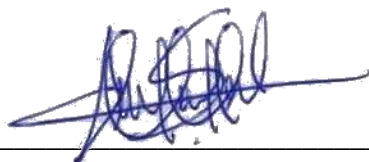
Ing. Juan Pablo Solorzano Azanza

Tutor de la Disertación

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

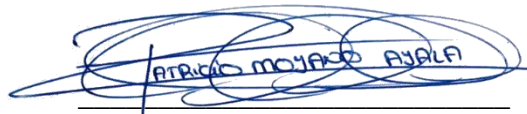
Nosotros, Hernán Patricio Moyano Ayala & Ana Rocío Salazar Navarrete, declaramos que el trabajo de investigación denominado “Evaluación funcional de 12 kilómetros del pavimento flexible de la carretera Sicsibamba - Urbina ubicado en la provincia de Chimborazo, ciudad guano, parroquia Urbina mediante el uso de la metodología PCI”, es original, de nuestra autoría y exclusiva responsabilidad legal y académica, habiéndose citado las fuentes correspondientes y en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Quito, 28 de marzo del 2021



Ana Rocío Salazar Navarrete

C.I.: 1722815543



Hernán Patricio Moyano Ayala

C.I.: 0604322883

Copyright © 2021 por Hernán Patricio Moyano Ayala & Ana Rocío Salazar Navarrete.

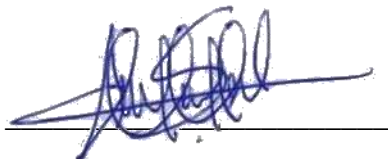
Todos los Derechos Reservados.

DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Hernán Patricio Moyano Ayala & Ana Rocío Salazar Navarrete, en calidad de autores de la disertación bajo juramento que el trabajo descrito es de nuestra autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y, que se ha consultado la bibliografía. Hemos leído las *Políticas Generales de la PUCE*, incluyendo la Titularidad de los derechos de Propiedad Intelectual PUCE, y estamos de acuerdo con su contenido. Los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas políticas.

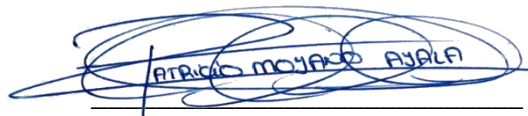
Autorizamos a la PUCE para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Atentamente,



Ana Rocío Salazar Navarrete

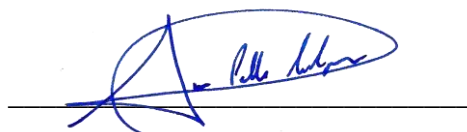
C.I.: 1722815543



Hernán Patricio Moyano Ayala

C.I.: 0604322883

Yo, ingeniero Juan Pablo Solorzano Azanza, certifico que conozco a los autores presentes, trabajo siendo responsable exclusivo en su originalidad, autenticidad, como en su contenido.



Ing. Juan Pablo Solorzano Azanza

Tutor de la Disertación

RESUMEN

El sistema PCI, sirve para realizar una evaluación mediante inspección visual de todas las fallas presentes en una carretera, en base a los estudios realizados por la ASTM Internacional. Para realizar una evaluación funcional, se utiliza el índice de Condición del Pavimento o por sus siglas en inglés PCI Pavement Condition Index creada por M.Y Shahin y S.D. Kohn, en el laboratorio de investigación de construcción de ingeniería del cuerpo de ingenieros de la fuerza armadas de los Estados Unidos. El PCI permite obtener la condición del pavimento de forma visual, utilizando una metodología de calificación de la condición superficial del pavimento, en base al desgaste y fallas presentes, la carretera se califica en un rango de 0 a 100.

En la presente disertación se evaluó 12 kilómetros del pavimento flexible de la carretera Sicsibamba – Urbina, ubicado en la Provincia de Chimborazo, Ciudad de Guano, Parroquia Urbina, mediante la metodología PCI.

Existen dos métodos para realizar la evaluación de una carretera: los Métodos destructivos y los Métodos no destructivos. En esta disertación no se ha realizado ningún método destructivo debido a que nuestro análisis es netamente funcional, y no estructural.

Además, se realizó un estudio del tráfico que circula por la carretera Sicsibamba – Urbina, mediante un conteo vehicular manual durante 9 horas y 7 días seguidos, de esta manera mediante el sistema TPDA, obtener la funcionalidad y el tráfico actual de la carretera.

Finalmente se analizaron los resultados, con los cuales se realizaron propuestas de mantenimiento para la carretera.

Palabras Clave: Índice de Condición de Pavimento (PCI), Evaluación Funcional, Pavimento Flexible, Rehabilitación, Mantenimiento.

ABSTRACT

The PCI system is used to carry out an evaluation by visual inspection of all the faults present in a road, based on the studies carried out by ASTM International. To perform a functional evaluation, the Pavement Condition Index PCI created by M.Y. Shahin and S.D. Kohn, in the United States Army Corps of Engineers Engineering Construction Research Laboratory. The PCI allows to obtain the condition of the pavement visually, using a methodology of qualification of the surface condition of the pavement, based on the wear and faults present, the road is qualified in a range of 0 to 100.

In the present dissertation, 12 kilometers of the flexible pavement of the Sicsibamba - Urbina highway, located in the Province of Chimborazo, City of Guano, Parish Urbina, was evaluated using the PCI methodology.

There are two methods for evaluating a road, the destructive: methods and the non-destructive methods. No destructive method has been used in this dissertation because our analysis is purely functional, and not structural.

In addition, a study of the traffic that circulates on the Sicsibamba - Urbina highway was carried out, through a manual vehicle count for 9 hours and 7 days in a row, in this way, through the TPDA system, to obtain the functionality and current traffic of the highway.

Finally, the results were analyzed, with which maintenance proposals for the road were made.

Keywords: Pavement Condition Index (PCI), Functional Evaluation, Flexible Pavement, Rehabilitation, Maintenance.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	22
CAPÍTULO I.....	25
1. MARCO REFERENCIAL.....	25
1.1. TÍTULO DEL PROYECTO	25
1.2. JUSTIFICACIÓN	25
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	26
1.4. DELIMITACIÓN.....	27
1.5. OBJETIVOS.....	27
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	27
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
1.6. ALCANCE	28
1.7. HIPÓTESIS.....	30
CAPÍTULO II.....	31
2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	31
2.1. MARCO TEÓRICO.....	31
2.1.1. ANTECEDENTES	31
2.1.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA	32
2.1.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	32
2.2. MARCO CONCEPTUAL	33
2.2.1. LAS CARRETERAS	33
2.2.1.1. DEFINICIÓN DE CARRETERAS	33
2.2.1.2. CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS EN EL ECUADOR.....	33
2.2.1.2.1. SEGÚN EL TIPO DE TERRENO	33
2.2.1.2.2. SEGÚN SU JURISDICCIÓN.....	34
2.2.1.2.3. SEGÚN EL TRÁFICO PROYECTADO	34
2.2.1.2.4. SEGÚN LA FUNCIÓN JERÁRQUICA	35
2.2.1.2.5. SEGÚN EL TPDA – CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LAS VÍAS	36
2.2.1.3. PARTES DE LAS CARRETERAS.....	36
2.2.1.3.1. CALZADA	37
2.2.1.3.2. CARRIL.....	37
2.2.1.3.3. CUNETAS.....	37
2.2.1.3.4. PLATAFORMA	38
2.2.1.3.5. BERMAS O ESPALDONES.....	38
2.2.1.3.6. CARRIL.....	38
2.2.1.3.7. MEDIANA	39
2.2.1.3.8. CORONA.....	39
2.2.1.3.9. BOMBEO.....	39
2.2.2. PAVIMENTOS.....	42
2.2.2.1. DEFINICIÓN DE PAVIMENTO	42
2.2.2.2. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO	43
2.2.2.2.1. CARPETA ASFÁLTICA	43
2.2.2.2.2. BASE.....	44
2.2.2.2.3. SUBBASE	44
2.2.2.2.4. SUBRASANTE	44
2.2.2.3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PAVIMENTOS.	45
2.2.2.3.1. PAVIMENTO FLEXIBLE.....	45

2.2.2.3.2.	PAVIMENTO RÍGIDO	46
2.2.2.3.3.	PAVIMENTO SEMI RÍGIDO	47
2.2.2.3.4.	PAVIMENTO HÍBRIDO O ARTICULADO.....	48
2.2.3.	FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES	49
2.2.3.1.	RESISTENCIA DE LA ESTRUCTURA	49
2.2.3.2.	DEFORMACIÓN EN EL PAVIMENTO.....	50
2.2.3.2.1.	DEFORMACIÓN ELÁSTICA EN EL PAVIMENTO	50
2.2.3.2.2.	DEFORMACIÓN PLÁSTICA EN EL PAVIMENTO	51
2.2.3.3.	DURABILIDAD DEL PAVIMENTO	51
2.2.3.4.	PRESUPUESTO.....	51
2.2.3.5.	COMODIDAD Y SEGURIDAD	52
2.2.3.6.	LA CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO.....	52
2.2.4.	MÉTODOS DE DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	53
2.2.4.1.	MÉTODOS EMPÍRICOS.....	53
2.2.4.2.	MÉTODO EMPÍRICO – MECANISTA	54
2.2.5.	CONSIDERACIONES DE DISEÑO SEGÚN LA NORMA AASHTO	54
2.2.5.1.	RENDIMIENTO DEL PAVIMENTO	55
2.2.5.2.	TRÁFICO VEHICULAR	56
2.2.5.3.	MÓDULO RESILIENTE	58
2.2.5.4.	SUBRASANTE Y EL MÓDULO RESILIENTE.....	58
2.2.5.5.	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....	59
2.2.5.6.	MEDIO AMBIENTE.....	59
2.2.5.7.	DRENAJE.....	60
2.2.5.8.	CONFIABILIDAD	60
2.2.6.	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DEL PAVIMENTO.....	61
2.2.6.1.	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO	61
2.2.6.2.	COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO	61
2.2.7.	TRÁFICO.....	63
2.2.8.	INVENTARIO Y EVALUACIÓN VIAL	66
2.2.9.	TIPOS DE MANTENIMIENTO	67
2.2.9.1.	MANTENIMIENTO RUTINARIO	67
2.2.9.2.	MANTENIMIENTO MENOR.....	68
2.2.9.3.	MANTENIMIENTO MAYOR.....	69
2.2.10.	REHABILITACIÓN.....	69
2.2.11.	MEJORAMIENTO.....	70
CAPÍTULO III.....	.....	71
3. DETERIORO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE .....	.....	71
3.1. COMPONENTES QUE AFECTAN AL DETERIORO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.....	.....	71
3.1.1. TRÁNSITO VEHICULAR .....	.....	71
3.1.2. CLIMA .....	.....	73
3.2. FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES .....	.....	75
3.2.1. CAUSAS QUE PRODUCEN LAS FALLAS.....	.....	75
3.2.2. TIPOS DE FALLAS EN LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	.....	75
3.2.3. IDENTIFICACIÓN DE FALLAS.....	.....	76
3.2.4. DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE FALLAS Y SEVERIDAD DE LAS MISMAS .....	.....	77
CAPÍTULO IV .....	.....	97
4. BASES CONCEPTUALES DE LA EVALUACIÓN FUNCIONAL .....	.....	97
4.1. SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO .....	.....	97

4.2.	CLASIFICACIÓN DE SERVICIABILIDAD.....	98
4.3.	EVALUACIÓN FUNCIONAL – DAÑOS AL PAVIMENTO.....	101
4.3.1.	MÉTODOS EMPLEANDO EQUIPOS DE MEDICIÓN DE DETERIORO SUPERFICIAL.....	102
4.3.2.	MÉTODOS VISUALES DE MEDICIÓN DE DETERIORO SUPERFICIAL.....	103
	RESUMEN DE DETERMINANTES EN EL SISTEMA PAVER.....	104
CAPÍTULO V		105
5.	METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN	105
5.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	105
5.1.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO	105
5.1.2.	UBICACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN	107
5.2.	ESTADO ACTUAL DE LA VÍA.....	111
5.2.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA	111
5.3.	MODALIDAD DE LA EVALUACIÓN	113
5.3.1.	TRABAJOS DE CAMPO.....	113
5.3.2.	EVALUACIÓN MEDIANTE INSPECCIÓN VISUAL	114
5.3.3.	IDENTIFICACIÓN DE TRAMOS ESTUDIADOS	117
5.3.3.1.	MEDICIÓN DE DETERIORO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO	117
5.3.3.2.	ELECCIÓN DE UNIDADES A ANALIZAR	118
5.3.3.3.	PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE FALLAS.....	131
5.4.	ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	131
5.4.1.	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	132
5.4.2.	INVENTARIO DE FALLAS	134
5.4.3.	CÁLCULO DEL PCI.....	138
5.4.3.1.	PASO 1: CÁLCULO DE LOS VALORES DEDUCIDOS.....	138
5.4.3.2.	PASO 2: CÁLCULO DEL NÚMERO MÁXIMO ADMISIBLE DE VALORES DEDUCIDOS (m).....	140
5.4.3.3.	PASO 3: CÁLCULO DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO “VDC”	142
5.4.3.4.	PASO 4: CÁLCULO DEL PCI DE LA UNIDAD	145
5.5.	ESTUDIO DEL TRÁFICO.....	146
5.5.1.	FORMATO DE REGISTRO PARA CONTEO VEHICULAR	146
5.5.2.	TRÁFICO EXISTENTE.....	149
5.5.3.	TRÁFICO DESVIADO	150
5.5.4.	TRÁFICO PROYECTADO.....	150
5.5.5.	MÉTODO DE OBTENCIÓN DEL TPDA.....	151
5.5.5.1.	FACTOR HORARIO (<i>F_h</i>).....	151
5.5.5.2.	FACTOR DIARIO (<i>F_d</i>).....	151
5.5.5.3.	FACTOR SEMANAL (<i>F_s</i>).....	152
5.5.5.4.	FACTOR MENSUAL (<i>F_m</i>).....	152
5.5.5.5.	TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA).....	153
5.5.5.6.	TRÁFICO PROYECTADO PARA 10 Y 20 AÑOS	153
5.6.	SEVICIABILIDAD	154
CAPÍTULO VI		156
6.	COSTOS Y RECURSOS.....	156
6.1.	RECURSOS EN OFICINA	156
6.2.	RECURSOS EN CAMPO.....	156
CAPÍTULO VII		157
7.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	157

7.1.	ESTUDIO DEL TRÁFICO.....	157
7.1.1.	TABLAS DE RESUMENES DEL CONTEO VEHICULAR.....	158
7.1.2.	PORCENTAJE DE TRÁFICO SEGÚN EL VEHÍCULO.....	166
7.1.3.	TRÁFICO TOTAL DIARIO OBSERVADO DURANTE 9 HORAS	168
7.1.4.	TRÁFICO TOTAL DIARIO PROYECTADO CON EL AUMENTO DEL 10% EN TODOS LOS DÍAS DEL TRÁFICO CONTADO MANUALMENTE.....	168
7.1.5.	CÁLCULO DEL TPDA	168
7.1.5.1.	FACTOR HORARIO	169
7.1.5.2.	FACTOR DIARIO	169
7.1.5.3.	FACTOR SEMANAL	170
7.1.5.4.	FACTOR MENSUAL	170
7.1.5.5.	CÁLCULO DEL TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL	171
7.1.6.	CÁLCULO DEL TRÁFICO DESVIADO	172
7.1.7.	TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR DE CHIMBORAZO.....	172
7.1.8.	TRÁFICO PROYECTADO PARA 10 Y 20 AÑOS	173
7.1.9.	FUNCIONALIDAD DE LA CARRETERA EN BASE AL TPDA INICIAL, TPDA PROYECTADO A 10 AÑOS Y A 20 AÑOS	174
7.2.	NIVEL DE SERVIABILIDAD.....	175
7.2.1.	RESUMEN DE CALIFICACIONES.....	178
7.2.2.	RESUMEN DE OBSERVACIONES.....	180
7.3.	ANÁLISIS DEL PCI	182
7.3.1.	EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 1 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA	183
7.3.2.	EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 2 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA	185
7.3.3.	EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 3 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA	187
7.3.4.	EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 4 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA	189
7.3.5.	EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 5 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA	191
7.3.6.	EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 6 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA	193
7.3.7.	EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 7 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA	195
7.3.8.	EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 8 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA	197
7.3.9.	EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 9 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA	199
7.3.10.	EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 10 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA	201
7.3.11.	EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 11 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA	203
7.3.12.	EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 12 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA	205
7.3.13.	EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 13 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA	207
7.3.14.	EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 14 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA	209
7.3.15.	EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 15 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA	211
7.3.16.	EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 16 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA	213
7.3.17.	RESUMEN DE LA CALIDAD DE CADA UNIDAD DE LA CARRETERA.....	215
7.3.18.	EVALUACIÓN TOTAL DE LAS FALLAS EN LA CARRETERA.....	218
CAPÍTULO VIII		222
8.	PROPUESTA DE MANTENIMIENTO.....	222
8.1.	MANTENIMIENTO REQUERIDO EN BASE A LA CONDICIÓN Y EDAD DEL PAVIMENTO	222
8.2.	PROPUESTAS DE REPARACIONES POR CADA UNIDAD ANALIZADA DE LA CARRETERA	224
8.3.	ANÁLISIS DE CANTIDADES DE REPARACIONES.....	230
8.4.	FRESADO DE LA CARRETERA	231
8.5.	MANTENIMIENTO RUTINARIO	232
8.6.	PRESUPUESTO REFERENCIAL.....	234

CAPÍTULO IX	236
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	236
9.1. CONCLUSIONES	236
9.2. RECOMENDACIONES	244
BIBLIOGRAFÍA	249
ANEXOS	253
ANEXO A. CONTEO VEHICULAR Y TPDA	253
ANEXO B. SISTEMA PCI – MEDICIÓN DE FALLAS.....	261
ANEXO C. ENCUESTA DE SERVICIBILIDAD	301

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: ELEMENTOS QUE INTEGRAN UNA CARRETERA - (NEVI -12-MTOP, 2013)	36
ILUSTRACIÓN 2: ELEMENTOS QUE INTEGRAN UNA CARRETERA - (NEVI -12-MTOP, 2013).....	37
ILUSTRACIÓN 3: BOMBEO PARA CALZADA CON DOS CARRILES - (MTC, 2001)	40
ILUSTRACIÓN 4: PENDIENTE DE BOMBEO DONDE SE PROYECTA REALIZAR UNA SEGUNDA CALZADA - (MTC, 2001)	41
ILUSTRACIÓN 5: BOMBEO PARA CALZADAS SEPARADAS - (MTC, 2001)	41
ILUSTRACIÓN 6: ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO - (FARINANGO BILBOA, 2014)	43
ILUSTRACIÓN 7: PAVIMENTO FLEXIBLE - (MONTEJO FONSECA, 2002)	45
ILUSTRACIÓN 8: ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO - (SALAZAR RODRÍGUEZ, 2018).....	46
ILUSTRACIÓN 9: ESTRUCTURA DE PAVIMENTO SEMIRÍGIDO - (SALAZAR RODRÍGUEZ, 2018)	47
ILUSTRACIÓN 10: ESTRUCTURA DE PAVIMENTO HÍBRIDO - FUENTE ESPECIFICADA NO VÁLIDA.	48
ILUSTRACIÓN 11: PESOS BRUTOS VEHICULAR Y LONGITUDES MÁXIMAS PERMISIBLES - (MINISTERIO DE TRANPORTE Y OBRAS PÚBLICAS SUBSECRETARÍA DE TRANSPORTE TERRESTRE Y FERROVIARIO, 2020).....	64
ILUSTRACIÓN 12: PESOS BRUTOS VEHICULAR Y LONGITUDES MÁXIMAS PERMISIBLES - (MINISTERIO DE TRANPORTE Y OBRAS PÚBLICAS SUBSECRETARÍA DE TRANSPORTE TERRESTRE Y FERROVIARIO, 2020).....	65
ILUSTRACIÓN 13: FORMULARIO CALIFICACIÓN AASHTO - (SOLMINIHAC, ECHAVEGUREN, & CHAMORRO, 2001)	98
ILUSTRACIÓN 14: PERFIL DE ELEVACIÓN DE LOS 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA - FUENTE: GOOGLE EARTH ...	105
ILUSTRACIÓN 15: MAYOR ELEVACIÓN APROXIMADAMENTE DE 3617 M.S.N.M - FUENTE: GOOGLE EARTH	105
ILUSTRACIÓN 16: MAYOR ELEVACIÓN APROXIMADAMENTE DE 3330 M.S.N.M - FUENTE: GOOGLE EARTH	106
ILUSTRACIÓN 17: RUTA PARA LLEGAR A LA CARRETERA EVALUADA DESDE RIOBAMBA – ELABORACIÓN PROPIA	108
ILUSTRACIÓN 18: RUTA PARA LLEGAR A LA CARRETERA EVALUADA DESDE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA – ELABORACIÓN PROPIA	109
ILUSTRACIÓN 19: LETRERO DIRECCIÓN MUSEO DEL HIELO Y ESTACIÓN URBINA – ELABORACIÓN PROPIA	109
ILUSTRACIÓN 20: UBICACIÓN DE LA CARRETERA A EVALUAR - ELABORACIÓN PROPIA.....	110
ILUSTRACIÓN 21: COORDENADAS DEL PUNTO DE INICIO DEL ESTUDIO DE LA VÍA SICSIBAMBA	110
ILUSTRACIÓN 22: COORDENADAS DEL PUNTO FINAL DEL ESTUDIO DE LA VÍA SICSIBAMBA	111
ILUSTRACIÓN 23: DIMENSIONES CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA – ELABORACIÓN PROPIA	113

ILUSTRACIÓN 24: DATOS PARA EL CÁLCULO DE LAS UNIDADES A SER EVALUADAS (N) - ELABORACIÓN PROPIA	120
ILUSTRACIÓN 25: ESCALA DEL PCI Y RANGOS DE CONDICIÓN - (SHAHIN, M. Y.; KOHN, S. D., 1981)	133
ILUSTRACIÓN 26: EJEMPLO DE CÁLCULO DE VALOR DEDUCIDO CON TIPO DE FALLA PIEL DE COCODRILO	139
ILUSTRACIÓN 27: CURVAS PARA OBTENER EL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO EN FUNCIÓN AL COEFICIENTE Q Y EL VALOR DEDUCIDO TOTAL - (ANDRADE V. & BRITO N., 2017)	144
ILUSTRACIÓN 28: PORCENTAJES DE VEHÍCULOS QUE TRANSITAN LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA - ELABORACIÓN PROPIA	166
ILUSTRACIÓN 29: PORCENTAJES DE VEHÍCULOS QUE TRANSITAN LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA - ELABORACIÓN PROPIA	167
ILUSTRACIÓN 30: GRÁFICA DE CONFORMIDAD - ELABORACIÓN PROPIA	178
ILUSTRACIÓN 31: GRÁFICA DE CONFORMIDAD - ELABORACIÓN PROPIA	179
ILUSTRACIÓN 32: ESCALA PCI - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	216
ILUSTRACIÓN 33: ESTADO DEL PAVIMENTO EN BASE AL PCI - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	217
ILUSTRACIÓN 34: FALLAS DETERMINADAS EN LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA - ELABORACIÓN PROPIA	220
ILUSTRACIÓN 35: FALLAS DETERMINADAS EN LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA – ELABORACIÓN PROPIA	221
ILUSTRACIÓN 36: CICLO DE VIDA DE UN PAVIMENTO EN FUNCIÓN AL ESTADO DEL PAVIMENTO Y EL TIPO DE MANTENIMIENTO REQUERIDO - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	222
ILUSTRACIÓN 37: PORCENTAJES DE REPARACIONES - ELABORACIÓN PROPIA	230
ILUSTRACIÓN 38: MUESTRA DE SEÑALÉTICA HORIZONTAL Y VERTICAL DE LA VÍA	233
ILUSTRACIÓN 39: PRECIO TOTAL DEPENDIENDO EL TIPO DE MANTENIMIENTO - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	235

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: CARRETERAS SEGÚN EL TIPO DE TERRENO - (BELTRÁN, 2013)	33
TABLA 2: CARRETERAS SEGÚN SU JURISDICCIÓN- (BELTRÁN, 2013)	34
TABLA 3: CARRETERAS SEGÚN EL TRÁFICO PROYECTADO - (NEVI -12-MTOP, 2013)	34
TABLA 4: CARRETERAS SEGÚN LA FUNCIÓN JERÁRQUICA - (NEVI -12-MTOP, 2013)	35
TABLA 5: CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LAS VÍAS SEGÚN EL TPDA - (NEVI -12-MTOP, 2013)	36
TABLA 6: PORCENTAJE DE BOMBEO DEPENDIENDO LA CANTIDAD DE LLUVIA - (MARTÍNEZ, 2015)	40
TABLA 7: NIVEL DE CONFIABILIDAD - (MORALES OLIVARES, 2004)	60
TABLA 8: TIPOS DE FALLAS EN LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES - (MONTEJO FONSECA, 2002)	75
TABLA 9: CATÁLOGO DE FALLAS - (MOPC, 2016)	76
TABLA 10: FALLA NO. 1: PIEL DE COCODRILO - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)	78
TABLA 11: FALLA NO. 2: EXUDACIÓN - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)	79
TABLA 12: FALLA NO. 3: FISURAMIENTO EN BLOQUE - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)	80
TABLA 13: FALLA NO. 4: DESNIVELES LOCALIZADOS - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)	81
TABLA 14: FALLA NO. 5: CORRUGACIÓN - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)	82
TABLA 15: FALLA NO. 6: DEPRESIÓN - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)	83
TABLA 16: FALLA NO. 7: FISURAMIENTO EN BORDE - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)	84
TABLA 17: FALLA NO. 8: FISURAMIENTO DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)	85
TABLA 18: FALLA NO. 9: DESNIVEL DE CARRIL - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)	86
TABLA 19: FALLA NO. 10: FISURAMIENTO LONGITUDINAL O TRANSVERSAL - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)	87
TABLA 20: FALLA NO. 11: PARCHE DE CORTE DE SERVICIO - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)	88
TABLA 21: FALLA NO. 12: AGREGADO PULIDO - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)	89
TABLA 22: FALLA NO. 13: BACHES - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)	90
TABLA 23: FALLA NO. 14: CRUCE DE FERROCARRIL - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)	91
TABLA 24: FALLA NO. 15: SURCO EN HUELLA O AHUELLAMIENTO - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)	92
TABLA 25: FALLA NO. 16: DESPLAZAMIENTO - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)	93

EVALUACIÓN DE 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA

TABLA 26: FALLA NO. 17: FISURAMIENTO DE RESBALAMIENTO- (ASTM INTERNATIONAL, 2008).....	94
TABLA 27: FALLA NO. 18: HINCHAMIENTO- (ASTM INTERNATIONAL, 2008)	95
TABLA 28: FALLA NO. 19: DESMORONAMIENTO / INTEMPERISMO - (ASTM INTERNATIONAL, 2008).....	96
TABLA 29: NIVELES DE SERVICIABILIDAD - (AASHTO, 1993)	98
TABLA 30: SERVICIABILIDAD FINAL - (AASHTO, 1993).....	99
TABLA 31: ESCALA DE CALIFICACIÓN DE SERVICIABILIDAD AASHTO - (SOLMINIHAC, ECHAVEGUREN, & CHAMORRO, 2001)	100
TABLA 32: RESUMEN DEL CLIMA - (WEATHER SPARK, S.F.)	106
TABLA 33: CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA - ELABORACIÓN PROPIA	112
TABLA 34: INDICACIONES PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA PAVER - (ASTM INTERNATIONAL, 2008).....	115
TABLA 35: ESCALA DEL PCI Y RANGOS DE CONDICIÓN - (SHAHIN, M. Y.; KOHN, S. D., 1981)	133
TABLA 36: FORMATO PARA LA RECOPIACIÓN DE LAS FALLAS PRESENTES EN EL PAVIMENTO A EVALUAR CON EL MÉTODO PCI - ELABORACIÓN PROPIA	137
TABLA 37: EJEMPLO PARA OBTENER EL NÚMERO MÁXIMO DE VALORES DEDUCIDOS - (CANCAPA H. & BLAS O., 2020).....	141
TABLA 38: EJEMPLO DE VALORES DEDUCIDOS OBTENIDOS EN LA NORMATIVA ASTM DESIGNACIÓN D 6433 – 07 - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)	142
TABLA 39: LISTA PARA OBTENER LOS VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS OBTENIDOS EN LA NORMATIVA ASTM DESIGNACIÓN D 6433 – 07 - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)	144
TABLA 40: FORMATO PARA EL CONTEO VEHICULAR TPDA – ELABORACIÓN PROPIA	148
TABLA 41: COMPOSICIÓN VEHICULAR DE LOS 7 DÍAS.....	149
TABLA 42: CANTIDAD DEL TRÁFICO TOTAL DIARIO OBSERVADO	149
TABLA 43: TRÁFICO TOTAL DIARIO PROYECTADO CON EL AUMENTO DEL 10% EN TODOS LOS DÍAS DEL TRÁFICO.....	149
TABLA 44: TPDA	149
TABLA 45: TRÁFICO ACTUAL.....	150
TABLA 46: TRÁFICO VEHICULAR PROYECTADO A 10 Y 20 AÑOS	150
TABLA 47: ENCUESTA DE SERVICIABILIDAD PARA LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA - ELABORACIÓN PROPIA	155
TABLA 48: RECURSOS EN CAMPO – ELABORACIÓN PROPIA	156

TABLA 49: CONTEO VEHICULAR SÁBADO 30 DE ENERO DEL 2021 – ELABORACIÓN PROPIA	158
TABLA 50: CONTEO VEHICULAR DOMINGO 31 DE ENERO DEL 2021 – ELABORACIÓN PROPIA	159
TABLA 51: CONTEO VEHICULAR LUNES 01 DE FEBRERO DEL 2021 – ELABORACIÓN PROPIA	160
TABLA 52: CONTEO VEHICULAR MARTES 02 DE FEBRERO DEL 2021 – ELABORACIÓN PROPIA	161
TABLA 53: CONTEO VEHICULAR MIÉRCOLES 03 DE FEBRERO DEL 2021 – ELABORACIÓN PROPIA	162
TABLA 54: CONTEO VEHICULAR JUEVES 04 DE FEBRERO DEL 2021 – ELABORACIÓN PROPIA	163
TABLA 55: CONTEO VEHICULAR VIERNES 05 DE FEBRERO DEL 2021 – ELABORACIÓN PROPIA	164
TABLA 57: RESUMEN DE CONTEO VEHICULAR DE LOS 7 DÍAS - ELABORACIÓN PROPIA	165
TABLA 58: PORCENTAJE DE TRÁFICO SEGÚN EL VEHÍCULO - ELABORACIÓN PROPIA	166
TABLA 59: PORCENTAJE DE TRÁFICO SEGÚN EL VEHÍCULO - ELABORACIÓN PROPIA	167
TABLA 60: TRÁFICO TOTAL DIARIO OBSERVADO DURANTE 9 HORAS - ELABORACIÓN PROPIA	168
TABLA 61: TRÁFICO TOTAL DIARIO PROYECTADO CON 10% DE AUMENTO - ELABORACIÓN PROPIA	168
TABLA 62: FACTOR HORARIO - ELABORACIÓN PROPIA	169
TABLA 63: FACTOR SEMANAL - ELABORACIÓN PROPIA	170
TABLA 64: COMBUSTIBLE DE COMBUSTIBLE MENSUAL - (HIDALGO ZÚÑIGA, 2015).....	171
TABLA 65: FACTOR MENSUAL - ELABORACIÓN PROPIA	171
TABLA 66: FACTORES PARA EL CÁLCULO DEL TPDA - ELABORACIÓN PROPIA	171
TABLA 67: CÁLCULO DEL TPDA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE VEHÍCULO - ELABORACIÓN PROPIA	172
TABLA 68: TRÁFICO DESVIADO - ELABORACIÓN PROPIA	172
TABLA 69: TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR PARA CHIMBORAZO - DEPARTAMENTO DE FACTIBILIDAD MTOP	172
TABLA 70: TRÁFICO PROYECTADO PARA 10 Y 20 AÑOS - ELABORACIÓN PROPIA	173
TABLA 71: ENCUESTA DE SERVICIABILIDAD - ELABORACIÓN PROPIA	176
TABLA 72: CONTEO DE CALIFICACIONES - ELABORACIÓN PROPIA	178
TABLA 73: CONTEO DE CALIFICACIONES - ELABORACIÓN PROPIA	179
TABLA 74: RESUMEN DE CALIFICACIÓN PCI POR CADA UNA DE LAS FALLAS Y PROMEDIO DE CALIDAD DE LOS 12 KILÓMETROS DE CARRETERA – ELABORACIÓN PROPIA	216

TABLA 75: SUMATORIA TOTAL DE LAS CANTIDADES PARCIALES EN TODA LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA – ELABORACIÓN PROPIA	218
.....
TABLA 76: DECODIFICACIÓN DE LAS FALLAS ENCONTRADAS EN LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA - ELABORACIÓN PROPIA	219
TABLA 77: CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN BASE AL TIPO DE MANTENIMIENTO REQUERIDO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	223
TABLA 78: ALTERNATIVA DE REPARACIÓN UNIDAD 1 – ELABORACIÓN PROPIA	224
TABLA 79: ALTERNATIVA DE REPARACIÓN UNIDAD 2 – ELABORACIÓN PROPIA	224
TABLA 80: ALTERNATIVA DE REPARACIÓN UNIDAD 3 – ELABORACIÓN PROPIA	225
TABLA 81: ALTERNATIVA DE REPARACIÓN UNIDAD 4 – ELABORACIÓN PROPIA	225
TABLA 82: ALTERNATIVA DE REPARACIÓN UNIDAD 5 – ELABORACIÓN PROPIA	225
TABLA 83: ALTERNATIVA DE REPARACIÓN UNIDAD 6 – ELABORACIÓN PROPIA	225
TABLA 84: ALTERNATIVA DE REPARACIÓN UNIDAD 7 – ELABORACIÓN PROPIA	226
TABLA 85: ALTERNATIVA DE REPARACIÓN UNIDAD 8 – ELABORACIÓN PROPIA	226
TABLA 86: ALTERNATIVA DE REPARACIÓN UNIDAD 9 – ELABORACIÓN PROPIA	226
TABLA 87: ALTERNATIVA DE REPARACIÓN UNIDAD 10 – ELABORACIÓN PROPIA	227
TABLA 88: ALTERNATIVA DE REPARACIÓN UNIDAD 11 – ELABORACIÓN PROPIA	227
TABLA 89: ALTERNATIVA DE REPARACIÓN UNIDAD 12 – ELABORACIÓN PROPIA	227
TABLA 90: ALTERNATIVA DE REPARACIÓN UNIDAD 13 – ELABORACIÓN PROPIA	228
TABLA 91: ALTERNATIVA DE REPARACIÓN UNIDAD 14 – ELABORACIÓN PROPIA	228
TABLA 92: ALTERNATIVA DE REPARACIÓN UNIDAD 15 – ELABORACIÓN PROPIA	228
TABLA 93: ALTERNATIVA DE REPARACIÓN UNIDAD 16 – ELABORACIÓN PROPIA	228
TABLA 94: DESCRIPCIÓN DE LAS REPARACIONES – ELABORACIÓN PROPIA	229
TABLA 95: PORCENTAJES DE REPARACIONES	230

INTRODUCCIÓN

Las carreteras en el Ecuador son de gran importancia ya que conectan económica y comercialmente a todo el país. Sin embargo, aunque existe una red de carreteras extensa en nuestro país, y siendo uno de los países con más estructuras de pavimentos en la región sudamericana; las carreteras presentan serias deficiencias y deterioro, tomando en cuenta que estas carreteras son importantes para transporte de carga, comercialización y movilización.

En el Ecuador uno de los planes nacionales del buen vivir, es disminuir la tasa de mortalidad en accidente de tránsito, utilizando medidas para mejorar la seguridad vial, mejorando la calidad de las carreteras y realizando campañas de concientización a todos los usuarios conductores.

Todo pavimento debe cumplir con los mejores estándares de calidad para que los conductores transiten de forma cómoda y segura. Además, que un pavimento en condiciones ideales, resulta más económico al transitar por la vía en tiempo de viaje, debido a que se puede transitar a velocidades ideales; adicionalmente, económicamente resulta un beneficio para el bolsillo de los usuarios conductores, ya que, al estar la vía en buen estado, se conservan mejor los vehículos.

Es fundamental que los GAD Municipales de cada ciudad se hagan responsables y se comprometan a realizar el financiamiento para la conservación de la calidad de los pavimentos.

Se ha generado la necesidad de realizar un estudio de evaluación, debido a que la carretera Sicsibamba – Urbina, a pesar de tener un tiempo de construcción muy corto, ha presentado deterioro y gran número de fallas, dando lugar a la inconformidad de los conductores.

Actualmente no existe un estudio que evalúe la condición del pavimento, y tampoco existe un plan de mantenimiento para conservar la vía. La carretera Sicsibamba – Urbina es una vía donde la población es principalmente agrícola – ganadera y además cuenta con un tráfico de vehículos pesados constante, por lo cual la vía debe estar en óptimas condiciones en todo momento.

Nuestra disertación cuenta con 7 capítulos, los cuales se dividen en la siguiente manera:

El primer capítulo, tiene como nombre “MARCO REFERENCIAL”, donde se desarrolla un estudio previo, el cual se subdivide en Título del Proyecto, Justificación, Planteamiento del Problema, Delimitación, entre otros.

El segundo capítulo, tiene como nombre “MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL”, donde el Marco Teórico se subdivide en Antecedentes, Fundamentación Filosófica y Fundamentación legal, mientras Marco Conceptual se enfoca en los conceptos generales del pavimento y las carreteras, sus características, elementos y su clasificación. Clasificación de las carreteras según el terreno, jurisdicción, jerarquía, funcionalidad. Factores que influyen el deterioro del pavimento flexible, métodos de diseño de los pavimentos flexibles, tipos de mantenimiento vial, entre otros.

El tercer capítulo, tiene como nombre “DETERIORO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE”, donde se realizará un estudio de todos los componentes que afectan en el deterioro del pavimento flexible, tipos de fallas, el detalle de sus severidades, la manera que deben ser medidas cada una de las fallas y una posible solución de cada una de las mismas, en función de mejorar la comodidad y seguridad vial.

El cuarto capítulo, tiene como nombre “EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE ESTUDIO”, donde se enfoca en la serviciabilidad del pavimento, la evaluación funcional en

relación a los daños al pavimento y los métodos empleados para la medición del deterioro superficial.

El quinto capítulo, tiene como nombre “METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN”, donde se enfoca en los métodos para realizar el estudio de la carretera. Se presenta cómo se realizará la identificación de las fallas, su registro y el cálculo para obtener la condición del pavimento, en función de la metodología PCI, el tráfico promedio diario anual y la serviciabilidad.

El sexto capítulo, tiene como nombre “COSTOS Y RECURSOS”, donde se realiza un breve análisis de todo el presupuesto gastado para realizar el estudio de la evaluación del pavimento.

El séptimo capítulo, tiene como nombre “ANÁLISIS DE RESULTADOS”, donde se enfoca en realizar una evaluación de los datos registrados en campo, tanto de las fallas localizadas, conteo vehicular y serviciabilidad.

El octavo capítulo, tiene como nombre “PROPUESTA DE MANTENIMIENTO”, donde se realizarán propuestas de reparaciones del pavimento en función de todas las fallas encontradas, el conteo vehicular y la serviciabilidad analizada.

El noveno capítulo, tiene como nombre “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES”, donde se realiza un análisis total del proyecto, y se darán conclusiones finales y recomendaciones para un futuro proyecto de evaluación de una carretera.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. TÍTULO DEL PROYECTO

“EVALUACIÓN FUNCIONAL DE 12 KILÓMETROS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA UBICADO EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, CIUDAD GUANO, PARROQUIA URBINA MEDIANTE EL USO DE LA METODOLOGÍA PCI”.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Toda estructura vial o de pavimento es un componente sumamente importante en el desarrollo tanto social y económico de una parroquia, ciudad, pueblo, provincia, etc., debido a que la misma nos ayuda a realizar una buena comercialización y comunicación de intercambio y ventas de bienes y servicios.

Es necesario realizar la evaluación de la carretera Sicsibamba - Urbina para verificar que la carretera sea cómoda, eficiente y sobre todo segura para su circulación, teniendo en cuenta que no existen estudios de evaluación previos.

Una de las razones principales del análisis de pavimentos flexibles, es identificar el número de fallas que se presentan en la vía, estas pueden ser más notorias con el paso del tiempo, dependiendo del tránsito y tipos de vehículos que circulan. La necesidad de una correcta evaluación de una infraestructura vial es de suma importancia, debido que con este estudio se puede realizar un plan de mantenimiento de la vía.

Este tema de estudio surge debido a las necesidades que existe en esta carretera de realizar una evaluación vial. Además, que dicha evaluación puede servir para realizar futuros

mantenimientos, y de esta manera disminuir: costo de viajes y daños en los vehículos; el realizar un mantenimiento vial tiene un beneficio en el impacto ambiental, el cual es, evitar realizar una nueva carretera y ahorrar los recursos naturales, que se obtienen mediante la explotación de minas, para la extracción de material granular grueso o fino.

Esta disertación evaluará el estado actual de la vía de la carretera Sicsibamba - Urbina mediante la metodología PCI, donde la información obtenida en este análisis, estará a disposición de todos los profesionales y en especial a las instituciones públicas de la provincia del Chimborazo.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este análisis de la presente disertación de grado, tiene como propósito el realizar la evaluación de 12 kilómetros en la carretera Sicsibamba - Urbina, ubicado en la provincia de Chimborazo, ciudad Guano, parroquia Urbina, utilizando la metodología PCI, y servirá de apoyo para las diferentes entidades de Chimborazo, para mejorar la calidad de circulación de la vía.

Actualmente, debido a la pandemia, existen muchas limitaciones económicas en el país, y los entes gubernamentales y municipios están dando prioridad a la salud, y ha existido poca preocupación en la rehabilitación o mantenimiento de ciertas rutas de carreteras. Dado a la cantidad de dinero que se debe invertir en estos proyectos, no se ha programado, ni planificado ningún tipo de proyecto que evalúe las condiciones aceptables de la carretera. Es por esto, que realizaremos una evaluación del tramo de la carretera Sicsibamba - Urbina, como parte del proceso para el mejoramiento de la misma.

1.4. DELIMITACIÓN

La carretera Sicsibamba – Urbina recorre las faldas del volcán Chimborazo, y pasa por la zona agrícola – ganadera de la localidad. Se encuentra en la provincia de Chimborazo, ciudad Guano, parroquia Urbina, ubicado a alrededor de 10 km de distancia de Riobamba, hasta llegar al sector de las 4 esquinas, donde se inició el estudio de los 12 kilómetros de carretera.

VÍA: SICSIBAMBA – URBINA

LONGITUD: 12 KILÓMETROS

COORDENADA INICIAL: LATITUD 1°29'14,61" S, LONGITUD 78°42'08.00" O

COORDENADA FINAL: LATITUD 1°33'41.02" S, LONGITUD 78°45'20.00" O

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Ejecutar la evaluación funcional de 12 kilómetros de la carretera Sicsibamba - Urbina con el uso de la metodología PCI.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el tipo de tránsito que existe en la vía Sicsibamba - Urbina
- Determinar la clasificación funcional de la vía con referencia al Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), que actualmente transita por la vía.
- Evaluar la Serviciabilidad de la carretera, mediante la opinión de los usuarios que circulan la carretera.
- Identificar las fallas superficiales en los 12 kilómetros del pavimento flexible de la carretera Sicsibamba - Urbina, sus causas, magnitudes y su nivel de severidad.

- Evaluar el deterioro del pavimento flexible y la condición de la carretera según la metodología PCI, en función a las fallas registradas en la evaluación.
- Dar una breve descripción de las posibles soluciones técnicas de mantenimiento o rehabilitación en el pavimento flexible, tomando en cuenta su nivel de deterioro.

1.6. ALCANCE

La presente tesis es de ámbito investigativo y de campo, donde se realizará una recopilación de documentos, tesis, papers, manuales, códigos, normativas, que nos indiquen cómo se debe realizar una buena evaluación de pavimentos flexibles.

La presente disertación propone evaluar 12 kilómetros de los 21,4 kilómetros de la carretera Sicsibamba – Urbina, ubicado en la Provincia de Chimborazo, Ciudad de Guano, Parroquia Urbina, mediante la evaluación funcional del pavimento flexible en la vía.

Se deberá utilizar obligatoriamente equipo de protección personal y consideraciones de seguridad para el estudio de la vía. Los registros y toma de datos in – situ del pavimento a analizar se realizará en días despejados, en días visualmente claros, en días sin lluvia o neblina y que no exista presencia de que haya llovido anteriormente. Los horarios que se deberán tomar para realizar las inspecciones, son en la mañana o en la tarde, jamás se realizará la evaluación en la noche, para de esta manera poder observar los automóviles pasar y también los conductores puedan observarnos con claridad. Será obligatorio el uso de chaleco retro reflectivo, y si es posible casco y botas de punta de acero.

El estudio de tráfico de la carretera Sicsibamba – Urbina, se realizará mediante un conteo vehicular manual durante 9 horas por día, en 7 días consecutivos y de esta manera mediante el sistema TPDA, obtener la funcionalidad de la carretera. El conteo vehicular se recolectará

mediante hojas de registro en función del tipo de vehículos que transitan por la vía. Se deberá realizar el conteo vehicular en un punto estratégico y seguro en el tramo de la carretera.

Para el estudio de las fallas en el pavimento, se realizará un recorrido de los 12 kilómetros de la carretera, los cuales se dividirán en tramos, para realizar un registro de fallas más efectivo y cumplir con la longitud total de la vía. Las fallas se recopilarán mediante el uso de hojas de registro de fallas, donde se evidenciarán sus severidades y magnitudes. La evaluación se hará mediante un recorrido total a pie, donde se identificarán todas las fallas presentes en la vía, y se evidenciarán por medio de fotografías. Para la medición de las magnitudes de las fallas, se deberá utilizar flexómetros, reglas y escuadras. Las severidades se deberán registrar en función al catálogo de fallas presente en la normativa ASTM D6433. De esta manera en función de la severidad de las fallas, magnitud de las fallas y los tipos de fallas encontrados, se realizará un análisis del estado de deterioro actual del pavimento mediante la metodología PCI.

Se realizará una encuesta a los usuarios que circulan la carretera, específicamente a buseros, camioneros y gente de la localidad, que transitan regularmente por la misma. De esta manera se obtendrá la calificación de serviciabilidad de la carretera.

El análisis de resultados obtenidos en campo, determinará en qué estado se encuentra la carretera. Además, con dichos resultados se realizará una breve propuesta de mantenimiento de la vía.

1.7. HIPÓTESIS

La evaluación mediante la metodología PCI analizada en esta disertación, permitirá al GAD Provincial de Chimborazo, entidad que ejecutó el proyecto de construcción de la carretera Sicsibamba - Urbina, ubicada en la provincia de Chimborazo, Ciudad Guano, Parroquia Urbina, realizar un análisis de mantenimiento o rehabilitación para la carretera.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. ANTECEDENTES

Para realizar la evaluación del pavimento, se debe entender el comportamiento del tipo de pavimento y los materiales que han sido utilizados para la construcción del mismo, y de esta manera prevenir e incluso identificar los tipos de fallas que se pueden generar en un pavimento, por ejemplo: piel de cocodrilo, baches, desnivel localizado, corrugación, depresión, etc. (Villacís Machuca, 2014)

Al analizar el comportamiento del pavimento dependiendo del tránsito promedio diario anual, buscamos prevenir las fallas y deterioros. Es por esto que surge la idea de la evaluación de la carretera Sicsibamba – Urbina con el uso de la metodología PCI, para de esta manera proponer una alternativa de mantenimiento para la vía de estudio.

La infraestructura vial en el mundo y particularmente en nuestro país es de suma importancia para el desarrollo económico y social. Las vías de transporte terrestres unen los sectores de producción y consumo, donde comercializan sus productos. Por esta razón, la construcción y el mantenimiento de las carreteras son temas que requieren de especial atención por parte de los gobiernos para que cumplan el objetivo para las cuales fueron diseñadas y construidas.

En la vía Sicsibamba se producen fallas superficiales, las cuales pueden ser causadas por efectos del tráfico, por efectos ambientales y por problemas de durabilidad. Las mismas que se

puede evitar realizando un refuerzo en la estructura de la capa de rodadura y así disminuir el deterioro en la vía para mantenerla en óptimas condiciones.

Las entidades de control vial no deben descuidar el mantenimiento tanto rutinario como periódico de la vía, para evitar el deterioro constante y excesivo en ciertos tramos de la misma.

2.1.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

Para realizar la evaluación de la carretera se utilizará la metodología PCI para calificarla funcionalmente y analizar los deterioros que se presentan en la vía, y luego analizar posibles soluciones de mejoramiento vial.

2.1.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Para realizar la evaluación funcional de la carretera, y proponer reparaciones y mantenimiento vial, tomaremos como referencia investigaciones realizadas por la AASHTO, MTOP, ASTM, etc., como la guía AASHTO para el diseño de pavimento, la norma estándar para el índice de condición del pavimento de carreteras y estacionamiento creado por la ASTM – INTERNATIONAL D6433 – 07, La norma Ecuatoriana Vial NEVI – 12 creada por la MTOP, la investigación realizada por M.Y. Shahin y S.D. Khon de la gestión de mantenimiento de pavimentos para carreteras y estacionamientos dirigido por el cuerpo de ingenieros del ejército de los Estados Unidos, entre otras investigaciones.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. LAS CARRETERAS

2.2.1.1. DEFINICIÓN DE CARRETERAS

La carretera es un camino que facilita la conexión entre dos lugares, poblaciones, ciudades, ya que por medio de la circulación de los vehículos nos trasladamos de forma segura y rápida. Ésta debe estar diseñada para que sea confiable, cómoda, segura con el usuario y conforme con el medio ambiente. (Beltrán, 2013)

2.2.1.2. CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS EN EL ECUADOR

2.2.1.2.1. SEGÚN EL TIPO DE TERRENO

Tabla 1: Carreteras Según el Tipo de Terreno - (Beltrán, 2013)

CLASE DE TERRENO	SIGLAS	DEFINICIÓN
LLANO	LL	Un terreno es llano cuando la superficie tiene el mismo nivel en todas sus partes, sin desniveles o desigualdades, es decir presenta pendientes suaves.
ONDULADO	O	Es ondulado aquel formado por elevaciones y depresiones de pequeña importancia. Son pendientes que permiten el acceso en todas las direcciones.
MONTAÑOSO	M	Un terreno montañoso es aquel que presenta elevaciones y depresiones de mayor importancia, de difícil acceso, existiendo pocos puntos por los que se puede atravesar con facilidad.
ESCARPADO	E	Es escarpado aquel que presenta bruscos cambios de pendiente y cortados longitudinalmente, sus laderas son abruptas y a veces inaccesibles.

2.2.1.2.2. SEGÚN SU JURISDICCIÓN

Considerando, que la red nacional es el conjunto total de las carreteras existentes en el territorio ecuatoriano se han clasificado en las siguientes:

Tabla 2: Carreteras Según su Jurisdicción- (Beltrán, 2013)

Por su Jurisdicción	Definición
Red Vial Estatal	Está constituida por todas las vías administradas por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, como única entidad responsable del manejo y control.
Red Vial Provincial	Es el conjunto de las vías administradas por cada uno de los Gobiernos Provinciales.
Red Vial Cantonal	Es el conjunto de las vías urbanas e inter parroquiales administradas por cada uno de los Consejos Municipales.

2.2.1.2.3. SEGÚN EL TRÁFICO PROYECTADO

Para el diseño de las vías en el país se recomienda la clasificación en función del pronóstico del tráfico para un período de 15 a 20 años.

Tabla 3: Carreteras Según el Tráfico proyectado - (NEVI -12-MTOP, 2013)

TIPOS DE VIAS	(TPDA)
R-I o R-II	> 8000 autos
I	3000 a 8000 autos
II	1000 a 3000 autos
III	300 a 1000 autos
IV	100 a 300 autos

2.2.1.2.4. SEGÚN LA FUNCIÓN JERÁRQUICA

Tabla 4: Carreteras Según la función jerárquica - (NEVI -12-MTOP, 2013)

FUNCIÓN	TIPOS DE VÍAS	TRÁFICO PROYECTADO	DEFINICIÓN
CORREDOR	R-I o R-II (Autopistas)	> 8000 autos	Son carreteras de calzadas separadas (autopista) y calzada única (clase I y II). Estas tienen una sola superficie acondicionada de la vía con 2 carriles destinados a la circulación de autos en ambos sentidos y con adecuados espaldones a cada lado, incluirá, además, pero en forma eventual zonas suplementarias en las que se asientan carriles auxiliares, zonas de giro, paraderos y sus accesos se realizan a través de vías de servicio y rampas de ingreso o salida adecuadamente diseñadas.
	I	de 3000 a 8000 autos	
	II	de 1000 a 3000 autos	
ARTERIAL COLECTORA	I	de 3000 a 8000 autos	Son las carreteras de clase I, II, III y IV de acuerdo a su importancia, están destinadas a recibir el tráfico de los caminos vecinales. Sirven a poblaciones principales que no están en el sistema arterial nacional.
	II	de 1000 a 3000 autos	
	III	de 300 a 1000 autos	
	IV	de 100 a 300 autos	
VECINAL	IV	de 100 a 300 autos	Son las carreteras de clase IV, V que incluyen a todos los caminos rurales, no incluidos en las denominaciones anteriores.
	V	< 100 auts	

2.2.1.2.5. SEGÚN EL TPDA – CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LAS VÍAS

Tabla 5: Clasificación funcional de las vías según el TPDA - (NEVI -12-MTOP, 2013)

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LAS VÍAS EN BASE AL TPDA			
DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL	
		LÍM. INFERIOR	LÍM. SUPERIOR
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o Carretera Multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 Carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	5000

2.2.1.3. PARTES DE LAS CARRETERAS

En la siguiente ilustración se presentan las partes de una carretera.

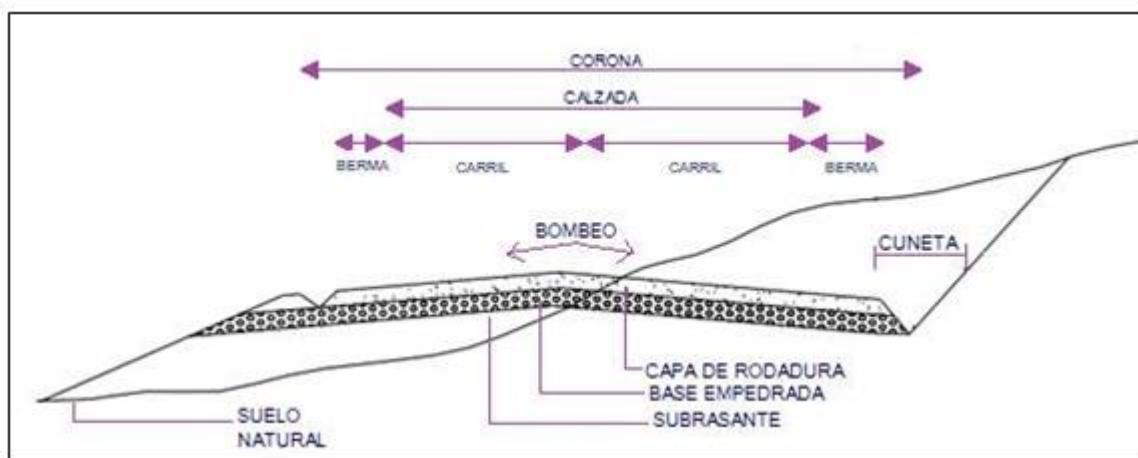


Ilustración 1: Elementos que integran una carretera - (NEVI -12-MTOP, 2013)



Ilustración 2: Elementos que integran una carretera - (NEVI -12-MTOP, 2013)

2.2.1.3.1. CALZADA

Es la parte de la vía destinada a la circulación de vehículos. Cuando ésta presenta señalización horizontal precisando carriles de circulación se le denomina calzada señalizada. (Martínez, 2015)

2.2.1.3.2. CARRIL

El carril se encuentra limitado por señalética horizontal de la vía, donde se define el ancho del carril, el cual debe ser óptimo y suficiente para que los vehículos puedan circular. (MTC, 2001)

2.2.1.3.3. CUNETAS

Son canales abiertos construidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y sub- superficiales procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes a fin de proteger la estructura del pavimento. (Martínez, 2015)

2.2.1.3.4. PLATAFORMA

Es la zona de la vía formada por calzada y bermas dedicada al uso de vehículos. (Martínez, 2015)

2.2.1.3.5. BERMAS O ESPALDONES

Son bandas de terreno despejado destinadas a mantener la calzada libre de sólidos que pudieran obstaculizar la circulación de vehículos, como posibles piedras caídas de taludes. Las cunetas se integran dentro de un sistema más complejo denominado drenaje. Estas son diseñadas para el desagüe efectivo de la carretera y evitar también la entrada de agua desde el exterior. (Martínez, 2015)

En función de sus características se puede distinguir entre:

- Berma pavimentada con una capa de alquitrán asfalto. (Martínez, 2015)
- Berma afirmada con un ancho no menor de 1.5 metros que permite la circulación de motocicletas y bicicletas. (Martínez, 2015)
- Borde exterior de la calzada: Es el borde exterior de la parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos en general. Si la vía tiene varias calzadas, el borde es el espacio derecho de la calzada externa. (Martínez, 2015)
- Berma interior: Es la zona longitudinal de la vía que separa las calzadas y no está destinada a la circulación. (Martínez, 2015)

2.2.1.3.6. CARRIL

Es cada una de las bandas longitudinales en que queda dividida la calzada, después de la señalización. Se caracteriza por tener una anchura suficiente para permitir la circulación de una fila de automóviles. (Martínez, 2015)

CARRILES PARA VELOCIDADES LENTAS

Este carril adicional, se lo ubica a la derecha de los carriles de adelantamiento o de velocidades rápidas, en los cuales, permite al usuario viajar a una velocidad menor, a comparación a los carriles de adelantamiento, apartándose de los vehículos que circulan a velocidades más rápidas. (MTC, 2001)

CARRILES DE VELOCIDADES RÁPIDAS

Este carril, se lo ubica a la izquierda de los carriles o carril de velocidades más lentas, en los cuales, permite al usuario viajar a una velocidad mayor, a comparación a los carriles de velocidades lentas, facilitando de esta manera que los vehículos circulen a las velocidades óptimas que permite la vía, y el adelantamiento. (MTC, 2001)

2.2.1.3.7. MEDIANA

La mediana es una división el cual consiste de un bordillo que tiene una determinada elevación, ésta impide que los automóviles puedan invadir la vía contraria. La mediana puede estar conformada por, material natural, hormigón, acero, tierra, entre otras. Incluso en varios sitios se pueden observar árboles o decoraciones para dar decoración a la mediana. (MTC, 2001)

2.2.1.3.8. CORONA

La corona es toda la superficie del pavimento, incluyendo la calzada, las bermas interiores y exteriores, la pendiente transversal de la carretera y las cunetas. (MTC, 2001)

2.2.1.3.9. BOMBEO

Toda vía debe caracterizarse por tener este sistema llamado bombeo. Se le denomina bombeo al peralte que tiene una calzada para que el agua se deslice hacia las cunetas. Esta

inclinación permite que las carreteras no se empocen, además se debe tomar en cuenta parámetros como: la capa de rodadura de la calzada y la cantidad de lluvia que se precipita en la localización. (Martínez, 2015)

En la siguiente tabla se presenta el porcentaje de inclinación de bombeo que una calzada debe tener dependiendo la cantidad de lluvia en $mm/año$. Se debe tomar en cuenta que la pendiente deberá aumentar dependiendo el tramo de la vía, si este es tangencial puede mantenerse el porcentaje de bombeo mínimo, pero sí es un tramo de una curva el porcentaje de bombeo deberá ser mayor.

Tabla 6: Porcentaje de bombeo dependiendo la cantidad de lluvia - (Martínez, 2015)

PORCENTAJE DEL BOMBEO EN FUNCIÓN A LA CANTIDAD DE LLUVIA	
$< 500 \frac{mm}{año}$	$> 500 \frac{mm}{año}$
2.0 % – 3,5 %	2.5 % – 4.0 %

TIPOS DE BOMBEO SEGÚN LAS CALZADAS

Se especifican un tipo de pendiente para el bombeo según el tipo de la calzada y su número de carriles.

a. CALZADA CON DOS CARRILES

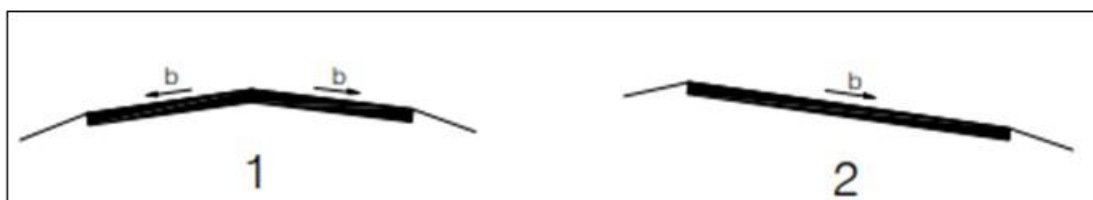


Ilustración 3: Bombeo para calzada con dos carriles - (MTC, 2001)

Como se puede observar en la ilustración, en una calzada de dos carriles pueden realizarse dos pendientes a dos sentidos (1) o una sola pendiente que se dirija a un solo lado para bombeo (2). La opción 2 se debe tomar en cuenta como si fuese obligatorio para casos en las que se planifique futuras ampliaciones en las que las calzadas se encuentren separadas. (MTC, 2001)

b. CALZADA DE DOS CARRILES – PROYECTADA PARA CALZADAS SEPARAS

Este tipo de bombeo se lo realiza cuando está pensado planificar la expansión de dos calzadas separadas a un futuro, en la cual se realiza una sola pendiente para bombeo inicialmente, para luego crear otra calzada con una segunda pendiente, como se puede observar en la siguiente ilustración:

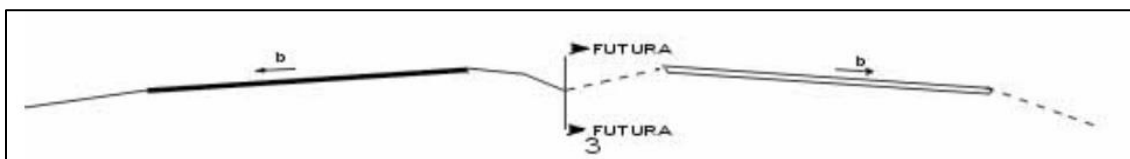


Ilustración 4: Pendiente de bombeo donde se proyecta realizar una segunda calzada - (MTC, 2001)

c. CALZADA SEPARADAS

En este tipo de carreteras, se realizan dos calzadas, donde existe un separador central, parterre, o terreno natural, en el cual separan las dos rutas, de direcciones generalmente opuestas. En este tipo de calzadas se presentan dos opciones para realizar el bombeo, con las direcciones detalladas y las pendientes determinadas según la cantidad de precipitación se registre en la zona.

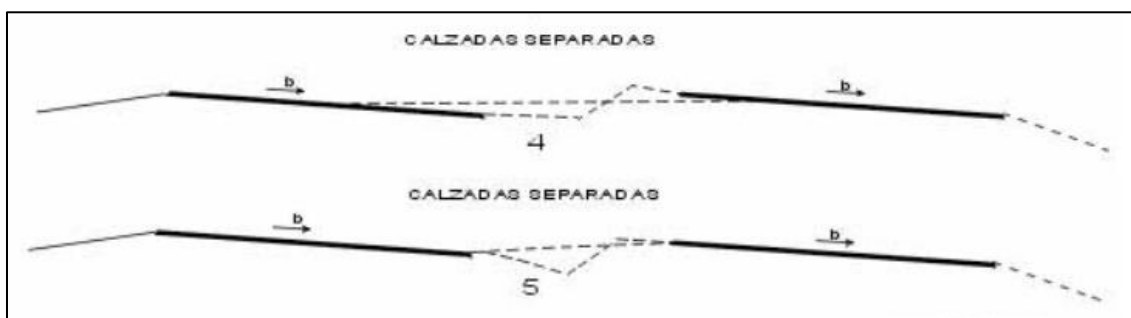


Ilustración 5: Bombeo para calzadas separadas - (MTC, 2001)

2.2.2. PAVIMENTOS

2.2.2.1. DEFINICIÓN DE PAVIMENTO

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas. (Machuca, 2014)

Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas. La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes. (Machuca, 2014)

2.2.2.2. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO

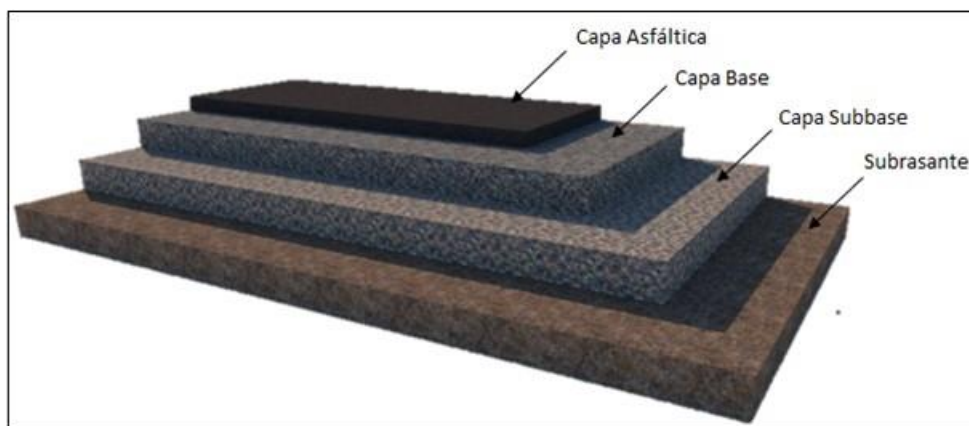


Ilustración 6: Elementos estructurales del pavimento - (Farinango Bilbao, 2014)

La estructura de un pavimento flexible está constituida por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, base y sub base compuestas por material granular o estabilizado, que se apoyan sobre una subrasante natural o mejorada; debido a que los esfuerzos decrecen con la profundidad, se colocan los materiales más competentes y rígidos en las capas superiores y los menos competentes en la capa inferior de la estructura, esta división hace que el pavimento obedezca a un factor económico, ya que al diseñar estamos determinando un grosor mínimo de cada capa de la estructura, el cual mientras más arriba se encuentre mayor será su costo de elaboración. (Farinango Bilbao, 2014)

2.2.2.2.1. CARPETA ASFÁLTICA

Es aquella capa que se pone en el área superior del pavimento, y le proporciona la posibilidad de tránsito y movilidad vehicular; además, se caracteriza por ser impermeable, evitando los peligros de destrucción provocados por el agua en las capas inferiores, contribuyendo así la protección de dichas capas, para distribuir los mecanismos de soporte. (Farinango Bilbao, 2014)

Normalmente se hace con material pétreo y asfalto, el cual resulta trascendental saber su contenido real, y así favorecer la adecuada estructuración de las capas, en cuanto a resistencia; esta capa exterior es la que se encuentra en mayor medida expuesta a los impactos de las condiciones ambientales y físicas, y sobre todo del rodamiento de los vehículos a través de la carretera. De ahí

la necesidad de los mantenimientos y la rehabilitación constante de la vía, para conservarla en un estado adecuado. (Rodríguez Velásquez, 2009).

2.2.2.2.2. BASE

Formada con materiales de alta calidad o con materiales de menor calidad pero que se puedan mejorar mediante la estabilización, logrando una mayor resistencia y rigidez. La capa base se ubica bajo la superficie de rodadura y es la que brinda mayor capacidad estructural del conjunto, se coloca sobre la subbase previamente preparada y aprobada con los alineamientos, pendientes y secciones transversales especificadas en los planos. (NEVI -12-MTOP, 2013)

2.2.2.2.3. SUBBASE

Capa constituida por agregados obtenidos de procesos de trituración de roca o cribado que se coloca sobre la subrasante con el espesor obtenido en el diseño; y con alineaciones, pendientes y secciones transversales establecidas en los planos. (NEVI -12-MTOP, 2013)

2.2.2.2.4. SUBRASANTE

Superficie de fundación formada en corte o relleno por material natural o mejorado, que una vez compactado y nivelado sirve de base para la estructura del pavimento, su función es soportar la estructura sin sufrir deformaciones que afecten al comportamiento del pavimento. (NEVI -12-MTOP, 2013)

2.2.2.3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PAVIMENTOS.

2.2.2.3.1. PAVIMENTO FLEXIBLE

El pavimento flexible se encuentra formado por la capa asfáltica que se distribuye sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. Estas capas pueden o no colocarse dependiendo de cada obra. (Montejo Fonseca, 2002)

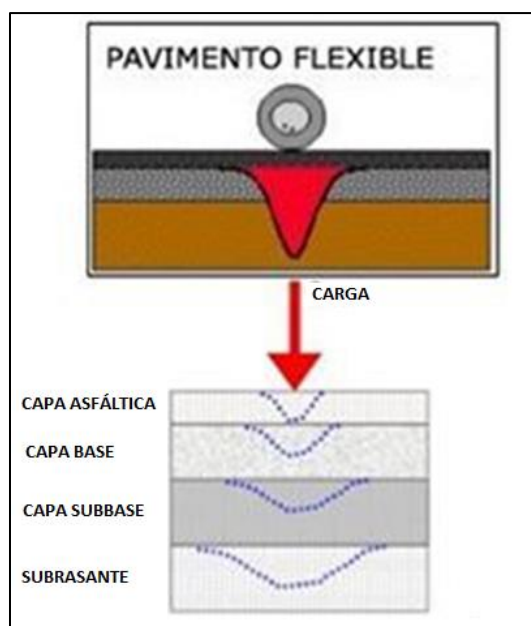


Ilustración 7: Pavimento Flexible - (Montejo Fonseca, 2002)

CARACTERÍSTICAS:

- Resistente a la acción de las cargas de tránsito.
- Resistente a las condiciones climatológicas.
- Textura resistente que permita la circulación segura adaptada a las velocidades de circulación.
- Acabado uniforme, tanto transversal como longitudinal que permita una circulación vehicular cómoda.
- Duradero.
- Drenaje adecuado.

- Ruido de rodadura aceptable.
- Económico.
- Color adecuado que no genere reflejos o deslumbramientos.

(Montejo Fonseca, 2002)

2.2.2.3.2. PAVIMENTO RÍGIDO

Está constituido por losa de hormigón hidráulico que se encuentra sobre la subrasante o subbase del pavimento rígido, cuenta con un módulo de elasticidad y de alta resistencia estructural. La losa de hormigón puede estar formada por losas de concreto separadas por juntas transversales y longitudinales o una losa continua de concreto armado. Su periodo de vida oscila entre 20 y 40 años, y su mantenimiento es mínimo, realizado solo en las juntas de las losas. (Rodríguez Velásquez, 2009)

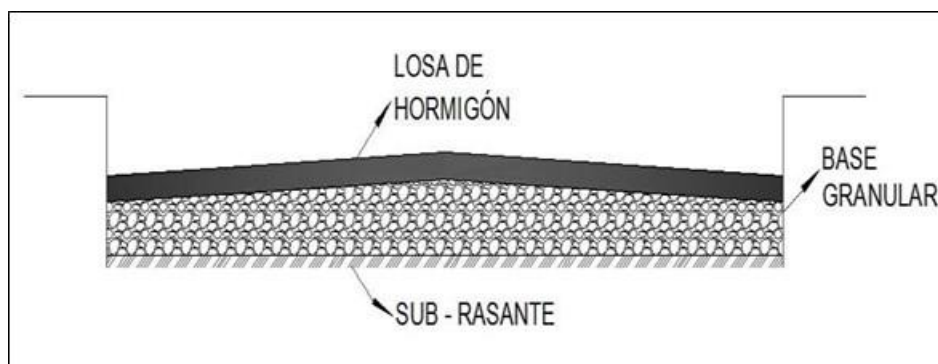


Ilustración 8: Estructura del Pavimento Rígido - (Salazar Rodríguez, 2018)

CARACTERÍSTICAS

- Su costo es mayor en comparación al pavimento flexible
- Por su alta rigidez del concreto hidráulico y su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de esfuerzos se produce en la primera capa así que las cargas y esfuerzos que llegan a la capa base sean considerablemente menores.

- En cierto grado el concreto soporta esfuerzos a tensión, gracias a esto el pavimento rígido es satisfactoria aun cuando existan zonas débiles en la subrasante.
- La subbase impide la acción de bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento.

(Martinez, 2020)

2.2.2.3.3. PAVIMENTO SEMI RÍGIDO

Pavimento semirrígido o compuesto combinan los pavimentos flexibles (materiales granulares y material asfáltico) y los pavimentos rígidos (concreto portland), una de sus capas es rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: emulsión, cemento, cal y químicos. Se le agrega con la finalidad de modificar las propiedades mecánicas de los materiales que no cumplen con la calidad y las especificaciones técnicas para la construcción de las capas del pavimento.

(Martinez, 2020)

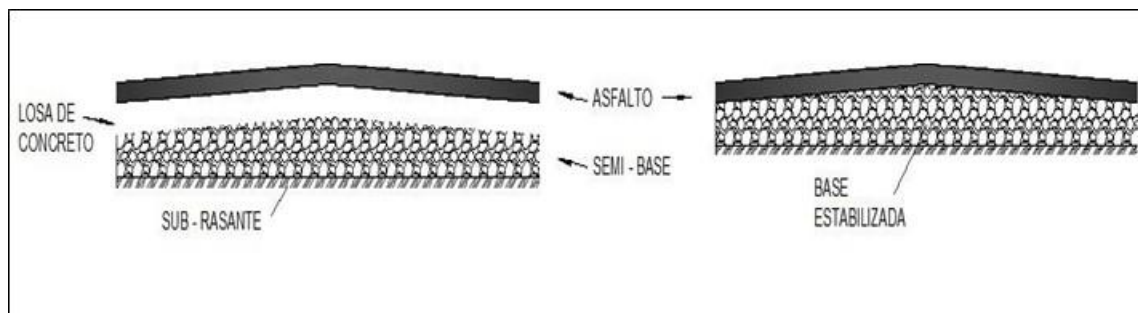


Ilustración 9: Estructura de pavimento Semirígido - (Salazar Rodríguez, 2018)

CARACTERÍSTICAS

- Excelente capacidad estructural
- Elevada vida de servicio
- Excelente relación costo/vida útil
- Ausencia de fatiga en capas bituminosas.

(Luis, 2016)

2.2.2.3.4. PAVIMENTO HÍBRIDO O ARTICULADO

Están compuestos por una capa de rodadura que está construida con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí.

Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre la capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas por dicho pavimento. (Montejo Fonseca, 2002)

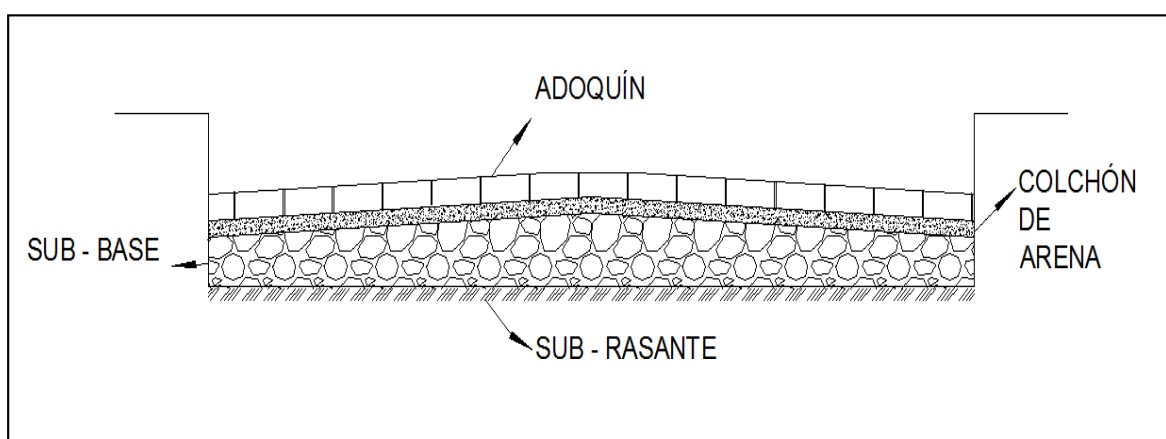


Ilustración 10: Estructura de pavimento híbrido - Fuente especificada no válida.

CARACTERÍSTICAS

- La base se coloca entre la subrasante y la capa de rodadura. Ésta le da mayor espesor y capacidad estructural al pavimento.
- Los adoquines deben tener una resistencia adecuada para soportar el tránsito. Son elementos prefabricados que llegan listos al lugar de la obra.
- Todos los procesos que intervienen en la construcción son sencillos y requieren de la utilización de poca maquinaria.
- El sello de arena está formado por arena fina que se coloca en las juntas entre los adoquines y contribuye a su funcionamiento. (Montejo Fonseca, 2002)

2.2.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES

Existen varios factores que se deben considerar obligatoriamente en el diseño de los pavimentos, en este caso no tiene mayor importancia el método que se vaya a utilizar, debido a que estos factores son generales para cualquier tipo de diseño. (Hidalgo Andrade, 2007)

- Resistencia de la Estructura
- Deformación
- Durabilidad
- Presupuesto
- La conservación del pavimento
- Comodidad y seguridad

2.2.3.1. RESISTENCIA DE LA ESTRUCTURA

Para el estudio de la resistencia de la estructura del pavimento flexible, se debe analizar el tipo de suelo de la subrasante, debido a que principalmente las fallas que existentes en los pavimentos flexibles, son generados por esfuerzos de corte. (Hidalgo Andrade, 2007)

Además de estos esfuerzos, también tenemos que estudiar los esfuerzos que se generan debido a la aceleración y el frenado de los automóviles que están circulando por la vía. También se producen dependiendo las precipitaciones de lluvia, posibles cambios de las propiedades de las capas que conforman el pavimento; y también, esfuerzos de temperatura, debido a climas muy cálidos o muy fríos. Es por esto que realizar un buen análisis y un buen tratado de la subrasante es fundamental para que esté protegido contra la intemperie y flujo de agua. (Hidalgo Andrade, 2007)

Para que las materias de la estructura se desempeñen correctamente, es necesario que se controle la resistencia que tiene el pavimento diseñado, para que soporte todos los pesos del TPDA analizado y proyectado, de tal manera garantice su vida útil planificada. (Hidalgo Andrade, 2007)

2.2.3.2. DEFORMACIÓN EN EL PAVIMENTO

En el análisis de la deformación en la estructura de los pavimentos existen dos criterios fundamentales:

- Las deformaciones en un pavimento, pueden generar que ya no se cumplan las funciones por las que fue creado, como la resistencia y distribución de cargas, capa de rodadura para una circulación que cumpla todos los requisitos de seguridad, velocidades de circulación para la cual fue diseñada, entre otras; sin importar, si las deformaciones no lograron hacer que la estructura del pavimento colapse. (Hidalgo Andrade, 2007)
- Los pesos del tráfico, están generando un esfuerzo mayor al estado límite de falla, en el caso de existir deformaciones extremas. (Hidalgo Andrade, 2007)

Los pesos del tráfico pueden generar deformaciones elásticas o plásticas:

2.2.3.2.1. DEFORMACIÓN ELÁSTICA EN EL PAVIMENTO

La deformación elástica se produce cuando existen deformaciones temporales en el pavimento, y se genera cuando el material aún no ha alcanzado el estado de falla y se encuentra en el límite elástico, entonces este se puede recuperar fácilmente a su estado original, cuando dejan de intervenir esfuerzos. (Hidalgo Andrade, 2007)

2.2.3.2.2. DEFORMACIÓN PLÁSTICA EN EL PAVIMENTO

La deformación plástica se produce cuando el pavimento se encuentra constantemente sometido a cargas las cuales se acumulan constantemente hasta que el pavimento ya no resiste las cargas, es por esto que se deben realizar ensayos de cargas acumulativas y permanentes, antes de construir el pavimento. (Hidalgo Andrade, 2007)

2.2.3.3. DURABILIDAD DEL PAVIMENTO

La duración que tienen los pavimentos está influenciada directamente con la economía y el tipo de tráfico que circulará por la misma. (Hidalgo Andrade, 2007)

En una vía con una densidad grande de tránsito el constructor debe utilizar requerimientos para que el pavimento pueda tener una mayor duración, de tal manera no se necesiten realizar costosas reparaciones, con detenciones prolongadas del tránsito. (Hidalgo Andrade, 2007)

Las variables que intervienen en el tiempo de vida del pavimento, son los cambios climáticos y los pesos del tráfico, los pavimentos flexibles tienen una vida útil de aproximadamente diez y quince años, tomando en cuenta todos los tipos de mantenimientos que se deberán realizar en la misma. (Hidalgo Andrade, 2007)

2.2.3.4. PRESUPUESTO

El presupuesto de un pavimento depende de todos los parámetros que se hayan establecido, dependiendo el tipo de carretera (autopista, camino vecinal, etc.), deben cumplir con todos los requerimientos de seguridad, resistencia, vida útil del pavimento y su calidad. En el presupuesto se debe reflejar que los costos son los ideales cumpliendo con la serviciabilidad del pavimento, requisitos y un costo lo más económico posible. (Hidalgo Andrade, 2007)

El costo también varía dependiendo si el pavimento es rígido, flexible, semi rígido, etc. Un pavimento rígido tiene una mayor vida útil, y el costo para realizar su mantenimiento es bajo, sin embargo, su costo de construcción es muy elevado. Para la construcción de un pavimento flexible, el costo de construcción es bajo, pero el costo para realizar su mantenimiento y conservarlo es muy alto. (Hidalgo Andrade, 2007)

2.2.3.5. COMODIDAD Y SEGURIDAD

La comodidad está en función a la serviciabilidad de la carretera, para entregar a los conductores una vía con una buena calidad en la capa de rodadura y que puedan transitar con una velocidad óptima y de forma segura. También se debe tomar en cuenta que cualquier falla que se produzca en la carretera, como baches, fisuras longitudinales, hundimientos, entre otros, pueden ocasionar la inconformidad en los conductores; además, sí las fallas son muy grandes, pueden incluso presentar deterioro en la seguridad de circulación. (Hidalgo Andrade, 2007)

2.2.3.6. LA CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO

Existen factores que influyen directamente en la vida útil del pavimento y su estudio de conservación, entre ellos están, el tipo de clima, las cargas del tráfico, drenes de agua. De tal manera que se controlen las posibles fallas, deformabilidad, grietas, hundimientos, y lograr conservar con eficiencia el pavimento. También se debe controlar la degradación estructural del pavimento y sus capas, producidos por las cargas del tráfico, para que los costos de conservación y mantenimiento sean más económicos, incluso que no exista la necesidad de reconstruir la vía. (Hidalgo Andrade, 2007)

2.2.4. MÉTODOS DE DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES

Existen varios métodos en los que se puede obtener una base para realizar el diseño de la calzada de pavimento flexible, entre estos tenemos el empírico, el método mecánico, falla de corte al límite, método de deflexión al límite y dependiendo el comportamiento del pavimento. Los métodos de pavimentos flexibles son generalmente divididos en dos, los Métodos Empíricos y los empíricos mecánicos. (Pallasco Catota, 2018)

En los pavimentos flexibles se presentar fallas como la fatiga y el ahuellamiento, en el cual en el momento de diseñar el pavimento se deberán controlar estos factores de degradación. (Pallasco Catota, 2018)

La fatiga se genera debido a la repetición de cargas en el pavimento por la circulación consecutiva de vehículos, de esta manera se genera tensión en la parte inferior de la capa de rodadura. En cambio, la falla de ahuellamiento se presenta debido a la ductilidad que presentan los materiales. (Pallasco Catota, 2018)

En nuestro país, la MTOP utiliza el Método AASHTO – 93 de la norma americana para diseñar pavimentos en función a su comportamiento, este es un método empírico. Este método utiliza números estructurales que son utilizados para obtener los anchos de las capas del pavimento, como la base, subbase y la capa de rodadura.

2.2.4.1. MÉTODOS EMPÍRICOS

Este método se fundamenta por utilizar los resultados obtenidos por un sin número de intentos y experimentaciones, donde se toman en consideración las variables que pueden causar deterioro en el pavimento como las cargas del tráfico y el clima. Entre estos métodos tenemos:

Higway Research Board, Aashto – 93, Método California Bearing ratio (CBR), Método Public Roads (PR).

La desventaja de utilizar esta norma es que asume que la deformación solamente se produce en la subrasante, debido a que es la capa con rigidez baja a comparación a las otras capas que conforman el pavimento. (Pallasco Catota, 2018)

La capa de rodadura, presenta una reducción de la rigidez cuando aumentan las condiciones de temperatura. (Pallasco Catota, 2018)

2.2.4.2. MÉTODO EMPÍRICO – MECANISTA

Este método es una combinación entre estudios empíricos y mecánicos, y es que no se ha logrado crear un diseño de pavimentos que sea solamente mecánico, debido a que todos estos estudian el comportamiento de la estructura en función a las cargas producidas por los vehículos. (Pallasco Catota, 2018)

Este método tiene como objetivo disminuir tensiones, fallas, deformaciones, etc., hasta el rango de lo permitido, ejemplos de métodos que son empíricos – mecánicos tenemos: Método Shell, el Método de diseño del Instituto de Asfalto. (Pallasco Catota, 2018)

2.2.5. CONSIDERACIONES DE DISEÑO SEGÚN LA NORMA AASHTO

La norma guía AASHTO para realizar el diseño de la estructura de pavimentos, en la década de 1993, nos menciona que todos sus ensayos y propuestas en el cual se realizaron ensayos fueron analizados en varios estados de Estados Unidos, contando una participación de un total de cuarenta y nueve estados. Se realizaron ensayos tanto en rutas de pavimentos rígidos y rutas de pavimentos flexibles. Todos los vehículos que fueron utilizados para la prueba eran de 1 eje y de

eje tándem, donde se realizaron muchas combinaciones de cargas, con un sin número de intentos. (AASHTO, 1993)

Para realizar el diseño de la estructura de un pavimento, la norma AASHTO menciona que se deben tomar en cuenta varios indicadores como:

- Rendimiento del pavimento.
- Tráfico Vehicular que circulará por la vía.
- El suelo donde se realizará la estructura de la carretera.
- Los materiales que serán utilizados para construir la estructura vial.
- Medio Ambiente
- Dren de agua
- Confianza.

(AASHTO, 1993)

2.2.5.1. RENDIMIENTO DEL PAVIMENTO

Para que exista un buen rendimiento de la estructura de un pavimento, primero se debe analizar su rendimiento funcional, estructural y de seguridad vial. (AASHTO, 1993)

El rendimiento del pavimento está ligado con todas las fallas y deterioros que pueden existir en la vida de la vía, para esto se debe utilizar tanto el PCI que sirve para determinar en qué condición se encuentra la vía, el IRI que sirve para determinar la rugosidad que presenta la vía en un determinado tiempo, y el PSI que es un indicador que sirve para determinar la serviciabilidad que tiene la vía. (AASHTO, 1993)

En el rendimiento estructural se debe evaluar el rendimiento físico que tiene la capa de rodadura, en las cuales fallas como fisuras, grietas, desagregación del material, pueden ser indicadores de que el pavimento está superando su límite de carga de tránsito, y que su estructura está colapsando. En cambio, el rendimiento funcional tiene que ver con la satisfacción de los usuarios que transitan la vía, y su seguridad. (AASHTO, 1993)

El rendimiento del pavimento se mide en función a la durabilidad que tiene el pavimento, se debe tomar en cuenta las consideraciones que nos entrega la norma AASHTO, en la cual recomienda que al menos la durabilidad inicial sea de 4.2, mostrando este valor como el rendimiento del pavimento a penas se haya construido. En cambio, la consideración de seguridad de durabilidad final de la capa de rodadura debe alcanzar valores entre 2.0 y 3.0 para que se encuentre en el rango de lo aceptable. (AASHTO, 1993)

Los coeficientes mencionados de durabilidad, son correspondientes a los índices PSI, que es el indicador de cómo los conductores perciben la carretera, si la sienten cómoda, segura, sin vibraciones, etc., entonces dependiendo de esto se califica a la carretera entre valores de cero y cinco, en el cual una calificación de cinco es considerada un pavimento muy bueno y cero es considerado como un pavimento inseguro, en el cual no se debería transitar y se debería reconstruir inmediatamente. (AASHTO, 1993)

2.2.5.2. TRÁFICO VEHICULAR

El tráfico promedio diario anual, es uno de los parámetros más importantes que se deben considerar para realizar, donde se deben realizar estudios para determinar las cargas que se esperan que circulen por la vía, proyectando así la resistencia límite que debe tener la calzada. (Rodríguez Mineros & Rodríguez Molina, 2004)

La norma AASHTO utiliza una conversión de la carga del tráfico real que transita por una vía a una carga equivalente, este método es muy eficiente y simplifica los cálculos para realizar el diseño de la estructura de la vía. Este método toma el número de flujo del tránsito vehicular y lo convierte a una carga equivalente proyectada de un solo eje de dieciocho kips, utilizando factores de carga equivalentes llamadas LEF, en los cuales es posible transformar cualquier tipo de carga de vehículo a uno con eje simple. Esta simplificación fue analizada y experimentada por la AASHTO, donde se realizaron diferentes pruebas con diferentes combinaciones de ejes, para luego realizar un análisis detallado de los daños producidos por las mismas. (AASHTO, 1993)

Para realizar un buen análisis del tráfico vehicular se debe realizar un buen conteo de los mismos, y de esta manera se podrá determinar, el número de carriles, el ancho de la calzada, y todos los requisitos de seguridad para construir la estructura vial. (Rodríguez Mineros & Rodríguez Molina, 2004)

Los parámetros que se deben analizar dentro del tráfico vehicular son: TPDA y el crecimiento vehicular en cada año, el sentido de circulación vial, el número de carriles que existen por cada sentido, estudio de la serviciabilidad y las cargas equivalentes. (Rodríguez Mineros & Rodríguez Molina, 2004)

En este tipo de estudios no deberían existir errores, debido a que un mal conteo de tráfico puede resultar en un diseño que no sea capaz de soportar las cargas reales a las cuales el pavimento será sometido, además que la dimensión de la calzada no sería la adecuada, y la vía útil sería mucho menor a la proyectada, la solución en estos casos, sería realizar un nuevo conteo, y empezar una total reconstrucción de la estructura. (Rodríguez Mineros & Rodríguez Molina, 2004)

2.2.5.3. MÓDULO RESILIENTE

El módulo resiliente es el módulo dinámico de elasticidad utilizado para subrasantes, y es de suma importancia el cálculo del mismo. En varios ensayos realizados, con el uso de cargas repetitivas, se definió que, a un número de ciclos de carga, el módulo prácticamente se vuelve constante, y mediante esto, el suelo puede ser asumido como elástico. A este módulo constante se lo llama módulo resiliente. (UPCommons, 2005)

FACTORES QUE AFECTAN EL MÓDULO DE RESILIENCIA

- Esfuerzos transmitidos.
- Frecuencias de las cargas.
- Material Bituminoso en el pavimento.
- Características del material del agregado
- Contenido de vacíos.
- Temperatura.

(UPCommons, 2005)

2.2.5.4. SUBRASANTE Y EL MÓDULO RESILIENTE

La norma AASHTO determina que se calcule el módulo resiliente de la subrasante, donde se utiliza el CBR del suelo como la variable de la ecuación, este módulo es muy importante para determinar todas las variaciones que pueden ocurrir en el suelo por las variaciones climáticas. Además, este módulo es muy importante para determinar el espesor que va a tener el pavimento. (Rodríguez Mineros & Rodríguez Molina, 2004).

2.2.5.5. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Los materiales que son utilizados para realizar la construcción de la estructura del pavimento son dividen en: Los materiales utilizados para conformar la subrasante, que se trata de la capa de suelo compactado, la subrasante puede que deba ser conformada por material seleccionado o prestado, dependiendo el tipo de vía que se vaya a construir y el tipo de material natural que exista en la geografía del terreno. Los materiales de subbase, que generalmente son de una capa de material granular compactada. Los materiales de la base, que soportará la estructura de la carretera, está conformada por piedra triturada, escoria triturada, grava triturada y arena, también suelen utilizar aditivos que estabilicen la consistencia de la capa, y el material asfáltico para la capa de rodadura, que puede requerir uso de aditivos dependiendo el tipo de tránsito que circulará la vía y el clima. (AASHTO, 1993)

La norma AASHTO especifica que para determinar los espesores de cada una de las capas que conforma el pavimento, se deben utilizar los coeficientes “a1, a2, a3”, los cuales corresponde a “a1”: coeficiente de capa de rodadura de cemento asfáltico, “a2”: coeficiente de capa base, “a3”: coeficiente de la subbase. (AASHTO, 1993)

2.2.5.6. MEDIO AMBIENTE

En el medio ambiente existen dos climas que son muy perjudiciales para la estructura del pavimento, estas son las lluvias y los cambios de temperatura. Las temperaturas muy frías o muy calientes pueden ejercer en el pavimento esfuerzos de temperatura. En cambio, cuando existen precipitaciones de agua, pueden realizar afectaciones a la estructura del pavimento, sí el agua ingresa al interior de cualquiera de las capas de la estructura, esto puede ocasionar cambios importantes en las características y propiedad de la estructura. (Rodríguez Mineros & Rodríguez Molina, 2004)

2.2.5.7. DRENAJE

Si en una lluvia la capa de agua formada es muy gruesa o el agua se empoza, la llanta del vehículo puede perder contacto con la calzada creando el fenómeno de hidropelante, eliminando totalmente la fuerza de fricción. Es por esto que es muy necesario realizar un sistema adecuado para el desalojo de agua en la carretera como: alcantarillado, pasos de agua y la construcción de cunetas. (Morales Olivares, 2004)

2.2.5.8. CONFIABILIDAD

En el momento de diseñar una carretera, se debe realizar una buena proyección del tránsito que circulará por la vía, para esto se debe determinar el nivel de confianza dependiendo de la clasificación funcional de la carretera, si es rural o urbano, y así garantizar que, en toda la vida útil del pavimento, no existan problemas en su serviciabilidad. Se debe tener en cuenta una desviación estándar llamada "So", para ajustar de una mejor manera la confiabilidad. (Morales Olivares, 2004)

Tabla 7: Nivel de Confiabilidad - (Morales Olivares, 2004)

NIVEL DE CONFIANZA DEPENDIENDO EL TIPO DE CARRETERA		
TIPO DE CARRETERA	CONFIANZA RECOMENDADA	
	ZONAS URBANAS	ZONAS RURALES
Autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Carreteras de primer orden	80 - 99	75 – 99
Carreteras secundarias	80 - 95	75 – 95
Caminos vecinales	50 - 80	50 - 80

2.2.6. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DEL PAVIMENTO

2.2.6.1. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

El comportamiento estructural que tiene una vía depende de varios factores relacionados con su condición: las fallas que presenta la vía, el tránsito promedio diario anual, el tiempo de vida que ha tenido el pavimento y las condiciones climatológicas en las que está sometida la estructura vial, son los factores que inciden directamente en el comportamiento de la estructura y su deterioro. (PINEDA, 2015)

2.2.6.2. COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO

El comportamiento funcional que tiene una vía, es determinado por la satisfacción de los usuarios que transitan la vía, teniendo en cuenta la comodidad y la seguridad del tránsito vial. Los determinantes para saber si el comportamiento funcional es correcto, son: la regularidad, la rugosidad del pavimento, la textura, la fuerza de fricción de la capa de rodadura, la topografía de la carretera donde las curvas tengan un radio de curvatura y un peralte óptimo, las grietas o fisuras. (Morales Olivares, 2004)

La regularidad y la rugosidad, tiene una afección directa en la calidad de la capa de rodadura y el tránsito, si estos determinantes son afectados pueden crearse vibraciones, las cuales pueden crear deterioro en los vehículos, afectaciones a la mercadería que lleva el vehículo y el uso de una mayor cantidad de energía. (Morales Olivares, 2004)

La textura es un determinante fundamental en la seguridad de tránsito, debido a que una mala o deteriorada textura en la capa de rodadura puede causar una mala evacuación de agua, en temporadas de lluvia; además, la adherencia entre las llantas del vehículo y la capa de rodadura puede ser afectada, volviéndose una vía insegura. (Morales Olivares, 2004)

La fuerza de fricción en la superficie de la capa de rodadura, es un determinante que puede afectar la seguridad de tránsito, dado a que esta fuerza ayuda a un mejor frenado del automóvil. Esta fuerza también está influenciada con la capacidad de la estructura para drenar agua, debido a que, si en una lluvia la capa de agua formada es muy gruesa o el agua se empoza, la llanta del vehículo puede perder contacto con la calzada creando el fenómeno de hidropelaje, eliminando totalmente la fuerza de fricción. (Morales Olivares, 2004)

El trazo de carretera en el momento de diseño, también es un determinante para la seguridad de tránsito vehicular. Debido a que, si las curvas de una calzada son muy cerradas, es decir que están constituidas por tangentes de tramos longitudinales amplios, con curvas de una magnitud grande, podrían ocasionar accidentes de tránsito. También las pendientes longitudinales grandes pueden ocasionar accidentes de tránsito. (Morales Olivares, 2004)

Las grietas pueden ser un indicador de que el pavimento está presentando problemas en su funcionalidad. Estas principalmente se presentan debido a situaciones climáticas o que las cargas producidas por los vehículos han sido mayores y han sobrepasado el límite de resistencia de carga de la vía. (Morales Olivares, 2004).

2.2.7. TRÁFICO

El tipo de vehículos y el tránsito que va a pasar por una carretera, es indispensable para realizar el diseño de cualquier tipo de pavimento, su estructura y el análisis para realizar mantenimiento o rehabilitación de la carretera. Para esto se debe realizar un conteo vehicular, donde se va a analizar la cantidad de tráfico promedio diario anual (TPDA). (Ministerio de transporte y obras públicas subsecretaría de transporte terrestre y ferroviario, 2020).

Es importante que antes de realizar el TPDA es muy importante conocer el tamaño y los pesos de los vehículos, el ministerio de transporte y obras públicas, realizó un control de los tipos de vehículos y sus pesos. (Ministerio de transporte y obras públicas subsecretaría de transporte terrestre y ferroviario, 2020)

EVALUACIÓN DE 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA

CUADRO DEMOSTRATIVO DE TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES								
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)				
				Largo	Ancho	Alto		
2 D			7	5,00	2,60	3,00		
2DA			10	7,50	2,60	3,50		
2DB			18	12,20	2,60	4,10		
3-A			27	12,20	2,60	4,10		
4-C			31	12,20	2,60	4,10		
4-0			32	12,20	2,60	4,10		
V2DB			18	12,20	2,60	4,10		
V3A			27	12,20	2,60	4,10		
VZS			27	12,20	2,60	4,10		
T2			18	8,50	2,60	4,10		
T3			27	8,50	2,60	4,10		
S3			24	13,00	3,00	4,30		
S2			20	13,00	3,00	4,30		
S1			11	13,00	3,00	4,30		
R2			22	10,00	3,00	4,30		
R3			31	10,00	3,00	4,30		
B1			11	10,00	3,00	4,30		
B2			20	10,00	3,00	4,30		
B3			24	10,00	3,00	4,30		

Ilustración 11: Pesos Brutos Vehicular y Longitudes Máximas Permisibles - (Ministerio de transporte y obras públicas subsecretaría de transporte terrestre y ferroviario, 2020)

EVALUACIÓN DE 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2S1			29	20,50	2,60	4,30
2S2			38	20,50	2,60	4,30
2S3			42	20,50	2,60	4,30
3S1			38	20,50	2,60	4,30
3S2			47	20,50	2,60	4,30
3S3			48	20,50	2,60	4,30
2R2			40	20,50	2,60	4,30
2R3			48	20,50	2,60	4,30
3R2			48	20,50	2,60	4,30
3R3			48	20,50	2,60	4,30
2B1			29	20,50	2,60	4,30
3R3			48	20,50	2,60	4,30
2B1			29	20,50	2,60	4,30
2B2			38	20,50	2,60	4,30
2B3			42	20,50	2,60	4,30
3B1			38	20,50	2,60	4,30
3B2			47	20,50	2,60	4,30
3B3			48	>20,50	3,00	4,30

Ilustración 12: Pesos Brutos Vehicular y Longitudes Máximas Permisibles - (Ministerio de transporte y obras públicas subsecretaría de transporte terrestre y ferroviario, 2020)

Es muy importante realizar un estudio de los diferentes tipos de vehículos que circulan por una carretera, para de esa manera construir la vía. Estos son los principales determinantes de la estructura que va a tener la vía, y para realizar una buena planificación del mantenimiento que va a tener la misma. Para realizar un TPDA vial se debe realizar un conteo vehicular, y de esta manera realizar un detallado análisis del tipo de vehículos que más transitan o transitarán por estas vías. (NEVI -12-MTOP, 2013)

Se conoce como TPDA al Tránsito Promedio Diario Anual, y esto detalla la cantidad de vehículos que transitan por una carretera en 365 días, en el cual se divide para la misma cantidad de días del año, de tal manera se obtenga el volumen vehicular promedio diario. El TPDA es muy importante para determinar las características de funcionalidad y estructural que va a tener la vía. (NEVI -12-MTOP, 2013)

2.2.8. INVENTARIO Y EVALUACIÓN VIAL

Realizar un inventario y un método de evaluación de los pavimentos es muy importante para reconocer y calificar todos los daños y fallos que se presenten en el pavimento. En este inventario se pueden realizar una lista de todas las fallas que pueden existir en la vía, y que necesitan ser tratadas, utilizando una metodología de mantenimiento. (Rodríguez González, 2011)

Es necesario realizar evaluaciones paulatinas en la vía, para de esta manera ir controlando que el pavimento presente condiciones óptimas, y además para planificar los mantenimientos. No realizar esto, puede resultar en el deterioro masivo del pavimento, y la restauración total de la vía, lo que es un costo muy grande. (Rodríguez González, 2011)

En resumen, se realizará la identificación y el registro de las características estructurales y fallas que se presentan en el pavimento, tomando siempre en cuenta la seguridad y las cargas de tráfico, se deberán realizar calificaciones de cumplimiento del estado de la carretera y las fallas que pueden ser diagnosticadas. (Rodríguez González, 2011)

2.2.9. TIPOS DE MANTENIMIENTO

Las vías se deterioran con el paso del tiempo de una forma lenta, es por esto que se debe realizar una evaluación recurrente, y de esta manera presentar un tipo de mantenimiento vial conveniente, económico y viable, para alargar la vida útil del pavimento. (Rodríguez González, 2011)

Existen varios tipos de mantenimiento que se realizan en los pavimentos, para que la funcionalidad de la vía siga siendo buena:

- Mantenimiento Rutinario
- Mantenimiento Menor
- Mantenimiento Mayor

(Rodríguez González, 2011)

2.2.9.1. MANTENIMIENTO RUTINARIO

Al realizar evaluaciones regulares, se encontrarán fallas, las cuales se deberán tratar. Estas fallas se producen eventualmente a lo largo de un año, en las cuales se realiza el mantenimiento, para de esta manera controlar que el pavimento no se siga destruyendo. Además, en este tipo de mantenimiento, pueden existir actividades que no resulten al mantenimiento de la estructura del pavimento en sí, sino más bien la correcta

serviciabilidad de la vía. Este mantenimiento generalmente es ejecutado en temporadas de precipitaciones de lluvias bajas. (Perez, 2013)

ACTIVIDADES:

- Desalojo de basura en zanjas.
- Limpieza de alcantarillado.
- Desalojo de tierra deslizada.
- Mantenimiento de la señalética de piso de las vías y división de carriles.
- Mantenimiento y repintado de señalética horizontal.
- Mantenimiento de la señalética vertical (Señales de tránsito como pare, ceda el paso, señales de cambio de dirección, señales de velocidades óptimas, etc.)
- Desalojo de material derramado en la calzada de la vía.
- Rellenado de baches en la capa de rodadura.

(Perez, 2013)

2.2.9.2. MANTENIMIENTO MENOR

El mantenimiento menor es de ámbito de prevención y corrección. Es un mantenimiento realizado en localizaciones específicas del pavimento, es decir se lo realiza en tramos pequeños para corregir las fallas identificadas y controlar el deterioro del pavimento. (Perez, 2013)

ACTIVIDADES.

- Sellamiento de fisuras.
- Bacheo emergente, superfluo de la capa de rodadura o de profundidad.
- Sellamiento de asfalto localizado.
- Fresado y renovación de la textura.

(Perez, 2013)

2.2.9.3. MANTENIMIENTO MAYOR

El mantenimiento mayor es de ámbito correctivo, y se lo realiza para un área de todo un tramo afectado en el pavimento, es decir se lo realiza en áreas de tramos prolongados para corregir las fallas identificadas en los tramos, y controlar el deterioro del pavimento. Estos se realizan antes de que el pavimento alcance condiciones críticas. (Perez, 2013)

ACTIVIDADES

- Tratamiento en la superficie
- Remoción por fresado.
- Capas de rodaduras para nivelación, fricción o estructural.

(Perez, 2013)

2.2.10. REHABILITACIÓN

La rehabilitación es una actividad en la cual consiste en la reparación del pavimento, para que su vida útil se prolongue y la calidad de su durabilidad aumente. (Rodríguez González, 2011)

Para realizar la rehabilitación, se debe demoler parcialmente el pavimento previo, debido a que este está muy dañado, y su funcionalidad para resistir más cargas de tráfico ya no es óptima. (Rodríguez González, 2011)

ACTIVIDADES DE REHABILITACIÓN:

- Restablecimiento de su resistencia estructural y el rendimiento de la capa de rodamiento, implementando una nueva capa de rodadura.
- Si es necesario se deberá tratar todas las capas del pavimento.
- Implementar un dren de aguas mejorado.
- Si existen daños en las señaléticas verticales, se deberán sustituir por nuevas.
- Pintado de la señalización horizontal.

2.2.11. MEJORAMIENTO

El mejoramiento se trata de realizar cambios en el pavimento, en el cual mejoren su estructura, su funcionalidad y sobre todo la seguridad vial. En un mejoramiento se realizan ampliaciones de la calzada, restauración de señaléticas tanto horizontales, como verticales, reparación de la carpeta asfáltica, rehabilitación. (Rodríguez González, 2011)

Este mejoramiento se realiza de tal manera que puedan circular un mayor número de vehículos a una mayor velocidad. Además, la calidad y la seguridad de circulación se vean aumentadas. (Rodríguez González, 2011)

CAPÍTULO III

3. DETERIORO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

3.1. COMPONENTES QUE AFECTAN AL DETERIORO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Los pavimentos durante su tiempo de vida se van deteriorando. Los componentes que más afectan en la manera que este se comporta, son las cargas de tráfico y el factor climático. (Hurtado Arias, 2016)

Las cargas de tráfico que circulan constantemente por una carretera desgastan la carpeta asfáltica debido a todos los esfuerzos que se producen en el pavimento. En cambio, los cambios climáticos a temperatura muy elevadas o temperaturas muy bajas puede crear esfuerzos de temperatura en el pavimento. (Hurtado Arias, 2016)

En climas lluviosos el pavimento puede presentar una disminución en la resistencia de sus diferentes capas, además de que estas pueden volverse inestables. (Hurtado Arias, 2016)

Al presentarse deterioro en el pavimento, existe una gran disminución en la serviciabilidad, por lo que se vuelven más inseguras e incómodas. (Hurtado Arias, 2016)

3.1.1. TRÁNSITO VEHICULAR

El estudio de los tipos de vehículos proyectados que circularán por la vía, ayuda a los diseñadores a realizar pronósticos de los tipos de daños que la vía podrá tener, tomando en cuenta que el deterioro por tráfico vehicular es inevitable. Los vehículos más pesados tienen una mayor influencia en el deterioro de los pavimentos. Además, se debe tomar en cuenta que los vehículos pueden presentar diferentes configuraciones en sus ejes. (Hurtado Arias, 2016)

Los determinantes que influyen en el impacto del tránsito en la carretera son: la distancia entre ejes, la distancia entre llantas, la presión de cada neumático al estar inflada, la frecuencia del tráfico y las rigideces de las capas que conforman el pavimento. Realizar un mal estudio del tráfico proyectado podría resultar en el mal diseño del pavimento, debido a que las carreteras se construyen de tal forma puedan aportar un buen servicio, un ancho de calzada óptimo, velocidades óptimas, etc. Se deberá realizar un conteo de vehículos y un estudio del aumento de ventas de vehículos en el mercado por cada año, para de esta manera diseñar el pavimento para que pueda soportar una tasa de incremento vehicular, durante su vida útil. (Hurtado Arias, 2016)

Un pavimento en relación al tránsito puede ser afectado en la duración de su vida útil, dependiendo:

- Qué tan exactos son los valores calculados de la carga equivalente.
- Exactitud de la contabilización de los vehículos y los tipos de vehículos que circulan según su peso.
- Predicción del aumento vehicular que existirá durante la vida útil del pavimento.
- Predicción del deterioro que tendrá el pavimento en función a las cargas de tráfico.

Es de gran importancia considerar la cantidad de tráfico que presenta una carretera para realizar una evaluación acertada. La carretera Sicsibamba - Urbina es una vía secundaria que conecta la intersección que delimita las provincias Chimborazo y Pichincha, hasta llegar a Riobamba. Es muy importante la acotación, debido que, al ser una carretera secundaria, a la panamericana sur, no representa una mayor cantidad de tráfico, sin embargo, se puede visualizar todas las fallas que está carretera ya está presentando, lo cual, sin un estudio previo se puede intuir

que la carretera está presentando daños debido a la presencia de exceso de lluvias, o el mal diseño estructural de la carretera.

3.1.2. CLIMA

El clima es un factor muy importante en el estudio del deterioro del pavimento flexible, los cambios de clima pueden variar dependiendo la localización de la vía, siendo un componente de alto impacto. Estos cambios climáticos pueden alterar las condiciones físicas del pavimento y su composición.

En el caso de que la vía presente fallas como grietas con densidad alta, en climas lluviosos el agua ingresará por las grietas, y alcanzará las capas del pavimento, donde éstas perderán la estabilidad que tienen debido a que el material fino que se encuentra en las capas del pavimento, son lavados y desplazados durante las precipitaciones. Además, el ingreso del agua puede producir que las capas del pavimento, pierdan eventualmente la resistencia diseñada.

Otra patología del pavimento en función de la lluvia, es la formación de capas finas de agua, el cual hace que la resistencia al deslizamiento y la resistencia a la fricción disminuyan significativamente. Esto se puede disipar mediante el buen drenado y bombeo del agua.

Por otro lado, la precipitación del agua en la estructura del pavimento, puede producir que el nivel freático de la zona aumente, afectando a la resistencia, compresión y volumen de la subrasante y/o otras capas del pavimento.

En climas muy cálidos, el módulo de rigidez de la mezcla asfáltica, puede alterarse, dando como efecto que el pavimento se vuelva más sensible, dando paso a la deformación plástica, que puede generar agrietamiento, o deformación estructural en el pavimento como: ahuellamiento, hundimiento, entre otros; generando inconformidad en la circulación de los usuarios conductores.

El pavimento también puede ser afectado y presentar agrietamiento en su estructura, debido a altos índices de rayos UV y olas de calor, ya que esto genera un excesivo endurecimiento.

La radiación solar promueve al reblandecimiento del asfalto, produciendo que el ambiente genere oxidación y provoque el envejecimiento acelerado del pavimento. Además, incita a que ocurran fallas en el pavimento como la exudación.

Los climas húmedos provocan la disgregación de la mezcla asfáltica, además que ayuda al desplazamiento de contaminantes externos a las fisuras. En el caso de que la mezcla asfáltica tenga una mala adherencia con el agregado, el caso empeora.

Durante las heladas o climas muy fríos, el agua que existe dentro del pavimento se puede transformar en cristales de hielo, y cuando se derrite las capas del pavimento quedan desbordadas de agua, ya que su espesor cambia. Además, el agua congelada ocupada en el pavimento puede causar que el pavimento se levante, debido al aumento de volumen en la estructura.

Los climas muy fríos también pueden crear agrietamiento térmico (-7°C) o fatiga térmica (-7°C a -21°C). Normalmente la fatiga en el pavimento, incrementa mediante el paso de los años, sin embargo, los esfuerzos de temperatura fría, pueden causar que la fatiga se acelere y su ciclo de vida disminuya; incluso podría inducir el colapso de la vía.

En bajas temperaturas el pavimento las propiedades del pavimento hacen que se genere una contracción térmica y el aumento de la rigidez, produciendo agrietamientos y fisuramiento en la carpeta asfáltica.

3.2. FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

Estas fallas en los pavimentos flexibles son las que se presentan en la vía en forma de baches, grietas, desniveles, hinchamientos, entre otros. Son fácilmente apreciadas por los usuarios ya que generan un nivel de serviciabilidad bajo. (Montejo Fonseca, 2002)

3.2.1. CAUSAS QUE PRODUCEN LAS FALLAS

El deterioro de los pavimentos flexibles es cada vez más frecuente por la rodadura de los vehículos, estos deterioros generalmente se dan por el incremento de tránsito no previstos en el diseño original de la vía, falta de estructuras de drenaje, otros factores que hacen posible el deterioro de los pavimentos son los factores climáticos como las lluvias. Para cumplir su vida útil requiere de un mantenimiento constante, el diseño inadecuado y el control de calidad de los materiales empleados en su construcción. (Montejo Fonseca, 2002)

3.2.2. TIPOS DE FALLAS EN LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES

Tabla 8: Tipos de fallas en los pavimentos Flexibles - (Montejo Fonseca, 2002)

Fallas superficiales	Fallas estructurales
Son todos los baches, grietas, desniveles, hinchamientos, entre otros, que se presentan en la carpeta asfáltica.	Son todos los desperfectos en una o más capas del pavimento, las cuales están destinadas a resistir y distribuir esfuerzos impuestos por el tráfico, de manera que, a nivel de subrasante o suelo de fundación del pavimento, lleguen los menores esfuerzos y lo más distribuidos posibles.

3.2.3. IDENTIFICACIÓN DE FALLAS

A continuación, se presenta un catálogo de fallas, con su respectiva descripción y unidad de medida. Tomar en cuenta que cada una de las fallas presentan los mismos niveles de severidad en el pavimento, Baja, Media Y Alta.

Tabla 9: Catálogo de fallas - (MOPC, 2016)

N°	FALLA	DEFINICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA
1	Piel de cocodrilo	Esta falla es un conjunto de fisuramientos que se han desarrollado por fatiga en la capa de rodadura. Surgen formas poligonales, que aparentan las características de la piel de cocodrilo, resultado de la frecuencia de cargas.	Area: $ft^2 - m^2$
2	Exudación	Se crea una película de material de bitumen que se presenta superficialmente en el pavimento, con textura vidriosa, brillante, pegajosa, que causa resbalamiento cuando existen climas húmedos.	Area: $ft^2 - m^2$
3	Fisuramiento en bloque	Son fisuras que están interconectadas entre sí, es muy parecido a una serie de vías en un mapa, cuando estas fisuras son muy grandes, el agua puede ingresar al pavimento, produciendo fenómenos de congelamiento y descongelamiento	Area: $ft^2 - m^2$
4	Desniveles localizados	Son hundimientos o levantamientos que se pueden formar con la superficie del pavimento.	Longitud: $ft - m$
5	Corrugación	Las corrugaciones son un tipo de desniveles que se presentan en el pavimento, en el cual surgen cimas y simas, con distancias muy cercanas entre ellas, a menos de tres metros de distancia. Estas corrugaciones se presentan perpendicular al flujo de los vehículos.	Area: $ft^2 - m^2$
6	Depresión	Las depresiones presentan desnivelaciones en el pavimento, donde un área de pavimento ha sufrido un descenso.	Area: $ft^2 - m^2$
7	Fisuramiento en borde	Este tipo de fisura se presenta de manera paralela al borde exterior del pavimento, y se presenta a una distancia generalmente entre los 30 y 60 cm.	Area: $ft^2 - m^2$
8	Fisuramiento de reflexión de losas de hormigón	Falla que ocurre cuando se realizan pavimentos, sobre pavimentos ya existentes rígidos.	Longitud: $ft - m$
9	Desnivel de carril / espaldón	Es una desnivelación que se presenta entre el espaldón y el borde exterior del pavimento.	Longitud: $ft - m$
10	Fisuramiento longitudinal o transversal	Se encuentran en toda la superficie de la carretera, las longitudinales son paralelas al eje de la carretera. Las fisuras transversales se extienden en ángulos aproximadamente rectos.	Longitud: $ft - m$
11	Parche de corte de servicio	Es una parte del pavimento que ha sido reparada por un material nuevo	Area: $f^2 - m^2$

12	Agregado pulido	Se da por la fuerza repetitiva del tránsito y la superficie se torna lisa, disminuyendo la fricción con las llantas.	Area: $ft^2 - m^2$
13	Baches	Son huecos en la superficie, que se dan generalmente por diseños inadecuados de la vía y empeoran con la lluvia.	unidad
14	Cruce de ferrocarril	Se da en cruces de ferrocarril ya que este genera desniveles alrededor y entre los carriles.	Area: $ft^2 - m^2$
15	Surco en huella	Se da en las marcas de las llantas de los autos, se produce una depresión que es más visible cuando llueve.	Area: $ft^2 - m^2$
16	Desplazamiento	Es una deformación permanente, longitudinal, de un área localizada de la superficie del pavimento causada por las cargas del tráfico	Area: $ft^2 - m^2$
17	Fisuramiento de resbalamiento	Se da por el frenado o cambio de dirección, tiene forma de media-luna con dos extremos apuntando en sentido contrario al tráfico.	Area: $ft^2 - m^2$
18	Hinchamiento	Es una deformación hacia arriba en la superficie de la carretera con una onda extensa mayor a 3m de longitud, se puede dar por suelos expansivos.	Area: $ft^2 - m^2$
19	Desmoronamiento / intemperismo	Las fallas indican la pérdida del ligante asfáltico y la disgregación de las partículas pétreas	Area: $ft^2 - m^2$

3.2.4. DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE FALLAS Y SEVERIDAD DE LAS MISMAS

Tabla 10: Falla No. 1: Piel de Cocodrilo - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)


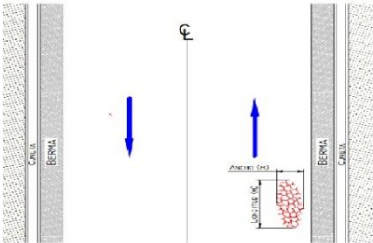
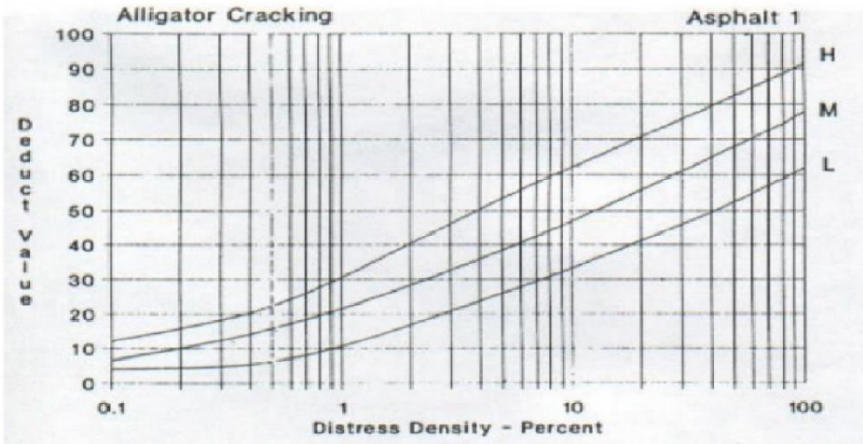
FALLA N°1		
Nombre de la falla: Piel de cocodrilo		
DESCRIPCIÓN:		
<p>La falla piel de cocodrilo, se caracteriza por constituir un conjunto de fisuramientos, que se encuentra conectados mutuamente, en los cuales se forman figuras poligonales no regulares, con tamaños que no superan los 0,30 metros. Esta falla ocurre debido a la frecuencia vehicular que pasan por las vías, generando esfuerzos de fatiga, esta falla se caracteriza por estar en pequeñas áreas de un tramo, a diferencia de las fisuras de bloque, que, si se encuentran en toda el área de un tramo, pero no son provocadas por las cargas producidas por los vehículos.</p> <p>Cuando existe la falla piel de cocodrilo, también se presentan otro tipo de fallas en el pavimento, como surcos, ahuellamiento, fisuras y grietas longitudinales y transversales, con distancias entre ellas de no más de 15 cm, donde a más tiempo de desgaste y evolución de la falla puede formarse grietas más grandes. Además, también puede existir hundimiento o depresión en la zona de falla.</p>		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
Se presentan fisuras, con anchos muy delgados, no mayores a 1,5 mm; se forman figuras poligonales en el pavimento, donde las fisuras no indican el fenómeno de desmembramiento.	Se presentan fisuras, con anchos muy delgados de tamaño mediano, no mayores a 5 mm, se forman figuras poligonales en el pavimento, pequeños y angulosos, donde las fisuras indican el fenómeno de desmembramiento de características moderadas.	Se presenta la falla, de manera que se forma una malla de polígonos bien marcados, donde las fisuras indican el fenómeno de desmembramiento de características severas. En este estado, piezas de la malla de la carpeta asfáltica pueden ser removidas debido al flujo del tránsito.
MEDICIÓN		
<p>La falla de fisura de piel de cocodrilo se lo mide en superficies de pavimento donde se presenta la falla, en unidades de ft^2 ó m^2. Al medir este tipo de falla se produce una característica en el pavimento, donde se presentan dos o tres niveles de severidad en una misma superficie. Si se puede distinguir fácilmente los diferentes niveles de severidad, se medirán de forma individual. Sin embargo, si no es posible diferenciar las diferentes severidades, entonces se registra toda el área afectada con el mayor nivel de severidad encontrado en el sitio.</p>		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzos de fatiga debido a la frecuencia de vehículos en la localización. • Mal diseño de los espesores del pavimento y su resistencia a las cargas vehiculares de movilidad frecuente. • Mal diseño de los drenes y sub drenes, donde los materiales que conforman las capas son afectados, y hasta lavados. • La compactación inadecuada de las capas que conforman el pavimento. 		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Uso de lechada o sellamiento en la superficie de la zona de fallas.	Uso de lechada o bacheo, recapear todo el tramo, en la superficie de la zona de fallas.	Diseño de una nueva carpeta asfáltica.
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>		
PRONÓSTICO DE EVOLUCIÓN DE LA FALLA: Vías deformadas, desmembramiento de la carpeta asfáltica, baches.		

Tabla 11: Falla No. 2: Exudación - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)

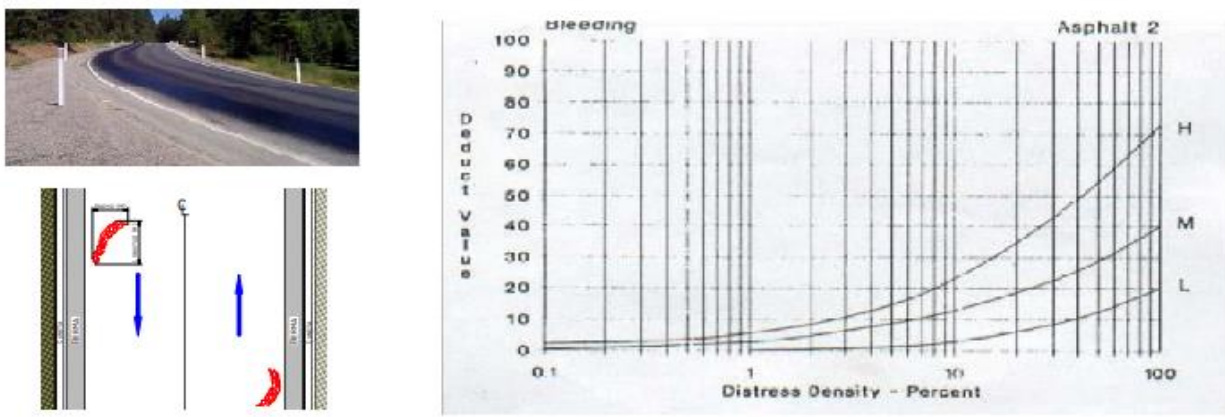
FALLA N°2		
Nombre de la falla: Exudación		
DESCRIPCIÓN:		
La exudación, se genera cuando el bitumen del asfalto empieza a presentarse superficialmente en el pavimento, se lo puede identificar debido a que la película de bitumen tiene brillo, es pegajoso y presenta efectos de resbalamiento de las llantas en climas húmedos.		
La exudación crea peligro en la movilidad de las personas debido a que la película de bitumen hace que se pierda el contacto directo entre la carpeta asfáltica y las llantas de los vehículos, perdiéndose la resistencia de frenado y resistencia al deslizamiento que proporciona la texturización del pavimento.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
La película de bitumen es producida a causa de la exudación, tiene un espesor delgado, y aún se encuentra aislada.	La cantidad de material asfáltico aumenta. El espesor de la película de bitumen tiene un ancho mayor, y el material se adhiere en las llantas de los vehículos. En ambientes cálidos, el bitumen se caracteriza por ser un material muy pegajoso.	La cantidad de material asfáltico es muy significativa, donde el pavimento se torna en un aspecto de humedad y de color negro, la superficie se torna muy pegajosa y además la adhesión en las llantas de los vehículos es más notoria.
MEDICIÓN		
La exudación se lo mide en superficies de pavimento donde se presenta la falla, en unidades de $ft^2 \text{ ó } m^2$. Esta falla se registra de tal manera que se indique el nivel de severidad.		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> El material asfáltico se concentra en los vacíos de la mezcla en los climas cálidos, lo cual permite que el material bituminoso fluya a la superficie. Este patógeno, no se elimina cuando existen climas fríos, por lo que es indispensable la evacuación de este fluido y la intervención de la falla. Cantidad excesiva de la mezcla asfáltica en el pavimento. Se ha utilizado una mezcla asfáltica con bitumen demasiado blando o se ha producido un derramamiento de algún solvente. La compactación que se ha realizado en las diferentes capas del pavimento, es menor a la que debía haberse realizado para resistir las cargas del tráfico. 		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Mantenimiento de rutina.	Fresado de la carpeta asfáltica, donde se retirará el firme que presenta daños, el fresado se realizará de un espesor igual o menor a 1 cm. Implementación de una nueva carpeta asfáltica.	Fresado de la carpeta asfáltica, el fresado se realizará de un espesor igual o menor a 1 cm. Quemar el bitumen que se presenta en exceso y realizar un sellamiento de bitumen con material asfáltico líquido y recubrir con arena o lechada.
		
PRONÓSTICO DE EVOLUCIÓN DE LA FALLA: Ahuellamiento, aumento de cantidad de exudación en más zonas, riesgo de circulación en lluvias.		

Tabla 12: Falla No. 3: Fisuramiento en Bloque - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)


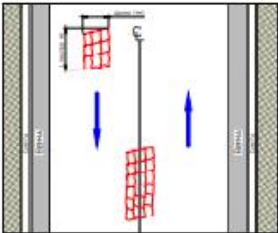
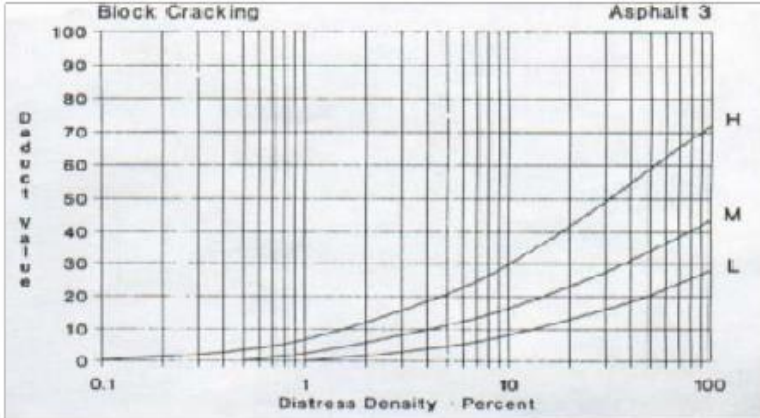
FALLA N°3		
Nombre de la falla: Fisuramiento en bloque		
DESCRIPCIÓN:		
El fisuramiento en bloque, se caracterizan por constituir por un conjunto de fisuras que se encuentra conectados mutuamente, en los cuales se forman figuras rectangulares irregulares, con tamaños de los lados que pueden superar los 0,30 metros. Esta falla ocurre debido a la contracción en la capa de rodadura, presentando efectos de endurecimiento. Esta falla se caracteriza debido a que no necesita que transiten vehículos por la vía para presentarse.		
La combinación de las fisuras en bloque y la presencia de vehículos puede causar fisuras y agrietamientos más pequeños en los bloques, generando de esta manera la piel de cocodrilo.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
Las fisuras aun no definen completamente la forma de bloques, con anchos de grietas muy delgados, no mayores a 1 mm; donde las fisuras no indican el fenómeno de desmembramiento.	Las fisuras han definido la forma de bloques, con anchos de grietas de espesores entre 1 mm y 3 mm. Las fisuras indican el fenómeno de desmembramiento en sus bordes.	Las formas de bloque ya son muy definidas presentando anchos de grietas con espesores mayores a 3 mm. Se presenta alto desmembramiento del material en los bordes.
MEDICIÓN		
El fisuramiento en bloque se mide en superficies de pavimento donde se presenta la falla, en unidades de ft^2 ó m^2 . Al medir este tipo de falla se produce una característica en el pavimento, donde se presentan dos o tres niveles de severidad en una misma superficie. Si se puede distinguir fácilmente los diferentes niveles de severidad, se medirán de forma individual. Sin embargo, si no es posible diferenciarlo, entonces se registra toda el área afectada con el mayor nivel de severidad encontrado en el sitio. En el caso de registrar en una misma área fisuramiento en bloque y fisuramiento de piel de cocodrilo, se deberán registrar ambos casos de manera independiente.		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • Contracción en la carpeta de rodadura, producto de las variaciones climáticas que pueden ocurrir en un mismo día, donde se generan esfuerzos de temperatura en el pavimento, haciendo que este genere contracciones. • Cuando se presenta este tipo de grieta significa que el pavimento se ha envejecido de forma inmediata, o el diseño que se ha realizado del pavimento no fue adecuado, en función de las condiciones climáticas del sitio. • Se han generado disminuciones en la estabilidad de las capas del pavimento, producto de la saturación de agua. 		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Sellamiento en la superficie de la zona de fallas, con una emulsión que cumpla con acciones de rejuvenecimiento en la capa de rodadura	Sellamiento en la superficie de la zona de la falla con emulsión de bitumen y/o realizar un tratado superficial al asfalto.	Recapeo con mezcla asfáltica en caliente.
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">   </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>		
PRONÓSTICO DE EVOLUCIÓN DE LA FALLA: Piel de Cocodrilo y desmembramiento de la capa de rodadura.		

Tabla 13: Falla No. 4: Desniveles Localizados - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)


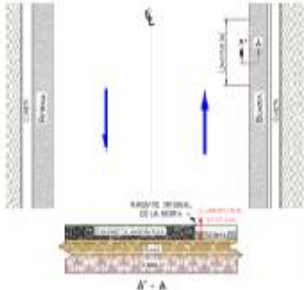
FALLA N°4		
Nombre de la falla: Desniveles localizados		
DESCRIPCIÓN:		
Los desniveles, se caracterizan por constituir en hundimientos o levantamientos en el pavimento. Los levantamientos se generan usualmente debido a que los pavimentos y sus capas no son estables, y se presentan como desplazamientos con elevación. Los hundimientos se caracterizan por desplazamientos hacia abajo.		
Los desplazamientos que se caracterizan por generarse en áreas más prolongadas se conocen como: hinchamiento cuando existe elevación, y depresión cuando existe hundimiento.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
Los desniveles producen en la calidad de circulación, conformidad, comodidad y seguridad del tráfico un daño de severidad baja.	Los desniveles producen en la calidad de circulación, conformidad, comodidad y seguridad del tráfico un daño de severidad media.	Los desniveles producen en la calidad de circulación, conformidad, comodidad y seguridad del tráfico un daño de severidad alta.
MEDICIÓN		
Los desniveles tanto hundimientos como levantamientos, se miden linealmente, en unidades de <i>ft o m</i> lineales. En el caso de registrar un desnivel con una distancia no mayor a tres metros, entonces la falla es conocida como corrugación. Si se presentan fisuras en los desniveles también se deberán registrar.		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • La saturación de agua a producido que se forme un hueco en las capas del pavimento, lo cual crea inestabilidad en la carpeta asfáltica, haciendo que se hunda. • Pandeo de las subcapas del hormigón, esto se produce debido a refuerzos que se han realizado en la capa de rodadura. • Material acumulado en una fisura que por lo general empeora debido a la presión vehicular. 		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Si la severidad es baja, se podría realizar un repapeo en las zonas afectadas, sino se podría vigilar que la falla no empeore y no realizar ningún tipo de intervención.	Tratamiento asfáltico.	En este caso se podría realizar un bacheo parcial o profundo, con un tratamiento asfáltico.
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">   </div> <div style="text-align: center;"> </div> </div>		
PRONÓSTICO DE EVOLUCIÓN DE LA FALLA: Desmembramiento del material y fisuramiento del pavimento.		

Tabla 14: Falla No. 5: Corrugación - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)

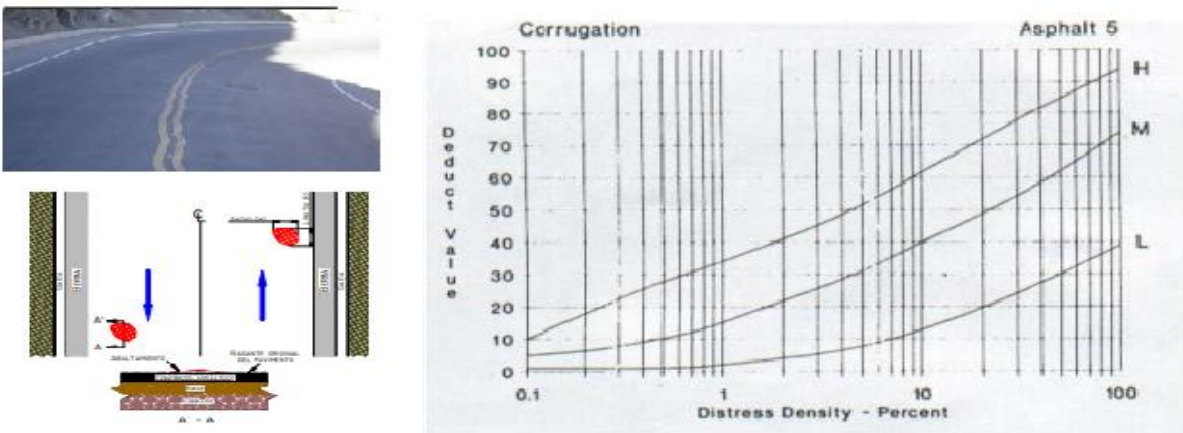
FALLA N°5		
Nombre de la falla: Corrugación		
DESCRIPCIÓN:		
Las corrugaciones son un tipo de desniveles que se presentan en el pavimento, en el cual surgen cimas y simas, con distancias muy cercanas entre ellas, a menos de tres metros de distancia. Estas corrugaciones se presentan perpendicular al flujo de los vehículos.		
Este tipo de falla generalmente se presentan debido a las cargas del tráfico, en conjunto de la inestabilidad en la capa de rodadura y/o bases.		
La corrugación también es conocida como un desplazamiento del pavimento, resultando ondulaciones en el pavimento, donde estas ondulaciones se encuentran una después de otra.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
Los desniveles producen que lo vehículos vibren, sin embargo, no perjudica a la comodidad del conductor. Las profundidades de las ondulaciones no son mayores a 10 mm.	Los desniveles producen una mayor vibración en los vehículos, donde ya existe una incomodidad por parte de los conductores. La profundidad de las ondulaciones se encuentra en un rango de 10 mm a 20 mm.	Los desniveles producen demasiada vibración en los vehículos, donde la comodidad, calidad y seguridad son afectados. Obligatoriamente se debe disminuir las velocidades de circulación, para tener más estabilidad y seguridad en el manejo del vehículo.
MEDICIÓN		
Las ondulaciones generadas por el efecto de corrugación, se mide en superficies de pavimento donde se presenta la falla, en unidades de $ft^2 \text{ ó } m^2$. Se debe registrar la severidad que tiene la falla y determinar la sección del pavimento donde se presenta.		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • La capa de rodadura ha perdido estabilidad, debido a climas muy cálidos. • Una excesiva presencia de humedad en las capas del pavimento. • La compactación de la capa de rodadura ha sido excesiva. • El asfalto presenta baja calidad. • No se ha realizado correctamente el curado de la carpeta asfáltica. • Debido al esfuerzo producido por el frenado vehicular. 		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
No se necesita realizar una intervención inmediata, debido a que no presenta problemas en la circulación del tránsito. Sin embargo, se debe realizar controles frecuentes, para determinar la inminente evolución de la falla.	Realizar baches parciales de mezcla de asfalto. Perfilado en frío y tratamiento de la capa de rodadura.	Bacheo parcial o profundo. Perfilado en frío y recapeo.
 <p>The figure consists of three parts: 1) A photograph of a road surface showing significant corrugation. 2) A cross-sectional diagram of the pavement structure (asfalto, base, subbase, subgravel) with arrows indicating vertical movement and a red circle highlighting a defect. 3) A graph titled 'Corrugation Asphalt 5' showing Deduct Value (Y-axis, 0 to 100) versus Distress Density - Percent (X-axis, 0.1 to 100 on a log scale). Three curves are shown, labeled H, M, and L, representing different severity levels.</p>		
PRONÓSTICO DE EVOLUCIÓN DE LA FALLA: Exudación, presencia de grietas y ahuellamiento.		

Tabla 15: Falla No. 6: Depresión - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)


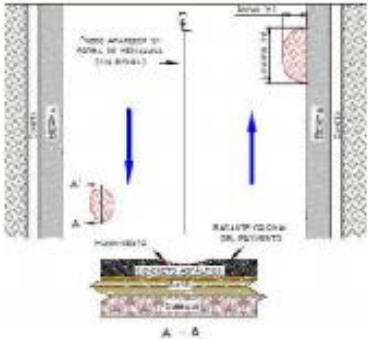
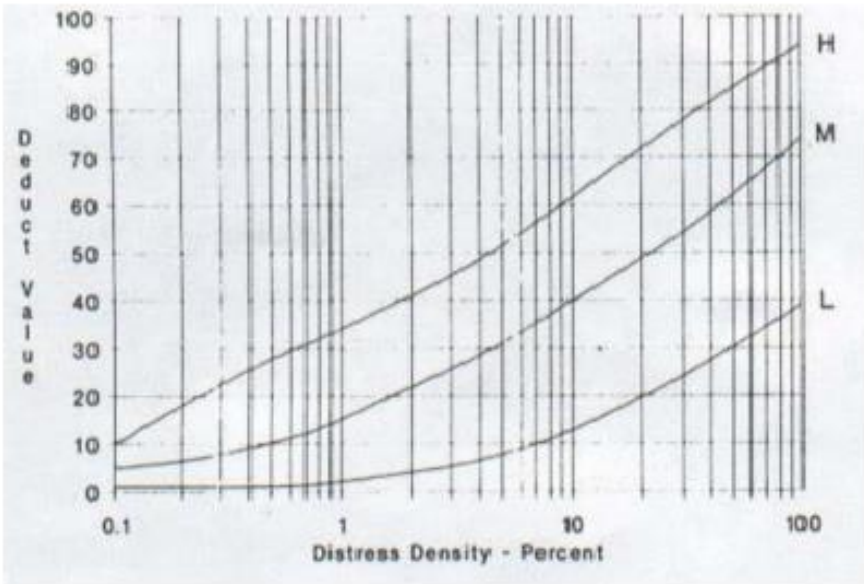
FALLA N°6		
Nombre de la falla: Depresión		
DESCRIPCIÓN:		
Las depresiones son un tipo de desniveles que se presentan en el pavimento, en el cual se presenta un hundimiento en la superficie del pavimento en una gran área. Cuando la severidad es baja, estas depresiones no son muy evidentes. Sin embargo, el problema se hace más evidente cuando existe acumulación de agua debido a las precipitaciones. La principal patología se presenta debido a que las capas empiezan a asentarse.		
Las depresiones con niveles de severidad altas, pueden generar el fenómeno de hidroplaneo en el cual la película de agua, produce que la llanta pierda contacto con la carpeta asfáltica, reduciendo estabilidad y la capacidad de frenado, lo cual es muy riesgoso en la viabilidad.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
Estas depresiones tienen un hundimiento entre 13 y 25 mm. Se percibe un balanceo apenas perceptible del vehículo	Estas depresiones tienen un hundimiento entre 25 y 50 mm. El balanceo producido en el vehículo es evidente, pero el conductor no tiene dificultad en pasar por estos hundimientos.	Estas depresiones tienen un hundimiento mayor a 50 mm. El balanceo del vehículo es excesivo, puede causar una gran molestia en el conductor y podría causar accidentes de tránsito.
MEDICIÓN		
La depresión se mide en superficies de pavimento donde se presenta la falla, en unidades de ft^2 ó m^2 , especificando el nivel de severidad.		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> Las capas del pavimento presentan inestabilidad, producto por la cantidad de agua saturada en las mismas No existió una buena nivelación del pavimento, por lo que en la construcción se crearon depresiones. Pérdida de resistencia de las capas, debido a la mala calidad de drenaje, lo cual altera las propiedades de los materiales granulares. Las cargas de tráfico son más pesadas de las que se hicieron en el análisis y diseño del pavimento. 		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Relleno con material bituminoso, como mantenimiento de rutina.	Bacheo de nivelación, en el cual la depresión será rellenada continuamente.	Realizar un bacheo profundo, o realizar el fresado de la carpeta asfáltica.
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div>		
PRONÓSTICO DE EVOLUCIÓN DE LA FALLA: Desmembramiento del material, fisuramiento del pavimento, piel de cocodrilo, baches.		

Tabla 16: Falla No. 7: Fisuramiento en borde - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)


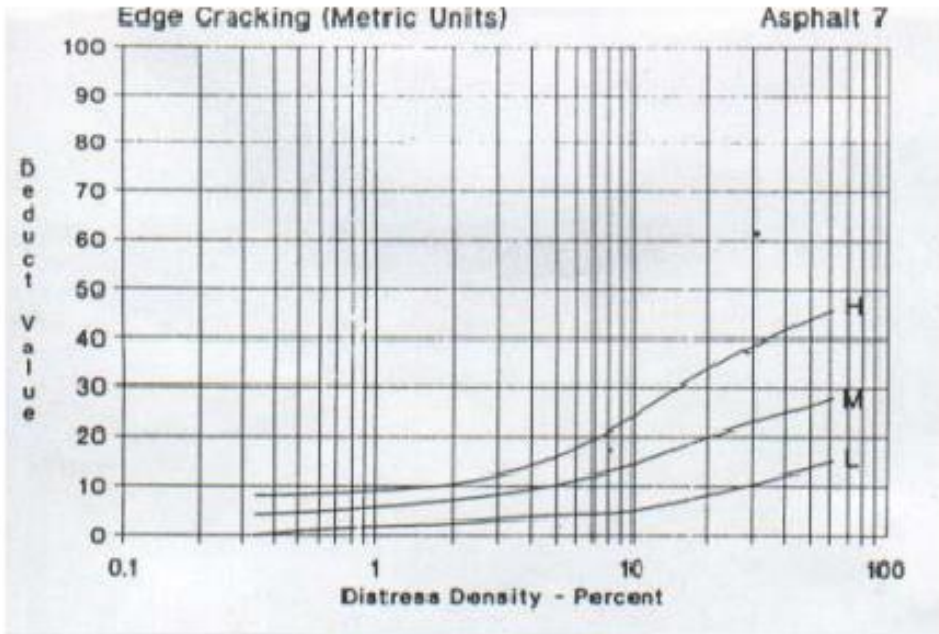
FALLA N°7		
Nombre de la falla: Fisuramiento en borde		
DESCRIPCIÓN:		
Los fisuramientos en borde, se caracterizan por ser fracturas en dirección de la circulación vehicular y se encuentran muy cerca de los bordes del pavimento. Los anchos de abertura de estas fisuras pueden llegar a tener una dimensión de 0,3 m – 0,6 m.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
Las fisuras no presentan desmembramiento.	Las fisuras producen desmembramiento de la carpeta asfáltica.	Existe un significativo desmembramiento y rotura de la carpeta asfáltica presente en el borde de la calzada.
MEDICIÓN		
Las fisuras en borde se miden linealmente, en unidades de <i>ft o m</i> lineales y se deberá registrar los niveles de severidad presentes.		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • Insuficiente soporte lateral, resultado de la inexistencia de bordillos. • Deficiente diseño de la calzada, donde los anchos tanto de la calzada y las bermas son muy estrechos. • Compactación inadecuada o anchos de las capas del pavimento mal diseñadas. • Una mala calidad de drenaje de agua, por lo cual se acumulan charcos en los bordes del pavimento. 		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
No se necesita realizar una intervención inmediata, debido a que no presenta problemas en la circulación del tránsito. Sin embargo, se debe realizar controles frecuentes, para determinar la inminente evolución de la falla.	Bacheo superficial o parcial. Sellamiento con bitumen.	Se deberán construir bordillos. Un bacheo parcial. Rehabilitación de la capa base del pavimento y la capa de rodadura.
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>		
PRONÓSTICO DE EVOLUCIÓN DE LA FALLA: Desmembramiento del material.		

Tabla 17: Falla No. 8: Fisuramiento de reflexión de losas de hormigón - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)


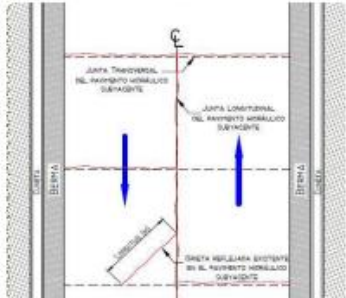
FALLA N°8		
Nombre de la falla: Fisuramiento de reflexión de losas de hormigón		
DESCRIPCIÓN:		
Este tipo de fisuramiento se genera debido a la implementación de un pavimento encima de un pavimento existente rígido, las fisuras se presentan tanto longitudinalmente o transversalmente a la calzada del pavimento.		
Generalmente estas fisuras se generan debido al movimiento de las losas del hormigón debido a climas muy cálidos o de humedad alta. Esta falla no es producida por cargas de tránsito, sin embargo, se puede agravar con estas acciones. Sería muy ventajoso tener conocimiento de los anchos de las losas de hormigón existentes para evaluar y realizar una intervención en la falla.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
Las fisuras no presentan desmembramiento, y tienen un ancho menor a 10 mm. La fisura puede ser interna, de un ancho determinado, sin aparente falla en la superficie.	Las fisuras presentar un leve desmembramiento del pavimento, además de que la abertura ya alcanza anchos de 10 mm – 75 mm. La fisura puede ser interna, de un ancho determinado, sin aparente falla en la superficie. Sin embargo, presenta fisuras a su alrededor.	Las fisuras presentan un severo desmembramiento del pavimento, además la abertura supera los 75 mm de ancho. La fisura puede ser interna, de un ancho determinado, sin aparente falla en la superficie. Sin embargo, presenta rotura superficial en el pavimento.
MEDICIÓN		
Las fisuras de reflexión de losas de hormigón, se miden linealmente, en unidades de <i>ft o m</i> lineales. Se deberá registrar los niveles de severidad presentes de forma separada, es decir una sola falla puede contener dos tipos de severidad donde un tramo de la falla puede tener severidad media y el otro tramo de la falla puede presentar severidad baja o alta.		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • Contracciones que se generan en el pavimento, debido a los cambios climáticos bruscos en una localidad. • Aunque las cargas de tránsito no generan esta falla, puede aumentar la velocidad de evolución de la falla. • El espesor de la capa de rodadura es muy ancho, lo cual produce esfuerzos en la losa subyacente, generando grietas. 		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Sellamiento en la superficie con fisuras, con una emulsión de bitumen.	Sellamiento en la superficie de la zona de fallas con un mortero de asfalto y/o parcheo superficial.	Bacheo parcial, rehabilitación total de las juntas.
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;"> </div> </div>		
PRONÓSTICO DE EVOLUCIÓN DE LA FALLA: Fisuramiento en bloque, baches.		

Tabla 18: Falla No. 9: Desnivel de Carril - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)


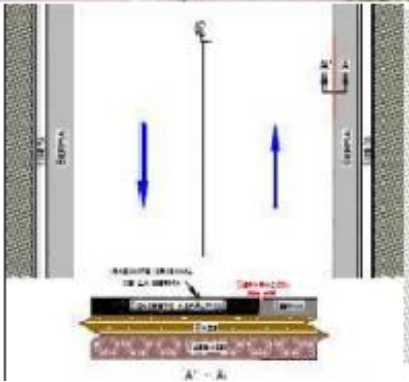
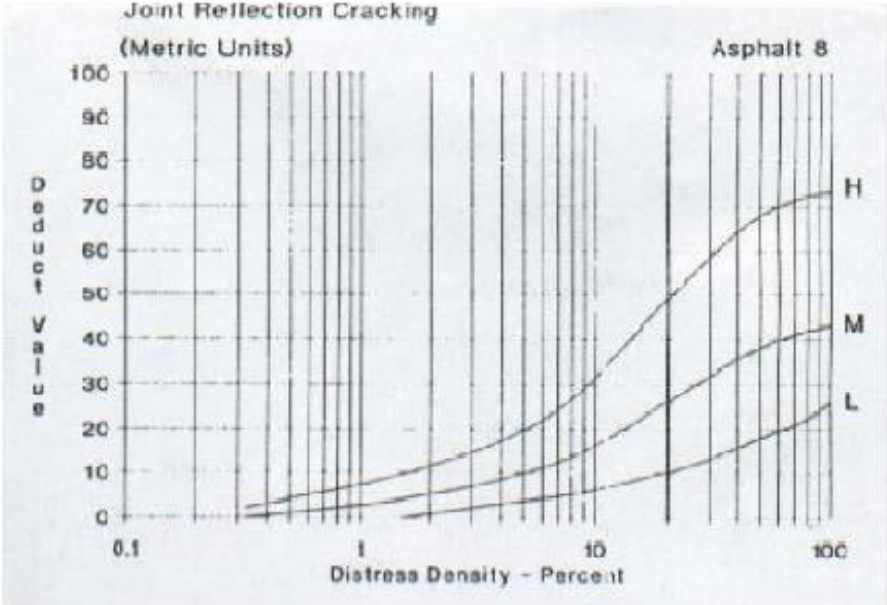
FALLA N°9		
Nombre de la falla: Desnivel de carril		
DESCRIPCIÓN:		
Este tipo de desnivel es una variación de elevación entre la calzada con el espaldón o los espaldones. Este tipo de falla generalmente se crea debido a la presencia de asentamiento, o error de construcción.		
Se presenta una separación entre el carril y el espaldón, donde el agua se podría infiltrar realizando cambios y daños en las propiedades de las capas del pavimento.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
Existe una distancia de elevación entre la calzada y la berma entre 25 a 50 mm.	Existe una distancia de elevación entre la calzada y la berma entre 50 a 100 mm.	Existe una distancia de elevación entre la calzada y la berma de más de 100 mm.
MEDICIÓN		
Los desniveles de elevación entre la calzada y el espaldón se deben medir linealmente, en unidades de <i>ft o m</i> lineales. Se deberá registrar los niveles de severidad presentes de cada localización del pavimento evaluado.		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • Los taludes que se encuentran en los laterales de la estructura del pavimento no tienen una buena estabilidad, lo cual afecta al espaldón y causa su desplazamiento. • Carencia de un buen ligante, cuando el proceso constructivo, del espaldón y la calzada se lo realizan independientemente. • Escaso soporte lateral. 		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Sellamiento en la superficie con una emulsión de bitumen.	Sellamiento en la superficie de la zona de fallas con un mortero de asfalto.	Bacheo parcial, recapeo.
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">   </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>		
PRONÓSTICO DE EVOLUCIÓN DE LA FALLA: Separación total entre la calzada y el espaldón. Aumento del desnivel.		

Tabla 19: Falla No. 10: Fisuramiento Longitudinal o Transversal - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)



FALLA N°10																						
Nombre de la falla: Fisuramiento longitudinal o transversal																						
DESCRIPCIÓN:																						
Este tipo de fallas se producen en dirección a la circulación del tráfico, perpendicular al movimiento. Estas fallas presentes en el pavimento, puede lograr que se genere tensión en cualquiera de las subcapas del pavimento. Estas fallas pueden haberse generado por esfuerzo de fatiga en el pavimento.																						
NIVELES DE SEVERIDAD																						
BAJA	MEDIA	ALTA																				
Los anchos de las fisuras son menores a 1 mm.	Los anchos de las fisuras son de 1 mm – 3 mm.	Los anchos de las fisuras son mayores a 3 mm.																				
MEDICIÓN																						
Los fisuramientos longitudinales o transversales se deben medir en unidades de <i>ft o m</i> lineales y se deberá registrar los niveles de severidad presentes de cada localización del pavimento evaluado.																						
CAUSAS																						
<ul style="list-style-type: none"> • El espesor de la carpeta asfáltico es insuficiente. • Carencia de un buen ligante en el proceso constructivo. • Fatigas muy altas en la estructura debido a las cargas de tránsito. • Pavimento rigidizado, generado debido a que existen temperaturas muy altas o muy bajas, presentando un envejecimiento prematuro en el pavimento. 																						
CLASE DE INTERVENCIÓN																						
BAJA	MEDIA	ALTA																				
Sellamiento en la superficie con una emulsión de bitumen o de rejuvenecimiento.	Sellamiento en la superficie de la zona de fallas con bitumen o lechada.	Sellamiento en la superficie de la zona de fallas con emulsión o mortero + Recapeo + Bacheo Parcial.																				
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">   </div> <div style="text-align: center;"> <table border="1"> <caption>Data from Longitudinal/Transverse Cracking Graph (Metric Units)</caption> <thead> <tr> <th>Distress Density - Percent</th> <th>Deduct Value (H)</th> <th>Deduct Value (M)</th> <th>Deduct Value (L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.1</td> <td>~5</td> <td>~2</td> <td>~1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>~15</td> <td>~8</td> <td>~4</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>~45</td> <td>~25</td> <td>~15</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>~85</td> <td>~45</td> <td>~30</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>			Distress Density - Percent	Deduct Value (H)	Deduct Value (M)	Deduct Value (L)	0.1	~5	~2	~1	1	~15	~8	~4	10	~45	~25	~15	100	~85	~45	~30
Distress Density - Percent	Deduct Value (H)	Deduct Value (M)	Deduct Value (L)																			
0.1	~5	~2	~1																			
1	~15	~8	~4																			
10	~45	~25	~15																			
100	~85	~45	~30																			
PRONÓSTICO DE EVOLUCIÓN DE LA FALLA: Piel de cocodrilo, aumento de los anchos de las fisuras, asentamiento en la zona de falla y posible fisuramiento en bloque.																						

Tabla 20: Falla No. 11: Parche de Corte de Servicio - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)

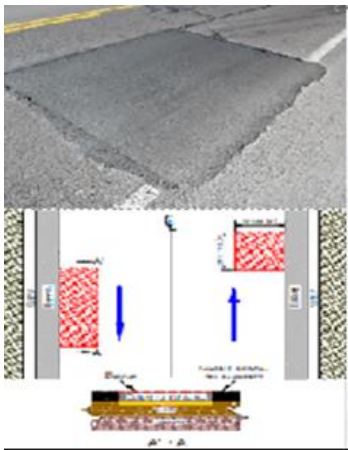
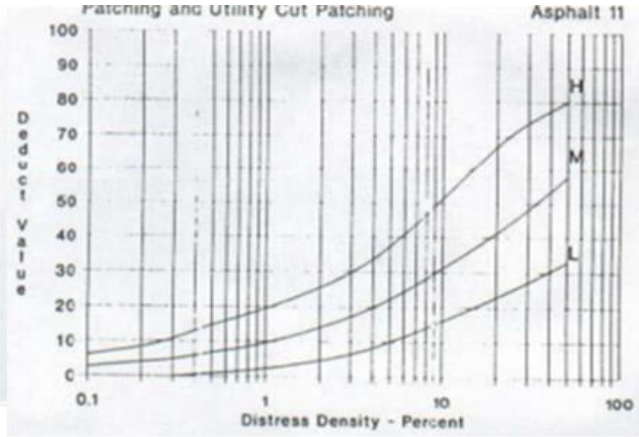
FALLA N°11		
Nombre de la falla: Parche de corte de servicio		
DESCRIPCIÓN:		
<p>El parche es un área de pavimento la cual ha sido sustituida con material nuevo o similar para reparar el pavimento existente. Un parche es considerado una falla independiente y lleva asociada cierta rugosidad.</p> <p>Estas intervenciones se reportan como parches, por lo que se debe tener en cuenta lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuando la intervención realizada comprendió el reemplazo del espesor parcial o total de concreto asfáltico, esta se conoce como parcheo. - Cuando la intervención realizada comprendió el reemplazo parcial o total de granulares, esta se conoce como bacheo. 		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
El parche está en buena condición y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.	El parche está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media.	El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.
MEDICIÓN		
<p>Los parches se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Sin embargo, si un solo parche tiene áreas de diferente severidad, éstas deben medirse y registrarse de forma separada. Por ejemplo, un parche de 2 m² puede tener 0.9 m² de severidad media y 1.35 m² de baja severidad. Estas áreas deben registrarse separadamente. Ningún otro daño (por ejemplo, desprendimiento y agrietamiento) se registra dentro de un parche; aún si el material del parche se esté desprendiendo o agrietando, el área se califica únicamente como parche. Si una cantidad importante de pavimento ha sido reemplazada, no se debe registrar como un parche sino como un nuevo pavimento (por ejemplo, la sustitución de una intersección completa).</p> <p>Si el parche aparece sobre un área muy grande más del 50% del área de la muestra, debe considerarse una nueva sección y sí debe anotarse como parche.</p>		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • Reparación de daños que han alcanzado niveles de severidad inaceptables. • Reparación de servicios públicos localizados bajo el pavimento. • Corrección de reparaciones defectuosas. • Progresión del daño inicial por el cual debió realizarse el parcheo. • Deficiencias en las juntas. • Procesos constructivos deficientes. 		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
No necesita intervención.	Sellado de fisuras con asfalto líquido y arena. Sellado de la superficie con lechada asfáltica (slurry seal).	Sustitución del parche.
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>		
PRONÓSTICO DE EVOLUCIÓN DE LA FALLA: Aumento del deterioro, rotura de la reparación dando lugar a un bache		

Tabla 21: Falla No. 12: Agregado Pulido - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)


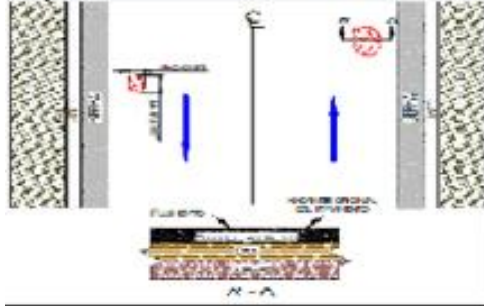
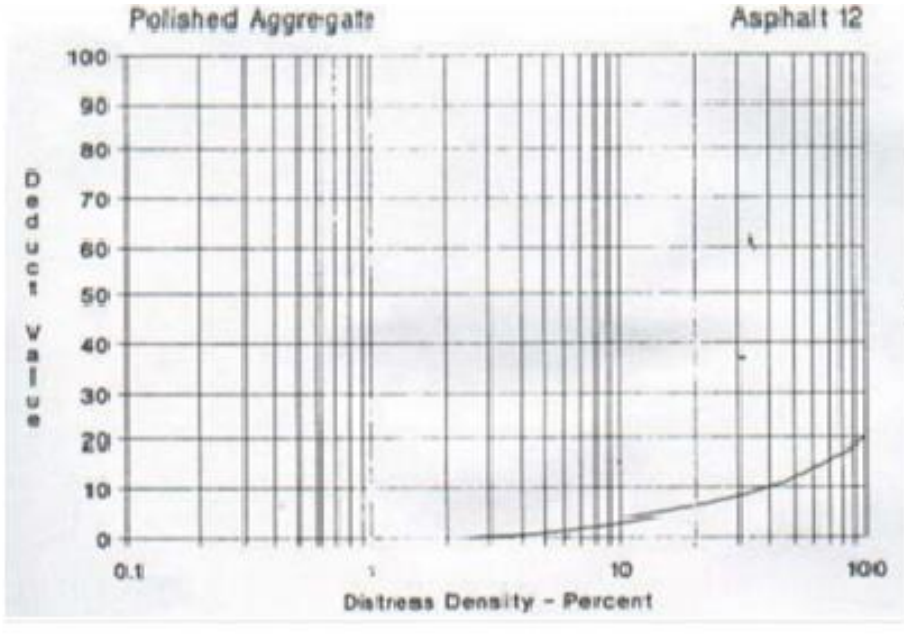
FALLA N°12	
Nombre de la falla: Agregado pulido	
DESCRIPCIÓN:	
Este daño se comprueba por la presencia de agregados con caras planas en la superficie o por ausencia de agregados. Se da por las cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados debe contarse cuando un examen revela que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que la superficie del mismo es suave al tacto. Este tipo de daño se indica cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa.	
NIVELES DE SEVERIDAD	
No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.	
MEDICIÓN	
El agregado pulido se mide en ft^2 o m^2 . Si se ha contado exudación en la misma muestra, no debe contarse agregado pulido.	
CAUSAS	
<ul style="list-style-type: none"> • Radica en una baja resistencia o susceptibilidad de algunos agregados al pulimento (un ejemplo de esto son las calizas). • Empleo de agregados pétreos de superficie inicialmente pulida en mezcla y tratamientos asfálticos. • Agregados pétreos de naturaleza degradable. • Acción repetitiva de las cargas de tránsito • Mezcla asfáltica de calidad pobre que favorecen la exposición de los agregados, en particular cuando se combina con alguno de los factores antes mencionados. 	
CLASE DE INTERVENCIÓN	
No requiere ningún tipo de intervención: Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Fresado o sobrecarpeta.	
 	
PRONÓSTICO DE EVOLUCIÓN DE LA FALLA: Aumento del deterioro.	

Tabla 22: Falla No. 13: Baches - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)


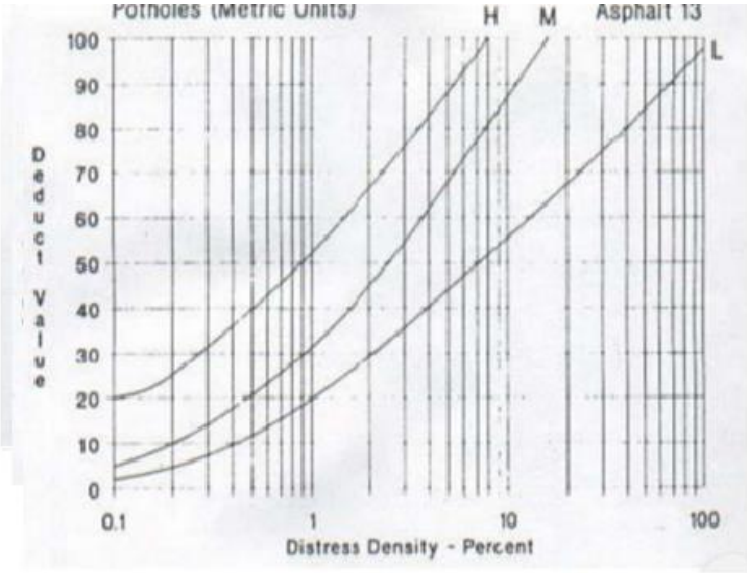
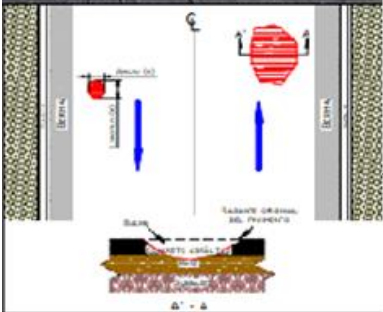
FALLA N°13			
Nombre de la falla: Baches			
DESCRIPCIÓN:			
Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento o meteorización			
NIVELES DE SEVERIDAD			
Los niveles de severidad de los baches de menos de 1 metro de diámetro se basan en su diámetro como en su profundidad de acuerdo a la siguiente Tabla.			
PROFUNDIDAD MÁXIMA DEL BACHE		DIÁMETRO PROMEDIO DEL BACHE	
		10 a 20 cm	> 20 y ≤ 45 cm
1,25 a 2,5 cm		Baja	Baja
2,5 a 5,0 cm		Baja	Media
> 5,0 cm		Media	Alta
MEDICIÓN			
Los huecos se miden en unidades de ft^2 o m^2 , contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.			
CAUSAS			
<ul style="list-style-type: none"> • Puede producirse en zonas donde el pavimento o la subrasante son débiles. • Corrección de reparaciones defectuosa. • Deficiencia de espesores de capas estructurales. • Defectos constructivos (carencia de penetración de la imprimación en bases granulares) 			
CLASE DE INTERVENCIÓN			
BAJA	MEDIA		ALTA
No requiere intervención.	Parcheo parcial o profundo.		Parcheo profundo
			
			
PRONÓSTICO DE EVOLUCIÓN DE LA FALLA: Aumento del deterioro. Destrucción de la estructura.			

Tabla 23: Falla No. 14: Cruce de Ferrocarril - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)


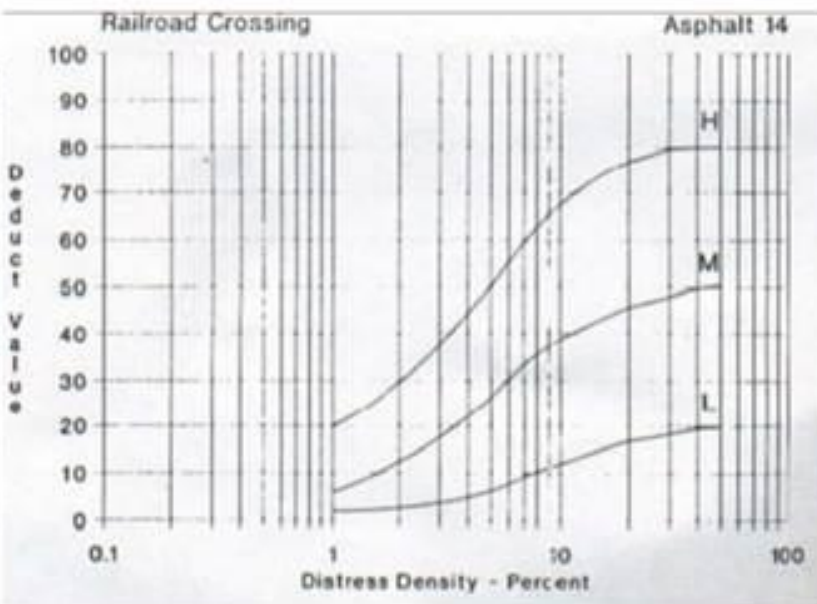
FALLA N°14		
Nombre de la falla: Cruce de ferrocarril		
DESCRIPCIÓN:		
Los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
El cruce causa una calidad de rodadura de severidad baja, en los bordes de la capa de rodadura cercana a las líneas férreas se observa un leve deterioro.	El cruce causa una calidad de rodadura de severidad mediana, se presentan desniveles leves alrededor entre las líneas férreas.	El cruce causa una calidad de rodadura de severidad alta, hay huecos alrededor y entre las líneas férreas, se puede producir hundimientos en la sección que contiene a las líneas del ferrocarril.
MEDICIÓN		
El área del cruce se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Si el cruce no afecta la calidad de tránsito, entonces no debe registrarse. Cualquier abultamiento considerable causado por los rieles debe registrarse como parte del cruce.		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> Defectos en la etapa de construcción (depresiones y abultamientos). Desportillamiento de la carpeta asfáltica en las zonas que cruzan las líneas férreas provocadas por el paso de los vehículos a través de ellas y del paso de los ferrocarriles a lo largo de ellas. 		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
No necesita Intervención.	Parqueo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.	Parqueo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.
 		
PRONÓSTICO DE EVOLUCIÓN DE LA FALLA: Aumento del deterioro, baches, agrietamiento.		

Tabla 24: Falla No. 15: Surco en Huella o Ahuellamiento - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)


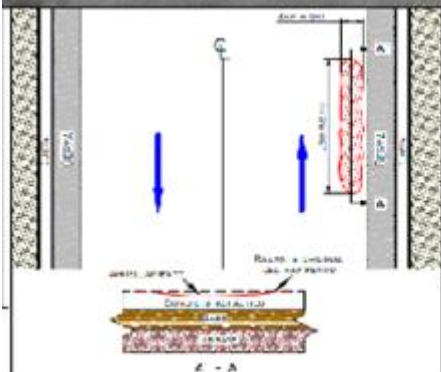

FALLA N°15		
Nombre de la falla: Surco en huella o ahuellamiento		
DESCRIPCIÓN		
El ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos, éste sólo es visible después de la lluvia, cuando las huellas están llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debido a la carga del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
6.0 a 13.0 mm.	> 13.0 mm a 25.0 mm.	> 25.0 mm
MEDICIÓN		
El ahuellamiento se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada y su severidad está definida por la profundidad media de la huella. La profundidad media del ahuellamiento se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad, y usando las medidas tomadas para calcular su profundidad media.		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • Insuficiente estabilidad de las capas del pavimento o de la subrasante (falla por corte, compresión) • Exagerando incremento en las cargas de tránsito • Espesores de pavimento insuficientes. • Insuficiente estabilidad de las mezclas asfálticas por inadecuada compactación o deficiente dosificación. 		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
No necesita intervención.	Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.	Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>		
PRONÓSTICO DE EVOLUCIÓN DE LA FALLA: Aumento de la falla, fisuras longitudinales, fisuras piel de cocodrilo, baches. Puede provocar una falla estructural considerable del pavimento.		

Tabla 25: Falla No. 16: Desplazamiento - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)


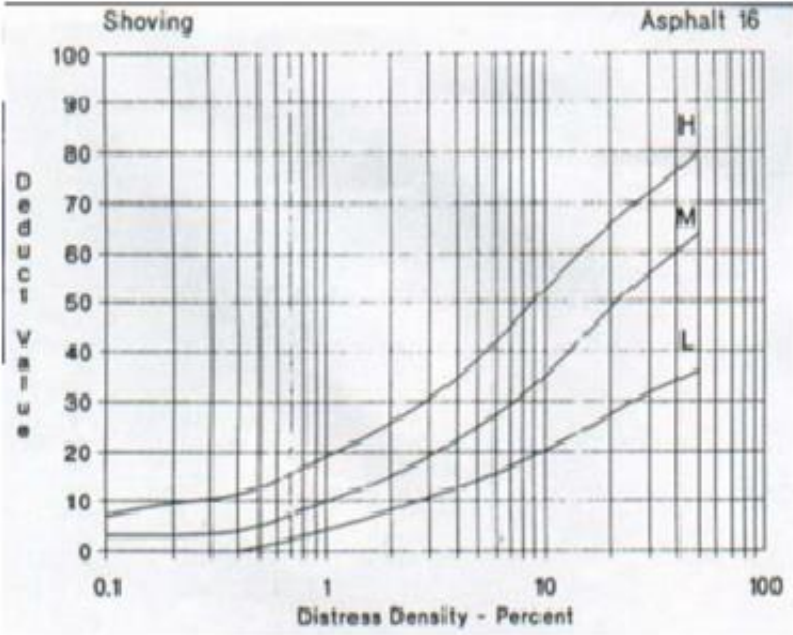
FALLA N°16		
Nombre de la falla: Desplazamiento		
DESCRIPCIÓN:		
El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables. Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Pórtland. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento Pórtland se incrementa causando el desplazamiento.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.	El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media.	El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.
MEDICIÓN		
Los desplazamientos se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Los desplazamientos que ocurren en parches se consideran para el inventario de daños como parches, no como un daño separado.		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • Falla lateral de talud en zonas de terraplén. • Falla del talud en zonas de corte a media ladera. • Ausencia o falla de obras de contención de la banca • Mezcla asfáltica de baja resistencia. • Consolidación de los rellenos que acompañan las obras de contención 		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
No necesita ningún tipo de intervención.	Fresado. Parcheo parcial o profundo.	Fresado. Parcheo parcial o profundo.
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>		
PRONÓSTICO DE EVOLUCIÓN DE LA FALLA: Aumento de la falla, hundimientos, desprendimientos, abultamientos, piel de cocodrilo.		

Tabla 26: Falla No. 17: Fisuramiento de Resbalamiento- (ASTM INTERNATIONAL, 2008)


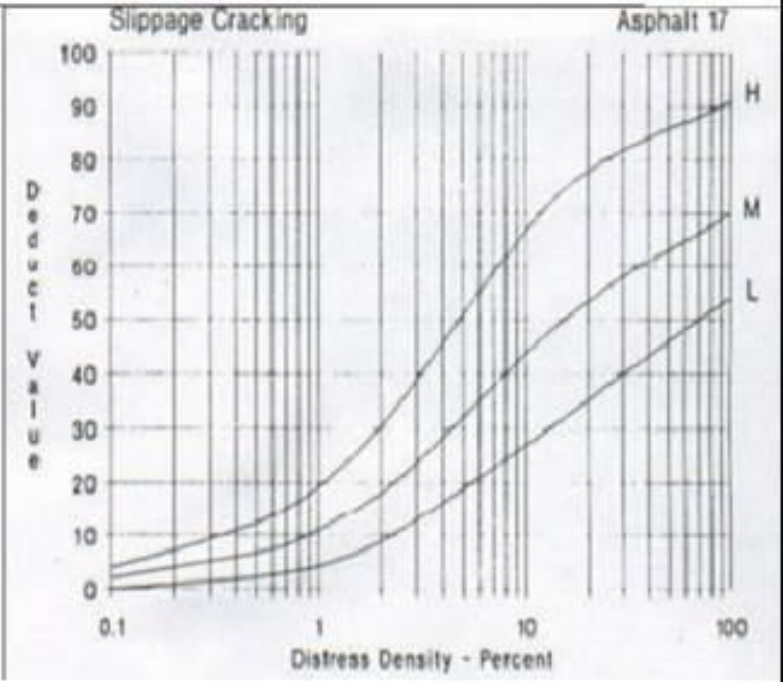
FALLA N°17		
Nombre de la falla: Fisuramiento de resbalamiento		
DESCRIPCIÓN: Las fisuras de resbalamiento son en forma de media-luna que tienen dos extremos apuntando en sentido contrario al tráfico. Se producen cuando el frenado o cambio de dirección de las llantas causan una deformación en la superficie. Esta falla ocurre usualmente cuando hay una mezcla de baja resistencia o una mala adherencia entre la capa de superficie y sus subcapas.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
El ancho promedio de la fisura es menor de 1 cm (3/8").	Existe una de las siguientes condiciones: 1. El ancho promedio de la fisura esta entre 1.0 y 3.8 cm. (3/8" y 1 1/2"). 2. El área alrededor de la fisura evidencia piezas rotas pero firmes.	Existe una de las siguientes condiciones: 1. El ancho promedio de la fisura es mayor de 3.8 cm (1 1/2"). 2. El área alrededor de la fisura evidencia piezas rotas fácilmente removibles.
MEDICIÓN		
El área asociada con la fisura de resbalamiento se mide en ft^2 o m^2 y es anotada con el máximo nivel de severidad en el área afectada.		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • Carencia de penetración de la imprimación en bases granulares • Exceso de ligante o presencia de polvo durante la ejecución del riego del ligante. • Alto contenido de arena en la mezcla asfáltica. • Espesores de carpeta muy bajos. 		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Sellado de fisuras.	Bacheo superficial nivelante o parcial capa asfáltica.	Bacheo parcial capa asfáltica o profundo.
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>		
PRONÓSTICO DE EVOLUCIÓN DE LA FALLA: Aumento de la falla, hundimientos, baches, hundimientos, abultamientos.		

Tabla 27: Falla No. 18: Hinchamiento- (ASTM INTERNATIONAL, 2008)


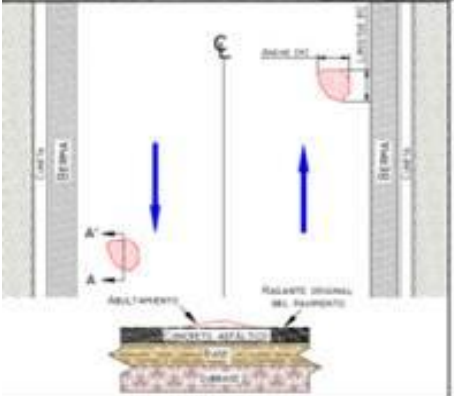
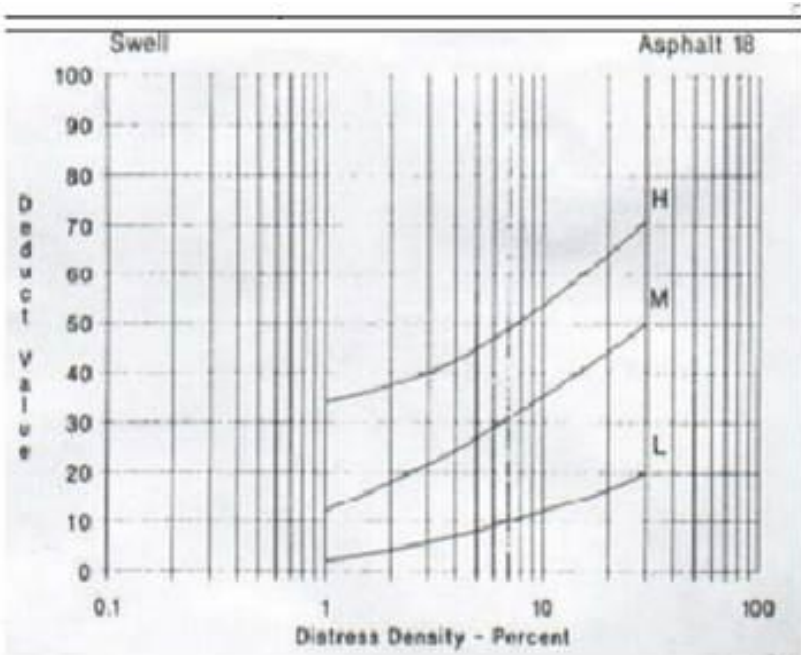

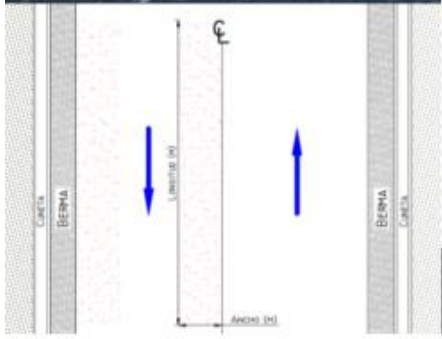
FALLA N°18		
NOMBRE DE LA FALLA: HINCHAMINETO		
DESCRIPCIÓN:		
El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento, es una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0 m. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
El hinchamiento de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.	El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.	El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad
MEDICIÓN		
El hinchamiento se mide en ft^2 o m^2 de área afectada		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> Contaminación de los materiales que conforman las capas del pavimento. Deslizamiento de la capa de rodadura sobre la capa inferior por exceso de riego. Cambios Volumétricos en fundaciones arcillosas altamente expansivas. Deficiente tratamiento de suelos arcillosos, potencialmente expansivos, durante la construcción y compactación de terraplenes y fundiciones. Mala calidad del asfalto. 		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
No requiere intervención.	No requiere intervención.	Reconstrucción. Bacheo profundo; incluida reposición de base granular. Bacheo profundo + reapeo con mezcla asfáltica en caliente. Mejoramiento del sistema de drenaje superficial o profundo.
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>		
PRONÓSTICO DE EVOLUCIÓN DE LA FALLA: Aumento de la falla, fisuramiento, desprendimientos, exudación, ahuellamiento.		

Tabla 28: Falla No. 19: Desmoronamiento / Intemperismo - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)

FALLA N°19		
Nombre de la falla: Desmoronamiento/Intemperismo		
DESCRIPCIÓN:		
La meteorización y el desprendimiento son la pérdida de la superficie del pavimento debido a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo: vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.	Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.	El agregado o el ligante asfáltico están considerablemente desgastados, incluye la remoción del material grueso. La superficie está muy rugosa e irregular. Las áreas son menores de 10 cm de diámetro y 13 mm de profundidad. En caso de manchas, el ligante asfáltico ha perdido sus cualidades y el agregado está prácticamente suelto
MEDICIÓN		
La meteorización y el desprendimiento se miden en ft^2 o m^2 de área afectada.		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> - Segregación de los agregados durante su manejo en obra. - Es un deterioro natural del pavimento, aunque puede estar asociado a un endurecimiento significativo del asfalto. - Falta de adherencia del asfalto con los agregados - Fractura de las partículas de agregado por efecto de las presiones aplicadas durante la compactación - Deficiente dosificación de asfalto en la mezcla - Acción intensa del agua u otros agentes abrasivos además del tránsito 		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial	Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.	Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">   </div> <div style="text-align: center;"> </div> </div>		
PRONÓSTICO DE EVOLUCIÓN DE LA FALLA: Aumento de la pérdida de agregado y baches superficiales.		

CAPÍTULO IV

4. BASES CONCEPTUALES DE LA EVALUACIÓN FUNCIONAL

4.1. SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO

La Serviciabilidad es la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Es el periodo de tiempo que existe entre la condición inicial de la estructura del pavimento hasta el instante en que el mismo necesita una rehabilitación de su estructura. También es conocido como el periodo de tiempo que existe entre cada rehabilitación de una vía. (Pallasco Catota, 2018)

La serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. Así se tiene un índice de serviciabilidad presente PSI mediante el cual el pavimento es calificado entre 0 (pésimas condiciones) y 5 (perfectas condiciones). En el diseño del pavimento se debe elegir la serviciabilidad inicial y final. La inicial está en función del diseño del pavimento y de la calidad de construcción. La final o terminal está en función de la categoría del camino. (Hurtado Arias, 2016)

El Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) fue creado en 1957 por la AASHTO Road Test para poder evaluar las vías y como estaba el deterioro de cada una de ellas, se refiere a la condición actual del pavimento. El PSI representa la condición del Pavimento en el momento en que se realiza su evaluación, por lo que el mismo varía con el paso del tiempo. (Hurtado Arias, 2016)

Por otro lado, con el paso del tiempo, la cantidad de tráfico aumenta. El aumento de tránsito puede provocar asentamientos importantes, deformaciones y grietas haciendo que la estructura se deteriore y envejezca prematuramente. Motivo por el cual, se deben realizar evaluaciones de la vía y estudios de tránsito frecuentes, para la pronta implementación de reparaciones y propuestas de

mantenimiento, y así mantener la vía en calidad alta y cumplir con el tiempo de servicio para el cual fue diseñado.

4.2. CLASIFICACIÓN DE SERVICIABILIDAD

El PSI es un valor para medir la Serviciabilidad, que es la comodidad que tienen los usuarios del servicio que brinda un pavimento. La metodología utilizada, es la selección aleatoria de usuarios que conforman un panel evaluador. Cada usuario al transitar por la vía expresa su opinión propia y subjetiva acerca de la calidad de la capa de rodadura. En esta encuesta el usuario califica del 0 al 5 el pavimento, teniendo como parámetro 5 muy bueno y 0 muy malo.

Tabla 29: Niveles de Serviciabilidad - (AASHTO, 1993)

Muy Bueno	5,0 – 4,0
Bueno	4,0 – 3,0
Regular	3,0 – 2,0
Malo	2,0 – 1,0
Muy Malo	1,0 – 0,0

A continuación, se presenta la tabla de formulario de calificación AASHTO, donde encontramos la escala de calificación de Serviciabilidad.

5 —

4 — MUY BUENO

3 —

2 — BUENO

1 — REGULAR

0 — MALO

MUY MALO

EVALUACION: _____

CARRETERA: _____

SECCION No.: _____

FECHA: _____

¿ Es el Pavimento de Calidad Aceptable?

SI _____

NO _____

INDECISO _____

OBSERVACIONES: _____

Ilustración 13: Formulario Calificación AASHTO - (Solminihac, Echaveguren, & Chamorro, 2001)

Para el diseño del pavimento flexible, se implementan valores de serviciabilidad inicial y final, donde los niveles de serviciabilidad inicial (PSI) varía entre un valor de 4.2 y 4.5. Y la serviciabilidad final deseada depende del tipo de carretera como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 30: Serviciabilidad Final - (AASHTO, 1993)

Autopistas	Carreteras de importancia media	Carreteras importancia baja
<i>Pt = 3</i>	<i>Pt = 2.5</i>	<i>Pt = 2</i>

En la siguiente tabla podemos encontrar las calificaciones con sus respectivas descripciones conceptuales de serviciabilidad.

Tabla 31: Escala de Calificación de Serviciabilidad AASHTO - (Solminihac, Echaveguren, & Chamorro, 2001)

Calificación numérica	Condición	Descripción
0.0 a 1.0	Muy mala	Los pavimentos en esta categoría están en un estado total de deterioro, se puede transitar por las carretas a velocidades muy bajas y con grandes dificultades para el manejo. Hay numerosos huecos y grietas profundas. El deterioro se da en un 75% o más de la vía.
1.0 a 2.0	Mala	En este caso, los pavimentos se han deteriorado tanto que, afectan considerablemente la velocidad de circulación. Los pavimentos flexibles presentan enormes huecos y grietas muy profundas. Este deterioro contiene la pérdida de áridos, agrietamiento, ahuellamientos, y se produce en un 50% o más de la superficie.
2.0 a 3.0	Regular	El deterioro al conducir es significativamente menor al de los pavimentos nuevos y ocurren serias deficiencias a velocidades elevadas de circulación. Las fallas superficiales en pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamientos, parches y agrietamiento; y en el caso de los pavimentos rígidos, se identifican fallas en las juntas, agrietamiento y bombeo.
3.0 a 4.0	Buena	En este caso, el pavimento brinda buena calidad a la hora de conducir y muestran muy pocos o ningún indicio de desperfecto en la superficie. Los pavimentos flexibles pueden empezar a dar muestra de ahuellamientos y figuración aleatoria.
4.0 a 5.0	Muy buena	Solo los pavimentos nuevos o casi nuevos son lo adecuadamente suaves y sin fallas, para formar parte de esta clasificación.

4.3. EVALUACIÓN FUNCIONAL – DAÑOS AL PAVIMENTO

La mayoría de los pavimentos construidos en las últimas décadas son cuerpos compuestos sobre capas de concreto asfáltico, bases y sub bases bien estabilizadas, estos sistemas que generalmente no están diseñados para permitir la rápida evacuación del agua, desarrollan un mecanismo de auto destrucción interna, cuando el agua libre consigue entrar a la superficie de contacto de las capas estructurales, los grandes impactos de las llantas mueven el agua en las interfaces de la carpeta y la base, erosionando el material y eyectándolo en las grietas y fisuras del pavimento, produciendo cavidades que dejan sin apoyo algunas zonas de la carpeta, con lo cual se generan huecos y otros daños que eventualmente conducen a la falla total del pavimento. (Valdez, 2016)

La capa de rodadura por efectos del tránsito y del clima sufre alteraciones, lo que origina a fallas. En pavimentos flexibles existen 19 tipos de fallas que se pueden presentar, las cuales se encuentran mencionadas anteriormente y debe ser muy importante el poder identificarlas para analizar su severidad y su posible corrección. (Hurtado Arias, 2016)

Estas fallas generan congestión e inseguridad en el viaje de los usuarios; por esta razón, deben de ser motivo de estudio, es decir, conocer sus causas y consecuencias, así como también métodos de medición. Se afirma que los deterioros en los pavimentos afectan a la seguridad, confort de los usuarios y además elevan los costos de operación de los vehículos. Existen varios métodos para la medición del deterioro superficial de los pavimentos, ya sea métodos visuales o métodos empleando equipos, pueden variar dependiendo del país o región en que se aplique. (Hurtado Arias, 2016)

4.3.1. MÉTODOS EMPLEANDO EQUIPOS DE MEDICIÓN DE DETERIORO SUPERFICIAL

En los métodos de medición de deterioro superficial, tenemos algunos como el de Pasco Roadrecon. Este método utiliza una cámara con dimensión de 35 *mm*, ubicada en la parte posterior de una camioneta, y de esta manera se realiza la medición y obtención de datos de deterioro superficial, resultados del estado funcional del pavimento. Las capturas realizadas por la cámara, se las realizan en la noche, donde se utilizan aparatos de iluminación. Para controlar que todas las características del pavimento se puedan observar detalladamente, se deberá controlar el ángulo y la cantidad de luz hacia el pavimento. La camioneta deberá transitar a una velocidad de hasta 80 *km/h*; esta cámara toma fotos en un ancho de vía de 5 *m*. Una vez obtenidas las fotos, el analista debe interpretar los tipos de fallas y deterioros en la vía. (Márquez Díaz, Macea Mercado, & Morales, 2016)

La metodología Gerpho, archiva imágenes continuas de la estructura del pavimento, en el cual, se utiliza un sistema de iluminación para poder realizar el proceso en la noche. (Márquez Díaz, Macea Mercado, & Morales, 2016)

La metodología láser Road Surface Tester, utiliza láser para de esta manera obtener la medición de fallas como espesor y profundidad de fisuras, baches, hundimientos, entre otros. El Software logra obtener los datos de los diferentes tramos de vía, detallando todas las fallas presentes en el pavimento, a diferentes distancias, especificando el eje inicial de medición 0 + 000. (Márquez Díaz, Macea Mercado, & Morales, 2016)

Otras metodologías que también usan fotografías para el análisis de las fallas presentes en un pavimento, son RoadCrack el cual utiliza una cámara el cual puede detectar los tipos de fallas de fisuramiento. Sistema VCrack el cual utiliza una cámara de escáner con un sensor, una memoria

de almacenamiento de datos y una computadora con un software capaz de identificar los agrietamientos automáticamente. El Sistema CrackScope, utiliza una cámara de 2048 *Pix* y un sistema láser que es capaz de realizar fotografías a una distancia de calzada de 3,6 *metros*. En Colombia crearon el sistema Sicaipav, en el cual esta metodología utiliza una cámara de escáner en línea, que es capaz de tomar capturas a una resolución de imagen de 4096 *pix*. (Márquez Díaz, Macea Mercado, & Morales, 2016).

4.3.2. MÉTODOS VISUALES DE MEDICIÓN DE DETERIORO SUPERFICIAL

Una de las metodologías de medición utilizadas en el deterioro superficial, es el método SHRP, siglas que significan Strategic Highway Research Program, esta metodología visual, se divide en dos partes. La primera parte se trata de la división de tramos en un croquis, el cual nos ayudará a tener una visión general del área de estudio, además en este croquis se pueden determinar las fallas presentes en el pavimento de forma gráfica. La segunda parte es realizar una ficha donde se presenten todas las fallas y especificaciones obtenidas in situ en la vía. (Hurtado Arias, 2016)

Otra metodología visual, es el método realizado en el programa PAVER en 1975 en USA. Este programa se basa en la metodología PCI, el cual es utilizado para determinar la condición del pavimento, realizando una evaluación con calificaciones de 0 – 100, analizando todas las fallas presentes en el pavimento, su severidad y el rendimiento del pavimento. Tomando en cuenta que una baja calificación, significa que el pavimento se encuentra en condiciones de mal estado. El sistema PAVER es eficiente, siempre y cuando se realicen correctamente los registros de las fallas presentes en el pavimento, de esta manera los resultados serán más reales y exactos. En base a esto se podrá realizar un estudio para propuesta de mantenimiento o rehabilitación vial. En el sistema PAVER se deberán determinar las fallas presentes en los tramos, definir los tipos de fallas, sus

severidades y las medidas de cada una de ellas; especificando su localización exacta en el tramo de vía, para finalmente obtener el coeficiente PCI, mediante cálculo. (Hurtado Arias, 2016)

RESUMEN DE DETERMINANTES EN EL SISTEMA PAVER

- Identificación de tramos y las secciones viales que se analizarán.
- Especificación del número total de fallas en el pavimento.
- Qué tan severas son las fallas en el pavimento y las medidas de las fallas presentes en una localización específica del tramo.

(Hurtado Arias, 2016)

El sistema PCI es mundialmente famoso por su efectividad en el momento de calificar el estado de una vía. Sin embargo, se requiere personal apto para la toma de datos, la medición y la determinación de las severidades de las fallas. (Hurtado Arias, 2016)

CAPÍTULO V

5. METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN

5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

5.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

- **NOMBRE DE LA CARRETERA:** Sicsibamba – Urbina
- **UBICACIÓN:** La carretera se encuentra en la provincia de Chimborazo, ciudad Guano, parroquia Urbina, a una distancia de 10 kilómetros de Riobamba.
- **ALTITUD:** La localización de nuestro proyecto tiene una mayor elevación aproximadamente de 3617 m.s.n.m y la menor elevación es aproximadamente de 3330 m.s.n.m, con ayuda de la herramienta de creación de rutas y el perfil de elevación de Google Earth, hemos obtenido la mayor y menor elevación en los 12 kilómetros de la carretera Sicsibamba – Urbina.

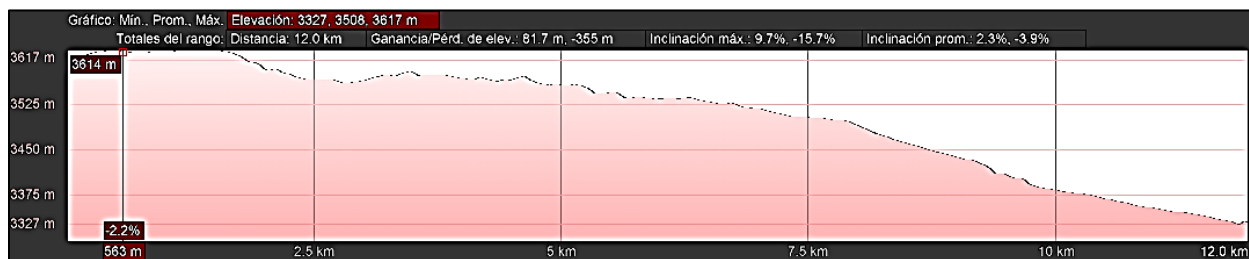


Ilustración 14: Perfil de elevación de los 12 kilómetros de la carretera Sicsibamba - Urbina - Fuente: Google Earth

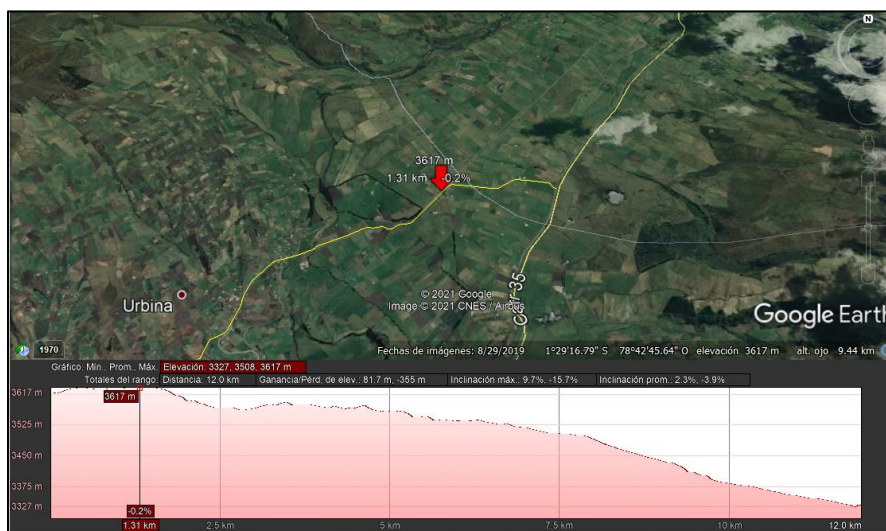


Ilustración 15: Mayor elevación aproximadamente de 3617 m.s.n.m - Fuente: Google Earth

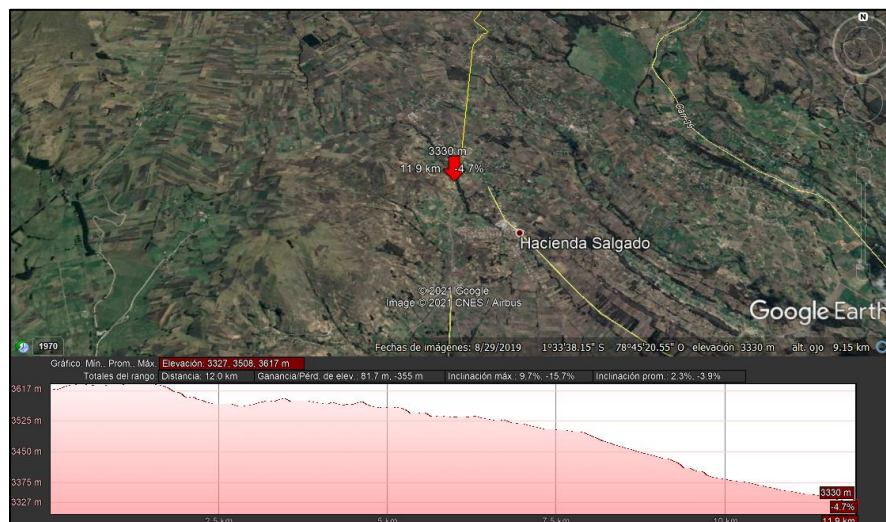
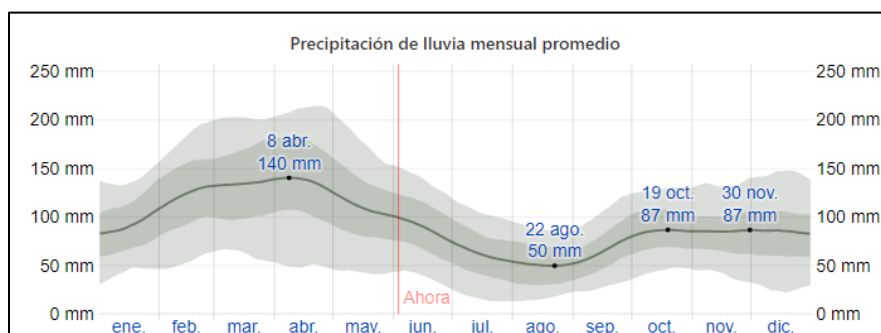


Ilustración 16: Mayor elevación aproximadamente de 3330 m.s.n.m - Fuente: Google Earth

- **EXTENSIÓN:** La superficie aproximada es de alrededor de 150 Km².
- **CLIMA:** El clima del sector de la parroquia Urbina, lugar que se encuentra delimitado entre la provincia Pichincha y Chimborazo. Urbina presenta una temperatura fría que se encuentra en los 5°C y los 23°C. En esta localización los veranos son relativamente cortos, cómodos y nublados y los inviernos son cortos, fríos y parcialmente nublados y está mojado durante el año. Rara vez la temperatura baja a menos de 5°C o sube a más de 23°C. Es un lugar muy húmedo con precipitaciones recurrentes, en base a los estudios, en Urbina durante 28 días del año no llueve, esto nos indica que el lugar presenta constantes precipitaciones. La acumulación total promedio de lluvia en el año es de 140 mm de precipitaciones. (Weather Spark, s.f.)

Tabla 32: Resumen del Clima - (Weather Spark, s.f.)



- **LÍMITES:** Los límites del sector Chimborazo – Urbina son:
 - ❖ **NORTE:** Cantón Mocha, Cantón Cevallos, Provincias: Tungurahua y Cotopaxi.
 - ❖ **ESTE:** Cantón Penipe de la provincia de Chimborazo.
 - ❖ **OESTE:** Volcán Chimborazo y ciudad Guaranda.
 - ❖ **SUR:** Cantón San Andrés y ciudad Riobamba.

5.1.2. UBICACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

La carretera Sicsibamba - Urbina ubicada en la provincia de Chimborazo, ciudad Guano, parroquia Urbina cuenta con 21,4 kilómetros de los cuales vamos a evaluar 12 kilómetros de la carretera. Esta recorre las faldas del volcán Chimborazo, cruzando por la zona agrícola – ganadera de la localidad. Se encuentra ubicada aproximadamente a 10 km de distancia de Riobamba, hasta llegar al sector de las 4 esquinas, donde se inició el estudio de los 12 kilómetros de carretera, la ruta de cómo llegar al inicio de la carretera desde Riobamba se presenta a continuación. El área total de investigación es de 86400 m^2 .



Ilustración 17: Ruta para llegar a la carretera evaluada desde Riobamba – *Elaboración Propia*

Otro modo de llegar a la carretera a evaluar es viajando de Norte a sur, referencia desde la provincia de Tungurahua a la provincia de Chimborazo, donde antes de pasar las delimitaciones entre las provincias siguiendo la Panamericana Sur, existe un letrero que menciona el museo del hielo por donde se debe ingresar a la vía. Se deberá tomar la dirección hacia el volcán Chimborazo, como se muestra en las siguientes ilustraciones.



Ilustración 18: Ruta para llegar a la carretera evaluada desde la provincia de Tungurahua – *Elaboración Propia*



Ilustración 19: Letrero dirección Museo del Hielo y estación Urbina – *Elaboración Propia*

Finalmente se presenta una ilustración de los 12 kilómetros de la carretera Sicsibamba – Urbina que fue evaluada.

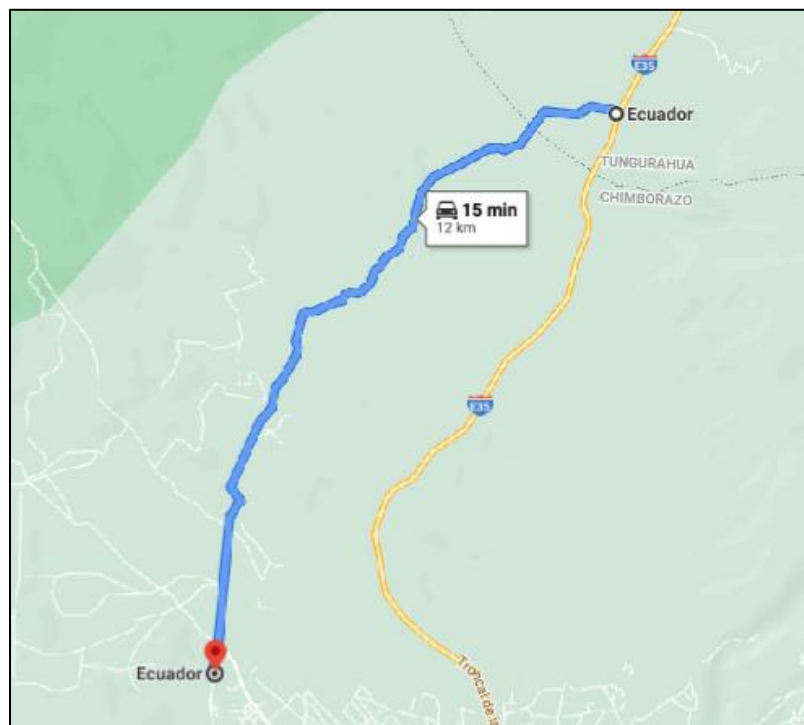


Ilustración 20: Ubicación de la carretera a evaluar - Elaboración Propia

- **COORDENADAS**

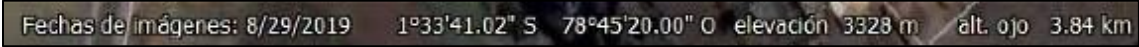
Inicio

Fechas de imágenes: 8/29/2019 1°29'14.61" S 78°42'08.00" O elevación 3609 m alt. ojo 6.48 km

Ilustración 21: Coordenadas del punto de inicio del estudio de la vía Sicsibamba

Latitud: 1°29'14,61" S

Longitud: 78°42'08.00" O

Final:

Fechas de imágenes: 8/29/2019 1°33'41.02" S 78°45'20.00" O elevación 3328 m alt. ojo 3.84 km

Ilustración 22: Coordenadas del punto final del estudio de la vía Sicsibamba

Latitud: 1°33'41.02" S

Longitud: 78°45'20.00" O

5.2.ESTADO ACTUAL DE LA VÍA

La carretera Sicsibamba – Urbina es una carretera colectora de dos carriles en dos sentidos, dicha carretera es muy utilizada por el sector Agrícola – Ganadero. Además, no posee un peaje, lo cual ha producido la circulación de camiones pesados, por ende, esta carretera a lo largo de la semana tiene un flujo vehicular constante.

5.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA

PROYECTO: 12 kilómetros de la carretera Sicsibamba – Urbina

La dimensión transversal a lo largo de los 12 kilómetros de la carretera se encuentra constante, no existen ampliaciones ni reducciones del ancho de la calzada, bermas o cunetas, como se especifica a continuación.

Tabla 33: Características y Dimensiones de la Carretera Sicsibamba - Urbina - *Elaboración Propia*

ELEMENTOS	MEDIDAS
Ancho de todo el pavimento incluyendo cunetas y bordillos	9,78 m
Una calzada de dos carriles en direcciones contrarias.	7,20 m
Ancho de cada carril	3,60 m
Pendiente transversal máxima de la calzada	2%
Ancho de las Cunetas	0,75 m
Alto de las Cunetas	0,12 m
Largo de las Cunetas	0,76 m
Pendiente de las cunetas	16%
Ancho de los espaldones	0,30 m
Ancho de la señalética de borde	0,14 m
Largo de la señalética divisora de carril	2,00 m
Ancho de la señalética divisora de carril	0,14 m
Ancho de los bordillos	0,10 m
Alto de los bordillos	0,30 m
Velocidad de Diseño	70 Km/h
Longitud de la carretera	21,4 km
Longitud del tramo de la carretera evaluada	12 km

PLANO DE LOS ELEMENTOS DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA

La siguiente ilustración especifica todos los elementos y dimensiones de la carretera Sicsibamba – Urbina

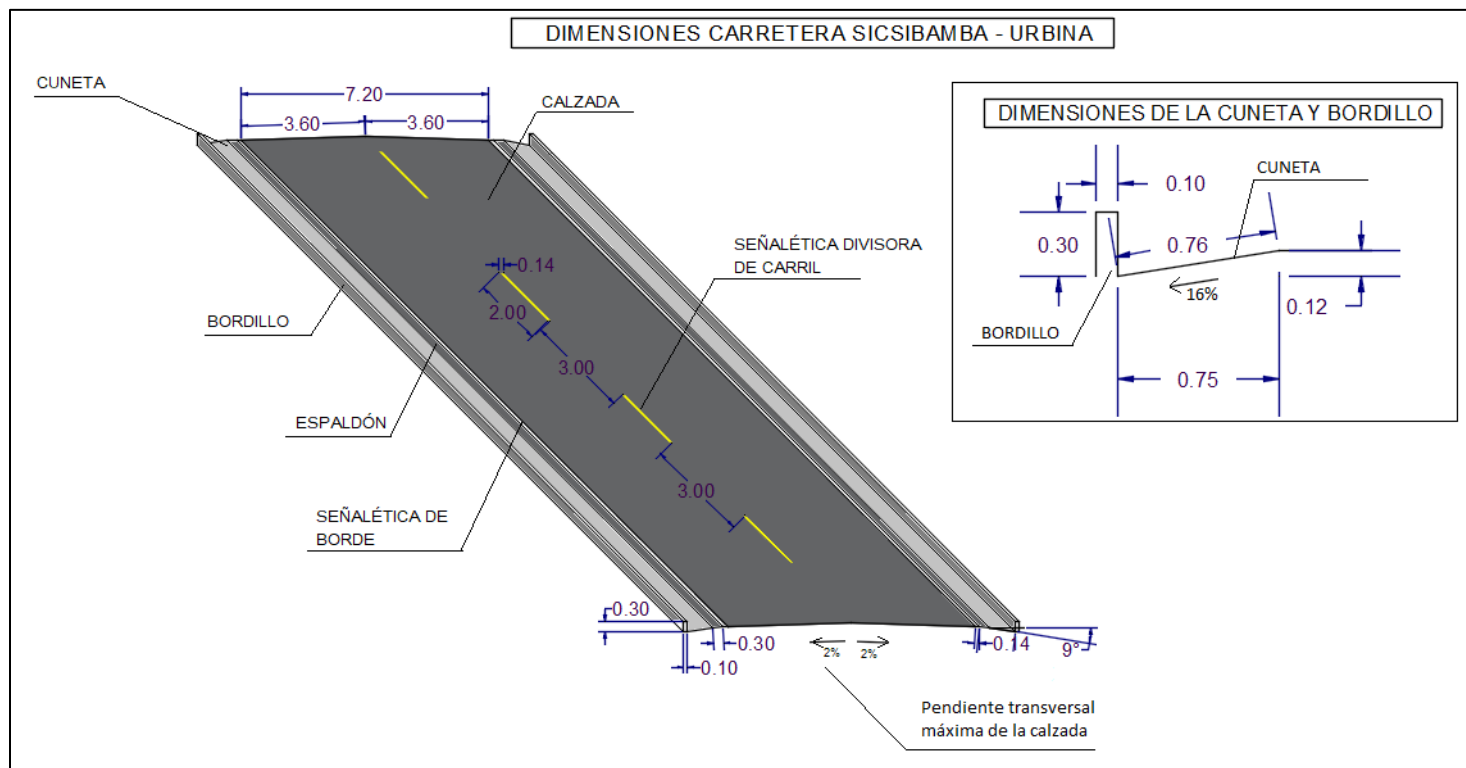


Ilustración 23: Dimensiones Carretera Sicsibamba – Urbina – *Elaboración Propia*

5.3. MODALIDAD DE LA EVALUACIÓN

5.3.1. TRABAJOS DE CAMPO

Todo daño o falla que puede presentar un pavimento, podrían afectar tanto a la seguridad vial, comodidad del conductor, y también podría desgastar notoriamente la durabilidad de los vehículos, es por esto que desarrollar una buena evaluación resulta ser en este caso muy importante, debido a la densidad de automóviles que circulan por esta vía.

Los trabajos in – situ serán desarrollados en el tramo vial de 12 kilómetros, desde la latitud $1^{\circ}29'14,61''\text{S}$ y longitud $78^{\circ}42'08.00''\text{O}$ hasta la latitud $1^{\circ}33'41.02''\text{S}$ y longitud $78^{\circ}45'20.00''\text{O}$. Esto se encuentra en la provincia de Chimborazo, ciudad Guano, parroquia de Urbina.

La metodología PAVER también es parte del trabajo en campo, es una metodología visual, en el cual mediante la determinación de la severidad y magnitud de las fallas que presenta el índice de Condición del Pavimento (PCI), podremos identificar el estado actual del pavimento. Existen otras metodologías de evaluación de pavimentos, pero el sistema PAVER – PCI es el más completo y más utilizado en la actualidad.

5.3.2. EVALUACIÓN MEDIANTE INSPECCIÓN VISUAL

En base a los estudios realizados por la ASTM Internacional, para realizar una evaluación funcional, la metodología PAVER utiliza el índice de Condición del Pavimento o por sus siglas en inglés PCI Pavement Condition Index. El PCI permite obtener la condición del pavimento de forma visual, utilizando una metodología de calificación de la condición superficial del pavimento, en base al desgaste y fallas presentes. Es muy importante, acotar que el PCI no permite el estudio al deslizamiento, ni la resistencia o índice de rugosidad del pavimento. El PCI es utilizado mayormente para identificar qué tipo de rehabilitación o mantenimiento necesita una estructura y una retroalimentación del desempeño que el pavimento tiene. De esta manera se planeará un mejoramiento funcional óptimo. (ASTM INTERNATIONAL, 2008)

Para implementar el sistema PAVER en el proceso de análisis se deberá considerar las siguientes indicaciones:

Tabla 34: Indicaciones para implementar el Sistema Paver - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)

INDICACIONES	
EQUIPO REQUERIDO:	<p>Una gran ventaja al utilizar el sistema PCI, es que no se requiere de un equipo especial o maquinaria pesada, el equipo es instrumentaría fácil de transportar manualmente, entre estos tenemos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reglas, escuadras y flexómetros. • Spray o aerosol. • Catálogo o lista de fallas. • Hojas para realizar los registros de las fallas, severidad y sus medidas. • Cámara de fotografía.
SEGURIDAD:	<p>Para cualquier tipo de estudio en campo, se deberán tomar medidas de seguridad, debido que para realizar las inspecciones se deberá caminar y transitar por la vía, por lo que existe riesgo de atropellamiento. Todos los datos que se deberán registrar se encuentran a lo largo de la calzada del pavimento donde existe circulación de tráfico. Por seguridad se deberá considerar un plan de seguridad mínimo para evitar sufrir accidentes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los registros y toma de datos in – situ del pavimento a analizar se deberá realizar en días despejados, en días visualmente claros, en días sin lluvia o neblina y que no existe presencia de que haya llovido anteriormente. • Los horarios que se deberán tomar para realizar las inspecciones, son en la mañana o en la tarde, jamás se deberá realizar la evaluación en la noche, para que los analistas puedan observar los automóviles pasar y también los conductores puedan observar con claridad a los inspectores. • Es recomendable no intentar realizar la inspección en horas pico, debido a que en esta hora existe una mayor cantidad de tránsito vehicular y podría causar problemas de circulación vehicular, embotellamiento y hasta accidentes de tránsito. • Es obligatorio el uso de chaleco reflectivo botas de punta de acero por parte del inspector y/o los inspectores.
PROCEDIMIENTO:	<ul style="list-style-type: none"> • En campo se deberá tener a la mano el catálogo de fallas con sus correspondientes descripciones para realizar una mejor evaluación. • Tener hojas de campo donde se registrarán: <ul style="list-style-type: none"> - Los tipos de fallas. - El nivel de severidad en base a las consideraciones que se deberán realizar dependiendo la falla. - Las medidas, magnitudes o dimensiones dependiendo si se necesita registrar el área, la unidad o la longitud en base al tipo de falla. • Finalmente, se deberá tomar fotografías de las fallas presentes, para de esta manera tener una evidencia completa de las fallas.

El sistema PAVER es uno de los métodos más utilizados y precisos, la parte más importante es la recolección de datos y su actualización, mediante el procesamiento de datos obtendremos en qué nivel de severidad se encuentra la vía y analizar las estrategias de mantenimiento y rehabilitación a adoptar a corto y largo plazo. (Cayambre & Santillán, 2015)

El concepto básico del sistema PAVER puede resumirse en los siguientes pasos:

1. Identificamos el tramo a estudiar: longitud de la vía, ancho de calzada, escogemos la longitud de la muestra y calculamos el área de la muestra.
2. Calculamos el número de unidades a ser evaluadas y seleccionamos las unidades de muestreo con las respectivas fórmulas.
3. En el primer tramo identificaremos según la metodología PCI 19 tipos de fallas, respectivamente codificadas numéricamente y el nivel de severidad de cada una de ellas.

(Cayambre & Santillán, 2015)

Para cada falla se define:

- El tipo de falla (señalando el No. codificado de acuerdo al tipo de falla).
- El nivel de severidad (Bajo (L: Low), Mediano (M: Medium), Alto (H: High)).
- Las dimensiones de cada falla en unidades de *ft* o *metros*, *ft*² o *metros*², Unidad, dependiendo el tipo de falla y como lo especifica la metodología PCI.
- Con las dimensiones de cada tipo de falla (área, unidad o longitud), calculamos la cantidad parcial y así obtener el total de cada falla.

(Cayambre & Santillán, 2015)

4. Con el total de cantidades parciales obtendremos la densidad de cada falla en función del área total de la unidad.
5. Luego se debe encontrar el valor deducido (VD), que se obtiene en función de la densidad y la severidad de la falla. El valor deducido es importante debido a que, con ayuda de sus curvas, podemos relacionar los parámetros de las fallas: severidad, cantidad y tipo de falla.
6. Calculamos el Valor de Deducción Corregido (VDC), mediante ábacos para valores deducidos corregidos, el cual se obtiene para cada clase de pavimento de acuerdo al tipo, intensidad y densidad de sus fallas.
7. El cálculo del PCI, constituye el modo más completo para la calificación y evaluación objetiva del pavimento y se calcula mediante la siguiente ecuación:

Se define el Índice de Condición del Pavimento (PCI) de acuerdo a:

$$PCI = 100 - VDC$$

8. Este valor numérico de PCI establece la condición del estado de pavimento actual.

5.3.3. IDENTIFICACIÓN DE TRAMOS ESTUDIADOS

5.3.3.1. MEDICIÓN DE DETERIORO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO

Se lo hará mediante la metodología PAVER, dicho estudio fue creado por M. Y. Shahin y S. D. Kohn en el año 1975, se basa en el PCI (Pavement Condition Index) que se encuentra en una escala del 0 al 100 en el cual mientras mayor sea el índice, el pavimento se encuentra en mejor estado. (Hurtado Arias, 2016)

5.3.3.2. ELECCIÓN DE UNIDADES A ANALIZAR

Se divide la vía en tramos o unidades de muestreo, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura. - (Hurtado Arias, 2016)

El tramo a estudiar es de 12 km por lo tanto el método PAVER propone dividir la vía en tramos con una superficie entre $139 m^2$ y $325 m^2$. Calculamos el número de unidades a ser evaluadas y seleccionamos las unidades de muestreo con las respectivas fórmulas. - (Hurtado Arias, 2016)

Número total de muestras (N):

$$N = \frac{\text{Longitud de la Vía}}{\text{Longitud de la Muestra}}$$

Para realizar el cálculo del área de la unidad se deberá utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Área de la Unidad} = \text{Ancho de la calzada de cada unidad} * \text{Longitud de la Muestra}$$

Una vez que determinamos el número total de muestras, calculamos las unidades a ser evaluadas con la siguiente fórmula:

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

Donde,

- s = desviación estandar: s pavimento asfáltico = 10; s Pavimento concreto = 15
- e = Error aceptable; 5%
- N = Número total de la muestra
- n = Número Mínimo de Muestreo

**CÁLCULO DEL NÚMERO DE UNIDADES QUE SE ANALIZARÁ EN ESTE ESTUDIO
CARRETERA A ANALIZAR: 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA SICSIBAMBA –
URBINA**

A continuación, se realizará el cálculo de las unidades que se van a evaluar en los 12 kilómetros de la carretera Sicsibamba – Urbina. El rango del área a analizar de cada una de las unidades deberá ser de $139 m^2$ a $325 m^2$.

- Primero calculamos el número de muestras:

Número total de muestras (N):

$$N = \frac{\text{Longitud de la Vía}}{\text{Longitud de la Muestra}} = \frac{12000 m}{30 m} = 400$$

- Luego se calculará el Área de la unidad:

$$\text{Área de la Unidad} = \text{Ancho de la calzada de cada unidad} * \text{Longitud de la Muestra}$$

La longitud de muestra tomada será de 30 metros:

$$\text{Área de la Unidad} = 7,2 m * 30 m = 216 m^2$$

(Área entre $139 m^2$ a $325 m^2$, Cumple los parámetros)

- Cálculo de las unidades a ser evaluadas:

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

Datos	Medidas
Longitud Total de la Vía	12000 metros
Ancho de la calzada - Unidad	7,2 metros
Área de la Unidad	216 m ²
Coefficiente N	400
s (Desviación Estándar Pav. Asfáltico)	10
e (Error Aceptable %)	5%

Ilustración 24: Datos para el cálculo de las unidades a ser evaluadas (n) - Elaboración Propia

Nota: Se debe tomar en cuenta que el ancho de la unidad solo interviene para la obtención del Área de la Unidad, más no intercede en el cálculo del número mínimo de unidades. Es importante acotar esto debido a que el ancho de la calzada de cada unidad fue obtenido en campo, en los días donde se realizó la evaluación funcional de la vía.

$$n = \frac{400 * (10)^2}{\frac{5^2}{4} * (400 - 1) + 10^2}$$

$$n = 15,42 \rightarrow 15$$

El número mínimo de unidades nos ha salido $n = 15$. Sin embargo, hemos tomado la decisión de aumentar una unidad más, para realizar el estudio en un mayor número de unidades y de esta manera lograr registrar más fallas, por lo tanto, el número final que se utilizó es de $n = 16$.

Al ser una vía de 12 kilómetros, es decir de 12000 metros, se deberá realizar una división para obtener cuántos kilómetros de recorrido deberá tener cada unidad.

$$\text{Distancia de Cada Muestra} = \frac{12000 \text{ metros}}{16 \text{ Unidades}}$$

$$\text{Distancia de Cada Muestra} = 750 \frac{\text{metros}}{\text{unidad}}$$

DISTANCIAS A RECORRER POR UNIDAD**CARRETERA A ANALIZAR: 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA
SCISIBAMBA – URBINA**

N. MUESTRA	UNIDAD DE MUESTREO	ABS. INICIO	ABS. FINAL
1	U - 1	0+000	0+030
2		0+030	0+060
3		0+060	0+090
4		0+090	0+120
5		0+120	0+150
6		0+150	0+180
7		0+180	0+210
8		0+210	0+240
9		0+240	0+270
10		0+270	0+300
11		0+300	0+330
12		0+330	0+360
13		0+360	0+390
14		0+390	0+420
15		0+420	0+450
16		0+450	0+480
17		0+480	0+510
18		0+510	0+540
19		0+540	0+570
20		0+570	0+600
21		0+600	0+630
22		0+630	0+660
23		0+660	0+690
24		0+690	0+720
25		0+720	0+750
26	U - 2	0+750	0+780
27		0+780	0+810
28		0+810	0+840
29		0+840	0+870
30		0+870	0+900
31		0+900	0+930
32		0+930	0+960
33		0+960	0+990
34		0+990	1+020
35		1+020	1+050

EVALUACIÓN DE 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA

36		1+050	1+080
37		1+080	1+110
38		1+110	1+140
39		1+140	1+170
40		1+170	1+200
41		1+200	1+230
42		1+230	1+260
43		1+260	1+290
44		1+290	1+320
45		1+320	1+350
46		1+350	1+380
47		1+380	1+410
48		1+410	1+440
49		1+440	1+470
50		1+470	1+500
51	U - 3	1+500	1+530
52		1+530	1+560
53		1+560	1+590
54		1+590	1+620
55		1+620	1+650
56		1+650	1+680
57		1+680	1+710
58		1+710	1+740
59		1+740	1+770
60		1+770	1+800
61		1+800	1+830
62		1+830	1+860
63		1+860	1+890
64		1+890	1+920
65		1+920	1+950
66		1+950	1+980
67		1+980	2+010
68		2+010	2+040
69		2+040	2+070
70		2+070	2+100
71		2+100	2+130
72		2+130	2+160
73		2+160	2+190
74		2+190	2+220
75		2+220	2+250
76	U - 4	2+250	2+280

EVALUACIÓN DE 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA

77		2+280	2+310
78		2+310	2+340
79		2+340	2+370
80		2+370	2+400
81		2+400	2+430
82		2+430	2+460
83		2+460	2+490
84		2+490	2+520
85		2+520	2+550
86		2+550	2+580
87		2+580	2+610
88		2+610	2+640
89		2+640	2+670
90		2+670	2+700
91		2+700	2+730
92		2+730	2+760
93		2+760	2+790
94		2+790	2+820
95		2+820	2+850
96		2+850	2+880
97		2+880	2+910
98		2+910	2+940
99		2+940	2+970
100		2+970	3+000
101	U - 5	3+000	3+030
102		3+030	3+090
103		3+090	3+120
104		3+120	3+150
105		3+150	3+180
106		3+180	3+210
107		3+210	3+240
108		3+240	3+270
109		3+270	3+300
110		3+300	3+330
111		3+330	3+360
112		3+360	3+390
113		3+390	3+420
114		3+420	3+450
115		3+450	3+480
116		3+480	3+510
117		3+510	3+540

EVALUACIÓN DE 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA

118		3+540	3+570
119		3+570	3+600
120		3+600	3+630
121		3+630	3+660
122		3+660	3+690
123		3+690	3+720
124		3+720	3+750
125	U - 6	3+750	3+780
126		3+780	3+810
127		3+810	3+840
128		3+840	3+870
129		3+870	3+900
130		3+900	3+930
131		3+930	3+960
132		3+960	3+990
133		3+990	4+020
134		4+020	4+050
135		4+050	4+080
136		4+080	4+110
137		4+110	4+140
138		4+140	4+170
139		4+170	4+200
140		4+200	4+230
141		4+230	4+260
142		4+260	4+290
143		4+290	4+320
144		4+320	4+350
145		4+350	4+380
146		4+380	4+410
147		4+410	4+440
148		4+440	4+470
149		4+470	4+500
150	U - 7	4+500	4+530
151		4+530	4+560
152		4+560	4+590
153		4+590	4+620
154		4+620	4+650
155		4+650	4+680
156		4+680	4+710
157		4+710	4+740
158		4+740	4+770

EVALUACIÓN DE 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA

159		4+770	4+800
160		4+800	4+830
161		4+830	4+860
162		4+860	4+890
163		4+890	4+920
164		4+920	4+950
165		4+950	4+980
166		4+980	5+010
167		5+010	5+040
168		5+040	5+070
169		5+070	5+100
170		5+100	5+130
171		5+130	5+160
172		5+160	5+190
173		5+190	5+220
174		5+220	5+250
175	U - 8	5+250	5+280
176		5+280	5+310
177		5+310	5+340
178		5+340	5+370
179		5+370	5+400
180		5+400	5+430
181		5+430	5+460
182		5+460	5+490
183		5+490	5+520
184		5+520	5+550
185		5+550	5+580
186		5+580	5+610
187		5+610	5+640
188		5+640	5+670
189		5+670	5+700
190		5+700	5+730
191		5+730	5+760
192		5+760	5+790
193		5+790	5+820
194		5+820	5+850
195		5+850	5+880
196		5+880	5+910
197		5+910	5+940
198		5+940	5+970
199		5+970	6+000

EVALUACIÓN DE 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA

200	U - 9	6+000	6+030
201		6+030	6+060
202		6+060	6+090
203		6+090	6+120
204		6+120	6+150
205		6+150	6+180
206		6+180	6+210
207		6+210	6+240
208		6+240	6+270
209		6+270	6+300
210		6+300	6+330
211		6+330	6+360
212		6+360	6+390
213		6+390	6+420
214		6+420	6+450
215		6+450	6+480
216		6+480	6+510
217		6+510	6+540
218		6+540	6+570
219		6+570	6+600
220		6+600	6+630
221		6+630	6+660
222		6+660	6+690
223		6+690	6+720
224		6+720	6+750
225	U - 10	6+750	6+780
226		6+780	6+810
227		6+810	6+840
228		6+840	6+870
229		6+870	6+900
230		6+900	6+930
231		6+930	6+960
232		6+960	6+990
233		6+990	7+020
234		7+020	7+050
235		7+050	7+080
236		7+080	7+110
237		7+110	7+140
238		7+140	7+170
239		7+170	7+200
240		7+200	7+230

EVALUACIÓN DE 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA

241		7+230	7+260
242		7+260	7+290
243		7+290	7+320
244		7+320	7+350
245		7+350	7+380
246		7+380	7+410
247		7+410	7+440
248		7+440	7+470
249		7+470	7+500
250	U - 11	7+500	7+530
251		7+530	7+560
252		7+560	7+590
253		7+590	7+620
254		7+620	7+650
255		7+650	7+680
256		7+680	7+710
257		7+710	7+740
258		7+740	7+770
259		7+770	7+800
260		7+800	7+830
261		7+830	7+860
262		7+860	7+890
263		7+890	7+920
264		7+920	7+950
265		7+950	7+980
266		7+980	8+010
267		8+010	8+040
268		8+040	8+070
269		8+070	8+100
270		8+100	8+130
271		8+130	8+160
272		8+160	8+190
273		8+190	8+220
274		8+220	8+250
275	U - 12	8+250	8+280
276		8+280	8+310
277		8+310	8+340
278		8+340	8+370
279		8+370	8+400
280		8+400	8+430
281		8+430	8+460

EVALUACIÓN DE 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA

282		8+460	8+490
283		8+490	8+520
284		8+520	8+550
285		8+550	8+580
286		8+580	8+610
287		8+610	8+640
288		8+640	8+670
289		8+670	8+700
290		8+700	8+730
291		8+730	8+760
292		8+760	8+790
293		8+790	8+820
294		8+820	8+850
295		8+850	8+880
296		8+880	8+910
297		8+910	8+940
298		8+940	8+970
299		8+970	9+000
300	U - 13	9+000	9+030
301		9+030	9+060
302		9+060	9+090
303		9+090	9+120
304		9+120	9+150
305		9+150	9+180
306		9+180	9+210
307		9+210	9+240
308		9+240	9+270
309		9+270	9+300
310		9+300	9+330
311		9+330	9+360
312		9+360	9+390
313		9+390	9+420
314		9+420	9+450
315		9+450	9+480
316		9+480	9+510
317		9+510	9+540
318		9+540	9+570
319		9+570	9+600
320		9+600	9+630
321		9+630	9+660
322		9+660	9+690

EVALUACIÓN DE 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA

323		9+690	9+720
324		9+720	9+750
325	U - 14	9+750	9+780
326		9+780	9+810
327		9+810	9+840
328		9+840	9+870
329		9+870	9+900
330		9+900	9+930
331		9+930	9+960
332		9+960	9+990
333		9+990	10+020
334		10+020	10+050
335		10+050	10+080
336		10+080	10+110
337		10+110	10+140
338		10+140	10+170
339		10+170	10+200
340		10+200	10+230
341		10+230	10+260
342		10+260	10+290
343		10+290	10+320
344		10+320	10+350
345		10+350	10+380
346		10+380	10+410
347		10+410	10+440
348		10+440	10+470
349		10+470	10+500
350	U - 15	10+500	10+530
351		10+530	10+560
352		10+560	10+590
353		10+590	10+620
354		10+620	10+650
355		10+650	10+680
356		10+680	10+710
357		10+710	10+740
358		10+740	10+770
359		10+770	10+800
360		10+800	10+830
361		10+830	10+860
362		10+860	10+890
363		10+890	10+920

EVALUACIÓN DE 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA

364		10+920	10+950
365		10+950	10+980
366		10+980	11+010
367		11+010	11+040
368		11+040	11+070
369		11+070	11+100
370		11+100	11+130
371		11+130	11+160
372		11+160	11+190
373		11+190	11+220
374		11+220	11+250
375	U - 16	11+250	11+280
376		11+280	11+310
377		11+310	11+340
378		11+340	11+370
379		11+370	11+400
380		11+400	11+430
381		11+430	11+460
382		11+460	11+490
383		11+490	11+520
384		11+520	11+550
385		11+550	11+580
386		11+580	11+610
387		11+610	11+640
388		11+640	11+670
389		11+670	11+700
390		11+700	11+730
391		11+730	11+760
392		11+760	11+790
393		11+790	11+820
394		11+820	11+850
395		11+850	11+880
396		11+880	11+910
397		11+910	11+940
398		11+940	11+970
399		11+970	12+000
400		12+000	

5.3.3.3. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE FALLAS

Para realizar la medición de cada falla se deberá tomar en cuenta el tipo de la falla, y dependiendo a esto, se las denominarán en medidas de unidad, metro lineal o metro cuadrado, correspondientemente. Una buena medición de las fallas requiere de instrumentos apropiados como: regla, escuadras y flexómetro; además, la implementación del catálogo donde se presenten todas las fallas. (ASTM INTERNATIONAL, 2008)

Cada una de las fallas que hayan sido detectadas deberán ser medidas y registradas en una hoja de registro como detalla la normativa del método PCI ASTM Designation: D 6433 – 07; también se deberá registrar la severidad y magnitud de la falla detectada. Se debe tomar en cuenta que cada hoja de registro deberá estar detallada en función a la unidad o tramo de vía, la cual se esté analizando. (ASTM INTERNATIONAL, 2008)

5.4. ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

El índice de condición del pavimento o en sus siglas en ingles PCI: Pavement Condition Index PCI, sirve para cuantificar la condición del pavimento en base a todas las fallas visuales que este presenta. Actualmente el PCI es la metodología más utilizada en todo el mundo, dados los resultados tan acertados y completos de evaluación que se han obtenido. Además, esta metodología no necesita de maquinaria pesada, al contrario, utiliza herramientas de fácil acceso, que se pueden movilizar manualmente. (ASTM INTERNATIONAL, 2008)

El PCI divide a las condiciones que podría tener el pavimento en siete partes, que van en rangos de “excelente” a “fallado”. (Shahin & Kohn, 1982)

El PCI numéricamente representa un indicador para la calificación del estado que presenta la superficie del pavimento, que también nos sirve para determinar la integridad funcional y en

qué estado se encuentra la superficie del pavimento. PCI lo que hace es dar una gama de información del desempeño que está ejerciendo el pavimento, para de esta manera poder implementar mejoramiento o mantenimiento al mismo. (ASTM INTERNATIONAL, 2008)

5.4.1. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

Para realizar esta determinación, debemos analizar en campo todas las fallas y daños que se han producido, detallando su severidad y magnitud. Para el creador del sistema PAVER – PCI M. Y. Shahin y S. D. Kohn, fue un gran reto el realizar una formulación de un solo índice de condición, que pueda considerar los tres factores al mismo tiempo, estos problemas se generaron debido a la cantidad de posibilidades de condición que pueda tener el pavimento. (Shahin & Kohn, 1982)

Para finalmente lograr obtener datos que incluyan una relación de los parámetros mencionados, M. Y. Shahin y S. D. Kohn crearon los “valores deducidos” y los ábacos de los mismos correspondientes a cada una de las fallas, para de esta manera ponderar tanto la falla, su severidad y la densidad de la falla en relación a la condición del pavimento. (Shahin & Kohn, 1982)

El sistema PCI se divide en siete condiciones que puede estar un pavimento, con un rango total de calificación que varía desde 0 que corresponde a un pavimento en pésimas condiciones y un 100 que corresponde a un pavimento que se encuentra en un estado excelente, como se presenta en la siguiente ilustración. (ASTM INTERNATIONAL, 2008)

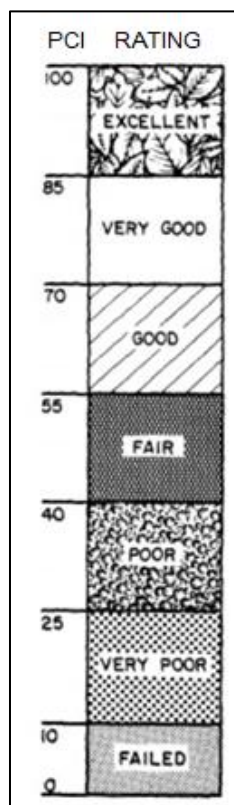


Ilustración 25: Escala del PCI y rangos de condición - (Shahin, M. Y.; Kohn, S. D., 1981)

A continuación, presentaremos una tabla de resumen con todas las condiciones del pavimento mostrado en la ilustración anterior, donde se resumirán las clasificaciones y los rangos de las fallas:

Tabla 35: Escala del PCI y rangos de condición - (Shahin, M. Y.; Kohn, S. D., 1981)

RANGO	CLASIFICACIÓN
86 - 100	EXCELENTE
71 - 85	MUY BUENO
56 - 70	BUENO
41 - 55	REGULAR
26 - 40	MALO
11 - 25	MUY MALO
0 - 10	FALLADO

En definitiva, el cálculo que se realiza en la metodología PCI, deberá estar basado en tres parámetros que serán determinantes a la hora de evaluar un pavimento: tipo de falla, severidad de la falla y magnitud de cada deterioro detectado. (Shahin & Kohn, 1982)

Todos los datos, registros y cálculos mediante el PCI, permiten obtener una muy buena idea de las causas, que están haciendo que el pavimento presente deterioros, ya sea tanto daños causados por efectos de carga de tráfico o el factor climático de la localidad. (Shahin & Kohn, 1982)

5.4.2. INVENTARIO DE FALLAS

El inventario de fallas mediante la metodología PCI, es utilizada para la planificación, la programación y la ejecución para realizar una buena evaluación de las fallas presentes en el pavimento. (Ing. Gustavo Yáñez)

Además, se deberá realizar un registro de las fallas con fotografías tomadas en el sitio de análisis, y deberán ser especificadas en qué tramo de vía fueron observadas, dichas fotografías serán evidenciadas en el [ANEXO B](#). En este inventario también se deberá especificar la severidad de las fallas encontradas: Bajo: Low (L), Medio: Medium (M), Alto: High (H) y también la magnitud de los mismos. (Mora Guarnizo & Serrano Palma, 2020)

Todos los datos obtenidos deberán ser recopilados y registrados en el formato presentado a continuación, donde se muestra tanto los tramos de análisis, la unidad de muestra, las abscisas tanto inicial y final del tramo de análisis, el ancho de la vía, el área de cada una de las unidades de análisis, los tipos de falla, además se registrarán las cantidades parciales de las fallas observadas, en esta misma hoja de registro se realizará el total de las cantidades parciales de cada una de las

fallas en función a la severidad. Todos estos registros servirán para obtener la densidad de la falla y luego obtener el valor deducido de la falla.


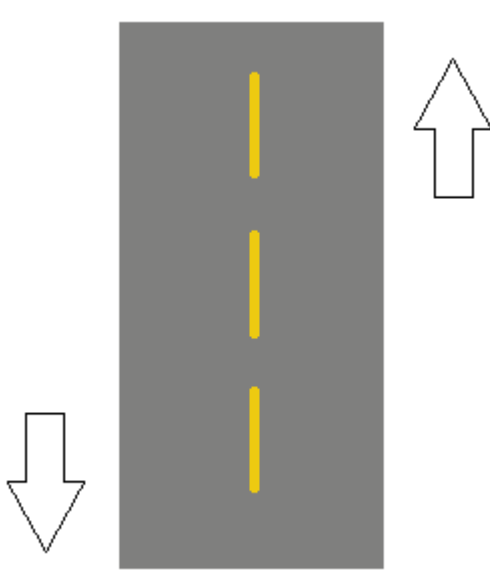
Todos los títulos enunciados en la hoja de registro que se utilizarán, se los llenarán de la siguiente manera:

- **Carretera a Inspeccionar:** Vía que fue elegida por los inspectores.
- **Fecha:** Día, Mes y año en el que se hizo la evaluación superficial dependiendo el tramo elegido.
- **Inspectores:** Encargados en realizar la evaluación del pavimento con la metodología PCI.
- **Condición Climática:** La condición climática será especificada en este segmento, por ejemplo: soleado, nublado, etc. Sin embargo, no se debe realizar esta metodología si en el sitio existe precipitación o si ha habido una precipitación previa. De esta manera el análisis será más eficiente, y segura para los inspectores, debido a que la visibilidad tanto del inspector como del conductor será más clara.
- **Ancho de vía:** El ancho de la calzada será medido in situ por los inspectores por cada tramo de vía evaluado. La unidad de medida será en metros.
- **Unidad de la Muestra:** La carretera se deberá dividir en varios segmentos o unidades, en esta sección se indicará en qué número de unidad de muestra se encuentra desarrollando el análisis.
- **Abscisa Inicial:** La abscisa inicial muestra la localización exacta del inicio de la unidad de la muestra, donde se realizará la identificación de todas las fallas, y se lo presentará en kilómetros.
- **Abscisa final:** La abscisa final muestra la localización exacta del final de la unidad de la muestra, hasta donde se realizó la identificación de las fallas y está será el inicio de la siguiente unidad, y se lo presenta en kilómetros.

- **Esquema:** El esquema es una ilustración gráfica de cada unidad de análisis del pavimento donde se especificará la abscisa inicial y final del análisis de la unidad.
- **No. Falla:** Se indicará la falla dependiendo la su codificación numérica respectiva encontrada en la vía.
- **Severidad:** Nivel de deterioro de la falla especificada en el pavimento.
- **Cantidades Parciales:** Se agruparán las fallas según el tipo de falla y su severidad, donde se especificará la longitud, área o unidad dependiendo la falla encontrada en el tramo de vía.
- **Total:** Se realiza una sumatoria de todas las cantidades parciales.
- **Densidad (%):** Es la división entre el total de las cantidades parciales de las fallas multiplicado por 100, y dividido para el área total de la unidad.
- **Valor deducido:** Se deberá obtener el valor deducido con la ayuda de las curvas de valores deducidos dependiendo el tipo de falla.

EVALUACIÓN DE 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA

Tabla 36: Formato para la recopilación de las fallas presentes en el pavimento a evaluar con el método PCI - *Elaboración Propia*

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR								
		ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) HOJA DE REGISTRO DE FALLAS								
CARRETERA A INSPECCIONAR: _____ FECHA (D/M/A): _____ INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE CONDICIÓN CLIMÁTICA: _____			ANCHO DE LA VÍA (metros): _____ UNIDAD DE LA MUESTRA: _____ ABSCISA INICIAL (KM): _____ ABSCISA FINAL (KM): _____ AREA DE LA UNIDAD: _____							
TIPOS DE FALLA 1. PIEL DE COCODRILO 2. EXUDACIÓN 3. FISURAMIENTO EN BLOQUE 4. DESNIVELES LOCALIZADOS 5. CORRUGACIÓN 6. DEPRESIÓN 7. FISURAMIENTO EN BORDE 8. FISURAMIENTO DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN 9. DESNIVEL DE CARRIL 10. FISURAMIENTO LONGITUDINAL O TRANSVERSAL		11. PARCHE DE CORTE DE SERVICIO 12. AGREGADO PULIDO 13. BACHES 14. CRUCE DE FERROCARRIL 15. SURCO EN HUELLA 16. DESPLAZAMIENTO 17. FISURAMIENTO RESBALAMIENTO 18. HINCHAMIENTO 19. DESMORONAMIENTO /INTEMPERISMO		ESQUEMA						
										
NIVELES DE SEVERIDAD										
BAJA – LOW (L)			MEDIA – MEDIUM (M)			ALTA – HIGH (H)				
No. FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
									TOTAL VALOR DEDUCIDO	

5.4.3. CÁLCULO DEL PCI

Una vez se haya realizado toda la inspección de la carretera a evaluar, toda la información recopilada servirá para calcular el índice PCI, y de esta manera determinar en qué estado se encuentra cada tramo de la vía como se haya seleccionado. Este cálculo se puede realizar manualmente o se pueden utilizar programas de computadora como el software *EvalPav*. Calculando cada uno de los valores deducidos de cada una de las fallas, dependiendo de la severidad y magnitud de las mismas.

A continuación, se presenta una serie de pasos para realizar eficazmente el cálculo del PCI.

5.4.3.1. PASO 1: CÁLCULO DE LOS VALORES DEDUCIDOS

1.1. Se deberán sumar las cantidades parciales de las fallas agrupadas dependiendo el tipo de falla y su severidad. De esta manera se obtendrá el total de las cantidades parciales de cada una de las fallas.

1.2. Después se deberá calcular la densidad, que corresponde al cálculo de la división entre el total de las cantidades parciales de cada una de las fallas dividido por el área total de la unidad que está siendo evaluada, y luego se deberá multiplicar el resultado por 100 para que el valor esté presentado porcentualmente. De esta manera se obtendrá el porcentaje de área ocupada por cada falla en función del área total de la unidad de análisis.

1.3. Una vez obtenido el valor de la densidad de cada falla, se deberán calcular los valores deducido, en función de las curvas de valor deducido de cada falla que se encuentran en las tablas del sub capítulo “[descripción de los tipos de fallas y severidad de las mismas](#)” en el capítulo tres de esta misma disertación.

A continuación, se realiza un ejemplo, que consistirá en especificar en detalle el proceso de obtención del valor deducido dependiendo del tipo de falla y su severidad.

Tipo de Falla: Piel de Cocodrilo

Nivel de Severidad: Alta (H: High)

Densidad (%): 3,11

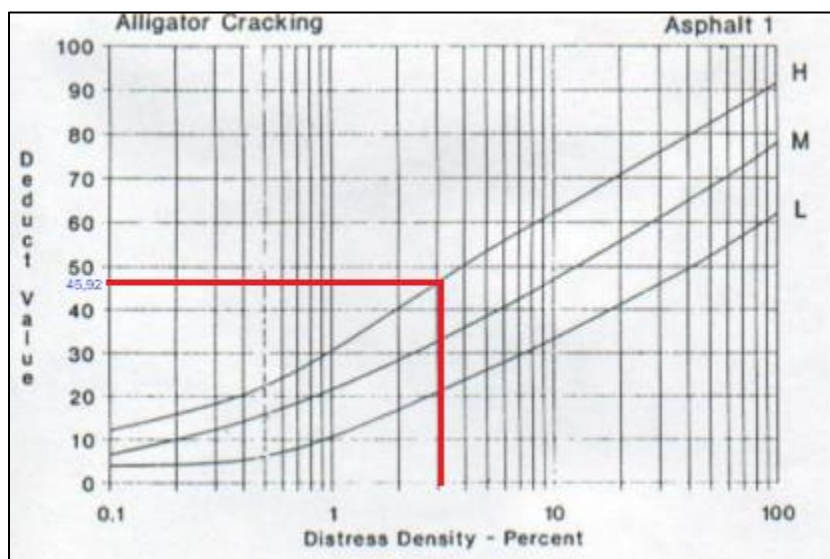


Ilustración 26: Ejemplo de cálculo de valor deducido con tipo de falla piel de cocodrilo

Utilizando las curvas de valor deducido de la falla piel de cocodrilo, se debe ubicar en donde se encuentra la densidad 3,11% en el eje de las abscisas “Distress Density – Percent”, luego trazamos una recta perpendicular hasta intersectar a la curva que represente el nivel de severidad específico, en este caso, se ha intersecado con la curva de severidad alta (H). Luego se deberá trazar una recta horizontal hacia la izquierda, hasta el eje de las ordenadas. Finalmente, identificar el valor que sea marcado, el cual será $VD = 45,92$.

5.4.3.2. PASO 2: CÁLCULO DEL NÚMERO MÁXIMO ADMISIBLE DE VALORES DEDUCIDOS (m).

2.1. No todos los valores deducidos calculados se deben tomar en cuenta para realizar el cálculo del número máximo admisible de valores deducidos. Es necesario realizar un descarte de todos aquellos valores deducidos que sean menores a 2, tomando en cuenta solo los valores mayores a este dígito, esto se realiza debido a la insignificancia que tienen estos valores menores. Entonces el número de valores deducidos disminuirán dependiendo cuantos valores menores a 2 existan. (Cancapa H. & Blas O., 2020)

2.2. De todos los valores deducidos existentes en nuestro registro de cálculo, se deberá tomar el valor deducido mayor, este valor deducido pasará a tener el nombre con las siglas *HVDi*. (Cancapa H. & Blas O., 2020)

2.3. Finalmente se debe utilizar la fórmula que se presenta a continuación, que nos permite obtener el número máximo admisible de los valores deducidos a utilizar. (Cancapa H. & Blas O., 2020)

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDVi)$$

Donde,

- mi = Número Máximo admisible de los valores deducidos en la unidad analizada.
- $HDVi$ = El mayor valor deducido que se encuentra en la unidad analizada.

El coeficiente mi representa al máximo de valores deducidos que se van a corregir. En caso de tener, por ejemplo 7 valores deducidos y el número máximo de valores deducidos es 6, se deberá tomar los 6 valores mayores de la lista, descartando el valor menor. (Cancapa H. & Blas O., 2020)

A continuación, se presenta un ejemplo, en el cual se muestran 7 valores deducidos obtenidos del ejemplo realizado por Cancapa H. & Blas O.:

Tabla 37: Ejemplo para obtener el número máximo de valores deducidos - (Cancapa H. & Blas O., 2020)

VALORES DEDUCIDOS
45,92
19,56
7,90
1,56
3,70
25,30
28,08

En los ejemplos de los valores deducidos presentados en la tabla anterior se deberá descartar todos los valores que sean menores a 2, en este caso el valor de 1,56. Teniendo un total de valores deducido a analizar de 6.

$$\text{Número de valores deducidos} > 2 (q) = 6$$

Identificamos el valor deducido mayor:

$$\text{Valor deducido más alto (HDVi)} = 45,92$$

Finalmente se deberá obtener el número máximo de valores deducidos mi que serán corregidos. El valor calculado se deberá redondear al entero más próximo.

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDVi)$$

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - 45,92)$$

$$mi = 5,96 \rightarrow 6,00$$

5.4.3.3. PASO 3: CÁLCULO DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO “VDC”

3.1. Una vez calculado el número máximo admisible de valores deducidos (mi), se deberá realizar una reducción de los valores deducidos hasta el valor mi , y se deberá ordenar de mayor a menor, para esto se realizará un ejemplo obtenido de la normativa ASTM Designación D 6433 – 07. (ASTM INTERNATIONAL, 2008)

En el ejemplo realizado en la normativa, se tienen los siguientes valores deducidos:

Tabla 38: Ejemplo de valores deducidos obtenidos en la normativa ASTM Designación D 6433 – 07 - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)

VALORES DEDUCIDOS
7,9
23,4
7,5
25,1
17,9
11,2
6,9
5,3

Primero se deberá obtener el valor máximo mi :

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDVi)$$

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - 25,1)$$

$$mi = 7,9 = 8$$

Luego se deberá realizar el ordenamiento numérico de mayor a menor 25,1; 23,4; 17,9; 11,2; 7,9; 7,5; 6,9 y 5,3. (ASTM INTERNATIONAL, 2008)

3.2. Luego se deberá realizar una lista en el cual todos los valores deducidos ordenados de mayor a menor serán escritos horizontalmente. Después se deberá copiar la misma lista numérica en la siguiente fila, pero en este caso el último valor numérico, es decir el valor menor de la fila, deberá ser asumido como si fuese el valor 2. En la siguiente fila se reemplazará por el valor 2, aquel número de los valores deducidos, mayor a 2 y el menor de la fila; así subsecuentemente se deberán llenar las filas. Este proceso se deberá realizar hasta que una de las filas presente un solo valor mayor a 2, es decir $q = 1$ (*q es el número de valores deducidos por cada fila de la lista*). (ASTM INTERNATIONAL, 2008)

3.3. Luego se obtiene la sumatoria total de los valores deducidos de cada fila, de la tabla realizada en base al ítem 3.2. (ASTM INTERNATIONAL, 2008)

3.4. Determinar el valor de q , el cual es el número total de valores deducidos de cada fila mayores a 2. (ASTM INTERNATIONAL, 2008)

3.5. Finalmente se deberá obtener el valor deducido corregido VDC con la ayuda de la curva de valores corregidos, esta curva relaciona: el total de los valores deducidos y el valor q . (ASTM INTERNATIONAL, 2008)

3.6. Se escogerá el VDC máximo el cual es el mayor valor de los valores deducidos corregidos. (ASTM INTERNATIONAL, 2008)

En el siguiente ejemplo obtenido de normativa ASTM Designación D 6433 – 07 se especifica como realizar esta lista:

EVALUACIÓN DE 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA

Tabla 39: Lista para obtener los valores deducidos corregidos obtenidos en la normativa ASTM Designación D 6433 – 07 - (ASTM INTERNATIONAL, 2008)

No.	VALORES DEDUCIDOS										Total	q	VDC
1	25,1	23,4	17,9	11,2	7,9	7,5	6,9	4,8			104,7	8	51,0
2	25,1	23,4	17,9	11,2	7,9	7,5	6,9	2			101,9	7	50,0
3	25,1	23,4	17,9	11,2	7,9	7,5	2	2			96,0	6	46,0
4	25,1	23,4	17,9	11,2	7,9	2	2	2			90,5	5	47,0
5	25,1	23,4	17,9	11,2	2	2	2	2			84,6	4	48,0
6	25,1	23,4	17,9	2	2	2	2	2			75,4	3	48,0
7	25,1	23,4	2	2	2	2	2	2			59,5	2	44,0
8	25,1	2	2	2	2	2	2	2			38,1	1	38,0
9													
10													
												Max VDC	51,0
												PCI	
												Calificación	

A continuación, se especificará un ejemplo de cómo obtener el valor deducido corregido con ayuda de las curvas mencionadas, en este caso se tomará en cuenta de la tabla anterior, la fila donde el valor $q = 4$, y el valor total de valores deducidos es de 84,6.

Ilustración 27: Curvas para obtener el Valor Deducido Corregido en función al coeficiente q y el valor deducido total - (Andrade V. & Brito N., 2017)

Utilizando las curvas de valor deducido corregido, identificamos en el eje de las abscisas el total de valor deducido. Luego trazamos una recta perpendicular al eje de las abscisas hasta intersecar la curva que represente el valor q específico, en este caso, se ha intersecado con la curva $q = 4$. Ubicado el punto de intersección, se traza una recta horizontal hacia la izquierda, hasta el eje de las ordenadas. Finalmente, se identificará el valor que interseque con el eje de las ordenadas, el cual será el valor deducido corregido. El valor obtenido en este ejemplo es un $VDC = 48$.

5.4.3.4. PASO 4: CÁLCULO DEL PCI DE LA UNIDAD

4.1. Se deberá calcular el PCI de todo el tramo analizado, que es la diferencia entre 100 y el valor máximo deducido corregido VDC. (Cancapa H. & Blas O., 2020)

$$PCI = 100 - \text{Máx. Valor Deducido Corregido (VDC)}$$

4.2. En base al valor del PCI se podrá calificar en qué estado se encuentra la vía, con rangos del 1 – 100 que van desde un pavimento que ha fallado hasta un pavimento excelente.

En el ejemplo anterior se tendría:

$$PCI = 100 - 51,0 = 49,0$$

Calificación: Regular (air)

5.5. ESTUDIO DEL TRÁFICO

Es importante determinar el tipo de tráfico de nuestra vía, para reconocer su importancia, clasificación funcional y su comportamiento. Este estudio se realizará mediante conteo manual vehicular durante siete días consecutivos de una semana. Al momento de realizarlo debemos colocarnos en una zona donde se puedan identificar todos los flujos vehiculares de una forma segura e implementar todas las medidas de seguridad y equipo de protección personal, los mismos que se indican en la tabla “Indicaciones para implementar el Sistema Paver” en el capítulo 5.3.2 [“Evaluación mediante Inspección Visual”](#)

Es de gran importancia considerar la cantidad de tráfico que presenta una carretera para realizar una evaluación acertada. La carretera Sicsibamba - Urbina es una vía secundaria que conecta la intersección que delimita las provincias Chimborazo y Pichincha, hasta llegar a Riobamba. Es muy importante la acotación, debido que, al ser una carretera secundaria, a la Panamericana Sur, no representa una mayor cantidad de tráfico. Sin embargo, se puede visualizar un continuo tráfico pesado.

5.5.1. FORMATO DE REGISTRO PARA CONTEO VEHICULAR




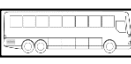






Se deberá realizar un formato donde se recopilará toda la información encontrada en campo, sobre los vehículos que transitan el lugar. Se ha realizado un formato en el cual se podrá realizar el conteo de varios vehículos tanto livianos como pesados, como se muestra en el formato a continuación.

Todos los títulos enunciados en la tabla que se muestra a continuación, se los llenarán de la siguiente manera:

- **Fecha:** Día, Mes y año en el que se hizo la evaluación superficial dependiendo el tramo elegido.
- **Condición Climática:** La condición climática será especificada en este segmento, por ejemplo: soleado, nublado, etc. Sin embargo, no se debe realizar esta metodología si en el sitio existe precipitación o si es que ya habido una precipitación previa. De esta manera el análisis será más eficiente, y la seguridad de los inspectores será mejor, debido a que la visibilidad tanto del inspector como del conductor será más clara.
- **Inspectores:** Encargados en realizar el conteo manual vehicular.
- **Carretera a Inspeccionar:** Vía que fue elegida por los inspectores.
- **Sentido de Circulación de la Inspección:** Se detalla la dirección del tráfico donde se realizará la inspección. Sí se realiza la inspección en ambos sentidos al mismo tiempo se deberá especificar en el registro.

EVALUACIÓN DE 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA

Tabla 40: Formato para el conteo vehicular TPDA – Elaboración Propia

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR							
CONTEO VEHICULAR - TPDA									
FECHA (D/M/A): _____ CONDICIÓN CLIMÁTICA: _____ INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE CARRETERA A INSPECCIONAR: _____					SENTIDO DE CIRCULACIÓN DE LA INSPECCIÓN: _____ HOJA _____ DE _____ HORA DE INICIO: _____ HORA DE FINAL: _____				
PERÍODO	MOTOS 	AUTOS 	BUSES 	2DA 	2 DB 	3A 	4C 	4O 	VOLQUETAS 
08:00 – 09:00	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
09:00 – 10:00	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
10:00 – 11:00	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
11:00 – 12:00	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
12:00 – 13:00	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
13:00 – 14:00	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
14:00 – 15:00	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
15:00 – 16:00	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
16:00 – 17:00	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

5.5.2. TRÁFICO EXISTENTE

Para el tráfico existente y el flujo vehicular en la vía, se obtendrá a través del conteo manual vehicular, mismo que se realizará en una zona estratégica de la carretera Sicsibamba - Urbina donde abarca la mayor influencia de tráfico, durante 7 días consecutivos 9 horas por día. Una vez realizado el conteo se procederá a analizar y resumir los datos en las siguientes tablas.

Tabla 41: Composición Vehicular de los 7 días

TIPO	CANTIDAD	%
LIVIANOS		
BUSES		
PESADOS		
TOTAL		

Tabla 42: Cantidad del Tráfico Total diario observado

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
PROMEDIO DEL TRÁFICO TOTAL DIARIO OBSERVADO						

Tabla 43: Tráfico Total Diario Proyectado con el aumento del 10% en todos los días del tráfico

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
PROMEDIO DEL TRÁFICO TOTAL DIARIO (PTTD)						

Tabla 44: TPDA

TIPO	T_o	TPDA
LIVIANOS		
BUSES		
PESADOS		
TOTAL		

5.5.3. TRÁFICO DESVIADO

Para obtener el tráfico desviado, se deberá tener en consideración un aumento del 10% del tráfico promedio diario anual actual de la vía. Este porcentaje de aumento de tránsito se realiza debido a que existen vehículos que pueden circular por esta vía debido a turismo, novedad, ahorro de tiempo, distancia o costo. Sin embargo, no transitan diaria o frecuentemente por la vía.

$$\text{Tráfico Desviado} = \text{TPDA Actual} \times 10\%$$

Afectado por el 10% del tráfico desviado tenemos el tráfico actual siguiente:

Tabla 45: Tráfico Actual

TIPO	TPDA	TRAFICO DESVIADO
LIVIANOS		
BUSES		
PESADOS		
TOTAL		

5.5.4. TRÁFICO PROYECTADO

Partiendo del tráfico actual, se proyecta el volumen del tráfico para dentro de 10 y 20 años.

Tabla 46: Tráfico Vehicular Proyectado a 10 y 20 años

TIPO	TPDA (0)	TPDA (10a)	TPDA (20a)
LIVIANOS			
BUSES			
PESADOS			
TOTAL			

5.5.5. MÉTODO DE OBTENCIÓN DEL TPDA

Para la obtención del Tráfico Promedio Diario (TPDA) se proyecta el volumen del conteo manual durante 9 horas contabilizadas por día, durante 7 días consecutivos. El comportamiento de tráfico, está en función de variables como: población, economía y de la movilidad ciudadana. Bajo esta consideración se establece un incremento del 10% en todos los días del tráfico contado manualmente.

5.5.5.1. FACTOR HORARIO (Fh)

El factor horario se obtendrá al dividir los tráficos: el día que presente tráfico mayor de una semana con el aumento del 10% y el valor de mayor tráfico del mismo día sin mayorar. (Moreno, 2007)

$$Fh = \frac{TTD}{TDi}$$

TTD = Tráfico Proyectado Diario

TDi = Tráfico del conteo manual del mismo día

5.5.5.2. FACTOR DIARIO (Fd)

El factor diario se obtiene al dividir el promedio del tráfico total diario (PTTD) y el valor mayor dentro de la tabla del tráfico total diario observado durante 9 horas. (Pallasco Catota, 2018)

$$Fd = \frac{PTTD}{TDi}$$

$PTTD$ = Promedio del diario semanal del tráfico total diario.

TDi = Total del tráfico diario del mismo día

5.5.5.3. FACTOR SEMANAL (F_s)

El factor de ajuste semanal, transforma un volumen semanal a un volumen promedio mensual. Se considera el valor de la relación entre el número de semanas del mes en que se realizó en conteo manual vehicular y el número de semanas del mes más extraordinario del año (febrero que posee 4 semanas). (Pallasco Catota, 2018)

$$\text{Semanas (Mes de Análisis)} = \frac{\text{Número días en el mes de análisis} * 4}{28}$$

$$FS = \frac{\text{Semanas (Mes de Análisis)}}{4 \text{ semanas}}$$

5.5.5.4. FACTOR MENSUAL (F_m)

La obtención de factores mensuales requiere el conocimiento de los tráficos de los meses del año. El conocimiento de un tráfico promedio mensual de algunos años cercanos a la actualidad nos permitirá mediante premediación de los mismos obtener factores más exactos para la futura proyección. (Moreno, 2007)

$$F_m = \frac{TPDA}{TPDM}$$

TPDA: Tráfico Promedio Diario Anual

TPDM: Tráfico Promedio Diario Mensual

En caso de no conocer el Tráfico Promedio Diario Anual y/o el tráfico promedio diario mensual, este factor deberá podrá ser calculado en base al consumo de combustible anual y mensual de la localidad. Utilizando la siguiente fórmula:

$$Fm = \frac{\frac{\text{Consumo de Combustible todo el año}}{12}}{\text{Consumo de combustible mensual}}$$

5.5.5.5. TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)

La unidad de medida del tráfico en una determinada sección de carretera es el volumen del Tráfico Promedio Diario Anual. El TPDA equivale al volumen vehicular medio diario correspondiente a un año calendario. Se lo calcula mediante la siguiente fórmula. (MTOP, 2020)

$$TPDA = Ta * Fh * Fd * Fs * Fm$$

Donde,

- **Ta:** Trafico aforado
- **Fh:** Factor de ajuste horario
- **Fd:** Factor de ajuste diario
- **Fs:** Factor de ajuste semanal
- **Fm:** Factor de ajuste mensual

5.5.5.6. TRÁFICO PROYECTADO PARA 10 Y 20 AÑOS

Para el cálculo del tráfico proyectado, tenemos que tener en conocimiento la tasa de crecimiento vehicular del sector. Para la proyección se utilizará la siguiente fórmula.

$$TPDA (Futuro) = TPDA (Actual) * (1 + i)^n$$

Donde,

- **TPDA (Futuro)** = Tráfico proyectado para una determinada cantidad de años.
- **TPDA (Actual)** = Tráfico promedio diario anual actual.

- i = Índice de Crecimiento Vehicular
- n = Número de años de proyección Vial


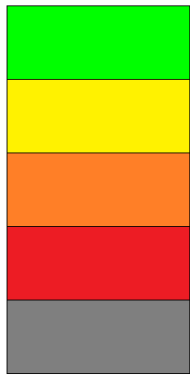
5.6. SEVICIABILIDAD

El PSI es un valor para medir la Serviciabilidad, que es la comodidad que tienen los usuarios del servicio que brinda un pavimento. La metodología que utiliza, es la selección aleatoria de usuarios que conforman un panel evaluador, cada usuario al transitar por la vía expresa su opinión propia y subjetiva acerca de la calidad de la capa de rodado. En esta encuesta el usuario califica del 0 al 5 al pavimento, teniendo como parámetro 5 muy bueno y 0 muy malo.

La metodología a emplearse para medir la serviciabilidad del pavimento actual de la carretera Sicsibamba – Urbina, es la implementación de una encuesta, la cual servirá para obtener información sobre qué tan conformes están los usuarios que transitan la vía, cabe recalcar que las personas evaluadas serán en su mayoría gente de la localidad, buseros y transportistas que transitan frecuentemente la vía.

EVALUACIÓN DE 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA

Tabla 47: Encuesta de Serviciabilidad para la carretera Sicsibamba - Urbina - *Elaboración Propia*

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SERVICIABILIDAD DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA							
CARRETERA: SICSIBAMBA - URBINA FECHA (D/M/A): _____ INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE						CALIDAD 5  MUY BUENO BUENO REGULAR MALO MUY MALO			
ENCUESTA DE CONFORMIDAD DE LOS USUARIOS AL CIRCULAR POR LA CARRETERA									
EN ESCALA DEL 0 AL 5 DONDE 0 REPRESENTA CALIDAD DE LA CARRETERA BAJA Y 5 CALIDAD DE LA CARRETERA ALTA, EN FUNCIÓN A SU CONFORMIDAD, COMODIDAD Y SU SEGURIDAD, ¿CÓMO CALIFICARÍA USTED LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA? (MARCAR CON UNA X LA RESPUESTA DE CADA USUARIO)					¿ES EL PAVIMENTO DE CALIDAD ACEPTABLE? (MARCAR CON UNA X LA RESPUESTA DE CADA USUARIO)				
USUARIO	0 – 1 MUY MALO	1 – 2 MALO	2 – 3 REGULAR	3 – 4 BUENO	4 – 5 MUY BUENO	SI	NO	INDECISO	OBSERVACIONES
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									

CAPÍTULO VI

6. COSTOS Y RECURSOS

En este segmento se analizarán los costos y recursos que fueron necesarios para realizar la evaluación de la carretera en campo y en oficina.

6.1. RECURSOS EN OFICINA

- Computadora.
- Calculadora.

6.2. RECURSOS EN CAMPO

Para ejecutar los trabajos de campo se han necesitado varios instrumentos. Entre estos están:

Tabla 48: Recursos en Campo – Elaboración Propia

ÍTEM	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	UND	Pintura Spray Auto Blanco Mate Abro	2	\$1,62	\$3,24
2	UND	Chaleco Reflectivo Alta Visibilidad 3BANAMARIL	2	\$4,69	\$9,38
3	UND	Flexómetro 3MT Azul Pretul	2	\$2,06	\$4,12
4	UND	Regla de 30 cm	2	\$0,00	\$0,00
5	UND	GPS Google Maps - CELULAR	2	\$0,00	\$0,00
6	UND	Ponchos de Agua PVC 52X80	2	\$1,94	\$3,88
7	UND	Cámara Fotográfica	2	\$0,00	\$0,00
8	UND	Hojas de Registro	25	\$0,05	\$1,25
9	UND	Esferos	2	\$0,00	\$0,00
TOTAL					\$21,87

CAPÍTULO VII

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1. ESTUDIO DEL TRÁFICO

Este estudio se realizó a lo largo de 12 kilómetros del total de 21,4 kilómetros que tiene la vía Sicsibamba – Urbina, donde el trabajo de estudio de tráfico de campo consiste en ubicarnos en un lugar estratégico que tenga mayor facilidad para observar los vehículos, realizar el conteo vehicular y su registro pertinente. Este estudio se realizó durante 7 días, donde cada día se realizó el conteo durante 9 horas diarias, hora de inicio 08h00 y hora final 17h00. Los días que se realizó el conteo, fueron: sábado 30 de enero del 2021, domingo 31 de enero del 2021, lunes 01 de febrero del 2021, martes 02 de febrero del 2021, miércoles 03 de febrero del 2021, jueves 04 de febrero del 2021 y viernes 05 de febrero del 2021.

Como se muestra en el [ANEXO A](#), el conteo vehicular se realizó para los vehículos: Livianos (Motos y Autos), Buses, Vehículos Pesados (2DA y 2D: Camiones de 2 ejes pequeños y medianos, 2DB: Camiones de 2 ejes Grandes, 3A: Camiones de 3 ejes, 4C: Camiones de 4 ejes, Camiones mayores a 4 ejes, Volquetas).

Con estos valores obtendremos resultados para el estudio del Tráfico Total Diario, Tráfico Promedio Diario Anual y Tráfico Proyectado. En base a estos resultados, se realizará un estudio de la clasificación funcional de la vía en base al TPDA. La carretera Sicsibamba - Urbina presenta 2 carriles con sentidos contrarios; en el caso de que el tráfico proyectado para 10 o 20 años nos dé como resultado una clasificación funcional que presente la necesidad de ampliar la carretera, se realizará un nuevo diseño de la vía.

7.1.1. TABLAS DE RESUMENES DEL CONTEO VEHICULAR**CONTEO VEHICULAR****PROYECTO:** ESTUDIO DE TRÁNSITO CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA**RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR****FECHA:** SÁBADO, 30 DE ENERO DEL 2021**HORARIO:** 08H00 A 17:00*Tabla 49: Conteo Vehicular Sábado 30 de enero del 2021 – Elaboración Propia*

N°	PERIODO	VEHICULOS LIVIANOS		BUSES	PESADOS						TOTAL
		MOTOS	AUTOS		2D Y 2DA	2DB	3A	4C	>4 EJES	VOLQUET.	
1	08:00-09:00	17	42	1	21	26	5	2	9	3	126
2	09:00-10:00	9	37	1	15	23	7	3	8	2	105
3	10:00-11:00	21	33	1	14	17	3	1	5	0	95
4	11:00-12:00	10	29	2	8	19	1	0	5	3	77
5	12:00-13:00	9	21	3	8	7	2	7	4	1	62
6	13:00-14:00	21	37	1	9	23	2	3	9	2	107
7	14:00-15:00	13	23	2	8	20	3	2	5	0	76
8	15:00-16:00	23	38	1	14	23	4	2	7	1	113
9	16:00-17:00	22	33	3	15	17	2	0	9	0	101
TRAFICO DIARIO		145	293	15	112	175	29	20	61	12	862
TRAFICO DIARIO		145	293	15	409						862

CONTEO VEHICULAR**PROYECTO: ESTUDIO DE TRÁNSITO CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA****RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR****FECHA: DOMINGO, 31 DE ENERO DEL 2021****HORARIO: 08H00 A 17:00***Tabla 50: Conteo Vehicular Domingo 31 de enero del 2021 – Elaboración Propia*

N°	PERIODO	VEHICULOS LIVIANOS		BUSES	PESADOS						TOTAL
		MOTOS	AUTOS		2D Y 2DA	2DB	3A	4C	>4 EJES	VOLQUET.	
1	08:00-09:00	12	38	1	14	25	4	1	7	1	103
2	09:00-10:00	5	36	0	12	21	4	1	5	0	84
3	10:00-11:00	16	25	1	12	17	2	0	3	0	76
4	11:00-12:00	7	24	0	6	13	1	0	4	0	55
5	12:00-13:00	8	21	0	4	6	1	2	3	0	45
6	13:00-14:00	16	28	1	4	16	0	0	8	0	73
7	14:00-15:00	12	26	0	7	15	2	1	4	0	67
8	15:00-16:00	21	36	0	13	13	2	1	2	0	88
9	16:00-17:00	16	25	1	10	12	1	0	6	2	73
TRAFICO DIARIO		113	259	4	82	138	17	6	42	3	664
TRAFICO DIARIO		113	259	4	288						664

CONTEO VEHICULAR**PROYECTO: ESTUDIO DE TRÁNSITO CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA****RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR****FECHA: LUNES, 01 DE FEBRERO DEL 2021****HORARIO: 08H00 A 17:00***Tabla 51: Conteo Vehicular Lunes 01 de febrero del 2021 – Elaboración Propia*

N°	PERIODO	VEHICULOS LIVIANOS		BUSES	PESADOS					TOTAL	
		MOTOS	AUTOS		2D Y 2DA	2DB	3A	4C	>4 EJES		VOLQUET.
1	08:00-09:00	16	41	2	18	22	2	1	3	1	106
2	09:00-10:00	6	30	1	13	14	3	0	1	0	68
3	10:00-11:00	15	27	0	15	14	3	1	2	1	78
4	11:00-12:00	4	26	0	7	13	0	1	5	2	58
5	12:00-13:00	5	14	1	7	5	0	0	5	3	40
6	13:00-14:00	14	37	3	6	16	2	0	6	1	85
7	14:00-15:00	9	25	2	8	20	1	1	4	0	70
8	15:00-16:00	15	35	2	7	13	0	1	4	0	77
9	16:00-17:00	16	41	0	17	14	1	0	7	0	96
TRAFICO DIARIO		100	276	11	98	131	12	5	37	8	678
TRAFICO DIARIO		100	276	11	291					678	

CONTEO VEHICULAR**PROYECTO: ESTUDIO DE TRÁNSITO CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA****RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR****FECHA: MARTES, 02 DE FEBRERO DEL 2021****HORARIO: 08H00 A 17:00***Tabla 52: Conteo Vehicular Martes 02 de febrero del 2021 – Elaboración Propia*

N°	PERIODO	VEHICULOS LIVIANOS		BUSES	PESADOS						TOTAL
		MOTOS	AUTOS		2D Y 2DA	2DB	3A	4C	>4 EJES	VOLQUET.	
1	08:00-09:00	21	37	2	17	24	1	0	3	2	107
2	09:00-10:00	5	29	2	12	15	3	1	0	0	67
3	10:00-11:00	14	29	0	13	15	2	0	1	0	74
4	11:00-12:00	6	28	0	5	14	1	0	7	3	64
5	12:00-13:00	7	20	1	4	6	1	0	4	2	45
6	13:00-14:00	13	31	3	7	14	1	0	5	2	76
7	14:00-15:00	10	26	1	6	17	2	1	3	0	66
8	15:00-16:00	14	37	1	8	14	1	0	3	0	78
9	16:00-17:00	15	37	1	16	13	0	1	5	0	88
TRAFICO DIARIO		105	274	11	88	132	12	3	31	9	665
TRAFICO DIARIO		105	274	11	275						665

CONTEO VEHICULAR**PROYECTO: ESTUDIO DE TRÁNSITO CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA****RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR****FECHA: MIÉRCOLES, 03 DE FEBRERO DEL 2021****HORARIO: 08H00 A 17:00***Tabla 53: Conteo Vehicular Miércoles 03 de febrero del 2021 – Elaboración Propia*

N°	PERIODO	VEHICULOS LIVIANOS		BUSES	PESADOS						TOTAL
		MOTOS	AUTOS		2D Y 2DA	2DB	3A	4C	>4 EJES	VOLQUET.	
1	08:00-09:00	27	39	4	19	22	2	0	4	2	119
2	09:00-10:00	4	26	1	9	16	3	0	0	1	60
3	10:00-11:00	13	29	0	17	15	4	1	2	0	81
4	11:00-12:00	5	27	0	7	13	1	0	8	5	66
5	12:00-13:00	13	22	4	6	6	0	0	5	0	56
6	13:00-14:00	16	39	4	8	16	1	0	7	5	96
7	14:00-15:00	8	25	2	5	17	1	1	3	2	64
8	15:00-16:00	16	35	5	7	15	3	1	4	0	86
9	16:00-17:00	16	42	0	15	14	1	0	5	0	93
TRAFICO DIARIO		118	284	20	93	134	16	3	38	15	721
TRAFICO DIARIO		118	284	20	299						721

CONTEO VEHICULAR**PROYECTO: ESTUDIO DE TRÁNSITO CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA****RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR****FECHA: JUEVES, 04 DE FEBRERO DEL 2021****HORARIO: 08H00 A 17:00***Tabla 54: Conteo Vehicular Jueves 04 de febrero del 2021 – Elaboración Propia*

N°	PERIODO	VEHICULOS LIVIANOS		BUSES	PESADOS						TOTAL
		MOTOS	AUTOS		2D Y 2DA	2DB	3A	4C	>4 EJES	VOLQUET.	
1	08:00-09:00	14	49	3	14	23	1	0	3	0	107
2	09:00-10:00	3	31	0	8	15	3	0	0	0	60
3	10:00-11:00	10	34	0	10	15	2	0	2	0	73
4	11:00-12:00	3	30	0	5	15	1	0	5	6	65
5	12:00-13:00	3	9	0	4	5	1	0	2	4	28
6	13:00-14:00	15	38	4	6	15	2	0	6	2	88
7	14:00-15:00	9	23	1	7	18	0	1	2	1	62
8	15:00-16:00	15	37	3	9	13	2	1	3	0	83
9	16:00-17:00	15	38	1	15	14	1	0	3	0	87
TRAFICO DIARIO		87	289	12	78	133	13	2	26	13	653
TRAFICO DIARIO		87	289	12	265						653

CONTEO VEHICULAR**PROYECTO: ESTUDIO DE TRÁNSITO CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA****RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR****FECHA: VIERNES, 05 DE FEBRERO DEL 2021****HORARIO: 08H00 A 17:00***Tabla 55: Conteo Vehicular Viernes 05 de febrero del 2021 – Elaboración Propia*

N°	PERIODO	VEHICULOS LIVIANOS		BUSES	PESADOS						TOTAL
		MOTOS	AUTOS		2D Y 2DA	2DB	3A	4C	>4 EJES	VOLQUET.	
1	08:00-09:00	24	38	6	21	18	1	0	2	1	111
2	09:00-10:00	4	29	1	15	13	2	0	1	1	66
3	10:00-11:00	12	27	0	13	13	1	2	3	0	71
4	11:00-12:00	4	29	0	5	14	1	0	6	4	63
5	12:00-13:00	8	13	2	5	6	1	0	7	2	44
6	13:00-14:00	17	35	3	7	13	2	0	6	3	86
7	14:00-15:00	9	24	2	6	19	0	1	3	0	64
8	15:00-16:00	16	36	4	10	15	1	2	4	0	88
9	16:00-17:00	14	36	1	14	13	1	5	0	0	84
TRAFICO DIARIO		108	267	19	96	124	10	10	32	11	677
TRAFICO DIARIO		108	267	19	283						677

CONTEO VEHICULAR**PROYECTO: ESTUDIO DE TRÁNSITO CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA****RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR DE LOS 7 DÍAS****FECHA: SÁBADO, 30 DE ENERO DEL 2021 – VIERNES 05 DE FEBRERO DEL 2021****HORARIO: 08H00 A 17:00***Tabla 56: Resumen de Conteo Vehicular de los 7 días - Elaboración Propia*

RESUMEN TOTAL ESTACIONES										
DIAS EST.	VEHICULOS LIVIANOS		BUSES	PESADOS						TRÁFICO DIARIO (Ti)
	MOTOS	AUTOS		2D Y 2DA	2DB	3A	4C	>4 EJES	VOLQUET.	
LUNES	100	276	11	98	131	12	5	37	8	678
MARTES	105	274	11	88	132	12	3	31	9	665
MIÉRCOLES	118	284	20	93	134	16	3	38	15	721
JUEVES	87	289	12	78	133	13	2	26	13	653
VIERNES	108	267	19	96	124	10	10	32	11	677
SÁBADO	145	293	15	112	175	29	20	61	12	862
DOMINGO	113	259	4	82	138	17	6	42	3	664
TOTAL	776	1942	92	647	967	109	49	267	71	4920
PROMEDIO	111	278	14	93	139	16	7	39	11	703
TOTAL	776	1942	92	2110						4920
PROMEDIO	111	278	14	352						755

7.1.2. PORCENTAJE DE TRÁFICO SEGÚN EL VEHÍCULO

Una vez obtenido el conteo vehicular de los 7 días consecutivos, se realizará el porcentaje de los vehículos livianos, buses, y vehículos pesados; para de esta manera, identificar que vehículos tienen mayor incidencia de tráfico en esta carretera. Será de mucha utilidad realizar gráficas, que representarán los porcentajes de cada vehículo.

Tabla 57: Porcentaje de tráfico según el vehículo - *Elaboración Propia*

	VEHICULOS LIVIANOS		BUSES	PESADOS					TOTAL	
	MOTOS	AUTOS		2D Y 2DA	2DB	3A	4C	>4 EJES		VOLQUET.
CANTIDAD	776	1942	92	647	967	109	49	267	71	4920
%	15,77%	39,47%	1,87%	13,15%	19,65%	2,22%	1,00%	5,43%	1,44%	100%

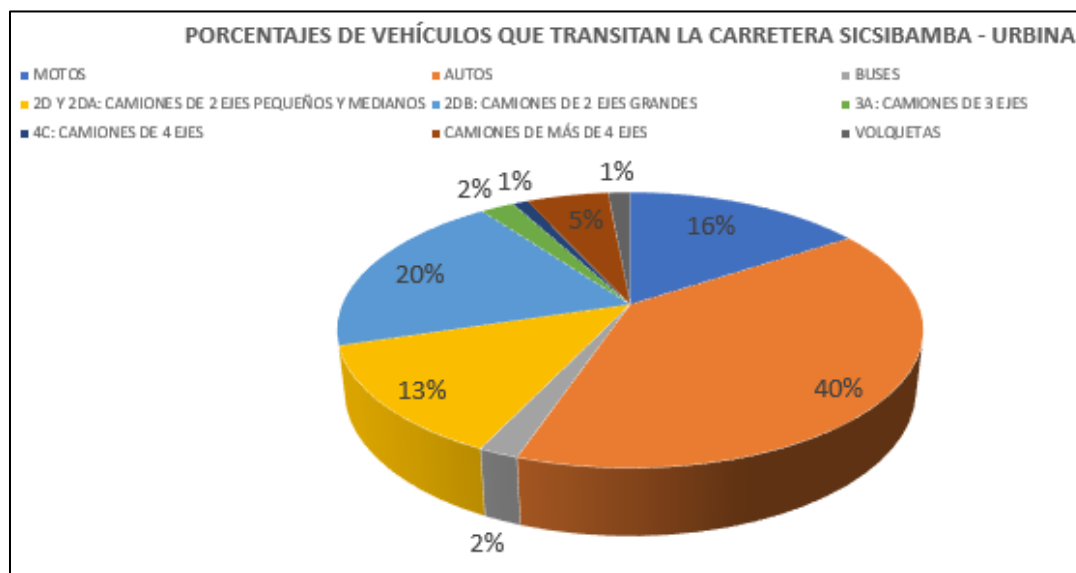


Ilustración 28: Porcentajes de Vehículos que transitan la carretera Sicsibamba - Urbina - *Elaboración Propia*

Al analizar la gráfica anterior podemos concluir que los vehículos con una mayor incidencia en la carretera, son los autos con un 40% respecto a la totalidad vehicular de la carretera; camiones de 2 ejes grandes con un 20% respecto a la totalidad vehicular de la carretera; motos con un 16% respecto a la totalidad vehicular de la carretera; y 2D y 2DA: Camiones de 2 ejes pequeños y medianos con un 13% respecto a la totalidad vehicular de la carretera. Todos los vehículos

menores al 10% son de baja incidencia de tráfico en la carretera. Sin embargo, no se les debe omitir, debido a las diferentes cargas que podrían someter a la carretera en determinadas instancias.

Tabla 58: Porcentaje de tráfico según el vehículo - *Elaboración Propia*

	VEHÍCULOS LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TOTAL
CANTIDAD	2718	92	2110	4920
%	55,24%	1,87%	42,89%	100%

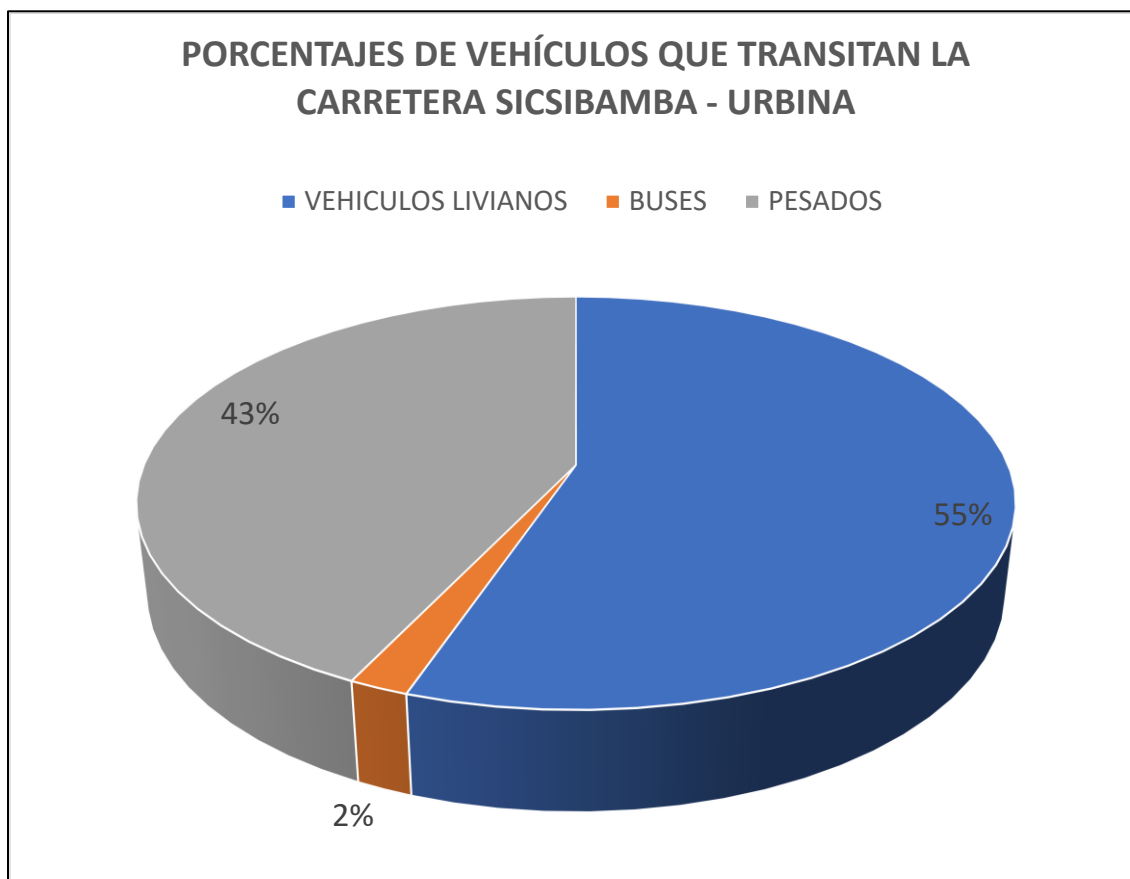


Ilustración 29: Porcentajes de Vehículos que transitan la carretera Sicsibamba - Urbina - *Elaboración Propia*

Al analizar la gráfica anterior podemos concluir que los vehículos con una mayor incidencia en la carretera son los vehículos livianos (autos y motos) con un 55% y los vehículos pesados (Camiones y volquetas) con un 43% respecto a la totalidad vehicular de la carretera.

7.1.3. TRÁFICO TOTAL DIARIO OBSERVADO DURANTE 9 HORAS

Se deberá realizar la sumatoria de todos los vehículos que fueron contabilizados de cada día durante los 7 días consecutivos. Los resultados están representados en la siguiente tabla, donde se calculará el promedio del tráfico total diario.

Tabla 59: Tráfico Total Diario observado durante 9 horas - *Elaboración Propia*

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
678	665	721	653	677	862	664
PROMEDIO DEL TRÁFICO TOTAL DIARIO OBSERVADO					703	

7.1.4. TRÁFICO TOTAL DIARIO PROYECTADO CON EL AUMENTO DEL 10% EN TODOS LOS DÍAS DEL TRÁFICO CONTADO MANUALMENTE

Para obtener el promedio del tráfico total diario (PTTD) se deberá aumentar un 10% a los valores obtenidos del tráfico total diario observado durante 9 horas, y de esta manera obtener el promedio del tráfico total diario.

Tabla 60: Tráfico total diario proyectado con 10% de aumento - *Elaboración Propia*

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
746	732	794	719	745	949	731
PROMEDIO DEL TRÁFICO TOTAL DIARIO (PTTD)					774	

7.1.5. CÁLCULO DEL TPDA

Se procederá a multiplicar todos los factores como se muestra en la siguiente fórmula.

$$TPDA = T_o * F_h * F_d * F_s * F_m$$

Donde,

$T_o =$ Tráfico Promedio Observado

$F_h =$ Factor Horario

$F_d = \text{Factor Diario}$

$F_s = \text{Factor Semanal}$

$F_m = \text{Factor Mensual}$

7.1.5.1. FACTOR HORARIO

Se escogerá el valor mayor dentro de la tabla del tráfico total diario proyectado con el aumento del 10% y el valor mayor dentro de la tabla del tráfico total diario observado durante 9 horas. Finalmente se procederá a dividir dichos valores como se presenta en la siguiente fórmula.

$$F_h = \frac{TTD}{TDi}$$

Tabla 61: Factor Horario - *Elaboración Propia*

<i>TTD</i>	949 Veh/Día
<i>TDi</i>	862 Veh/Día
<i>Fh</i>	1,101

7.1.5.2. FACTOR DIARIO

El factor diario se obtiene al dividir el promedio del tráfico total diario (PTTD) y el valor mayor dentro de la tabla del tráfico total diario observado durante 9 horas.

$$F_d = \frac{PTTD}{TDi}$$

<i>PTTD</i>	774 Veh/Día
<i>TDi</i>	862 Veh/Día
<i>Fd</i>	0,898

7.1.5.3. FACTOR SEMANAL

El factor semanal se calcula mediante la división entre el número de semanas del mes en el que se realizó el conteo manual vehicular y el número de semanas del mes más extraordinario del año (febrero que posee 4 semanas). (Pallasco Catota, 2018)

$$\text{Semanas (Febrero)} = \frac{\text{Número días} * 4}{28} = \frac{28 * 4}{28} = 4 \text{ semanas}$$

$$F_s = \frac{\text{Semanas (Febrero)}}{4 \text{ semanas}} = \frac{4 \text{ semanas}}{4 \text{ semanas}} = 1$$

Tabla 62: Factor Semanal - *Elaboración Propia*

DÍAS FEBRERO	28
SEMANAS FEBRERO	4
<i>F_s</i>	1

7.1.5.4. FACTOR MENSUAL

El factor mensual, se obtendrá mediante el consumo de combustible de todo el año dividido para 12; dicho resultado deberá ser dividido para el consumo de combustible del mes analizado, como se muestra en la siguiente fórmula.

$$F_m = \frac{\frac{\text{Consumo de combustible todo el año}}{12}}{\text{Consumo de combustible Febrero}}$$

Los datos obtenidos del consumo de gasolina, fueron recopilados de una disertación, donde se muestra el consumo de combustible anual del año 2016 en la provincia de Chimborazo en la gasolinera Petrocomercial, año donde hubo una circulación vehicular regular. No hemos utilizado el consumo de los años 2019 y 2020, debido a que hubo irregularidades por el paro nacional y la pandemia.

Tabla 63: Combustible de combustible mensual - (Hidalgo Zúñiga, 2015)

MESES	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (Gal.)
ENERO	2239225
FEBRERO	2166156
MARZO	2431889
ABRIL	2367008
MAYO	2265907
JUNIO	2330988
JULIO	2465723
AGOSTO	2457782
SEPTIEMBRE	2415933
OCTUBRE	2245869
NOVIEMBRE	22697888
DICIEMBRE	3235632
TOTAL DE CONSUMO	28891896

$$F_m = \frac{\text{Consumo de combustible todo el año}}{12} = \frac{28891896 \text{ gal}}{12} = 2407658 \text{ gal}$$

$$F_m = \frac{\text{Consumo de combustible Febrero}}{2166156 \text{ gal}} = 1,11$$

Tabla 64: Factor Mensual - *Elaboración Propia*

CONSUMO FEBRERO	2166156
CONSUMO TODO EL AÑO	28891896
Fm	1,11

7.1.5.5. CÁLCULO DEL TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL

$$TPDA = T_o * F_h * F_d * F_s * F_m$$

Tabla 65: Factores para el cálculo del TPDA - *Elaboración Propia*

Fh	1,101
Fd	0,898
Fs	1
Fm	1,11

Tabla 66: Cálculo del TPDA en función del tipo de Vehículo - *Elaboración Propia*

TIPO	<i>T_o</i>	TPDA
LIVIANOS	389	427
BUSES	14	15
PESADOS	352	386
TOTAL	755	829

7.1.6. CÁLCULO DEL TRÁFICO DESVIADO

Una vez obtenido el TPDA actual se deberá obtener el tráfico desviado, mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Tráfico Desviado} = \text{TPDA Actual} + \text{TPDA Actual} * 10\%$$

Tabla 67: Tráfico Desviado - *Elaboración Propia*

TIPO	TPDA Actual	TRAFICO DESVIADO
LIVIANOS	427	470
BUSES	15	17
PESADOS	386	425
TOTAL	829	911

7.1.7. TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR DE CHIMBORAZO

Tabla 68: Tasa de Crecimiento Vehicular para Chimborazo - *Departamento de Factibilidad MTOP*

PERIODO	LIVIANO	BUSES	PESADOS
2005-2010	3,87	1,32	3,27
2010-2015	3,44	1,17	2,90
2015-2020	3,10	1,05	2,61
2020-2030	2,82	0,96	2,38
2030-2040	2,95	1,02	2,45

7.1.8. TRÁFICO PROYECTADO PARA 10 Y 20 AÑOS

Para el cálculo del tráfico proyectado, tenemos que tener en conocimiento la tasa de crecimiento vehicular del sector. Para la proyección se utilizará la siguiente fórmula.

$$TPDA (Futuro) = TPDA (Actual) * (1 + i)^n$$

Donde,

- **TPDA (Futuro)** = Tráfico proyectado para una determinada cantidad de años.
- **TPDA (Actual)** = Tráfico promedio diario anual actual.
- **i** = Índice de Crecimiento Vehicular
- **n** = Número de años de proyección Vial

Tabla 69: Tráfico Proyectado para 10 y 20 años - *Elaboración Propia*

TIPO	TPDA (0)	TPDA (10a)	TPDA (20a)
LIVIANOS	427	564	764
BUSES	15	17	19
PESADOS	386	489	627
TOTAL	829	1069	1409

7.1.9. FUNCIONALIDAD DE LA CARRETERA EN BASE AL TPDA INICIAL, TPDA PROYECTADO A 10 AÑOS Y A 20 AÑOS

En base a el estudio anterior del tráfico proyectado se obtuvo que el TPDA para 10 y 20 años aumento 29% y 70% respectivamente en función al TPDA (0). Para 10 años se obtuvo un tráfico proyectado de 1069 vehículos por día, y para 20 años se obtuvo un tráfico proyectado de 1409 vehículos por día, que circularán por la carretera Sicsibamba – Urbina.

La carretera se clasifica según su terreno, en función a la tabla presentada en el sub capítulo 2.2.1.2.1. “[Según el tipo de Terreno](#)”, como ondulado, en el cual se forman elevaciones y depresiones de pequeña importancia, donde las pendientes permiten el acceso en todas las direcciones.

La carretera se clasifica según su Jurisdicción, en función de la tabla presentada en el sub capítulo 2.2.1.2.2. “[Según su Jurisdicción](#)” como una red vial cantonal, donde la vía es una red inter parroquial administrado por el GAD Provincial de Chimborazo.

La carretera se clasifica según su jerarquía, en función de la tabla presentada en el sub capítulo 2.2.1.2.4 “[Según su función Jerarquía](#)” en base al tráfico actual y tráfico proyectado para 10 y 20 años, donde la cantidad de tráfico es de 829, 1069 y 1409 vehículos por día respectivamente. En función a esto la carretera se clasifica como una carretera arterial colectora tipo III (300 a 1000 autos por día) para el TPDA inicial y carretera arterial colectora tipo II (1000 a 3000 autos por día) para el tráfico proyectado de 10 y 20 años, lo cual sirve para recibir el tráfico de los caminos vecinales. Sirven a poblaciones principales que no están en el sistema arterial nacional.


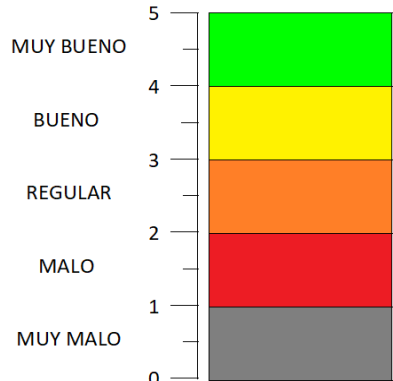
A continuación, se realizará un análisis de la carretera, en base a la clasificación funcional del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, donde se analizará la funcionalidad para el tráfico actual, proyectado a 10 años, y proyectado a 20 años.

En base a la tabla presentada en el sub capítulo 2.2.1.2.5 “[Clasificación de las carreteras según el TPDA - clasificación funcional de las vías](#)”, la carretera analizada ha presentado un TPDA actual y TPDA proyectado para 10 años y 20 años de 829, 1069 y 1409 vehículos por día respectivamente, por lo cual, al revisar la tabla, nos da como resultado para el TPDA actual una carretera clasificada funcionalmente C2 – Carreteras de 2 carriles (500 – 1000 vehículos) y para el TPDA proyectado para 10 y 20 años, una carretera clasificada funcionalmente de C1 – Carreteras de 2 carriles (1000 – 8000 vehículos), lo cual se puede concluir que el diseño de la carretera de 2 carriles actual, no necesita ninguna ampliación de la calzada, pero si su respectivo mantenimiento, reparación o reconstrucción de la vía en dichos años.

7.2. NIVEL DE SERVIABILIDAD

El día 25 de febrero del 2021 se ha realizado una encuesta a 50 usuarios que circulan frecuentemente en la carretera Sicsibamba – Urbina, es decir las personas evaluadas fueron transportistas, camioneros y motociclistas. Ellos han calificado la carretera, respondiendo las preguntas tanto de conformidad de la carretera con un rango de calificación de 0 – 5 y calidad del pavimento. También han realizado observaciones en la vía, detallando sus inconvenientes al transitar en la vía. Igualmente, se analizó y realizó un resumen de todas las observaciones detalladas por los usuarios. Todas las hojas de registro originales, están especificadas en el [ANEXO C](#).

ENCUESTA DE CONFORMIDAD DE LOS USUARIOS AL CIRCULAR POR LA CARRETERA**PROYECTO:** ESTUDIO DE CONFORMIDAD EN LA CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA**FECHA:** JUEVES 25 DE FEBRERO DEL 2021Tabla 70: Encuesta de Serviciabilidad - *Elaboración Propia*

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR							
		SERVICIABILIDAD DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA							
CARRETERA: SICSIBAMBA - URBINA FECHA (D/M/A): FEBRERO 25, 2021 INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE									CALIDAD 
ENCUESTA DE CONFORTABILIDAD DE LOS USUARIOS AL CIRCULAR POR LA CARRETERA									
EN ESCALA DEL 0 AL 5 DONDE 0 REPRESENTA CALIDAD DE LA CARRETERA BAJA Y 5 CALIDAD DE LA CARRETERA ALTA, EN FUNCIÓN A SU CONFORMIDAD, COMODIDAD Y SU SEGURIDAD, ¿CÓMO CALIFICARÍA USTED LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA? (MARCAR CON UNA X LA RESPUESTA DE CADA USUARIO)					¿ES EL PAVIMENTO DE CALIDAD ACEPTABLE? (MARCAR CON UNA X LA RESPUESTA DE CADA USUARIO)				
USUARIO	0 - 1 MUY MALO	1 - 2 MALO	2 - 3 REGULAR	3 - 4 BUENO	4 - 5 MUY BUENO	SI	NO	INDECISO	OBSERVACIONES
1			X			X			SE REQUIERE MAYOR MANTENIMIENTO
2			X			X			EMPOZAMIENTO DE AGUA
3			X			X			SE REQUIERE MAYOR MANTENIMIENTO
4				X		X			SE REQUIERE MAYOR MANTENIMIENTO
5				X		X			EMPOZAMIENTO DE AGUA
6				X		X			POCA SEÑALÉTICA E ILUMINACIÓN DE ROMPE VELOCIDADES
7				X		X			
8				X		X			DEMASIADO TRÁFICO PESADO
9				X			X		BACHES
10				X		X			BASURA Y RESBALAMIENTO DE AUTOS
11		X						X	DEMASIADO TRÁFICO PESADO
12				X		X			
13			X				X		POCA SEGURIDAD Y DEMASIADAS FALLAS EN LA CORTA VIDA DE LA CARRETERA
14				X		X			SE REQUIERE MAYOR MANTENIMIENTO
15				X		X			AMPLIAR LA CARRETEA

EVALUACIÓN DE 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA

16			X			X			
17				X			X		NO SE SIENTE SEGURO
18		X				X			AMPLIAR LA CARRETERA Y CURVAS MUY PRONUNCIADAS
19				X		X			
20				X			X		DEMASIADAS FALLAS EN LA CORTA VIDA DE LA CARRETERA
21				X		X			SE REQUIERE MAYOR MANTENIMIENTO
22				X		X			SE REQUIERE MAYOR MANTENIMIENTO
23				X		X			NO SE SIENTE SEGURO
24				X			X		DEMASIADO TRÁFICO PESADO
25				X		X			
26			X				X		FALTA DE PEAJE
27				X		X			POCA PREOCUPACIÓN DE AUTORIDADES Y VÍA CON MUCHA BASURA
28			X			X			INSEGURIDAD AL TOMAR LAS CURVAS EN VELOCIDADES BAJAS
29			X			X			
30				X		X			MOVIMIENTO DE TIERRA A LA CALZADA
31				X		X			DEMASIADO TRÁFICO PESADO
32				X		X			SE REQUIERE MAYOR MANTENIMIENTO
33				X		X			
34				X		X			
35				X			X		EMPOZAMIENTO DE AGUA
36				X		X			SE SIENTE INSEGURO AL TRANSITAR POR LA CARRETERA
37			X			X			DEMASIADO TRÁFICO PESADO
38			X				X		
39				X		X			POCA SEÑALÉTICA E ILUMINACIÓN DE ROMPE VELOCIDADES
40		X				X			MUCHA BASURA
41				X		X			SE REQUIERE MAYOR MANTENIMIENTO
42				X		X			
43			X				X		CURVAS PELIGROSAS
44				X		X			SE REQUIERE MAYOR MANTENIMIENTO
45				X		X			
46				X		X			VÍA MUY ANGOSTA

47				X		X			
48			X			X			SE REQUIERE MAYOR MANTENIMIENTO
49				X		X			
50				X		X			DEMASIADAS FALLAS EN LA CORTA VIDA DE LA CARRETERA

7.2.1. RESUMEN DE CALIFICACIONES

A continuación, se realizará un conteo y resumen de las respuestas de los usuarios obtenidas mediante la encuesta, y posterior a ello se realizará el análisis pertinente.

Tabla 71: Conteo de Calificaciones - *Elaboración Propia*

CALIFICACIONES DE CONFORMIDAD	
MUY BUENO: CALIFICACIÓN 4 – 5	0
BUENO: CALIFICACIÓN 3 – 4	34
REGULAR: CALIFICACIÓN 2 – 3	12
MALO: CALIFICACIÓN 1 – 2	3
MUY MALO: CALIFICACIÓN 0 – 1	0

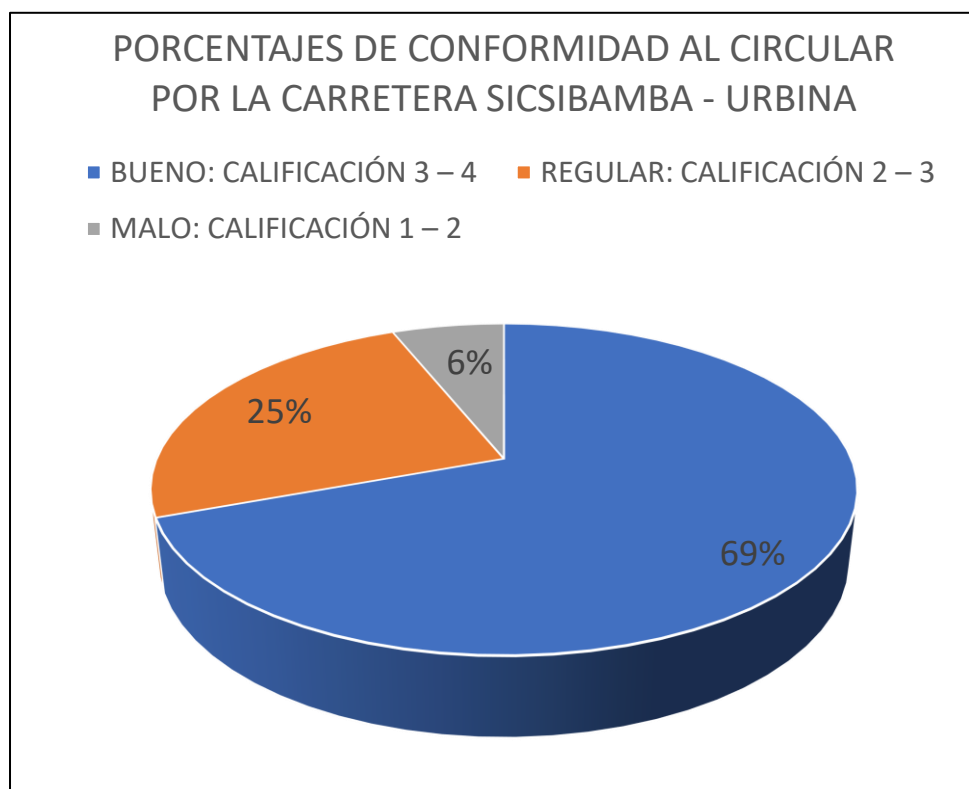


Ilustración 30: Gráfica de Conformidad - *Elaboración Propia*

Al analizar la gráfica anterior podemos concluir que los usuarios que circular por la carretera Sicsibamba – Urbina, se encuentran conformes en cuanto a la calidad de la vía. Presentando un total del 69% de usuarios que calificaron la carretera como buena, 25% de usuarios que calificaron la carretera como regular, y 6% de usuarios que calificaron la carretera como mala.

Tabla 72: Conteo de Calificaciones - *Elaboración Propia*

¿ES EL PAVIMENTO DE CALIDAD ACEPTABLE?	
SI	40
NO	9
INDECISO	1

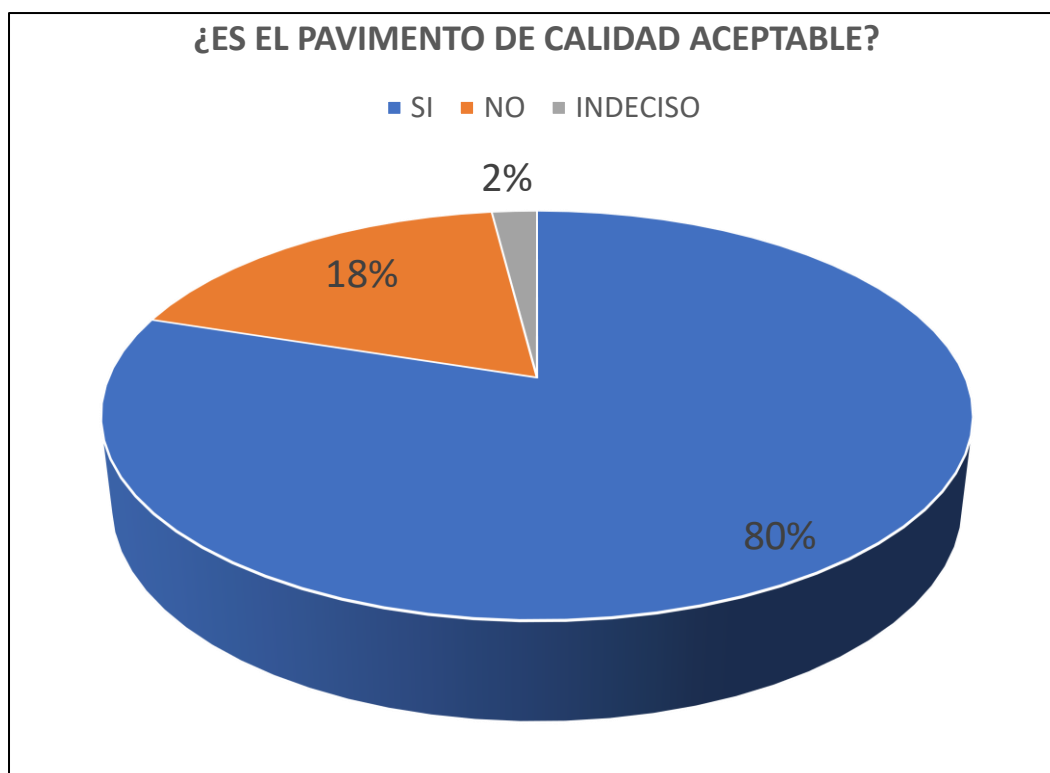


Ilustración 31: Gráfica de Conformidad - *Elaboración Propia*

Al analizar la gráfica anterior podemos concluir que los usuarios que circular por la carretera Sicsibamba – Urbina, creen que la calidad del pavimento es buena, en función de la calidad de sus viajes. Se debe recalcar, que la percepción de los usuarios está basada en su

perspectiva en función a su comodidad de circulación, sin embargo, la vía puede presentar fallas imperceptibles por el usuario, siendo su interpretación relativa.

7.2.2. RESUMEN DE OBSERVACIONES

Los usuarios que transitan regularmente por esta vía, han detallado sus inconformidades con esta vía. A continuación, enumeraremos un resumen de las observaciones que han dado los conductores.

1. Se ha generado muchos inconvenientes debido a que no existe un debido mantenimiento por parte de las autoridades. Mantenimiento que incluye la buena condición de la vía, señales de tránsito y limpieza regular de la vía. La carretera se encuentra en condiciones de limpieza muy deficientes. No existe iluminación, ni señalética adecuada que advierta con antelación, la existencia de romper velocidades, lo cual es un grave problema especialmente en horas nocturnas. A pesar de su construcción temprana, la vía presenta fallas en su estructura.
2. En climas lluviosos la calzada presenta empozamiento de agua en varias zonas de la vía, esto puede ser el resultado de un mal diseño de drenaje de agua, o poca inclinación de la calzada para la pronta evacuación del agua, lo que ocasiona desconformidad con el usuario, e inseguridad en la circulación de los vehículos. Un empozamiento puede causar el efecto de hidropneumático, donde al existir una película de agua, las llantas pierden contacto, adherencia, resistencia al frenado y fricción de la llanta – capa de rodadura. Además, puede existir la pérdida de tracción y el control del vehículo. Como consecuencia pueden existir accidentes de tránsito, como hemos visto en otras ocasiones.
3. Una de las mayores inconformidades de los habitantes de la localidad que circulan la carretera, es la existencia de tráfico pesado. Siendo una zona agrícola y ganadera, los pobladores están inconformes con la existencia de tráilers y camiones de comercio. La circulación de los

vehículos pesados por esta carretera, es el evitar el pago del peaje, debido a que sus viajes pueden ser largos y deberán pasar por varios peajes. Los camioneros y conductores de tráilers prefieren evitar dichos peajes que pasarían ser otro gasto de consumo del viaje. Dado a estas circunstancias, los pobladores que circulan por esta vía, sienten inseguridad e inconvenientes en su movilización agrícola – ganadera. El deterioro de la vía aumenta debido a la circulación periódica de vehículos pesados, disminuyendo el tiempo de vida útil de la carretera.

4. Una de las observaciones de ciertos usuarios para mejorar su conformidad, es que la vía debería ser ampliada. La vía tiene un mal diseño geométrico debido a que sus curvas son muy pronunciadas y no tiene suficientes señaléticas para advertir la disminución de la velocidad. Dichas curvas no están hechas para circular ni si quiera a velocidades óptimas de $30 \frac{km}{h}$ – $40 \frac{km}{h}$, siendo la máxima velocidad en curvas según la ley de tránsito $60 \frac{km}{h}$, los vehículos a velocidades óptimas tienden a salirse de su carril, por lo que pueden generar accidentes de tránsito.
5. Uno de los deseos colectivos de la comunidad, es que se debería construir un peaje por esta carretera, y de esta manera disminuir el tránsito vehicular pesado. Alternativa que creen que se debería tomar en cuenta, debido a que es una zona agrícola – ganadera.
6. Una de las observaciones, es la inconformidad al existir movimiento de tierra a la calzada, esto genera inconvenientes al circular por la vía, disminuyendo tanto la calidad y la seguridad del tránsito.



7.3. ANÁLISIS DEL PCI

A continuación, se evidenciarán todas las fallas tomadas en campo, donde se especifica los tipos de fallas encontrados con sus respectivas unidades. Cabe recalcar, que todos los datos que se presentarán en las tablas a continuación, son los valores de las cantidades parciales de las fallas registradas en campo, en el [ANEXO B](#) se presentan las fallas registradas en campo con sus dimensiones respectivas. El análisis de campo para el registro de las fallas se realizó los días miércoles 10 de febrero del 2021, jueves 11 de febrero del 2021, y viernes 12 de febrero del 2021; donde se evaluó en su totalidad, 12 kilómetros de carretera, en 16 unidades, como se obtuvo en los cálculos. El sentido de la evaluación se realizó de sur a norte, desde Sicsibamba hasta Urbina – Intersección con la Panamericana – Troncal de la Sierra.

En este acápite también se realizará el cálculo de la totalidad de las cantidades parciales y los porcentajes de densidades de las fallas, respecto al área total de cada unidad. Después con las curvas logarítmicas de cada una de las fallas, se identificará el valor deducido que presenta cada falla, en función del tipo de falla, la severidad de la falla, la totalidad de las cantidades parciales de las fallas y la densidad de cada una de las fallas. Luego, se identificarán todos los valores deducidos mayores a 2, el valor deducido más alto, y el cálculo del coeficiente *mi*, que representa el número total de valores deducidos que se deberán corregir.

Finalmente, se realizará el análisis en base a la metodología PCI. Proceso que se encuentra especificado en el sub capítulo 5.4.3. “[Cálculo del PCI](#)”. Se calcularán los valores deducidos corregidos, para después registrar el valor máximo de los valores deducidos corregidos; con este valor, se logrará obtener el valor PCI, de la fórmula $PCI = 100 - VDC$. Con este valor podremos calificar el estado de la vía, con la escala de calidades que presenta el sistema PCI.

7.3.1. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 1 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) HOJA DE REGISTRO DE FALLAS									
		CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA FECHA (D/M/A): FEBRERO 10, 2021 INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE CONDICIÓN CLIMÁTICA: NUBLADO			ANCHO DE LA VÍA (metros): 7,2 UNIDAD DE LA MUESTRA: 1 ABSCISA INICIAL (KM): 0+000 ABSCISA FINAL (KM): 0+750 AREA DE LA UNIDAD: 216			ESQUEMA 			
TIPOS DE FALLA 1. PIEL DE COCODRILO 2. EXUDACIÓN 3. FISURAMIENTO EN BLOQUE 4. DESNIVELES LOCALIZADOS 5. CORRUGACIÓN 6. DEPRESIÓN 7. FISURAMIENTO EN BORDE 8. FISURAMIENTO DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN 9. DESNIVEL DE CARRIL 10. FISURAMIENTO LONGITUDINAL O TRANSVERSAL			11. PARCHE DE CORTE DE SERVICIO 12. AGREGADO PULIDO 13. BACHES 14. CRUCE DE FERROCARRIL 15. SURCO EN HUELLA 16. DESPLAZAMIENTO 17. FISURAMIENTO DE RESBALAMIENTO 18. HINCHAMIENTO 19. DESMORONAMIENTO /INTEMPERISMO								
NIVELES DE SEVERIDAD											
BAJA – LOW (L)			MEDIA – MEDIUM (M)				ALTA – HIGH (H)				
No. FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
1	L	9,29	1,71	2,59	5,57	4,9	2,18	26,24	12,15	12	
1	M	1	1,88	0,54	2,21	1,22	3,05	62,43	28,90	60	
		0,18	7,18	3,99	11,62	4,46	12,8				
		6,93	4,92	0,45							
2	L	0,48						0,48	0,22	1	
3	M	1,36						1,36	0,63	2	
4	L	4,77						4,77	2,21	7	
4	M	3,58						3,58	1,66	26	
10	M	0,63	0,72	0,74	0,4			2,49	1,15	4	
11	L	5,04	1,5	0,35	0,3	0,24	0,2	41,06	19	18	
		13,5	5,82	0,9	5,63	3,15	4,43				
12	-	0,18						0,18	0,08	0	
13	L	0,89						0,89	0,41	11	
15	L	4,27	2,6					6,87	3,18	19	
									TOTAL VALOR DEDUCIDO	160	

Número de valores deducidos > 2 (q) = 8

Valor deducido más alto ($HDVi$) = 60


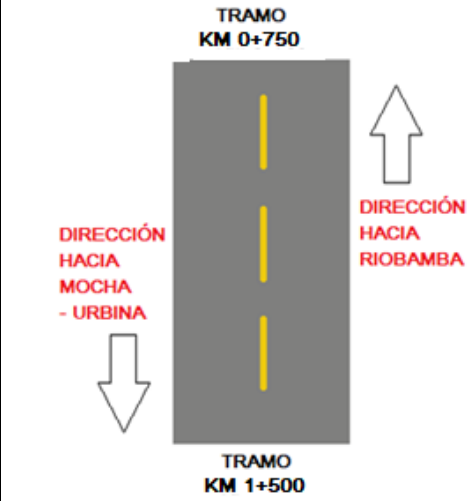
$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDVi)$$

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 60)$$

$$mi = 4,67 \rightarrow 5$$

No.	VALORES DEDUCIDOS										TOTAL	q	VDC
1	60	26	19	18	12						135	5	72
2	60	26	19	18	2						125	4	73
3	60	26	19	2	2						109	3	69
4	60	26	2	2	2						100	2	71
5	60	2	2	2	2						76	1	77
											MAX VDC		77
											PCI		23
											CALIFICACIÓN		MUY MALO / VERY POOR

7.3.2. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 2 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR		
		ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) HOJA DE REGISTRO DE FALLAS		
CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA FECHA (D/M/A): FEBRERO 10, 2021 INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE CONDICIÓN CLIMÁTICA: Nublado		ANCHO DE LA VÍA (metros): 7,2 UNIDAD DE LA MUESTRA: 2 ABSCISA INICIAL (KM): 0+750 ABSCISA FINAL (KM): 1+500 AREA DE LA UNIDAD: 216		
TIPOS DE FALLA 1. PIEL DE COCODRILO 2. EXUDACIÓN 3. FISURAMIENTO EN BLOQUE 4. DESNIVELES LOCALIZADOS 5. CORRUGACIÓN 6. DEPRESIÓN 7. FISURAMIENTO EN BORDE 8. FISURAMIENTO DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN 9. DESNIVEL DE CARRIL 10. FISURAMIENTO LONGITUDINAL O TRANSVERSAL		11. PARCHE DE CORTE DE SERVICIO 12. AGREGADO PULIDO 13. BACHES 14. CRUCE DE FERROCARRIL 15. SURCO EN HUELLA 16. DESPLAZAMIENTO 17. FISURAMIENTO DE RESBALAMIENTO 18. HINCHAMIENTO 19. DESMORONAMIENTO /INTEMPERISMO		ESQUEMA 
NIVELES DE SEVERIDAD				
BAJA – LOW (L)		MEDIA – MEDIUM (M)		ALTA – HIGH (H)

No. FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
1	L	3,24	7,5	6,3	6,3			23,34	10,81	34
1	M	9,45						9,45	4,38	37
10	L	2,92	0,16	0,16	5	1,8		10,04	4,65	5
11	L	0,5	4	1,26	8,4	0,26	0,2	14,62	6,77	13
11	M	7,2	2,1	6,12				15,42	7,14	27
15	M	1,43						1,43	0,66	16
18	L	0,64						0,64	0,30	1
									TOTAL VALOR DEDUCIDO	133

Número de valores deducidos > 2 (q) = 6

Valor deducido más alto ($HDVi$) = 37


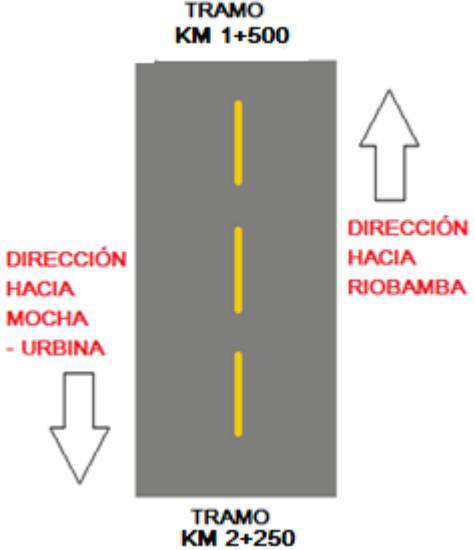
$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDVi)$$

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 37)$$

$$mi = 6,79 \rightarrow 6$$

No.	VALORES DEDUCIDOS									TOTAL	q	VDC
1	37	34	27	16	13	5				132	6	64
2	37	34	27	16	13	2				129	5	69
3	37	34	27	16	2	2				118	4	69
4	37	34	27	2	2	2				104	3	65
5	37	34	2	2	2	2				79	2	58
6	37	2	2	2	2	2				47	1	48
											MAX VDC	69
											PCI	31
											CALIFICACIÓN	MALO / POOR

7.3.3. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 3 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) HOJA DE REGISTRO DE FALLAS								
		CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA FECHA (D/M/A): FEBRERO 10, 2021 INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE CONDICIÓN CLIMÁTICA: NUBLADO				ANCHO DE LA VÍA (metros): 7,2 UNIDAD DE LA MUESTRA: 3 ABSCISA INICIAL (KM): 1+500 ABSCISA FINAL (KM): 2+250 AREA DE LA UNIDAD: 216				
TIPOS DE FALLA 1. PIEL DE COCODRILO 2. EXUDACIÓN 3. FISURAMIENTO EN BLOQUE 4. DESNIVELES LOCALIZADOS 5. CORRUGACIÓN 6. DEPRESIÓN 7. FISURAMIENTO EN BORDE 8. FISURAMIENTO DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN 9. DESNIVEL DE CARRIL 10. FISURAMIENTO LONGITUDINAL O TRANSVERSAL		11. PARCHE DE CORTE DE SERVICIO 12. AGREGADO PULIDO 13. BACHES 14. CRUCE DE FERROCARRIL 15. SURCO EN HUELLA 16. DESPLAZAMIENTO 17. FISURAMIENTO DE RESBALAMIENTO 18. HINCHAMIENTO 19. DESMORONAMIENTO /INTEMPERISMO				ESQUEMA 				
NIVELES DE SEVERIDAD										
BAJA – LOW (L)			MEDIA – MEDIUM (M)				ALTA – HIGH (H)			
No. FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
1	L	3,87	7,5	15			26,37	12,21	36	
1	M	4,31	6,71	1,8	5,2		18,02	8,34	46	
6	M	0,26					0,26	0,12	5	
11	L	5,1	0,8	2,85			8,75	4,05	9	
11	M	1,9	4,6	3,3	11,27		21,07	9,75	31	
12	-	7,7	3				10,7	4,95	2	
15	L	1,35					1,35	0,63	8	
19	L	0,05					0,05	0,02	0	
								TOTAL VALOR DEDUCIDO	137	

Número de valores deducidos > 2 (q) = 6

Valor deducido más alto ($HDVi$) = 46


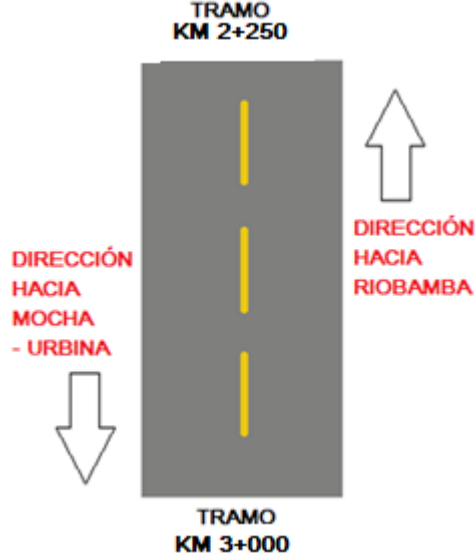
$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDVi)$$

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 46)$$

$$mi = 5,96 \rightarrow 6$$

No.	VALORES DEDUCIDOS										TOTAL	q	VDC
1	46	36	31	9	8	5					135	6	66
2	46	36	31	9	8	2					132	5	70
3	46	36	31	9	2	2					126	4	73
4	46	36	31	2	2	2					119	3	73
5	46	36	2	2	2	2					90	2	64
6	46	2	2	2	2	2					56	1	56
											MAX VDC		73
											PCI		27
											CALIFICACIÓN		MALO / POOR

7.3.4. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 4 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) HOJA DE REGISTRO DE FALLAS								
		CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA FECHA (D/M/A): FEBRERO 10, 2021 INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE CONDICIÓN CLIMÁTICA: NUBLADO				ANCHO DE LA VÍA (metros): 7,2 UNIDAD DE LA MUESTRA: 4 ABSCISA INICIAL (KM): 2+250 ABSCISA FINAL (KM): 3+000 AREA DE LA UNIDAD: 216				
TIPOS DE FALLA 1. PIEL DE COCODRILO 2. EXUDACIÓN 3. FISURAMIENTO EN BLOQUE 4. DESNIVELES LOCALIZADOS 5. CORRUGACIÓN 6. DEPRESIÓN 7. FISURAMIENTO EN BORDE 8. FISURAMIENTO DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN 9. DESNIVEL DE CARRIL 10. FISURAMIENTO LONGITUDINAL O TRANSVERSAL		11. PARCHE DE CORTE DE SERVICIO 12. AGREGADO PULIDO 13. BACHES 14. CRUCE DE FERROCARRIL 15. SURCO EN HUELLA 16. DESPLAZAMIENTO 17. FISURAMIENTO DE RESBALAMIENTO 18. HINCHAMIENTO 19. DESMORONAMIENTO /INTEMPERISMO						ESQUEMA		
										
NIVELES DE SEVERIDAD										
BAJA – LOW (L)			MEDIA – MEDIUM (M)					ALTA – HIGH (H)		
No. FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
1	L	17,48	9	6,75	6	3,41	12,75	91,19	42,22	51
		20,8	15							
1	M	8	5,99	1,76	6,57	4,29	5,04	56,74	26,27	59
		5,04	5,7	2,73	10	1,62				
12	-	2,4						2,4	1,11	1
14	L	22,32						22,32	10,33	13
									TOTAL VALOR DEDUCIDO	124

Número de valores deducidos > 2 (q) = 3

Valor deducido más alto ($HDVi$) = 59


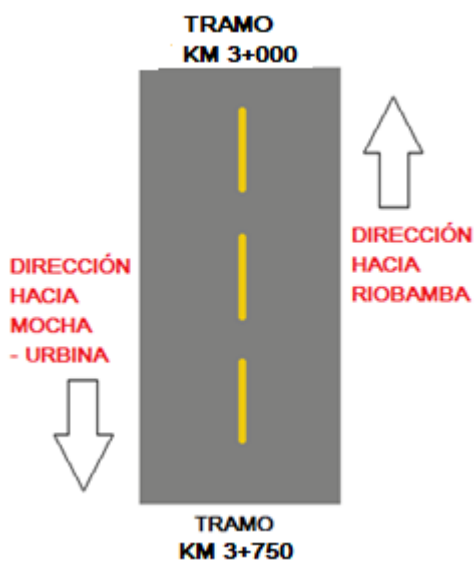
$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDVi)$$

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 59)$$

$$mi = 4,77 \rightarrow 5$$

No.	VALORES DEDUCIDOS										TOTAL	q	VDC	
1	59	51	13								123	3	76	
2	59	51	2								112	2	75	
3	59	2	2								63	1	61	
												MAX VDC		76
												PCI		24
												CALIFICACIÓN		MUY MALO / VERY POOR

7.3.5. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 5 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR									
		ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) HOJA DE REGISTRO DE FALLAS									
CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA FECHA (D/M/A): FEBRERO 10, 2021 INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE CONDICIÓN CLIMÁTICA: NUBLADO				ANCHO DE LA VÍA (metros): 7,2 UNIDAD DE LA MUESTRA: 5 ABSCISA INICIAL (KM): 3+000 ABSCISA FINAL (KM): 3+750 AREA DE LA UNIDAD: 216							
TIPOS DE FALLA 1. PIEL DE COCODRILO 2. EXUDACIÓN 3. FISURAMIENTO EN BLOQUE 4. DESNIVELES LOCALIZADOS 5. CORRUGACIÓN 6. DEPRESIÓN 7. FISURAMIENTO EN BORDE 8. FISURAMIENTO DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN 9. DESNIVEL DE CARRIL 10. FISURAMIENTO LONGITUDINAL O TRANSVERSAL		11. PARCHE DE CORTE DE SERVICIO 12. AGREGADO PULIDO 13. BACHES 14. CRUCE DE FERROCARRIL 15. SURCO EN HUELLA 16. DESPLAZAMIENTO 17. FISURAMIENTO DE RESBALAMIENTO 18. HINCHAMIENTO 19. DESMORONAMIENTO /INTEMPERISMO		ESQUEMA							
NIVELES DE SEVERIDAD											
BAJA – LOW (L)			MEDIA – MEDIUM (M)				ALTA – HIGH (H)				
No. FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
1	L	5,7	9,6	11,31				26,61	12,32	34	
1	M	0,3						0,3	0,14	16	
11	M	6,6						6,6	3,06	19	
18	M	2,8						2,8	1,30	14	
									TOTAL VALOR DEDUCIDO	83	

Número de valores deducidos > 2 (q) = 4

Valor deducido más alto ($HDVi$) = 34

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDVi)$$

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 34)$$

$$mi = 7,06 \rightarrow 7$$

No.	VALORES DEDUCIDOS										Total	q	VDC
1	34	19	16	14							83	4	48
2	34	19	16	2							71	3	43
3	34	19	2	2							57	2	42
4	34	2	2	2							40	1	40
												MAX VDC	48
												PCI	52
												CALIFICACIÓN	REGULAR / FAIR

7.3.6. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 6 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA

Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR									
		ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)									
		HOJA DE REGISTRO DE FALLAS									
CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA FECHA (D/M/A): FEBRERO 10, 2021 INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE CONDICIÓN CLIMÁTICA: NUBLADO				ANCHO DE LA VÍA (metros): 7,2 UNIDAD DE LA MUESTRA: 6 ABSCISA INICIAL (KM): 3+750 ABSCISA FINAL (KM): 4+500 AREA DE LA UNIDAD: 216							
TIPOS DE FALLA 1. PIEL DE COCODRILO 2. EXUDACIÓN 3. FISURAMIENTO EN BLOQUE 4. DESNIVELES LOCALIZADOS 5. CORRUGACIÓN 6. DEPRESIÓN 7. FISURAMIENTO EN BORDE 8. FISURAMIENTO DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN 9. DESNIVEL DE CARRIL 10. FISURAMIENTO LONGITUDINAL O TRANSVERSAL				11. PARCHE DE CORTE DE SERVICIO 12. AGREGADO PULIDO 13. BACHES 14. CRUCE DE FERROCARRIL 15. SURCO EN HUELLA 16. DESPLAZAMIENTO 17. FISURAMIENTO DE RESBALAMIENTO 18. HINCHAMIENTO 19. DESMORONAMIENTO /INTEMPERISMO				ESQUEMA 			
NIVELES DE SEVERIDAD											
BAJA – LOW (L)			MEDIA – MEDIUM (M)				ALTA – HIGH (H)				
No. FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
1	M	8,7	13,3	12,6				34,6	16,02	53	
3	L	7,2	28,35	5,94	20,25			61,74	28,58	17	
10	M	3,5	2	1,8	2,4	3,10		12,8	5,93	15	
11	L	0,4						0,4	0,19	1	
11	M	15,6						15,6	7,22	19	
									TOTAL VALOR DEDUCIDO	105	

Número de valores deducidos > 2 (q) = 4

Valor deduido más alto ($HDVi$) = 53


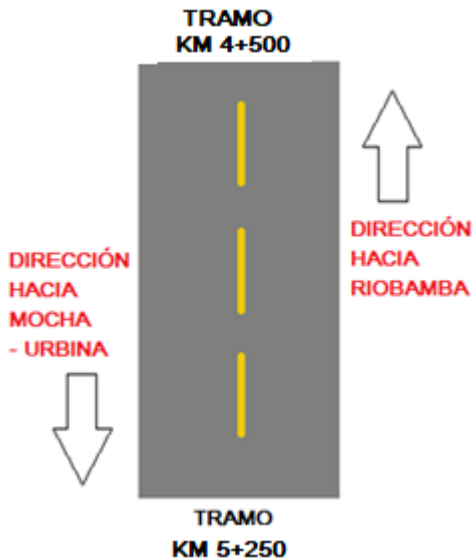
$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDVi)$$

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 53)$$

$$mi = 5,32 \rightarrow 5$$

No.	VALORES DEDUCIDOS										TOTAL	q	VDC
1	53	19	17	15							104	4	69
2	53	19	17	2							91	3	58
3	53	19	2	2							76	2	55
4	53	2	2	2							59	1	59
											MAX VDC		60
											PCI		40
											CALIFICACIÓN		MALO / POOR

7.3.7. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 7 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) HOJA DE REGISTRO DE FALLAS								
		CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA FECHA (D/M/A): FEBRERO 11, 2021 INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE CONDICIÓN CLIMÁTICA: DESPEJADO				ANCHO DE LA VÍA (metros): 7,2 UNIDAD DE LA MUESTRA: 7 ABSCISA INICIAL (KM): 4+500 ABSCISA FINAL (KM): 5+250 AREA DE LA UNIDAD: 216				
TIPOS DE FALLA 1. PIEL DE COCODRILO 2. EXUDACIÓN 3. FISURAMIENTO EN BLOQUE 4. DESNIVELES LOCALIZADOS 5. CORRUGACIÓN 6. DEPRESIÓN 7. FISURAMIENTO EN BORDE 8. FISURAMIENTO DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN 9. DESNIVEL DE CARRIL 10. FISURAMIENTO LONGITUDINAL O TRANSVERSAL		11. PARCHE DE CORTE DE SERVICIO 12. AGREGADO PULIDO 13. BACHES 14. CRUCE DE FERROCARRIL 15. SURCO EN HUELLA 16. DESPLAZAMIENTO 17. FISURAMIENTO DE RESBALAMIENTO 18. HINCHAMIENTO 19. DESMORONAMIENTO /INTEMPERISMO				ESQUEMA 				
NIVELES DE SEVERIDAD										
BAJA – LOW (L)			MEDIA – MEDIUM (M)					ALTA – HIGH (H)		
No. FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
1	L	12,3	11,88	12,6	1,35	3,4	1,08	27,87	12,90	49
1	M	19,32	2,25	6,3				43,61	20,19	41
3	M	7,56	5,4					12,96	6,00	13
9	M	8	3					11	5,09	10
10	L	2,35	1,8	2,6	2,2	1,4	0,3	10,8	5,00	4
		0,15								
11	L	10,2	0,8					11	5,09	11
11	M	6,75	16,25	13,14				36,14	16,73	38
									TOTAL VALOR DEDUCIDO	166

Número de valores deducidos > 2 (q) = 7

Valor deducido más alto ($HDVi$) = 49


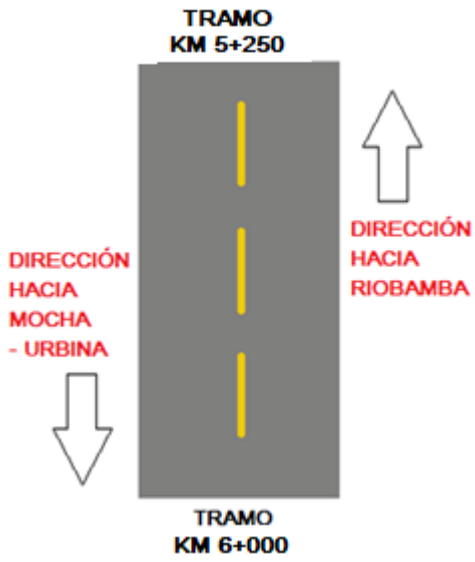
$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDVi)$$

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 49)$$

$$mi = 5,68 \rightarrow 6$$

No.	VALORES DEDUCIDOS										TOTAL	q	VDC
1	49	41	38	13	11	10					162	6	79
2	49	41	38	13	11	2					154	5	79
3	49	41	38	13	2	2					145	4	81
4	49	41	38	2	2	2					134	3	83
5	49	41	2	2	2	2					98	2	69
6	49	2	2	2	2	2					59	1	59
											MAX VDC		83
											PCI		17
											CALIFICACIÓN		MUY MALO / VERY POOR

7.3.8. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 8 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) HOJA DE REGISTRO DE FALLAS								
		CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA FECHA (D/M/A): FEBRERO 11, 2021 INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE CONDICIÓN CLIMÁTICA: DESPEJADO				ANCHO DE LA VÍA (metros): 7,2 UNIDAD DE LA MUESTRA: 8 ABSCISA INICIAL (KM): 5+250 ABSCISA FINAL (KM): 6+000 AREA DE LA UNIDAD: 216				
TIPOS DE FALLA 1. PIEL DE COCODRILO 2. EXUDACIÓN 3. FISURAMIENTO EN BLOQUE 4. DESNIVELES LOCALIZADOS 5. CORRUGACIÓN 6. DEPRESIÓN 7. FISURAMIENTO EN BORDE 8. FISURAMIENTO DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN 9. DESNIVEL DE CARRIL 10. FISURAMIENTO LONGITUDINAL O TRANSVERSAL		11. PARCHE DE CORTE DE SERVICIO 12. AGREGADO PULIDO 13. BACHES 14. CRUCE DE FERROCARRIL 15. SURCO EN HUELLA 16. DESPLAZAMIENTO 17. FISURAMIENTO DE RESBALAMIENTO 18. HINCHAMIENTO 19. DESMORONAMIENTO /INTEMPERISMO						ESQUEMA		
										
NIVELES DE SEVERIDAD										
BAJA – LOW (L)			MEDIA – MEDIUM (M)					ALTA – HIGH (H)		
No. FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
1	L	13,5						13,5	6,25	28
1	M	25,2	18,75	8,28				52,23	24,18	57
3	L	24	17,5					41,5	19,21	11
3	M	6						6	2,78	8
9	M	14						14	6,48	11
10	M	1,5	2	3	0,4	0,6	0,7	9,2	4,26	12
		1								
11	M	5,63						5,63	2,61	18
12	-	42						42	19,44	7
									TOTAL VALOR DEDUCIDO	152

Número de valores deducidos > 2 (q) = 8

Valor deducido más alto ($HDVi$) = 57


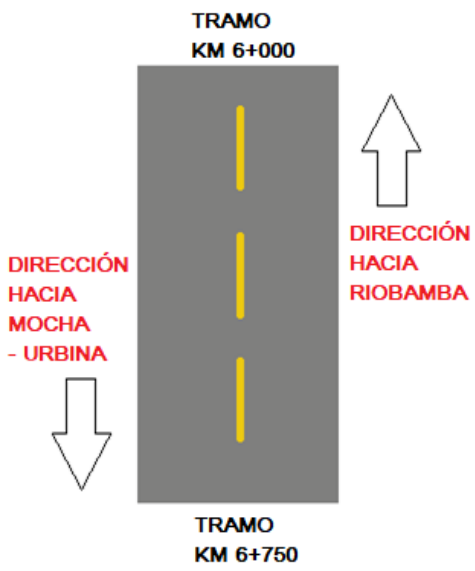
$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDVi)$$

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 57)$$

$$mi = 4,95 \rightarrow 5$$

No.	VALORES DEDUCIDOS										TOTAL	q	VDC
1	57	28	18	12	11						126	5	66
2	57	28	18	12	2						117	4	67
3	57	28	18	2	2						107	3	67
4	57	28	2	2	2						91	2	65
5	57	2	2	2	2						65	1	67
											MAX VDC		67
											PCI		33
											CALIFICACIÓN		MALO

7.3.9. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 9 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) HOJA DE REGISTRO DE FALLAS								
		CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA FECHA (D/M/A): FEBRERO 11, 2021 INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE CONDICIÓN CLIMÁTICA: NUBLADO				ANCHO DE LA VÍA (METROS): 7,2 UNIDAD DE LA MUESTRA: 9 ABSCISA INICIAL (KM): 6+000 ABSCISA FINAL (KM): 6+750 AREA DE LA UNIDAD: 216				
TIPOS DE FALLA 1. PIEL DE COCODRILO 2. EXUDACIÓN 3. FISURAMIENTO EN BLOQUE 4. DESNIVELES LOCALIZADOS 5. CORRUGACIÓN 6. DEPRESIÓN 7. FISURAMIENTO EN BORDE 8. FISURAMIENTO DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN 9. DESNIVEL DE CARRIL 10. FISURAMIENTO LONGITUDINAL O TRANSVERSAL 11. PARCHE DE CORTE DE SERVICIO 12. AGREGADO PULIDO 13. BACHES 14. CRUCE DE FERROCARRIL 15. SURCO EN HUELLA 16. DESPLAZAMIENTO 17. FISURAMIENTO DE RESBALAMIENTO 18. HINCHAMIENTO 19. DESMORONAMIENTO /INTEMPERISMO								ESQUEMA 		
								NIVELES DE SEVERIDAD BAJA – LOW (L) MEDIA – MEDIUM (M) ALTA – HIGH (H)		
No. FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
1	L	13,23	8,10					21,33	9,88	34
1	M	9,025	11,78					20,81	9,63	46
3	L	4,5	4,5	4,5	14	12	4,05	43,55	20,16	14
3	M	3,75						3,75	1,74	6
9	L	8	3	8,25				19,25	8,91	5
10	M	1,5	4	1,5	1,6			8,60	3,98	10
11	L	9,75						9,75	4,51	10
11	M	7,5						7,50	3,47	18
13	L	2,38						2,38	1,10	21
									TOTAL VALOR DEDUCIDO	164

Número de valores deducidos > 2 (q) = 9

Valor deducido más alto ($HDVi$) = 46

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDVi)$$

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 46)$$

$$mi = 5,95 \rightarrow 6$$

No.	VALORES DEDUCIDOS										TOTAL	q	VDC
1	46	34	21	18	14	10					143	6	73
2	46	34	21	18	14	2					135	5	70
3	46	34	21	18	2	2					123	4	71
4	46	34	21	2	2	2					107	3	68
5	46	34	2	2	2	2					88	2	63
6	46	2	2	2	2	2					56	1	56
											MAX VDC		73
											PCI		27
											CALIFICACIÓN		MALO / POOR

7.3.10. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 10 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA

Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR									
		ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)									
		HOJA DE REGISTRO DE FALLAS									
CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA FECHA (D/M/A): FEBRERO 11, 2021 INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE CONDICIÓN CLIMÁTICA: SOLEADO				ANCHO DE LA VÍA (METROS): 7,2 UNIDAD DE LA MUESTRA: 10 ABSCISA INICIAL (KM): 6+750 ABSCISA FINAL (KM): 7+500 AREA DE LA UNIDAD: 216							
TIPOS DE FALLA 1. PIEL DE COCODRILO 2. EXUDACIÓN 3. FISURAMIENTO EN BLOQUE 4. DESNIVELES LOCALIZADOS 5. CORRUGACIÓN 6. DEPRESIÓN 7. FISURAMIENTO EN BORDE 8. FISURAMIENTO DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN 9. DESNIVEL DE CARRIL 10. FISURAMIENTO LONGITUDINAL O TRANSVERSAL				11. PARCHE DE CORTE DE SERVICIO 12. AGREGADO PULIDO 13. BACHES 14. CRUCE DE FERROCARRIL 15. SURCO EN HUELLA 16. DESPLAZAMIENTO 17. FISURAMIENTO DE RESBALAMIENTO 18. HINCHAMIENTO 19. DESMORONAMIENTO /INTEMPERISMO				ESQUEMA TRAMO KM 6+750 TRAMO KM 7+500			
NIVELES DE SEVERIDAD											
BAJA – LOW (L)			MEDIA – MEDIUM (M)				ALTA – HIGH (H)				
No. FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
1	L	14,7	10,45	10,75	7,95			43,85	20,30	41	
1	M	2	6,84	7,56				16,40	7,59	42	
3	L	17,5	10					27,50	12,73	10	
10	M	1						1,00	0,46	0	
11	L	13,5						13,50	6,25	13	
11	M	6	7,14	13,05	6,51	10,5	12	55,20	25,56	45	
12	-	11,78						11,78	5,45	4	
									TOTAL VALOR DEDUCIDO	155	

Número de valores deducidos > 2 (q) = 6

Valor deducido más alto ($HDVi$) = 45



$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDVi)$$

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 45)$$

$$mi = 6,05 \rightarrow 6$$

No.	VALORES DEDUCIDOS										TOTAL	q	VDC
1	45	42	41	13	10	4					155	6	75
2	45	42	41	13	10	2					153	5	77
3	45	42	41	13	2	2					145	4	85
4	45	42	41	2	2	2					134	3	80
5	45	42	2	2	2	2					95	2	68
6	45	2	2	2	2	2					55	1	55
											MAX VDC		85
											PCI		15
											CALIFICACIÓN		MUY MALO / VERY POOR

7.3.11. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 11 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR								
		ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) HOJA DE REGISTRO DE FALLAS								
CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA FECHA (D/M/A): FEBRERO 12, 2021 INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE CONDICIÓN CLIMÁTICA: SOLEADO				ANCHO DE LA VÍA (METROS): 7,2 UNIDAD DE LA MUESTRA: 11 ABSCISA INICIAL (KM): 7+500 ABSCISA FINAL (KM): 8+250 AREA DE LA UNIDAD: 216						
TIPOS DE FALLA 1. PIEL DE COCODRILO 2. EXUDACIÓN 3. FISURAMIENTO EN BLOQUE 4. DESNIVELES LOCALIZADOS 5. CORRUGACIÓN 6. DEPRESIÓN 7. FISURAMIENTO EN BORDE 8. FISURAMIENTO DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN 9. DESNIVEL DE CARRIL 10. FISURAMIENTO LONGITUDINAL O TRANSVERSAL 11. PARCHE DE CORTE DE SERVICIO 12. AGREGADO PULIDO 13. BACHES 14. CRUCE DE FERROCARRIL 15. SURCO EN HUELLA 16. DESPLAZAMIENTO 17. FISURAMIENTO DE RESBALAMIENTO 18. HINCHAMIENTO 19. DESMORONAMIENTO /INTEMPERISMO								ESQUEMA TRAMO KM 7+500  TRAMO KM 8+250		
NIVELES DE SEVERIDAD										
BAJA – LOW (L)			MEDIA – MEDIUM (M)				ALTA – HIGH (H)			
No. FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
1	L	1,26	6,4	5,52	12,62	17,02		42,82	19,82	40
1	M	9,15	7,68					16,83	7,79	43
3	M	15						15,00	6,94	3
10	M	0,8	1,3	0,9				3,00	1,39	4
11	L	23,25	2,25	0,18	0,18			25,86	11,97	16
11	M	9,45	2,25					11,70	5,42	22
									TOTAL VALOR DEDUCIDO	128

Número de valores deducidos > 2 (q) = 6

Valor deducido más alto ($HDVi$) = 45



$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDVi)$$

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 45)$$

$$mi = 6,05 \rightarrow 6$$

No.	VALORES DEDUCIDOS										TOTAL	q	VDC
1	45	42	41	13	10	4					155	6	75
2	45	42	41	13	10	2					153	5	77
3	45	42	41	13	2	2					145	4	85
4	45	42	41	2	2	2					134	3	80
5	45	42	2	2	2	2					95	2	68
6	45	2	2	2	2	2					55	1	55
											MAX VDC		85
											PCI		15
											CALIFICACIÓN		MUY MALO / VERY POOR

7.3.12. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 12 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR									
		ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) HOJA DE REGISTRO DE FALLAS									
CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA FECHA (D/M/A): FEBRERO 12, 2021 INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE CONDICIÓN CLIMÁTICA: SOLEADO				ANCHO DE LA VÍA (METROS): 7,2 UNIDAD DE LA MUESTRA: 12 ABSCISA INICIAL (KM): 8+250 ABSCISA FINAL (KM): 9+000 AREA DE LA UNIDAD: 216							
TIPOS DE FALLA 1. PIEL DE COCODRILO 2. EXUDACIÓN 3. FISURAMIENTO EN BLOQUE 4. DESNIVELES LOCALIZADOS 5. CORRUGACIÓN 6. DEPRESIÓN 7. FISURAMIENTO EN BORDE 8. FISURAMIENTO DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN 9. DESNIVEL DE CARRIL 10. FISURAMIENTO LONGITUDINAL O TRANSVERSAL				11. PARCHE DE CORTE DE SERVICIO 12. AGREGADO PULIDO 13. BACHES 14. CRUCE DE FERROCARRIL 15. SURCO EN HUELLA 16. DESPLAZAMIENTO 17. FISURAMIENTO DE RESBALAMIENTO 18. HINCHAMIENTO 19. DESMORONAMIENTO /INTEMPERISMO				ESQUEMA TRAMO KM 8+250  TRAMO KM 9+000			
NIVELES DE SEVERIDAD											
BAJA – LOW (L)			MEDIA – MEDIUM (M)					ALTA – HIGH (H)			
No. FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
1	L	3,9	1,8	5,25	2,32	31,59	14,25	59,11	27,37	45	
1	M	10,35	15					25,35	11,74	48	
3	M	6,8						6,80	3,15	9	
10	M	0,7	4					4,70	2,18	6	
11	L	5	7,92	0,6	5,6	0,24		19,36	8,96	15	
11	M	2,5	0,53	0,16				3,19	1,48	11	
13	L	1,54						1,54	0,71	15	
14	M	23,8						23,80	11,02	40	
									TOTAL VALOR DEDUCIDO	189	

Número de valores deducidos > 2 (q) = 8

Valor deducido más alto ($HDVi$) = 48

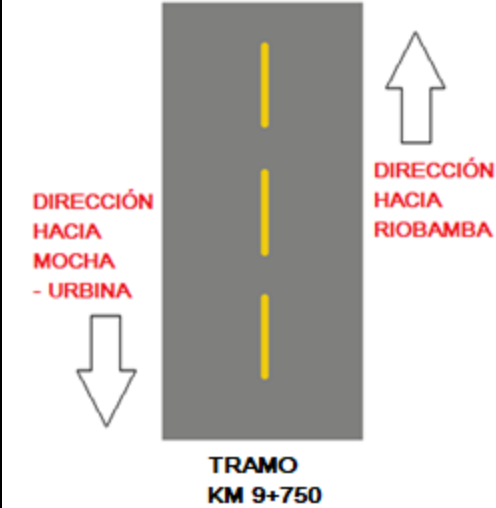
$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDVi)$$

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 48)$$

$$mi = 5,77 \rightarrow 6$$

No.	VALORES DEDUCIDOS										TOTAL	q	VDC
1	48	45	40	15	15	11					174	6	81
2	48	45	40	15	15	2					165	5	82
3	48	45	40	15	2	2					152	4	83
4	48	45	40	2	2	2					139	3	82
5	48	45	2	2	2	2					101	2	70
6	48	2	2	2	2	2					58	1	58
											MAX VDC		83
											PCI		17
											CALIFICACIÓN		MUY MALO / VERY POOR

7.3.13. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 13 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA

Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR									
		ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)									
		HOJA DE REGISTRO DE FALLAS									
CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA FECHA (D/M/A): FEBRERO 12, 2021 INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE CONDICIÓN CLIMÁTICA: DESPEJADO				ANCHO DE LA VÍA (METROS): 7,2 UNIDAD DE LA MUESTRA: 13 ABSCISA INICIAL (KM): 9+000 ABSCISA FINAL (KM): 9+750 AREA DE LA UNIDAD: 216							
TIPOS DE FALLA 1. PIEL DE COCODRILO 2. EXUDACIÓN 3. FISURAMIENTO EN BLOQUE 4. DESNIVELES LOCALIZADOS 5. CORRUGACIÓN 6. DEPRESIÓN 7. FISURAMIENTO EN BORDE 8. FISURAMIENTO DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN 9. DESNIVEL DE CARRIL 10. FISURAMIENTO LONGITUDINAL O TRANSVERSAL				11. PARCHE DE CORTE DE SERVICIO 12. AGREGADO PULIDO 13. BACHES 14. CRUCE DE FERROCARRIL 15. SURCO EN HUELLA 16. DESPLAZAMIENTO 17. FISURAMIENTO DE RESBALAMIENTO 18. HINCHAMIENTO 19. DESMORONAMIENTO /INTEMPERISMO				ESQUEMA TRAMO KM 9+000  TRAMO KM 9+750			
NIVELES DE SEVERIDAD											
BAJA – LOW (L)			MEDIA – MEDIUM (M)				ALTA – HIGH (H)				
No. FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
1	L	2,24	0,84	9,45	8,8	6,65	14,5	69,29	32,06	46	
		14,17	1,05	2,79	2,99	1,9	0,8				
		3,08									
1	M	4,13	4,16	5,04	8,32			21,65	10,02	47	
10	M	4,5	3					7,50	3,47	9	
11	L	7,92	5,4	9,45	12,75	8		43,52	20,15	23	
11	M	7,5	2,25					9,75	4,51	21	
12	-	15						15,00	6,94	2	
18	L	3,5						3,50	1,62	4	
									TOTAL VALOR DEDUCIDO	152	

Número de valores deducidos > 2 (q) = 6

Valor deducido más alto ($HDVi$) = 47



$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDVi)$$

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 47)$$

$$mi = 5,86 \rightarrow 6$$

No.	VALORES DEDUCIDOS										TOTAL	q	VDC
1	47	46	23	21	9	4					150	6	72
2	47	46	23	21	9	2					148	5	76
3	47	46	23	21	2	2					141	4	79
4	47	46	23	2	2	2					122	3	74
5	47	46	2	2	2	2					101	2	70
6	47	2	2	2	2	2					57	1	57
											MAX VDC		79
											PCI		21
											CALIFICACIÓN		MUY MALO / VERY POOR

7.3.14. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 14 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) HOJA DE REGISTRO DE FALLAS							
		CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA FECHA (D/M/A): FEBRERO 12, 2021 INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE CONDICIÓN CLIMÁTICA: DESPEJADO				ANCHO DE LA VÍA (METROS): 7,2 UNIDAD DE LA MUESTRA: 14 ABSCISA INICIAL (KM): 9+750 ABSCISA FINAL (KM): 10+500 AREA DE LA UNIDAD: 216			
TIPOS DE FALLA 1. PIEL DE COCODRILO 2. EXUDACIÓN 3. FISURAMIENTO EN BLOQUE 4. DESNIVELES LOCALIZADOS 5. CORRUGACIÓN 6. DEPRESIÓN 7. FISURAMIENTO EN BORDE 8. FISURAMIENTO DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN 9. DESNIVEL DE CARRIL 10. FISURAMIENTO LONGITUDINAL O TRANSVERSAL 11. PARCHE DE CORTE DE SERVICIO 12. AGREGADO PULIDO 13. BACHES 14. CRUCE DE FERROCARRIL 15. SURCO EN HUELLA 16. DESPLAZAMIENTO 17. FISURAMIENTO DE RESBALAMIENTO 18. HINCHAMIENTO 19. DESMORONAMIENTO /INTEMPERISMO		ESQUEMA TRAMO KM 9+750  TRAMO KM 10+500							
NIVELES DE SEVERIDAD									
BAJA – LOW (L)		MEDIA – MEDIUM (M)					ALTA – HIGH (H)		
No. FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES					TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
1	L	24,9	5,43	6,3			36,63	16,96	37
10	M	0,3	0,9	1			2,20	1,02	3
11	L	26,8	3,75	22,5	12		65,05	30,12	28
11	M	21	6	10,5	11,25		48,75	22,57	42
								TOTAL VALOR DEDUCIDO	110

Número de valores deducidos > 2 (q) = 4

Valor deducido más alto ($HDVi$) = 42


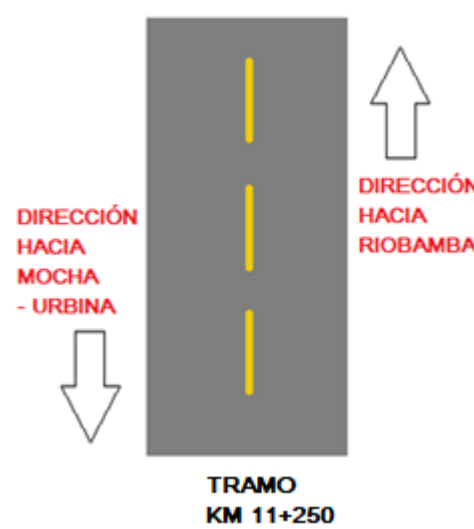
$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDVi)$$

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 42)$$

$$mi = 6,32 \rightarrow 6$$

No.	VALORES DEDUCIDOS										TOTAL	q	VDC
1	42	37	28	3	2	2					114	6	55
2	42	37	28	3	2	2					114	5	60
3	42	37	28	3	2	2					114	4	65
4	42	37	28	2	2	2					113	3	71
5	42	37	2	2	2	2					87	2	63
6	42	2	2	2	2	2					52	1	52
												MAX VDC	71
												PCI	29
												CALIFICACIÓN	MALO / POOR

7.3.15. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 15 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR									
		ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) HOJA DE REGISTRO DE FALLAS									
CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA FECHA (D/M/A): FEBRERO 12, 2021 INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE CONDICIÓN CLIMÁTICA: SOLEADO				ANCHO DE LA VÍA (METROS): 7,2 UNIDAD DE LA MUESTRA: 15 ABSCISA INICIAL (KM): 10+500 ABSCISA FINAL (KM): 11+250 AREA DE LA UNIDAD: 216							
TIPOS DE FALLA 1. PIEL DE COCODRILO 2. EXUDACIÓN 3. FISURAMIENTO EN BLOQUE 4. DESNIVELES LOCALIZADOS 5. CORRUGACIÓN 6. DEPRESIÓN 7. FISURAMIENTO EN BORDE 8. FISURAMIENTO DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN 9. DESNIVEL DE CARRIL 10. FISURAMIENTO LONGITUDINAL O TRANSVERSAL				11. PARCHE DE CORTE DE SERVICIO 12. AGREGADO PULIDO 13. BACHES 14. CRUCE DE FERROCARRIL 15. SURCO EN HUELLA 16. DESPLAZAMIENTO 17. FISURAMIENTO DERESBALAMIENTO 18. HINCHAMIENTO 19. DESMORONAMIENTO /INTEMPERISMO				ESQUEMA TRAMO KM 10+500  TRAMO KM 11+250			
NIVELES DE SEVERIDAD											
BAJA – LOW (L)			MEDIA – MEDIUM (M)				ALTA – HIGH (H)				
No. FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
1	L	3,42	5,6	2	4,37	16,2	5,2	44,01	20,38	41	
		7,22									
1	M	12,69	10,2	6,75				29,64	13,72	49	
10	L	2	0,6	0,9	3	3		9,5	4,40	4	
11	L	9,4	7,8	3,75	2,5	9,3	10,5	59,75	27,66	26	
		13,5	3								
11	M	7,5	4,5	11,4	1,7			25,1	11,62	32	
13	L	0,034	0,046					0,08	0,04	0	
13	M	0,046	0,105					0,151	0,07	0	
									TOTAL VALOR DEDUCIDO	152	

Número de valores deducidos > 2 (q) = 5

Valor deducido más alto ($HDVi$) = 49



$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDVi)$$

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 49)$$

$$mi = 5,68 \rightarrow 6$$

No.	VALORES DEDUCIDOS										TOTAL	q	VDC
1	49	41	32	26	4						152	5	82
2	49	41	32	26	2						150	4	81
3	49	41	32	2	2						126	3	76
4	49	41	2	2	2						96	2	70
5	49	2	2	2	2						57	1	57
												MAX VDC	82
												PCI	18
												CALIFICACIÓN	MUY MALO / VERY POOR

7.3.16. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 16 DE LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) HOJA DE REGISTRO DE FALLAS									
CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA FECHA (D/M/A): FEBRERO 12, 2021 INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE CONDICIÓN CLIMÁTICA: SOLEADO				ANCHO DE LA VÍA (METROS): 7,2 UNIDAD DE LA MUESTRA: 16 ABSCISA INICIAL (KM): 11+250 ABSCISA FINAL (KM): 12+000 AREA DE LA UNIDAD: 216							
TIPOS DE FALLA 1. PIEL DE COCODRILO 2. EXUDACIÓN 3. FISURAMIENTO EN BLOQUE 4. DESNIVELES LOCALIZADOS 5. CORRUGACIÓN 6. DEPRESIÓN 7. FISURAMIENTO EN BORDE 8. FISURAMIENTO DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN 9. DESNIVEL DE CARRIL 10. FISURAMIENTO LONGITUDINAL O TRANSVERSAL				11. PARCHE DE CORTE DE SERVICIO 12. AGREGADO PULIDO 13. BACHES 14. CRUCE DE FERROCARRIL 15. SURCO EN HUELLA 16. DESPLAZAMIENTO 17. FISURAMIENTO DERESBALAMIENTO 18. HINCHAMIENTO 19. DESMORONAMIENTO /INTEMPERISMO				ESQUEMA TRAMO KM 11+250  TRAMO KM 12+000			
NIVELES DE SEVERIDAD											
BAJA – LOW (L)			MEDIA – MEDIUM (M)					ALTA – HIGH (H)			
No. FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
1	L	4,08	2,70	5,76	4,59	4,75	4,65	59,74	27,67	45	
		2,52	6,75	8,46	8,73	6,75					
1	M	3,72	5,85	3,33	9,66			22,56	10,44	47	
6	L	1,10						1,10	0,51	0,4	
10	M	0,55						0,55	0,25	0	
10	H	0,87	3,20	0,40	0,30	2,10		6,87	3,18	19	
11	L	7,80	18,00					7,80	3,61	8	
11	M	2,50	4,20	1,68	4,20	4,03	3,46	47,44	21,96	42	
		5,60	4,10	8,40	1,04	2,68	5,55				
12		4,66						4,66	2,16	0	
15	L	11,20						11,20	5,19	21	
16	M	0,56						0,56	0,26	3	

TOTAL VALOR DEDUCIDO	185,4
----------------------------	-------

Número de valores deducidos > 2 (q) = 7

Valor deducido más alto ($HDVi$) = 47

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDVi)$$

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - 47)$$

$$mi = 5,86 \rightarrow 6$$

No.	VALORES DEDUCIDOS									TOTAL	q	VDC
1	47	45	42	21	19	8				182	6	85
2	47	45	42	21	19	2				176	5	86
3	47	45	42	21	2	2				159	4	86
4	47	45	42	2	2	2				140	3	83
5	47	45	2	2	2	2				100	2	70
6	47	2	2	2	2	2				57	1	57
											MAX VDC	86
											PCI	14
											CALIFICACIÓN	MUY MALO / VERY POOR

7.3.17. RESUMEN DE LA CALIDAD DE CADA UNIDAD DE LA CARRETERA

En base al estudio realizado con la metodología PCI, se han obtenido los resultados de la calidad actual de cada una de las unidades de estudio del pavimento, las cuales está registradas en función a sus respectivas abscisas de inicio y de final. Con la fórmula que se presenta a continuación se obtendrá un promedio de la calidad total de los 12 kilómetros de vía de la carretera Sicsibamba – Urbina.

$$PCI = \frac{\sum PCI \times A}{\sum A}$$

Sin embargo, debido a que el ancho de calzada de cada una de las unidades de estudio eran las mismas, entonces el área de cada una de las unidades será la misma. Es por esto que esta fórmula se puede simplificar a la que se presenta a continuación:

$$PCI = \frac{\sum PCI}{\text{NÚMERO TOTAL DE UNIDADES}}$$

Una vez identificado el estado de cada unidad en base a la escala PCI, realizaremos la siguiente tabla de resumen, donde posterior a esto dibujaremos un bosquejo de la carretera, donde se especificará el estado de la vía en cada tramo, mediante los siguientes colores que hemos escogido para cada rango en la escala PCI.

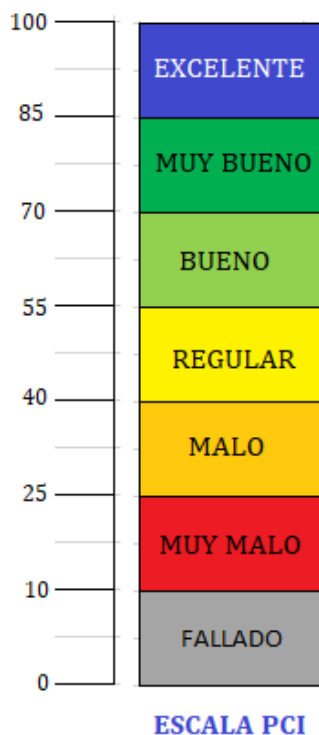


Ilustración 32: Escala PCI - Fuente: Elaboración Propia

Tabla 73: Resumen de calificación PCI por cada una de las fallas y promedio de calidad de los 12 kilómetros de carretera –
Elaboración Propia

UNIDAD DE MUESTREO	ABSCISA INICIO – ABSCISA FINAL	PCI	CALIFICACIÓN
1	Km 0+000 – Km 0+750	23	MUY MALO
2	Km 0+750 – Km 1+500	31	MALO
3	Km 1+500 – Km 2+250	27	MALO
4	Km 2+250 – Km 3+0000	24	MUY MALO
5	Km 3+000 – Km 3+750	52	REGULAR
6	Km 3+750 – Km 4+500	40	MALO
7	Km 4+500 – Km 5+250	17	MUY MALO
8	Km 5+250 – Km 6+000	33	MALO
9	Km 6+000 – Km 6+750	27	MALO
10	Km 6+750 – Km 7+500	15	MUY MALO
11	Km 7+500 – Km 8+250	15	MUY MALO
12	Km 8+250 – Km 9+000	17	MUY MALO
13	Km 9+000 – Km 9+750	21	MUY MALO
14	Km 9+750 – Km 10+500	29	MALO
15	Km 10+500 – Km 11+250	18	MUY MALO
16	Km 11+250 – Km 12+000	14	MUY MALO
	PROMEDIO	26	MALO

La vía fue analizada en dirección Sicsibamba – Urbina, donde la evaluación arroja un resultado donde solo el 37% representa un pavimento en buen estado, pero un total del 63% del pavimento tiene fallas y se encuentran en un mal estado. Las fallas que tienen una mayor incidencia en esta carretera son: Piel de Cocodrilo, Fisuramiento en Bloque, Fisuramiento Longitudinal o Transversal, Parche de Corte de Servicio. Sin embargo, en un par de tramos se encontraron baches y cruces de ferrocarril.

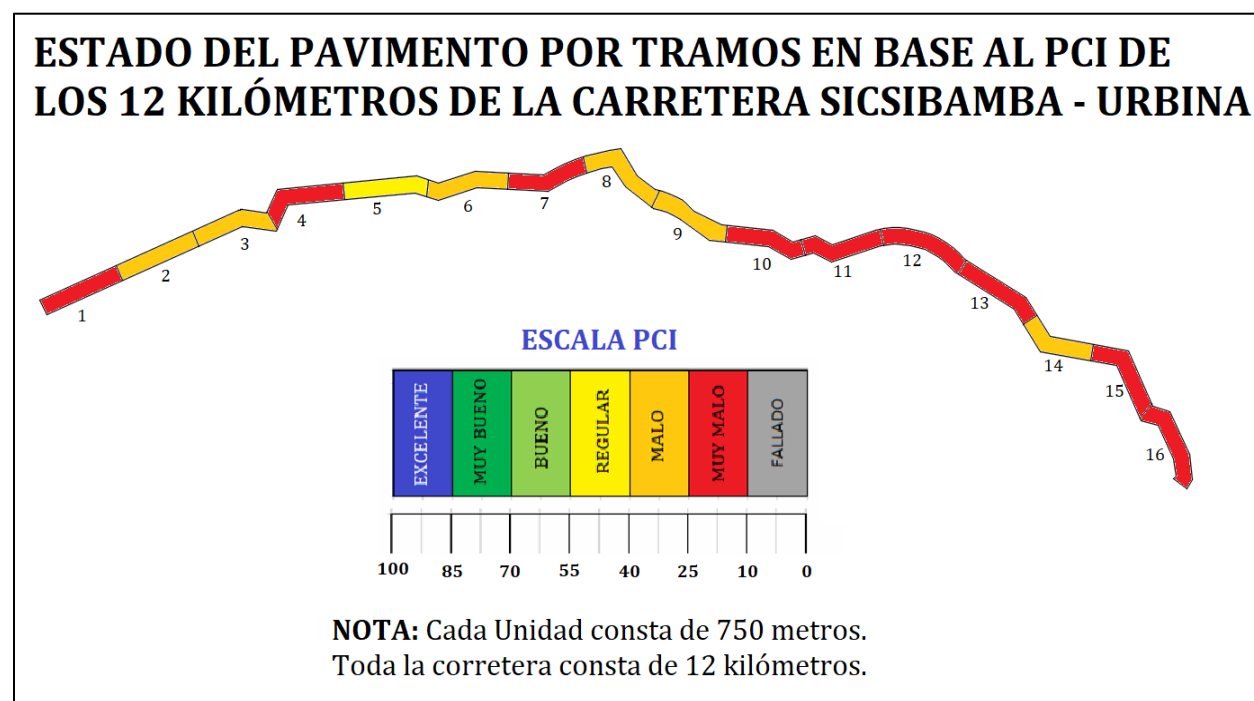


Ilustración 33: Estado del pavimento en base al PCI - Fuente: Elaboración Propia

En la anterior gráfica se presenta el boceto de la carretera Sicsibamba – Urbina, dividido en las 16 unidades evaluadas, donde se representa cada tramo según su estado, en base a los colores referenciales de la escala PCI escogidos.

7.3.18. EVALUACIÓN TOTAL DE LAS FALLAS EN LA CARRETERA

Cada una de las unidades han presentado fallas de piel de cocodrilo, fisuramiento en bloque, parches, etc. A continuación, se realizará una sumatoria de todas las cantidades parciales de las fallas en los 12 kilómetros de carretera evaluados, como se presenta a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 74: Sumatoria total de las cantidades parciales en toda la carretera Sicsibamba – Urbina – *Elaboración Propia*

N° FALLA	CANTIDADES PARCIALES EN TODA LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA																													TOTAL	
1	9,9	9,6	43,9	16,4	42,8	16,8	59,1	25,4	69,3	21,7	36,6	44,0	29,6	59,7	22,6	26,2	62,4	23,3	9,5	26,4	18,0	91,2	56,7	26,6	0,3	34,6	27,9	43,6	13,5	52	1019,89
2	0,5																													0,48	
3	43,6	3,8	27,5	15,0	6,8	1,4	61,7	13,0	41,5	6,0																				220,16	
4	4,8	3,6																												8,35	
5																														0,00	
6	1,1	0,3																												1,36	
7																														0,00	
8																														0,00	
9	19,3	11,0	14,0																											44,25	
10	8,6	1,0	3,0	4,7	7,5	2,2	9,5	0,6	6,9	2,5	10,0	12,8	10,8	9,2																89,25	
11	9,8	7,5	13,5	55,2	25,9	11,7	19,4	3,2	43,5	9,8	65,1	48,8	59,8	25,1	7,8	47,4	41,1	14,6	15,4	8,8	21,1	6,6	0,4	15,6	11,0	36,1	5,6			629,51	
12	11,8	15,0	4,7	0,2	10,7	2,4	42,0																					86,72			
13	2,4	1,5	0,1	0,2	0,9																									5,04	
14	23,8	22,3																												46,12	
15	11,2	6,9	1,4	1,4																										20,85	
16	0,6																													0,56	
17																														0,00	
18	3,5	0,6	2,8																											6,94	
19	0,1																													0,05	

Las fallas están codificadas numéricamente. En la siguiente tabla se presenta el número que representa cada falla, para el mejor entendimiento de la anterior tabla de sumatoria total de las cantidades parciales de las fallas encontradas en le carretera.

Tabla 75: Decodificación de las fallas encontradas en la carretera Sicsibamba - Urbina - *Elaboración Propia*

No. DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA
1	Piel de cocodrilo
2	Exudación
3	Fisuramiento en bloque
4	Desniveles localizados
6	Depresión
9	Desnivel de carril
10	Fisuramiento longitudinal o transversal
11	Parche de corte de servicio
12	Agregado pulido
13	Baches
14	Cruce de ferrocarril
15	Surco en huella
16	Desplazamiento
18	Hinchamiento
19	Desmoronamiento / intemperismo

En base a estos resultados que se han presentado en la evaluación de los 12 kilómetros de la carretera Sicsibamba – Urbina, hemos obtenido las siguientes gráficas que representan de manera porcentual cada una de las fallas, indicando las fallas que tienen mayor y menor incidencia en la carretera.

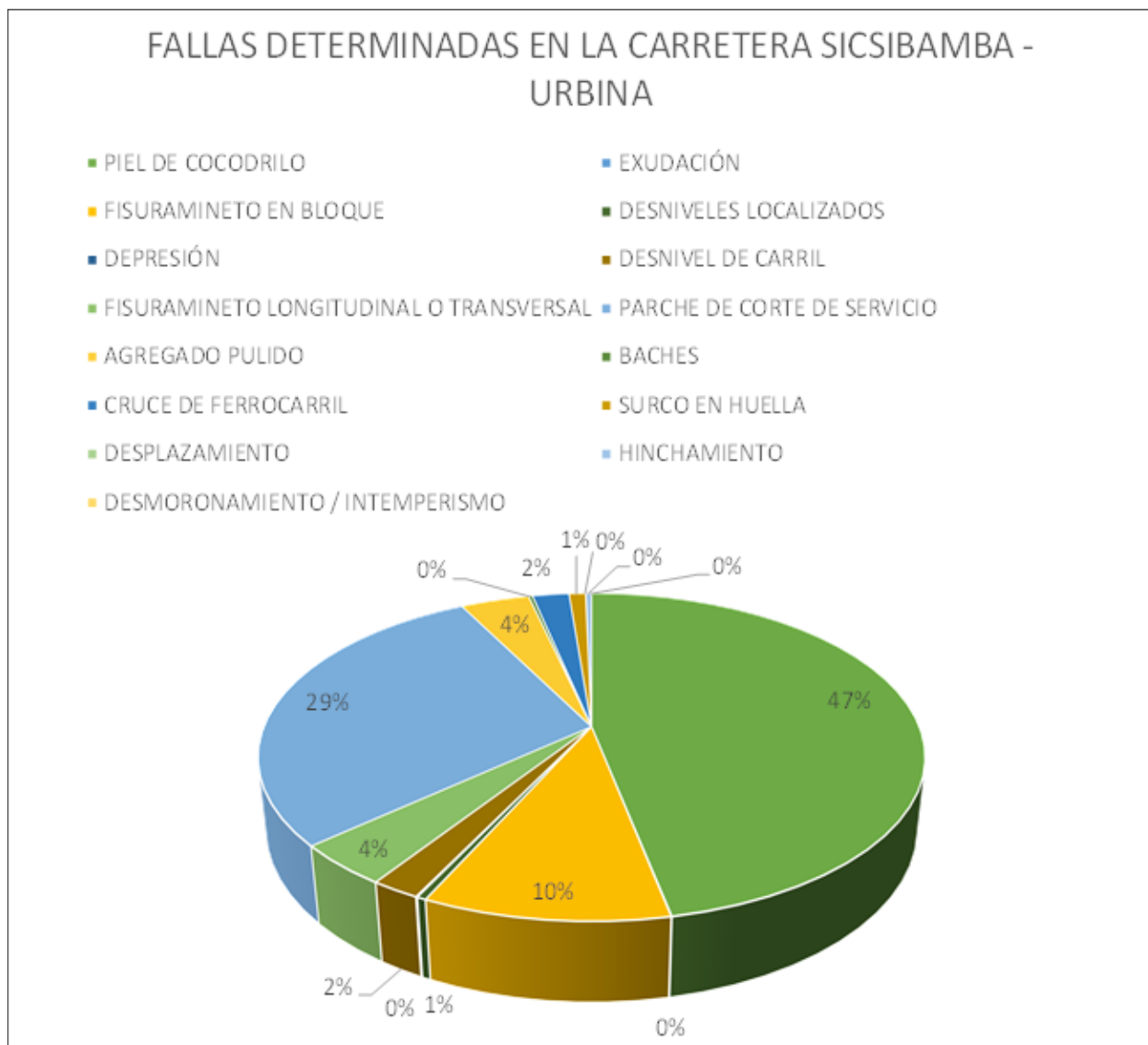


Ilustración 34: Fallas determinadas en la carretera Sicsibamba – Urbina - Elaboración Propia

Al analizar la gráfica anterior podemos concluir que las fallas con una mayor incidencia en la carretera son la piel de cocodrilo presentándose en un 47% respecto a la totalidad de las fallas; parche de corte de servicio en un 29% respecto a la totalidad de las fallas; y fisuramiento en bloque con un 10% respecto a la totalidad de las fallas. Todas las fallas menores al 10%, son de baja incidencia en el pavimento, como la depresión, agregado pulido, cruce de ferrocarril, desplazamiento, desmoronamiento, exudación, desniveles localizados y carril, etc.



Ilustración 35: Fallas determinadas en la carretera Sicsibamba – Urbina – Elaboración Propia

En la anterior gráfica se puede apreciar aún más las fallas que más inciden en la carretera, mostrando las totalidades de cada una de las fallas, los picos más altos son aquellos que se presenta mayormente en la carretera.

CAPÍTULO VIII

8. PROPUESTA DE MANTENIMIENTO

8.1. MANTENIMIENTO REQUERIDO EN BASE A LA CONDICIÓN Y EDAD DEL PAVIMENTO

Primero, realizaremos una propuesta general de las reparaciones necesarias que necesita cada unidad analizada de la carretera, basadas en la gráfica de condición típica de ciclo de vida de un pavimento, que se muestra a continuación. Esta gráfica se analiza en base a la escala PCI, donde podemos determinar la edad del pavimento (Bueno, Regular, Pobre), y de esta manera generalizar qué tipo de mantenimiento o reparación sería el más óptimo.

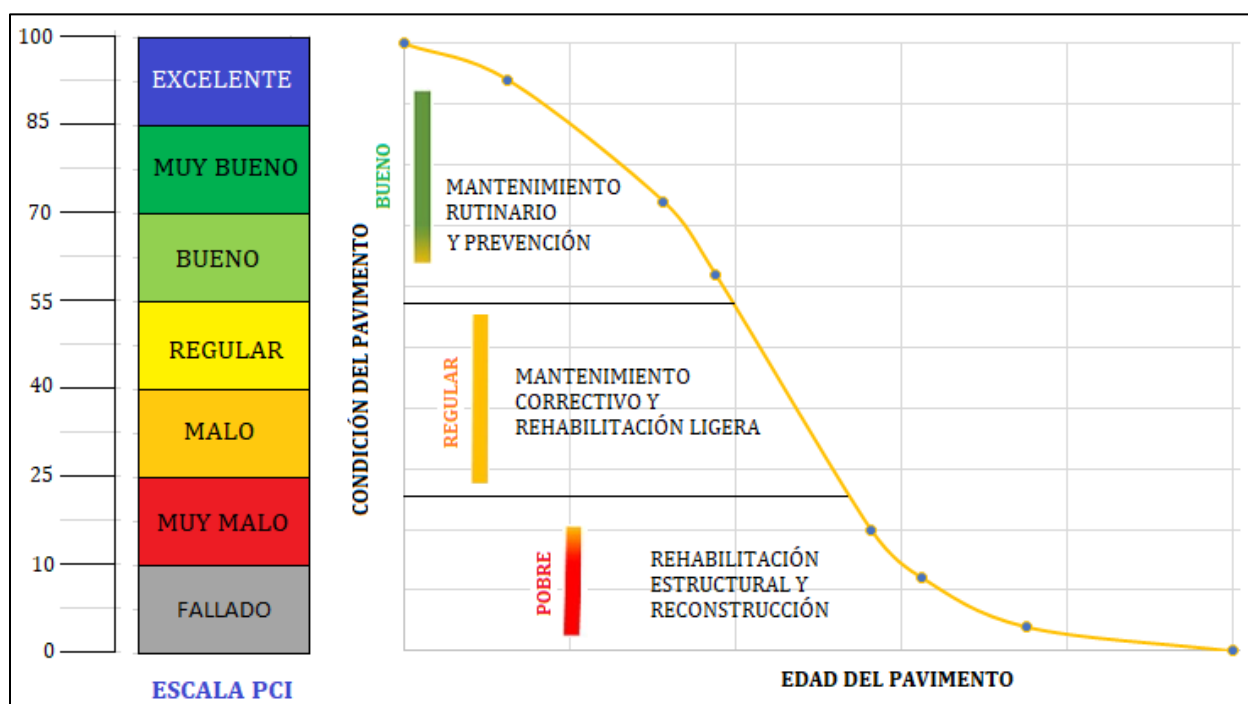


Ilustración 36: Ciclo de vida de un pavimento en función al estado del pavimento y el tipo de mantenimiento requerido - Fuente: Elaboración Propia

En base a la ilustración del ciclo de vida del pavimento, realizaremos una evaluación de las calificaciones obtenidas en cada unidad en base a la escala PCI. Donde unidades en estado bueno, las pintaremos de color verde y son aquellas que requieren de mantenimiento rutinario, las unidades en estado regular, las pintaremos de color tomate y son aquellas que requieren de

mantenimiento correctivo y rehabilitación ligera. Mientras que, las unidades en estado pobre, las pintaremos de color rojo y son aquellas que requieren de rehabilitación estructural y reconstrucción.

Los valores en función a la edad del pavimento son: entre 0 y 25 se considerarán en un estado y edad del pavimento pobre, los valores entre 25 y 55 se considerarán en un estado y edad del pavimento regular. Y finalmente, los valores entre 55 y 100 se considerarán en un estado y edad del pavimento bueno.

Tabla 76: Condición del pavimento en base al tipo de mantenimiento requerido. Fuente: Elaboración Propia

UNIDAD DE MUESTREO	ABSCISA INICIO – ABSCISA FINAL	PCI	CALIFICACIÓN
1	Km 0+000 – Km 0+750	23	MUY MALO
2	Km 0+750 – Km 1+500	31	MALO
3	Km 1+500 – Km 2+250	27	MALO
4	Km 2+250 – Km 3+0000	24	MUY MALO
5	Km 3+000 – Km 3+750	52	REGULAR
6	Km 3+750 – Km 4+500	40	MALO
7	Km 4+500 – Km 5+250	17	MUY MALO
8	Km 5+250 – Km 6+000	33	MALO
9	Km 6+000 – Km 6+750	27	MALO
10	Km 6+750 – Km 7+500	15	MUY MALO
11	Km 7+500 – Km 8+250	15	MUY MALO
12	Km 8+250 – Km 9+000	17	MUY MALO
13	Km 9+000 – Km 9+750	21	MUY MALO
14	Km 9+750 – Km 10+500	29	MALO
15	Km 10+500 – Km 11+250	18	MUY MALO
16	Km 11+250 – Km 12+000	14	MUY MALO
	PROMEDIO	26	MALO

Finalmente se puede concluir que más de la mitad de las unidades analizadas (16 unidades) necesitan de rehabilitación estructural y reconstrucción ya que tienen calificaciones PCI entre 0 y 25. Mientras que, las otras unidades requieren de mantenimiento correctivo (mantenimiento mayor) y rehabilitación ligera (mantenimiento menor), y se encuentra entre calificaciones PCI de 25 y 55.

8.2. PROPUESTAS DE REPARACIONES POR CADA UNIDAD ANALIZADA DE LA CARRETERA

A continuación, se indican varias propuestas de reparaciones por cada unidad de análisis, en base a cada una de las fallas registradas por cada una de las 16 unidades analizadas en los 12 kilómetros de la carretera Sicsibamba – Urbina. Se toma como referencia la sumatoria de las cantidades parciales por cada una de la falla registrada y sus severidades, como se realizó mediante la metodología PCI.

Tabla 77: Alternativa de reparación Unidad 1 – Elaboración Propia

No. FALLA	DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD (m ²)	REPARACIÓN
1	PIEL DE COCODRILO	BAJA	26,24	SELLO SUPERFICIAL - LECHADA
1	PIEL DE COCODRILO	MEDIA	62,43	RECONSTRUCCIÓN
2	EXUDACIÓN	BAJA	0,48	-
3	FISURAMIENTO EN BLOQUE	MEDIA	1,36	SELLADO SUPERFICIAL CON EMULSIÓN DE BITUMEN
4	DESNIVELES LOCALIZADOS	BAJA	4,77	-
4	DESNIVELES LOCALIZADOS	MEDIA	3,58	TRATAMIENTO ASFÁLTICO
10	FISURAMIENTO LONG O TRANS	MEDIA	2,49	SELLADO SUPERFICIAL CON EMULSIÓN DE BITUMEN
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	BAJA	41,06	-
12	AGREGADO PULIDO		0,18	TRATAMIENTO SUPERFICIAL
13	BACHES	BAJA	0,89	-
15	SURCO EN HUELLA	BAJA	6,87	-

Tabla 78: Alternativa de reparación Unidad 2 – Elaboración Propia

No. FALLA	DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD (m ²)	REPARACIÓN
1	PIEL DE COCODRILO	BAJA	23,34	SELLO SUPERFICIAL-LECHADA
1	PIEL DE COCODRILO	MEDIA	9,45	RECONSTRUCCIÓN
10	FISURAMIENTO LONG O TRANS	BAJA	10,04	SELLADO SUPERFICIAL CON EMULSIÓN DE BITUMEN
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	BAJA	14,62	-
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	MEDIA	15,42	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
15	SURCO EN HUELLA	MEDIA	1,43	PARCHEO PARCIAL
18	HINCHAMIENTO	BAJA	0,64	-

Tabla 79: Alternativa de reparación Unidad 3 – *Elaboración Propia*

No. FALLA	DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD (m ²)	REPARACIÓN
1	PIEL DE COCODRILO	BAJA	26,37	SELLO SUPERFICIAL-LECHADA
1	PIEL DE COCODRILO	MEDIA	18,02	RECONSTRUCCIÓN
6	DEPRESIÓN	MEDIA	0,26	BACHEO
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	BAJA	8,75	-
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	MEDIA	21,07	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
12	AGREGADO PULIDO		10,7	TRATAMIENTO SUPERFICIAL
15	SURCO EN HUELLA	BAJA	1,35	-
19	DESMORONAMIENTO / INTEMPERISMO	BAJA	0,05	-

Tabla 80: Alternativa de reparación Unidad 4 – *Elaboración Propia*

No. FALLA	DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD (m ²)	REPARACIÓN
1	PIEL DE COCODRILO	BAJA	91,19	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
1	PIEL DE COCODRILO	MEDIA	56,74	RECONSTRUCCIÓN
12	AGREGADO PULIDO		2,4	TRATAMIENTO SUPERFICIAL
14	CRUCE DE FERROCARRIL	BAJA	22,32	-

Tabla 81: Alternativa de reparación Unidad 5 – *Elaboración Propia*

No. FALLA	DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD (m ²)	REPARACIÓN
1	PIEL DE COCODRILO	BAJA	26,61	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
1	PIEL DE COCODRILO	MEDIA	0,3	RECONSTRUCCIÓN
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	MEDIA	6,6	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
18	HINCHAMIENTO	MEDIA	2,8	-

Tabla 82: Alternativa de reparación Unidad 6 – *Elaboración Propia*

No. FALLA	DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD (m ²)	REPARACIÓN
1	PIEL DE COCODRILO	MEDIA	34,6	RECONSTRUCCIÓN
3	FISURAMIENTO EN BLOQUE	BAJA	61,74	SELLADO SUPERFICIAL CON EMULSIÓN DE BITUMEN
10	FISURAMIENTO LONG O TRANS	MEDIA	12,8	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	BAJA	0,4	-
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	MEDIA	15,6	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA

Tabla 83: Alternativa de reparación Unidad 7 – Elaboración Propia

No. FALLA	DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD (m ²)	REPARACIÓN
1	PIEL DE COCODRILO	BAJA	27,87	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
1	PIEL DE COCODRILO	MEDIA	43,61	RECONSTRUCCIÓN
3	FISURAMIENTO EN BLOQUE	MEDIA	12,96	SELLADO SUPERFICIAL CON EMULSIÓN DE BITUMEN
9	DESNIVEL DE CARRIL	MEDIA	11	SELLADO SUPERFICIAL CON MORTERO DE ASFALTO
10	FISURAMIENTO LONG O TRANS	BAJA	10,8	SELLADO SUPERFICIAL CON EMULSIÓN DE BITUMEN
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	BAJA	11	-
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	MEDIA	36,14	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA

Tabla 84: Alternativa de reparación Unidad 8 – Elaboración Propia

No. FALLA	DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD (m ²)	REPARACIÓN
1	PIEL DE COCODRILO	BAJA	13,5	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
1	PIEL DE COCODRILO	MEDIA	52,23	RECONSTRUCCIÓN
3	FISURAMIENTO EN BLOQUE	BAJA	41,5	SELLADO SUPERFICIAL CON EMULSIÓN DE BITUMEN
3	FISURAMIENTO EN BLOQUE	MEDIA	6	SELLADO SUPERFICIAL CON EMULSIÓN DE BITUMEN
9	DESNIVEL DE CARRIL	MEDIA	14	SELLADO SUPERFICIAL CON MORTERO DE ASFALTO
10	FISURAMIENTO LONG O TRANS	MEDIA	9,2	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	MEDIA	5,63	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
12	AGREGADO PULIDO		42	TRATAMIENTO SUPERFICIAL

Tabla 85: Alternativa de reparación Unidad 9 – Elaboración Propia

No. FALLA	DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD (m ²)	REPARACIÓN
1	PIEL DE COCODRILO	BAJA	21,33	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
1	PIEL DE COCODRILO	MEDIA	20,81	RECONSTRUCCIÓN
3	FISURAMIENTO EN BLOQUE	BAJA	43,55	SELLADO SUPERFICIAL CON EMULSIÓN DE BITUMEN
3	FISURAMIENTO EN BLOQUE	MEDIA	3,75	SELLADO SUPERFICIAL CON EMULSIÓN DE BITUMEN
9	DESNIVEL DE CARRIL	BAJA	19,25	SELLADO SUPERFICIAL CON EMULSIÓN DE BITUMEN
10	FISURAMIENTO LONG. O TRANS.	MEDIA	8,60	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	BAJA	9,75	-
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	MEDIA	7,50	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
13	BACHES	BAJA	2,38	-

Tabla 86: Alternativa de reparación Unidad 10 – *Elaboración Propia*

No. FALLA	DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD (m ²)	REPARACIÓN
1	PIEL DE COCODRILO	BAJA	43,85	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
1	PIEL DE COCODRILO	MEDIA	16,40	RECONSTRUCCIÓN
3	FISURAMIENTO EN BLOQUE	BAJA	27,50	SELLADO SUPERFICIAL CON EMULSIÓN DE BITUMEN
10	FISURAMIENTO LONG. O TRANS.	MEDIA	1,00	SELLADO SUPERFICIAL CON EMULSIÓN DE BITUMEN
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	BAJA	13,50	-
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	MEDIA	55,20	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
12	AGREGADO PULIDO	-	11,78	TRATAMIENTO SUPERFICIAL

Tabla 87: Alternativa de reparación Unidad 11 – *Elaboración Propia*

No. FALLA	DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD (m ²)	REPARACIÓN
1	PIEL DE COCODRILO	BAJA	42,82	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
1	PIEL DE COCODRILO	MEDIA	16,83	RECONSTRUCCIÓN
3	FISURAMIENTO EN BLOQUE	BAJA	15,00	SELLADO SUPERFICIAL CON EMULSIÓN DE BITUMEN
10	FISURAMIENTO LONG. O TRANS.	MEDIA	3,00	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	BAJA	25,86	-
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	MEDIA	11,70	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA

Tabla 88: Alternativa de reparación Unidad 12 – *Elaboración Propia*

No. FALLA	DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD (m ²)	REPARACIÓN
1	PIEL DE COCODRILO	BAJA	59,11	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
1	PIEL DE COCODRILO	MEDIA	25,35	RECONSTRUCCIÓN
3	FISURAMIENTO EN BLOQUE	MEDIA	6,80	SELLADO SUPERFICIAL CON EMULSIÓN DE BITUMEN
10	FISURAMIENTO LONG. O TRANS.	MEDIA	4,70	SELLADO SUPERFICIAL CON EMULSIÓN DE BITUMEN
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	BAJA	19,36	-
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	MEDIA	3,19	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
13	BACHES	BAJA	1,54	-
14	CRUCE DE FERROCARRIL	MEDIA	23,80	PARCHEO PARCIAL

Tabla 89: Alternativa de reparación Unidad 13 – *Elaboración Propia*

No. FALLA	DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD (m ²)	REPARACIÓN
1	PIEL DE COCODRILO	BAJO	69,29	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
1	PIEL DE COCODRILO	MEDIO	21,65	RECONSTRUCCIÓN
10	FISURAMIENTO LONG. O TRANS.	MEDIO	7,50	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	BAJO	43,52	-
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	MEDIO	9,75	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
12	AGREGADO PULIDO	-	15,00	TRATAMIENTO SUPERFICIAL
18	HINCHAMIENTO	BAJO	3,50	-

Tabla 90: Alternativa de reparación Unidad 14 – *Elaboración Propia*

No. FALLA	DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD (m ²)	REPARACIÓN
1	PIEL DE COCODRILO	BAJO	36,63	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
10	FISURAMIENTO LONG. O TRANS.	MEDIO	2,20	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	BAJO	65,05	-
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	MEDIO	48,75	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA

Tabla 91: Alternativa de reparación Unidad 15 – *Elaboración Propia*

No. FALLA	DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD (m ²)	REPARACIÓN
1	PIEL DE COCODRILO	BAJO	36,63	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
10	FISURAMIENTO LONG. O TRANS.	MEDIO	2,20	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	BAJO	65,05	-
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	MEDIO	48,75	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA

Tabla 92: Alternativa de reparación Unidad 16 – *Elaboración Propia*

No. FALLA	DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD (m ²)	REPARACIÓN
1	PIEL DE COCODRILO	BAJO	36,63	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA
10	FISURAMIENTO LONG. O TRANS.	MEDIO	2,20	SELLADO SUPERFICIAL CON EMULSIÓN DE BITUMEN
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	BAJO	65,05	-
11	PARCHE DE CORTE DE SERVICIO	MEDIO	48,75	SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA

Como se puede observar en las tablas anteriores, se han sugerido varias alternativas de reparación para cada una de las fallas, en función a su severidad. A continuación, se realiza un resumen de todas las propuestas de reparación con sus pertinentes descripciones.

Tabla 93: Descripción de las reparaciones – *Elaboración Propia*

REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN
SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA	Se sugiere realizar este sellado superficial con lechada, debido a que, si se lo coloca en carreteras de pavimento antiguo o que se han envejecido prematuramente, impermeabiliza y rejuvenece, sella grietas superficiales, ayuda a que sea antideslizante y extiende su vida útil. Es una mezcla compuesta por árido fino bien graduado, relleno mineral (filler) si se requiere, emulsión asfáltica y agua, que adquiere un aspecto cremoso. En este proceso, el slurry seal o lechada asfáltica es fabricado por el equipo de aplicación, al mismo tiempo que se coloca. Los materiales de fino a grueso dependen de la gravedad y tamaño de la falla.
SELLADO SUPERFICIAL CON UNA EMULSIÓN DE BITUMEN	Este tratamiento superficial sugerido es el vertido de una mezcla de emulsión de bitumen, donde se coloca el ligante bituminoso en la calzada y sobre este ponemos uniformemente un agregado, para luego ser compactado. El espesor del sellado debe ser aproximadamente igual a la mayor dimensión de los fragmentos pétreos. La lechada bituminosa se puede usar para el sellado de pavimentos abiertos, envejecidos o fisurados, también para hacer superficies antideslizantes, ya que su textura es áspera.
TRATAMIENTO ASFÁLTICO	Se sugiere realizar este tipo de tratamiento, para de esta manera prolongar la duración de la vida del pavimento, en el cual se realiza una aplicación única de riego del ligante bituminoso, y luego se vierte árido con un tamaño lo más uniforme posible; a diferencia del tratamiento superficial doble, donde se realizan dos riegos de bitumen y árido. Este proceso se debe realizar sobre una estructura apropiada, que cumplan todos los requisitos de serviciabilidad y resistencia.
TRATAMIENTO SUPERFICIAL	El parcheo parcial es muy sugerido para ciertos puntos de la carretera, debido a que este proceso sirve para realizar una reparación en áreas superficiales pequeñas de la vía. Este proceso se realiza mediante el vertido superficial de mezcla asfáltica en frío o en caliente.
PARCHEO PARCIAL	El bacheo es sugerido en aquellas zonas en las cuales se presenta un daño profundo en la estructura del pavimento, donde se realiza el reemplazo o mejoramiento de la capa base, subbase y la capa de rodadura. Este proceso se realiza mediante el vertido de mezcla asfáltica en frío o en caliente.
BACHEO	El sellado asfáltico es sugerido para realizar la impermeabilización de la superficie del pavimento. Para lograr esto se debe realizar un llenado de los vacíos y las grietas presentes en la carpeta asfáltica, evitando de esta manera una mayor desintegración, desgaste y mejorando la resistencia y durabilidad superficial. Para realizar la mezcla de mortero de asfalto se debe mezclar agregados pétreos, emulsión asfáltica y agregado fino.
SELLADO SUPERFICIAL CON MORTERO DE ASFALTO	Se sugiere realizar este sellado superficial con lechada, debido a que, si se lo coloca en carreteras de pavimento antiguo o que se han envejecido prematuramente, impermeabiliza y rejuvenece, sella grietas superficiales, ayuda a que sea antideslizante y extiende su vida útil. Es una mezcla compuesta por árido fino bien graduado, relleno mineral (filler) si se requiere, emulsión asfáltica y agua, que adquiere un aspecto cremoso. En este proceso, el slurry seal o lechada asfáltica es fabricado por el equipo de aplicación, al mismo tiempo que se coloca. Los materiales de fino a grueso dependen de la gravedad y tamaño de la falla.

8.3. ANÁLISIS DE CANTIDADES DE REPARACIONES

En este subcapítulo se realizará un estudio porcentual de las reparaciones propuestas en función a las cantidades en m^2 de las fallas que deben ser reparadas. Mostrando finalmente la totalidad de las reparaciones en m^2 en base al área total de la carretera analizada. En este breve estudio, podremos saber el área total en porcentaje de la carretera que deberá ser reparada.

Tabla 94: Porcentajes de reparaciones

REPARACIÓN	m^2
SELLADO SUPERFICIAL – LECHADA	960,99
RECONSTRUCCIÓN	378,42
SELLADO SUPERFICIAL CON UNA EMULSIÓN DE BITUMEN	270,84
TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE	85,64
PARCHEO PARCIAL	25,23
BACHEO	0,26
SELLADO SUPERFICIAL CON MORTERO DE ASFALTO	25
TOTAL DE REPARACIÓN	1746,38
TOTAL DE LA CARRETERA ANALIZADA	3456
TOTAL DE LA CARRETERA SIN NECESIDAD DE REPARACIÓN	1709,62

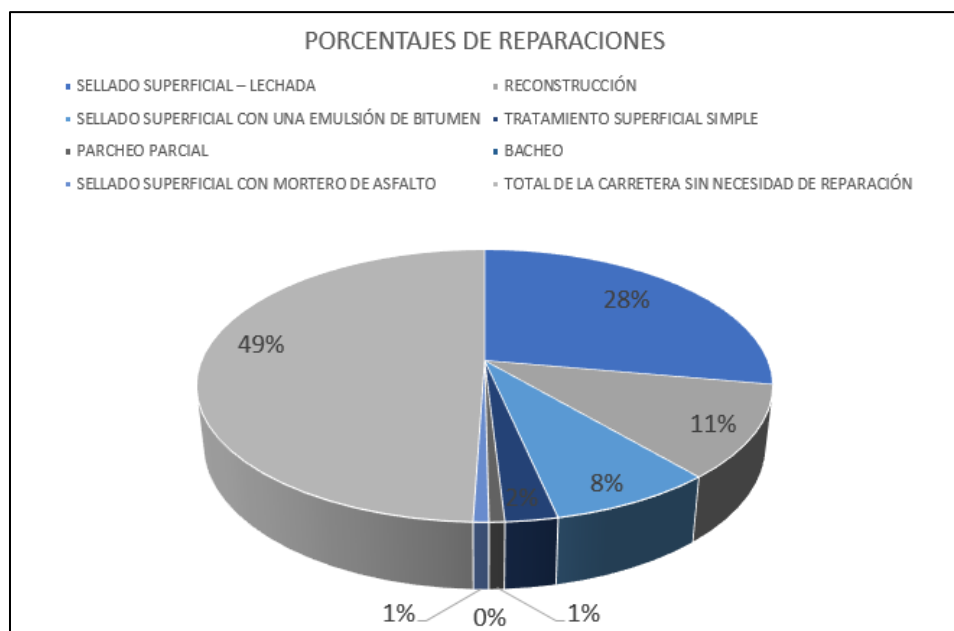


Ilustración 37: Porcentajes de Reparaciones - *Elaboración Propia*

En la carretera se evaluó 12 kilómetros en 16 unidades, cada una de las unidades correspondía a $216 m^2$. Resultando la evaluación de un total de $3456 m^2$ de área de carretera.

Analizando la anterior ilustración, se puede observar que el 49% de la carretera Sicsibamba – Urbina no necesita reparación, siendo un total de $1709,62 m^2$ de la vía.

Al analizar la gráfica anterior podemos concluir que las reparaciones con una mayor área de incidencia, son el sellado superficial con lechada con un porcentaje de 28% respecto a la totalidad de la carretera analizada, la reconstrucción de la carretera con un porcentaje de 11% respecto a la totalidad de la carretera analizada y el sellado con bitumen con un porcentaje de 8% respecto a la totalidad de la carretera analizada. Las reparaciones con una menor área de reparación son el tratamiento superficial simple, parcheo parcial, bacheo y el sellado superficial con mortero de asfalto. Finalmente, el total a reparar en la carretera es de $1746,38 m^2$, indicando que el 51% de la carretera debe ser reparada.

8.4. FRESADO DE LA CARRETERA

Debido a que la carretera presenta demasiadas fallas, y sí existen los recursos suficientes, recomendamos realizar una reconstrucción por fresado del pavimento, siendo este un mantenimiento mayor. En base al estudio vial que se ha realizado del tráfico presente en esta carretera, es de gran importancia considerar esta solución, principalmente por la gran cantidad de tráfico pesado que circula en esta vía.

Para realizar el fresado de la carretera Sicsibamba – Urbina, se debe dar un tratamiento a la capa de rodadura, este proyecto consiste en reconstruir la vía, mediante una mezcla asfáltica en caliente de las capas bituminosas, parcialmente o en todo su espesor.

Una de las mayores ventajas de realizar una reconstrucción por fresado, es que se puede utilizar material reciclado, reutilizando material proveniente del mismo pavimento colocado anteriormente. Este tipo de mantenimiento se debe realizar mediante maquinaria recicladora de asfalto.

Este método es ideal para corregir fallas por corrugación, elevaciones, ahuellamiento y alisar las superficies deformadas. En la carretera Sicsibamba - Urbina, mayormente se presentan fallas superficiales que no han afectado las capas inferiores del pavimento, esto lo podemos saber debido a que la carretera casi no presenta hundimientos en la calzada y desniveles localizados. La reconstrucción por fresado no ocasiona ningún tipo de cambio o daños en las capas del pavimento como las bases o sub bases. Este método es muy eficaz debido a que no es necesario realizarlo en toda la calzada, lo cual económicamente es una ventaja.

8.5. MANTENIMIENTO RUTINARIO

- La carretera Sicsibamba – Urbina presenta en términos de serviciabilidad, demasiada basura tanto en las cunetas y terrenos aledaños a la estructura del pavimento. La calidad de la carretera también se encuentra en función de la limpieza, desalojo de basura y cadáveres de animales. En nuestra evaluación pudimos constatar que estos aspectos estaban descuidados y las autoridades pertinentes deberían realizar un mantenimiento rutinario, para mantener la vía en buen estado de servicio.
- En esta zona las precipitaciones de lluvia son muy regulares, esto ocasiona deslizamiento de tierra a la calzada. Debido a que la llanta pierde contacto con el pavimento, puede ser un riesgo vial, puesto a que al hacer contacto la llanta con material suelto, pueden producirse deslizamientos y pérdida de fricción de frenado. En el mantenimiento rutinario se debe realizar el desalojo de tierra deslizada, mediante maquinaria propia de las empresas a cargo.

- La pintura de la señalética horizontal a pesar de las condiciones climáticas de la localidad, ha presentado un buen rendimiento, se puede visualizar la señalética de piso de la vía y la división de los carriles, pero se recomienda realizar un repintado con pintura vial que garantice su duración. Por otro lado, mediante inspección visual, las señaléticas verticales (señales de tránsito como pare, ceda el paso, señales de cambio de dirección, señales de velocidades óptimas, etc.), presentan óptimas condiciones, por lo que no necesita un mantenimiento a corto plazo.

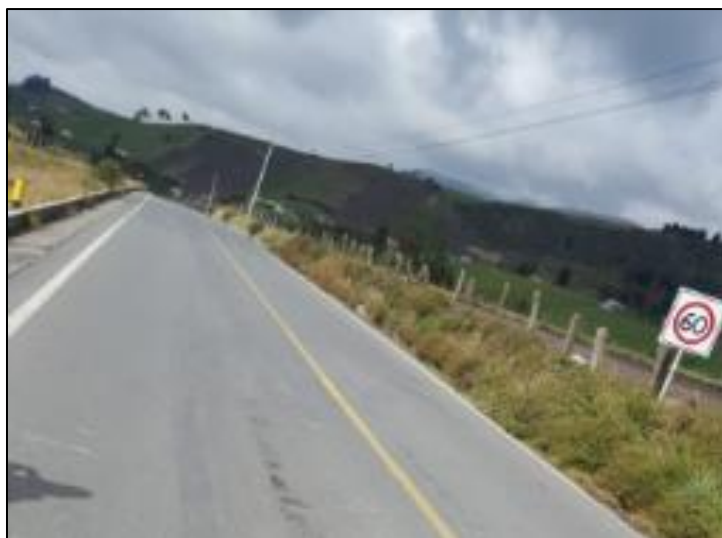



Ilustración 38: Muestra de Señalética horizontal y vertical de la vía

8.6. PRESUPUESTO REFERENCIAL

A continuación, se realizará un análisis de los costos aproximados de mantenimientos que requerirían nuestra vía, en base al ciclo de vida del pavimento en función al estado del pavimento y el tipo de mantenimiento requerido. De tal manera se puede comparar los costos dependiendo el tipo de reparación requerida.

En este caso se analizarán tres tipos de reparaciones en base a la calidad del pavimento, para analizar qué tan costoso se vuelve con el tiempo la reconstrucción de la vía. Para el costo del mantenimiento preventivo (buen estado del pavimento), utilizaremos el costo referencial del Slurry Seal, para el costo del mantenimiento correctivo (estado regular del pavimento) se utilizará el costo referencial del recapeo, y finalmente se analizará el costo aproximado de la reconstrucción del pavimento (estado pobre del pavimento). De tal manera se puedan comparar los precios y estimar el caso más económico.

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR			
		PRESUPUESTOS REFERENCIALES			
CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA					
LONGITUD: 8,58 Kilómetros					
ELABORADO POR: ANA SALAZAR Y PATRICIO MOYANO					
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Slurry Seal (Mortero Asfáltico con polímeros, espesor 5 mm)	m ²	86400	\$2,55	\$220.320,00
2	Recapeo (Riego Bituminoso y colocación de la capa de rodadura de hormigón asfáltico en caliente, espesor 5 cm)	m ²	86400	\$10,5	\$907.200,00
3	Reconstrucción	m ²	86400	\$31,81	\$2'748.384,00

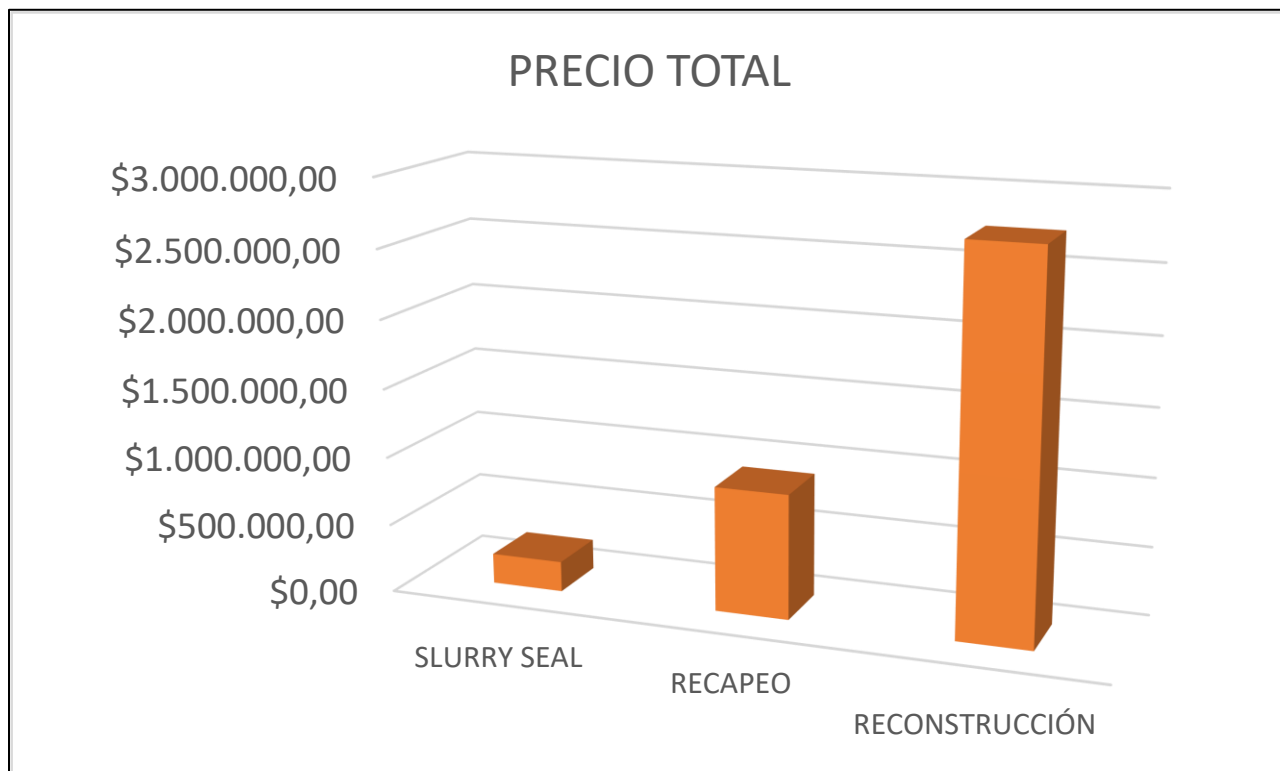


Ilustración 39: Precio Total dependiendo el tipo de mantenimiento - Fuente: Elaboración Propia

En la anterior gráfica se comparó los tres tipos de reparaciones, y se puede observar que realizar un mantenimiento preventivo (Slurry Seal) tiene un costo 4,12 veces menor a un mantenimiento correctivo o mantenimiento mayor (Recapeo), y 12,47 veces menor a una reconstrucción. El recapeo tiene un costo 3,02 veces menor a una reconstrucción.

Es por esto la importancia económica de realizar un mantenimiento preventivo y rápido, porque si se deja pasar el tiempo, la severidad de la calidad del pavimento empeorará, dando como resultado una mayor inversión.

CAPÍTULO IX

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

9.1. CONCLUSIONES

SISTEMA PCI

En función a los objetivos específicos establecidos en este trabajo de disertación, pertinentes a la evaluación realizada en la carretera Sicsibamba – Urbina se puede concluir lo siguiente:

- En base a la evaluación de la carretera mediante inspección visual, se pudo comprobar que la vía ya tenía un mantenimiento previo. Sin embargo, no se encontraba en un buen estado, generando otro tipo de deficiencias a la capa superficial de la vía. Esto nos ha generado incertidumbre, si la vía tiene una reparación adecuada en función a las normativas establecidas.
- La carretera se evaluó mediante la metodología PCI, una metodología completa para realizar evaluaciones de carreteras, utilizada a nivel mundial y de esta manera calificar su calidad. Para la implementación de la metodología se dividió la carretera en unidades de 750 metros, hasta completar la totalidad de los 12 kilómetros de la carretera evaluada, resultando 16 unidades analizadas.
- La metodología PCI utiliza en su evaluación 19 tipos de fallas que podría aparecer en la superficie del pavimento. En base a dichas fallas detalladas en la metodología de análisis, en nuestra carretera se pudo concluir que las fallas con una mayor incidencia en la carretera son la piel de cocodrilo con un total $1019,89 m^2$ en toda la vía, representando un porcentaje de 47% respecto a la totalidad de las fallas; parche de corte de servicio con un total de $629,51 m^2$ en toda la vía, representando un porcentaje de 29% respecto a la totalidad de las fallas; y fisuramiento en bloque con un total de $220,16 m^2$ en toda la vía, representando un porcentaje

del 10% respecto a la totalidad de las fallas. Todas las fallas menores al 10%, son de baja incidencia en el pavimento, como la depresión, agregado pulido, cruce de ferrocarril, desplazamiento, desmoronamiento, exudación, desniveles localizados y carril, etc. Se debe tomar en cuenta también que el análisis evaluativo que se realizó en la carretera, nos da como resultado un porcentaje de carretera en buen estado de 37% y un porcentaje de carretera que presenta fallas de 63%.

- Todas las fallas superficiales encontradas, presentaban un nivel de severidad bajo (L) y medio (M). Las causas que han provocado estas imperfecciones en la vía son debido al escaso mantenimiento de la carretera, además de las cargas de tráfico pesado.
- Después de realizar la inspección visual in – situ de la vía y recopilar todas sus fallas en función a sus severidades y magnitudes, se implementó el cálculo para obtener el índice de calidad de pavimento PCI para cada una de las 16 unidades.
- Finalmente, se realizó un promedio de todas las calificaciones PCI obtenidas, resultado que el pavimento en general se encuentra en mal estado.
- En función a los daños presentados en el pavimento evaluado, se realizaron propuestas de mantenimiento como: mantenimiento rutinario como la limpieza de la carretera, mantenimiento menor como los sellamientos y los bacheos, y mantenimiento mayor el cual es la reparación de la carretera como la remoción por fresado. Finalmente, el total a reparar en la carretera es de 1746,38 m^2 , indicando que el 51% de la carretera debe ser reparada.
- Al analizar el total de deterioros, se puede concluir que las reparaciones con un mayor área de incidencia, son el sellado superficial con lechada con un porcentaje de 28% respecto a la totalidad de la carretera analizada, la reconstrucción de la carretera con un porcentaje de 11% respecto a la totalidad de la carretera analizada y el sellado con bitumen con un porcentaje de

8% respecto a la totalidad de la carretera analizada. Las reparaciones con una menor área de reparación son el tratamiento superficial simple, parcheo parcial, bacheo y el sellado superficial con mortero de asfalto.

- En base al análisis de resultados, podemos concluir que esta carretera no ha recibido un mantenimiento adecuado preventivo y/o rutinario, en especial la unidad 1 y unidad 16 correspondientes a los km 0+000 – km 0+750 y km 11+250 – km 12+000 respectivamente. Desde el inicio del proyecto se debería haber realizado la planificación para conservar la vía, recurriendo a los respectivos mantenimientos, ya que esto no es solo una opción económicamente factible, sino que además alarga la vida útil de la carretera. A diferencia de no realizar los mantenimientos pertinentes, y enfrentar reparaciones costosas a largo plazo.
- Cuando se realiza una evaluación de una carretera, cómo es en este caso, es imperativo que se ponga en marcha un pronto plan de mantenimiento, caso contrario el nivel de calidad de la carretera seguirá disminuyendo, dando paso a mayores problemas y fallas de mayor impacto.
- Debido a que el presupuesto de los GAD municipales y provinciales fueron afectados debido a la pandemia iniciada en marzo del 2020, no se espera que se realice una reconstrucción completa de la vía, pero sí se debería programar actividades de reparaciones inmediatas, tales como las que hemos propuesto: sellado de fisuras, bacheo, parcheo parcial, etc. Además, todas estas reparaciones, deberán estar acompañadas de mantenimientos rutinarios como: limpieza de cunetas, limpieza de tierra deslizada, limpieza de alcantarillados, desalojo de basura, repintado de la señalética horizontal, etc. Para de esta manera lograr aumentar la calidad de la vía y su vida útil.
- En función al tiempo de vida del pavimento, existen tres tipos de mantenimiento, el mantenimiento preventivo (estado de la vía buena), el mantenimiento correctivo o

mantenimiento mayor (estado de la vía regular) y la reconstrucción (estado de la vía pobre). Dependiendo el tipo de mantenimiento requerido de la vía, se debe realizar un cronograma de actividades, de tal manera se solucionen los daños presentes lo antes posible, ya que así podemos evitar que la severidad del pavimento aumente y conservar el nivel de servicio de la vía hacia los usuarios,

- En base a los costos de mantenimiento, se puede concluir que realizar mantenimientos preventivos, es mucho más económico que realizar un mantenimiento correctivo o reconstrucción. En términos matemáticos realizar un mantenimiento preventivo en la carretera Sicsibamba - Urbina, es aproximadamente 4,12 veces más económico que un mantenimiento mayor y 12,47 veces menor que una reconstrucción. Es por esto la importancia económica de realizar un mantenimiento preventivo y rápido, porque si se deja pasar el tiempo, la severidad de la calidad del pavimento empeorará, dando como resultado una mayor inversión.

Cabe recalcar que nuestra investigación y la propuesta de mantenimiento es netamente enfocado a la evaluación funcional de la carretera. No se realizó una evaluación estructural correspondientes a: estudio de suelo, análisis de las capas del pavimento, etc., debido a los costos de los diferentes ensayos y maquinaria.

EVALUACIÓN DEL TRÁFICO

En función al conteo vehicular realizado en la carretera Sicsibamba – Urbina durante 9 horas de 7 días consecutivos, se pudo determinar que:

- Mediante el conteo vehicular se determinó los factores de tráfico promedio diario anual, horario, diario y semanal. Mientras que el factor mensual se obtuvo mediante información estadística del consumo de combustible mensual de la gasolinera Petrocomercial del año 2016 en la provincia de Chimborazo, año donde hubo una circulación vehicular regular. No hemos utilizado el consumo de los años 2019 y 2020, debido a que hubo irregularidades por el paro nacional y la pandemia.
- El registro de los vehículos que transitaban en la carretera Sicsibamba – Urbina se lo realizó en sitios estratégicos, donde se pudo contabilizar todo el tráfico que circulaba por la vía durante los días de conteo vehicular.
- En base al conteo vehicular, se obtuvo que los vehículos livianos (motos y autos) que circulan por la vía ocupan un porcentaje del 55% y los vehículos pesados (camiones y volquetas) ocupan un porcentaje del 43% respecto a la totalidad vehicular de la carretera. Mientras que los buses ocupan solamente un porcentaje menor del 2% respecto a la totalidad vehicular de la carretera.
- Los vehículos con una mayor incidencia en la carretera son los autos con un 40% respecto a la totalidad vehicular de la carretera; camiones de 2 ejes grandes con un 20% respecto a la totalidad vehicular de la carretera; motos con un 16% respecto a la totalidad vehicular de la carretera; 2D y 2DA: Camiones de 2 ejes pequeños y medianos con un 13% respecto a la totalidad vehicular de la carretera.

- Se ha realizado el cálculo del tráfico promedio diario anual actual y proyectados para 10 y 20 años, hasta el 2040 de la carretera Sicsibamba – Urbina, donde se logró obtener una base de datos que puede ser importante en estudios futuros de análisis de tráfico presentes en esta vía.
- Según el estudio de tráfico mediante el TPDA actual y TPDA proyectado para 10 y 20 años, la vía está clasificada funcionalmente como una vía C2 – Carretera de 2 carriles (500 – 1000 vehículos diarios) para el TPDA Actual y para el TPDA proyectado de 10 y 20 años, se ha categorizado funcionalmente como una carretera C1, lo cual corresponde a una carretera de 2 carriles (1000 a 8000 vehículos diarios). Por lo cual se puede concluir que el diseño de la carretera de 2 carriles actual, no necesita ninguna ampliación de la calzada, pero si su respectivo mantenimiento, reparación o reconstrucción de la vía en dichos años.
- La carretera se clasifica según su terreno como ondulado, en el cual se forman elevaciones y depresiones de pequeña importancia, donde las pendientes permiten el acceso en todas las direcciones.
- La carretera se clasifica según su Jurisdicción como una red vial cantonal, donde la vía es una red inter parroquial administrado por el GAD Provincial de Chimborazo.
- La carretera se clasifica según su jerarquía, en base al tráfico actual y tráfico proyecto para 10 y 20 años, donde la cantidad de tráfico es de 829, 1069 y 1409 vehículos por día respectivamente. En función a esto la vía se clasifica como una carretera arterial colectora tipo III (300 a 1000 autos por día) en base al TPDA actual. Y se ha clasificado como una carretera arterial colectora tipo II (1000 a 3000 autos por día) en base al TPDA proyectado para 10 y 20 años, lo cual es una vía que recibe el tráfico de los caminos vecinales y sirve a poblaciones principales que no están en el sistema arterial nacional.

SERVICIABILIDAD

La metodología a emplearse para medir la serviciabilidad del pavimento de la carretera Sicsibamba – Urbina, fue la implementación de una encuesta, la cual sirvió para obtener información sobre qué tan conformes están los usuarios que transitan la vía. Cabe recalcar que las personas evaluadas fueron en su mayoría gente de la localidad, buseros y transportistas que transitan frecuentemente la vía. Donde se obtuvo las siguientes conclusiones:

- La mayoría de usuarios que circulan por la carretera Sicsibamba – Urbina, se encuentran conformes en cuanto a la calidad de la vía. Presentando un total del 69% de usuarios que calificaron la carretera como buena, 25% de usuarios que calificaron la carretera como regular, y 6% de usuarios que calificaron la carretera como mala.
- La percepción de los usuarios sobre la calidad del pavimento, está basada en función a su comodidad de circulación, ellos determinaron en base a la encuesta que la calidad del pavimento se encuentra en buen estado. Sin embargo, la vía puede presentar fallas imperceptibles por el usuario, siendo su interpretación relativa.
- Se ha generado muchos inconvenientes debido a que no existe un debido mantenimiento por parte de las autoridades. Mantenimiento que incluye la buena condición de la vía, señales de tránsito y limpieza regular de la vía. La carretera se encuentra en condiciones de limpieza muy deficientes. No existe iluminación, ni señalética adecuada que advierta con antelación, la existencia de rompe velocidades, lo cual es un grave problema especialmente en horas nocturnas. A pesar de su construcción temprana, la vía presenta fallas en su estructura.
- En climas lluviosos la calzada presenta empozamiento de agua en varias zonas de la vía, esto puede ser el resultado de un mal diseño de drenaje de agua, o poca inclinación de la calzada para la pronta evacuación del agua, lo que ocasiona desconformidad con el usuario, e

inseguridad en la circulación de los vehículos. Un empozamiento puede causar el efecto de hidroplaneo, donde al existir una película de agua, las llantas pierden contacto, adherencia, resistencia al frenado y fricción llanta – capa de rodadura, creando así el efecto hidroplaneo, donde puede existir la pérdida de tracción y el control del vehículo. Como consecuencia pueden existir accidentes de tránsito, como hemos visto en otras ocasiones.

- Una de las mayores inconformidades de los habitantes de la localidad que circulan la carretera, es la existencia de tráfico pesado. Siendo una zona agrícola y ganadera, los pobladores están inconformes con la existencia de tráileres y camiones de comercio. La circulación de los vehículos pesados por esta carretera, es el evitar el pago del peaje, debido a que sus viajes pueden ser largos y deberán pasar por varios peajes. Los camioneros y conductores de tráileres prefieren evitar dichos peajes que pasarían ser otro gasto de consumo del viaje. Dado a estas circunstancias, los pobladores que circulan por esta vía, sienten inseguridad e inconvenientes en su movilización agrícola – ganadera. El deterioro de la vía aumenta debido a la circulación periódica de vehículos pesados, disminuyendo el tiempo de vida útil de la carretera.
- Una de las observaciones de ciertos usuarios para mejorar su conformidad, es que la vía debería ser ampliada. La vía tiene un mal diseño geométrico debido a que sus curvas son muy pronunciadas y no tiene suficientes señaléticas para advertir la disminución de la velocidad. Dichas curvas no están hechas para circular ni si quiera a velocidades óptimas de $30 \frac{km}{h}$ – $40 \frac{km}{h}$, siendo la máxima velocidad en curvas según la ley de tránsito $60 \frac{km}{h}$, los vehículos a velocidades óptimas tienden a salirse de su carril, por lo que pueden generar accidentes de tránsito.

- Uno de los deseos colectivos de la comunidad, es que se debería construir un peaje por esta carretera, y de esta manera disminuir el tránsito vehicular pesado. Alternativa que creen que se debería tomar en cuenta, debido a que es una zona agrícola – ganadera.
- Una de las observaciones, es la inconformidad al existir movimiento de tierra a la calzada, esto genera inconvenientes al circular por la vía, disminuye tanto la calidad y la seguridad del tránsito.

9.2. RECOMENDACIONES

Cualquier tipo de evaluación o trabajo en campo, deberán cumplir con las siguientes recomendaciones de seguridad:

- Los registros y toma de datos en campo en la carretera a analizar se deberá realizar en días despejados, en días visualmente claros, en días sin lluvia o neblina y que no exista presencia de que haya llovido anteriormente.
- Los horarios que se deberán tomar para realizar las inspecciones, son en la mañana o en la tarde, jamás se deberá realizar la evaluación en la noche, para que los analistas puedan observar los automóviles pasar y también los conductores puedan observar con claridad a los inspectores.
- Es recomendable no intentar realizar la inspección de horas pico, debido a que en esta hora existe una mayor cantidad de tránsito vehicular. Realizar cualquier evaluación en estas horas podría causar problemas de circulación vehicular, embotellamiento y hasta accidentes de tránsito.
- Es obligatorio el uso del chaleco reflectivo y botas de punta de acero, para una evaluación vial, por parte del inspector y/o los inspectores.

SISTEMA PCI

- Se recomienda inspeccionar frecuentemente la carretera ya que de esta forma podemos ayudar a que las vías se mantengan en buen estado, ubicando con anterioridad las fallas y evitando que la severidad aumente. Para finalmente dar un mejor servicio a los usuarios, disminuyendo la inconformidad de los conductores.
- El sistema PCI es una evaluación funcional superficial. Para estudiar un mantenimiento más profundo se recomienda realizar una metodología que evalúe el pavimento estructuralmente.
- Para realizar una evaluación eficiente, se recomienda a los inspectores conocer la metodología de evaluación y el estudio de las fallas que el pavimento de cualquier clasificación puede presentar. Además, es indispensable que los inspectores en campo, tengan un catálogo de la clasificación de las fallas, su medición y sus severidades.
- Es muy recomendable que los inspectores tengan hojas de registro de toma de datos, ya que así será una forma fácil y rápida de registrar cada una de las fallas.
- Se sugiere por términos de economía realizar mantenimientos menores tales como: parcheo, bacheo, sellado superficial, etc. Sin embargo, en el caso de existir los recursos necesarios, recomendamos realizar una reconstrucción de la carpeta asfáltica con fresado del pavimento.
- Considerando que la zona tiene actividades económicas de índole agrícola – ganadera, además de ser un atajo vial que evita el pago del peaje Ambato – Riobamba: San Andrés, Troncal de la Sierra (E35), se debería dar importancia al mantenimiento de la vía.
- Para disminuir el deterioro de la carretera se recomienda tomar medidas correctivas a tiempo, para de esta manera preservar la calidad de la vía. Cualquier tipo de mantenimiento menor o mayor que se escoja, deberá estar acompañado de un mantenimiento rutinario, como desalojo

de basura, desalojo de tierras deslizadas, mantenimiento de señaléticas horizontales y verticales, etc. Y cumplir con estándares de calidad del pavimento.

- Se recomienda planificar una mejor recolección de la basura. Donde un camión de basura circule más días, en un horario específico, y de esta forma evitar la acumulación de basura en cunetas y los terrenos aledaños de la carretera.
- Durante las precipitaciones de lluvia en esta zona, la calzada tiende a acumular tierra deslizada, lo cual presenta un riesgo vial. Se debería planificar varios días de la semana, el desalojo de esta tierra, mediante maquinaria propia de las empresas a cargo.
- Se recomienda dar un mantenimiento rutinario a la señalética horizontal, a pesar de las condiciones climáticas de la localidad, ha presentado un buen rendimiento, se puede visualizar la señalética de piso de la vía y la división de los carriles, pero se recomienda realizar un repintado con pintura vial que garantice su duración. Por otro lado, mediante inspección visual, las señaléticas verticales (señales de tránsito como pare, ceda el paso, señales de cambio de dirección, señales de velocidades óptimas, etc.), presentan óptimas condiciones, por lo que no necesita un mantenimiento a corto plazo.
- Con el fin de operativizar mejores maneras de rehabilitación, mantenimiento, diseño y construcción vial, las empresas encargadas del sistema vial de la localidad, deben capacitar al personal técnico y operativo en función de tecnologías vigentes de construcción.
- En base a tiempos de mantenimientos, es recomendable que toda vía tenga mantenimiento rutinarios periódicos, una vez por mes como mínimo, garantizando el correcto servicio de la vía. La planificación del mantenimiento preventivo o mantenimiento menor, se debe ejecutar en base a evaluaciones, que se deberán realizar cada 6 meses aproximadamente. El mantenimiento mayor o correctivo se debe realizar lo antes posible, al notar que un tipo de

falla con severidad alta ha aparecido, de tal manera se evite que la falla evolucione. La reconstrucción de la carretera se debe planificar una vez que se haya determinado que las fallas tienen severidades muy altas y además han afectado a la estructura del pavimento (carpeta asfáltica, base, subbase, subrasante).

- Es recomendable realizar mantenimiento rutinarios periódicos y mantenimientos preventivos de tal manera se evite realizar mantenimientos mayores o reconstrucciones, lo cual económicamente tiene un costo mucho mayor.

EVALUACIÓN DEL TRÁFICO

- El inspector que realizará el conteo vehicular deberá analizar la carretera, para de esta manera encontrar un punto estratégico donde tenga completa visibilidad hacia el tránsito de la carretera a evaluar y sea seguro, ya que de esta forma se registrarán con mayor facilidad los vehículos que circulan la vía.
- Cada inspector deberá llevar las pertinentes hojas de registro, para así evidenciar la toma de datos diarios de los vehículos. Las hojas de registro deberán ser elaboradas de tal manera se pueda realizar una toma fácil de datos en función a vehículos livianos, buses y vehículos pesados.
- Para calcular el tráfico promedio diario anual y el TPDA proyectado se necesitan factores como el factor horario, diario, semanal, mensual y la tasa de crecimiento vehicular. Tanto los factores horario, diario y semanal son de fácil cálculo en base al conteo manual vehicular realizado. Sin embargo, el factor mensual se debe calcular con el consumo de combustible anual y mensual. Mientras que para realizar el tráfico proyectado es necesario contar con la tasa de crecimiento vehicular provincial para los años que se desee proyectar. Para esto es muy necesario realizar la identificación de las entidades que puedan remitir la información requerida, como los GADS

municipales o provinciales, peajes y gasolineras de la localidad, ministerio de transporte y obras públicas, agencia nacional de tránsito, etc.

SERVICIABILIDAD

- La serviciabilidad funcional del pavimento se deberá registrar en las hojas de encuesta, donde se deberá poner espacios para realizar anotaciones de cualquier comentario de los encuestados.
- La metodología por implementación de encuesta, deberá ser realizada a personas que transiten regularmente por la carretera en caso de ser una vía colectora o vecinal. Sin embargo, para autopista y vías principales, la encuesta se puede realizar para cualquier transeúnte.

BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (1993). *Design of Pavement Structures*. Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials. Retrieved from <https://habib00ugm.files.wordpress.com/2010/05/aashto1993.pdf>
- AASHTO. (1993). *GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES 4th EDITION* (Vol. 4th). Retrieved from <https://habib00ugm.files.wordpress.com/2010/05/aashto1993.pdf>
- Andrade V., A. I., & Brito N., J. P. (2017). Curvas de deducción del índice de condición del pavimento enfocadas a Ecuador basados en el índice de servicio de pavimento. [Tesis de Titulación, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO]. Retrieved from <https://docplayer.es/92605324-Universidad-nacional-de-chimborazo-facultad-de-ingenieria-carrera-de-ingenieria-civil-curvas-de-deduccion-del-indice-de-condicion-del.html>
- ASTM INTERNATIONAL. (2008). *Standar Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys (ASTM Designation: D 6433 - 07)*. Retrieved from <https://pages.mtu.edu/~balkire/CE5403/ASTMD6433.pdf>
- Beltrán, N. A. (2013). LAS CONDICIONES DE LAS VÍAS CENTRALES DE LA PARROQUIA EL ROSARIO, CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD DE VIDA DE SUS MORADORES. (TRABAJO DE TITULACIÓN, UTA). AMBATO. Retrieved from <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5012/1/Tesis%20725%20-%20Beltr%c3%a1n%20Narv%c3%a1ez%20C%3%a9sar%20Andr%c3%a9s.pdf>
- Cancapa H., M. S., & Blas O., G. J. (2020, Abril 07). *ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI ASTM D 6433*. Retrieved from [Video de Youtube]: https://www.youtube.com/watch?v=hPfQHUrHNQ4&t=438s&ab_channel=MarcialCANCAPAHA_NCCO
- Cayambre, P., & Santillán, J. (2015). EVALUACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL METODO PAVER Y PROPUESTA DE MANTENIMIENTO VIAL INTEGRAL DE LA CARRETERA COLTA-ALAUSSI DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO. *TRABAJO DE TITULACIÓN, UNACH*. Retrieved from <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/2514>
- Cuando Visitar.co. (2021). *Mejor Época para viajar, tiempo y clima Urbina*. Retrieved from <https://www.cuandovisitar.co.cr/ecuador/urbina-1184088/>
- Farinango Bilbao, D. R. (2014). Análisis Comparativo de costos entre el pavimento rígido y el pavimento flexible. [TESIS DE TITULACIÓN, UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR]. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2559/1/T-UCE-0011-87.pdf>
- Hidalgo Andrade, F. A. (2007). Definición Moderna de los parámetro para el diseño de pavimentos. [TESIS DE TITULACIÓN, ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO]. Retrieved from <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/1578/T-ESPE-014822.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Hidalgo Zúñiga, F. (2015, Agosto). Estudio definitivo para la ampliación y apertura de la vpuá Guano - Riobamba L= 4.7 km, cantón Guano, provincia de Chimborazo. [TESIS DE DESERTACIÓN, UIDE]. Quito. Retrieved from <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2195>
- Hurtado Arias, W. M. (2016). Evaluación funcional y estructural para determinar el deterioro de la estructura del pavimento en la avenida Abdón calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito, provincia de Pichincha. [TESIS DE TITULACIÓN, UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR]. Retrieved from <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1263/1/T-UIDE-1082.pdf>
- Ing. Gustavo Yáñez. (n.d.). CLASE DE DISEÑO DE PAVIMENTOS: MÓDULO VI: EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS. Quito, Ecuador: PUCE.
- Luis, J. (2016, Febrero 10). ISSUU. Retrieved from https://issuu.com/jorgeluis341/docs/pavimentos_semirrigido.pptx
- Machuca, W. G. (2014). Manual Práctico de Optimización Para la Revisión de Estudio de Diseño de Pavimentos. [TESIS DE TITULACIÓN, UIDE]. Quito. Retrieved from <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2220>
- Márquez Díaz, L. G., Macea Mercado, L. F., & Morales, L. (2016). A Pavement Management System Based on New Technologies for Developing Countries. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/404/40445803007.pdf>
- Martinez, G. (2020, Abril 2). *Tipos de pavimento. Conoce sus características y clasificación*. Retrieved from INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN: <https://www.ingenieriaconstruccioncolombia.com/>
- Martínez, J. C. (2015, Noviembre 23). *Elementos de las Carreteras*. Retrieved from SLIDESHARE: <https://es.slideshare.net/JulioGaleoni/elementos-geomtricos-de-las-carreteras>
- Ministerio de transporte y obras públicas subsecretaría de transporte terrestre y ferroviario. (2020). MTOP. In *Unidad de Pesos y Dimensiones*. Obras Públicas. Retrieved from https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/PESOS_MAXIMOS.pdf
- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos* (Vol. SEGUNDA EDICIÓN). Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia. Retrieved from https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria_de_pavimentos_Alfonso_Montejo_Fonseca
- MOPC. (2016). *IDENTIFICACIÓN DE FALLAS DE FALLAS EN PAVIMENTOS Y TÉCNICAS DE REPARACIÓN*. República Dominicana: DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN Y EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS. Retrieved from <http://www.mopc.gob.do/media/2335/sistema-identifici%C3%B3n-fallas.pdf>
- Mora Guarnizo, J. P., & Serrano Palma, J. S. (2020). Evaluación de un pavimento flexible en la vía espinal - Suárez. [TESIS DE TITULACIÓN, UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA - SECCIONAL ALTO MAGDALENA]. Retrieved from <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/9342/EVALUACI%C3%93N%20FUNCIONAL%20DE%20UN%20PAVIMENTO%20FLEXIBLE%20EN%20LA%20V%C3%8DA%20ESPINAL%20E2%80%93%20SUAREZ%20MEDIANTE%20LA%20APLICACI%C3%93N%20DEL%20M%C3%89TODO%20PCI.pdf?sequence>

- Morales Olivares, J. P. (2004). TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS DE CONCRETO UTILIZANDO SOBRECAPAS DE REFUERZO. [TESIS DE TITULACIÓN, UNIVERSIDAD DE PIURA]. Retrieved from https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1343/ICI_129.pdf
- Moreno, J. (2007). CÁLCULO DE LOS FACTORES DE MAYORACIÓN DEL TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA) PARTIENDO DE LA INFORMACIÓN ESTADÍSTICA DEL TRAMO DE LA CARRETERA DEL GRUPO N 2: ALÓAGLATACUNGA-AMBATO-RIOBAMBA CONCESIONADO A PANAVIAL Y A MEDICIONES DE TRÁFICO EN ESTACIONES. *TRABAJO DE TITULACIÓN, ESPE*. Retrieved from <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1571/1/T-ESPE-025102.pdf>
- MTC. (2001, Marzo 12). *Manual de diseño Geométrico de carreteras (DG - 2001)*. Retrieved from http://www.carreteros.org/hispana/peru/08_peru.pdf
- MTOP. (2020). Ministerio de transporte y Obras públicas subsecretaría de transporte terrestre y ferroviario. In *Unidad de Pesos y Dimensiones*. Obras Públicas. Retrieved from https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/PESOS_MAXIMOS.pdf
- NEVI -12-MTOP. (2013). *NORMA PARA ESTUDIOS Y DISEÑOS VIALES* (Vol. Volumen N°2). Quito: Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Retrieved from https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf
- NEVI-12-MTOP. (2013). *NORMA PARA ESTUDIOS Y DISEÑOS VIALES* (Vol. Volumen N°2). Quito: Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Retrieved from https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf
- Pallasco Catota, J. L. (2018). Evaluación y propuesta de mantenimiento del pavimento flexible de la avenida Quevedo en Santo Domingo de los Tsáchilas. [TESIS DE TITULACIÓN, PUCE]. Retrieved from <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15816>
- Perez, K. (2013, Octubre 10). *Mantenimiento en Pavimentos*. Retrieved from PREZI: <https://prezi.com/i5m7dhj-yv7f/mantenimiento-menor-en-pavimentos/>
- PINEDA, K. H. (2015). "ANÁLISIS SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA EL MANTENIMIENTO DE VÍAS EN LA REGIÓN DE PUNO". [TESIS DE MAESTRÍA, UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁSCERES VELÁSQUEZ"]. Retrieved from <http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/426/P31-003.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Rodríguez González, R. A. (2011). Gesitón y conservación vial para reudcción de costos de mantenimiento vial. [TESIS DE MAESTRÍA DE VÍAS TERRESTRES, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO]. Retrieved from <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2199/1/Maestr%C3%ADa%20V.%20T.%2067%20-%20Rodr%C3%ADguez%20Gonz%C3%A1lez%20Ren%C3%A9%20Alexander.pdf>
- Rodríguez Mineros, C. E., & Rodríguez Molina, J. A. (2004). Evaluación y rehabilitación de pavimentos flexibles por el método de reciclaje. [TESIS DE TITULACIÓN DE INGENIERÍA CIVIL, UNIVERSIDAD

- EL SALVADOR*]. Retrieved from http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2234/1/Evaluaci%C3%B3n_y_rehabilitaci%C3%B3n_de_pavimentos_flexibles_por_el_m%C3%A9todo_del_reciclaje.pdf
- Rodriguez Velásquez, E. D. (2009). Cálculo del índice de condición de pavimentos flexibles, en la avenida Luis Montero, distrito de Castilla. [TESIS DE TITULACIÓN, UNIVERSIDAD DE PIURA]. Retrieved from https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI_180.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Salazar Rodríguez, A. (2018, Mayo). *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. Retrieved from ACADEMIA.edu: https://www.academia.edu/13366958/Guia_para_el_Dise%C3%B1o_y_Construccion_de_Pavimentos_Rigidos
- Shahin, M. Y., & Kohn, S. D. (1982). *OVERVIEW OF THE "PAVER" PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEM AND ECONOMIC ANALYSIS OF FIELD IMPLEMENTING THE "PAVER" PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEM*. Champaign, IL: United States Army Corps of Engineers - Construction Engineering research laboratory. Retrieved from <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a116311.pdf>
- Shahin, M. Y.; Kohn, S. D. (1981). *PAVEMENT MAINTENANCE MANAGEMENT FOR ROADS AND PARKING LOTS*. US. Champaign, IL.: U.S. ARMY. CONSTRUCTION ENGINEERING RESEARCH LABORATORY.
- Solminiach, H., Echaveguren, T., & Chamorro, A. (2001). Gestión de infraestructura vial. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/327250763_Gestion_de_Infraestructura_Vial
- UPCommons. (2005). *Capítulo 4. El Módulo Resiliente*. España. Retrieved from <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3252/50777-10.pdf?sequence=10&isAllowed=y>
- Valdez, N. (2016). CAPACIDAD DE CARGA Y SU INCIDENCIA EN LA SUBRASANTE EN LA VÍA PELILEO-PATATE. *Título Magister, UTA*. Ambato. Retrieved from <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23022/1/Maestr%C3%ADa%20V.%20T.%2076%20-%20Valdez%20Sevilla%20Angel%20Neptal%C3%AD.pdf>
- Villacís Machuca, W. G. (2014). Manual Práctico de Optimización Para la Revisión de Estudio de Diseño de Pavimentos. [TESIS DE TITULACIÓN, UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR]. Retrieved from <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2220/1/T-UIDE-1267.pdf>
- Weather Spark. (n.d.). *El clima promedio de Guano*. Retrieved from <https://es.weatherspark.com/y/20025/Clima-promedio-en-Guano-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Precipitation>

ANEXOS

ANEXO A. CONTEO VEHICULAR Y TPDA

CONTEO VEHICULAR

PROYECTO: ESTUDIO DE TRÁNSITO CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA

RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR DE LOS 7 DÍAS

FECHA: SÁBADO, 30 DE ENERO DEL 2021

HORARIO: 08H00 A 17:00

sábado 30-01-2021

Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR								
		CONTEO VEHICULAR - TPDA								
FECHA (D/M/A): 30/01/2021		SENTIDO DE CIRCULACIÓN DE LA INSPECCIÓN: SICSIBAMBA - URBINA								
CONDICIÓN CLIMÁTICA: NUBLADO		HOJA 1 DE 7								
INSPECTOR:		HORA DE INICIO: 08:00 HORA DE FINAL: 17:00								
CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA										
PERÍODO	MOTOS	AUTOS	BUSES	2DA	2 DB	3A	4C	> 4 EJES	VOLQUETAS	
08:00-09:00	0000 01	2000 2000 0000	1	000 001	000 000	01	1	001	1	
09:00-10:00	001	000 000 000	1	000 0	000 000	00	1	00	1	
10:00-11:00	000 001	000 000 000	1	000 1	000 01	1	1	01		
11:00-12:00	001	000 000 01	1	00	000 00	1		01	1	
12:00-13:00	001	000 001	1	00	00	1	00	0	1	
13:00-14:00	000 001	000 000 000	1	001	000 000	1	1	001	1	
14:00-15:00	000 1	000 000	1	00	000 00	1	1	01		
15:00-16:00	000 000	000 000 000	1	000 1	000 000	0	1	00	1	
16:00-17:00	000 000	000 000 001	1	000 0	000 01	1		001		
17:00-18:00										
TOTAL	145	293	15	112	175	29	20	61	12	

CONTEO VEHICULAR

PROYECTO: ESTUDIO DE TRÁNSITO CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA

RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR DE LOS 7 DÍAS

FECHA: DOMINGO, 31 DE ENERO DEL 2021

HORARIO: 08H00 A 17:00

Domingo 31 01 2021

Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR							
		CONTEO VEHICULAR - TPDA							
FECHA (D/M/A): 31/01/2021		SENTIDO DE CIRCULACIÓN DE LA INSPECCIÓN: SICSIBAMBA - URBINA							
CONDICIÓN CLIMÁTICA: DESPEJADO		HOJA 2 DE 7							
INSPECTOR:		HORA DE INICIO: 08:00 HORA DE FINAL: 17:00							
CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA									
PERÍODO	MOTOS	AUTOS	BUSES	2DA	2 DB	3A	4C	> 4 EJES	VOLQUETAS
08:00-09:00	000	000	1	000	000	0	1	00	1
09:00-10:00	01	000		000	000	0	1	01	
10:00-11:00	000	000	1	000	000	1		0	
11:00-12:00	00	000		00	000	1		0	
12:00-13:00	00	000		0	00	1	1	0	
13:00-14:00	000	000	1	0	000			00	
14:00-15:00	000	000	1	00	000	1	1	0	
15:00-16:00	000	000		000	000	1	1	1	
16:00-17:00	000	000		000	000	1		00	1
17:00-18:00									
TOTAL	113	259	4	82	138	17	6	42	3

CONTEO VEHICULAR


PROYECTO: ESTUDIO DE TRÁNSITO CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA

RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR DE LOS 7 DÍAS

FECHA: LUNES, 01 DE FEBRERO DEL 2021

HORARIO: 08H00 A 17:00

Lunes 01-02-2021

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR							
		CONTEO VEHICULAR - TPDA							
FECHA (D/M/A): 01/02/2021 CONDICIÓN CLIMÁTICA: NUBADO INSPECTOR: CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA		SENTIDO DE CIRCULACIÓN DE LA INSPECCIÓN: SICSIBAMBA - URBINA HOJA 3 DE 7 HORA DE INICIO: 08:00 HORA DE FINAL: 17:00							
PERÍODO	MOTOS	AUTOS	BUSES	2DA	2 DB	3A	4C	> 4 EJES	VOLQUETAS
08:00 - 09:00	□□□ □	□□□□ □□□□ □□□	□	□□□ □	□□□ □□□	□	□	□	□
09:00 - 10:00	□□	□□□□ □□□□ □□	□	□□□ □	□□□ □	□		□	
10:00 - 11:00	□□□ □	□□□□ □□□□ □		□□□ □	□□□ □	□	□	□	□
11:00 - 12:00	□	□□□□ □□□□ □		□□	□□□ □		□	□□	□
12:00 - 13:00	□□	□□□□ □	□	□□	□□			□□	□
13:00 - 14:00	□□□ □	□□□□ □□□□ □□□	□	□□	□□□ □	□		□□	□
14:00 - 15:00	□□□	□□□□ □□□□ □	□	□□	□□□ □□	□	□	□	
15:00 - 16:00	□□□□ □	□□□□ □□□□ □□□	□	□□	□□□ □		□	□	
16:00 - 17:00	□□□ □	□□□□ □□□□ □□□		□□□ □□	□□□ □	□		□□	
17:00 - 18:00									
TOTAL	102	272	12	98	131	12	5	37	8

CONTEO VEHICULAR

PROYECTO: ESTUDIO DE TRÁNSITO CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA

RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR DE LOS 7 DÍAS

FECHA: MARTES, 02 DE FEBRERO DEL 2021

HORARIO: 08H00 A 17:00

Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR								
		CONTEO VEHICULAR - TPDA								
FECHA (D/M/A): 02/02/2021		SENTIDO DE CIRCULACIÓN DE LA INSPECCIÓN: SICSIBAMBA - URBINA								
CONDICIÓN CLIMÁTICA: SOLEADO		HOJA 4 DE 7								
INSPECTOR:		HORA DE INICIO: 08:00 HORA DE FINAL: 17:00								
CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA										
PERÍODO	MOTOS	AUTOS	BUSES	2DA	2 DB	3A	4C	> 4 EJES	VOLQUETAS	
08:00 - 09:00	000	000	L	000	000	1		1	1	
09:00 - 10:00	01	000	1	000	000	1	1			
10:00 - 11:00	000	000		000	000	L		1		
11:00 - 12:00	01	000		01	000	1		01	1	
12:00 - 13:00	01	000	1	0	01	1		0	L	
13:00 - 14:00	000	000	1	01	000	1		01	1	
14:00 - 15:00	000	000	1	01	000	L	1	1		
15:00 - 16:00	000	000	1	00	000	1		1		
16:00 - 17:00	000	000	1	000	000		1	01		
17:00 - 18:00										
TOTAL	105	280	11	88	132	12	3	31	9	

CONTEO VEHICULAR

PROYECTO: ESTUDIO DE TRÁNSITO CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA

RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR DE LOS 7 DÍAS

FECHA: MIÉRCOLES, 03 DE FEBRERO DEL 2021

HORARIO: 08H00 A 17:00

Miércoles 03-02-2021

Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR							
		CONTEO VEHICULAR - TPDA							
FECHA (D/M/A): 03/02/2021		SENTIDO DE CIRCULACIÓN DE LA INSPECCIÓN: SICSIBAMBA - URBINA							
CONDICIÓN CLIMÁTICA: NUBIADO		HOJA 5 DE 7							
INSPECTOR:		HORA DE INICIO: 08:00 HORA DE FINAL: 17:00							
CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA									
PERÍODO	MOTOS	AUTOS	BUSES	2DA	2 DB	3A	4C	> 4 EJES	VOLQUETAS
08:00 - 09:00	□□□□ □□□□ □	□□□□ □□□□ □□□□	□	□□□□ □□	□□□□ □□□□	□		□	□
09:00 - 10:00	□	□□□□ □□□□ □	□	□□□□ □□	□□□□ □	□			□
10:00 - 11:00	□□□□ □	□□□□ □□□□ □□		□□□□ □	□□□□ □	□	□	□	
11:00 - 12:00	□□	□□□□ □□□□ □		□□	□□□□ □	□		□□	□□
12:00 - 13:00	□□□□ □	□□□□ □□□□ □□	□	□□	□□□□			□□	
13:00 - 14:00	□□□□	□□□□ □□□□ □□	□	□□	□□□□	□		□□	□□
14:00 - 15:00	□□	□□□□ □□□□ □	□	□□	□□□□ □□	□	□	□	□
15:00 - 16:00	□□□□ □	□□□□ □□□□ □□□□	□□	□□□□	□□□□ □	□	□	□	
16:00 - 17:00	□□□□ □	□□□□ □□□□ □□□□		□□□□ □	□□□□ □	□		□□	
17:00 - 18:00	□□□□	□□□□ □□□□		□□□□	□□□□	□			
TOTAL	118	284	20	93	134	16	3	38	15

CONTEO VEHICULAR


PROYECTO: ESTUDIO DE TRÁNSITO CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA

RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR DE LOS 7 DÍAS

FECHA: JUEVES, 04 DE FEBRERO DEL 2021

HORARIO: 08H00 A 17:00

Jueves 04-02-2021

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR							
		CONTEO VEHICULAR - TPDA							
FECHA (D/M/A): 04/02/2021 CONDICIÓN CLIMÁTICA: DESPEJADO INSPECTOR: CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA		SENTIDO DE CIRCULACIÓN DE LA INSPECCIÓN: SICSIBAMBA - URBINA HOJA 6 DE 7 HORA DE INICIO: 08:00 HORA DE FINAL: 17:00							
PERÍODO	MOTOS	AUTOS	BUSES	2DA	2 DB	3A	4C	> 4 EJES	VOLQUETAS
08:00 - 09:00	□□□	□□□□ □□□□ □□□□	□	□□□	□□□□ □□	□		□	
09:00 - 10:00	□	□□□□ □□		□□	□□□ □	□			
10:00 - 11:00	□□□	□□□□ □□□□ □□□□		□□□	□□□□ □	□		□	
11:00 - 12:00	□	□□□□ □□□□ □□□□		□□	□□□□ □	□		□□	□□
12:00 - 13:00	□	□□□		□	□□	□		□	□
13:00 - 14:00	□□□□ □	□□□□ □□□□ □□□□	□	□□	□□□□ □	□		□□	□
14:00 - 15:00	□□□	□□□□ □□□□ □□□□	□	□□	□□□□ □□		□	□	□
15:00 - 16:00	□□□□ □	□□□□ □□□□ □□□□	□	□□□	□□□□ □	□	□	□	
16:00 - 17:00	□□□□ □	□□□□ □□□□ □□□□	□	□□□	□□□□ □	□		□	
17:00 - 18:00									
TOTAL	87	289	12	78	133	13	2	26	13

CONTEO VEHICULAR


PROYECTO: ESTUDIO DE TRÁNSITO CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA

RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR DE LOS 7 DÍAS

FECHA: VIERNES, 05 DE FEBRERO DEL 2021

HORARIO: 08H00 A 17:00

Viernes 05-02-2021

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR							
		CONTEO VEHICULAR - TPDA							
FECHA (D/M/A): 05/02/2021 CONDICIÓN CLIMÁTICA: NUBOSO INSPECTOR: CARRETERA A INSPECCIONAR: SICSIBAMBA - URBINA		SENTIDO DE CIRCULACIÓN DE LA INSPECCIÓN: SICSIBAMBA - URBINA HOJA 7 DE 7 HORA DE INICIO: 08:00 HORA DE FINAL: 17:00							
PERÍODO	MOTOS	AUTOS	BUSES	2DA	2 DB	3A	4C	> 4 EJES	VOLQUETAS
08:00 - 09:00	000 000	000 000 000	00	000 00	000 00	1		1	1
09:00 - 10:00	0	000 000 01	1	000 0	000 1	1		1	1
10:00 - 11:00	000	000 000 0		000 1	000 1	1	1	0	
11:00 - 12:00	0	000 000 01		01	000 1	1		00	0
12:00 - 13:00	00	000 1	1	01	00	1		00	1
13:00 - 14:00	000 01	000 000 000	1	00	000 1	1		00	0
14:00 - 15:00	001	000 000	1	00	000 00		1	0	
15:00 - 16:00	000 0	000 000 000	0	000	000 0	1	1	0	
16:00 - 17:00	000 0	000 000 000	1	000 0	000 1	1	01		
17:00 - 18:00									
TOTAL	108	267	19	96	124	10	10	32	11

CONTEO VEHICULAR**PROYECTO: ESTUDIO DE TRÁNSITO CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA****UBICACIÓN DE PUNTOS ESTRATÉGICOS EN LAS CUALES SE REALIZÓ EL CONTEO VEHICULAR**

Para el conteo vehicular, se establecieron puntos estratégicos, como se puede observar en las siguientes ilustraciones, se debe tomar en cuenta que estos puntos estratégicos se repitieron durante los 7 días de conteo vehicular.



ANEXO B. SISTEMA PCI – MEDICIÓN DE FALLAS

IDENTIFICACIÓN Y REGISTRO DE LAS FALLAS EN LA CARRETERA

PROYECTO: EVALUACIÓN DE FALLAS CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA

RESUMEN DE LAS FALLAS ENCONTRADAS POR UNIDADES

FECHA: MIÉRCOLES, 10 DE FEBRERO DEL 2021 UNIDAD: 1

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR		ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)						
HOJA DE REGISTRO DE FALLAS								
CARRETERA A INSPECCIONAR: FECHA (D/M/A): 10/02/2021 INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE CONDICIÓN CLIMÁTICA: NUBIADO		ANCHO DE LA VÍA (metros): 7,2 UNIDAD DE LA MUESTRA: 1 ABCISA INICIAL (KM): 0+000 ABCISA FINAL (KM): 0+750 AREA DE LA UNIDAD: 216 m ²						
TIPOS DE FALLA 1. PIEL DE COCODRILO ✓ 2. EXUDACIÓN ✓ 3. FISURAMIENTO EN BLOQUE ✓ 4. DESNIVELES LOCALIZADOS 5. CORRUGACIÓN 6. DEPRESIÓN 7. FISURAMIENTO EN BORDE 8. FISURAMIENTO DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN 9. DESNIVEL DE CARRIL 10. FISURAMIENTO LONGITUDINAL O TRANSVERSAL		11. PARCHE DE CORTE DE SERVICIO ✓ 12. AGREGADO PULIDO ✓ 13. BAHCES 14. CRUCE DE FERROCARRIL 15. SURCO EN HUELLA ✓ 16. DESPLAZAMIENTO 17. FISURAMIENTO DE RESBALAMIENTO 18. HINCHAMIENTO 19. DESMORONAMIENTO /INTEMPERISMO						
ESQUEMA								
NIVELES DE SEVERIDAD								
BAJA – LOW (L)		MEDIA – MEDIUM (M)						
		ALTA – HIGH (H)						
No. FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
1	H	1,85 x 1,40	5,30 x 1,05	4,30 x 1,14	3,12 x 0,7	1,50 x 0,77		
3	M	1,79 x 0,76						
1	M	1,76 x 0,57	2,50 x 0,75	1,34 x 0,4	3,40 x 0,65	1,70 x 0,72	2,90 x 1,05	
12		0,54 x 0,34						
2	L	0,75 x 0,50						
11	H	7,50 x 1,8	6 x 0,97					
15	L	5,74 x 0,8	1,3 x 0,2					
1	E	5,40 x 1,72						
10	M	0,63	0,72	0,74	0,40			
1	M	4,30 x 1,67	2,10 x 1,90	8,3 x 1,40	4,25 x 1,05			
11	H	3 x 0,30	3,75 x 1,5					
1	L	1,9 x 0,9						
11	M	5,6 x 0,90						
TOTAL VALOR DEDUCIDO								

IDENTIFICACIÓN Y REGISTRO DE LAS FALLAS EN LA CARRETERA

PROYECTO: EVALUACIÓN DE FALLAS CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA

RESUMEN DE LAS FALLAS ENCONTRADAS POR UNIDADES

FECHA: MIÉRCOLES, 10 DE FEBRERO DEL 2021 UNIDAD: 2

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR		ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) HOJA DE REGISTRO DE FALLAS								
CARRETERA A INSPECCIONAR: FECHA (D/M/A): 10/02/21 INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE CONDICIÓN CLIMÁTICA: nublado		ANCHO DE LA VÍA (metros): 7,2 UNIDAD DE LA MUESTRA: 2 ABCISA INICIAL (KM): 0 + 750 ABCISA FINAL (KM): 1 + 500 AREA DE LA UNIDAD: 216 m ²								
TIPOS DE FALLA 1. PIEL DE COCODRILO 2. EXUDACIÓN 3. FISURAMIENTO EN BLOQUE 4. DESNIVELES LOCALIZADOS 5. CORRUGACIÓN 6. DEPRESIÓN 7. FISURAMIENTO EN BORDE 8. FISURAMIENTO DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN 9. DESNIVEL DE CARRIL 10. FISURAMIENTO LONGITUDINAL O TRANSVERSAL		11. PARCHE DE CORTE DE SERVICIO 12. AGREGADO PULIDO 13. BAHCES 14. CRUCE DE FERROCARRIL 15. SURCO EN HUELLA 16. DESPLAZAMIENTO 17. FISURAMIENTO DE RESBALAMIENTO 18. HINCHAMIENTO 19. DESMORONAMIENTO /INTEMPERISMO								
ESQUEMA										
NIVELES DE SEVERIDAD										
BAJA – LOW (L)		MEDIA – MEDIUM (M)								
		ALTA – HIGH (H)								
No. FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
10	H L	2,92	0,16	0,16	5,0	1,8				
11	M	4,8 x 1,5	2,10 x 1,0	6,12 x 1,0						
1	H L	3,9 x 0,83	5,0 x 1,5	7,0 x 0,9	3,0 x 2,10					
11	L	0,87 x 0,57	4,0 x 1,0	4,2 x 0,3	6,0 x 1,4					
11	H L	0,85 x 0,3	0,68 x 0,3							
15	M	5,10 x 0,28								
1	M	6,3 x 1,5								
18	L	0,8 x 0,8								
TOTAL VALOR DEDUCIDO										


IDENTIFICACIÓN Y REGISTRO DE LAS FALLAS EN LA CARRETERA

PROYECTO: EVALUACIÓN DE FALLAS CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA

RESUMEN DE LAS FALLAS ENCONTRADAS POR UNIDADES

FECHA: VIERNES, 12 DE FEBRERO DEL 2021

UNIDAD: 16

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR							
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)		INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)							
HOJA DE REGISTRO DE FALLAS		HOJA DE REGISTRO DE FALLAS							
CARRETERA A INSPECCIONAR: _____ FECHA (D/M/A): <u>12/02/21</u> INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE CONDICIÓN CLIMÁTICA: <u>soleado</u>		ANCHO DE LA VÍA (metros): <u>7,2</u> UNIDAD DE LA MUESTRA: <u>16</u> ABCISA INICIAL (KM): <u>117 250</u> ABCISA FINAL (KM): <u>124 000</u> AREA DE LA UNIDAD: <u>216</u>							
TIPOS DE FALLA 1. PIEL DE COCODRILO 2. EXUDACIÓN 3. FISURAMIENTO EN BLOQUE 4. DESNIVELES LOCALIZADOS 5. CORRUGACIÓN 6. DEPRESIÓN 7. FISURAMIENTO EN BORDE 8. FISURAMIENTO DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN 9. DESNIVEL DE CARRIL 10. FISURAMIENTO LONGITUDINAL O TRANSVERSAL 11. PARCHE DE CORTE DE SERVICIO 12. AGREGADO PULIDO 13. BAHCES 14. CRUCE DE FERROCARRIL 15. SURCO EN HUELLA 16. DESPLAZAMIENTO 17. FISURAMIENTO DE RESBALAMIENTO 18. HINCHAMIENTO 19. DESMORONAMIENTO /INTEMPERISMO		ESQUEMA 							
NIVELES DE SEVERIDAD									
BAJA – LOW (L)		MEDIA – MEDIUM (M)							
		ALTA – HIGH (H)							
No. FALLA	SEVERIDAD	m CANTIDADES PARCIALES					TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUC
11	M	2,5x1	3x1,4	4,4x0,7					
11	L	6,0x3,0							
10	M	0,55							
11	M	3,5x1,2	3,1x2,3	2,4x1,44	2x2,8	3,9x1,05	5,6x1,5		
12		2,8x1,64							
6	L	1,07x1,03							
11	H	1,04x1,0	2,6x1,03	3,7x1,5					
10	H	0,87	3,2	0,4	0,3	2,10			
1	L	7,8x1,5	4,85x2,1	4,7x2,75	3,6x1,6	2,7x1,7	2,5x1,9		
16	M	0,98x0,57							
15	L	1,6x0,7							
11	L	5,2x1,5							
1	L	3,1x1,5	2,8x0,9	4,5x1,5	2,4x1,7	3x0,9			
1	M	3,1x1,20	3,4x1,5	0,7x0,9	4,6x2,10				
								TOTAL VALOR DEDUCIDO	

DISTANCIAS RECORRIDAS POR UNIDAD**CARRETERA A ANALIZAR: 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA****UNIDAD 1: ABS. INICIAL: KM 0+000 ABS FINAL: KM 0+750****UNIDAD 2: ABS. INICIAL: KM 0+750 ABS FINAL: KM 1+500**

UNIDAD 3: ABS. INICIAL: KM 1+500 ABS FINAL: KM 2+250**UNIDAD 4: ABS. INICIAL: KM 2+250 ABS FINAL: KM 3+000**

UNIDAD 5: ABS. INICIAL: KM 3+000 ABS FINAL: KM 3+750**UNIDAD 6: ABS. INICIAL: KM 3+750 ABS FINAL: KM 4+500**

UNIDAD 7: ABS. INICIAL: KM 4+500 ABS FINAL: KM 5+250**UNIDAD 8: ABS. INICIAL: KM 5+250 ABS FINAL: KM 6+000**

UNIDAD 9: ABS. INICIAL: KM 6+000 ABS FINAL: KM 6+750**UNIDAD 10: ABS. INICIAL: KM 6+750 ABS FINAL: KM 7+500**

UNIDAD 11: ABS. INICIAL: KM 7+500 ABS FINAL: KM 8+250**UNIDAD 12: ABS. INICIAL: KM 8+250 ABS FINAL: KM 9+000**

UNIDAD 13: ABS. INICIAL: KM 9+000 ABS FINAL: KM 9+750**UNIDAD 14: ABS. INICIAL: KM 9+750 ABS FINAL: KM 10+500**

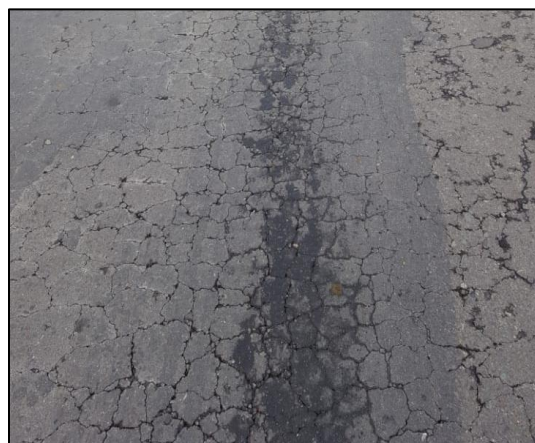
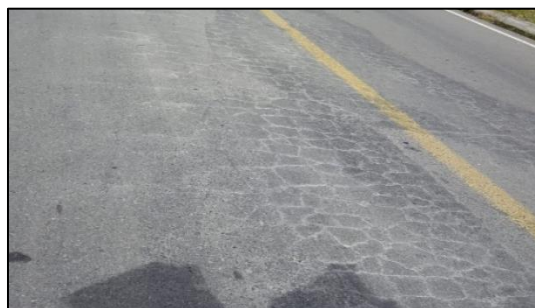
UNIDAD 15: ABS. INICIAL: KM 10+500 ABS FINAL: KM 11+250**UNIDAD 16: ABS. INICIAL: KM 11+250 ABS FINAL: KM 12+000**

FINAL DE LA CARRETERA: KM 12+000

IDENTIFICACIÓN Y REGISTRO DE LAS FALLAS EN LA CARRETERA
PROYECTO: EVALUACIÓN DE FALLAS CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA
FALLAS MÁS REPRESENTATIVAS EN LA CARRETERA SISCIBAMBA

Falla 1. Piel de cocodrilo

En las siguientes ilustraciones, se presentarán la evidencia fotográfica de las fallas de piel de cocodrilo más representativas de la vía.



Falla 2. Exudación

En las siguientes ilustraciones, se presentarán la evidencia fotográfica de las fallas de exudación más representativas de la vía.



Falla 3. Fisuramiento en bloque

En las siguientes ilustraciones, se presentarán la evidencia fotográfica de las fallas de fisuramiento en bloque más representativas de la vía.



Falla 4. Desniveles localizados

En las siguientes ilustraciones, se presentarán la evidencia fotográfica de las fallas de desniveles localizados más representativas de la vía.



Falla 6. Depresión

En las siguientes ilustraciones, se presentarán la evidencia fotográfica de las fallas de depresión más representativas de la vía.



Falla 9. Desnivel de carril

En las siguientes ilustraciones, se presentarán la evidencia fotográfica de las fallas de desnivel de carril más representativas de la vía.



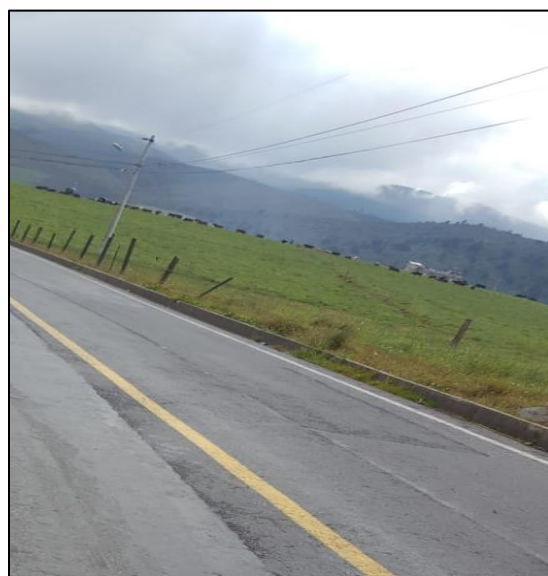
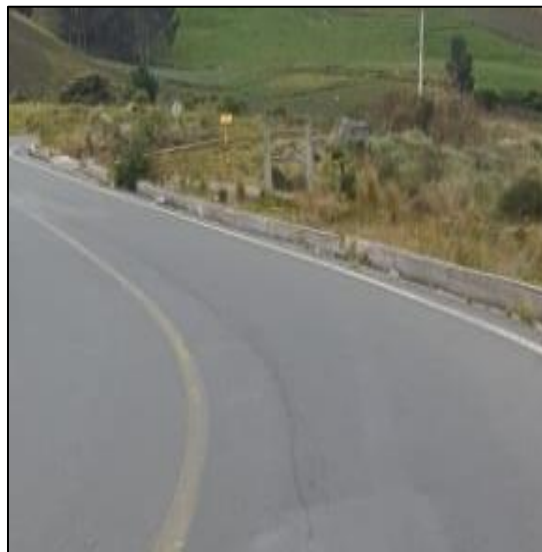
Falla 10. Fisuramiento longitudinal o transversal

En las siguientes ilustraciones, se presentarán la evidencia fotográfica de las fallas de fisuramiento longitudinal o transversal más representativas de la vía.



Falla 11. Parche de corte de servicio

En las siguientes ilustraciones, se presentarán la evidencia fotográfica de las fallas de parche de corte de servicio más representativas de la vía.





Falla 12. Agregado pulido

En las siguientes ilustraciones, se presentarán la evidencia fotográfica de las fallas de agregado pulido más representativas de la vía.



Falla 13. Baches

En las siguientes ilustraciones, se presentarán la evidencia fotográfica de las fallas de baches más representativas de la vía.



Falla 14. Cruce de ferrocarril

En las siguientes ilustraciones, se presentarán la evidencia fotográfica de las fallas de cruce de ferrocarril más representativas de la vía.



Falla 15. Surco en huella

En las siguientes ilustraciones, se presentarán la evidencia fotográfica de las fallas de surco en huella más representativas de la vía.

**Falla 16. Desplazamiento**

En las siguientes ilustraciones, se presentarán la evidencia fotográfica de las fallas de desplazamiento más representativas de la vía.



Falla 18. Hinchamiento

En las siguientes ilustraciones, se presentarán la evidencia fotográfica de las fallas de hinchamiento más representativas de la vía.



Falla 19. Desmoronamiento / Intemperismo

En las siguientes ilustraciones, se presentarán la evidencia fotográfica de las fallas de desmoronamiento / intemperismo más representativas de la vía.



MEDICIÓN DE LAS FALLAS EN LA CARRETERA**PROYECTO: EVALUACIÓN DE FALLAS CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA**

En esta parte del Anexo se evidenciarán algunas ilustraciones de las mediciones de las fallas.








ANEXO C. ENCUESTA DE SERVICIBILIDAD

ENCUESTA DE CONFORMIDAD DE LOS USUARIOS AL CIRCULAR POR LA CARRETERA

PROYECTO: ESTUDIO DE CONFORMIDAD EN LA CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA

FECHA: JUEVES 25 DE FEBRERO DEL 2021

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR		SERVICIBILIDAD DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA							
 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		CARRETERA: SICSIBAMBA - URBINA FECHA (D/M/A): FEBRERO 25, 2021 INSPECTORES: H. PATRICIO MOYANO AYALA, ANA R. SALAZAR NAVARRETE					CALIDAD 5 MUY BUENO 4 BUENO 3 REGULAR 2 MALO 1 MUY MALO 0		
ENCUESTA DE CONFORMIDAD DE LOS USUARIOS AL CIRCULAR POR LA CARRETERA									
EN ESCALA DEL 0 AL 5 DONDE 0 REPRESENTA CALIDAD DE LA CARRETERA BAJA Y 5 CALIDAD DE LA CARRETERA ALTA, EN FUNCIÓN A SU CONFORMIDAD, COMODIDAD Y SU SEGURIDAD, ¿CÓMO CALIFICARÍA USTED LA CARRETERA SICSIBAMBA – URBINA? (MARCAR CON UNA X LA RESPUESTA DE CADA USUARIO)						¿ES EL PAVIMENTO DE CALIDAD ACEPTABLE? (MARCAR CON UNA X LA RESPUESTA DE CADA USUARIO)			OBSERVACIONES
USUARIO	0 - 1 MUY MALO	1 - 2 MALO	2 - 3 REGULAR	3 - 4 BUENO	4 - 5 MUY BUENO	SI	NO	INDECISO	
1			X			X			SE REQUELLE, LO MAYOR MANEJO MUY BUENO
2			X			X			AGUA SE EMPOSA
3			X			X			MANEJAMIENTO
4				X		X			MANEJAMIENTO
5				X		X			EMBUZAMIENTO
6				X		X			POCA SEÑALÉTICA PARA LOS CHAPAS ACOSTADOS
7				X		X			
8				X		X			MUCHO TRAFICO DE TRAILERS
9				X			X		BACHES
10				X		X			SUCIEDAD Y DESBALANCEO
11		X						X	DEMASIADO TRAFICO PESADO
12		X		X		X			
13			X				X		POCA SEGURIDAD, DEMASIADAS FALLAS COSTA UNA DEL PAV.
14				X		X			MANEJAMIENTO
15				X		X			EMBUZ LA CARRETERA
16			X			X			
17				X			X		NO SE SIENTE SEGURO.
18		X				X			AMPLIAR LA CARRETERA, CURVAS PRONUNCIADAS
19				X		X			
20				X			X		MUCHOS HUECOS.
21				X		X			MANEJAMIENTO.
22				X		X			MANEJAMIENTO
23				X		X			INSEGURIDAD AL CIRCULAR
24				X			X		TRAILERS
25				X		X			
26			X				X		
27				X		X			FALTA DE REAJE
28			X			X			POCA PREOCUPACION DE LAS AUTORIDADES, SUCIEDAD
29			X			X			INSEGURIDAD AL TOMAR LAS CURVAS EN VUEL. BAJAS
30				X		X			
31				X		X			MOVIMIENTO DE TIERRA A LAS CALZADAS, DEMASIADO VEHICULO PESADO

EVALUACIÓN DE 12 KILÓMETROS DE LA CARRETERA SICSIBAMBA - URBINA

32				X	X		MANTENIMIENTO
33				X	X		
34				X	X		
35				X		X	CAPOZAMIENTO DE AGUA.
36				X	X		SE SIENTE INSEGURIDAD AL CURVAR POR LA CARRET.
37			X		X		DEMASIADO VEHICULO PESADO.
38			X			X	
39				X	X		DEMASIADOS CHAPAS ACOSTADOS
40		X			X		MUCHA BASURA
41				X	X		FALTA DE MANTENIMIENTO POR LAS AUTORIDADES
42				X	X		
43			X			X	CURVAS PELIGROSAS.
44				X	X		MANTENIMIENTO.
45				X	X		
46				X	X		VIA MUY ANGOSTA.
47				X	X		MUCHOS TRAILERS CULGADOS PARA EVITAR PEAJE
48			X		X		MANTENIMIENTO
49				X	X		
50				X	X		MUCHAS FALLAS EN SU POCO TIEMPO DE CURV.

ENCUESTA DE CONFORMIDAD DE LOS USUARIOS AL CIRCULAR POR LA CARRETERA**PROYECTO: ESTUDIO DE CONFORMIDAD EN LA CARRETERA SCISIBAMBA – URBINA****FECHA: JUEVES 25 DE FEBRERO DEL 2021**