



**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE EN LA AV. VENEZUELA Y AV. PANAMERICANA
(TRAMO AV. CANADÁ – PJE. SIMÓN BOLÍVAR) DE LA
CIUDAD DE ABANCAY – APURÍMAC, 2018**

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

HETTY LIZ SIGUEL CÁCERES

ASESORES

MG. ANDERSON NÚÑEZ FERNÁNDEZ

MG. RÓMULO GÓMEZ NOBLEGA

ABANCAY – PERÚ

2018

Dedicatoria

A Dios, por acompañarme en todos los momentos de mi vida, por ser mi guía, mi fortaleza y por siempre mostrarme su infinito amor.

A mi madre, Vicitación Cáceres, por ser el pilar más importante en mi vida y por manifestarme siempre su amor y cariño incondicional.

A mi novio, Roovin Guzmán, por acompañarme durante todo este arduo camino y por compartir conmigo alegrías y tristezas.

Agradecimiento

A la Universidad Alas Peruanas, especialmente a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Arquitecturas y a cada uno de mis formadores, personas de gran sabiduría por compartir sus conocimientos que contribuyeron en el proceso de mi formación profesional.

Mi eterna gratitud a Gilberto Manrique por su ayuda y dedicación en los trabajos realizados durante la inspección en campo, lo cual fue trascendental para plasmar este trabajo de investigación.

A mis asesores Mg. Anderson Núñez Fernández y Mg. Rómulo Gómez Noblega, por su orientación y colaboración para la culminación de la presente tesis.

Gracias a mis hermanos queridos: Gregorio, Lidia y Zeida por sus sabios consejos y el apoyo moral que siempre recibí. De igual manera a mis sobrinos André, Yadira, Sheyla, Razhiel, Fred y Franco, que son parte de mi vida. Muchas gracias.

Finalmente, quiero agradecer a mis amigos y compañeros de la universidad que directa o indirectamente estuvieron involucrados en el proceso de mi formación profesional.

Resumen

Un pavimento, en algún momento de su vida sufrirá cierto daño en su estructura. Para reparar estos daños será necesario efectuar algún tipo de tratamiento para su conservación, los mismos que no pueden ejecutarse sin conocer con certeza la condición real del pavimento. Es por ello, que el objetivo de la presente tesis es calcular el índice de condición del pavimento flexible en la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) de la ciudad de Abancay – Apurímac 2018, para lo cual se utilizó el método Pavement Condition Index PCI, con la finalidad de obtener un índice cuantificador del estado de la vía, en base al tipo, severidad y cantidad de fallas encontradas, mediante la inspección visual utilizando equipos de medición y el inventario de fallas para pavimentos flexibles.

El método PCI, se aplicó a 9671.90 m² o 1104.0 metros lineales de pavimento, los cuales han sido divididos en 43 unidades de muestreo, agrupadas en 4 secciones y a su vez en 2 tramos. Siendo, la Av. Venezuela el tramo 1, constituida por las secciones 1, 2 y 3 cuyos resultados alcanzados al concluir el proceso de investigación fue 13.10, 16.6 y 21.50 respectivamente, equivalentes a pavimentos en condición muy malo, cuyo PCI ponderado (tomando en cuenta las 20 unidades de muestreo que conforman la Av. Venezuela) es 15.70, correspondiente a un pavimento en muy mal estado. Por otro lado, la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá hasta el Pje. Simón Bolívar), es el tramo 2, sección 4, constituida por 23 unidades de muestreo de las cuales solo 4 unidades presentan índices que corresponden a un pavimento en mal estado, el resto presentan índices de regular a muy bueno. Obteniendo un PCI ponderado de 58, que califica al pavimento en estado bueno.

Al respecto, se concluye que la Av. Venezuela no es apta para el tránsito vehicular y se recomienda la reconstrucción total de la vía (pavimento nuevo). Mientras que la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) se encuentra en condiciones aceptables para la circulación y se propone ejecutar trabajos de mantenimiento y adicionalmente actividades de rehabilitación (remoción) solo en las cuatro unidades más afectadas de dicho tramo.

Palabras clave: Pavimentos flexibles e Índice de condición del pavimento.

Summary

A pavement, at some point in his life will suffer some damage to its structure. To repair these damages it will be necessary to carry out some kind of treatment for their conservation, the same ones that cannot be executed without knowing with certainty the real condition of the pavement. That is why, the objective of this thesis is to calculate the condition index of the flexible pavement in Av. Venezuela and Av. Panamericana (section Av. Canada - Pje. Simón Bolívar) of the city of Abancay - Apurímac 2018, which was used the Pavement Condition Index PCI method, in order to obtain a quantifying index of the state of the road, based on the type, severity and number of faults found, through visual inspection using measurement equipment and fault inventory for flexible pavements.

The PCI method was applied to 9671.90 m² or 1104.0 linear meters of pavement, which have been divided into 43 sampling units, grouped into 4 sections and in turn into 2 sections. Being, the Av. Venezuela the section 1, constituted by the sections 1, 2 and 3 whose results reached when concluding the process of investigation is 13.10, 16.6 and 21.50 respectively, equivalent to pavements in very bad condition, whose PCI weighted (taking in account the 20 sampling units that make up Av. Venezuela) is 15.70, corresponding to a pavement in very poor condition. On the other hand, the Panamericana Avenue (section Av. Canada to Pje. Simón Bolívar), is section 2, section 4, consisting of 23 sampling units of which only 4 units present indices corresponding to a pavement in poor state, the rest have regular to very good rates. Obtaining a weighted PCI of 58, which qualifies the pavement in good condition.

In this regard, it is concluded that Av. Venezuela is not suitable for vehicular traffic and the total reconstruction of the road (new pavement) is recommended. While the Panamericana Avenue (section Av. Canada - Pje. Simón Bolívar) is in acceptable conditions for circulation, it is proposed to carry out maintenance work, and additionally rehabilitation activities (removal) only in the four most affected units of said stretch.

Keywords: Flexible pavements and pavement condition index

Índice General

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Resumen	iv
Summary.....	v
Índice General	vi
Lista de figuras.....	x
Índice de tablas	xii
Introducción	xiii
Capítulo I. Planteamiento metodológico.....	15
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	15
1.2. Delimitación de la investigación	17
1.2.1. Espacial.....	17
1.2.2. Temporal	18
1.3. Planteamiento de los problemas de investigación.....	18
1.3.1. Problema general	18
1.3.2. Problemas específicos	18
1.4. Objetivos de la investigación.....	18
1.4.1. Objetivo general	18
1.4.2. Objetivos específicos.....	18
1.5. Formulación de la hipótesis de la investigación	19
1.5.1. Hipótesis general.....	19
1.5.2. Hipótesis específica.....	19
1.6. Variable de la investigación	19
1.6.1. Univariable	19
1.6.2. Operacionalización de variables.....	19
1.7. Diseño de la investigación	20
1.7.1. Tipo de investigación.....	20
1.7.2. Nivel de investigación.....	20
1.7.3. Diseño de la investigación.....	21
1.7.4. Método de la investigación	21
1.8. Universo, población y muestra de la investigación.....	21
1.8.1. Universo	21
1.8.2. Población	21
1.8.3. Muestra	21
1.9. Técnicas e instrumentos de la recolección de datos	22
1.9.1. Técnicas.....	22
1.9.2. Instrumentos.....	22

1.9.3. Validez y confiabilidad del instrumento	22
1.9.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.....	22
1.10. Justificación e importancia de la investigación	23
1.10.1. Justificación.....	23
1.10.2. Importancia.....	24
1.11. Limitaciones.....	24
1.12. Viabilidad del estudio	24
Capítulo II. Marco teórico.....	25
2.1. Antecedentes del problema	25
2.1.1. Antecedentes Internacionales	25
2.1.2. Antecedentes Nacionales	27
2.1.3. Antecedentes Locales	31
2.2. Bases teóricas	31
2.2.1. Generalidades de pavimento.....	31
2.2.2. Características que debe reunir un pavimento.....	32
2.2.3. Clasificación de los pavimentos.....	33
2.2.3.1 Pavimento rígido	33
2.2.3.2 Pavimento flexible.....	34
2.2.3.3 Pavimento semi-rígido	34
2.2.3.4 Pavimento articulado.....	35
2.2.4. Capas que compone un pavimento flexible	35
2.2.5. Ciclo de vida de un pavimento.....	36
2.2.5.1 Fase A. Construcción.....	37
2.2.5.2 Fase B. Deterioro lento y poco visible	37
2.2.5.3 Fase C. Deterioro acelerado	38
2.2.5.4 Fase D. Descomposición total.....	38
2.2.6. Fallas en pavimentos flexibles	38
2.2.7. Clasificación de fallas en los pavimentos flexibles	38
2.2.7.1 Fallas superficiales	38
2.2.7.2 Fallas estructurales	39
2.2.8. Tipos de fallas en los pavimentos flexibles	39
2.2.8.1 Piel de cocodrilo.....	40
2.2.8.2 Exudación	42
2.2.8.3 Fisuras en bloque	43
2.2.8.4 Abultamientos y hundimientos	45
2.2.8.5 Corrugación	46
2.2.8.6 Depresión	47
2.2.8.7 Fisuras en borde.....	48
2.2.8.8 Fisuras de reflexión de juntas	50

2.2.8.9 Desnivel carril – berma	51
2.2.8.10 Fisuras longitudinales y transversales.....	52
2.2.8.11 Parches y parches de cortes utilitarios	54
2.2.8.12 Agregados pulidos	56
2.2.8.13 Baches.....	57
2.2.8.14 Ahuellamiento	58
2.2.8.15 Desplazamiento	60
2.2.8.16 Fisura parabólica	60
2.2.8.17 Hinchamiento.....	62
2.2.8.18 Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados.....	63
2.2.9. Método del Índice del Condición Pavimento (PCI)	64
2.2.9.1 Introducción	64
2.2.9.2 Resumen de la práctica	65
2.2.9.3 Materiales e instrumentos	66
2.2.9.4 Secuencia lógica del PCI	68
2.2.9.5 Muestreo y unidades de muestreo	69
2.2.9.6 Procedimiento de inspección	72
2.2.9.7 Cálculo del PCI	72
2.2.10. Niveles de intervención en los pavimentos	80
2.2.10.1 Mantenimiento	80
2.2.10.2 Rehabilitación	81
2.2.10.3 Reconstrucción	81
2.3. Definición de términos básicos.....	85
Capítulo III. Presentación, análisis e interpretación de resultados	87
3.1. Información preliminar	87
3.1.1. Aspectos generales de la zona en estudio	87
3.1.2. Antecedentes	89
3.1.3. Importancia de las vías en estudio	90
3.1.4. Características del tránsito	90
3.2. Aplicación del método PCI	92
3.2.1. Muestreo y unidades de muestreo.....	92
3.2.1.1 Identificar los tramos de estudio.....	92
3.2.1.2 Dividir los tramos en secciones.....	93
3.2.1.3 Dividir las secciones en unidades de muestreo.....	98
3.2.2. Procedimiento de inspección en campo.	101
3.2.3. Determinación PCI de las unidades de muestreo	102
3.2.3.1 PCI unidades de muestreo (Av. Venezuela).....	102
3.2.3.2 PCI unidades de muestreo (Av. Panamericana: tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar)	110

3.2.3.1 Determinación del PCI de cada sección.....	115
3.3. Presentación de resultados.....	115
3.3.1. Resultados Av. Venezuela.....	116
3.3.2. Resultados Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar).....	117
3.4. Análisis e interpretación de resultados.....	118
3.4.1. Av. Venezuela	118
3.4.2. Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar)	130
3.4.3. Red de pavimento	139
Capítulo IV. Proceso de contraste de hipótesis	143
4.1.1. Contraste de hipótesis general	143
4.1.2. Contraste de las hipótesis específicas	144
Capítulo V. Discusión de resultados.....	146
Conclusiones.....	149
Recomendaciones.....	150
Referencias bibliográficas	152
APÉNDICES	154
Lista de apéndices	155
ANEXOS	169
Lista de anexos.....	170

Lista de figuras

<i>Figura 1.</i> Mapa de ubicación de la zona en estudio.....	17
<i>Figura 2.</i> Estructura típica de un pavimento	32
<i>Figura 3.</i> Estructura típica de un pavimento rígido.....	33
<i>Figura 4.</i> Estructura típica de un pavimento flexible	34
<i>Figura 5.</i> Estructura típica de un pavimento semi - rígido.....	34
<i>Figura 6.</i> Estructura típica de un pavimento articulado.	35
<i>Figura 7.</i> Ciclo de vida de un pavimento flexible.....	37
<i>Figura 8.</i> Piel de cocodrilo (unidad de medida: m2).....	41
<i>Figura 9.</i> Piel de cocodrilo de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).	42
<i>Figura 10.</i> Exudación (unidad de medida: m2)	42
<i>Figura 11.</i> Exudación de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).....	43
<i>Figura 12.</i> Descripción gráfica de fisuras en bloque	44
<i>Figura 13.</i> Fisuras en bloque de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).	44
<i>Figura 14.</i> Abultamientos y hundimientos de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).	45
<i>Figura 15.</i> Corrugación (unidad de medida: m2)	46
<i>Figura 16.</i> Corrugación de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).	47
<i>Figura 17.</i> Depresión (unidad de medida: m2).....	47
<i>Figura 18.</i> Depresión de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).	48
<i>Figura 19.</i> Fisuras en borde (unidad de medida: ml)	49
<i>Figura 20.</i> Fisura en borde de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).....	49
<i>Figura 21.</i> Fisuras de reflexión de juntas (unidad de medida: ml).....	50
<i>Figura 22.</i> Fisura de reflexión de junta de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).....	51
<i>Figura 23.</i> Desnivel carril - berma de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c)	52
<i>Figura 24.</i> Fisuras longitudinales y transversales (unidad de medida: ml).	53
<i>Figura 25.</i> Fisuras long. y transv. de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c)	54
<i>Figura 26.</i> Parches (unidad de medida: m2).....	54
<i>Figura 27.</i> Parche de corte utilitario	55
<i>Figura 28.</i> Parches y parches de cortes utilitar. de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c) ..	55
<i>Figura 29.</i> Agregados pulidos (unidad de medida: (m2)	56
<i>Figura 30.</i> Baches (unidad de medida: N° ocurrencia).....	57
<i>Figura 31.</i> Baches de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).....	58
<i>Figura 32.</i> Ahuellamiento (unidad de medida: m2)	59
<i>Figura 33.</i> Ahuellamiento de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c)	59
<i>Figura 34.</i> Desplazamiento de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).	60
<i>Figura 35.</i> Fisura parabólica (unidad de medida: m2).....	61
<i>Figura 36.</i> Fisura parabólica de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).	61
<i>Figura 37.</i> Hinchamiento (unidad de medida: m2)	62
<i>Figura 38.</i> Peladura por intemperismo/desprendimiento de agregados de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c)	64
<i>Figura 39.</i> Índice de condición del pavimento (PCI), escala de calificación.	65
<i>Figura 40.</i> Odómetro manual.....	66
<i>Figura 41.</i> Secuencia lógica del PCI.....	68
<i>Figura 42.</i> Curva valor deducido de parches y parches de cortes utilitarios	75
<i>Figura 43.</i> Ajuste del número de los valores de deducción.....	76
<i>Figura 44.</i> Valor deducido total (CDT)	77
<i>Figura 45.</i> Cálculo del máximo valor deducido corregido.....	78
<i>Figura 46.</i> Sellado de grietas.....	82
<i>Figura 47.</i> Sello asfáltico superficial localizado.....	82
<i>Figura 48.</i> Trabajos de bacheo.....	83

<i>Figura 49.</i> Inicio y fin de la red de pavimento (flecha roja: sentido Abancay – Lima; azul: Lima - Abancay)	87
<i>Figura 50.</i> Tránsito vehicular en la Av. Venezuela.....	91
<i>Figura 51.</i> Tránsito vehicular en la Av. Panamericana.....	91
<i>Figura 52.</i> Distribución de la red de pavimento, en tramos.....	93
<i>Figura 53.</i> Distribución de los tramos en secciones.....	94
<i>Figura 54.</i> Transición en el tramo 1, de sección 1 a 2	95
<i>Figura 55.</i> Área delimitada de amarillo, es pavimento rígido y flexible no considerado.....	96
<i>Figura 56.</i> Transición en el tramo 1, de sección 2 a 3	97
<i>Figura 57.</i> Transición del tramo de 1 a 2 y sección de 3 a 4.....	97
<i>Figura 58.</i> Delimitando la unidad de muestra con el odómetro manual.....	101
<i>Figura 59.</i> Condición general del pavimento Av. Venezuela	118
<i>Figura 60.</i> Variación de resultados PCI de las unidades de muestreo. Av. Venezuela	120
<i>Figura 61.</i> Frecuencia de la falla piel de cocodrilo Av. Venezuela	120
<i>Figura 62.</i> Frecuencia de la falla fisuras en bloque Av. Venezuela	120
<i>Figura 63.</i> Frecuencia de la falla abultamiento y hundimiento Av. Venezuela.....	121
<i>Figura 64.</i> Frecuencia de la falla corrugación Av. Venezuela	121
<i>Figura 65.</i> Frecuencia de la falla depresión Av. Venezuela	121
<i>Figura 66.</i> Frecuencia de la falla fisuras en borde Av. Venezuela	122
<i>Figura 67.</i> Frecuencia de la falla fisuras longitudinales y transversales Av. Venezuela	122
<i>Figura 68.</i> Frecuencia de la falla parches y parches de cortes utilitarios Av. Venezuela	122
<i>Figura 69.</i> Frecuencia de la falla agregados pulidos Av. Venezuela	123
<i>Figura 70.</i> Frecuencia de la falla baches Av. Venezuela	123
<i>Figura 71.</i> Frecuencia de la falla ahuellamiento Av. Venezuela.....	123
<i>Figura 72.</i> Frecuencia de la falla desplazamiento Av. Venezuela	124
<i>Figura 73.</i> Frecuencia de la falla hinchamiento Av. Venezuela.....	124
<i>Figura 74.</i> Frecuencia de la falla desprendimiento de agregados Av. Venezuela	124
<i>Figura 75.</i> Fallas existentes Av. Venezuela (clasificadas según su nivel de severidad).....	129
<i>Figura 76.</i> Condición general del pavimento Av. Panamericana.....	130
<i>Figura 77.</i> Variación resultados PCI Av. Panamericana (tramo Av. Canadá - Pje. Simón Bolívar).....	131
<i>Figura 78.</i> Frecuencia de la falla piel de cocodrilo Av. Panamericana	131
<i>Figura 79.</i> Frecuencia de la falla fisuras en bloque Av. Panamericana.....	132
<i>Figura 80.</i> Frecuencia de la falla abultamientos y hundimientos Av. Panamericana	132
<i>Figura 81.</i> Frecuencia de la falla corrugación Av. Panamericana	132
<i>Figura 82.</i> Frecuencia de la falla depresión Av. Panamericana	133
<i>Figura 83.</i> Frecuencia de la falla fisuras en borde Av. Panamericana	133
<i>Figura 84.</i> Frecuencia de la falla fisuras longitudinales y transversales Av. Panamericana	133
<i>Figura 85.</i> Frecuencia de la falla parche y parche de corte utilitario Av. Panamericana	134
<i>Figura 86.</i> Frecuencia de la falla agregados pulidos Av. Panamericana.....	134
<i>Figura 87.</i> Frecuencia de la falla baches Av. Panamericana	134
<i>Figura 88.</i> Frecuencia de la falla ahuellamiento Av. Panamericana.....	135
<i>Figura 89.</i> Frecuencia de la falla desplazamiento Av. Panamericana.....	135
<i>Figura 90.</i> Frecuencia de la falla hinchamiento Av. Panamericana.....	135
<i>Figura 91.</i> Frecuencia de la falla desprendimiento de agregados Av. Panamericana	136
<i>Figura 92.</i> Fallas existentes en la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar).....	138
<i>Figura 93.</i> Frecuencia de fallas en la red de pavimento	140
<i>Figura 94.</i> Condición actual de la red de pavimento	140

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Operacionalización de variables e indicadores</i>	20
Tabla 2 <i>Fallas en pavimentos flexibles</i>	40
Tabla 3 <i>Nivel de severidad para baches</i>	58
Tabla 4 <i>Hoja de datos de la inspección de fallas en una unidad de muestreo</i>	67
Tabla 5 <i>Ejemplo de hoja inspección de fallas para pavimentos flexibles en una unidad de muestreo</i>	74
Tabla 6 <i>Intervención en base al valor del PCI</i>	80
Tabla 7 <i>Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 01</i>	103
Tabla 8 <i>Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 02</i>	104
Tabla 9 <i>Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 03</i>	105
Tabla 10 <i>Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 09</i>	106
Tabla 11 <i>Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 10</i>	107
Tabla 12 <i>Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 19</i>	108
Tabla 13 <i>Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 20</i>	109
Tabla 14 <i>Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 21</i>	111
Tabla 15 <i>Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 22</i>	112
Tabla 16 <i>Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 23</i>	113
Tabla 17 <i>Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 24</i>	114
Tabla 18 <i>Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 25</i>	115
Tabla 19 <i>Resumen de los resultados del cálculo del PCI en la Av. Venezuela</i>	116
Tabla 20 <i>Resumen de los resultados del cálculo del PCI en la Av. Panamericana</i>	117
Tabla 21 <i>Fallas que más afectan a la Av. Venezuela</i>	125
Tabla 22 <i>Fallas que menos afectan a la Av. Venezuela</i>	126
Tabla 23 <i>Fallas que no afectan a la Av. Venezuela</i>	127
Tabla 24 <i>Fallas que más afectan a la Av. Panamericana</i>	136
Tabla 25 <i>Fallas que menos afectan a la Av. Panamericana</i>	137
Tabla 26 <i>Fallas que no afectan a la Av. Panamericana</i>	137
Tabla 27 <i>Frecuencia de fallas en la red de pavimento</i>	139
Tabla 28 <i>Condición actual de la red de pavimento</i>	141
Tabla 29 <i>Estadística descriptiva para la variable PCI red de pavimento</i>	143

Introducción

Uno de los indicadores de desarrollo de una nación es la calidad de su infraestructura vial y el ordenamiento del tránsito, de ahí nace la importancia de contar con excelentes vías que contribuyan a este desarrollo. Es por ello que la actual gestión municipal dentro de sus competencias, busca impulsar proyectos viales para mejorar la comunicación y el transporte entre los diversos sectores urbanos y rurales de la provincia de Abancay. Sin embargo, muchas de estas obras, no cuentan con presupuesto asignado para el mantenimiento, lo cual se refleja en muchas zonas pavimentadas que se encuentran en mal estado, afectando evidentemente la comodidad de los usuarios. Entonces con el pavimento ya deteriorado, resulta claro que, para optimizar su estado deberá ejecutarse algún procedimiento para corregir estos daños, pero previamente debe conocerse cuál es la situación real del pavimento y para ello será necesario calcular el índice de condición del pavimento, en base a ello, establecer el tratamiento adecuado a utilizar con la finalidad de extender el tiempo de vida útil de la vía y mantener en excelentes condiciones al pavimento para el servicio de los usuarios.

El Índice de Condición del Pavimento (Pavement Condition Index, PCI por sus siglas en inglés), es un método de inspección visual, desde que fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos entre los años 1974 a 1976, se ha constituido en la técnica más íntegra y acreditada para la inspección y calificación equívoca de los pavimentos y fue formalmente adoptado por el Departamento de Defensa (DOD – Department of Defense) de los Estados Unidos y la Asociación Americana del Trabajo Público (APWA - *American Public Work Association*) y promulgado por la Asociación Americana de Prueba de Materiales (American Society of Testing Material, ASTM en adelante) en su designación ASTM D 6433-07 norma internacional “Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos”.

Dicho procedimiento, se decidió aplicar a la Av. Venezuela y Av. Panamericana, por ser principales vías del distrito y provincia de Abancay, por su gran relevancia dentro de la región Apurímac. Asimismo, se conoce, que en marzo del 2018 se ejecutó actividades de mantenimiento de la Av. Venezuela, que consistió en el parchado y/o bacheo profundo de las zonas afectadas. En el caso de la Av. Panamericana se tiene información que desde el inicio de su construcción hasta la fecha aún no ha sido

intervenida. Es importante precisar que por estas avenidas circulan todo tipo de vehículos desde livianos hasta vehículos de carga pesada, estos últimos son lo que ejercen mayor presión sobre el pavimento, logrando con esto, contribuir con el deterioro de las vías.

El presente trabajo de tesis, está constituido por cinco capítulos, los cuales se describe a continuación:

Capítulo I, es una puesta en contexto del planteamiento metodológico, es decir; la zona en estudio, los objetivos que se desean alcanzar, la formulación de las hipótesis, identificación de variables, diseño de la investigación, la población que abarca la tesis, las técnicas e instrumentos a utilizarse. Asimismo, la justificación e importancia respecto al aporte y beneficio social de este estudio, las limitaciones y la viabilidad del estudio.

Capítulo II, abarca el marco teórico como soporte de la presente tesis, referidos a pavimentos flexibles y al índice de condición del pavimento. Asimismo, se definen los principales términos básicos y los niveles de intervención que se ejecuta en los pavimentos flexibles. Se precisan también los antecedentes en el contexto local, nacional e internacional, referidos a la aplicación y cálculos del PCI en pavimentos flexibles.

Capítulo III, contempla la información preliminar de las avenidas en estudio, es decir; los aspectos generales, antecedentes de obras ejecutadas en las vías y características del tránsito. Del mismo modo, se determina la cantidad de muestras que serán inspeccionadas, luego se describe el procedimiento del cálculo realizado para obtener el índice de condición del pavimento flexible por cada unidad de muestreo, sección y tramo de la red de pavimento. Asimismo, se presenta los resultados obtenidos en campo y procesados en gabinete y finalmente se hace un análisis e interpretación de los mismos.

Capítulo IV, se aborda el proceso del contraste de la prueba de hipótesis tanto general como las específicas, utilizando la estadística descriptiva.

Y por último el **capítulo V**, contiene el desarrollo de la discusión de los resultados obtenidos a partir del cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar).

Capítulo I.

Planteamiento metodológico

1.1. Descripción de la realidad problemática

Según la Corporación de Radiodifusión Británica-BBC, indica que gran parte de América Latina (Haití, Brasil, Bolivia, Colombia y Paraguay) presenta deficiencias en su infraestructura vial, perjudicando las relaciones comerciales y laborales que existen entre países colindantes y ciudades de un mismo país, además de disminuir la calidad de vida de sus habitantes. (MSN Noticias, 2018)

Asimismo, se conoce que en el año 2013, el Consorcio 4 G Concesiones Grupo 2 Centro Occidente, realizó una consultoría para el Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo - FONADE Colombia, para la evaluación a la red de pavimentos compuesta por el corredor Ibagué – La Paila, Buga – Buenaventura y Santander de Quilichao – Chachagui. Concluyendo en su informe final que más del 35% de vías terrestres presentan fallas, dentro de las más comunes son las fisuras, parches, baches, entre otros. (Concesiones Grupo 2 Centro Occidente, 2013)

En nuestro país, ocurre lo mismo, ya que en el año 2016 la Contraloría General de la República inspeccionó las principales vías de 8 ciudades del sur del país y hallaron infraestructura vial deficiente como agujeros en las calles, bermas y veredas, además de la falta de señalizaciones y mantenimiento de las mismas. De acuerdo al reporte de la Contraloría, se constató en mal estado 124 vías en las ciudades de Arequipa, Abancay, Cusco, Puno, Juliaca, Moquegua, Tacna y Puerto Maldonado. (Correo, 2016)

La ciudad de Abancay, no es ajena a dicha situación, ya que gran parte de la infraestructura vial se encuentra deteriorada como es el caso de la Av. Venezuela. Durante el recorrido por todo el tramo de la Av. Venezuela, se pudo notar que existe problemas de detrimento del pavimento flexible en diversos puntos de la vía, la filtración, estancamiento de aguas pluviales y la constante transitabilidad de los vehículos producen fatiga y deformaciones considerables originándose ahuellamientos, depresiones ocasionando con ello los charcos de agua, conllevando al desgaste y la falla del pavimento por falta de un adecuado sistema de drenaje.

El deterioro del pavimento se debe en gran medida por el tránsito de vehículos pesados, ya que la capacidad de carga del pavimento no fue diseñada para resistir este tipo de vehículos y, por ser una vía altamente transitada y no existiendo una fluidez constante de los vehículos, los frenados y las aceleraciones repetidas hacen que el pavimento sufra deformaciones reflejándose en hundimientos y corrugaciones.

Otro factor que contribuye con el deterioro del pavimento es la ausencia de una conservación sana del pavimento, es decir; en muchas ocasiones solo se hacen mantenimientos cuando es muy evidente la presencia de las fallas sobre la superficie del pavimento, los mismos que presentan niveles altos de severidad. Asimismo, las acciones de conservación que se le da al pavimento no es el apropiado, generalmente se realizan a criterio de la institución responsable del mantenimiento de las vías sin efectuar evaluaciones previas certificadas que indiquen cual es el tratamiento (mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción) que se debe ejecutar en una determinada vía.

El pavimento envejecido es otra de las causas por las que un pavimento no puede responder a las exigencias para los cuales fue diseñado. Por más tratamientos correctos que reciba el pavimento, en muchas ocasiones responderá solo cierto tiempo, volviendo nuevamente a deteriorarse, debido a que ya habría cumplido con tu tiempo de vida útil.

Los materiales empleados en la construcción del pavimento o en los mantenimientos o rehabilitación realizados carecen de calidad, es por ello, que los pavimentos rápidamente empiezan a presentar grietas y hendiduras tanto en el paquete estructural como funcional, perjudicando evidentemente el tiempo de vida útil del pavimento.

Para contribuir a que el pavimento cumpla con el tiempo de diseño y conservar al pavimento siempre en muy buenas condiciones, es necesario realizar inspecciones rutinarias, de esta manera detectar a tiempo, los defectos o fallas que se puedan presentar en el pavimento, para ello es necesario conocer ¿Cuál es el índice de condición del pavimento flexible de la Av. Venezuela y Av. Panamericana de la ciudad de Abancay – Apurímac, 2018?

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Espacial

El ámbito de la presente investigación se limita a la Av. Venezuela y Av. Panamericana que pertenecen al Centro Poblado Las Américas, ubicado en el sector oeste del distrito y provincia de Abancay, región Apurímac. La provincia de Abancay, geográficamente se ubica en el Nor Centro de la región Apurímac entre las coordenadas UTM: Por el Norte 727 476. 66E y 8518 992.27N; por el Sur 727 479.44E y 8432 343.34N; por el Este 781 309.90E y 8499 346.20N; por el Oeste 698 759.62E y 8513 070.15N, con una superficie de 3447.13 km² que constituye el 16,50% del área total de la región, su capital es el distrito de Abancay y se encuentra ubicada en las coordenadas 13°38'33" latitud sur y 72°52'54" longitud Oeste del meridiano de Greenwich a una altitud de 2378 msnm. (Dirección Nacional Técnica de Demarcación Territorial - PCM, 2006).

En la figura 1, se observa la localización de las vías en estudio en plano local, regional y nacional. Asimismo, para mayor detalle se presenta en el anexo F “Plano de ubicación y localización P – 01”.



Figura 1. Mapa de ubicación de la zona en estudio.

Fuente. Adaptación Google Maps (2018)

Asimismo, la ciudad de Abancay cuenta con 72,277 habitantes al 2017, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI y es un importante centro económico, político y cultural de la región Apurímac, cuya economía se destaca por la producción de aguardientes, de servicios y por ser sede de instituciones gubernamentales, universidades, entre otras importantes.

1.2.2. Temporal

La investigación se desarrolló en un periodo de 5 meses, el cual se inició en el mes de junio del 2018.

1.3. Planteamiento de los problemas de investigación

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el índice de condición del pavimento flexible en la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) de la ciudad de Abancay – Apurímac, 2018?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los tipos de fallas que se presentan en el pavimento flexible de la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) de la ciudad de Abancay – Apurímac, 2018, en base a la norma internacional ASTM D 6433-07?
- ¿Cuáles son los niveles de severidad de los tipos de fallas presentes en el pavimento flexible de la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) de la ciudad de Abancay – Apurímac, 2018, en base en la norma internacional ASTM D 6433-07?

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Calcular el índice de condición del pavimento flexible en la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) de la ciudad de Abancay – Apurímac, 2018.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar los tipos de fallas presentes en el pavimento flexible de la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) de la ciudad de Abancay – Apurímac, 2018, en base a la norma internacional ASTM D 6433-07.

- Determinar los niveles de severidad de los tipos de fallas existentes en el pavimento flexible de la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) de la ciudad de Abancay – Apurímac, 2018, en base a la norma internacional ASTM D 6433-07.

1.5. Formulación de la hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

El cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) de la ciudad de Abancay – Apurímac, 2018, se encuentra en estado regular.

1.5.2. Hipótesis específica

- La falla con mayor frecuencia en el pavimento flexible de la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) de la ciudad de Abancay, 2018, es la fisura piel de cocodrilo.
- El nivel de severidad con mayor frecuencia en el pavimento flexible de la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar), de la ciudad de Abancay, 2018, es el nivel medio.

1.6. Variable de la investigación

1.6.1. Univariable

Índice de condición del pavimento

1.6.2. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables e indicadores

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Índice o unidad de medida
Índice de condición del pavimento	Es un indicador numérico que califica la condición del pavimento en su estado actual, en un rango que va de 0 a 100, basado en la inspección visual, identificando, cuantificando y calculando su nivel de incidencia de las fallas sobre el pavimento. El PCI también nos proporciona la integridad estructural y la condición operacional de la superficie del pavimento. (ASTM D 6433-07)	El procedimiento para el cálculo del PCI es la identificación de los tipos de fallas que existen en el pavimento, determinar el nivel de severidad y la incidencia de las fallas sobre el pavimento. Asimismo se calcula el índice de condición del pavimento de cada zona homogénea (sección), para determinar la condición actual del pavimento.. (ASTM D 6433-07)	Tipos de fallas en el pavimento flexible, según ASTM D 6433-07	<ol style="list-style-type: none"> 1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Fisuras en bloque 4. Abultamiento y hundimiento 5. Corrugación 6. Depresión 7. Fisuras en borde 8. Fisuras de reflexión de junta 9. Desnivel carril - berma 10. Fisuras longitud. y transvers. 11. Parches y parches de c.u. 12. Agregados pulidos 13. Baches 14. Ahuellamiento 15. Desplazamiento 16. Fisura parabólica 17. Hinchamiento 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metro cuadrado (m²) 2. (m²) 3. (m²) 4. (m²) 5. (m²) 6. (m²) 7. Metro lineal (ml) 8. (ml) 9. (ml) 10. (ml) 11. (m²) 12. (m²) 13. N° de ocurrencia 14. (m²) 15. (m²) 16. (m²) 17. (m²) 18. (m²)
			Niveles de severidad	Escala ordinal - L :bajo - M :medio - H :alto	Parámetros establecidos de acuerdo al tipo de falla

Fuente. Elaboración Propia

1.7. Diseño de la investigación

1.7.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo básico, ya que a través de la recolección de datos y el análisis de las unidades de muestreo, se busca conocer y determinar el índice de condición del pavimento flexible de la Av. Venezuela y Av. Panamericana de la ciudad de Abancay, es importante mencionar que la investigación básica o pura *“busca fortalecer el conocimiento a través de la recolección de información in situ, enfocándose al descubrimiento de principios y leyes que expliquen el contexto”* (Borja, 2012, pág. 10).

1.7.2. Nivel de investigación

De acuerdo con la naturaleza del estudio, la investigación reúne características de un nivel de investigación exploratoria y descriptiva, ya que un estudio exploratorio *“sirve para preparar el terreno y por lo común anteceden a investigaciones con alcances descriptivos el cual busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Son útiles para mostrar con*

precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010, págs. 79-80).

1.7.3. Diseño de la investigación

El diseño es no experimental de corte transversal, ya que lo que se pretende es observar fenómenos en su contexto natural. La **investigación no experimental es** *“aquella que se efectúa sin manipular deliberadamente las variables, observando el fenómeno tal y como se da en su contexto natural para posteriormente realizar su análisis”* y, de corte **transversal** porque los datos se *“recolectan en un solo momento, su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía de algo que sucede”* (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010, págs. 149, 151).

1.7.4. Método de la investigación

El método usado en la presente tesis, es el deductivo cuantitativo. **Deductivo** porque se aplica la norma internacional ASTM D-6433-07, a un caso en específico es decir a la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) de la ciudad de Abancay y **cuantitativo** *“porque se fundamenta en la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica”*. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010, pág. 4)

1.8. Universo, población y muestra de la investigación

1.8.1. Universo

El universo está dado por las avenidas del Centro Poblado Las Américas de la ciudad de Abancay.

1.8.2. Población

Está representado por la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar).

1.8.3. Muestra

Está compuesto por 43 unidades de muestreo, distribuidos en 4 secciones.

1.9. Técnicas e instrumentos de la recolección de datos

1.9.1. Técnicas

La principal técnica que se utilizó en esta investigación, es la observación visual in situ, siendo el más usual para la recolección de datos en la ingeniería vial, además de ser la técnica bandera del método PCI.

1.9.2. Instrumentos

El instrumento empleado es la norma técnica internacional ASTM D 6433-07 “Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos” de American Society of Testing Materials. Además, fue necesario contar con equipos e instrumentos de medición tales como:

- Hoja de inspección PCI, según ASTM D 6433-07.
- Instrumentos de medición (odómetro manual y flexómetro)

1.9.3. Validez y confiabilidad del instrumento

La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales de los Estados Unidos (American Society for Testing Materials, por sus siglas en inglés “ASTM”), a través de su norma técnica internacional denominada ASTM D 6433-07 ha propuesto el “Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos”, que garantizan su validez y confiabilidad del instrumento para su utilización en la ciudad de Abancay.

1.9.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

- Para el procesamiento de datos se hace uso del Excel. Adicionalmente se ha empleado la ecuación 5 y 6 ilustrados líneas abajo. Asimismo, la explicación a detalle está en el numeral 2.2.9.5.

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right)(100 - HDV) \leq 10 \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

m: Número máximo aceptable de valores deducidos incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a diez).

HDV: Mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo.

La ecuación 5, se utiliza para calcular el número máximo de valores deducidos en una unidad de muestreo y con ello obtener los valores deducidos corregidos CDV con ayuda del ábaco “Valores Deducidos Corregidos” ilustrado en la figura 44 y mostrado ampliamente en el apéndice B., finalmente elegimos el máx. CDV (anteriormente determinado) para obtener el PCI de la unidad de muestra, aplicando la ecuación 6.

$$\text{PCI} = 100 - \text{Máx. CDV} \quad \text{Ecuación 6}$$

- Para el análisis e interpretación de resultados, se hace uso de histogramas y proporciones en Excel.

1.10. Justificación e importancia de la investigación

1.10.1. Justificación

Esta investigación se justifica en todo su elemento porque resuelve la incertidumbre que existe, referente a, si las acciones de intervención (mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción) ejecutado en una vía, es la acertada; ya que actualmente en nuestro medio no se utiliza ninguna técnica o norma para cuantificar y determinar cuan dañada se encuentra una vía, y se interviene pensando que solo necesita mantenimiento, en muchas ocasiones es todo lo contrario. Es por ello, que con la ejecución de esta tesis, se podrá determinar con certeza el tratamiento apropiado según su índice de condición del pavimento, previamente calculado, con la finalidad de ayudar a mantener en muy buen estado las vías, en beneficio de los usuarios y del estado (referido al aspecto económico).

Asimismo, esta información, será útil para las instituciones encargadas de la conservación vial y específicamente para la Gerencia de Obras de la Municipalidad Provincial de Abancay, para que puedan adoptar como herramienta de prevención de deterioro de los pavimentos al índice de condición del pavimento, el cual es una técnica muy usada en nuestro continente; sin embargo, en nuestro medio es poco conocido. Por esta razón, en esta tesis, se demostrará los beneficios de emplear esta técnica y su fácil aplicación, además el hecho de no solicitar instrumentos especializados lo consagran como la técnica más apropiada para países que no poseen tecnología avanzada para la evaluación de pavimentos, como es nuestro caso.

1.10.2. Importancia

Contar con pistas y veredas en condiciones excelentes, es sinónimo del desarrollo socioeconómico de una población, el mismo que se ve reflejado en la calidad de vida que llevan sus habitantes, el cual está asociado, por ejemplo, al menor tiempo de viaje, disminución en los costos de operación de vehículos, entre otros. Entonces para preservar las vías, es necesario realizar una evaluación periódica para detectar las fallas que perjudican el correcto funcionamiento del pavimento. En ese contexto, la presente investigación denominada “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento flexible en la Av. Venezuela y Av. Panamericana de la ciudad de Abancay – Apurímac, 2018”, tiene por finalidad constituirse en un aporte significativo e importante para este y otros estudios similares desarrollados en el ámbito local, regional y nacional.

1.11. Limitaciones

- Las avenidas en estudio presentan un alto tránsito, lo que dificultó realizar las actividades para la toma de datos, sin embargo se tomó el horario de la madrugada para mayor facilidad.
- La Universidad Alas Peruanas – Filial Abancay, no cuenta con información bibliográfica ni tesis referidas a la aplicación del método PCI para pavimentos flexibles, debido a ello, fue necesario utilizar información de la UAP – Lima y de otras universidades a nivel nacional.
- No se tuvo acceso al expediente técnico de la construcción de las avenidas en estudio; sin embargo, en el caso de la Av. Venezuela se consiguió información del último mantenimiento ejecutado.

1.12. Viabilidad del estudio

Esta tesis, se realizó en un periodo de 5 meses para la ejecución de todos los procesos de la investigación, garantizando así, la ejecución y culminación de la tesis. Asimismo, la demanda de los recursos monetarios, son asumidos por el investigador, de manera que, la investigación no requiere de un financiamiento mayor o auspicio de alguna entidad.

Capítulo II.

Marco teórico

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes Internacionales

- a) El método del índice de Condición del Pavimento PCI, fue desarrollado entre los años 1974 a 1976 por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos y ejecutado por los ingenieros Mohamed Y. Shahin, Dr. Michael L. Darter y Starr D. Kohncon, con la finalidad de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles. En 1982 la Administración Federal de Aviación, mediante su Carta AC. 150/5380-6 de 03/12/1982 en su designación “Pautas y procedimientos de mantenimiento para pavimentos de aeropuertos”, recomendó la utilización de este método, debido al amplio uso en los aeropuertos de los Estados Unidos.

- b) **Coy (2017). Evaluación Superficial de un Pavimento Flexible de la Calle 134 entre Carreras 52a y 53 comparando los Métodos Vizir y PCI - Colombia**”. Esta investigación tiene como **objetivo** evaluar el pavimento flexible de la calle 134 entre carreras 52a y 53 ubicado en una zona urbana de la ciudad de Bogotá. Para lo cual se utilizó los **métodos** VIZIR y PCI para comparar y determinar cuál de los dos procesos es el más objetivo. Mediante el PCI, se identifica el nivel de severidad del pavimento calificando desde 0 como pavimento fallado hasta 100 como pavimento en excelentes condiciones, utilizando como técnica principal la auscultación visual. Por otro lado el método VIZIR define la condición del pavimento mediante el índice de deterioro superficial (IS), que califica de 1 como pavimento en perfecto estado hasta 7 como pavimento fallado. Las **causas** que originan el deterioro del pavimento según evaluación con el PCI son las fallas piel de cocodrilo, fisuras en bloque, parcheo, fisuras longitudinales y transversales. Para ello, se evaluaron 10 unidades de muestreo, donde se califican en buen estado 8 unidades, 1 en excelente estado y 1 en estado regular. Por el método VIZIR se evaluaron 10 unidades de muestras, de las cuales 9 califican en estado bueno y 1 en estado regular. El **resultado final** arrojó un PCI ponderado de 65.00, está dentro del rango de 56 - 70 que demuestra que este pavimento

flexible se encuentra en buen estado y, para VIZIR igual a 2, que está en el rango 0 – 3, que significa pavimento en estado bueno. **Concluyéndose** que:

- Con ambos métodos PCI y VIZIR se obtuvieron calificaciones muy parecidas, a pesar que las metodologías aplican procedimientos diferentes, sin embargo se puede afirmar que el estado del pavimento se encuentra en buenas condiciones.
- Referente a cuál de los métodos es el más recomendable, se concluye que, el PCI, es el más conveniente, ya que este toma en consideración el aspecto funcional y estructural a comparación del VIZIR que solo incluye en su índice de deterioro fallas estructurales.

c) **Duarte y García (2017). Evaluación del Estado de Pavimentos flexibles en la Zona Urbana de La Calera, Bogotá – Colombia.** El **objetivo** de este trabajo es realizar la evaluación de los pavimentos flexibles de la zona urbana de La Calera, ubicado en la capital de Colombia. Para realizar la evaluación se empleó el **método** Pavement Condition Index (PCI), método ampliamente utilizado en el mundo y en Colombia. Para ello se evaluó 1828.5 metros lineales de pavimento, de los cuales se tomó 63 unidades de muestreo agrupadas en 18 secciones. Para determinar la cantidad de muestras se utilizó el aplicativo PavCoin 2017. Los **resultados** conseguidos al término del proceso de investigación realizado por el método PCI fueron:

- sección 6 y 11 fallado, - sección 1, 7, 13 y 15 pavimento muy malo,
- sección 8, 10, 12 y 18 pavimento malo, - sección 3, 5 y 14 regular,
- sección 9 y 17 bueno, sección 2 y 16 muy bueno y, sección 4 como pavimento en condición excelente. Como resultado final se tiene un PCI ponderado igual a 39, **concluyendo** que:

- Con el PCI igual a 39 se puede afirmar que la condición del pavimento flexible de La Calera en su mayoría está en muy mal estado
- El 44 % del área en estudio se encuentra en estado malo y muy malo, esto quiere decir que el pavimento analizado requiere ser reconstruido.
- Los daños más comunes en el pavimento flexible en La Calera son las grietas longitudinales y transversales, piel de cocodrilo y huecos.

d) **Pachay (2017). Evaluación de la Condición del Pavimento Flexible Vía de Acceso a la Parroquia la Unión (0+000-0+966) aplicando el Método PCI, Manabí - Ecuador.** Este trabajo de investigación tiene como **objetivo** principal determinar en qué condiciones se encuentra la vía de acceso a la parroquia la Unión ente los tramos (0+000 – 0+996), aplicando el **método** PCI. Para ello se analizó las características existentes de la vía en estudio con el fin de poder establecer conclusiones y recomendaciones que permitan mejorar las condiciones de servicio de la vía y mejorar la calidad de vida de los habitantes. Para ello fue necesario **efectuar** una observación visual detallada para identificar las fallas superficiales y estructurales en base a su tipo y nivel de severidad. Se analizó 960 metros lineales, agrupándolos en 32 unidades de muestreo. Al término del análisis de las muestras se tiene como **resultado** un PCI ponderado de 30, que demuestra estar en el rango 26-40 como pavimento en estado malo. Al respecto se **concluye**:

- De acuerdo a las fichas de evaluación y registro en el PCI se aprecia que cada sección estudiada presenta diferentes tipos de deterioros, severidades mayormente elevados, también presentan fallas repetitivas como las grietas por fatiga, baches, parches, grietas longitudinales y ahuellamientos.
- A través de la utilización del método PCI, se logró determinar la condición final del pavimento flexible basado en la norma ASTM. Cabe indicar la importancia que tiene analizar la condición de estos pavimentos para así evitar que se deterioren a futuro las vías.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

a) **León (2017). Análisis del estado de conservación del pavimento flexible del Jr. Chanchamayo desde la cuadra 9 a la 14. Por el método Índice de Condición del Pavimento.** El **objetivo** de este estudio es conocer el estado de conservación del Jr. Chanchamayo desde la cuadra 9 a la 14, usando el método PCI. El procedimiento para lograr el objetivo se realizó en etapas: la primera consistió en el trabajo en campo donde se determinó a través de inspecciones visuales la clase, nivel de severidad y cantidad de fallas encontradas, registrándose estas en los formatos adecuados para este

método. En la segunda etapa con los datos obtenidos aplicamos la metodología correspondiente obteniendo como resultado un PCI de 13, correspondiente a un pavimento en muy malas condiciones. Al respecto se **concluye**:

- El estado del pavimento, no ofrece las condiciones mínimas para el tránsito vehicular, para lo cual se debe realizar la reconstrucción del tramo en estudio, ya que las fallas con mayor incidencia son los baches, peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados, seguidas de las fisuras longitudinales y transversales y finalmente piel de cocodrilo.
- También podemos afirmar que el 55% del pavimento en estudio está fallado, el 27 % en un nivel muy malo, el 9 % malo y el otro 9% en un estado regular.

b) Robles (2015). Cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI) Barranco - Surco – Lima. La **metodología** de esta tesis es no experimental de tipo descriptiva, en el cual se analizó el tipo de daño, el nivel de severidad y cantidad o densidad del pavimento, con la **finalidad** de determinar el índice de condición de pavimento en la Av. Pedro de Osma de la cuadra N°1 a la cuadra N° 8 en el distrito de Barranco y la Av. Prolongación de La Castellana de la cuadra N°10 a la cuadra N°11 en el distrito de Surco. A partir de la determinación y evaluación de las patologías del pavimento basado en la norma ASTM D 6433-07. Para efectuar las actividades primero se hizo trabajo de campo y luego se procesó los datos en gabinete. Teniendo como **resultado** al término del estudio que las fallas más comunes en las vías de estudio fueron: 21% parcheo, 78% fisuras piel de cocodrilo y 1% baches, obteniendo un PCI ponderado 37, lo que significa que es el pavimento es malo. Al respecto se **concluye** que:

- El método PCI fue diseñado únicamente para inspeccionar pavimentos flexibles y rígidos, más no para pavimentos mixtos, es por ello, que no pudo aplicarse correctamente el método a la Av. Pedro de Osma por ser una vía construida de pavimento mixto.

- En las unidades de muestreo donde se hallaron fallas estructurales como por ejemplo piel de cocodrilo, el índice obtenido fue bajo, es decir, la calificación del pavimento fue mermada por estas fallas.
- En aquellas unidades de muestreo donde se registraron fallas funcionales como por ejemplo fisuras longitudinales y transversales, para que estas fallas afecten al pavimento, es necesario que se presenten en grandes proporciones y con niveles altos de severidad, debido a que afectan solo la parte superficial más no las capas de la estructura del pavimento, o si lo hacen es en menor proporción y poco significativo.
- La sección se califica como un pavimento en mal estado y es probable que no tenga vida residual. La falla que mayor incidencia en esta sección es la denominada piel de cocodrilo causada por fatiga. Las obras a ejecutar en esta sección son la reconstrucción total de la sección.

c) Tocto (2014). Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Carretera Jaén – Chamaya. Tesis, cuya **finalidad** es aplicar el **método** PCI para determinar el Índice de Condición de Pavimento en la carretera Jaén-Chamaya. Ochocientos metros lineales de pista han sido estudiados a detalle para identificar las fallas existentes y cuantificar el estado de la vía. El **método** PCI se aplicó siguiendo el criterio y parámetros de la norma ASTM 5340-98. El **procedimiento** se inició con trabajo de campo, en el cual se realizó el recorrido de la vía anotando las fallas localizadas y determinando la severidad de las mismas, haciendo uso de instrumentos de medición y el catálogo de fallas para pavimentos asfálticos, después del levantamiento de fallas se realizó el trabajo en gabinete con el cálculo final del PCI. Obteniendo como **resultado** un PCI ponderado igual a 68, por lo que se **concluye**:

- La carretera Jaén-Chamaya, tiene un pavimento en buen estado. Esta condición del pavimento se debe gracias a las obras de mantenimiento que se realiza cada cierto tiempo que han disminuido la formación de fallas estructurales, las cuales son perjudiciales para el pavimento.
- La mayoría de las fallas fueron fallas de tipo funcional, que no afectan la fluidez del tráfico y no es necesario reducir la velocidad. Asimismo, no son percibidas por el conductor, pues no ocasionan daños estructurales.

d) **Vergara (2014). Evaluación del Estado Funcional y Estructural del Pavimento Flexible mediante la metodología PCI Tramo Quichuay - Ingenio del km 0+000 al km 1+000, 2014.** El **objetivo** principal es determinar el estado funcional y estructural del pavimento flexible tramo Quichuay – Ingenio del km 0+000 al km 1+000 y, cómo influye a partir de la determinación de la intervención del pavimento, utilizando el **método** PCI. Se analizó 1.00 km de vía pavimentada, dividida en 28 unidades de muestras basado en el criterio del PCI. Como **resultado** del procedimiento PCI, se tiene lo siguiente: El 36% de las unidades de muestras inspeccionadas presentan un estado de pavimento malo (PCI entre 26 y 40); el 32% de unidades presentan un estado regular de pavimento (PCI entre 41 y 55); un 25% se encuentra en estado muy malo (PCI entre 11 y 25) y un 7% de unidades en buen estado (PCI entre 56 y 70). Tomando todas las unidades de muestra calculamos el PCI ponderado del Km 0+000 al Km 1 +000 del tramo Quichuay - Ingenio, obteniendo como resultado un PCI igual a 35 y según la escala del índice, los 1000 metros lineales se encuentra en mal estado. **Concluyendo** que:

- Según la incidencia de daños determinado por el valor deducido (DV), la fallas estructurales fueron las más incidentes con un 79%, dentro de estas fallas las que más daño causaron al pavimento son los baches, estos baches debido a los niveles altos de severidad y áreas considerables fueron los más determinantes para el resultado de pavimento en estado malo. Por lo tanto podemos afirmar que el mal estado estructural del pavimento perjudica considerablemente el estado funcional del mismo.
- Las fallas superficiales o funcionales representan un 21% un valor bajo en comparación a las fallas estructurales 79%, el cual abarcan mayor área, entonces se deduce que los daños producidos por las fallas funcionales no lo determina una área considerable sino que para que produzca un daño importante debe ser una falla funcional con alto nivel de severidad.
- Según la curva de deterioro del pavimento, la condición del pavimento ha caído en un estado crítico, tanto desde el punto de vista funcional como estructural. En este punto, normalmente, se requieren trabajos rehabilitación o reconstrucción, cuyo costo aproximado asciende a \$61.0 por m². Sabiendo que es necesario un mantenimiento mayor (correctivo),

determinamos que la sección del pavimento necesita un tratamiento superficial (lechada asfáltica por tener costos bajos en comparación a otros tratamientos), antes de hacer este trabajo se tienen que hacer una mejora en la resistencia estructural del pavimento y para esto se harían los parches profundos localizados.

2.1.3. Antecedentes Locales

a) **Sotomayor (2016). Diagnóstico del Estado Situacional de la vía: Avenida Perú, por el método Índice de Condición del Pavimento.** La **finalidad** de esta tesis es conocer la condición real de la Av. Perú del distrito de Abancay, región Apurímac, empelando el **método** PCI, basado en la norma ASTM 5340-98. El estudio se inició con el recorrido de la vía, registrando cada tipo de falla, cantidad y su respectivo nivel de severidad. Después del levantamiento de fallas se continuó con el procesamiento de información en gabinete. Obteniendo como resultado un PCI ponderado de 27 calificando al pavimento en mal estado. La mayoría de fallas fueron de tipo funcional y estructural afectando al tránsito normal de vehículos. El 32% del total de unidades de muestreo de inspección presenta un estado regular (PCI entre 41 y 55); después le siguen un 25 % de unidades fallados (PCI entre 0 y 10); un 21% en mal estado (PCI entre 26 y 40); un 18% en un mal estado (PCI entre 11 y 25) y un 6% en buen estado (PCI entre 56 y 70) no se hallaron pavimentos excelentes (PCI entre 86 y 100). **Concluyéndose** que:

- La Av. Perú se encuentra en muy mal estado, por lo que es necesario la sustitución del pavimento, para que haya fluidez en el tránsito.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Generalidades de pavimento

Según American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO (1993), se puede definir un pavimento desde dos perspectivas diferentes:

a) **El de la ingeniería.** El pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado sobre la subrasante y este a su vez sobre el terreno de fundación. Esta estructura debe tener capacidad de resistir tanto las diferentes capas que

compone un pavimento, como las cargas externas que actúan sobre ella, a ello se le conoce como paquete estructural, el cual debe cumplir con el tiempo de vida útil para el cual fue diseñado.

- b) **Y de acuerdo al usuario.** Un pavimento debe ser seguro, cómodo y de buena calidad, de tal manera que cuando se circule sobre ella, no ocasione molestias en los usuarios y optimice el tiempo de viaje. Asimismo, está relacionada con la parte superficial del pavimento.

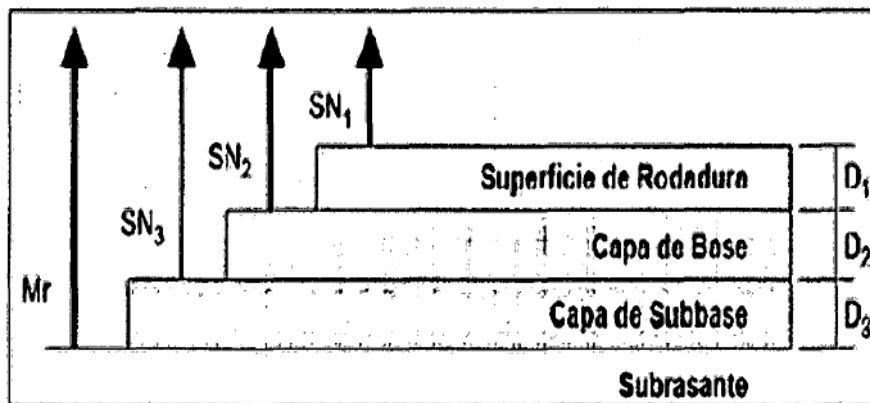


Figura 2. Estructura típica de un pavimento

Fuente: Guía para el diseño de los pavimentos. (American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO, 1993)

El pavimento tiene como **finalidad** mejorar la calidad de un terreno existente y proporcionar una superficie de rodamiento que permita el tránsito seguro y confortable de los vehículos a velocidades operacionales deseadas y bajo cualquier condición climática.

Para que el pavimento tenga un buen desempeño, se deberán realizar mantenimientos rutinarios y periódicos con la finalidad de contribuir con su durabilidad y seguridad del pavimento en beneficio de los usuarios. Asimismo, las labores de conservación deberán estar acompañadas de un análisis previo, que nos permite conocer cuan dañada se encuentra una vía e indicar la reparación más apropiada desde el punto de vista técnico de acuerdo con el método utilizado. (Figuroa, et al., 2009).

2.2.2. Características que debe reunir un pavimento

Según Montejo (2002) para que un pavimento funcione adecuadamente debe proporcionar una superficie de rodadura uniforme, de color y textura adecuada, con un buen sistema de drenaje, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo

y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito. Además debe presentar una regularidad superficial tanto transversal como longitudinal de manera que el ruido de rodadura en el interior de los vehículos no afecta a los usuarios. Asimismo, el pavimento para ser factible, debe ser durable y económico.

2.2.3. Clasificación de los pavimentos

Los pavimentos de acuerdo a la naturaleza de nuestro medio se clasifican en: pavimento rígido, flexible, semi-rígido y articulado.

2.2.3.1 Pavimento rígido

Está compuesto por una losa de concreto hidráulico que se encuentra sobre una capa llamada subbase. El concreto presenta rigidez y alto coeficiente de elasticidad, es por ello, que la distribución de los esfuerzos es más homogénea, de manera que los esfuerzos de tensión recibidos en la subrasante sean de menor impacto. El concreto tiene la fortaleza de resistir altas temperaturas, de trabajar satisfactoriamente aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. (Montejo, 2002, pág. 5). Ver figura 3

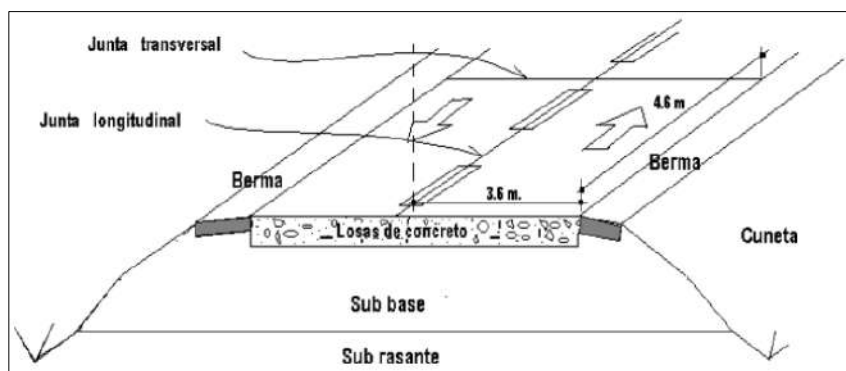


Figura 3. Estructura típica de un pavimento rígido.

Fuente. Diseño de pavimentos flexibles y rígidos. (Monsalve, Giraldo, & Maya, 2012, pág. 23)

El pavimento rígido tiene un costo de construcción inicial más elevado que el pavimento asfáltico (flexible) y presenta largos periodos de vida útil que varía entre 20 años a 30 años, en algunos casos hasta 50 años. Las acciones de conservación es mínimo y cuando lo necesita normalmente son en las juntas, las reparaciones que hubiesen son mínimas y esporádicas.

2.2.3.2 Pavimento flexible

El pavimento flexible o asfáltico, está compuesto principalmente por una carpeta asfáltica, de ahí el nombre, el cual está fundado sobre la base y subbase (capas no rígidas). Sin embargo, puede no incluirse una de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra y del terreno de fundación. (Montejo, 2002). Ver figura 4

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) el pavimento flexible es mucho más económico en su construcción inicial que el pavimento rígido, pero tiene la desventaja de presentar periodos cortos de vida útil que varía entre 15 años a 20 años y, para cumplir con este propósito requiere constantes mantenimientos para su buen funcionamiento.

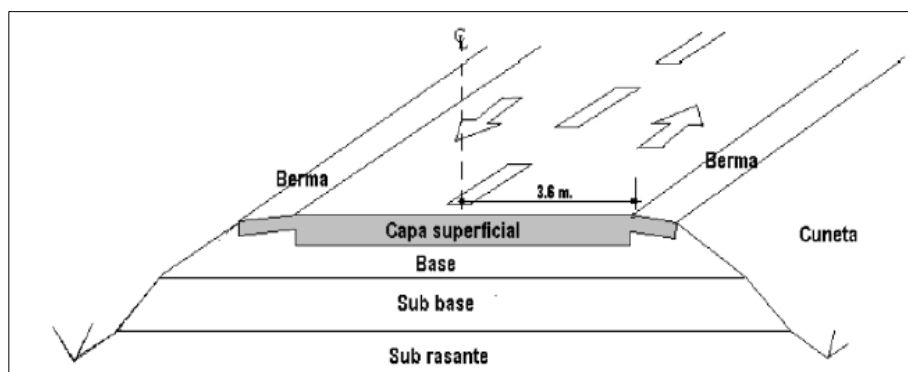


Figura 4. Estructura típica de un pavimento flexible

Fuente. Diseño de pavimentos flexibles y rígidos. (Monsalve, Giraldo, & Maya, 2012, pág. 22)

2.2.3.3 Pavimento semi-rígido

Este tipo de pavimento tiene la misma estructura que un pavimento flexible, a diferencia de que una de sus capas se encuentra rigidizada con aditivos tales como: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. La utilización de estos aditivos tiene como finalidad corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales no adecuados para la construcción. (Montejo, 2002, pág. 5). Ver figura 5

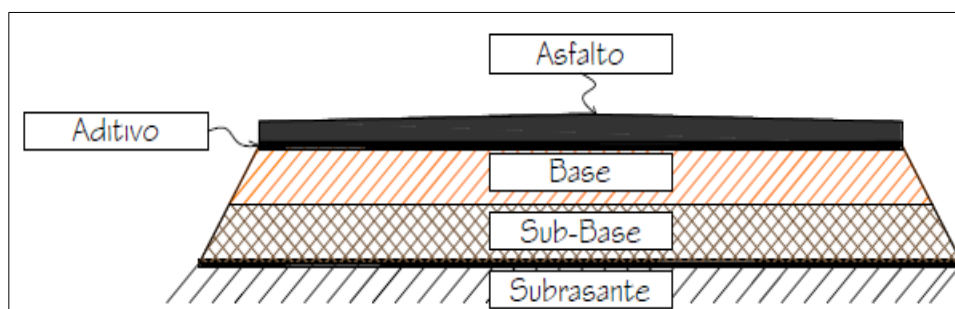


Figura 5. Estructura típica de un pavimento semi - rígido

Fuente. Evaluación superficial de algunas calles de Loja. (Armijos, 2009, pág. 4)

2.2.3.4 Pavimento articulado

Están compuestos por una capa de rodadura elaborada con bloques de concreto prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí, que yace sobre una capa delgada de arena, la cual, a su vez, se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circularan por dicho pavimento. (Montejo, 2002, pág. 7). Ver figura 6

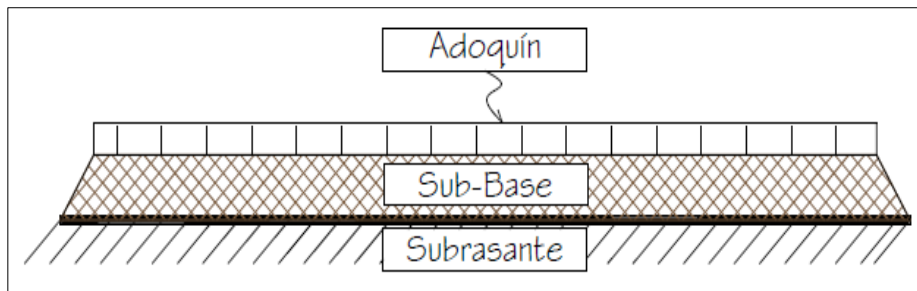


Figura 6. Estructura típica de un pavimento articulado.

Fuente. Evaluación superficial de algunas calles de Loja. (Armijos, 2009, pág. 5)

La presente tesis abarca netamente pavimentos flexibles, es por ello, que solo se desarrollará todo lo relacionado a este tipo de pavimentos, de acuerdo a las prioridades de esta investigación.

2.2.4. Capas que compone un pavimento flexible

a) Capa superficial

Está constituido por materiales pétreos y cemento asfáltico, la cantidad de asfalto a emplear en las mezclas, debe ser la correcta, ya que el exceso puede ocasionar inestabilidad y hacer resbaladiza la superficie del pavimento. Esta capa es la que proporciona la superficie de rodamiento y por ende está directamente vinculada a las cargas del tránsito, la misma que se encuentra apoyada sobre la base. La función principal de la capa superficial es impermeabilizar la superficie, impidiendo el ingreso de agua y otros materiales a las capas internas. (Rodríguez, 2009)

b) Base

La base se encuentra entre la capa superficial y la subbase. Debido a su cercanía con la superficie, debe poseer alta resistencia a la deformación, para

soportar las altas presiones que recibe y distribuir los esfuerzos hacia la subbase. Esta capa se construye con materiales granulares procesados (mezcla suelo – agregado: pétreos y finos naturales) o estabilizados (aditivos para mejorar la resistencia del agregado procesado y del suelo) y, eventualmente con algunos materiales marginales (naturales, subproductos industriales y materiales desechos). (Sánchez, 2016)

c) Subbase

Esta capa va colocada sobre la subrasante, la calidad puede ser inferior dependiendo del tipo de suelo, en razón a que está sometida a esfuerzos menores. La subbase habitualmente está compuesta por materiales granulares o marginales, cuya función es permitir el drenaje libre o ser altamente resistente a la erosión, con la finalidad de prevenir el bombeo. (Sánchez, 2016, pág. 3)

d) Subrasante

Es la capa de superficie terminada a nivel de movimiento de tierras ya sea en corte o en relleno, el cual debe poseer las propiedades y características apropiadas para resistir toda la estructura del pavimento flexible. Asimismo, en esta capa no intervienen cargas externas, es decir agentes climáticos, cargas del tránsito u otros factores perjudiciales a diferencia de las demás capas. El espesor del pavimento está directamente relacionado con la calidad de la subrasante, es por ello la importancia de esta capa en el diseño de pavimentos, el mismo que debe poseer estabilidad y resistencia a la expansión y contracción por efectos de la humedad. (Rodríguez, 2009)

2.2.5. Ciclo de vida de un pavimento

Según Menéndez (2003) el ciclo de vida de un pavimento está compuesto por cuatro fases: como punto de inicio es la terminación de la construcción de la vía, luego atraviesa un proceso de deterioro lento y poco visible, pasa después por una etapa crítica y finalmente el pavimento deja de ser bueno para convertirse en una vía completamente intransitable. Este proceso se debe a diversos factores entre los que destacan: el tránsito, agentes climáticos, el agua, inestabilidad de los taludes, deficiente sistema de conservación, etc.

En la figura 7 se muestra los ciclos de vida de un pavimento flexible que consta de cuatro fases.

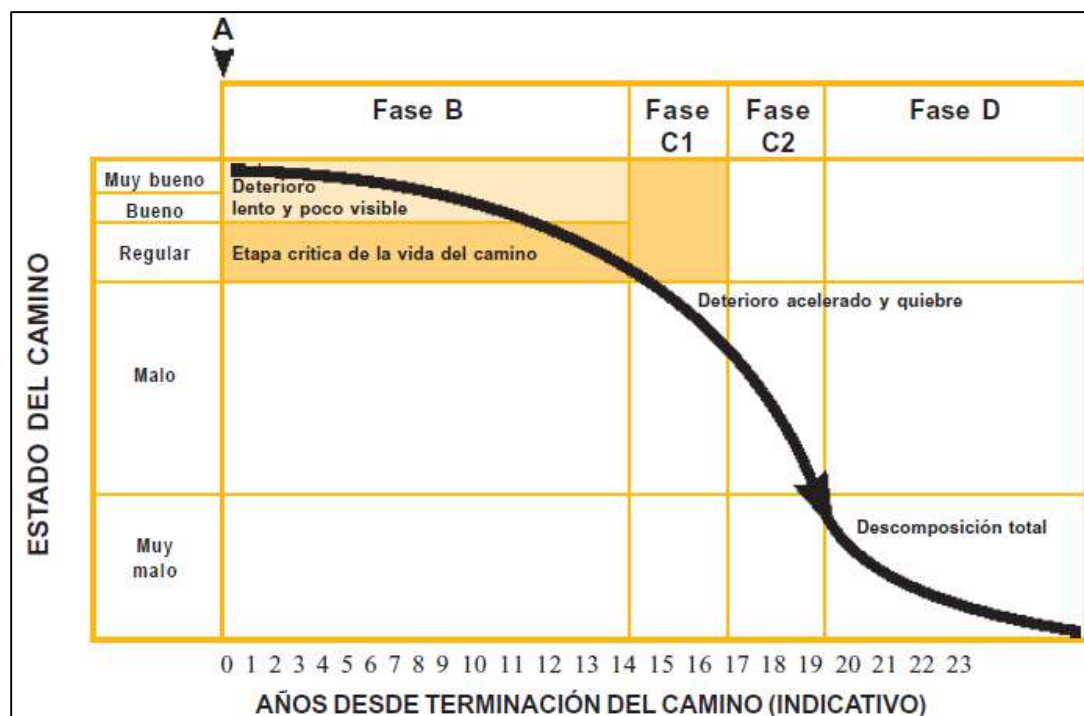


Figura 7. Ciclo de vida de un pavimento flexible

Fuente. Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas: Manual Técnico. (Menéndez, 2003, pág. 5)

2.2.5.1 Fase A. Construcción

La vía puede estar muy bien construida o presentar algunos defectos, de todos modos entra en funcionamiento el mismo día en que se corta la cinta de inauguración. En ese momento el pavimento se ubica en la fase A y por ende tiene cero (0) años, lo cual significa que el pavimento se encuentra en excelentes condiciones de servicio para satisfacer plenamente las necesidades de los usuarios (Menéndez, 2003). Ver punto A de la figura 7.

2.2.5.2 Fase B. Deterioro lento y poco visible

La fase B, ocurre dentro de los primeros 14 años, en la cual la vía va experimentando un proceso de deterioro lento y poco visible, esta fase está relacionado principalmente con el desgaste de la capa superficial y en menor grado las demás capas del pavimento. La velocidad de desgaste se debe en gran medida a los factores climáticos, aguas pluviales, la cantidad de vehículos livianos y pesados, pero principalmente por la calidad de la construcción inicial. Para aminorar el proceso de desgaste será necesario realizar actividades para la conservación de la vía,

especialmente de la capa superficial, caso contrario el pavimento reducirá sustancialmente el tiempo de vida útil. (Menéndez, 2003). Ver punto B de la figura 7.

2.2.5.3 Fase C. Deterioro acelerado

La fase C ocurre después de varios años de uso, la capa superficial del pavimento se encuentra deteriorado y es menos resistente a las cargas tránsito vehicular. El daño en la estructura del pavimento, solo es percibido por las fallas graves que se extienden sobre la superficie del pavimento. En esta fase los daños son puntuales y con el paso del tiempo terminan abarcando gran parte del pavimento, ocasionando con ello, la destrucción acelerada de la vía, siendo la fase más corta a partir de los 15 años a 20 años desde el término de su construcción. (Menéndez, 2003). Ver fase C de la figura 7

2.2.5.4 Fase D. Descomposición total

Es la última etapa de su existencia, en dónde el tránsito se ve drásticamente reducido, los vehículos comienzan a experimentar daños en los neumáticos, ejes, amortiguadores, etc. Los costos de operación de los vehículos suben de manera considerable. Esta fase se conoce también como pavimento en muy mal estado o fallado. (Menéndez, 2003).

2.2.6. Fallas en pavimentos flexibles

Las fallas en los pavimentos flexibles corresponden a interacciones tanto de factores internos (diseño, material y construcción) como externos (medio ambiente, agua y tránsito vehicular), que en combinación provocan el detrimento progresivo del pavimento y al no darle el mantenimiento apropiado a la vía, esta se ve gravemente perjudicada. (Rodríguez, 2009)

2.2.7. Clasificación de fallas en los pavimentos flexibles

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), las fallas en los pavimentos se clasifican en:

2.2.7.1 Fallas superficiales

Son aquellas fallas que se originan en la capa superficial del pavimento y generalmente son detectados a simple vista. Estas fallas son consideradas como

menos perjudiciales debido a que no afecta a la estructura del pavimento. Asimismo, está relacionado con la funcionalidad de la vía, es decir con la estética, seguridad y confort. Estas fallas se corrigen mediante el sellado de las grietas con capas asfálticas delgadas para lograr la impermeabilidad y rugosidad que la vía requiere. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Perú, 2014)

2.2.7.2 Fallas estructurales

Son fallas cuyo origen se produce en la estructura del pavimento, para luego propagarse hacia la superficie de rodamiento, es ahí donde se evidencia la presencia de esta clase de fallas, las cuales son perjudiciales debido a que afectan a una o más capas del pavimento, ocasionando con ello, un mal comportamiento frente a sollicitaciones externas. Para superar estas fallas será necesario reforzar las áreas más afectadas (previa demolición de las mismas) o ejecutar actividades de reconstrucción (pavimento nuevo) para responder a los requerimientos del tránsito presente y futuro. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Perú, 2014)

Las fallas superficiales y estructurales no necesariamente están relacionados, pero puede darse que, cuando se presente una falla estructural, en un plazo breve también se dará la falla funcional. En ocasiones una falla funcional que no haya sido atendido oportunamente, podría conducir a una falla estructural.

2.2.8. Tipos de fallas en los pavimentos flexibles

De acuerdo a la ASTM en su designación D 6433-07 "Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos", se conocen 18 fallas en los pavimentos flexibles (ver Tabla 2). Esta norma está redactada en inglés, el mismo que fue necesario traducirlo.

Tabla 2

Fallas en pavimentos flexibles

N°	Tipo de falla	Clasificación		Unidad de medida
		Estructural	Funcional	
1	Piel de cocodrilo	x		m2
2	Exudación		x	m2
3	Fisuras en bloque		x	m2
4	Abultamiento y hundimiento	x		m2
5	Corrugación	x		m2
6	Depresión	x		m2
7	Fisuras en borde		x	ml
8	Fisura de reflexión de junta		x	ml
9	Desnivel carril - berma	x		ml
10	Fisuras longitudinales y transversales		x	ml
11	Parches y parches de cortes utilitarios	x		m2
12	Agregados pulidos		x	m2
13	Baches	x		Nº ocurrencia
14	Ahuellamiento	x		m2
15	Desplazamiento	x		ml
16	Fisura parabólica		x	m2
17	Hinchamiento	x		m2
18	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados		x	m2

Fuente: Elaboración propia

A continuación se define detalladamente las 18 fallas antes mencionadas.

2.2.8.1 Piel de cocodrilo

La falla piel de cocodrilo, es un conjunto de fisuras interconectadas, que forman polígonos irregulares, de hasta 50 centímetros de longitud en el lado más largo. Esta falla se inicia en la parte interna de la capa superficial o en la parte superior de la base, donde los esfuerzos de compresión y tensión son más elevados, de ahí se propagan hacia la superficie inicialmente como una serie de grietas longitudinales paralelas, luego por acción repetida de las cargas de tránsito, éstas evolucionan formando una malla, que se asemejan a la piel del cocodrilo, de ahí la designación. La falla piel de cocodrilo se origina por la fatiga que sufre la estructura y por el desgaste del ligante asfáltico, ocasionado la pérdida de flexibilidad del pavimento. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007). Ver figura 8.

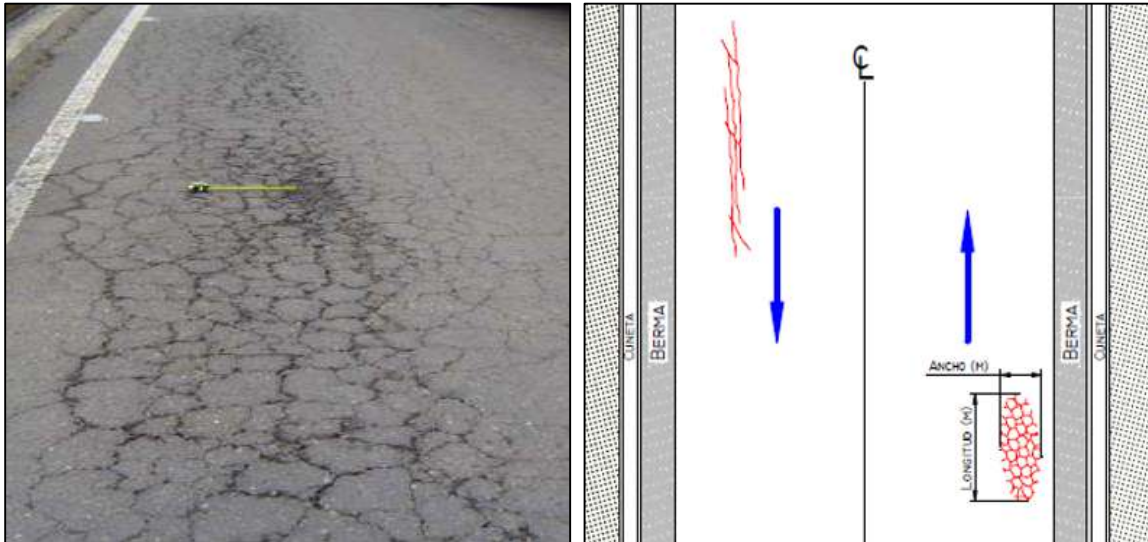


Figura 8. Piel de cocodrilo (unidad de medida: m²).

Fuente. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. (Grupo Técnico Convenio 587, 2006, pág. 7)

Niveles de severidad

Según American Society of Testing Materials norma internacional ASTM D 6433 - 07 (2007) define tres niveles de severidad (Low = L = bajo; Medium = M = medio y High = H = alto).

- L: Son finas fisuras longitudinales, de recorrido paralelo entre sí mismas, las fisuras están poco o nada interconectadas y no se encuentran desprendidas. Ver figura 9.a
- M: Las fisuras han iniciado a formarse como una red de grietas, los cuales se encuentran ligeramente desarticuladas. Ver figura 9.b
- H: La fisuras forman una red de grietas muy bien definidas y desarticuladas en los bordes, dificultando evidentemente la circulación de los vehículos. Ver figura 9.c

Unidad de medida. Se mide en metros cuadrados (m²) de superficie afectada. Si se observa la presencia de más de dos niveles de severidad dentro de una misma unidad de muestreo, esta deberá ser medida y anotada por separado con su respectivo nivel de severidad; sin embargo, si hay dificultad en diferenciar los diferentes niveles, se optará por tomar el de mayor severidad. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007)

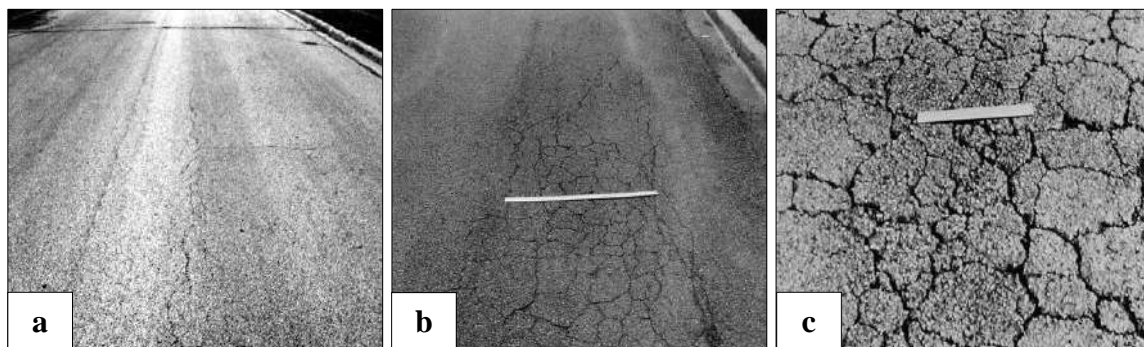


Figura 9. Piel de cocodrilo de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).

Fuente: Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, págs. 11,12)

2.2.8.2 Exudación

La exudación, es una película de material bituminoso, con un aspecto brillante, resbaladizo y reflectante, en ocasiones se vuelve pegajosa. La exudación se origina por diversos motivos: el uso de cantidades excesivas de cemento asfáltico en la mezcla, desproporción en la aplicación de un sellador bituminoso, deficiente porcentaje de vacíos. Cuando se tiene climas cálidos, el pavimento llena los vacíos de la mezcla y luego se expande hacia la superficie del pavimento, este proceso no es reversible en temporadas frías, que trae consigo la acumulación de asfalto en la superficie del pavimento. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007). Ver figura 10.

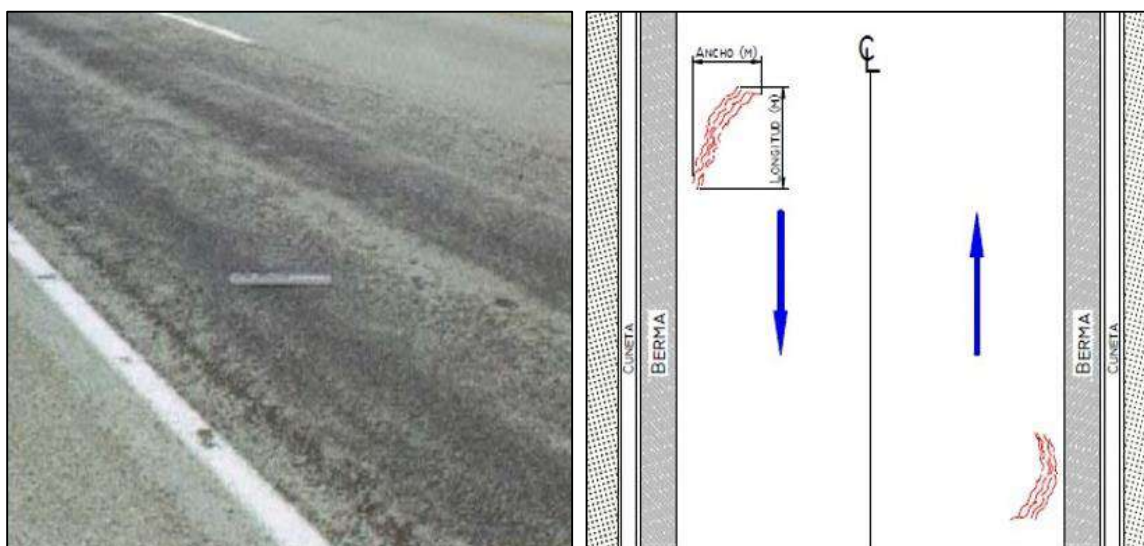


Figura 10. Exudación (unidad de medida: m²)

Fuente. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. (Grupo Técnico Convenio 587, 2006, pág. 19)

Niveles de severidad

- L: La exudación solo se ha producido de manera muy leve y solo se nota algunos días del año. El asfalto no se adhiere a los zapatos y vehículos. Ver figura 11.a
- M: Se ha producido la exudación a tal punto de adherirse el asfalto a los zapatos y vehículos durante unas pocas semanas del año. Ver figura 11.b
- H: La exudación se ha producido de manera amplia y significativa, a un nivel en que el asfalto se adhiere a los zapatos y vehículos durante al menos varias semanas del año. Ver figura 11.c

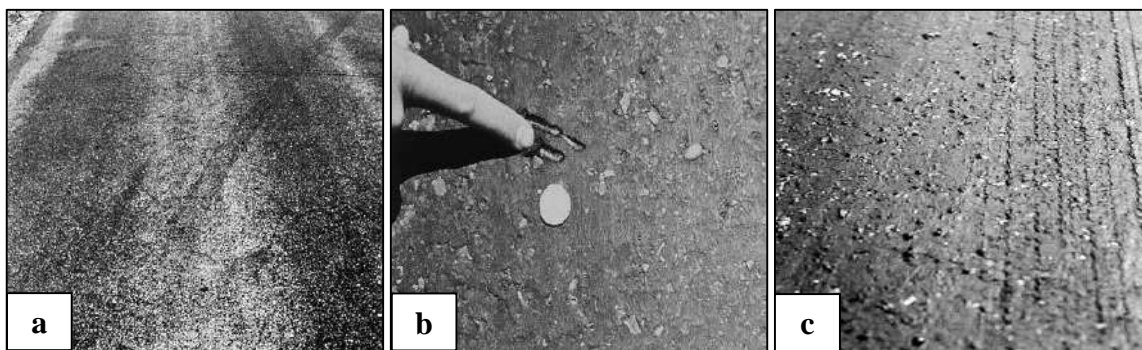


Figura 11. Exudación de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, págs. 12,13)

Unidad de medida. La exudación se mide en metros cuadrados de superficie afectada. Si se cuenta la exudación, el agregado pulido no debe ser registrado

2.2.8.3 Fisuras en bloque

Son una serie de fisuras interconectadas que divide el pavimento en aproximadamente piezas rectangulares, las cuales puede variar en tamaño desde 0.3 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. El fisuramiento en bloque es causado principalmente por el encogimiento del concreto asfáltico y por la variación de cambios de temperatura, formando ciclos de esfuerzo/deformación. Asimismo, estas fisuras no están asociadas a las cargas del tránsito y suele indicar que el pavimento se ha endurecido significativamente y normalmente se presentan en extensas áreas sobre el pavimento, en ocasiones ocurre solo en zonas no afectadas por el tráfico. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007). Ver figura 12

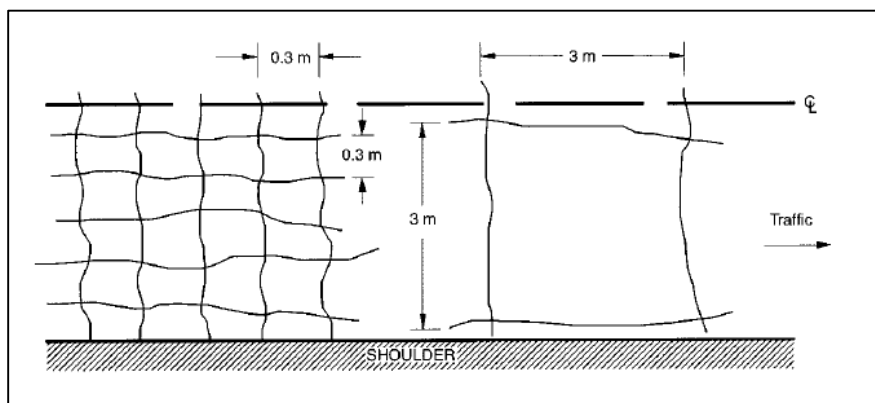


Figura 12. Descripción gráfica de fisuras en bloque

Fuente: Distress Identification Manual for the Long – Term Pavement Performance Program. (Department of Transportation Federal Highway Administration, 2003, pág. 6)

Niveles de severidad

- L: Las fisuras en bloque están poco o nada definidas. Ver figura 13.a
- M: Las fisuras en bloque han formado un patrón de grietas y están definidas. Ver figura 13.b
- H: Las fisuras en bloque han formado un patrón de grietas muy bien definidos y se encuentran desprendidos los bordes. Ver figura 13.c

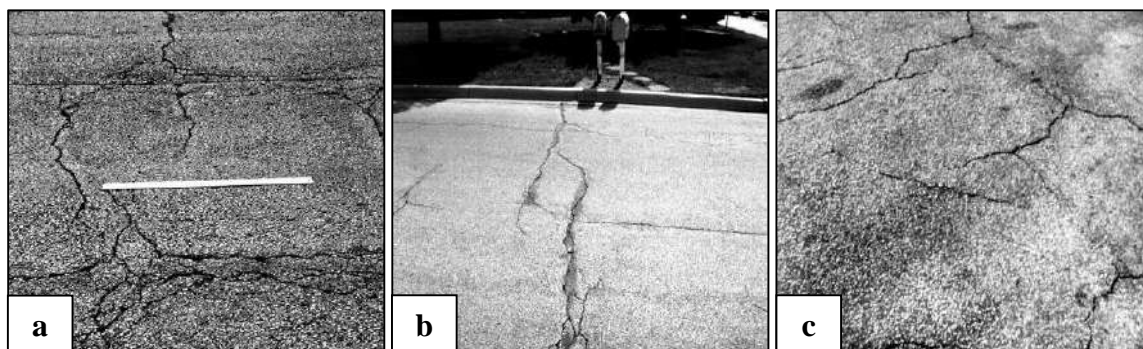


Figura 13. Fisuras en bloque de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, págs. 13,14)

Unidad de medida. Las fisuras en bloque se miden en metros cuadrados de superficie afectada. Por lo general un nivel de severidad ocurre en una misma unidad de muestreo; sin embargo, si se presenta diferentes niveles y pueden distinguirse fácilmente el uno del otro, deben medirse y registrarse por separado. Caso contrario se tomará la calificación de la severidad mayor del área en estudio. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007)

2.2.8.4 Abultamientos y hundimientos

Según American Society of Testing Materials - ASTM D 6433 - 07 (2007) los abultamientos son desplazamientos pequeños, localizados hacia arriba de la superficie del pavimento y es originado por el pandeo o abultamiento de la capa superficial, debido a varios factores tales como: expansión por congelación del suelo de fundación, a la infiltración y acumulación de material en una grieta en combinación con la carga de tráfico y el deficiente sistema de drenaje.

Por otro lado, los hundimientos son desplazamiento hacia abajo de la superficie del pavimento, si se presentan en forma perpendicular en la dirección del tránsito y están espaciadas a menos de 3.00 metros de longitud, la falla se llama corrugación. En el caso, de que se presenten en áreas extensas sobre la superficie del pavimento, ocasionando magnos desplazamientos y distorsión en el perfil de la superficie del pavimento, se deberán registrar como hinchamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007)

Niveles de severidad

- L: Los abultamientos y hundimientos son poco percibidos por el usuario y no es necesario reducir la velocidad. Ver figura 14.a
- M: Los abultamientos y hundimientos son percibidos por el usuario y la velocidad se ve reducida considerablemente. Ver figura 14.b
- H: Los abultamientos y hundimientos son percibidos claramente por los usuarios y la velocidad se ve reducida severamente. Ver figura 14.c

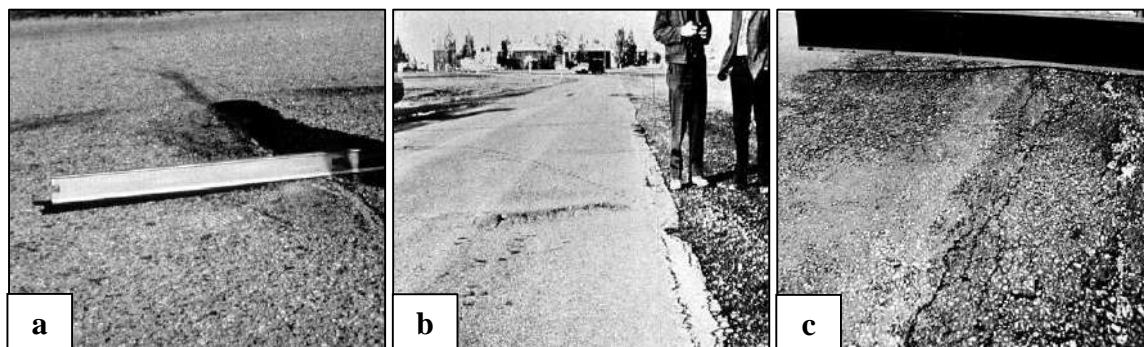


Figura 14. Abultamientos y hundimientos de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, pág. 14)

Unidad de medida. Los abultamientos y hundimientos se miden en metros cuadrados. Si dentro de esta falla se presenta otra como por ejemplo una fisura, está también deberá ser anotado. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007)

2.2.8.5 Corrugación

La corrugación conocida también como ondulación. Es una serie de crestas y valles estrechamente espaciados que se suscitan a intervalos bastante regulares, generalmente menos de 3.00 m de longitud a lo largo del pavimento. Las crestas son perpendiculares a la dirección del tránsito y son causados por acción de tráfico en combinación con la inestabilidad de la capa superficial o de la base del pavimento flexible. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007). Ver figura 15

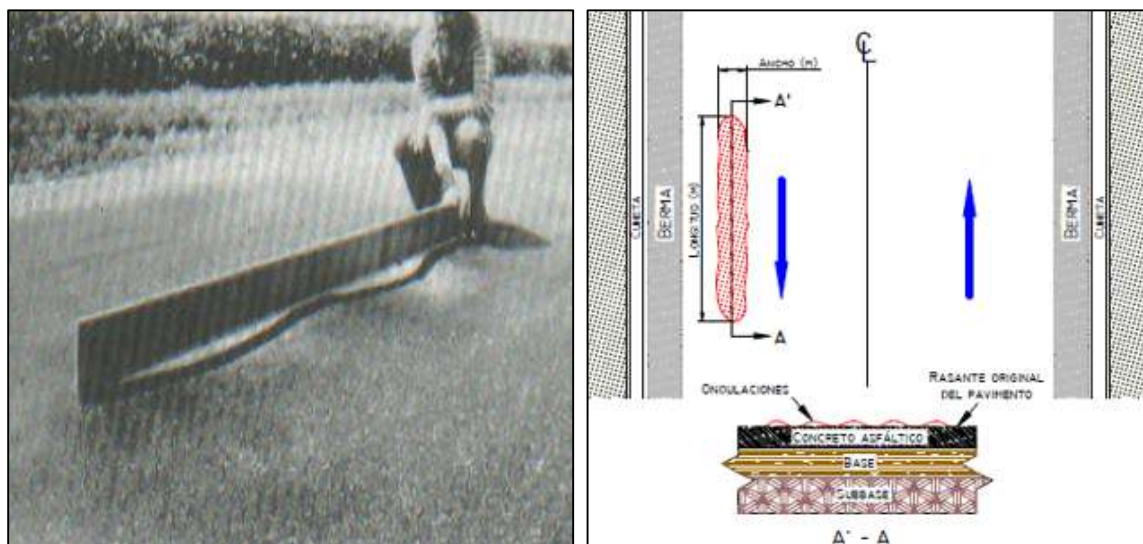


Figura 15. Corrugación (unidad de medida: m²)

Fuente. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. (Grupo Técnico Convenio 587, 2006, pág. 10)

Niveles de severidad

- L: La corrugación afecta ligeramente la calidad de tránsito. Ver figura 16.a
- M: La corrugación afecta medianamente la calidad del tránsito. Ver figura 16.b
- H: La corrugación afecta severamente la calidad de tránsito. Ver figura 16.c

Unidad de medida. La corrugación se mide en metros cuadrados de área afectada, según su nivel de severidad.

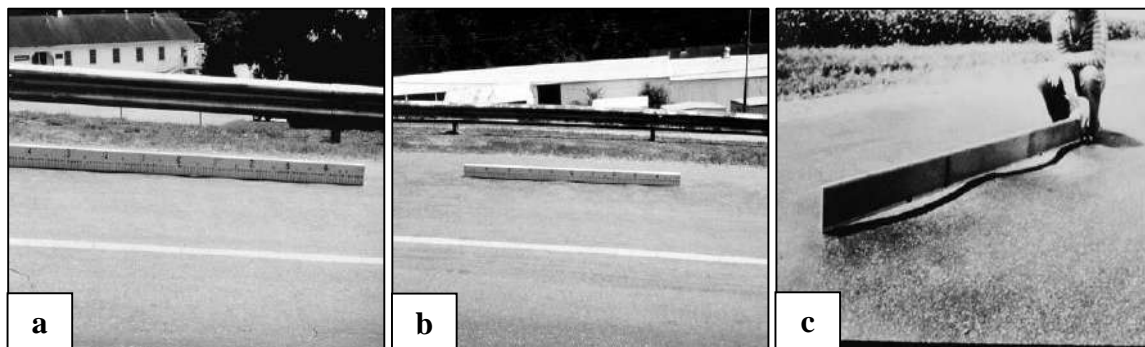


Figura 16. Corrugación de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, págs. 14,15)

2.2.8.6 Depresión

Las depresiones son hoyos ligeramente más bajas que el pavimento circundante, en muchos casos las depresiones ligeras solo se notan hasta después de una lluvia cuando el agua estancada forma un “bebedero de pájaros”. Asimismo, en el pavimento seco se pueden observar las depresiones buscando manchas causadas por el agua encharcada. Esta falla se origina por el asentamiento del terreno de fundación o son el resultado de una construcción incorrecta, provocando aspereza en la superficie del pavimento y, cuando está suficientemente profundo o lleno de agua puede causar hidroplaneo. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007). Ver figura 17

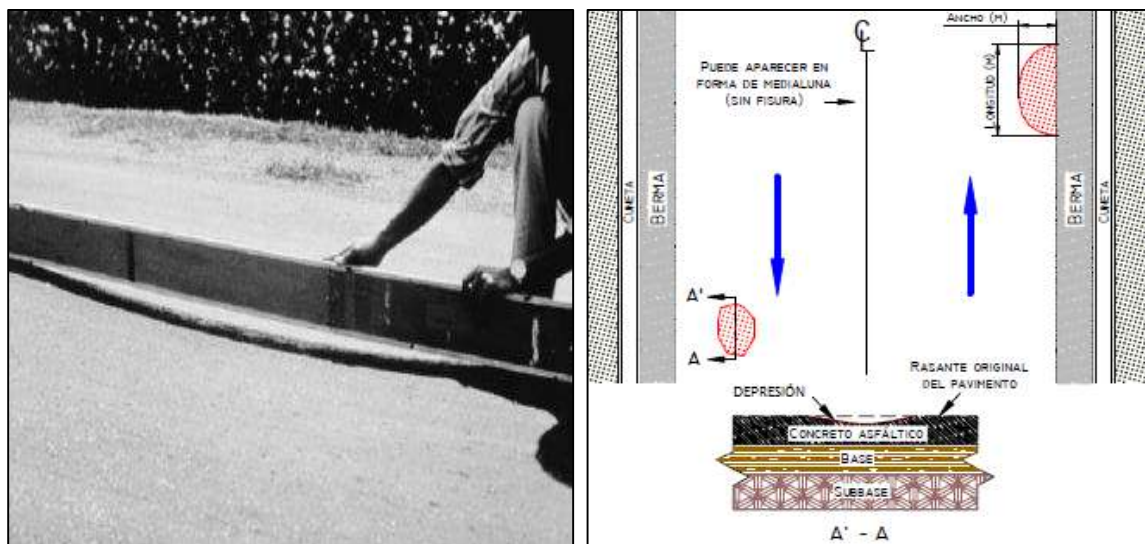


Figura 17. Depresión (unidad de medida: m²)

Fuente. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. (Grupo Técnico Convenio 587, 2006, pág. 12)

Niveles de severidad

- L: La depresión tiene una profundidad ≤ 25.0 mm. Ver figura 18.a
- M: La depresión tiene una profundidad > 25.0 y ≤ 50.0 mm. Ver figura 18.b
- H: La depresión tiene una profundidad > 50.0 mm. Ver figura 18.c

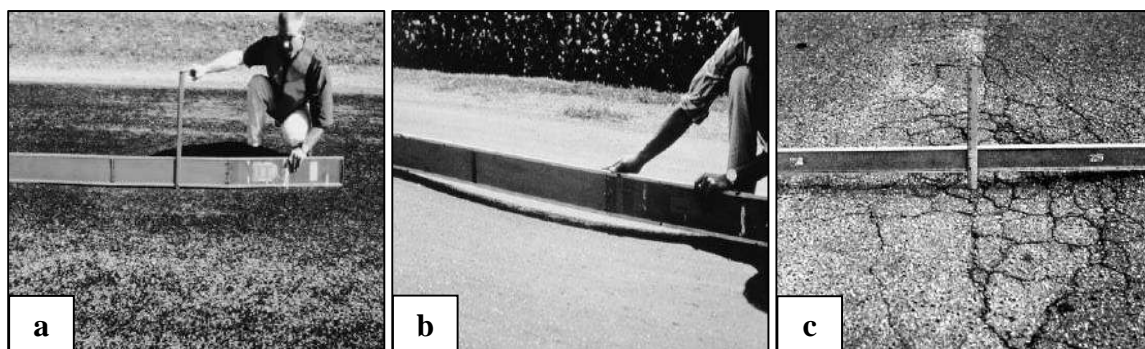


Figura 18. Depresión de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, pág. 15)

Unidad de medida. Las depresiones se miden en metros cuadrados. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007)

2.2.8.7 Fisuras en borde

Son fisuras que se encuentran paralelas al borde exterior del pavimento, a una distancia de 0.3 a 0.5 m de éste. Esta falla acelera su progreso por la acción de las cargas del tránsito, debido al debilitamiento de la base, subbase en áreas cercanas al borde del pavimento, que son causadas por la variación de las condiciones climáticas o por efecto abrasivo de material suelto en el borde, que provoca peladuras los cuales conducen a la desintegración. Si el área entre la fisura y el borde del pavimento se encuentra agrietada, entonces pueden producirse desprendimientos, llegando al punto en que los fragmentos puedan eliminarse. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007). Ver figura 19

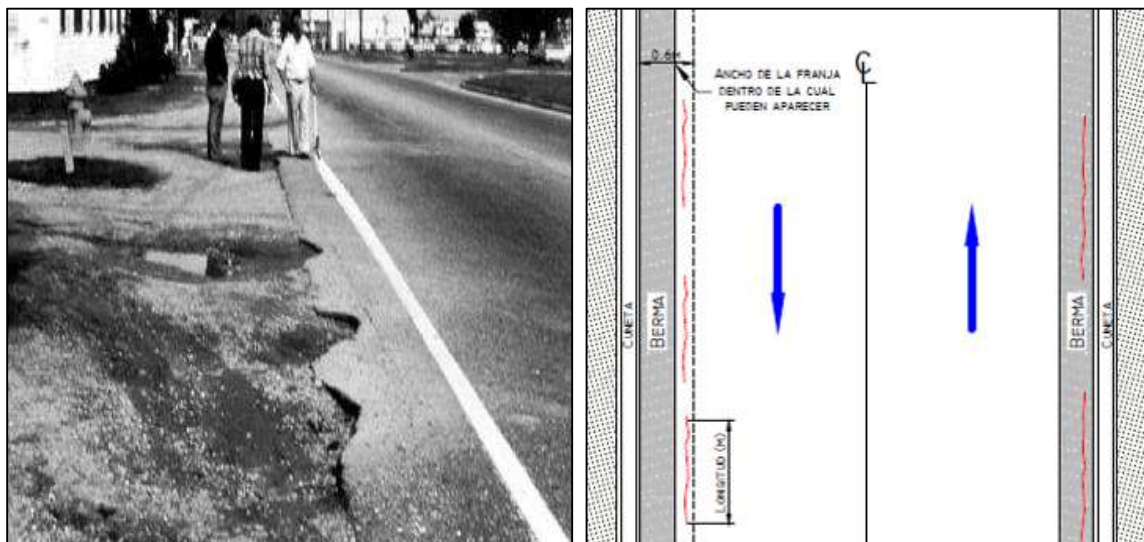


Figura 19. Fisuras en borde (unidad de medida: ml)

Fuente. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. (Grupo Técnico Convenio 587, 2006, pág. 5)

Niveles de severidad.

- L: Las fisuras en borde no presentan rupturas o desprendimiento de agregados. Ver figura 20.a
- M: Las fisuras en borde presentan algunas rupturas o desprendimientos de agregados. Ver figura 20.b
- H: Las fisuras en borde evidencian grandes rupturas o desprendimientos de agregados a lo largo del borde del pavimento. Ver figura 20.c

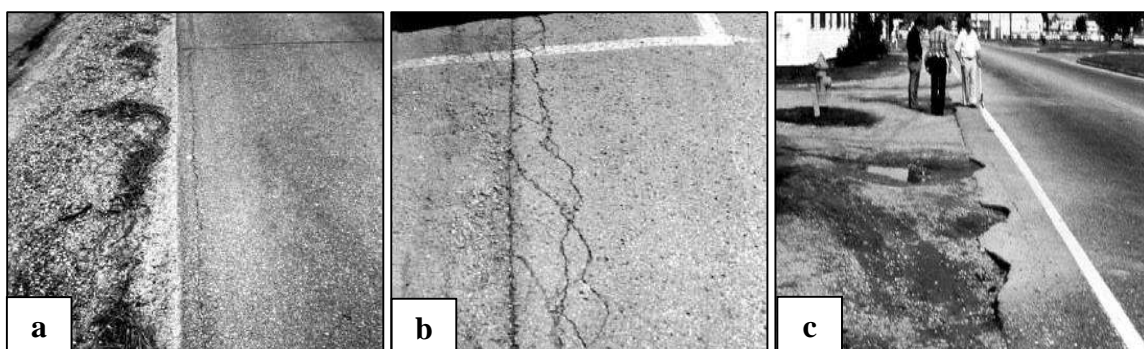


Figura 20. Fisura en borde de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, pág. 16)

Unidad de medida. Las fisuras en borde se miden en metros lineales (ml)

2.2.8.8 Fisuras de reflexión de juntas

Esta falla se produce solo en pavimentos asfálticos que hayan sido tendidos sobre losas de concreto rígido. No incluye fisuras de reflexión de ningún otro tipo de base, es decir, estabilizado con cemento o cal, estas fisuras son causadas principalmente por el movimiento térmico o por humedad de las losas de concreto rígido que yace debajo de la superficie del concreto asfáltico, las mismas que no están relacionadas con la carga del tráfico, sin embargo estas cargas pueden causar averías en la superficie del pavimento cercanas a las fisuras. Asimismo, si el pavimento se encuentra fragmentado a lo largo de una grieta, entonces se dice que la fisura esta descascarada. Es importante conocer las dimensiones de las losas de concreto rígido subyacentes al concreto asfáltico, ya que ello, ayudará a identificar este tipo de falla. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007). Ver figura 21

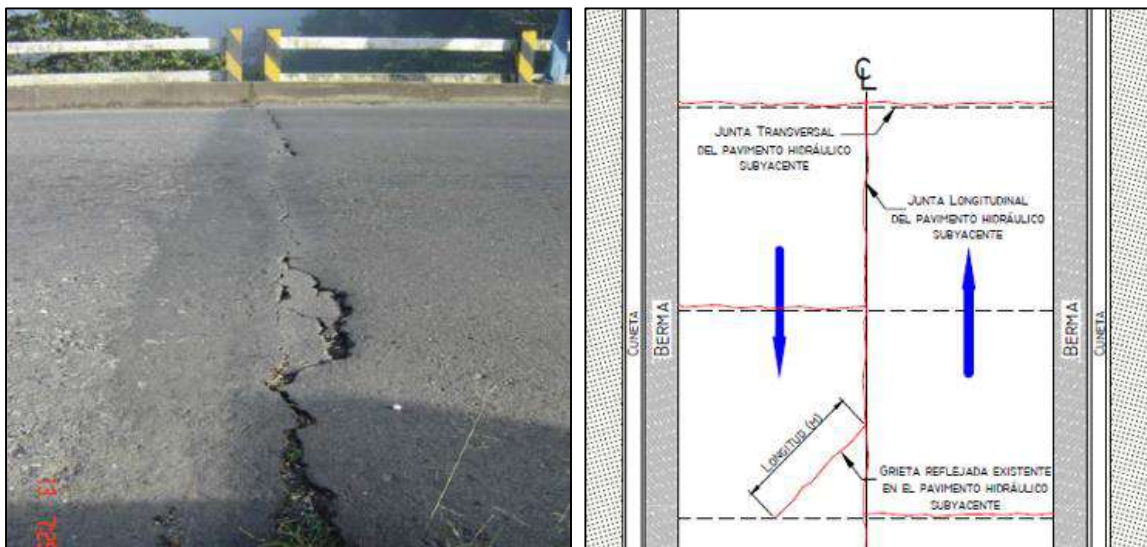


Figura 21. Fisuras de reflexión de juntas (unidad de medida: ml)

Fuente. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. (Grupo Técnico Convenio 587, 2006, pág. 3)

Niveles de severidad

- L: El ancho de la fisura sin relleno es ≤ 10.0 mm; o fisura rellenada de cualquier anchura con material en condiciones satisfactorias. Ver figura 22.a
- M: El ancho de la fisura sin relleno es >10.0 y ≤ 75.0 mm o con relleno ≤ 75.0 mm., pero debe estar rodeada de fisuras de baja intensidad. Ver figura 22.b

- H: Cualquier fisura rellenada o no, cercadas por grietas de media o alta intensidad con ancho mayor a 75 mm o fisuras cuyo ancho es menor a 100 mm pero que está rodeada de fisuras desprendidas o fragmentadas. Ver figura 22.c

Unidad de medida. Las fisuras de reflexión de junta se miden en metros lineales. El tamaño y el nivel de severidad de cada fisura deben identificarse y registrarse por separado. Por ejemplo, una fisura de reflexión de junta de 15.00 m de largo puede tener 4.00 m de fisuras de alta gravedad, estas deben anotarse por separado. Si se observa otra falla en la fisura de reflexión, esta también deberá registrarse. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007)

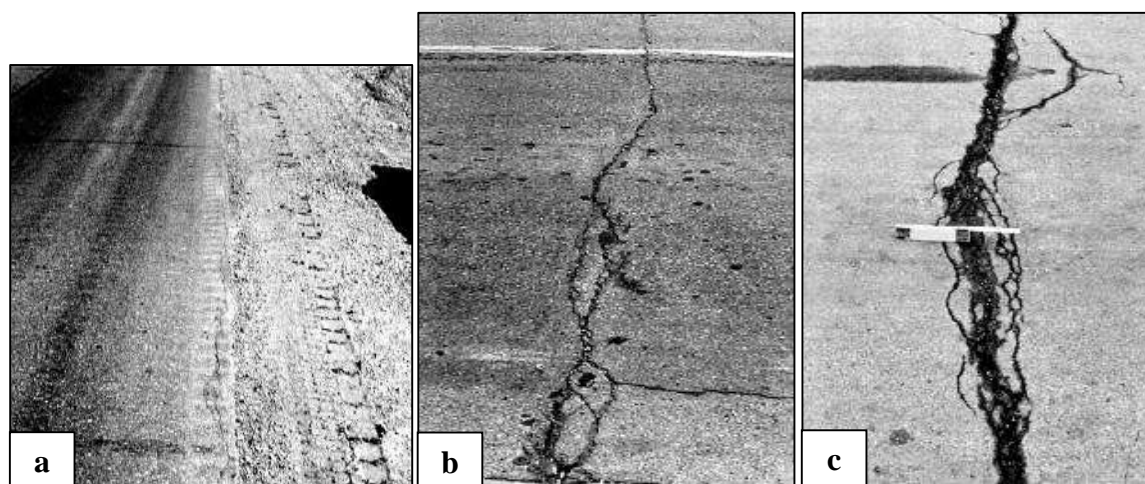


Figura 22. Fisura de reflexión de junta de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, págs. 16,17)

2.2.8.9 Desnivel carril – berma

El desnivel carril - berma es la diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma. Esta falla es producida por la erosión y asentamiento de la berma o por la construcción o reposición de nuevas capas del camino sin tomar en consideración el perfil de la berma. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007)

Niveles de severidad

- L: La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma es ≥ 25 y ≤ 50.0 mm. Ver figura 23.a

- M: La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma, es > 51.0 mm y ≤ 100.0 mm. Ver figura 23.b
- H: La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma es > 100.00 mm. Ver figura 23.c

Unidad de medida. La falla desnivel carril - berma se mide en metros lineales (ml). (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007)

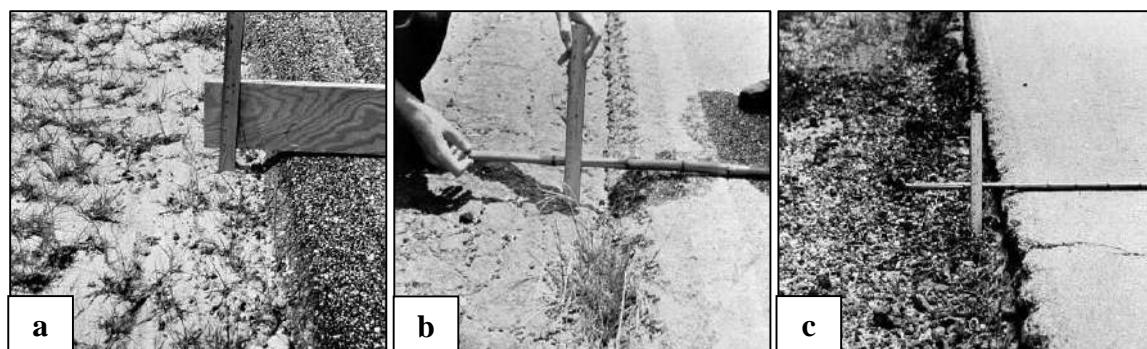


Figura 23. Desnivel carril - berma de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c)

Fuente. Procedimiento estándar para la Inspección del índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, pág. 17)

2.2.8.10 Fisuras longitudinales y transversales

Según American Society of Testing Materials - ASTM D 6433-07 (2007) las fisuras longitudinales, son fisuras que se encuentran paralelas a la dirección del tránsito; mientras que las fisuras transversales, se extienden en forma perpendicular a través del pavimento formando ángulos rectos a la línea central del pavimento. Ver figura 24

Estas fisuras, usualmente no están vinculadas a las cargas del tránsito, sino al encogimiento de la superficie de la capa superficial, debido a cambios bruscos de temperatura y por la presencia de fisuras de reflexión de juntas.

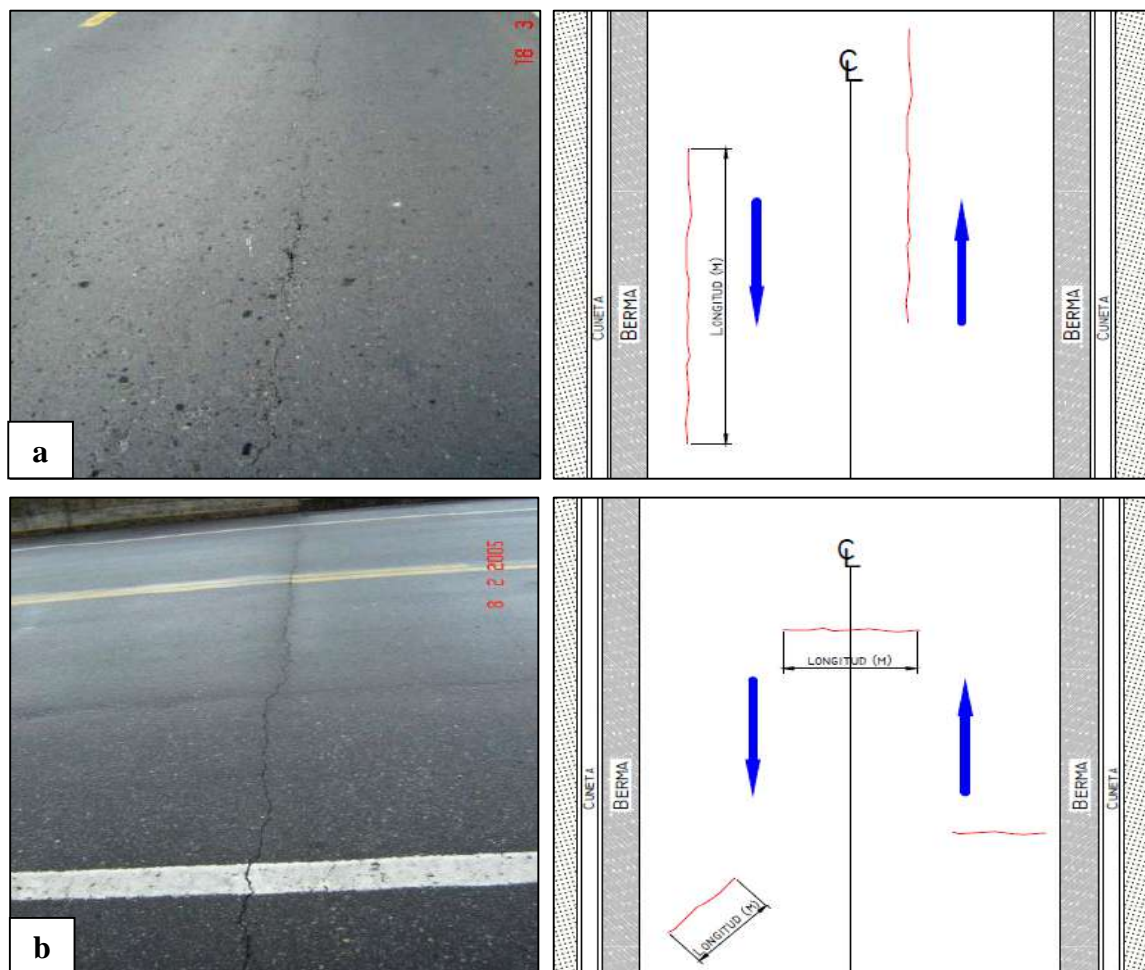


Figura 24. Fisuras longitudinales y transversales (unidad de medida: ml).

Fuente. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. (Grupo Técnico Convenio 587, 2006, págs. 1,2)

Niveles de severidad.

- L: El ancho de la fisura sin relleno es ≤ 10.0 mm; o fisura rellenada de cualquier anchura con material en condiciones satisfactorias. Ver figura 25.a
- M: El ancho de la fisura sin relleno es >10.0 y ≤ 75.0 mm o con relleno ≤ 75.0 mm., pero debe estar rodeada de fisuras de mediana intensidad. Ver figura 25.b
- H: Cualquier fisura rellenada o no, cercadas por grietas de alta intensidad con ancho mayor a 75 mm o fisuras cuyo ancho es menor a 100 mm pero que está rodeada de fisuras severamente desprendidas. Ver figura 25.c

Unidad de medida. Las fisuras longitudinales y transversales se miden en metros lineales. Si la fisura tiene diferentes niveles de severidad en una misma longitud, deberá registrarse cada parte, respetando el nivel y la longitud de cada una de ellas.

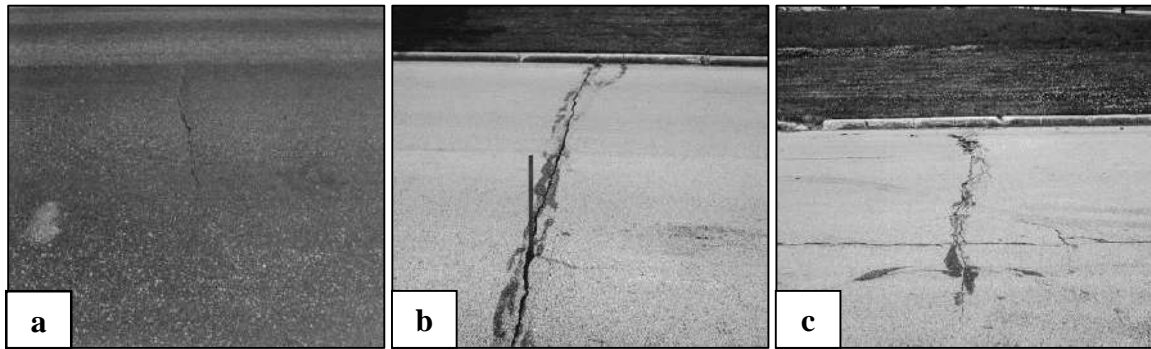


Figura 25. Fisuras long. y transv. de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c)

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, pág. 18)

2.2.8.11 Parches y parches de cortes utilitarios

Un parche es una sección de pavimento que por encontrarse en mal estado ha sido reemplazado con material nuevo para remediar el pavimento existente. Mientras que los parches de cortes utilitarios, sirven para cubrir reparaciones de todo tipo tales como: reinstalaciones de tuberías de agua, desagüe, tendido eléctrico, etc. Un parche se considera como un defecto en la vía, a pesar de que este tenga un buen desempeño, nunca se comparará con la sección de pavimento original, inclusive las áreas adyacentes al parche no responderán a la expectativas deseadas. En general, el parche está relacionado a cierta aspereza. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007). Ver figura 26

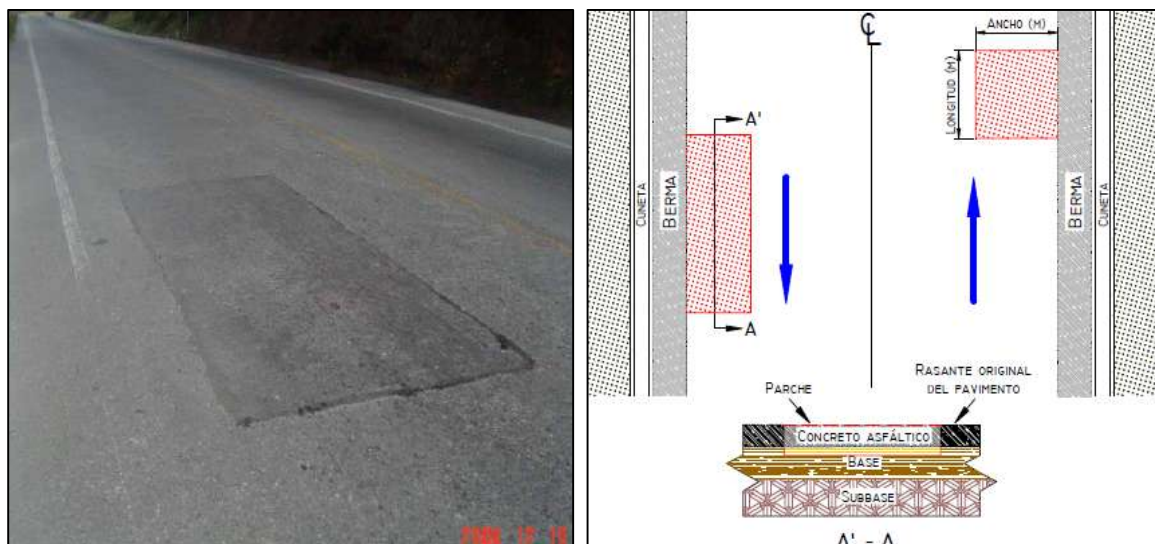


Figura 26. Parches (unidad de medida: m²)

Fuente. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. (Grupo Técnico Convenio 587, 2006, pág. 16)

La figura 27, muestra un buzón del sistema de alcantarillado, estos son asumidos como parches de cortes utilitarios.



Figura 27. Parche de corte utilitario

Fuente. Elaboración propia

Niveles de severidad

- L: El parche está en buenas condiciones y se comporta satisfactoriamente. La calidad del tránsito es buena. Ver figura 28.a
- M: El parche se encuentra moderadamente deteriorado. La calidad de tránsito se ve afectado ligeramente. Ver figura 28.b
- H: El parche se encuentra dañado y requiere ser reemplazo lo más antes posible, en razón a que afecta gravemente la calidad del tránsito. Ver figura 28.c

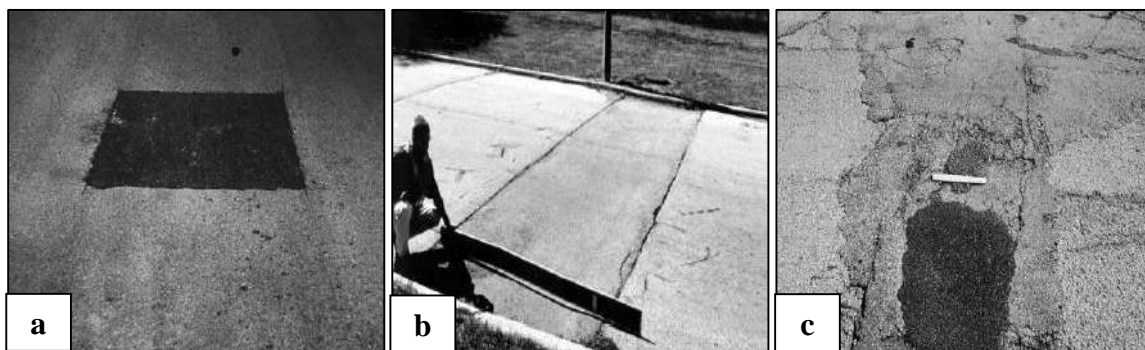


Figura 28. Parches y parches de cortes utilitar. de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c)

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, págs. 18,19)

Unidad de medida. Los parches se miden en metros cuadrados de superficie afectada. Sin embargo, si un parche presenta diferentes niveles de severidad en una misma zona en estudio, estas se deben medir y anotar individualmente. Por ejemplo, si un parche posee 5.00 m², de los cuales 1.50 m² presenta nivel de severidad alto y, el resto nivel medio, se anota cada una de ellas por separado. Asimismo, si se detecta la presencia de otra falla en el parche, esta no deberá ser incluida, de igual forma no serán incluidos los parches que han sido reemplazados en forma contigua abarcando gran extensión de pavimento. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007)

2.2.8.12 Agregados pulidos

La Asociación Americana de Prueba de Materiales - ASTM D 6433-07, (2007) afirma que el agregado pulido es causado por la acción de las cargas del tránsito, que trae consigo la pérdida de partículas ásperas o angulares que proporcionen al pavimento una buena resistencia al deslizamiento, es decir, la superficie del pavimento se vuelve suave al tacto y se reduce considerablemente la adherencia con los neumáticos de los vehículos y por consiguiente la velocidad de circulación se ve reducida. Asimismo, este tipo de falla, se debe también a la poca cantidad de agregados utilizados en la fase de construcción.

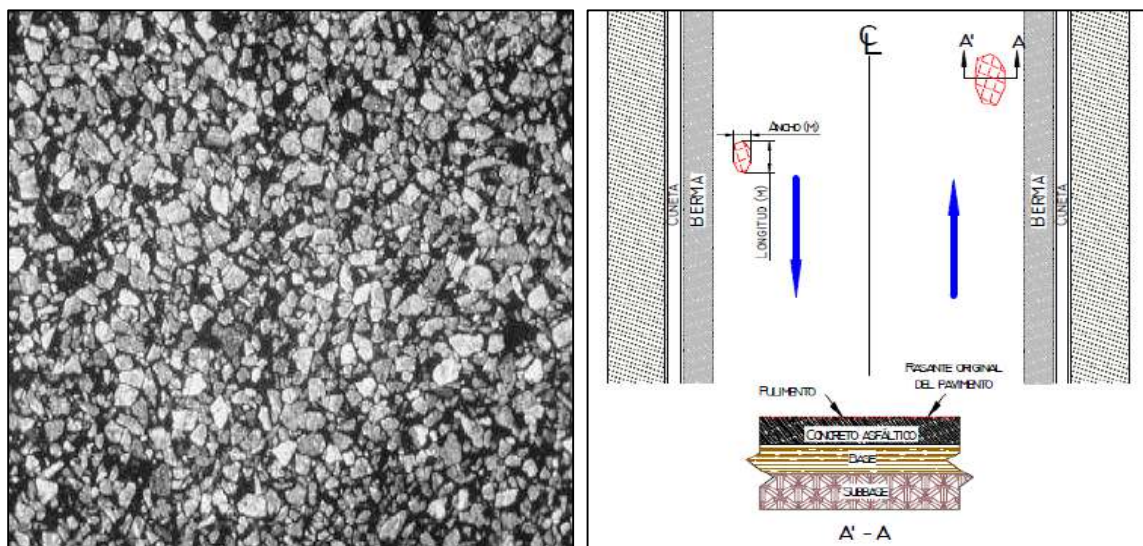


Figura 29. Agregados pulidos (unidad de medida: (m²))

Fuente. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. (Grupo Técnico Convenio 587, 2006, pág. 19)

Niveles de severidad. No se definen grados de severidad. Sin embargo, el grado de pulido deberá ser muy evidente en la unidad de muestreo y el agregado de la

superficie de la capa superficial deberá ser suave al tacto, solo de esta manera podrá ser incluido en la inspección. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007)

Unidad de medida. Se mide el agregado pulido en metros cuadrados de superficie afectada. Si hay presencia de exudación en la muestra, esta no debe contarse como agregado pulido. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007)

2.2.8.13 Baches

Los baches usualmente poseen tamaños inferiores a 750 mm de diámetro en forma de una depresión en la superficie del pavimento. Generalmente presentan bordes afilados y lados verticales cerca de la parte superior del agujero. Esta falla, ocurre principalmente por la presencia de fisuras piel de cocodrilo de severidad alta, causando fatiga y la pronta desintegración de la capa superficial. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007). Ver figura 30

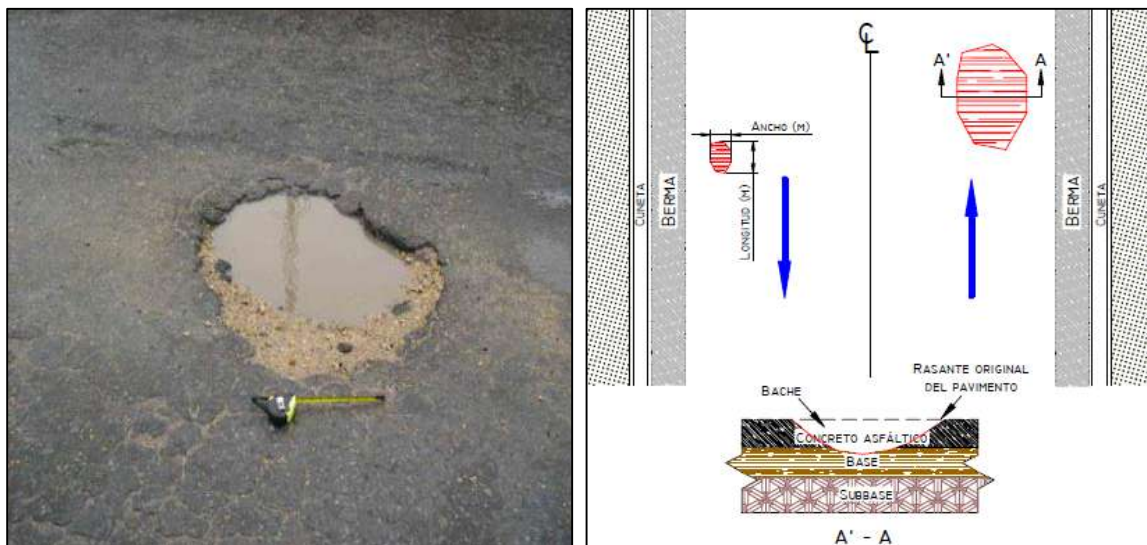


Figura 30. Baches (unidad de medida: N° ocurrencia)

Fuente. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. (Grupo Técnico Convenio 587, 2006, pág. 15)

Niveles de severidad

- Los niveles de severidad para baches menores a 750.0 mm de diámetro, se basa tanto en el diámetro y la profundidad del bache, según la Tabla 3. - Si el bache tiene más de 750.0 mm de diámetro debe determinarse en metros cuadrados y dividir por 0.5 m² para encontrar el número equivalente de baches. - Si la profundidad es más

de 25.0 mm se consideran como baches de alta severidad. Ver figura (31.a, 31.b, 31.c). (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007)

Tabla 3

Nivel de severidad para baches

Profundidad máxima mm	Diámetro promedio del bache (mm)		
	100 a 200	200 - 450	450 - 750
Menor a 25	L	L	M
>25 ≤ 50	L	L	H
Mayor a 50	M	M	H

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society of Testing Materials - ASTM D 6433-07, 2007, pág. 20)

Unidad de medida. Los baches se miden contando el número de baches con los niveles de severidad bajo, medio y alto, registrando cada uno por separado. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007)

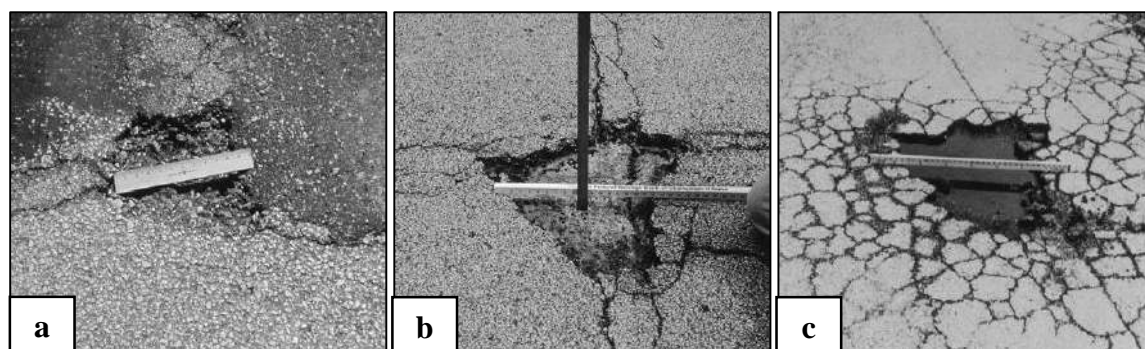


Figura 31. Baches de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c)

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, pág. 20)

2.2.8.14 Ahuellamiento

Es una depresión superficial longitudinal continua que se aprecia en la superficie del pavimento en la dirección de los neumáticos del vehículo, que trae como consecuencia el levantamiento del pavimento adyacente al ahuellamiento, en muchos casos son perceptibles solo después de una lluvia. El ahuellamiento es originado por una deficiente compactación del paquete estructural y por las cargas del tránsito, que en combinación se produce una deformación permanente de las capas del pavimento flexible. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007). Ver figura 32

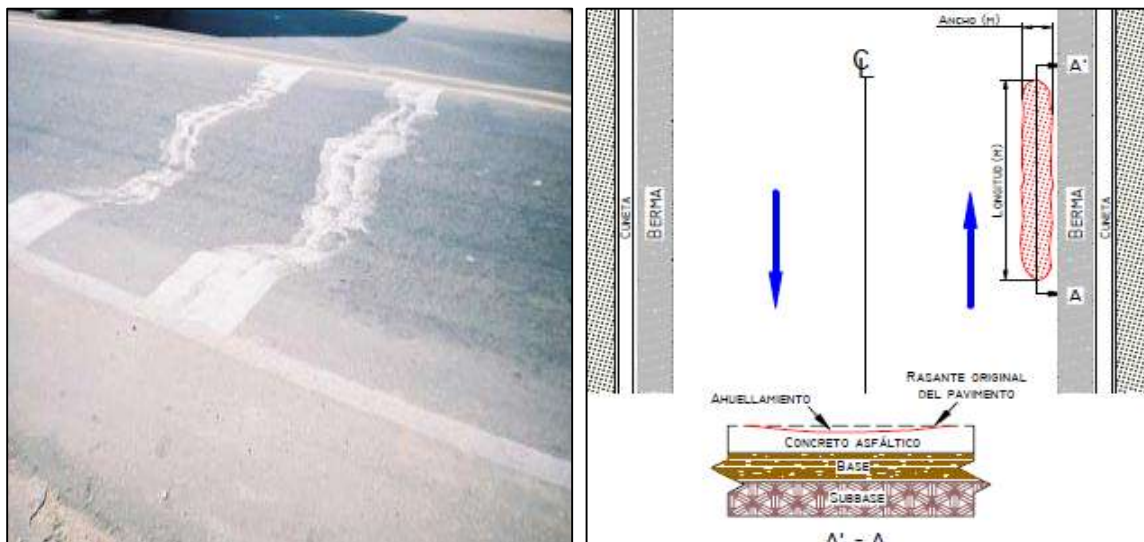


Figura 32. Ahuellamiento (unidad de medida: m²)

Fuente. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. (Grupo Técnico Convenio 587, 2006, pág. 13)

Niveles de severidad

- L: La profundidad del ahuellamiento es ≤ 13.0 mm. Ver figura 33.a
- M: La profundidad del ahuellamiento es > 13.0 mm y ≤ 25.0 mm. Ver figura 33.b
- H: La profundidad del ahuellamiento es > 25.0 mm. Ver figura 33.c

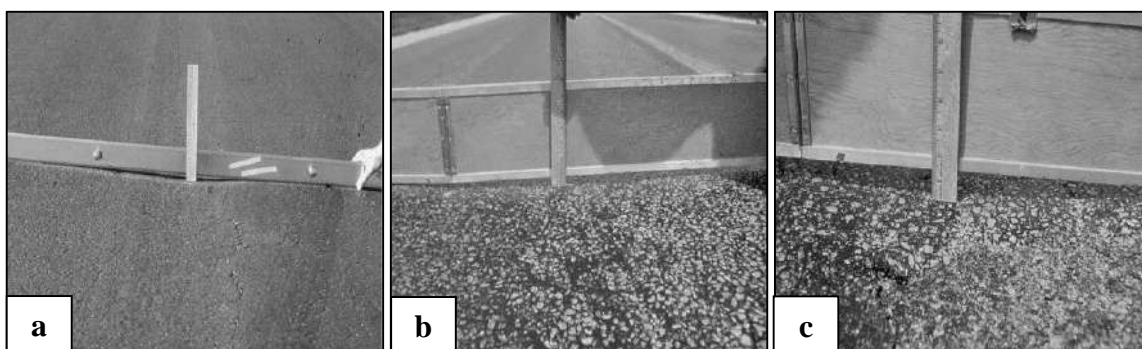


Figura 33. Ahuellamiento de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c)

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, pág. 20)

Unidad de medida. El ahuellamiento se mide en metros cuadrados de área afectada y su severidad está determinado por la profundidad del ahuellamiento y se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad y usando las medidas tomadas a lo largo de la sección para calcular su profundidad en milímetros.

2.2.8.15 Desplazamiento

El desplazamiento es una deformación longitudinal y permanente de una área localizada en la superficie del pavimento, originada por la acción constante de las cargas de tránsito, ejerciendo presión contra el pavimento, causando una onda corta y abrupta en la superficie del pavimento. Este tipo de falla normalmente ocurre cuando el pavimento asfáltico está contiguo al pavimento rígido, entonces cuando las losas de concreto aumentan su tamaño empujan al pavimento flexible, produciéndose el desplazamiento. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007)

Niveles de severidad

- L: La abertura del desplazamiento es ≤ 6.0 mm. Ver figura 34.a
- M: La abertura del desplazamiento > 6.0 mm y ≤ 25.0 mm. Ver figura 34.b
- H: la abertura del desplazamiento es > 25.0 mm. Ver figura 34.c

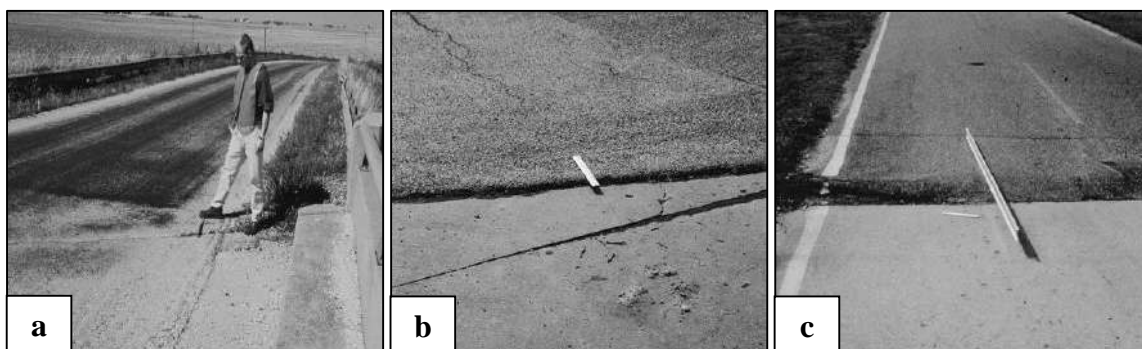


Figura 34. Desplazamiento de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, pág. 22)

Unidad de medida. Se mide el desplazamiento en metros cuadrados de superficie afectada. Los desplazamientos que ocurran dentro de los parches serán considerados netamente como parches y no se anotará como una falla por separado. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007)

2.2.8.16 Fisura parabólica

Fisuras parabólicas conocidas también como fisuras de media luna, generalmente se encuentran en forma paralela en la dirección de los neumáticos. Estas fallas se

producen al frenar o al girar las ruedas de los vehículos, haciendo que la superficie del pavimento se deslice o deforme y generalmente ocurre cuando existe un vínculo pobre entre la capa superficial y la capa siguiente de la estructura del pavimento o cuando existen capas superpuestas en el pavimento. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007). Ver figura 35

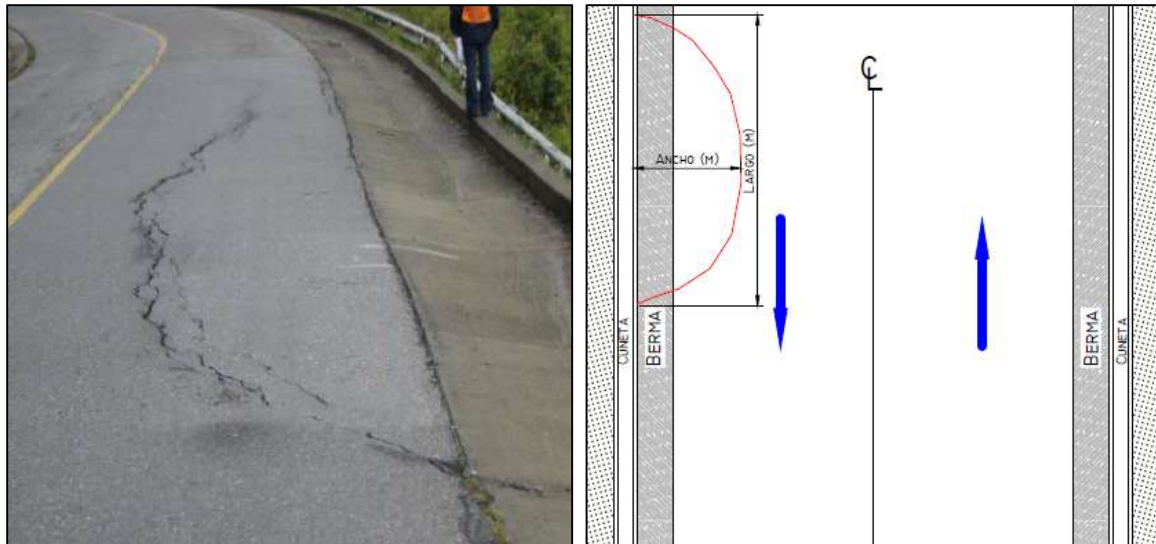


Figura 35. Fisura parabólica (unidad de medida: m2)

Fuente. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. (Grupo Técnico Convenio 587, 2006, pág. 4)

Niveles de severidad

- L: La abertura de la fisura es ≤ 10.0 mm. Ver figura 36.a
- M: La abertura de la fisura es >10.0 mm y ≤ 40.0 mm. Ver figura 36.b
- H: La abertura de la fisura es > 40.0 mm o la sección alrededor de la fisura está fracturada en piezas, que son fácilmente removibles. Ver figura 36.c

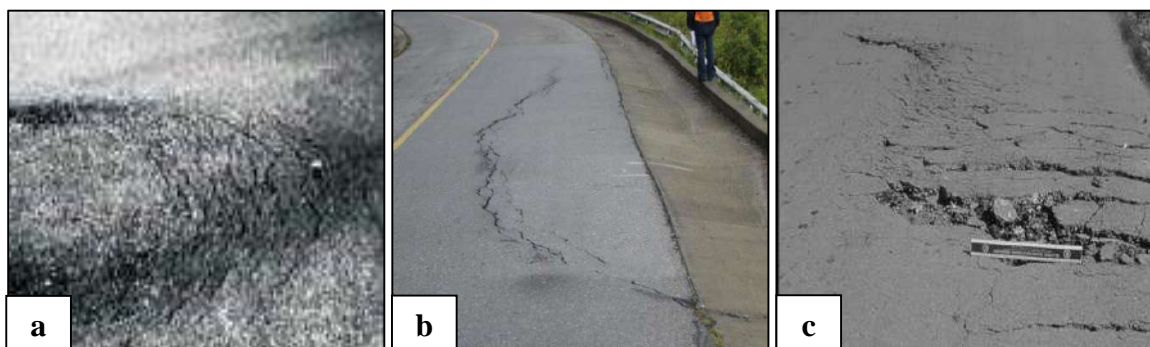


Figura 36. Fisura parabólica de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, pág. 22)

Unidad de medida. Las fisuras parabólicas se mide en metros cuadrados y debe ser anotado y calificado con el nivel de severidad más alto del área evaluada. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007)

2.2.8.17 Hinchamiento

El hinchamiento es una protuberancia o pandeo localizado en la superficie del pavimento en forma de una ola larga y gradual, que modifica el perfil de la vía, tal como se aprecia en la figura 37. El hinchamiento puede estar acompañado por agrietamiento superficial y generalmente es causado por el congelamiento de los materiales de la subrasante o por la expansión del terreno natural. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007).

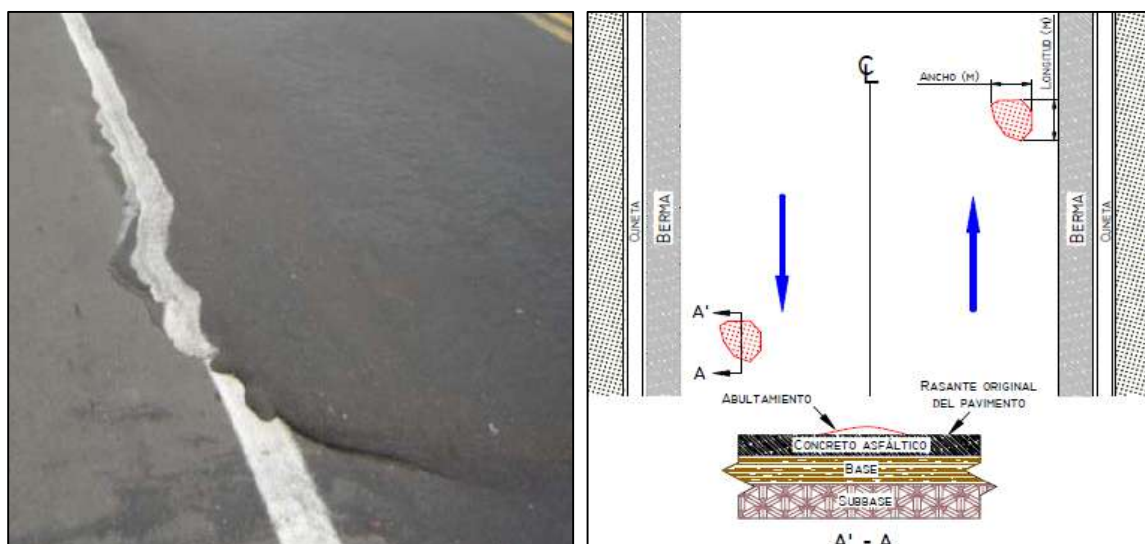


Figura 37. Hinchamiento (unidad de medida: m²)

Fuente. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. (Grupo Técnico Convenio 587, 2006, pág. 1)

Niveles de severidad

Los niveles de seguridad que se registran son de acuerdo a la altura del hinchamiento, según el “Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles”, elaborado por el Grupo Técnico Convenio 587 (2006)

- L: El hinchamiento tiene una altura máxima ≤ 10.0 mm, causa poca vibración al vehículo, lo cual no genera incomodidad al conductor.
- M: El hinchamiento tiene una altura máxima > 10.0 mm y ≤ 20.0 mm, produce una mayor vibración al vehículo y genera incomodidad al conductor.

- H: El hinchamiento tiene una altura > 20mm, produce una vibración excesiva que genera alta incomodidad al conductor.

Unidad de medida. La superficie del hinchamiento se mide en metros cuadrados. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007)

2.2.8.18 Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados

La Asociación Americana de Prueba de Materiales - ASTM D 6433-07 (2007) define a la peladura por intemperismo como la desintegración superficial del pavimento, debido a la pérdida de ligante asfáltico; mientras que el desprendimiento del agregado pétreo hace referencia a partículas de agregado sueltas o removidas. Estas fallas nos indican que el ligante asfáltico se ha endurecido considerablemente o que la calidad de la mezcla es deficiente. Las causas que originan este tipo de fallas son:

- Tránsito de vehículos de carga pesada, por vías que no corresponden a la circulación de éstos. Por ejemplo, la circulación de volquetes por una vía urbana.
- Los agregados usados contienen impurezas o son muy absorbentes.

Niveles de severidad

- L: El agregado o el ligante ha comenzado a desprenderse. En algunas áreas de la superficie se pueden observar agujeros. En el caso de derrames de petróleo con las manchas pueden ser visibles, pero la superficie está dura y no puede ser penetrada con una moneda. Ver figura 38.a
- M: El agregado o el ligante se ha desprendido. La textura de la superficie es ligeramente rugosa y presenta pequeños agujeros. En el caso de derrames de petróleo la superficie es suave y puede ser penetrada con una moneda. Ver figura 38.b
- H: El agregado o el ligante se ha desprendido considerablemente. La textura de la superficie es muy áspera y está severamente perforada. Ver figura 38.c

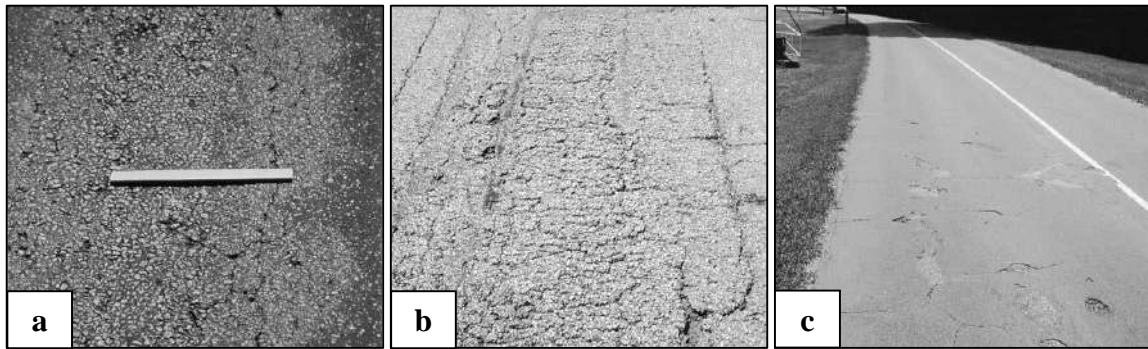


Figura 38. Peladura por intemperismo/desprendimiento de agregados de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c)

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, pág. 23)

Unidad de medida. La peladura y el desprendimiento, se mide en metros cuadrados de superficie afectada. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007)

2.2.9. Método del Índice del Condición Pavimento (PCI)

2.2.9.1 Introducción

El método del Índice de Condición del Pavimento, conocido internacionalmente como Pavement Condition Index – PCI por sus siglas en inglés, se fundamenta en la cuantificación de la condición del pavimento, mediante la inspección visual. Para ello será necesario identificar el tipo de falla y los niveles de severidad de los mismos. Este método no requiere de equipos ni herramientas especializadas para llevar a cabo la evaluación de la vía, ya que su principal herramienta es la hoja de inspección de fallas. Dicho procedimiento fue desarrollado entre los años 1974 a 1976 por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos y ejecutado por los ingenieros Mohamed Y. Shahin, Michael L. Darter y Starr D. Kohncon, con la finalidad de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles.

El PCI se constituye en la actualidad la técnica más completa y acreditada para la evaluación y calificación objetiva de los pavimentos dentro de los modelos disponibles para la infraestructura vial, fue formalmente adoptado por el Departamento de Defensa (DOD – Department of Defense) de los Estados Unidos y la Asociación Americana del Trabajo Público (APWA - *American Public Work Association*) y fue promulgado por American Society of Testing Materials, conocido mundialmente como ASTM en su norma internacional “Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de

Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos” en su designación ASTM D 6433-07. Esta norma no plantea abordar aspectos de seguridad, es responsabilidad del usuario que aplica este método para establecer prácticas de seguridad y salud. El PCI se desarrolló con la finalidad de obtener un índice cuantificador del aspecto funcional (superficial) y estructural del pavimento para su respectivo tratamiento. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007)

El PCI es un indicador numérico que califica la condición del pavimento en un rango de cero (0) como pavimento fallado a cien (100) como pavimento en condiciones excelentes. Ver figura 39

Esca la de calificación PCI estándar	Color sugerido
100 Excelente	Verde oscuro
85 Muy bueno	Verde claro
70 Bueno	Amarrillo
55 Regular	Rojo claro
40 Malo	Rojo medio
25 Muy malo	Rojo oscuro
10 Fallado	Gris oscuro
0	

Figura 39. Índice de condición del pavimento (PCI), escala de calificación.

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, pág. 2)

2.2.9.2 Resumen de la práctica

El pavimento se divide en tramos, que a su vez se dividen en secciones. Cada sección está dividida en unidades de muestreo, los tipos y niveles de severidad de las fallas presentes en el pavimento se evalúan mediante la inspección visual de las unidades de muestreo. La cantidad de fallas se mide e identifica como se describió en el numeral 2.2.8. Los datos obtenidos en campo se utilizan para calcular el índice de cada unidad de muestreo. El PCI de la sección de pavimento está determinado en función del PCI de las unidades de muestreo inspeccionados dentro de la sección o del tramo, según características del mismo.

2.2.9.3 Materiales e instrumentos

Según American Society of Testing Materials - ASTM D 6433-07 (2007) los materiales que se necesita para calcular el índice de condición del pavimento son los siguientes:

- **Odómetro manual.** Es un instrumento de medición que calcula la distancia recorrida en calles, avenidas, carreteras, etc. El odómetro manual consta de una rueda calibrado con precisión. Ver figura 40



Figura 40. Odómetro manual

Fuente. Google (2018)

- **Hoja de registro de fallas.** Es el formato donde se registrará toda la información recolectada durante la auscultación visual en campo, el cual incluye el nombre del personal responsable de la inspección, de la avenida o calle según sea el caso, ubicación, sección, tamaño de la unidad de muestreo, tipos, niveles de severidad y cantidades de fallas. El modelo de la hoja de registro de fallas se presenta en la tabla 4.
- **Regla:** Instrumento para medir distancias cortas tanto longitudinal como transversal y se encuentra graduado con precisión en centímetros y milímetros.
- **Conos de seguridad vial.** Sirve para aislar la zona en estudio, de manera que el tráfico existente en la vía no represente mayor riesgo para los inspectores que tienen que transitar sobre la sección de pavimento.
- **Plano de distribución.** Plano donde se encuentra la distribución de los tramos, secciones y unidades de muestreo a ser analizado.

Tabla 4

Hoja de datos de la inspección de fallas en una unidad de muestreo

METODO PCI									ESQUEMA		
INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES											
HOJA DE REGISTRO											
Nombre de la vía: _____			Sección: _____			Unidad de muestra: _____					
Ejecutor: _____			Fecha: _____			Área: _____					
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabólica	2. Exudación	7. Fisuras de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento	3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados
4. Abultamiento y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento	5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento						
FALLA	CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO	

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, pág. 3)

2.2.9.4 Secuencia lógica del PCI

En la figura 41 se ilustra la secuencia lógica para el procedimiento del cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) de forma manual.

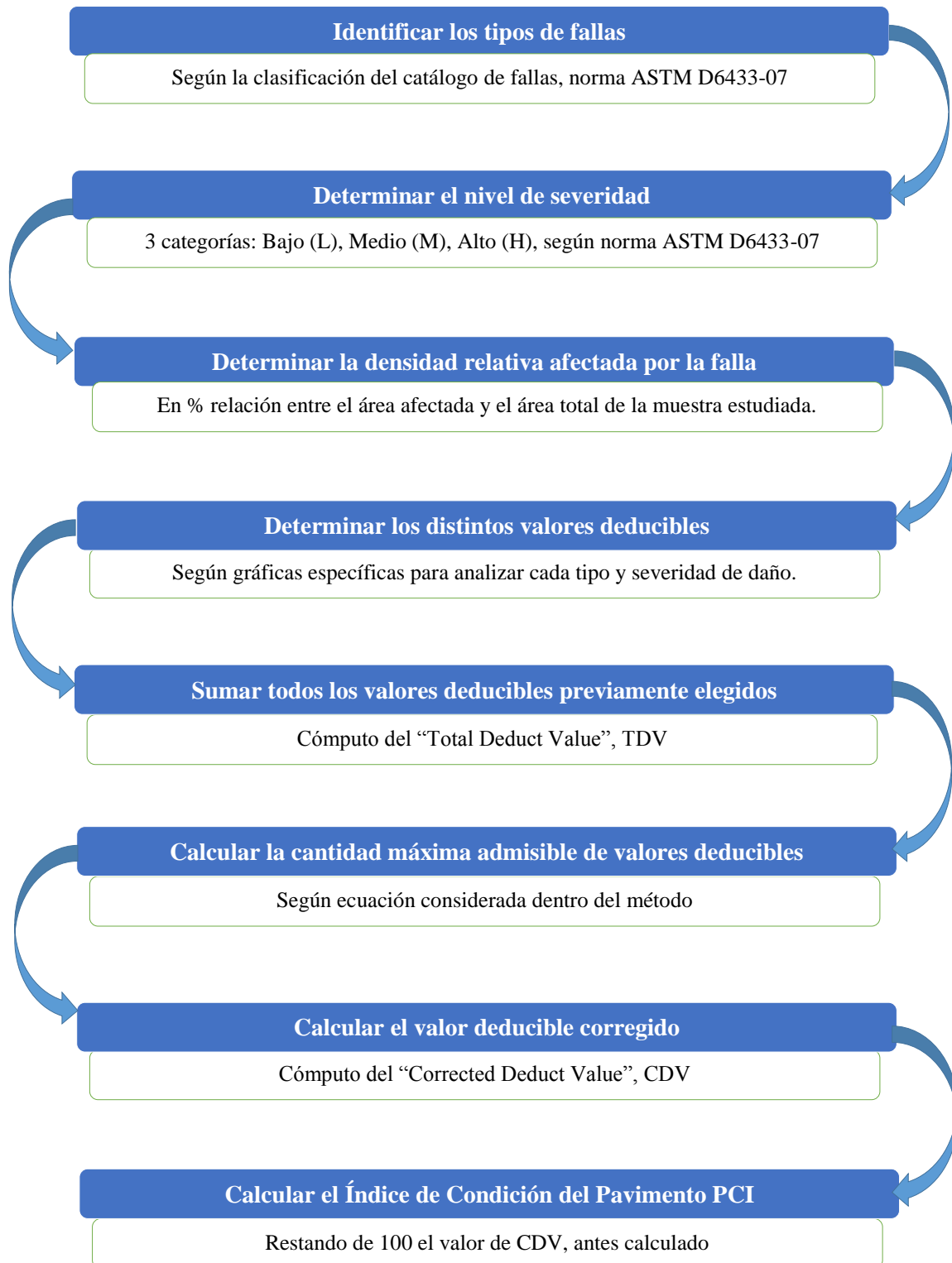


Figura 41. Secuencia lógica del PCI

Fuente. Fundamentos básicos y guía en la construcción de carreteras. (Espinoza, 2016, pág. 353)

2.2.9.5 Muestreo y unidades de muestreo

Según American Society of Testing Materials - ASTM D 6433-07 (2007) para determinar la condición del pavimento se debe realizar una secuencia de tareas, que se describe a continuación:

1. Identificar los tramos del pavimento con diferentes usos como carreteras y estacionamiento en el plan de distribución de la red.
2. Divida cada tramo en secciones basadas en el diseño, historia de construcción, tráfico y condición.
3. Una vez identificadas las secciones, se procede con el cálculo para obtener la cantidad de unidades de muestreo, para ello, se hace uso de la ecuación 1.

$$N = \frac{\text{Longitud sección}}{\text{longitud muestra}} \quad \text{Ecuación 1}$$

4. Las unidades de muestreo individuales a ser inspeccionadas deberán estar señaladas en el pavimento, de manera que, permita a los inspectores ubicar e identificar fácilmente las unidades de muestreo en la superficie del pavimento. Es necesario realizar las marcas para poder reubicar con precisión las unidades de muestreo que permitan verificar los datos de las fallas existentes, examinar los cambios de una muestra en particular debido al paso del tiempo y en el futuro reconocer la misma unidad para una evaluación si fuese necesario.
5. La cantidad de unidades de muestreo calculadas en una sección determinada, nos proporciona un nivel de confianza del 95%. Sin embargo, para inspeccionar la cantidad correcta de unidades de muestreo, se debe tener en cuenta lo siguiente:
 - 5.1. Las unidades de muestreo calculados, deberían ser inspeccionados en su totalidad, para obtener un PCI promedio. Sin embargo, usualmente esto es excluido, porque requiere más presupuesto, tiempo y recursos humanos, siempre en cuando las unidades sean cantidades mayores a 60. Sin embargo el muestreo total es necesario para el análisis y estimación de trabajos de mantenimiento y reparaciones que solicite el pavimento.

5.2. La cantidad mínima de unidades de muestreo a ser inspeccionados en una sección definida y obtener una estimación estadísticamente adecuada (95% de confianza) del valor del PCI, se calcula usando la ecuación 2 y el resultado de “n” se debe redondear al próximo número entero mayor.

$$n = \frac{N \times s^2}{\left(\frac{e^2}{4}\right)(N - 1) + s^2} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a inspeccionar.

e: Error admisible en la estimación de la sección del PCI, usualmente $e = \pm 5$.

s: Desviación estándar del PCI de una u otra unidad de muestreo dentro de la sección. Al iniciar con la inspección, se asume una desviación estándar de diez (10) en pavimentos flexibles. Esta suposición debe verificarse con la ecuación 3, después de determinar los valores del PCI. Para intervenciones posteriores debe usarse la desviación estándar de la anterior inspección y con ello determinar “n”

N: Cantidad total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

5.2.1. Si obtener el 95% de confiabilidad es crítico, el número adecuado de unidades de muestreo a inspeccionar debe comprobarse. Asimismo, el número de unidades de muestreo se estimó en función de la desviación estándar asumida. Para calcular el valor actual de la desviación estándar se debe utilizar la ecuación 3.

$$S = \left(\sum_{i=1}^n \frac{PCI_i - PCI_s^2}{n - 1} \right)^{1/2} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

PCI_i: Valor del PCI de la unidad de muestra inspeccionada.

PCI_s: Valor PCI de la sección. (PCI promedio de las UM inspeccionadas)

n: Cantidad total de unidades de muestreo a ser intervenidos.

5.2.2. Calcule la cantidad mínima de unidades de muestreo (Ecuación 2), a ser inspeccionadas utilizando la desviación estándar calculado de la ecuación 3, si fuera necesario. Si el número mínimo de unidades de muestreo (n) para ser inspeccionados es mayor que el número de unidades de muestras (N) ya inspeccionadas, entonces se deben seleccionar e inspeccionar unidades de muestras adicionales al azar. Estas unidades deben estar espaciadas uniformemente en toda la sección. Repita el proceso de verificar el número revisado de unidades de muestreo e inspeccionar las unidades de muestreo adicionales al azar hasta el número total de unidades de muestreo inspeccionadas sea igual o mayor a las unidades mínimas de muestras requeridas (n) obtenido de la ecuación 2, utilizando la desviación estándar de la muestra total.

5.3. Cuando se haya establecido la cantidad mínima de unidades de muestreo a ser inspeccionados, se deberá calcular el intervalo de espaciado de las unidades, utilizando el muestreo sistemático al azar. Las muestras deberán estar igualmente espaciadas a lo largo de la sección eligiendo la primera muestra al azar. El intervalo de espaciamiento (i) de las unidades a ser muestreadas se calcula mediante la ecuación 4, redondeando el resultado al número menor próximo al entero.

$$i = \frac{N}{n} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

i : Intervalo de muestreo, se redondea al número menor próximo al entero inferior (por ejemplo, 4.6 se redondea a 4).

N : Cantidad total de unidades de muestreo en la sección.

n : Cantidad mínima de unidades a ser inspeccionados.

La primera unidad de la muestra a inspeccionar se selecciona al azar y el intervalo (i) inicia en uno (1). Las unidades de muestreo dentro de una sección irán incrementando sucesivamente debido al intervalo (i).

5.4. Se utiliza unidades de muestreo adicionales cuando en la inspección no se han obtenido muestras confiables, es decir fallas no representativas. Asimismo, estas son elegidas a criterio del responsable de la evaluación.

2.2.9.6 Procedimiento de inspección

El procedimiento para realizar la inspección en las unidades de muestreo, sección y tramo del pavimento, es como sigue a continuación:

1. Examinar particularmente cada unidad de muestreo, incluyendo el bosquejo y orientación de las mismas.
2. Anotar el tramo, el número de la sección y de la unidad de muestreo, lo mismo para las muestras adicionales o al azar.
3. Delimitar en el pavimento cada unidad de muestreo con ayuda del odómetro manual.
4. Efectuar el reconocimiento de fallas recorriendo la calzada de una determinada unidad de muestra, para ello es necesario identificar el tipo y cuantificar el nivel de severidad de cada falla presente en la inspección. Los tipos de fallas y los niveles de severidad en pavimentos flexibles se describió detalladamente en el numeral 2.2.8
5. Repetir el mismo procedimiento para cada unidad de muestreo a ser inspeccionado. La hoja de inspección de fallas se encuentra en la tabla 4.

2.2.9.7 Cálculo del PCI

De acuerdo al ASTM D 6433-07, para realizar el cálculo del índice de condición del pavimento se deben seguir las siguientes etapas.

Etapas I. Cálculo de los Valores Deducidos:

- 1 a)** Sumar la cantidad total de cada tipo de falla previamente identificada con su respectivo grado de severidad y colocar en la columna "Total" de la hoja de inspección de la unidad de muestreo inspeccionada. Por ejemplo, en la tabla 5 se muestran las 4 entradas para el tipo de falla 11 "Parches y parches de cortes utilitarios": 6.30M, 10.80M, 3.76H y 4.0H. Sumar cada falla y nivel y colocar en

la columna Total, dando como resultado 17.10 m² y 7.76 m² para el nivel de severidad medio y alto respectivamente. Las unidades de las cantidades deben ser en metro cuadrado, metro lineal o número de ocurrencia, dependiendo del tipo de falla.

- 1 **b)** Dividir la cantidad total de cada tipo de falla, en cada nivel de severidad (columna total) entre el área total de la unidad de muestra y multiplicar al resultado por 100 para obtener la densidad porcentual. Continuando con el ejemplo anterior se tiene: 11M cantidad total 17.10 m², dividido entre el área de la unidad de muestreo UM 01 que es 230.0 m² al resultado se le multiplica por 100

$$Densidad = \frac{17.10}{230} \times 100 = 7.43 \%$$

- 1 **c)** Determinar el valor deducido (DV) para cada tipo de falla, para ello se empleará las curvas de valor deducido de las 18 fallas (ver apéndice B.) Por ejemplo, se ingresó a la curva de valores deducidos la falla parches y parches de cortes utilitarios con su nivel de severidad medio y densidad de 7.43, obteniendo un DV = 27, tal como se aprecia en la figura 42

El DV 27 se coloca en la columna "Valor deducido" tal como se muestra en la tabla 5. Repetir los mismos procedimientos para calcular los valores deducidos de las demás fallas para cada unidad de muestra.

Tabla 5

Ejemplo de hoja inspección de fallas para pavimentos flexibles en una unidad de muestreo

METODO PCI								ESQUEMA									
INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES								23.0 ml		10.0 ml	N						
HOJA DE REGISTRO								← Dirección de la inspección									
Nombre de la vía: <u>Av. Venezuela</u>				Sección: <u>1</u>		Unidad de muestra: <u>UM 01</u>											
Ejecutor: <u>Hetty Liz Siguel Cáceres</u>				Fecha: <u>07/08/2018</u>		Área: <u>230.0 m2</u>											
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabólica	2. Exudación	7. Fisuras de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento	3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	4. Abultamiento y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento	5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento
FALLA	CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO							
6M	0.01							0.01	0.00	0							
10L	2.80							2.80	1.22	0							
10M	9.66							9.66	4.20	10							
10H	9.00							9.00	3.91	8							
11M	6.30	10.80						17.10	7.43	27							
11H	3.76	4.00						7.76	3.37	23							
12	16.74	10.54	8.63					35.91	15.61	5							
13M	1.00	1.00						2.00	0.87	29							
14M	10.76							10.76	4.68	34							
15H	6.00	3.84	4.15					13.99	6.08	41							
17M	2.42							2.42	1.05	12							

Fuente. Adaptación del Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society of Testing Materials - ASTM D 6433-07, 2007)

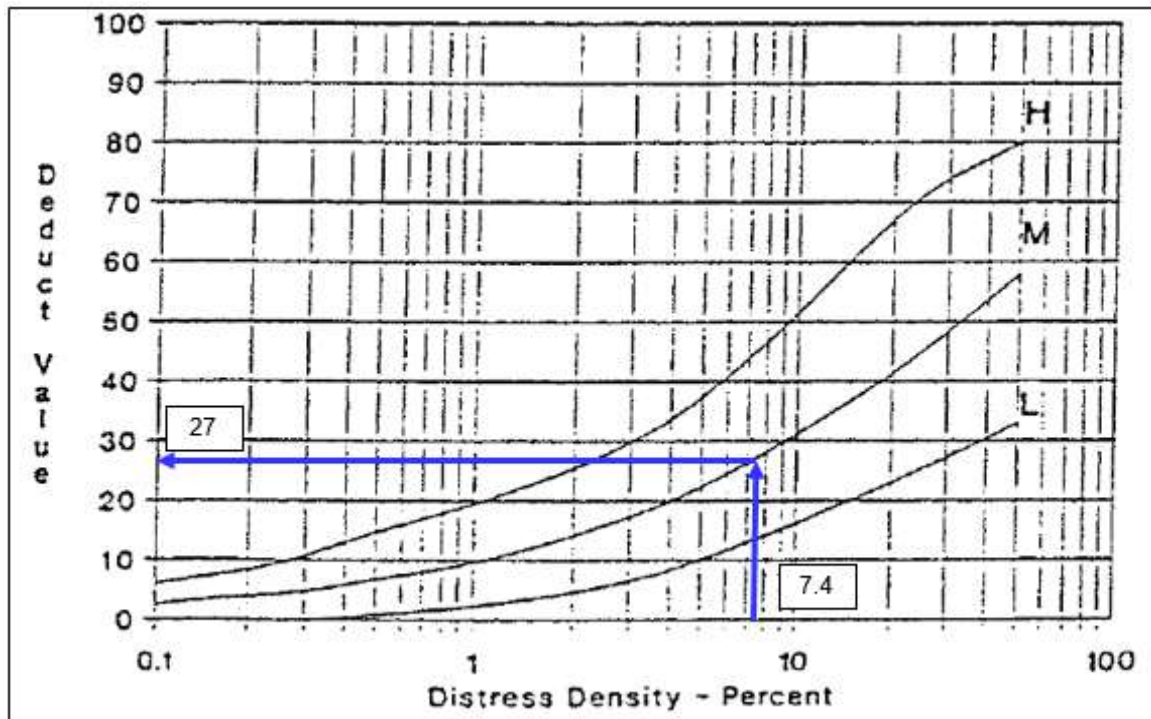


Figura 42. Curva valor deducido de parches y parches de cortes utilitarios

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, pág. 40)

Nota. La líneas azules y los recuadros con números, han sido elaborados por la tesista.

Etapa 2. Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m)

2. a) Si ninguno o solo un valor deducible es mayor que dos, el valor total se utiliza en lugar del máximo DV en la determinación del PCI, de lo contrario, el DV debe ser determinando siguiendo los pasos 2.b) y 2.c)
2. b) Establecer una lista con los valores deducidos individuales en forma descendente. Por ejemplo, de la tabla 5 se tiene valores de mayor a menor sin considerar valores menores o iguales a 2.

41, 34, 29, 27, 23, 12, 10, 8, 5

2. c) Determinar la cantidad máxima permitida de número de deducciones permisibles "m" de la figura 43 o utilizando la ecuación 5.

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right)(100 - HDV) \leq 10 \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

m: Número máximo admisible de valores deducidos incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a diez).

HDV: Mayor valor deducido individual para la unidad de muestra. Por ejemplo:

$$m = (1 + (9/98) * (100 - 41)) = 6.42).$$

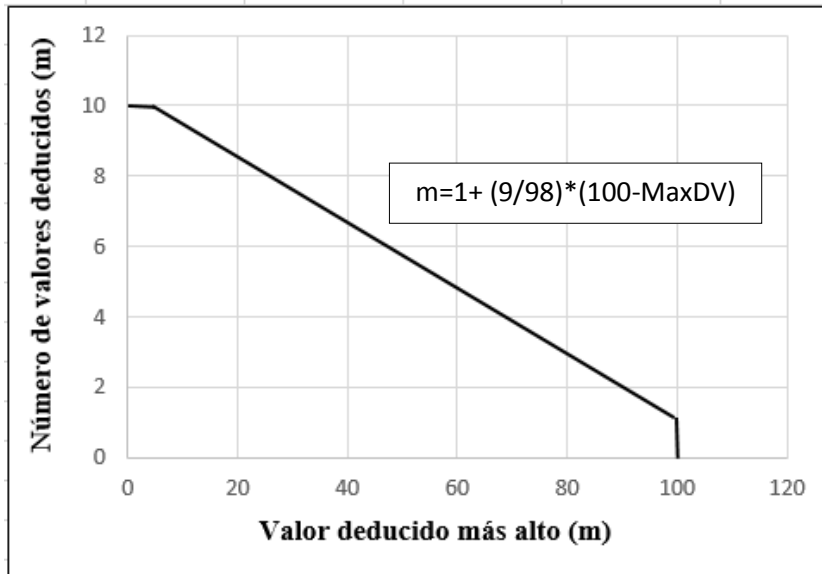


Figura 43. Ajuste del número de los valores de deducción

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, pág. 7)

2. **d)** La cantidad de los valores deducidos individuales fue reducido al máximo admisible "m", incluyendo la parte fraccionaria. Por ejemplo, con el resultado de $m = 6.42$ se toma los primeros 6 valores deducidos de la lista elaborada más el 42% del séptimo ($0.42 * 10 = 4.2$). Como lista final de DV se obtiene: 41, 34, 29, 27, 23, 12 y 4.2, estos valores nos indican cuales son las fallas que más afectan al pavimento en una determinada unidad de muestra. En nuestro caso para la unidad de muestra UM 01.

Etap 3. Cálculo del "máximo valor deducido corregido", máx. CDV.

El máximo CDV, se determina mediante el siguiente proceso iterativo.

3. **a)** Calcular el valor deducido total (CDT), a través de la suma de todos los valores deducidos individuales: $41 + 34 + 29 + 27 + 23 + 12 + 4.2 = 170.2$
3. **b)** Determinar "q" como el número de valores deducidos. En nuestro ejemplo $q=7$.
3. **c)** Determinar el CDV con el valor de "q" y la curva de "Valor Deducido Total" en la curva de valor deducido corregido total. Tenemos

entonces: $q=7$ y $CDT = 170.2$ del ejemplo anterior, lo llevamos a la curva de CDT y obtenemos un CDV de 77. Ver figura 44

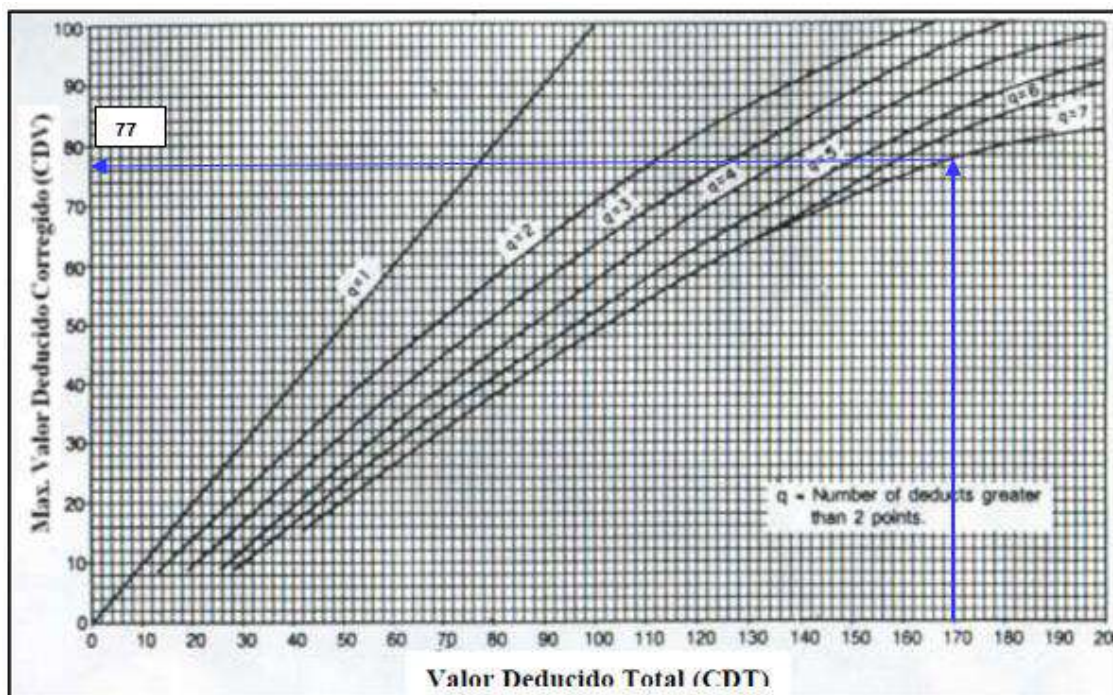


Figura 44. Valor deducido total (CDT)

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, pág. 42)

Nota. La líneas azules y el recuadro con número, han sido elaborados por la tesista.

3. d) Reducir a 2.0 el menor de los "Valores Deducidos" individuales y repetir el mismo procedimiento hasta que "q" llegue a la unidad.
3. e) El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso. En nuestro ejemplo el máximo CDV es 81

En la figura 45 se presenta el cálculo realizado para obtener el máximo valor deducido corregido.

#	Valores deducidos							Total	q	CDV
1	41.0	34.0	29.0	27.0	23.0	12.0	4.2	170.2	7	77
2	41.0	34.0	29.0	27.0	23.0	12.0	2.0	168.0	6	81
3	41.0	34.0	29.0	27.0	23.0	2.0	2.0	158.0	5	80
4	41.0	34.0	29.0	27.0	2.0	2.0	2.0	137.0	4	77
5	41.0	34.0	29.0	2.0	2.0	2.0	2.0	112.0	3	70
6	41.0	34.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	85.0	2	61
7	41.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	53.0	1	53

$$m=1+(9/98)*(100-41)=6.42$$

Use los 6 deducibles más altos y el 0.42 de la séptima deducción

$$0.42*10=4.2$$

Máx. CDV 81
 PCI = 100 - Máx. CDV 19
 Rating Muy malo

Figura 45. Cálculo del máximo valor deducido corregido.

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, pág. 8)

Nota. Se han utilizado los datos del ejemplo, pero el esquema es el mismo.

Etapas 4. Calcular el PCI de la unidad de muestra, restando 100 el máximo CDV.

Ver ecuación 6

$$PCI = 100 - \text{Max CDV} \dots \text{Ecuación 6}$$

Aplicando la ecuación 6 se obtiene: $PCI = 100 - 81 = 19$, tal como se aprecia en la figura 45, que equivale a un pavimento en muy malas condiciones.

Determinación del PCI de la sección

Para determinar el PCI de la sección, se toman los siguientes criterios:

1. Si todas las unidades de muestras han sido inspeccionadas, entonces el PCI de la sección será el promedio de las unidades de muestra que conforman dicha sección. Si no fuese este el caso, se toman las opciones siguientes (punto 2 y 3).

2. Para las unidades de muestreo inspeccionados de forma aleatoria, entonces el PCI de la sección (PCIs) es calculado como el PCI ponderado del área en que se encuentran las unidades de muestreo inspeccionados en forma aleatoria (PCI_r) empleando la ecuación 7

$$PCI_r = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{ri} \times A_{ri})}{\sum_{i=1}^n A_{ri}} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

PCI_r: PCI ponderado del área de las unidades de muestreo inspeccionados en forma aleatoria.

PCI_{ri}: PCI de la unidad de muestra aleatoria "i".

A_{ri}: Área de la unidad de muestra aleatoria "i".

n: Número de unidades de muestra aleatoria inspeccionadas

3. Si hay unidades de muestreo adicionales que han sido inspeccionadas, el PCI ponderado del área de las unidades adicionales inspeccionadas (PCI_a) es calculado empleando la ecuación 8 y el PCI de la sección de pavimento es calculado empleando la ecuación 9.

$$PCI_a = \frac{\sum_{i=1}^m (PCI_{ai} \times A_{ai})}{\sum_{i=1}^m A_{ai}} \quad \text{Ecuación 8}$$

$$PCI_s = \frac{PCI_r (A - \sum_{i=1}^m A_{ai}) + PCI_a (\sum_{i=1}^m A_{ai})}{A} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

PCIs: PCI ponderado del área de la sección de pavimento.

PCI_a: PCI ponderado del área de las unidades de muestra adicionales.

PCI_{ai}: PCI de la unidad de muestra adicional "i".

A_{ai}: Área de la unidad de muestra adicional "i".

A: Área de la sección.

m: Número de unidades de muestra adicionales inspeccionadas.

2.2.10. Niveles de intervención en los pavimentos

Son los diferentes mecanismos de prevención dirigidas a la conservación de la vía, los mismos que están clasificados según la magnitud de los daños, que van desde un simple mantenimiento hasta una intervención que involucra mayor costo como es la rehabilitación o en casos más graves la reconstrucción de la vía. (Menéndez, 2003)

En base al valor del PCI obtenido de la inspección de campo, se podrá determinar cuál es el nivel de intervención que requiere el pavimento para estar en condiciones adecuadas para la transitabilidad. En la tabla 6 se muestra los niveles de intervención según el rango PCI.

Tabla 6

Intervención en base al valor del PCI

Escala	Calificación	Niveles de intervención
100 - 86	Excelente	Mantenimiento menor
85 - 71	Muy bueno	
70 - 56	Bueno	Mantenimiento rutinario
55 - 41	Regular	Mantenimiento periódico
40 - 26	Malo	Rehabilitación
25 - 11	Muy malo	Reconstrucción
10 - 0	Fallado	

Fuente. Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimento flexibles. (Jugo, 2005)

Nota. Esta tabla es una adaptación de la figura 3-a, de la pág. 6, de dicho manual.

A continuación, se desarrollará la definición de los niveles de intervención y que aspectos contemplan los mismos.

2.2.10.1 Mantenimiento

Según Jugo (2005), existen diferentes tipos de mantenimiento de acuerdo a la condición del pavimento. A continuación se describe:

- a) Mantenimiento menor:** Este tipo de mantenimiento contempla actividades destinadas a corregir los daños superficiales de regiones pequeñas y fallas

localizadas, mediante el sellado de grietas y nivelación superficial, todo ello con la finalidad de reducir el ratio de deterioro de la vía. (Jugo, 2005)

- b) Mantenimiento rutinario:** Al igual que un mantenimiento menor, el rutinario también corrige fallas localizadas, a diferencia que esta abarca mayores actividades tales como: limpieza en general de todos los componentes de la vía, reparación de los elementos de seguridad, perfilado, roce y la eliminación de derrumbes de pequeña extensión que poco o nada afectan el tránsito en la vía (Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Perú, 2013)
- c) Mantenimiento periódico:** A diferencia de las anteriores, el mantenimiento periódico se ejecuta cada cierto número de años, la finalidad de este mantenimiento es recuperar las condiciones de servicio de la vía, las mismas que están referidas a la reparación o reconstrucción puntual de las fallas que afectan las capas interiores del pavimento, de la plataforma de la vía y de las obras de drenaje. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Perú, 2013)

2.2.10.2 Rehabilitación

Es la reparación selectiva y de refuerzo estructural de una sección de pavimento que se encuentra en mal estado (previa remoción de la misma). La rehabilitación tiene como finalidad restaurar las condiciones originales de la vía y adecuarla a su nuevo periodo de servicio. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Perú, 2013).

2.2.10.3 Reconstrucción

Es la sustitución completa del paquete estructural del pavimento, con previa remoción de la vía existente. La finalidad de esta labor es reparar las secuelas provocadas por el descuido prolongado y se ejecuta cuando la rehabilitación ya no responde a las exigencias mínimas requeridas para el buen funcionamiento del pavimento. Asimismo, la reconstrucción podría deberse principalmente a dos razones: ausencia de un esquema sano de conservación y deficiente sistema de construcción. (Schiessler & Bull, 1992).

Descripción detallada de las actividades de reparación

- a) Sellado de grietas:** Consiste en la limpieza de las fisuras y posterior sellado con el ligante asfáltico, con la finalidad de evitar el ingreso de agua y otros

residuos a las capas interiores del pavimento flexible. Se aplica especialmente a las fisuras longitudinales, transversales, de reflexión y en bloque. Su unidad de medida es metro lineal. (Jugo, 2005). Ver figura 46



Figura 46. Sellado de grietas

Fuente. (Laboratorio y Topografía S.A, 2018)

- b) Sellado asfáltico localizado:** Se refiere a la aplicación de un sello asfáltico sobre regiones puntuales que se encuentren dentro de los 300.0 m² de área dañada. Asimismo, este tipo de sellado es pertinente para pavimentos avejentados o que presenten fisuras y/o pérdida de agregados. Su unidad de medida es en metros cuadrados (m²). (Jugo, 2005). Ver figura 47



Figura 47. Sello asfáltico superficial localizado

Fuente. YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=0lglbPQj824>, 2018)

- c) Bacheo:** Las labores de bacheo son las fallas más habituales en la reparación de fallas localizadas en pavimentos. El bacheo es la eliminación y sustitución de una sección de pavimento gravemente dañada, las mismas que se

efectúan con la finalidad de reparar fallas cuyo origen se da en la estructura del pavimento, exteriorizadas como fisuras piel de cocodrilo con niveles altos de severidad, ahuellamiento profundo, fisuras parabólicas y hundimientos muy evidentes, etc. Esta actividad se mide en m². (Jugo, 2005). Ver figura 48



Figura 48. Trabajos de bacheo

Fuente. Youtube (<https://www.youtube.com/watch?v=Zr3lsTgEmbs>, 2018)

Según Jugo (2005), existen 4 tipos de bacheo

- c.1 Bacheo de emergencia:** Son aquellas actividades que consisten en el relleno de hoyos con mezclas asfálticas en frío o en caliente y se efectúan sin ningún tipo de planificación.
- c.2 Bacheo de superficie:** Para este tipo de bacheo, no es necesario la sustracción del pavimento, debido a que las fallas que se presentan afectan solo la capa superficial, como son fisuras y hundimientos pequeños. La actividad comprende: limpieza del área afectada, luego se extiende el ligante asfáltico y finalmente se compacta la mezcla con un espesor máximo de 4.0 cm.
- c.3 Bacheo de carpeta:** Considera la eliminación parcial o total de la carpeta asfáltica en la parte dañada. El bacheo de carpeta consiste en la aplicación de un riego de adherencia, en algunas situaciones puede suprimirse a criterio del responsable de la obra, luego rellenar con mezcla asfáltica previamente preparada para la reposición y finalmente compactar para obtener una superficie perfilada.

c.4 Bacheo profundo: Consiste en la eliminación y sustitución de la capa superficial, de la base, subbase o la subrasante, las cuales se efectuarán siempre en cuando no exista una superficie de apoyo consolidado.

Nota: Al momento de terminar con los trabajos de bacheo, es importante que estos estén bien nivelados al ras de la carretera, para evitar molestias en el tránsito presente y futuro, asimismo, es sumamente recomendable usar equipos de compactación ya que son mucho más efectivos que los equipos manuales.

d) Nivelación localizada: Es apropiada para reparar fallas de mediana severidad tales como: depresiones, corrugaciones, hundimientos, etc. El procedimiento consiste en el barrido y aplicación de la liga asfáltica sobre la superficie a intervenir, luego se extiende de forma manual o con apoyo de equipos de construcción tales como: minicargadores o motoniveladoras, de acuerdo a las necesidades de cada obra y por último compactar la mezcla con el rodillo liso hasta lograr una densificación apropiada. Se asemeja al bacheo superficial. (Jugo, 2005).

e) Capa de refuerzo estructural: Una vía necesita de refuerzo estructural cuando las cargas de diseño difieren de las cargas soportadas. La construcción de estas capas se realiza en función a las características del pavimento, generalmente tienen espesores entre 4.0 cm a 6.0 cm., y en ciertos casos excepcionales el espesor puede llegar hasta 10.0 cm, dependiendo de la calidad de las capas del pavimento. Su unidad de medida es en toneladas. (Jugo, 2005).

f) Remoción por fresado: Esta actividad es una excelente alternativa para evitar algunos problemas que se presentan al colocar las capas asfálticas, principalmente en vías urbanas. Su empleo es conveniente para perfilar superficies hondonadas, remover abultamientos y hundimientos o disminuir el ahuellamiento previas a la ejecución de otros trabajos referidos a la conservación del pavimento. (Jugo, 2005).

2.3. Definición de términos básicos

En este apartado en específico, se precisaran los términos básicos más importantes empleados en la elaboración de la presente tesis, para lo cual se hará una breve definición de cada una de ellas para un mejor entendimiento y su correcta aplicación de las mismas.

- **Concreto asfáltico:** Es una mezcla de cemento asfáltico (derivado del petróleo), polvo de piedra, arena y piedra de 5 mm a 10 mm y de 10.1 mm a 14 mm. La proporción de los componentes se dan según el uso, pero generalmente los tres últimos elementos ocupan el 95%. Todos estos elementos se envían a la mezcladora hasta obtener una pasta homogénea, luego se esparce sobre la carretera y finalmente se compacta hasta obtener una superficie sólida.
- **Categoría de la condición del pavimento:** Es la clasificación cualitativa con el que se califica la condición superficial y estructural del pavimento, en base al resultado obtenido del PCI. Dicha clasificación va desde fallado hasta pavimento en condición excelente. Ver figura 39.
- **Densidad:** Es el porcentaje obtenido de la división de la cantidad total de cada falla entre el área de la unidad de muestreo multiplicado por 100.
- **Fallas en los pavimentos:** Son manifestaciones externas del detrimento de la vía, causado por diversos factores entre los que destacan: calidad pobre de los materiales, clima, tráfico deficiencias en el diseño y el mantenimiento inadecuado e inoportuno, entre otros.
- **Fallas típicas:** Son grietas, hoyos, deformaciones y desgaste de la capa superficial del pavimento flexible.
- **Índice de condición del Pavimento (PCI):** Calificación numérica del estado situacional del pavimento flexible que va desde 0 hasta 100, siendo cero (0) para un pavimento en pésimas condiciones “fallado” y cien (100) para un pavimento en excelentes condiciones. Ver figura 39.

- **Muestra al azar:** Se utilizan cuando la cantidad mínima de unidades a ser inspeccionados en una sección de pavimento es mayor que la cantidad total de unidades de muestreo.
- **Muestra adicional:** Se utilizan muestras adicionales generalmente cuando se han obtenido resultados netamente de pavimentos fallados o excelentes en todas las unidades de muestreo, lo cual es inusual en este tipo de inspecciones
- **Sección de pavimento:** Es una región de pavimento que se caracteriza por poseer homogeneidad de condición, diseño, historia y tráfico.
- **Red de pavimento:** Constituido por un conjunto de vías de forma contigua, el cual desempeña una función en particular y es administrado por una sola institución.
- **Tramo de pavimento:** Forma parte de la red de pavimentos, que se puede identificar según sus características y funcionamiento, como por ejemplo: una avenida, calle, jirón, etc.
- **Unidad de muestra de pavimento:** Es la subdivisión de una sección de pavimento cuyo tamaño preestablecido varía entre 90.0 m² a 230.0 m², si la unidad de muestreo no puede estar dentro de estos límites acomodar a las condiciones de campo.
- **Valor Deducido – DV:** Es un valor obtenido de la densidad de cada tipo falla con su respectivo nivel de severidad, llevado al ábaco “curva de valor deducido”, de ahí se obtiene el valor deducido. Ver apéndice B.
- **Valor Deducido Total – CDT:** Es la suma de todos los valores deducidos individuales por unidad de muestreo, dónde es necesario determinar “q”:
- **Valor Deducido Corregido – CDV:** Corrección del CDT interpolándolo con el número “q” para cada unidad de muestreo en la curva de “Corrección del Valor Deducido”. Ver apéndice A

Las avenidas en mención son vías de doble sentido. El primer sentido inicia en la dirección Abancay – Lima (flecha roja), y la segunda en la dirección Lima – Abancay (flecha azul). Ver figura 49.

La Av. Venezuela es un pavimento que tiene más de 25 años, mientras que la Av. Panamericana aproximadamente 18 años de antigüedad, según información verbal de la Oficina de Mantenimiento de la Sub Gerencia de Obras de la Municipalidad de Abancay. Asimismo, se pudo observar que solo por ciertos tramos de la Av. Venezuela existen obras de drenaje (cuneta) que se encuentra por un solo lado de la vía en la dirección Abancay - Lima, dicha cuneta se encuentra en malas condiciones, sin limpieza, ni mantenimiento; mientras que la Av. Panamericana si cuenta con sistema de drenaje en ambos extremos de la calzada, se podría decir que funciona adecuadamente.

Es importante mencionar que las dos avenidas no cuentan con señalizaciones tanto verticales como horizontales, es decir, por ejemplo: los nombres de las avenidas, zonas de alta tránsito, división de carriles, pase peatonal, señalización del sentido de las vías, ancho de calzada, entre otras.

La inspección se inicia con la Av. Venezuela y finaliza en la Av. Panamericana de acuerdo al siguiente detalle:

La Av. Venezuela inicia en el pasaje Estados Unidos y termina en la Av. Canadá, todo este trayecto fue inspeccionado. En el caso de la Av. Panamericana se inspeccionó solo un cierto tramo que comprende Av. Canadá (inicio) hasta el pasaje Simón Bolívar. Es importante precisar que esta avenida tiene un trayecto mucho más amplio que comprende Av. Canadá hasta la Comisaría de Bellavista haciendo en total 1.8 km de longitud, lo cual es cuantioso para los recursos y disponibilidad de la tesista. Es por ello que se eligió el trayecto antes mencionado, por ser representativo y estar en la zona donde más población urbana alrededor existe.

En resumen, el estudio se inicia en el Pje. Estados Unidos y finaliza en el Pje. Simón Bolívar, haciendo un total de 1104 metros lineales de pavimentación, constituido por 575 ml de la Av. Venezuela y 529 ml por la Av. Panamericana en el tramo antes indicado. La distribución de las longitudes y los detalles, se muestran en el anexo F “Plano en Planta P – 02”.

3.1.2. Antecedentes

En este punto, se hará mención a los trabajos de mantenimiento y/o reparación ejecutados, en las avenidas Venezuela y Panamericana de la ciudad de Abancay, previas a la inspección visual.

- a) Se tiene información que en la Av. Venezuela, se ejecutó una obra en el mes de marzo del 2018, denominada “Conservación y Mantenimiento de Pavimento Flexible en Vía Urbana Av. Venezuela, tramo entre el pasaje Estados Unidos y Av. Canadá, Centro Poblado Las Américas, distrito de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac”, con un costo de S/.75,255.80 soles. Ver apéndice C.

El objetivo central de esta obra ha sido mejorar la circulación y ofrecer un adecuado tránsito vehicular, mediante un conjunto de actividades dirigidas al parchado y/o bacheo profundo de la vía, lo cual ayudará a la conservación de los vehículos y mejorar la calidad de vida y garantizar el bienestar de los usuarios.

Los trabajos desarrollados en la obra fueron:

- Actividades de limpieza y nivelación del terreno a intervenir.
 - Corte de pavimento flexible existente con presencia de fallas, mediante el corte en frío parcial de la capa superficial, de acuerdo a los alineamientos, cotas y dimensiones de las 50 áreas identificadas en todo el tramo.
 - Se hizo el parchado en cada área del pavimento flexible con asfalto en frío de e=2”, previo barrido con cemento asfáltico y colocación de base consolidada (agregados granulares y finos cuyo espesor oscila hasta 0.20 metros).
- b) En el caso de la Av. Panamericana por referencia de algunos trabajadores de la Municipalidad de Abancay, se conoce que en el año 2000 la Empresa Consultora INGEPET PROJECT, tenía a su cargo la construcción de la carretera Chalhuanca – Abancay, quién en colaboración interinstitucional con la Municipalidad Provincial de Abancay, construyó hasta la intersección Av. Canadá con Av. Panamericana. Es importante mencionar que desde el término

de su construcción hasta la fecha, esta vía aún no ha sido intervenida por la Municipalidad Provincial de Abancay, ni por otra institución.

3.1.3. Importancia de las vías en estudio

Se optó por evaluar las avenidas Venezuela y Panamericana del centro poblado Las Américas, por ser vías de gran importancia para este sector y para la ciudad de Abancay, debido a que se encuentra en una zona de economía dinámica que contribuye al desarrollo económico y social para la ciudad de Abancay, los mismos que se encuentran en medio de importantes instituciones, tales como: el Centro Educativo Inicial Nuestra Señora de Guadalupe, la sede del Hospital II de Abancay (Essalud), Clínicas de Salud, el mercado mayorista de productos agrícolas, estadio El Olivo, la capilla Guadalupe, talleres de mecánica automotriz, almacenes y tiendas comerciales (mayoristas y minoristas), entre otros. Asimismo, dichas avenidas dan el ingreso al casco urbano de la ciudad de Abancay y están en la ruta Abancay – Lima – Abancay. Es preciso mencionar, que estas avenidas se caracterizan por presentar un alto índice de tránsito vehicular y la aplicación del método PCI para el cálculo del índice de condición del pavimento en la Av. Venezuela y Av. Panamericana se aprovecha perfectamente, por presentar diversas fallas en los pavimentos.

3.1.4. Características del tránsito

Todo pavimento debe ser diseñado para soportar determinadas cargas de tránsito, de manera que los esfuerzos que genera el tráfico vehicular sobre el pavimento genere solo daños menores en el paquete estructural y pueda ser reparado sin mayor costo. Sin embargo, en algunas ocasiones, la carga de diseño difiere de las cargas de tránsito (diferentes tipos de vehículos), ocasionando daños permanentes, que perjudican el correcto funcionamiento de la vía. Razón por la cual, es importante realizar un estudio de tránsito vehicular con la finalidad de reconocer los tipos de vehículos que transitaran por una determinada vía.

Es por ello que se pudo observar que por la Av. Venezuela y Av. Panamericana circulan todo tipo de vehículos desde livianos (pasajeros): motos, moto taxis, autos, camionetas, microbús, minibús y buses interprovinciales; así como también vehículos de carga pesada (camiones, tráileres, furgonetas, camión-remolque, etc.) y maquinarias de construcción (tractores, moto niveladora, palas mecánicas, compactadoras, mezcladoras, etc.). Ver figura 50 y 51.



Figura 50. Tránsito vehicular en la Av. Venezuela

Fuente. Elaboración propia



Figura 51. Tránsito vehicular en la Av. Panamericana

Fuente. Elaboración propia

Como se pudo observar en las figuras 50 y 51, por dichas avenidas transitan todo tipo de vehículos. Imprudentemente los vehículos de carga pesada siguen usando estas avenidas como medio de transporte. La Municipalidad Provincial de Abancay a través de la Ordenanza Municipal N° 14-2015-CM-MPA, del 24 de julio del 2015, ha prohibido terminantemente el ingreso de vehículos de carga pesada que superen las 12 toneladas al casco urbano de la ciudad de Abancay como es el caso de la Av. Venezuela y Av. Panamericana y se ha dispuesto que usen la vía de evitamiento como medio de circulación, pero hacen caso omiso a estas advertencias.

Cabe indicar que estos vehículos de carga pesada son los que mayormente ejercen presión sobre el pavimento contribuyendo de esta manera con el deterioro de las avenidas en estudio.

El tráfico vehicular que recorre la red de pavimentos es constante y de alto tránsito, es decir no existe diferencias significativas en ambos sentidos de la vía. Entonces, en los 1104.00 metros lineales que conforma la red de pavimento se puede deducir que el tránsito es el mismo.

3.2. Aplicación del método PCI

A continuación, se aplicará el método PCI en las avenidas Venezuela y Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar), basado en los parámetros definidos por la norma internacional ASTM D 6433-07 “Procedimiento estándar para la Inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos”.

3.2.1. Muestreo y unidades de muestreo

En este punto se mostrará el procedimiento realizado para obtener la cantidad de las unidades de muestreo que se inspeccionaran, tal como definió en el punto 2.2.9.5 y que se detalla a continuación.

3.2.1.1 Identificar los tramos de estudio.

Se identificó dos tramos en la red de pavimento (ver figura 52), por ser diferentes avenidas, los cuales se detallan a continuación:

- El tramo 1, es la Av. Venezuela cuya longitud es de 529.00 metros lineales iniciando en el pasaje Estados Unidos y finalizando en la avenida Canadá.

- El tramo 2, es la Av. Panamericana, cuya longitud es de 529.0 ml de pavimento flexible, como se explicó en el punto 3.1.1 esta avenida solo se analizó entre el trayecto Av. Canadá (inicio) hasta el pasaje Simón Bolívar (fin).

Como criterio adicional se ha tomado también para la identificación de los tramos la edad de las avenidas, es decir cada avenida tiene diferentes edades de tiempo de vida. La Av. Panamericana tiene una edad aproximada de 18 años; mientras que la Av. Venezuela más de 25 años de antigüedad.

Los tramos con sus longitudes, se encuentra detalladamente en el anexo F en el “Plano en Planta P-02”, pero como ejemplo ilustrativo se muestra en la figura 53.

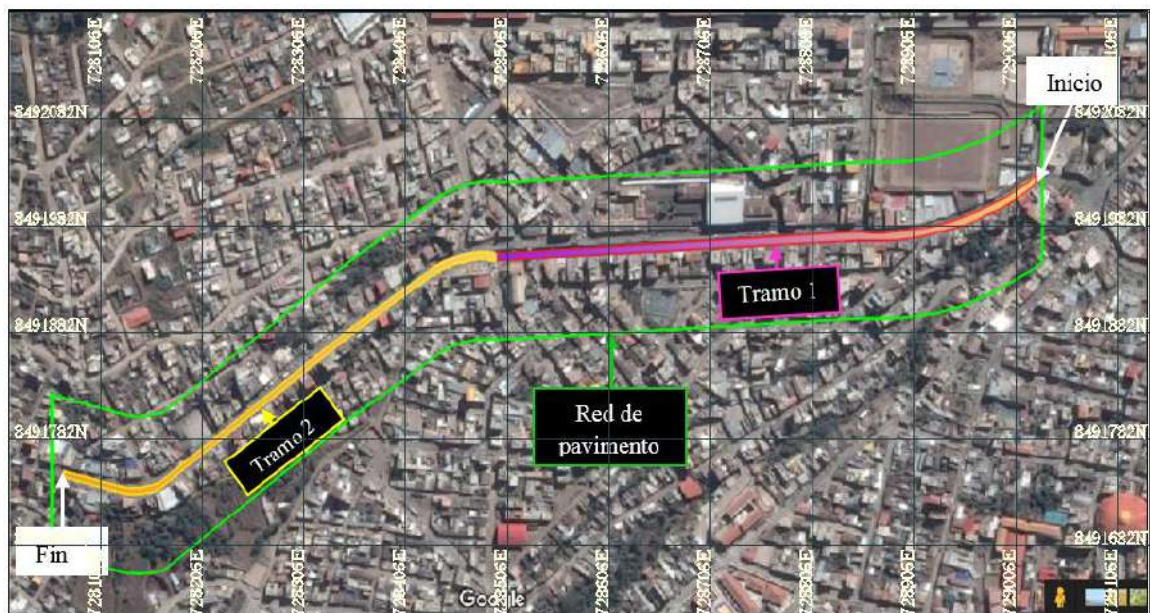


Figura 52. Distribución de la red de pavimento, en tramos.

Fuente. Adaptación de Google Maps (2018)

3.2.1.2 Dividir los tramos en secciones.

El tramo 1, es la Av. Venezuela, el cual fue dividido en 3 secciones, debido a que esta avenida presenta diferentes anchos de calzada (ancho de vía), para lo cual se toma como criterio el diseño del pavimento. Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú en su “Manual de Diseño de Carreteras en Vías Urbanas, 2008”, el ancho de vía es considerado para el diseño geométrico de la vía, y este a su vez es uno de los componentes del diseño de pavimento. Aunque esta tesis no abarca diseño de vías, fue necesario mencionar ese punto en específico por ser necesario.

Con referencia a otros criterios como: tráfico, historia de construcción y condición, no fueron tomados en cuenta, puesto que no presenta variaciones significativas de tránsito, este punto fue desarrollado en el numeral 3.1.4. Con respecto a la historia de construcción solo se tiene referencia de la antigüedad de la vía y a cerca de la condición del pavimento, esta no puede distinguirse una de otra como para poder separarlas en secciones, es por ello que estos criterios no son considerados en la división del tramo 1 en secciones.

El tramo 2, es la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar), presenta un solo ancho de vía en toda su longitud, una misma edad y condición, tomando estos criterios ya no fue necesario realizar ninguna división, considerándose una sola, a la que denominamos sección 4.

En la figura 53, se observa la distribución de las secciones en los dos tramos, la sección 1 (azul), 2 (amarillo) y 3 (verde) pertenecen al tramo 1, mientras que la sección 4 (púrpura) es el tramo 2.



Figura 53. Distribución de los tramos en secciones

Fuente. Elaboración propia

Descripción de las secciones

Sección 1

La sección 1, tiene una longitud de 184.0 ml y un ancho de vía de 10.0 ml, el cual inicia en el pasaje Estados Unidos y termina en la Av. Panamá. Esta sección no

presenta sistema de drenaje y se observó la presencia de un buzón del sistema de alcantarillado en medio de la vía, también cuenta con bermas y veredas a los lados laterales de la calzada.

En la figura 54, se observa la transición de secciones de 1 a 2 que ocurre en el inicio de la intersección Av. Venezuela con Av. Panamá.

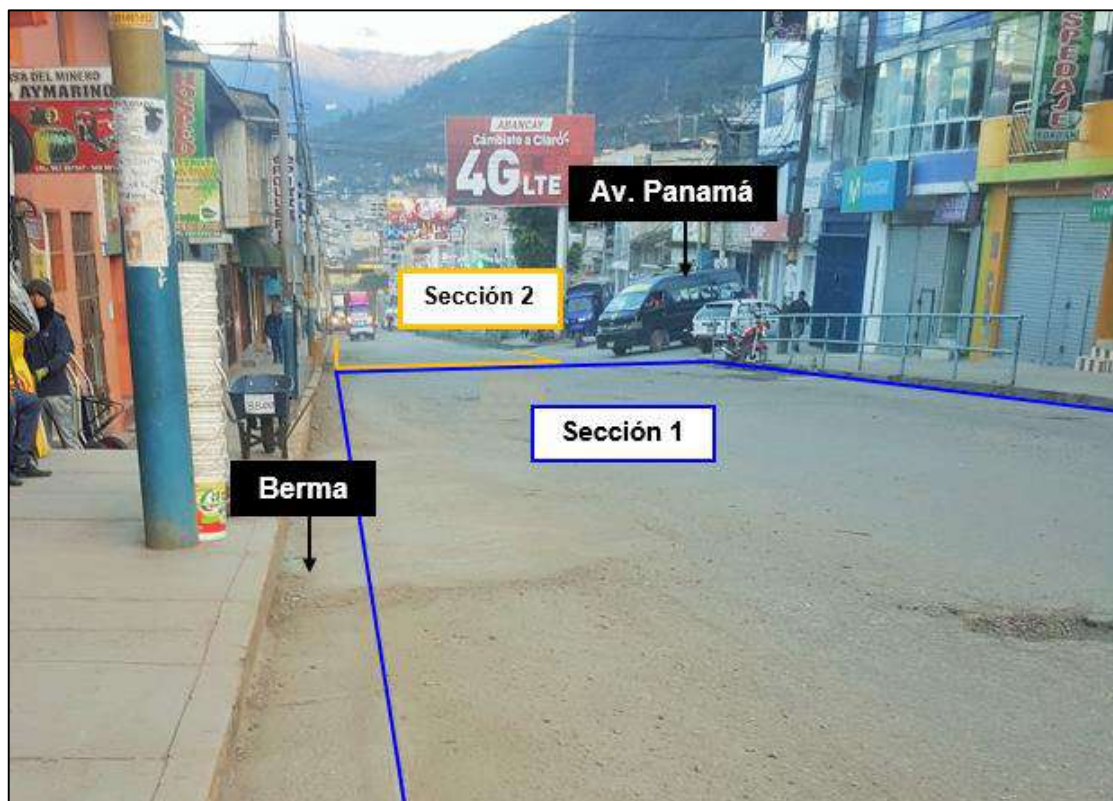


Figura 54. Transición en el tramo 1, de sección 1 a 2

Fuente. Elaboración propia

Sección 2

Tiene una longitud de 354 ml y un ancho de calzada de 7.40 ml, que comprende el trayecto Av. Panamá hasta Jr. Ecuador. Esta sección a lo largo de su longitud presenta una cuneta que se encuentra por el sentido Abancay - Lima, además se observó berma y vereda solo por el sentido Lima - Abancay. Es preciso mencionar que esta sección se encuentra atravesada por una región de pavimento rígido y flexible, es decir, un lado de la vía está construido con pavimento flexible y el otro con pavimento rígido. Asimismo, contigua a esta región hay un sector construido netamente con pavimento rígido (Ver figura 55), estos últimos no fueron considerados en la inspección de campo, pues esta tesis abarca netamente pavimentos flexibles. Entonces esta sección tiene 303.5 ml de pavimento flexible.



Figura 55. Área delimitada de amarillo, es pavimento rígido y flexible no considerado
Fuente. Elaboración propia

Sección 3

La sección 3, tiene una longitud de 37.0 ml y un ancho de vía de 8.00 ml. Al igual que la sección 2, esta presenta una cuneta a lo largo de su longitud por el lado derecho en el sentido Abancay – Lima. Asimismo, esta avenida cuenta con berma y vereda solo por el lado izquierdo en el sentido Lima – Abancay. Como punto de inicio es el Jr. Ecuador hasta la Av. Canadá.

La figura 56, muestra la transición de la sección 2 a 3, este cambio sucede en la intersección Av. Venezuela con el Jr. Ecuador

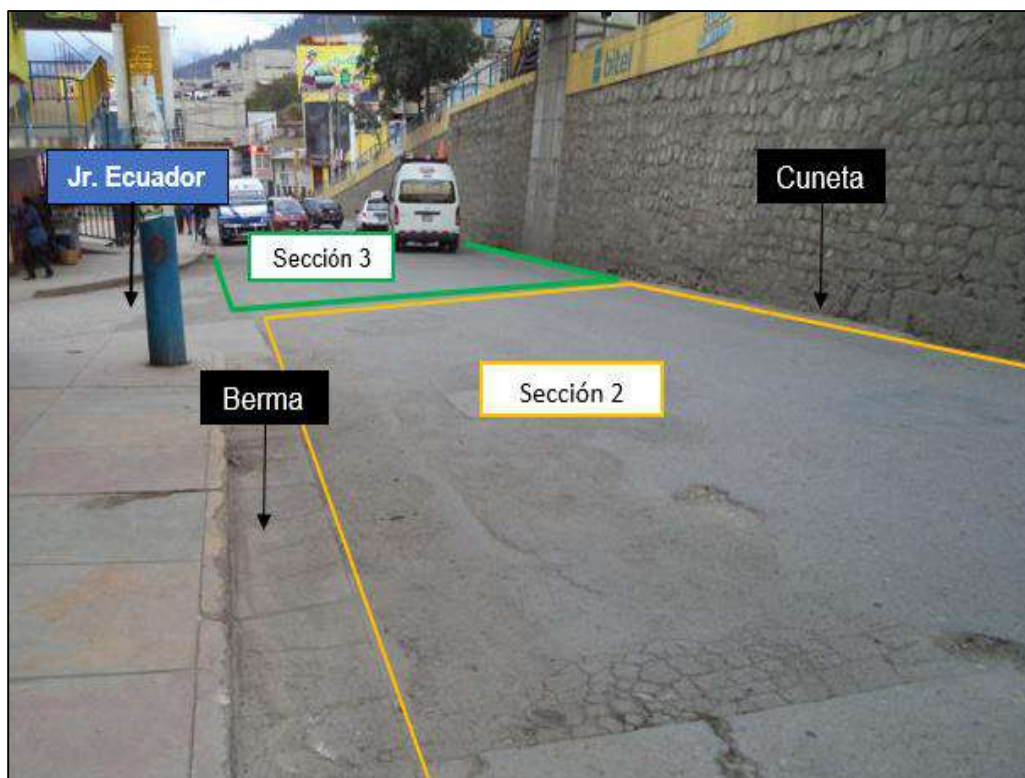


Figura 56. Transición en el tramo 1, de sección 2 a 3
Fuente. Elaboración propia

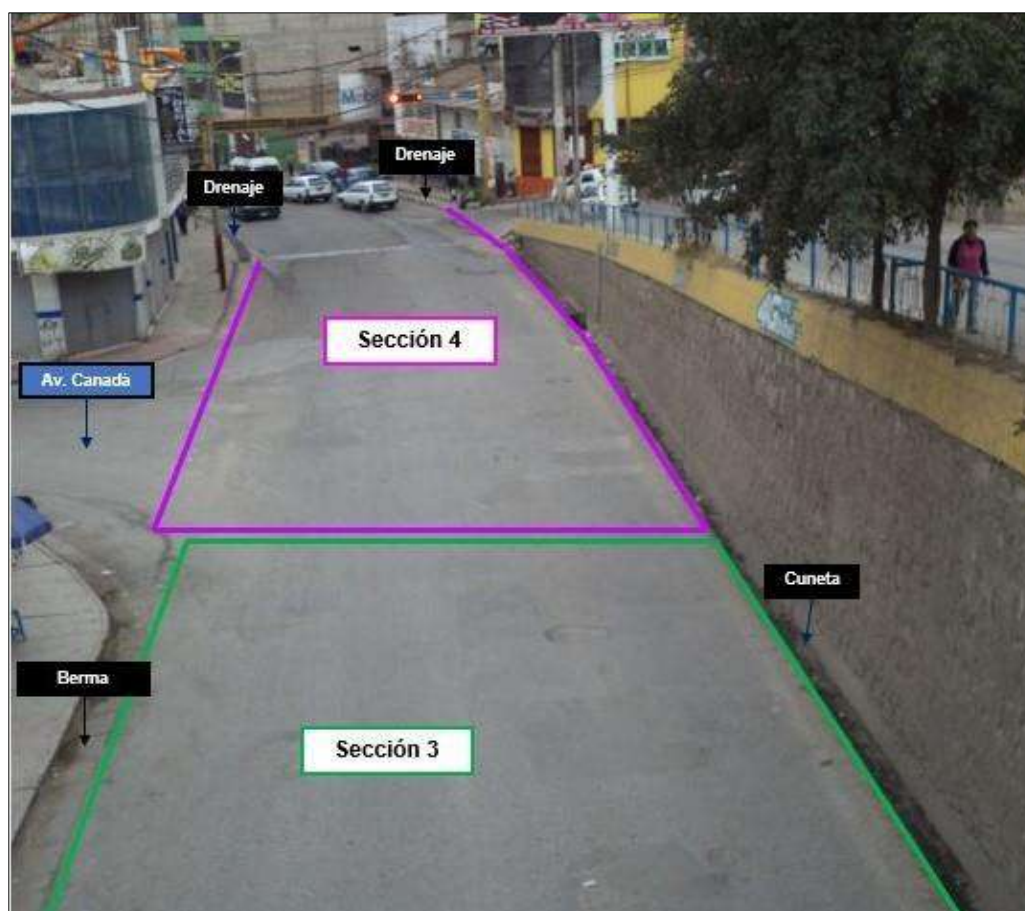


Figura 57. Transición del tramo de 1 a 2 y sección de 3 a 4
Fuente. Elaboración propia

Sección 4:

La sección 4 es el tramo 2 y a su vez es la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) cuenta con sistema de drenaje en los lados laterales de vía, así como también bermas y veredas, tiene una longitud de 529 y un ancho de vía de 10.00 ml. En todas las secciones no hay señales de tránsito tanto horizontal como vertical, a excepción del semáforo que se ubica en la intersección Av. Panamericana con Av. Benigno la Torre.

En la figura 57, se muestra la transición del tramo 1 a 2 y por ende la sección de 3 a 4 y, esto ocurre en la intersección Av. Venezuela con la Av. Canadá

3.2.1.3 Dividir las secciones en unidades de muestreo

Las unidades de muestreo fueron determinadas en base al rango de 90.0 m² a 230.0 m² de superficie de pavimento, para ello fue necesario aplicar la ecuación 1 de la norma ASTM D 6433-07, desarrollado específicamente en el numeral 2.2.9.5. Sin embargo, nuevamente se mencionará:

La cantidad de unidades de muestreo, fue calculada tomando en consideración el ancho de vía y no por carril, debido a que no están señalizadas. Además para mayor facilidad de muestreo se optó por esta medida.

$$N = \frac{\text{Longitud sección}}{\text{longitud UM}} \quad \text{Ecuación 1}$$

a) Cálculo de las unidades de muestreo

Av. Venezuela (tramo 1, 524.50 ml de pavimento flexible)

Sección 1:	Longitud	:	184.0	ml
	Ancho calzada	:	10.0	ml
	Longitud UM	:	23.0	ml
	Área	:	230.0	m ²

$$N = \frac{184.00}{23.00} = 8 \text{ unidades de muestra (UM)}$$

Sección 2:	Longitud	:	303.5	ml
	Ancho calzada	:	7.4	ml
	Longitud UM	:	31.0	ml
	Área	:	229.4	m2

$$N = \frac{341.00}{31.00} = 9.80 = 10 \text{ UM}$$

En esta sección hay 9 unidades de muestra de 229.40 m2 y una de 181.30 m2

Sección 3:	Longitud	:	37.0	ml
	Ancho calzada	:	8.0	ml
	Longitud UM	:	18.5	ml
	Área	:	148.0	m2

$$N = \frac{37.00}{18.50} = 2 \text{ UM}$$

La sección 3 tiene únicamente dos unidades de muestreo con una área cada uno de 148.0 m2, el cual está en el rango 90.0 a 230.0 m2, tal como lo estipula la norma internacional ASTM D 6433-07.

Av. Panamericana (tramo 2, 529.0 ml)

Sección 4:	Longitud	:	529.0	ml
	Ancho calzada	:	10.0	ml
	Longitud UM	:	23.0	ml
	Área	:	230.0	m2

$$N = \frac{529.0}{23.0} = 23 \text{ unidades de muestra}$$

En resumen, se tiene 20 unidades de muestreo para la Av. Venezuela y 23 para la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar), **haciendo un total de 43 unidades de muestreo.**

b) Determinar la cantidad mínima de unidades de muestreo a inspeccionar

Este paso se realiza netamente, cuando existe gran cantidad de unidades de muestreo a inspeccionar, el cual no es este caso, pero como ejemplo demostrativo se

efectuarán los cálculos aplicando la ecuación 2, tomando como $e=3$, $s=10$. Es importante mencionar que este punto fue desarrollado en el numeral 2.2.9.5

$$n = \frac{N \times s^2}{\left(\frac{e^2}{4}\right)(N-1) + s^2} \quad \text{Ecuación 2}$$

Av. Venezuela

$$\text{Sección 1} \quad n = \frac{8 \times 10^2}{\left(\frac{3^2}{4}\right)(8-1) + 10^2} = 6.91 = 7 \text{ UM}$$

$$\text{Sección 2} \quad n = \frac{10 \times 10^2}{\left(\frac{3^2}{4}\right)(10-1) + 10^2} = 8.31 = 9 \text{ UM}$$

$$\text{Sección 3} \quad n = \frac{2 \times 10^2}{\left(\frac{3^2}{4}\right)(2-1) + 10^2} = 1.96 = 2 \text{ UM}$$

Av. Panamericana

$$\text{Sección 4} \quad n = \frac{23 \times 10^2}{\left(\frac{3^2}{4}\right)(23-1) + 10^2} = 15.38 = 16 \text{ UM}$$

Como se puede apreciar en los cálculos realizados, todas las unidades de muestreo se han reducido en cantidad. Para nuestro caso, se inspeccionaran las 43 unidades de muestreo inicialmente calculados, entonces no será necesario calcular el intervalo de muestras (ecuación 4) a ser inspeccionadas.

c) Elección de unidades de muestreo adicionales

No se tomó en cuenta unidades de muestreo adicionales, ya que se inspeccionó las 43 unidades de muestreo en su totalidad, además se está trabajando estadísticamente con un 95% de confiabilidad según lo indica la norma internacional ASTM D 6433-07.

3.2.2. Procedimiento de inspección en campo.

El trabajo de campo se ha ejecutado los primeros 20 días del mes de agosto del 2018. La cuadrilla estuvo compuesta por dos personas: la tesista y un ayudante. Asimismo, para cumplir con las actividades en campo fue necesario contar con las herramientas necesarias tales como: plano de ubicación y distribución de la red de pavimento en estudio, odómetro manual, flexómetro de 5.00 m, hoja de inspección de campo, cámara fotográfica, escalímetro, conos de seguridad, tablero, pintura e implementos de seguridad.

Y para iniciar con el procedimiento de trabajo en campo (inspección de la red de pavimento), se realizó de la siguiente manera:

1. Se inspeccionó individualmente cada una de las 43 unidades de muestreo que conforman la red de pavimento.
2. Luego en la hoja de inspección del PCI, se registró la sección, unidad de muestra (enumeradas del 1 al 43), nombre del inspector, de la vía.
3. Seguidamente con el odómetro manual se inició a delimitar el tamaño de la unidad de muestra en el pavimento, es decir, 23.0 ml de longitud por 10.0 ml de ancho de vía, teniendo una área de 230.0 m². Continuación a ello, se marcó en el pavimento flexible la unidad de muestra UM 01. Ver figura 58



Figura 58. Delimitando la unidad de muestra con el odómetro manual

Fuente. Elaboración propia

4. Y finalmente se registró las fallas, identificando el tipo y nivel de severidad de cada una de ellas. Dicho procedimiento se llevó a cabo recorriendo el área de la unidad de muestreo (primero por el lado derecho y luego por el izquierdo. Los tipos de fallas y los niveles de severidad en pavimentos flexibles se detalló en el numeral 2.2.8
5. Repetir los mismos pasos para cada unidad de muestreo a ser inspeccionado.

3.2.3. Determinación PCI de las unidades de muestreo

A continuación se expone y presenta la información obtenida en campo mediante la inspección visual para la identificación de las fallas presentes en la Av. Venezuela (tramo 1) y Av. Panamericana (tramo 2) en el trayecto inspeccionado (Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar). Asimismo, se presenta el procedimiento seguido para obtener el índice de condición de pavimento del tramo, sección y unidad de muestreo inspeccionado. Las hojas de inspección de campo se encuentran en el anexo B y C y, las fotografías de las fallas identificadas en la red de pavimento, en el anexo D y E.

3.2.3.1 PCI unidades de muestreo (Av. Venezuela)

Sección 1

Unidad de muestra UM 01

La unidad de muestra UM 01, es parte a la sección 1, tramo 1 (Av. Venezuela) y posee 230 m². Las fallas encontradas fueron: depresión, baches, ahuellamiento e hinchamiento de mediana severidad. Asimismo se registró dos niveles de severidad bajo y medio en fisuras longitudinales y transversales y dos niveles medio y alto en parches y parches de cortes utilitarios. En referencia a los parches de cortes utilitarios, se observó la presencia de un buzón del sistema de alcantarillado y parches de instalaciones subterráneas. Se registró también agregados pulidos en esta unidad de muestra. La hoja de inspección se encuentra en el ejemplo de la teoría, específicamente en el punto 2.2.9.7

La falla más influyente en el deterioro del pavimento es el desplazamiento de alta severidad, seguida a esta falla se encuentra el ahuellamiento que se extiende en gran tamaño (10.76 m²) por la superficie inspeccionada.

La falla menos influyente es el agregado pulido, a pesar de presentar 35.91 m², su valor deducido es 5 en razón a que es una falla funcional.

Las fallas no influyentes son: la depresión de severidad media y una fisura longitudinal, pues su tamaño es irrisorio frente a toda la unidad de muestra inspeccionada. El valor deducido de ambas fallas es cero.

En la tabla 7, se presenta el cálculo realizado para obtener el máximo valor deducido corregido, posterior a ello, determinar el PCI.

Tabla 7

Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 01

Valor Deducido Corregido (CDV)										
#	Valores deducidos							Total	q	CDV
1	41.0	34.0	29.0	27.0	23.0	12.0	4.2	170.2	7	77
2	41.0	34.0	29.0	27.0	23.0	12.0	2.0	168.0	6	81
3	41.0	34.0	29.0	27.0	23.0	2.0	2.0	158.0	5	80
4	41.0	34.0	29.0	27.0	2.0	2.0	2.0	137.0	4	77
5	41.0	34.0	29.0	2.0	2.0	2.0	2.0	112.0	3	70
6	41.0	34.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	85.0	2	61
7	41.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	53.0	1	53

$$\begin{aligned} \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{81}} \\ \text{PCI} = 100 - \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{19}} \\ \text{Rating} &= \underline{\underline{\text{Muy malo}}} \end{aligned}$$

El máximo valor deducido corregido (CDV) es 81, entonces para obtener el índice de condición del pavimento de esta unidad de muestra, se le resta 100 al máx. CDV, es decir ($100 - 81 = 19$), este resultado nos demuestra que esta sección de pavimento se encuentra en muy malas condiciones, de acuerdo a la norma ASTM D 6433-07. Para las demás unidades de muestreo, se siguió el mismo procedimiento.

Unidad de muestra UM 02

La unidad de muestra UM 02 corresponde a la sección 1, tramo 1 de la Av. Venezuela y tiene una área de 230.0 m². Se encontraron fisuras en bloque e hinchamiento de severidad media y alta respectivamente. Asimismo, se registraron los tres niveles de severidad en baches y dos niveles medio y alto en desprendimiento de agregados. Adicionalmente se observó la presencia de agregados pulidos.

Según los valores deducidos las fallas más influyentes en el deterioro de la unidad de muestra UM 02 son: los dos baches y los desprendimientos de agregados, debido a su alto nivel de severidad, los cuales se presentan en diferentes zonas del pavimento, mientras que, la falla menos influyente es el agregado pulido; sin embargo, puede ser peligroso en épocas de lluvia.

En la tabla 8, se muestra el procedimiento realizado para obtener el máximo valor deducido corregido y su posterior cálculo del PCI.

Tabla 8

Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 02

Valor Deducido Corregido (CDV)									
#	Valores deducidos						Total	q	CDV
1	50.0	44.0	38.0	36.0	12.0	7.1	187.1	6	87
2	50.0	44.0	38.0	36.0	12.0	2.0	182.0	5	89
3	50.0	44.0	38.0	36.0	2.0	2.0	172.0	4	91
4	50.0	44.0	38.0	2.0	2.0	2.0	138.0	3	83
5	50.0	44.0	2.0	2.0	2.0	2.0	102.0	2	71
6	50.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	60.0	1	60

$$\begin{aligned} \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{91}} \\ \text{PCI} = 100 - \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{9}} \\ \text{Rating} &= \underline{\underline{\text{Fallado}}} \end{aligned}$$

El máximo valor deducido corregido (CDV) es 91, obteniendo como resultado un PCI de 9, que califica a esta unidad de muestra como pavimento en pésimas condiciones “fallado”.

Unidad de muestra UM 03

La unidad de muestra UM 03 sigue siendo parte de la sección 1, tramo 1 (Av. Venezuela) y tiene 230.0 m². En esta unidad de muestra no se han encontrado fallas de baja severidad, pero sí de severidad media tales como: piel de cocodrilo, corrugación, depresión, fisuras longitudinales y transversales, parches de cortes utilitarios. Asimismo, se registraron dos niveles (medio y alto) en baches y desprendimiento de agregados.

La falla más influyente en el deterioro de esta unidad, son los baches, debido a su nivel alto de severidad; sigue después, una extensa área de piel de cocodrilo. Por otro

lado, la falla que menos afecta, son las dos regiones pequeñas de desprendimiento de agregados de mediana severidad, según los valores deducidos.

En la tabla 7, se presenta el cálculo realizado para obtener el máximo valor deducido corregido de la unidad de muestreo UM 03, posterior a ello, determinar el índice de condición del pavimento.

Tabla 9

Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 03

Valor Deducido Corregido (CDV)								
#	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	64.0	34.0	30.0	25.0	5.9	158.9	5	81
2	64.0	34.0	30.0	25.0	2.0	155.0	4	85
3	64.0	34.0	30.0	2.0	2.0	132.0	3	80
4	64.0	34.0	2.0	2.0	2.0	104.0	2	73
5	64.0	2.0	2.0	2.0	2.0	72.0	1	72
Máx. CDV								85
PCI = 100 - Máx. CDV								15
Rating								Muy malo

El máximo valor deducido corregido (CDV) es 85, obteniendo como resultado un PCI de 15, que califica esta sección de pavimento en muy mal estado”.

Sección 2

Unidad de muestra UM 09

La unidad de muestra UM 09 tiene 229.40 m² y pertenece a la sección 2 del tramo 1 de la Av. Venezuela. Las fallas identificadas y anotadas con nivel de severidad bajo fueron: fisuras longitudinales y transversales, baches y desplazamientos. Con nivel de severidad medio fueron: piel de cocodrilo, depresión, fisuras en borde, parches, baches, hinchamientos, desprendimiento de agregados y fisuras longitudinales y transversales. Asimismo, se registraron desprendimientos de agregados, fisuras piel de cocodrilo y parches de alta severidad.

La falla que mayor daño genera en esta sección de pavimento es una losa y media de concreto rígido considerados como parches, los cuales se encuentran en pésimas condiciones, ubicándose por el lado derecho de la vía en la dirección Abancay - Lima. Se ha considerado porque forman parte del pavimento flexible por lo que fue necesario

tomar en cuenta, además son menos de dos losas. Seguida a esta falla está la fisura piel de cocodrilo y los tres baches de mediana severidad, localizados en diferentes zonas de esta unidad.

Las fallas que afectaron considerablemente son las fisuras longitudinales y transversales de mediana gravedad y los agregados pulidos por tratarse de fallas funcionales. Los valores deducidos de estas fallas están entre 3 y 6.

Por otro lado, la falla que no afecta el estado del pavimento es una fisura longitudinal y transversal de severidad bajo, pues su tamaño es muy pequeño en comparación a los 230.0 m² de superficie analizada, además su valor deducido lo confirma, ya que es cero (0).

En la tabla 10, se muestra el procedimiento realizado para obtener el máximo valor deducido corregido y su posterior cálculo del PCI.

Tabla 10

Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 09

Valor Deducido Corregido (CDV)										
#	Valores deducidos							Total	q	CDV
1	44.0	40.0	36.0	29.0	28.0	22.0	2.5	201.5	7	82
2	44.0	40.0	36.0	29.0	28.0	22.0	2.0	201.0	6	90
3	44.0	40.0	36.0	29.0	28.0	2.0	2.0	181.0	5	89
4	44.0	40.0	36.0	29.0	2.0	2.0	2.0	155.0	4	85
5	44.0	40.0	36.0	2.0	2.0	2.0	2.0	128.0	3	78
6	44.0	40.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	94.0	2	67
7	44.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	56.0	1	56

$$\text{Máx. CDV} = \underline{\underline{90}}$$

$$\text{PCI} = 100 - \text{Máx. CDV} = \underline{\underline{10}}$$

$$\text{Rating} = \underline{\underline{\text{Fallado}}}$$

De la tabla 10, se tiene que el máximo valor deducido corregido (CDV) es 90, obteniendo como resultado un índice de 9, que considera a esta unidad de muestra como pavimento en pésimas condiciones, es decir, “fallado”.

Unidad de muestra UM 10

La unidad de muestra UM 10 tiene 181.30 m², es parte de la sección 2 al igual que la unidad de muestreo UM 09 del tramo 1 (Av. Venezuela). Es importante mencionar que contigua a esta unidad de muestra (UM 10), hay una región de

pavimento rígido y otra de pavimento rígido y flexible, es decir en una misma región de pavimento se ha construido un lado con concreto rígido y el otro con asfalto. Es preciso mencionar que esta región presenta muchas fallas y está deteriorado. Este sector no fue considerado en la inspección para el registro de fallas por ser otro tipo de pavimento, ya que esta tesis abarca solo pavimentos flexibles. Esta área tiene 181.30 m² porque desde el final de la UM 09 hasta donde inicia el pavimento rígido, se tiene 181.30 de ahí esta área.

En esta unidad de muestra se encontraron fisuras en bloque, parches y parches de cortes utilitarios y baches, todos de mediana severidad. Se registró también dos niveles bajo y medio en piel de cocodrilo, bajo y alto en depresión, de igual forma dos niveles medio y alto en hinchamiento. Adicionalmente se registró agregados pulidos.

Las fallas que mayor impacto negativo genera en esta unidad de muestra son la depresión e hinchamiento por su alta severidad. Asimismo la fisura piel de cocodrilo con severidad media contribuye con este deterioro porque se presenta en tres áreas medianas distribuida en diferentes sectores de la superficie del pavimento. Mientras que las fallas menos influyentes en el detrimento de esta unidad, son las fisuras en bloque de gravedad media y una depresión poco visible. Las fallas que no contribuyen con el deterioro del pavimento es el agregado pulido y un hinchamiento de 1.42 m², el tamaño de estas fallas es despreciable, frente a los 181.30 m² que conforma esta unidad, asimismo, el valor deducido de cada uno de estas fallas es cero.

En la tabla 11, se presenta el cálculo realizado para obtener el máximo valor deducido corregido de la unidad de muestreo UM 10, posterior a ello, determinar el índice de condición del pavimento.

Tabla 11

Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 10

Valor Deducido Corregido (CDV)									
#	Valores deducidos						Total	q	CDV
1	47.0	38.0	33.0	24.0	19.0	12.2	173.2	6	82
2	47.0	38.0	33.0	24.0	19.0	2.0	163.0	5	82
3	47.0	38.0	33.0	24.0	2.0	2.0	146.0	4	81
4	47.0	38.0	33.0	2.0	2.0	2.0	124.0	3	76
5	47.0	38.0	2.0	2.0	2.0	2.0	93.0	2	67
6	47.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	57.0	1	57

$$\begin{aligned}
 \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{82}} \\
 \text{PCI} = 100 - \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{18}} \\
 \text{Rating} &= \underline{\underline{\text{Muy malo}}}
 \end{aligned}$$

El máximo valor deducido corregido (CDV) es 82, obteniendo como resultado un PCI de 15, que califica esta sección de pavimento en muy mal estado”.

Sección 3

Unidad de muestra UM 19

La unidad de muestra UM 19, es parte de la sección 3, tramo 1 (Av. Venezuela), cuya superficie es de 148.0 m². En esta unidad se hallaron parches, baches y ahuellamientos de gravedad baja. Se encontraron también fisuras piel de cocodrilo, corrugación, fisuras en borde y agregados pulidos con severidad media. Asimismo, se registró dos niveles bajo y medio para la falla desprendimiento de agregados.

Siendo la fisura piel de cocodrilo de severidad media, la falla más influyente en el deterioro de esta unidad, debido a sus cinco áreas dispersas sobre la capa superficial. Continúa después los cinco baches de severidad baja, que entorpece la fluidez del tránsito. Asimismo, según los valores deducidos, las fallas menos influyentes son: la corrugación, ahuellamiento, parches y desprendimiento de agregados de severidad bajo y medio. Y la falla que no afecta a esta unidad, es el agregado pulido, gracias a su valor deducido cero (0).

En la tabla 12, se presenta el cálculo realizado para obtener el máximo valor deducido corregido, posterior a ello, determinar el PCI.

Tabla 12

Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 19

Valor Deducido Corregido (CDV)									
#	Valores deducidos						Total	q	CDV
1	55.0	37.0	28.0	27.0	17.0	1.3	165.3	5	83
2	55.0	37.0	28.0	27.0	2.0	1.3	150.3	4	83
3	55.0	37.0	28.0	2.0	2.0	1.3	125.3	3	77
4	55.0	37.0	2.0	2.0	2.0	1.3	99.3	2	70
5	55.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.3	64.3	1	64

$$\begin{aligned} \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{83}} \\ \text{PCI} = 100 - \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{17}} \\ \text{Rating} &= \underline{\underline{\text{Muy malo}}} \end{aligned}$$

De la tabla 12, se tiene que el máximo valor deducido corregido (CDV) es 83, obteniendo como resultado un PCI de 17, que considera a esta unidad de muestra como pavimento en muy mal estado.

Unidad de muestra UM 20

La unidad de muestra UM 20 de 148.0 m², es la última unidad de la sección 3 y por ende del tramo 1 (Av. Venezuela). Las fallas encontradas con nivel severidad bajo fueron: piel de cocodrilo y parches. De severidad medio: fisuras en bloque y ahuellamientos. De severidad alto: parches, agregados pulidos, baches, hinchamientos y desprendimiento de agregados.

La falla que mayor daño ocasiona en la unidad de muestra UM 20 es un bache de alta gravedad, el cual se localiza casi en el medio de la calzada. Mientras que, la falla que afecta considerablemente es la fisura piel de cocodrilo de baja intensidad que se presenta en tres áreas pequeñas, el ahuellamiento y los desprendimientos de agregados que se observan sobre la superficie del pavimento. Y las fallas que no afectan en esta unidad es el hinchamiento de severidad alta, las fisuras en bloque y agregados pulidos, pues su tamaño es insignificante en comparación a la unidad de muestra analizada. Es por ello que su valor deducido está entre 0 y 1.

En la tabla 13, se presenta el cálculo realizado para obtener el máximo valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 20, posterior a ello, determinar el PCI.

Tabla 13

Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 20

Valor Deducido Corregido (CDV)									
#	Valores deducidos						Total	q	CDV
1	45.0	29.0	25.0	24.0	19.0	10.0	152.0	6	74
2	45.0	29.0	25.0	24.0	19.0	2.0	144.0	5	74
3	45.0	29.0	25.0	24.0	2.0	2.0	127.0	4	72
4	45.0	29.0	25.0	2.0	2.0	2.0	105.0	3	66
5	45.0	29.0	2.0	2.0	2.0	2.0	82.0	2	59
6	45.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	55.0	1	55

$$\begin{aligned} \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{74}} \\ \text{PCI} = 100 - \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{26}} \\ \text{Rating} &= \underline{\underline{\text{Malo}}} \end{aligned}$$

De la tabla 13, se tiene que el máximo valor deducido corregido (CDV) es 74, con lo cual se obtuvo como resultado un PCI de 26, que considera a esta unidad de muestra como pavimento en mal estado.

3.2.3.2 PCI unidades de muestreo (Av. Panamericana: tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar)

Sección 4

Unidad de muestra UM 21

La unidad de muestra UM 21, es el inicio de la sección 4, tramo 2 (Av. Panamericana), cuya superficie es 230.0 m². En esta unidad se encontraron los tres niveles de severidad para la falla parche y dos niveles medio y alto para los desprendimientos de agregados. Además se registraron baches de mediana severidad e hinchamientos de alta severidad.

La falla que más afecta al deterioro del pavimento son los tres parches de severidad alto uno de ellos construido de concreto rígido el cual se encuentra en malas condiciones. Luego tenemos dos baches de mediana severidad que se localizan a los lados laterales de la calzada, finalmente los desprendimientos de agregados de alta severidad que se encuentran en tres áreas medianas sobre la superficie.

Las fallas que menos contribuyen con el deterioro de esta unidad son dos parches de mediana y baja severidad y una pequeña área de desprendimiento de agregados uno de estos parches es de concreto rígido, aunque esté en condiciones aceptables su comportamiento frente al pavimento flexible no es el mismo, pues la adherencia entre ambos al inicio puede funcionar, pero con el tiempo empieza a desplazarse y a tener fisuras alrededor del parche.

Por otra parte, las fallas que no influyen en el deterioro de la vía son los dos pequeños hinchamientos de alta severidad y los agregados pulidos, por su valor deducido de ambos que es igual a cero.

A continuación, en la tabla 14, se presenta el cálculo realizado para obtener el máximo valor deducido corregido de la unidad de muestreo UM 21, posterior a ello, determinar su índice de condición del pavimento.

Tabla 14

Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 21

Valor Deducido Corregido (CDV)									
#	Valores deducidos						Total	q	CDV
1	38.0	30.0	20.0	18.0	9.0	5.0	120.0	6	59
2	38.0	30.0	20.0	18.0	9.0	2.0	117.0	5	61
3	38.0	30.0	20.0	18.0	2.0	2.0	110.0	4	63
4	38.0	30.0	20.0	2.0	2.0	2.0	94.0	3	60
5	38.0	30.0	2.0	2.0	2.0	2.0	76.0	2	55
6	38.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	48.0	1	48

$$\begin{aligned} \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{\mathbf{63}}} \\ \text{PCI} = 100 - \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{\mathbf{37}}} \\ \text{Rating} &= \underline{\underline{\mathbf{Malo}}} \end{aligned}$$

El máximo valor deducido corregido es 63, obteniendo como resultado un PCI de 37, que considera a esta unidad de muestra como pavimento en mal estado.

Unidad de muestra UM 22

La unidad de muestra UM 22 de 230.0 m² es parte de la sección 4 y del tramo 2 (Av. Panamericana). Las fallas localizadas con nivel de severidad bajo fueron: depresión, ahuellamiento y desplazamiento. De severidad media: abultamientos y hundimientos, parches de cortes utilitarios y desprendimiento de agregados. Asimismo, se encontraron baches con severidad alta y agregados pulidos. Las fallas más influyentes en el detrimento de esta unidad de muestra son: el ahuellamiento, un parche de corte utilitario (alcantarilla que cruza toda la calzada, entre la intersección Av. Panamericana con Av. Benigno la Torre), y los tres baches (2 severidad media y 1 severidad alto), los cuales hacen que se disminuya la fluidez del tránsito. Las fallas menos influyentes son: el agregado pulido, un desplazamiento y una depresión por su baja gravedad.

En la tabla 15, se presenta el cálculo realizado para obtener el máximo valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 22, posterior a ello, determinar el PCI.

Tabla 15

Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 22

Valor Deducido Corregido (CDV)										
#	Valores deducidos							Total	q	CDV
1	38.0	36.0	23.0	20.0	16.0	15.0	9.7	157.7	7	74
2	38.0	36.0	23.0	20.0	16.0	15.0	2.0	150.0	6	73
3	38.0	36.0	23.0	20.0	16.0	2.0	2.0	137.0	5	71
4	38.0	36.0	23.0	20.0	2.0	2.0	2.0	123.0	4	71
5	38.0	36.0	23.0	2.0	2.0	2.0	2.0	105.0	3	66
6	38.0	36.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	84.0	2	61
7	38.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	50.0	1	50

$$\text{Máx. CDV} = \underline{\underline{\mathbf{74}}}$$

$$\text{PCI} = 100 - \text{Máx. CDV} = \underline{\underline{\mathbf{26}}}$$

$$\text{Rating} = \underline{\underline{\mathbf{Malo}}}$$

De la tabla 15, se tiene que el máximo valor deducido corregido (CDV) es 74, dando como resultado un PCI de 26, que considera a esta unidad de muestra como pavimento en mal estado.

Unidad de muestra UM 23

La unidad de muestra UM 23 de 230.0 m² del tramo 2, sigue perteneciendo a la sección 4, al igual que las unidades 21 y 22. Las fallas encontradas fueron: piel de cocodrilo, parches y parches de cortes utilitarios y ahuellamientos. Todas con grado de severidad bajo. Asimismo, se registraron desprendimiento de agregados de mediana severidad y la presencia de agregados pulidos.

La falla más influyente en el deterioro del pavimento es una extensa área de piel de cocodrilo por ser una falla estructural. Continúa un parche de corte utilitario, este es un buzón del sistema de alcantarillado que se encuentra muy por encima de la superficie del pavimento, de ahí su alto nivel. Luego están los agregados pulidos por ocupar la mayor parte de la UM 23.

Las fallas menos influyentes son los tres parches muy pequeños que se encuentran en condiciones aceptables, es por ello su baja severidad. Luego tenemos el desprendimiento de agregados con severidad medio y bajo. Continuación a estas fallas, está el ahuellamiento y, finalmente un desplazamiento con mediana gravedad.

A continuación, en la tabla 16, se presenta el cálculo realizado para obtener el máximo valor deducido corregido de la unidad de muestreo UM 23, posterior a ello, determinar su índice de condición del pavimento.

Tabla 16

Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 23

Valor Deducido Corregido (CDV)											
#	Valores deducidos								Total	q	CDV
1	18.0	18.0	15.0	9.0	7.0	6.0	4.0	3.0	80.0	8	38
2	18.0	18.0	15.0	9.0	7.0	6.0	4.0	2.0	79.0	7	37
3	18.0	18.0	15.0	9.0	7.0	6.0	2.0	2.0	77.0	6	36
4	18.0	18.0	15.0	9.0	7.0	2.0	2.0	2.0	73.0	5	37
5	18.0	18.0	15.0	9.0	2.0	2.0	2.0	2.0	68.0	4	38
6	18.0	18.0	15.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	61.0	3	39
7	18.0	18.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	48.0	2	36
8	18.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	32.0	1	31

$$\text{Máx. CDV} = \underline{\underline{\mathbf{39}}}$$

$$\text{PCI} = 100 - \text{Máx. CDV} = \underline{\underline{\mathbf{61}}}$$

$$\text{Rating} = \underline{\underline{\mathbf{Bueno}}}$$

El máximo valor deducido corregido fue 39, dando como resultado un PCI de 61, que equivale a un pavimento en buen estado.

Unidad de muestra UM 24

La unidad de muestra UM 24 pertenece a la sección 4, tramo 2 y tiene 230.0 m². Las fallas encontradas fueron: fisuras en borde, desprendimiento de agregados y agregados pulidos, de severidad baja y media respectivamente.

La falla más influyente en el deterioro del pavimento es el agregado pulido que abarca el 91.35% de esta unidad de muestra.

Por otro lado, las fisuras en borde y los desprendimientos de agregados son fallas que menos daño ocasiona al pavimento, pues su tamaño entre ambas suman 2.73%, el cual es poco representativo en comparación a la toda la unidad analizada. Su valor deducido es 3.

En este caso, no fue necesario determinar la cantidad máxima de valores deducidos “q”, puesto que esta unidad solo tiene tres fallas y por ende es necesario considerar los tres valores deducidos.

En la tabla 17, se presenta el cálculo realizado para obtener el máximo valor deducido corregido, posterior a ello, determinar el PCI.

Tabla 17

Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 24

Valor Deducido Corregido (CDV)						
#	Valores deducidos			Total	q	CDV
1	18.0	3.0	3.0	24.0	3	12
2	18.0	3.0	2.0	23.0	2	16
3	18.0	2.0	2.0	22.0	1	22

$$\begin{aligned} \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{22}} \\ \text{PCI} = 100 - \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{78}} \\ \text{Rating} &= \underline{\underline{\text{Muy bueno}}} \end{aligned}$$

De la tabla 17, se tiene que el máximo valor deducido corregido (CDV) es 22, para lo cual se obtuvo como resultado un PCI de 78, que considera a esta unidad de muestra como pavimento en muy buen estado.

Unidad de muestra UM 25

En la unidad de muestra UM 25, se registraron parches de cortes utilitarios, ahuellamientos y desplazamientos todos con nivel de severidad bajo. Asimismo, se halló agregados pulidos.

La falla que más daño genera a esta sección de pavimento es el ahuellamiento por ser falla estructural y el agregado pulido, pues abarca la mayor parte de la vía analizada. La falla que menos afecta al pavimento es el desplazamiento, esta falla se localiza en el medio de la calzada y se nota ligeramente, debido a su baja severidad. Y la falla que no afecta el estado del pavimento es un parche de corte utilitario, es decir un buzón del sistema de alcantarillado que se encuentra en medio de la calzada, pues su valor deducido es cero.

En este caso al igual que la UM 24, no fue necesario determinar la cantidad máxima de valores deducidos “q”, puesto que esta unidad solo tiene tres fallas y por ende ha sido necesario considerar los tres valores deducidos.

En la tabla 18, se muestra los resultados obtenidos de los valores deducidos corregidos de la unidad de muestra UM 25, luego determinar el PCI.

Tabla 18

Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 25

Valor Deducido Corregido (CDV)						
#	Valores deducidos			Total	q	CDV
1	19.0	18.0	10.0	47.0	3	29
2	19.0	18.0	2.0	39.0	2	29
3	19.0	2.0	2.0	23.0	1	23

$$\begin{aligned} \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{29}} \\ \text{PCI} = 100 - \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{71}} \\ \text{Rating} &= \underline{\underline{\text{Muy bueno}}} \end{aligned}$$

El máximo valor deducido corregido (CDV) es 29, obteniendo como resultado un PCI de 71, que considera a esta unidad de muestra como pavimento en muy buen estado.

3.2.3.1 Determinación del PCI de cada sección

El PCI de cada sección, se tomará como el promedio de todos los índices de condición del pavimento cálculos en las unidades de muestreo de cada sección. Asimismo, es importante precisar, que no se utilizó las ecuaciones 7, 8 y 9 descritos en el punto 2.2.9.5, para el cálculo del promedio PCI de cada sección, debido a que se decidió inspeccionar todas las unidades de muestreo que conforma la red de pavimento.

3.3. Presentación de resultados

A continuación, se presenta los resultados conseguidos a partir del cálculo del índice de condición del pavimento flexible de cada tramo, sección y unidad de muestra inspeccionada, con el fin de obtener un índice general de la condición de la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar). En la tabla 19 y 20, se muestra un sumario de los resultados del cálculo del PCI de cada avenida

3.3.1. Resultados Av. Venezuela

En la tabla 19, se muestra los resultados obtenidos del cálculo del índice de condición del pavimento (PCIs) flexible de la Av. Venezuela, con el fin de conocer el estado de la misma.

Tabla 19

Resumen de los resultados del cálculo del PCI en la Av. Venezuela

Resumen de resultados Av. Venezuela								
Sección	Unidad de muestra (UM)	Área	Abscisa inicial	Abscisa final	PCI UM	Calificación	PCI Sección	Calificación
1	UM 01	230.0	0+0.0	0+23	19	Muy malo	13.1	Muy malo
	UM 02	230.0	0+23	0+46	9	Fallado		
	UM 03	230.0	0+46	0+69	15	Muy malo		
	UM 04	230.0	0+69	0+92	18	Muy malo		
	UM 05	230.0	0+92	0+115	11	Muy malo		
	UM 06	230.0	0+115	0+138	8	Fallado		
	UM 07	230.0	0+138	0+161	13	Muy malo		
	UM 08	230.0	0+161	0+184	12	Muy malo		
2	UM 09	229.4	0+184	0+215	10	Fallado	16.6	Muy malo
	UM 10	181.3	0+215	0+239.5	18	Muy malo		
	UM 11	229.4	0+290	0+321	10	Fallado		
	UM 12	229.4	0+321	0+352	28	Malo		
	UM 13	229.4	0+352	0+383	11	Muy malo		
	UM 14	229.4	0+383	0+414	17	Muy malo		
	UM 15	229.4	0+414	0+445	9	Fallado		
	UM 16	229.4	0+445	0+476	13	Muy malo		
	UM 17	229.4	0+476	0+507	13	Muy malo		
	UM 18	229.4	0+507	0+538	37	Malo		
3	UM 19	148.0	0+538	0+556.5	17	Muy malo	21.5	Muy malo
	UM 20	148.0	0+556.5	0+575	26	Malo		

La Av. Venezuela dentro de la red de pavimento se identificó como tramo 1, el cual fue fraccionado en las secciones 1, 2 y 3, tomando como criterio los diferentes anchos de vía que esta presenta. La sección 1, está compuesto por 8 unidades de muestreo espaciadas cada 23 metros de longitud por el ancho de la calzada de 10.0 ml, cada una tiene 230.0 m² y están enumeradas del 1 al 8. La sección 2, está constituido por 10 unidades de muestreo, enumeradas del 9 al 18, las cuales están espaciadas a 31 metros de longitud por el ancho de vía de 7.40 ml obteniendo con ello 229.40 m², a excepción de la UM 10 que solo tiene 181.30 m² (24.5 longitud por ancho de vía 7.40), debido a que contigua a esta unidad de muestra hay una región de pavimento rígido, el cual no fue considerado. Y por último, la sección 3 está

conformado por la unidad de muestra UM 19 y UM 20 de 148.0 m² cada una y tienen un ancho de vía de 8.0 m., distribuidas a 18.50 metros de longitud.

Como se observa en la tabla 19, el PCI obtenido en la sección 1 es 13.1; sección 2 es 16.6 y la sección 3 tiene un PCI 21.5, las tres secciones según su índice de condición se encuentran en muy malas condiciones (PCI entre 11 y 25). Entonces el índice de condición del pavimento PCI del tramo 1 (Av. Venezuela) se calculó como un promedio de todas las unidades de muestreo, resultando para este caso un PCI ponderado de 15.7, que corresponde a un pavimento en muy malas condiciones.

3.3.2. Resultados Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar)

En la tabla 20, se muestran los resultados logrados de los PCIs calculados en la Av. Panamericana del tramo inspeccionado.

Tabla 20

Resumen de los resultados del cálculo del PCI en la Av. Panamericana

Resultados Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar)								
Sección	Unidad de muestra (UM)	Área	Abscisa inicial	Abscisa final	PCI UM	Calificación	PCI Sección	Calificación
4	UM 21	230.0	0+575	0+598	37	Malo	58	Bueno
	UM 22	230.0	0+598	0+621	26	Malo		
	UM 23	230.0	0+621	0+644	61	Bueno		
	UM 24	230.0	0+644	0+667	78	Muy bueno		
	UM 25	230.0	0+667	0+690	71	Muy bueno		
	UM 26	230.0	0+690	0+713	59	Bueno		
	UM 27	230.0	0+713	0+736	45	Regular		
	UM 28	230.0	0+736	0+759	39	Malo		
	UM 29	230.0	0+759	0+782	60	Bueno		
	UM 30	230.0	0+782	0+805	54	Regular		
	UM 31	230.0	0+805	0+828	79	Muy bueno		
	UM 32	230.0	0+828	0+851	78	Muy bueno		
	UM 33	230.0	0+851	0+874	54	Regular		
	UM 34	230.0	0+874	0+897	64	Bueno		
	UM 35	230.0	0+897	0+920	49	Regular		
	UM 36	230.0	0+920	0+943	61	Bueno		
	UM 37	230.0	0+943	0+966	60	Bueno		
	UM 38	230.0	0+966	0+989	55	Regular		
	UM 39	230.0	0+989	1+012	43	Regular		
	UM 40	230.0	1+012	1+035	70	Bueno		
	UM 41	230.0	1+035	1+058	77	Muy bueno		
	UM 42	230.0	1+058	1+081	36	Malo		
	UM 43	230.0	1+058	1+104	79	Muy bueno		

El tramo 2, corresponde la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) cuya longitud total es de 529.0 metros lineales, con un ancho de calzada de 10.0 metros (ancho de vía). El tramo inspeccionado fue dividido en 23 unidades de

muestreo, cada una de 230.00 m², espaciadas cada 23.0 metros lineales de longitud. Dicho tramo no presenta ningún cambio de sección, es decir mantiene una sola sección a lo largo de toda su longitud, a la cual se le denominó como sección 4.

Como se muestra en la tabla 21, el PCI obtenido en la sección 4 y por ende del tramo 2, fue de 58 (PCI entre 56 y 70), que corresponde a un pavimento en buenas condiciones.

3.4. Análisis e interpretación de resultados

3.4.1. Av. Venezuela

De la inspección realizada al pavimento flexible de la Av. Venezuela, en base a los PCIs obtenidos de las 20 unidades de muestreo que conforma esta vía, se tiene que el 25% del total de unidades inspeccionadas presentan un estado de pavimento fallado (PCI entre 0 y 10); después sigue un 60% de unidades en estado muy malo (PCI entre 11 y 25) y por último un 15% que hacen referencia a unidades de muestreo en estado malo (PCI entre 26 y 40). Ver figura 59

No se encontraron pavimentos en estado regular (PCI entre 41 y 55), ni bueno (PCI entre 56 a 70), ni muy bueno (PCI entre 71 a 85), ni excelentes (PCI entre 86 a 100)

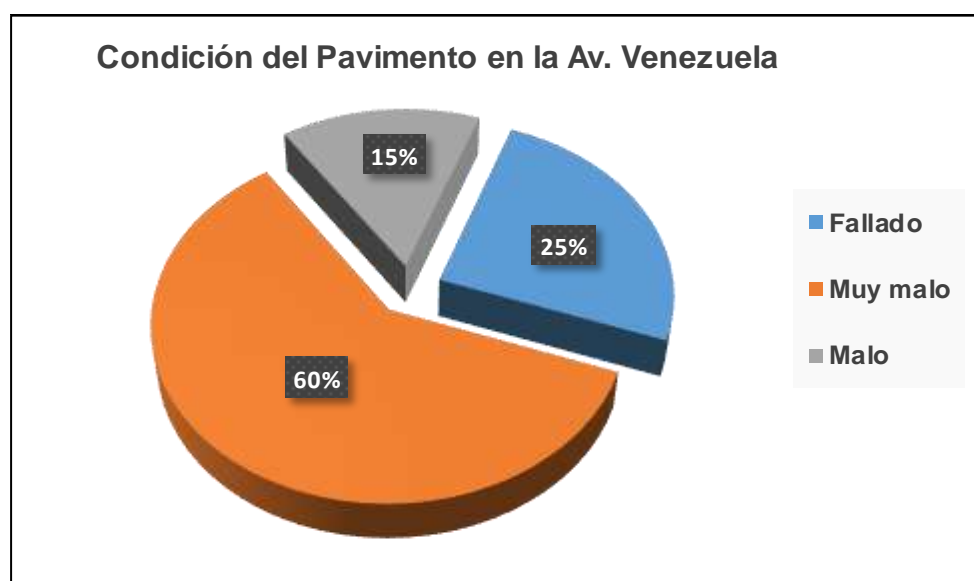


Figura 59. Condición general del pavimento Av. Venezuela

En la figura 60 se muestra la variación de los índices obtenidos en las 20 unidades de muestreo que conforma la Av. Venezuela. Las unidades con los índices más altos son las UM 18, 19 y 20; mientras que las unidades UM 02, 06, 09 y 11 presentan la

peor condición de fallado, las 13 restantes son índices que califican al pavimento como muy malo. Al respecto se deduce que todas las unidades cuentan con índices que oscilan entre fallado a malo, no hay una sola unidad en estado regular o bueno, es por ello que como resultado general la Av. Venezuela tiene un índice de 15.70, según la escala de calificación del PCI, que equivale a un pavimento en muy mal estado. Por lo tanto, se puede afirmar, que la Av. Venezuela en los 575 metros lineales inspeccionados, presenta un pavimento muy malo, debido a múltiples razones entre las que destacan:

- El mal uso que se le da a la vía: es decir el tránsito de vehículos no autorizados como por ejemplo vehículos de carga pesada, los cuales ejercen mayor presión sobre el pavimento.
- Deficiente sistema de drenaje: la sección 1 que comprende pasaje Estados Unidos hasta Av. Panamá no tiene sistema de drenaje, es por ello que esta sección tiene el promedio más bajo que las demás secciones aunque la calificación de pavimento muy malo sea el mismo en las secciones 2 y 3. Asimismo, el sistema de drenaje con el que cuenta dicha avenida es solo una cuenta (sentido Abancay – Lima), al que también le falta mantenimiento. Esta cuneta inicia en la Av. Panamá y termina en la intersección Av. Panamericana con Av. Benigno La torre.
- El mantenimiento impropio: es decir el mantenimiento que se efectúa en el pavimento no es el adecuado, debido a que no se realiza ninguna evaluación certificada de la condición del pavimento
- El envejecimiento del pavimento: dicha avenida tiene una antigüedad de más de 25 años, según la Oficina de Mantenimiento de la Gerencia de Obras de la Municipalidad Provincial de Abancay, además se conoce que el tiempo de vida útil de un pavimento flexible está entre 15 a 20 años. Siendo así, este pavimento ya habría cumplido con su tiempo de vida útil.

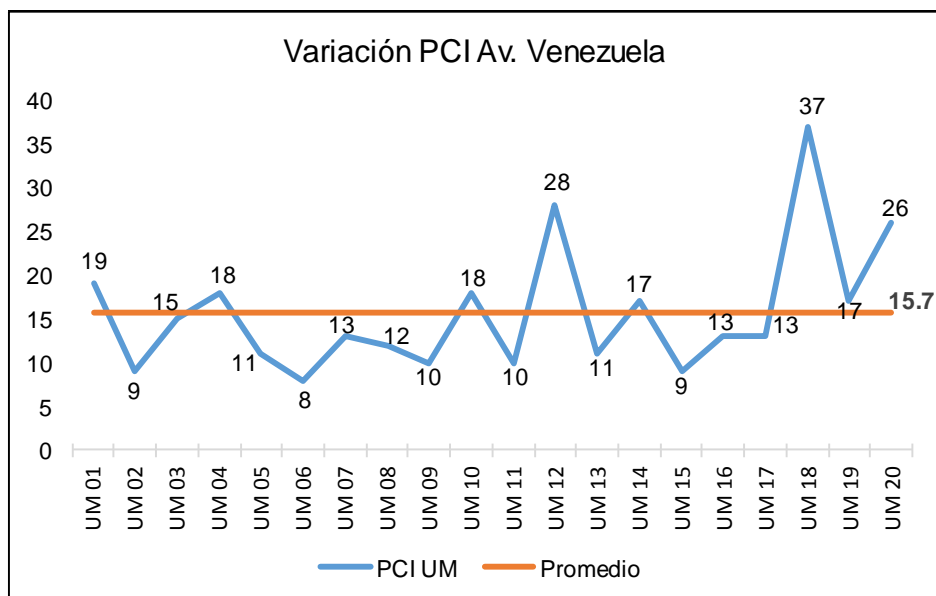


Figura 60. Variación de resultados PCI de las unidades de muestreo. Av. Venezuela

Continuando con el análisis de resultados, se hablará de las fallas más frecuentes, localizadas en las 20 unidades de muestreo que conforma la Av. Venezuela.

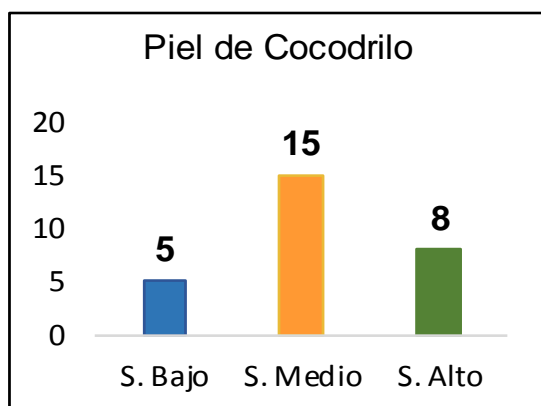


Figura 61. Frecuencia de la falla piel de cocodrilo Av. Venezuela

En la figura 61, se observa la falla piel de cocodrilo en los tres niveles, siendo el nivel medio, el más frecuente, el cual se halló en 15 unidades de muestreo.

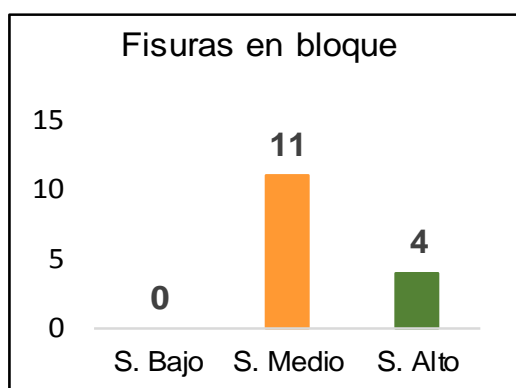


Figura 62. Frecuencia de la falla fisuras en bloque Av. Venezuela

Se han registrado dos niveles de severidad en fisuras en bloque, siendo el nivel medio, el más frecuente, hallada en 11 unidad de muestreo; mientras que con severidad alto localizado solo en 4 unidades de muestreo.

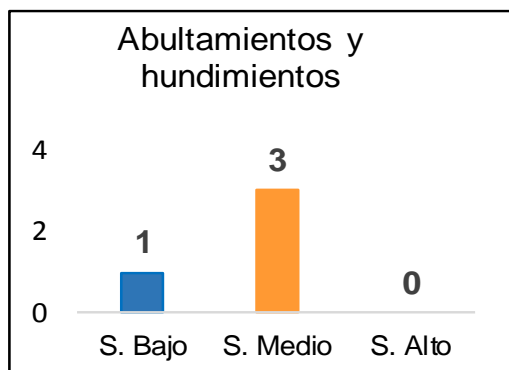


Figura 63. Frecuencia de la falla abultamiento y hundimiento Av. Venezuela

La figura 63 muestra que los abultamientos y hundimientos han sido registrados en muy pocas unidades, con nivel bajo se registró en una unidad de muestreo, con nivel medio en 3 unidades. Asimismo, no se registraron niveles altos de severidad.

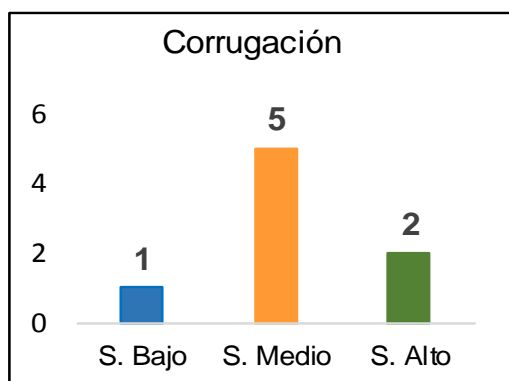


Figura 64. Frecuencia de la falla corrugación Av. Venezuela

La falla corrugación se registró en los tres niveles de severidad, siendo con mayor frecuencia el nivel medio encontrado en 5 unidades de muestreo.

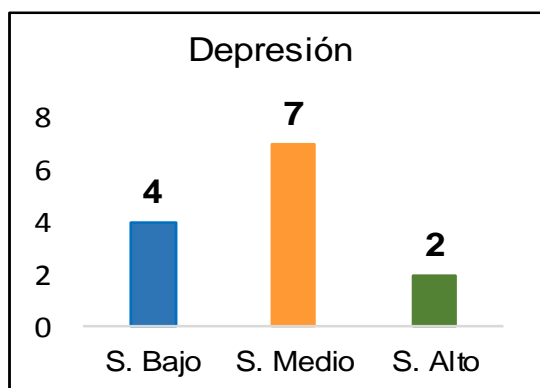


Figura 65. Frecuencia de la falla depresión Av. Venezuela

En la figura 65, se observa que la depresión se registró en los tres niveles: bajo, medio y alto en 4, 7 y 2 unidades de muestreo respectivamente.

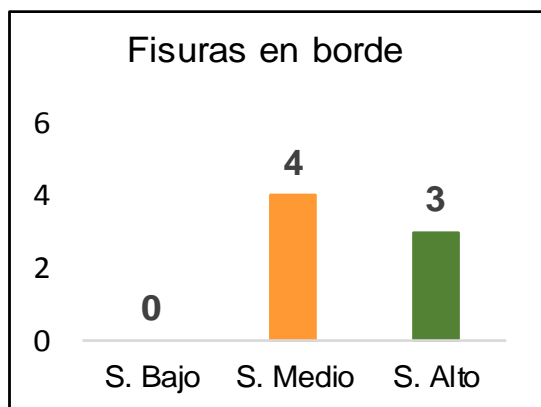


Figura 66. Frecuencia de la falla fisuras en borde Av. Venezuela

Las fisuras en borde se registraron solo en dos niveles medio y alto, los cuales se hallaron en 4 y 3 unidades de muestreo respectivamente.

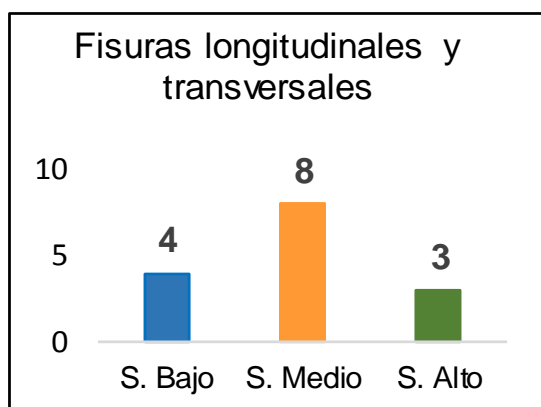


Figura 67. Frecuencia de la falla fisuras longitudinales y transversales Av. Venezuela

En la figura 67 se muestra que las fisuras longitudinales y transversales presentan los tres niveles de severidad, siendo el más frecuente el nivel medio hallado en 8 unidades de muestreo.

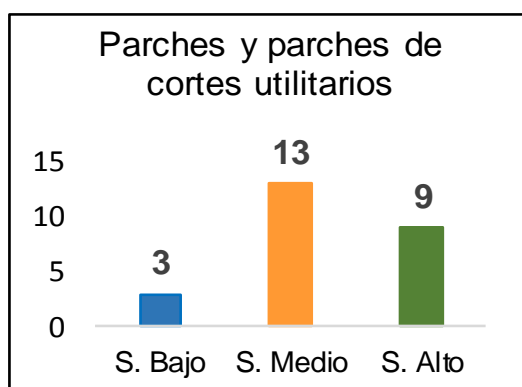


Figura 68. Frecuencia de la falla parches y parches de cortes utilitarios Av. Venezuela

Los parches y parches de cortes utilitarios, se hallaron en 3, 13 y 9 unidades de muestreo con niveles de severidad bajo, medio y alto respectivamente.



Figura 69. Frecuencia de la falla agregados pulidos Av. Venezuela

El agregado pulido no presenta nivel de severidad, pero para ser registrado, el grado de pulimiento debe ser evidente. En este caso, se halló en 8 unidades de muestreo.

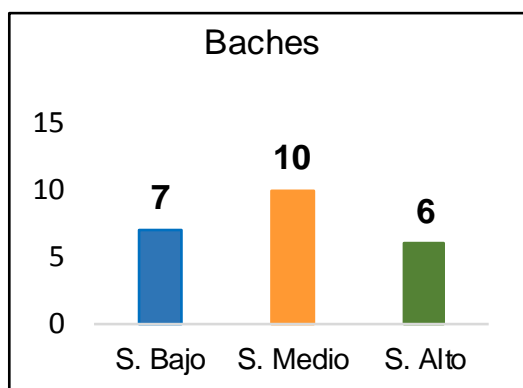


Figura 70. Frecuencia de la falla baches Av. Venezuela

En la figura 70, se muestra la falla baches, estos son considerados como las fallas que más perjudican la fluidez del tránsito, los cuales fueron registrados en los tres niveles, localizados en 7, 10 y 6 unidades de muestreo con nivel bajo, medio y alto respectivamente.

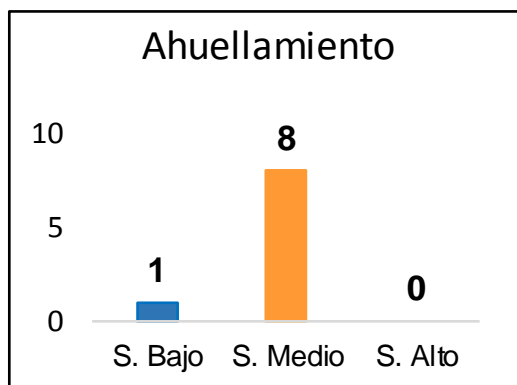


Figura 71. Frecuencia de la falla ahuellamiento Av. Venezuela

El ahuellamiento, se registró en una unidad de muestreo con nivel bajo, en 8 unidades con nivel medio de severidad y no se registraron niveles altos.

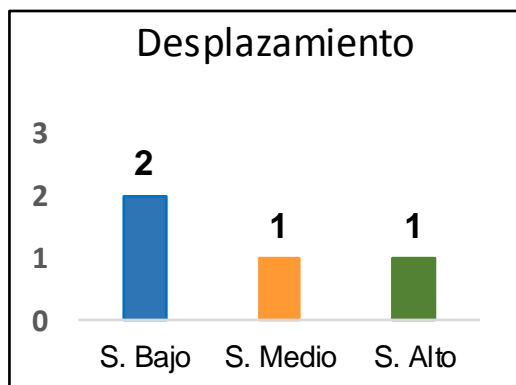


Figura 72. Frecuencia de la falla desplazamiento Av. Venezuela

En la figura 72 se presenta la falla desplazamiento, hallado en los tres niveles, pero en muy pocas unidades, siendo el más frecuente el nivel bajo registrado en 2 unidades; mientras que los niveles medio y alto en una unidad de muestreo respectivamente.

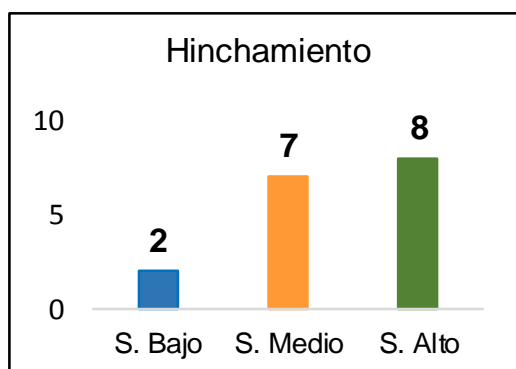


Figura 73. Frecuencia de la falla hinchamiento Av. Venezuela

El hinchamiento perjudica enormemente el perfil de la vía, hallando en este caso en 2, 7 y en 8 unidades de muestreo con nivel bajo, medio y alto respectivamente.

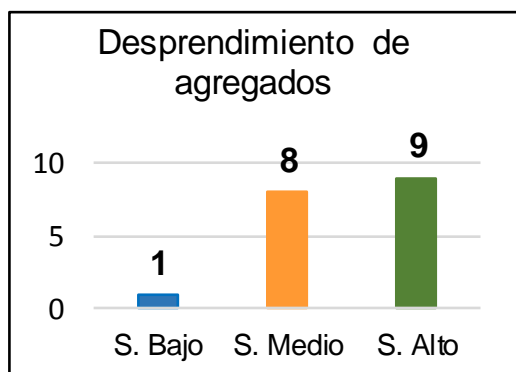


Figura 74. Frecuencia de la falla desprendimiento de agregados Av. Venezuela

En la figura 74, el nivel de severidad con mayor frecuencia de la falla desprendimiento de agregados, es el nivel medio.

NOTA: De todos los gráficos de frecuencia de las fallas presentadas anteriormente, podemos deducir que las fallas con mayor frecuencia en toda la Av. Venezuela son: las fisuras piel de cocodrilo y los parches y parches de cortes utilitarios, localizados en 15 y 13 unidades respectivamente con grado de severidad medio. Para lo cual se utilizó la técnica del conteo.

Continuando con el análisis, en la tabla 21 se presenta un resumen de las fallas que más daño causaron al pavimento de la Av. Venezuela, según sus altos valores deducidos (DV), agrupados en secciones y finalmente en un solo tramo.

Tabla 21

Fallas que más afectan a la Av. Venezuela

Sección 1			
Falla	V.D	UM	
Baches (13H)	64	3	
Desprendimiento de agregados (18H)	49	8	
Piel de cocodrilo (1M)	46	7	
Sección 2			
Falla	V.D	UM	
Corrugación (5H)	63	16	
Piel de cocodrilo (1H)	59	13	
Baches (13H)	50	6	
Sección 3			
Falla	V.D	UM	
Piel de cocodrilo (1M)	55	19	
Baches (13H)	45	20	
Ahuellamiento (14M)	29	19	
Tramo 1 (Av. Venezuela)			
Falla	V.D	UM	
Baches (13H)	64	3	
Corrugación (5H)	63	16	
Piel de cocodrilo (1H)	59	13	

En la tabla 21, se observa que en la sección 1, la falla más influyente en el deterioro del pavimento son los baches, en la sección 2, la corrugación, ambas fallas presentan grado alto de severidad y, en la sección 3 está la fisura piel de cocodrilo de mediana gravedad.

En términos generales, las fallas que más afectaron el estado del pavimento flexible de la Av. Venezuela son los baches que ocupan el primer lugar, luego está la corrugación y finalmente la fisura piel de cocodrilo, todos con grado alto de severidad, según sus valores deducidos proporcionados por la ASTM D 6433-07.

- Los baches generalmente ocurren por la presencia de las fisuras piel de cocodrilo severamente agrietadas, los cuales causan fatiga y origina la disgregación de la capa superficial.
- La corrugación se origina por la acción de las cargas de tránsito en combinación con la inestabilidad de la capa superficial o de la base.
- Las fisuras piel de cocodrilo ocurre por desgaste del ligante asfáltico, que trae consigo la pérdida de flexibilidad del pavimento.

Estos altos valores deducidos no necesariamente influyen en los resultados de los índices de cada unidad, pues varía de acuerdo a la cantidad de fallas que hay en una unidad de muestra y el nivel que estas presentan.

En la tabla 22 se presenta un resumen de las tres fallas que menos dañaron al pavimento según sus valores deducidos, elaboradas por cada sección, luego en forma global. El cual contiene el tipo de falla, el valor deducido y la unidad de muestra a la que pertenecen. Estas fallas generalmente presentan valores deducidos muy mínimos, pero que son mayores a cero y habitualmente son fallas funcionales, es decir solo afectan la superficie del pavimento.

Tabla 22

Fallas que menos afectan a la Av. Venezuela

Sección 1		
Falla	V.D	UM
Agregados pulidos	1	2
Fisuras longitudinales y transversales	3	3
Fisuras en bloque (3M)	9	6, 8
Sección 2		
Falla	V.D	UM
Fisuras longitudinales y transversales (10L)	2	14
Agregados pulidos	3	9
Fisuras en bloque (3M)	4	13
Sección 3		
Falla	V.D	UM
Fisuras en bloque (3M)	1	20
Fisuras en borde (7M)	10	19
Parches y parches de cortes utilitarios (11L)	8	19
Tramo 1 (Av. Venezuela)		
Falla	V.D	UM
Agregados pulidos	1	2
Fisuras en bloque (3M)	1	20
Fisuras longitudinales y transversales (10L)	2	14

Fuente. Elaboración propia

Los agregados pulidos, las fisuras en bloque de nivel medio de severidad y las fisuras longitudinales y transversales de severidad bajo, son las fallas que menos afectan al pavimento. Las tres fallas son de tipo funcional, pues no afecta el paquete estructural.

- Los agregados pulidos ocurren generalmente por la acción repetida de las cargas del tránsito; mientras que las fisuras en bloque se originan por la contracción del concreto asfáltico debido a cambios de temperatura. Esta falla nos indica que el asfalto se ha endurecido considerablemente. Y las fisuras longitudinales y transversales no están vinculadas a las cargas del tránsito, sin embargo tienen una similitud con las fisuras en bloque.

En la tabla 23 se presentan un resumen de las fallas que no afectan el estado del pavimento flexible de la Av. Venezuela. Son considerados aquellas fallas cuyo valor deducido es igual a cero (0), pues significa que la dimensión de la falla es despreciable frente a las dimensiones de la superficie inspeccionada.

El valor mínimo admisible de densidad porcentual en las curvas de valor deducido es 0.1, densidades inferiores a este valor, no son tomados en cuenta, puesto que no tienen relevancia, ni interferencia en la condición del pavimento.

Tabla 23

Fallas que no afectan a la Av. Venezuela

Sección 1			
Falla	Densidad %	UM	
Hinchamiento (17L)	0.35	5	
Fisuras longitudinales y transversales (10L)	0.43	5	
Fisuras longitudinales y transversales (10L)	1.22	1	
Sección 2			
Falla	Densidad %	UM	
Fisuras longitudinales y transversales (10L)	1.39	9	
Agregados pulidos	0.55	14	
Hinchamiento (17M)	0.73	15	
Sección 3			
Falla	Densidad %	UM	
Hinchamiento (17H)	0.81	20	
Agregados pulidos	2.68	20	
Agregados pulidos	3.03	19	
Tramo 1 (Av. Venezuela)			
Falla	Densidad%	UM	
Hinchamiento (17L)	0.35	5	
Fisuras longitudinales y transversales (10L)	0.43	5	
Agregados pulidos	0.55	14	

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos las fallas que no afectan el estado del pavimento son el hinchamiento, fisuras longitudinales y transversales de baja severidad, éstas se localizan en la unidad de muestra UM 05 de la sección 1. Asimismo, tenemos los agregados pulidos ubicado en la UM 14 de la sección 2.

En la figura 75, se muestran todas las fallas registradas durante la inspección visual en la Av. Venezuela. Según la norma ASTM D 6433-07 considera 18 fallas en pavimentos flexibles, en nuestro caso se encontraron 14 fallas, las demás tales como: exudación, fisuras de reflexión de junta, desnivel carril berma y fisura parabólica no se hallaron por los siguientes motivos:

- La exudación ocurre generalmente en climas bastante cálidos como por ejemplo en el norte del Perú. La ciudad de Abancay, si bien es cierto tiene un clima cálido, pero también a la vez presenta temperaturas muy bajas por temporadas muy prolongadas, además de caracterizarse por presentar un clima seco. Entonces es una de las razones por lo que no se encontró este tipo de falla en el pavimento. Además según los criterios de inspección vistos en la teoría específicamente en el punto 2.2.8.2 si se registra agregados pulidos no deberán ser tomados en cuenta la exudación en la misma unidad de muestra. En nuestro caso hemos registrado agregados pulidos en 8 unidades de muestreo, en las unidades restantes tampoco se han encontrado exudación.
- Fisuras de reflexión de juntas: no se encontraron debido a que el pavimento flexible no está construido sobre pavimento rígido, están fundados sobre una base y subbase y no sobre losas de concreto rígido.
- La avenida Venezuela presenta bermas a los costados de la calzada, a excepción del tramo Av. Panamá hasta Av. Canadá, el cual cuenta con una cuneta solo por el sentido Abancay – Lima, es por ello que no da lugar a que se produzca desnivel entre el carril y la berma.
- No se identificó fisuras parabólicas, debido a que éstas no formaban fisuras en forma de media luna, más se asemejan a fisuras longitudinales, es por ello que no registraron este tipo de fallas.

Asimismo, en la misma figura se muestran la cantidad de unidades de muestra en las que encuentra cada tipo de falla identificadas con su nivel de severidad. El color azul, naranja y verde representan los niveles de severidad bajo, medio y alto respectivamente y el color guinda representa únicamente al agregado pulido, pues este no presenta niveles de severidad. La falla piel de cocodrilo, corrugación, depresión, fisuras longitudinales y transversales, parches, baches, desplazamiento, hinchamiento y desprendimiento de agregados se registraron en los 3 niveles de severidad; mientras que las fisuras en borde y en bloque con nivel medio y alto. Tenemos a los abultamientos y hundimientos y ahuellamiento de nivel bajo y medio. Asimismo, la falla piel de cocodrilo se encontró con nivel bajo en 5 unidades de muestreo, con nivel medio en 15 unidades y con nivel alto en 8 unidades de muestreo inspeccionadas. En fisuras en bloque se encontraron dos niveles bajo y medio, en 4 y 11 unidades respectivamente. Lo mismo ocurre en abultamiento y hundimientos pero con niveles distintos nivel bajo (1) y medio en (3). En el caso de agregados pulidos esta se ha presentado en 8 unidades de muestreo. Esta falla no presenta grado de severidad, sin embargo para considerar dentro de la inspección está debe ser muy evidente. En la Av. Venezuela no hay falla alguna que se haya observado en las 20 unidades de muestreo inspeccionados.

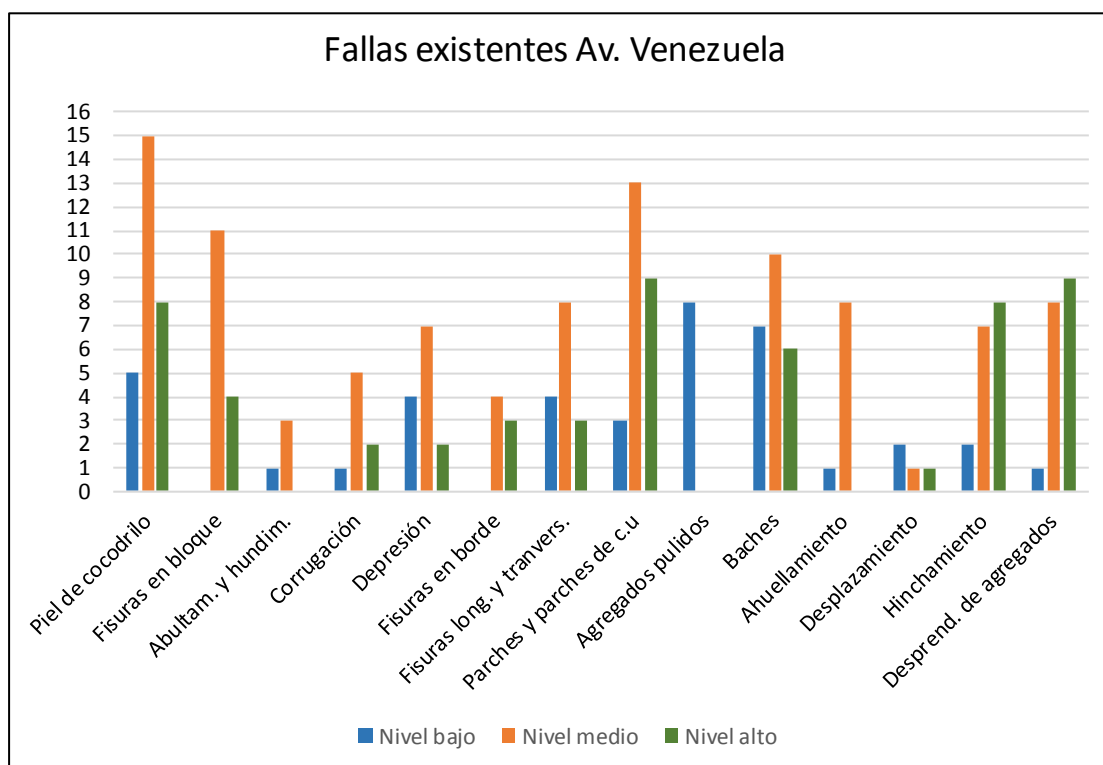


Figura 75. Fallas existentes Av. Venezuela (clasificadas según su nivel de severidad)

Fuente. Elaboración propia

3.4.2. Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar)

Continuando con la inspección realizada, tenemos al pavimento flexible de la Av. Panamericana, en base a los PCIs obtenidos de las 23 unidades de muestreo que conforma este tramo, se tiene que el 31% del total de unidades inspeccionadas presentan un estado de pavimento muy bueno (PCI entre 71 y 85); después sigue un 26% de unidades en estado bueno (PCI entre 56 y 70) y regular (PCI entre 41 y 55); y por ultimo un 17% que hacen referencia a unidades de muestreo en estado malo (PCI entre 26 y 40). Ver figura 76

No se encontraron pavimentos en estado fallado (PCI entre 0 y 10), ni muy malo (PCI entre 11 y 25), ni excelentes (PCI entre 86 y 100)

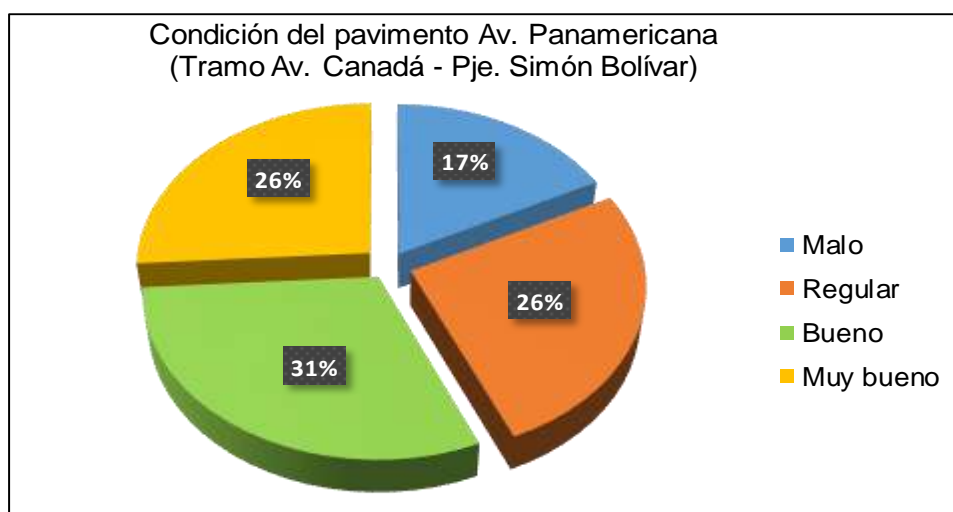


Figura 76. Condición general del pavimento Av. Panamericana

En la figura 77 se muestra la variación de los índices obtenidos en las 23 unidades de muestra que conforma la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar). Como se observa en la figura no existen índices muy bajos a excepción de las unidades de muestreo UM 21, 22, 28 y 42 que presentan un estado de pavimento malo, por las demás muestras todas presentan índices que califican al pavimento entre regular, bueno y muy bueno. Es por ello, que la condición en general de la Av. Panamericana en el tramo evaluado tiene un PCI ponderado de 58, que corresponde a un pavimento en buenas condiciones (PCI entre 56 y 70). Por lo tanto, podemos afirmar que en los 529 metros lineales que conforma esta vía (teniendo en cuenta todas las unidades de muestreo inspeccionados) se encuentra en buen estado.

Este resultado puede corresponder a varios factores: buena calidad de los materiales y la cantidad necesaria utilizado en la fase de construcción, buen sistema

de drenaje y al resultado de un buen diseño estructural. Es importante mencionar que este tramo tiene casi dos décadas de servicio desde el término de su construcción y estaría dentro de los límites de edad que tiene un pavimento flexible.

Por esta avenida transitan todo tipo de vehículos y de diferentes categorías. Cabe precisar que las unidades de muestras cercanas a la Av. Venezuela, son las que presentan mayor deterioro en este tramo.

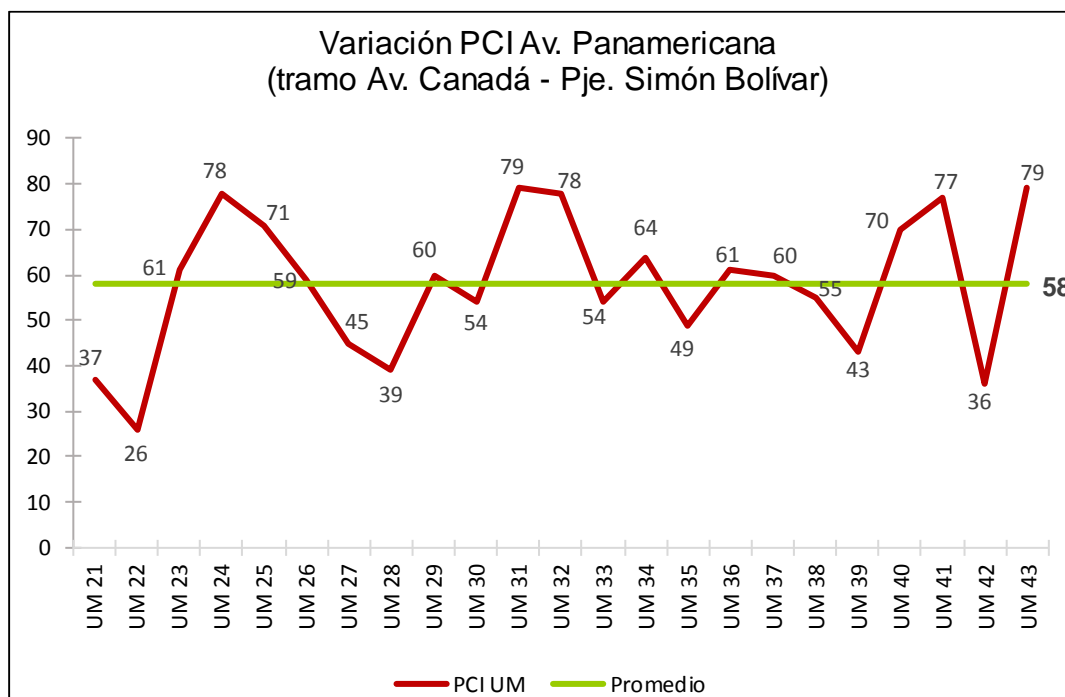


Figura 77. Variación resultados PCI Av. Panamericana (tramo Av. Canadá - Pje. Simón Bolívar).

Fuente. Elaboración propia

Continuando con el análisis e interpretación de los resultados, ahora trataremos la presencia de las fallas con mayor frecuencia en el tramo 2, es decir la Av. Panamericana en el trayecto inspeccionado: Av. Canadá hasta el Pje. Simón Bolívar.

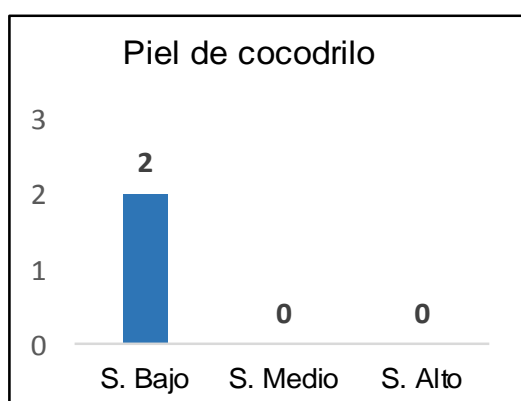


Figura 78. Frecuencia de la falla piel de cocodrilo Av. Panamericana

En la figura 78 se observa que la falla piel de cocodrilo, se registró únicamente con el nivel de severidad bajo, hallado en 2 unidades de muestreo de las 23 unidades que conforma la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar). Esta falla se localizó en la unidad de muestreo UM 23 y UM 35

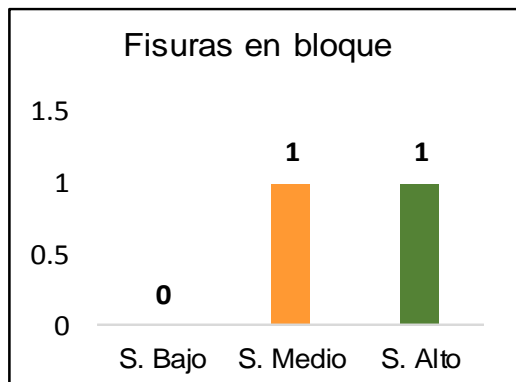


Figura 79. Frecuencia de la falla fisuras en bloque Av. Panamericana

La falla fisuras en bloque se encontró con niveles medio y bajo en una unidad de muestreo respectivamente, tal como se muestra en la figura 79

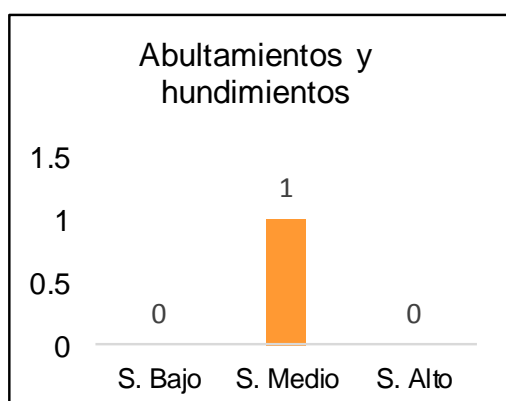


Figura 80. Frecuencia de la falla abultamientos y hundimientos Av. Panamericana

En la figura 80, se muestra a los abultamientos y hundimientos localizado únicamente con nivel medio y en una unidad de muestreo.

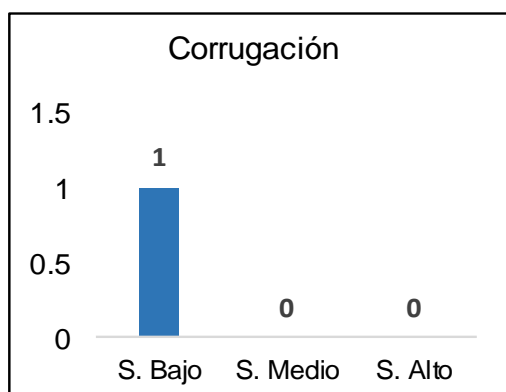


Figura 81. Frecuencia de la falla corrugación Av. Panamericana

Corrugación se localizó en una unidad de muestreo con nivel medio

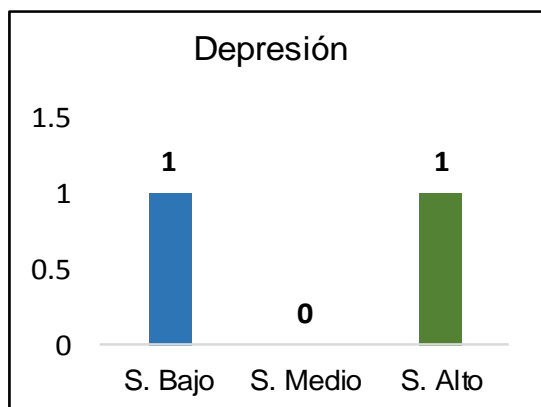


Figura 82. Frecuencia de la falla depresión Av. Panamericana

En la figura 82, se observa la falla depresión registrado con niveles bajo y alto en una unidad de muestreo respectivamente.

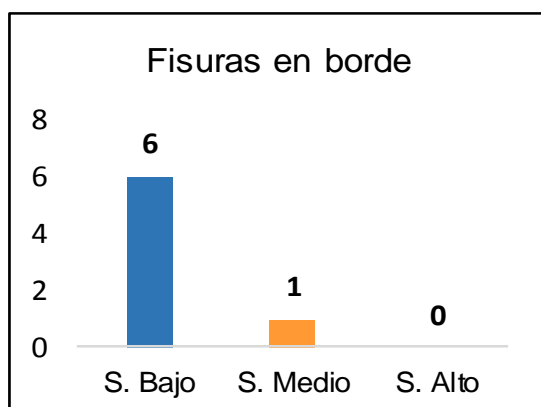


Figura 83. Frecuencia de la falla fisuras en borde Av. Panamericana

Las fisuras en borde se halló en 6 unidades de muestreo con nivel de severidad bajo, mientras que con nivel medio en una unidad, tal como se muestra en figura 83

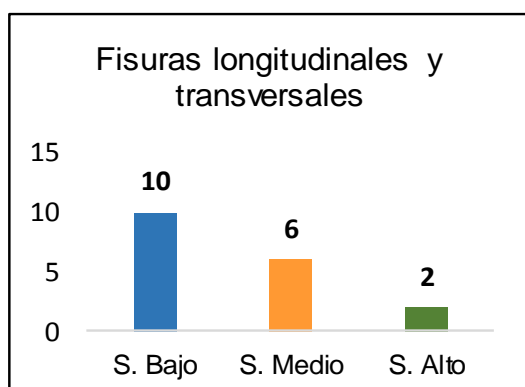


Figura 84. Frecuencia de la falla fisuras longitudinales y transversales Av. Panamericana

Las fisuras longitudinales y transversales se hallaron los tres niveles de severidad, siendo el más frecuente el nivel bajo registrado en 10 unidades de muestreo.

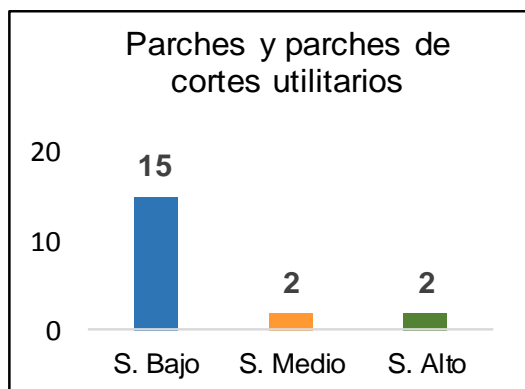


Figura 85. Frecuencia de la falla parche y parche de corte utilitario Av. Panamericana

En la figura 85, se observa que los parches y parches de cortes utilitarios se hallaron los tres niveles de severidad, siendo el más frecuente el nivel bajo registrado en 15 unidades de muestreo.

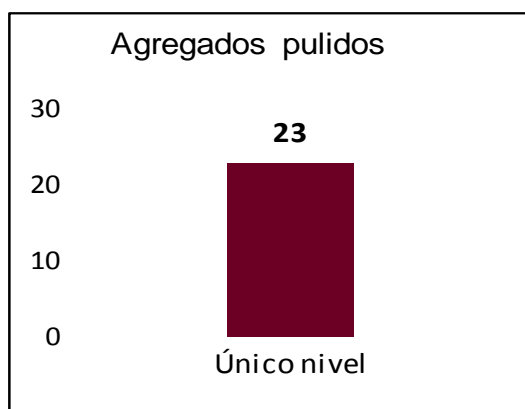


Figura 86. Frecuencia de la falla agregados pulidos Av. Panamericana

El agregado pulido estuvo presente en las 23 unidades de muestreo que conforma la Av. Panamericana en el tramo inspeccionado, tal como se observa en la figura 86.

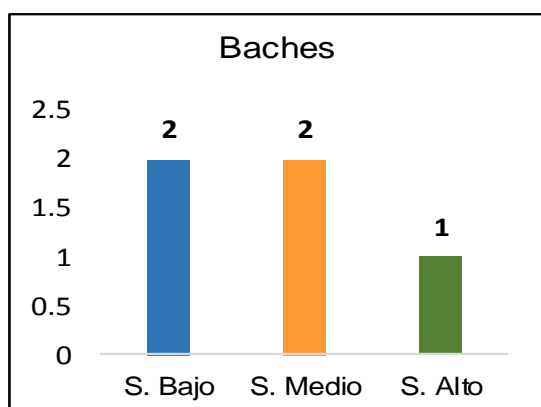


Figura 87. Frecuencia de la falla baches Av. Panamericana

Se encontró tres niveles de severidad para baches, registrado en 2 unidades de muestreo con nivel bajo y medio. Asimismo, con nivel alto en una unidad.

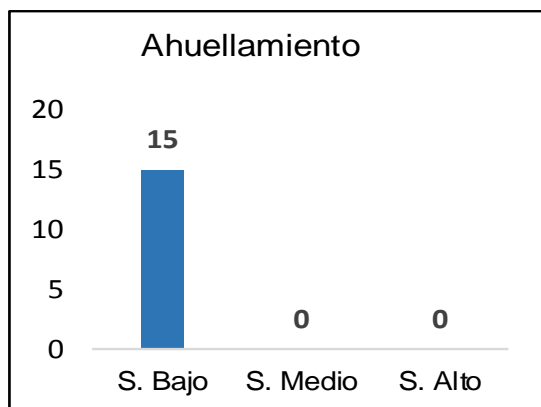


Figura 88. Frecuencia de la falla ahuellamiento Av. Panamericana

En la figura 88, se observa que el ahuellamiento se registró en 15 unidades de muestreo con nivel de severidad bajo. Asimismo, no se encontraron niveles medio y alto.

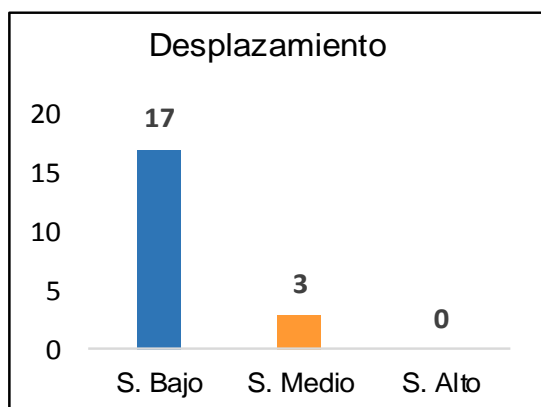


Figura 89. Frecuencia de la falla desplazamiento Av. Panamericana

Los desplazamientos se registraron con niveles bajo y medio, siendo el nivel bajo el más frecuente hallado en 17 unidades de muestreo.

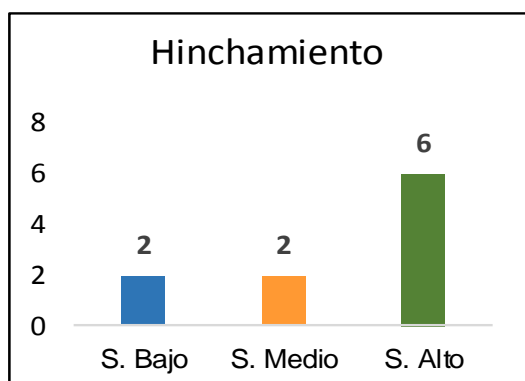


Figura 90. Frecuencia de la falla hinchamiento Av. Panamericana

La falla hinchamiento se presentó en los tres niveles, siendo el más frecuente de este tipo de falla el nivel alto localizado en 6 unidades de muestreo.

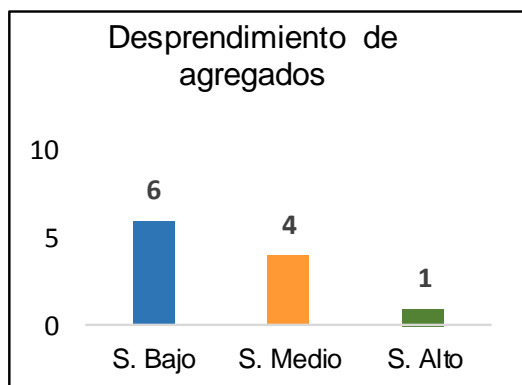


Figura 91. Frecuencia de la falla desprendimiento de agregados Av. Panamericana

Los desprendimientos de agregados han sido registrados en los tres niveles bajo en 6 unidades de muestreo, medio en 4 unidades y con nivel alto en una unidad.

NOTA: De todos los gráficos de frecuencia de las fallas presentadas anteriormente, podemos deducir que la falla con mayor frecuencia en la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) es el agregado pulido, pues esta se presenta en las 23 unidades de muestreo que conforma esta vía.

Asimismo, según los valores deducidos a continuación se presentan las tres fallas más representativas que hacen más daño, menos daño y las que no afectan el estado del pavimento.

En la tabla 24 se presenta un resumen de las fallas que más daño ocasionan al trayecto estudiado de la Av. Panamericana. Para este caso no fue necesario determinar por cada sección, ya que esta avenida fue identificada con una sola sección denominada sección 4.

Tabla 24

Fallas que más afectan a la Av. Panamericana

Fallas que más afectan al pavimento		
Falla	V.D	UM
Depresión (6H)	56	42
Ahuellamiento (14L)	45	39
Hinchamiento (17H)	38	28

Fuente. Elaboración propia

Las fallas que causaron más deterioro en el pavimento en primer lugar está la depresión con nivel de severidad alto, localizado en la unidad de muestra UM 42, continuación a esta se encuentra el ahuellamiento de nivel bajo encontrado en la UM 39 y por último la falla hinchamiento de nivel alto, ubicado en la UM 28. Estas fallas

son muy peligrosas porque su origen se da en el paquete estructural. Sin embargo en el caso del hinchamiento esta se ubicó cerca de la berma, lo cual no perjudica la fluidez del tránsito

La tabla 25, se presenta las fallas que menos afectan al pavimento de la Av. Panamericana. Se dice que menos afectan, porque, tienen valores deducidos muy bajos y sus tamaños no reflejan obstrucción en la vía

Tabla 25

Fallas que menos afectan a la Av. Panamericana

Fallas que menos afectan al pavimento		
Falla	V.D	UM
Fisuras longitudinales y transversales (10L)	1	38
Fisuras en bloque (3M)	1	20
Desplazamiento (15L)	2	37

Fuente. Elaboración propia

De todas las fallas que se identificaron en la Av. Panamericana, las que menos afectan son las fisuras longitudinales y transversales con nivel de severidad bajo ubicado en la UM 38, luego están las fisuras en bloque con nivel medio localizado en la UM 20 y por último los desplazamientos de nivel bajo ubicado en la UM 37.

En la tabla 26 se presenta las tres fallas que no afectan el estado del pavimento. Son aquellas cuyo valor deducido es igual a cero y cuya densidad es poco representativo en comparación a toda la unidad analizada.

Tabla 26

Fallas que no afectan a la Av. Panamericana

Fallas que no afectan al pavimento		
Falla	Densidad (%)	UM
Desprendimiento de agregados (18L)	0.10	33
Parches y parches de cortes utilitarios (11L)	0.13	30
Hinchamiento (17H)	0.16	38

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 26, se observa que las fallas que no afectan el estado del pavimento, son los desprendimientos de agregados, ubicado en la UM 33, parches y parches de

cortes utilitarios de la UM 30 ambas fallas de nivel bajo de severidad y finalmente la falla hinchamiento localizado en la UM 38 con nivel de severidad alto.

A continuación, en la figura 92, se presenta todas las fallas identificadas. En este tramo al igual que la Av. Venezuela se registraron 14 fallas. Como se observa la falla agregados pulidos tiene un color distinto a todos, es porque esta falla no presenta grado de severidad y se presenta en las 23 unidades de muestras inspeccionadas. La falla piel de cocodrilo y ahuellamiento únicamente se observaron con nivel bajo en 2 y 15 unidades respectivamente. Mientras que las fisuras longitudinales y transversales, parches y parches de cortes utilitarios, baches, hinchamiento y desprendimiento de agregados se registraron en los tres niveles. Abultamientos y hundimientos solo se presentó en un nivel medio y en una sola unidad, lo mismo para corrugación pero con nivel bajo. En el caso de la depresión se registraron en dos niveles bajo y alto, localizados en una unidad respectivamente. Tenemos también fisuras en borde de nivel bajo en 6 unidades, y una unidad con nivel medio. Finalmente los desplazamientos de mediana y baja severidad, encontrados en 17 y 3 unidades respectivamente.

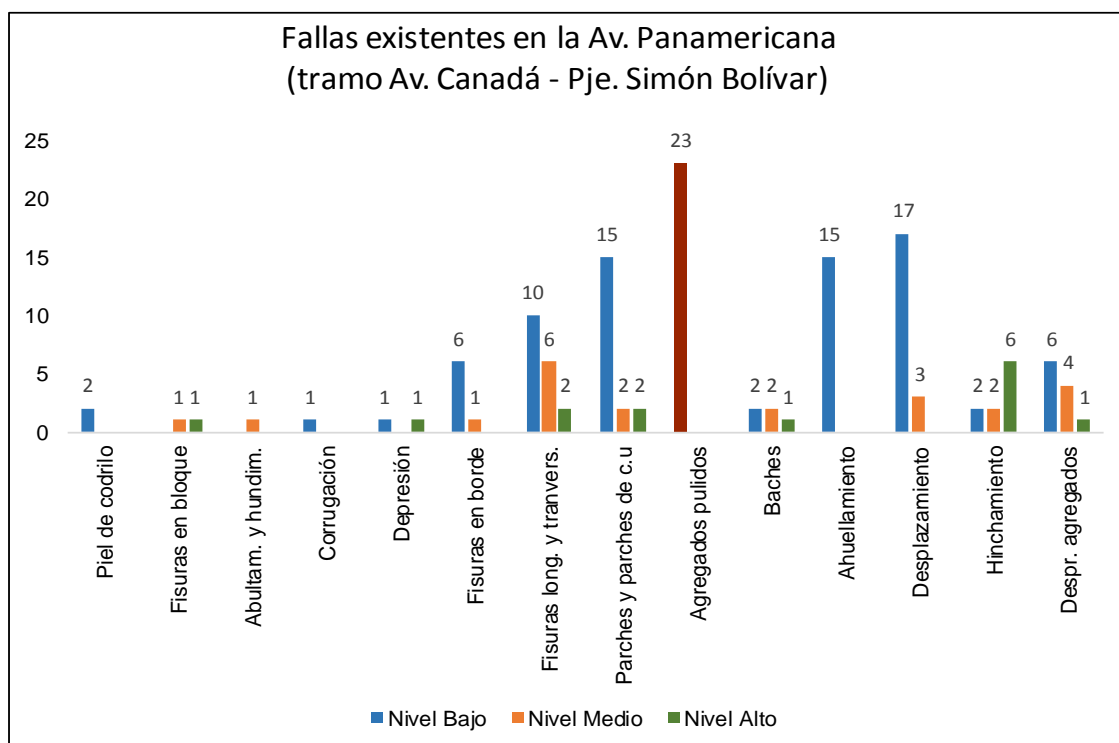


Figura 92. Fallas existentes en la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar)

Fuente. Elaboración propia

3.4.3. Red de pavimento

En este punto, se realizará un breve análisis de los resultados logrados en términos generales de toda la red de pavimento inspeccionado, para ello, se muestra la tabla 27, en donde se presenta un listado de todas las fallas registradas en la red de pavimento, así como también las fallas y niveles más frecuentes. Asimismo, en la figura 93 se ilustra lo antes mencionado.

Tabla 27

Frecuencia de fallas en la red de pavimento

Tipo de falla	Niveles de severidad			Total
	Bajo	Medio	Alto	
	Frecuencia de fallas en la red de pavimento			
Parches y parches de cortes utilitarios	18	15	11	44
Fisuras longitudinales y transversales	14	14	5	33
Agregados pulidos		31		31
Piel de cocodrilo	7	15	8	30
Desprendimiento de agregados	7	12	10	29
Baches	9	12	7	28
Hinchamiento	4	9	14	27
Ahuellamientos	16	8	0	24
Desplazamientos	19	4	1	24
Fisuras en bloque	0	12	5	17
Depresión	5	7	3	15
Fisuras en borde	6	5	3	14
Corrugación	2	5	2	9
Abultamiento y hundimiento	1	4	0	5
Exudación	0	0	0	0
Fisura de reflexión de junta	0	0	0	0
Desnivel carril - berma	0	0	0	0
Fisura parabólica	0	0	0	0
TOTAL	12	13	11	

En la tabla 27 se puede observar que la falla parches y parches de cortes utilitarios es la falla con mayor frecuencia en toda la red de pavimento, los mismos que se registraron en los tres niveles de severidad. Este tipo de falla se realiza cuando una sección de pavimento requiere ser reparado con urgencia y por ende se realiza el parchado, asimismo, sirve también para cubrir instalaciones nuevas o reparar las existentes, es por ello la denominación de parches de cortes utilitarios.

De la misma tabla, podemos deducir que los niveles de severidad tienen casi la misma frecuencia, sin embargo, el nivel medio es el que posee mayores repeticiones, los cuales fueron hallados en 13 fallas distintas, luego tenemos con nivel bajo localizado en 12 fallas y por último el nivel alto registrado en 11 fallas distintas.

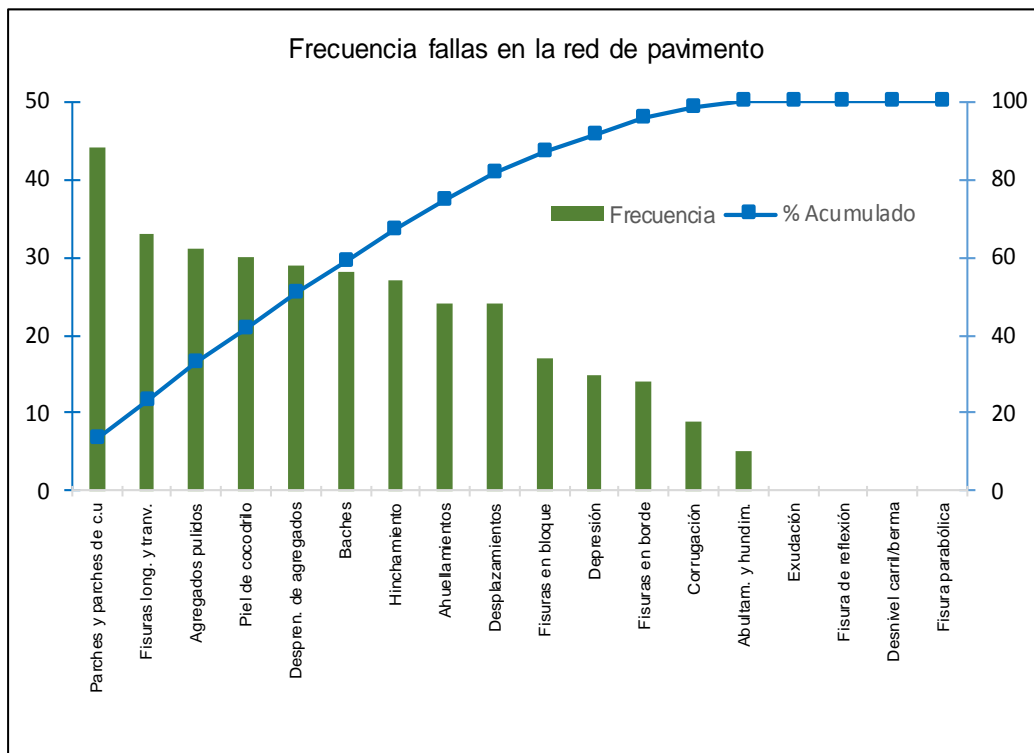


Figura 93. Frecuencia de fallas en la red de pavimento

A continuación, se hablará en términos generales de la condición actual de toda la vía inspeccionada, los cuales se presentan en la tabla 28 e ilustran en la figura 94.

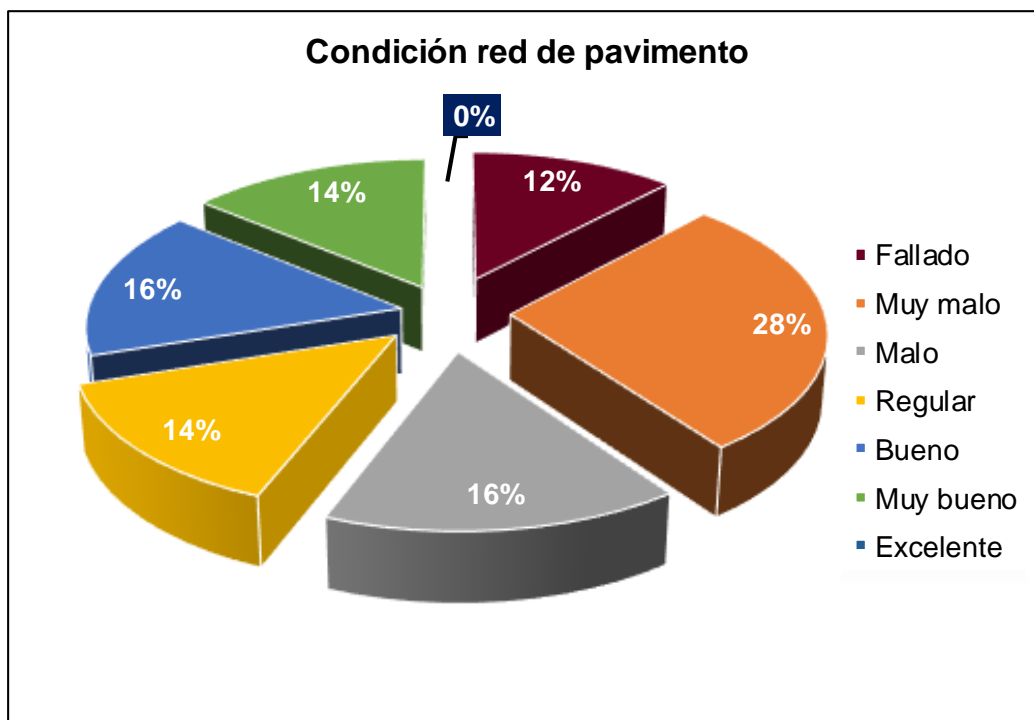


Figura 94. Condición actual de la red de pavimento

Tabla 28

Condición actual de la red de pavimento

Tramo	Unidad muestra	Abscisa inicial	Abscisa final	Longitud UM (ml)	Ancho de vía UM (ml)	Área	PCI UM	Calificación	PCI tramo
1	UM 01	0+0.0	0+23	23.00	10.00	230.00	19	Muy malo	15.7
	UM 02	0+23	0+46	23.00	10.00	230.00	9	Fallado	
	UM 03	0+46	0+69	23.00	10.00	230.00	15	Muy malo	
	UM 04	0+69	0+92	23.00	10.00	230.00	18	Muy malo	
	UM 05	0+92	0+115	23.00	10.00	230.00	11	Muy malo	
	UM 06	0+115	0+138	23.00	10.00	230.00	8	Fallado	
	UM 07	0+138	0+161	23.00	10.00	230.00	13	Muy malo	
	UM 08	0+161	0+184	23.00	10.00	230.00	12	Muy malo	
	UM 09	0+184	0+215	31.00	7.40	229.40	10	Fallado	
	UM 10	0+215	0+239.5	24.50	7.40	181.30	18	Muy malo	
	UM 11	0+290	0+321	31.00	7.40	229.40	10	Fallado	
	UM 12	0+321	0+352	31.00	7.40	229.40	28	Malo	
	UM 13	0+352	0+383	31.00	7.40	229.40	11	Muy malo	
	UM 14	0+383	0+414	31.00	7.40	229.40	17	Muy malo	
	UM 15	0+414	0+445	31.00	7.40	229.40	9	Fallado	
	UM 16	0+445	0+476	31.00	7.40	229.40	13	Muy malo	
	UM 17	0+476	0+507	31.00	7.40	229.40	13	Muy malo	
	UM 18	0+507	0+538	31.00	7.40	229.40	37	Malo	
	UM 19	0+538	0+556.5	18.50	8.00	148.00	17	Muy malo	
	UM 20	0+556.5	0+575	18.50	8.00	148.00	26	Malo	
2	UM 21	0+575	0+598	23.00	10.00	230.00	37	Malo	58.0
	UM 22	0+598	0+621	23.00	10.00	230.00	26	Malo	
	UM 23	0+621	0+644	23.00	10.00	230.00	61	Bueno	
	UM 24	0+644	0+667	23.00	10.00	230.00	78	Muy bueno	
	UM 25	0+667	0+690	23.00	10.00	230.00	71	Muy bueno	
	UM 26	0+690	0+713	23.00	10.00	230.00	59	Bueno	
	UM 27	0+713	0+736	23.00	10.00	230.00	45	Regular	
	UM 28	0+736	0+759	23.00	10.00	230.00	39	Malo	
	UM 29	0+759	0+782	23.00	10.00	230.00	60	Bueno	
	UM 30	0+782	0+805	23.00	10.00	230.00	54	Regular	
	UM 31	0+805	0+828	23.00	10.00	230.00	79	Muy bueno	
	UM 32	0+828	0+851	23.00	10.00	230.00	78	Muy bueno	
	UM 33	0+851	0+874	23.00	10.00	230.00	54	Regular	
	UM 34	0+874	0+897	23.00	10.00	230.00	64	Bueno	
	UM 35	0+897	0+920	23.00	10.00	230.00	49	Regular	
	UM 36	0+920	0+943	23.00	10.00	230.00	61	Bueno	
	UM 37	0+943	0+966	23.00	10.00	230.00	60	Bueno	
	UM 38	0+966	0+989	23.00	10.00	230.00	55	Regular	
	UM 39	0+989	1+012	23.00	10.00	230.00	43	Regular	
	UM 40	1+012	1+035	23.00	10.00	230.00	70	Bueno	
	UM 41	1+035	1+058	23.00	10.00	230.00	77	Muy bueno	
	UM 42	1+058	1+081	23.00	10.00	230.00	36	Malo	
	UM 43	1+058	1+104	23.00	10.00	230.00	79	Muy bueno	
PCI ponderado red de pavimento							38.35	Malo	

De la tabla 28, se tiene que el PCI ponderado de la red de pavimento, conformado por las avenidas Venezuela y Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) fue de 38.35, esto quiere decir de acuerdo a la calificación del índice de condición del pavimento corresponde a un pavimento en estado malo. Sin embargo, en la figura 94 se observa que la calificación ocurre más para pavimentos muy malos, esto ocurre porque, la calificación cualitativa en razón al promedio de varios índices no siempre acompañara al resultado cuantitativo, como ha ocurrido en este caso, ya que los resultados obtenidos han sido muy dispersos, de fallado (PCI entre 0 y 10) hasta pavimentos en estado muy bueno (PCI entre 71 y 85).

Los resultados logrados en términos generales, es decir de toda la red de pavimento, no podrán ser utilizados para establecer las acciones de conservación, debido a que existe evidente diferencia entre una y otra avenida, razón a ello, el mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción, según corresponda, se deben realizar para cada sección o tramo homogéneo en cuanto a los resultados obtenidos del PCI

Asimismo, la ASTM D 6433-07, indica que cuando se han obtenido resultados de PCIs netamente excelentes o fallados, será necesario tomar muestras adicionales con la finalidad de corroborar los resultados. Al respecto, en esta investigación no fue necesario tomar estas muestras, debido a que se obtuvieron resultados de PCIs desde fallado hasta muy buenos, como ya se mencionó en el párrafo anterior.

Capítulo IV.

Proceso de contraste de hipótesis

4.1.1. Contraste de hipótesis general

a) Planteamiento de la hipótesis nula y alterna:

H_0 : El índice de condición del pavimento flexible de la Av. Venezuela y Av. Panamericana es regular (PCI entre 41 y 55) $\mu = 48$

H_a : $\mu \neq 48$

b) Nivel de significación a los extremos laterales: $\alpha = 0.05$

c) Estadístico de prueba $Z_c = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s_{\bar{x}}}{\sqrt{n}}}$; $n > 30$ distribución Normal

d) Región crítica: como la hipótesis alterna es bilateral, la región de rechazo está a la izquierda y derecha de la tabla distribución Normal, ubicando la probabilidad $1 - \alpha/2 = 0.975$, Se obtiene el rango de aceptación (-1.96, 1.96)

e) Valor calculado: $Z_c = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s_{\bar{x}}}{\sqrt{n}}} = \frac{38.35 - 48}{24.62/\sqrt{43}} = -2.57$

f) **Decisión:** El valor $Z_c = -2.57$ cae en la región de rechazo, podemos rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se puede asegurar con un 5% que el PCI promedio de condición regular no se da en la red de pavimento: Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar).

Tabla 29

Estadística descriptiva para la variable PCI red de pavimento

Datos de estadística descriptiva	Indicador	Descripción
Media	38.35	Malo
Error típico	3.77	
Mediana	37.00	Malo
Moda	13.00	Muy malo
Desviación estándar	24.62	
Varianza de la muestra	605.99	
Curtosis	-1.46	
Coficiente de asimetría	0.27	
Rango	71.00	Muy bueno
Mínimo	8.00	Fallado
Máximo	79.00	Muy bueno
Suma	1649.00	
Cuenta	43.00	UM

4.1.2. Contraste de las hipótesis específicas

Hipótesis específica 1

a) Planteamiento de la hipótesis nula y alterna:

H₀: La falla con mayor frecuencia en el pavimento flexible de la Av. Venezuela y Av. Panamericana es la fisura piel de cocodrilo $\mu = 10$

H_a: $\mu \neq 10$

b) Nivel de significación a los extremos laterales: $\alpha = 0.05$

c) Estadístico de prueba: $t_c = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s_{\bar{x}}}{\sqrt{n}}}$; $n < 30$ distribución T- Student

d) Región crítica: La hipótesis es a dos colas, la región de rechazo está a la izquierda y derecha y el valor crítico ubicado en la tabla T- Student, con 13 grados de libertad, $t_{n, 1-\alpha/2} = t_{13, 0.975} = 2.1604$. Se obtiene el rango de aceptación (-2.1604, 2.1604)

e) Valor calculado: $t_c = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s_{\bar{x}}}{\sqrt{n}}} = \frac{23.6 - 10.0}{10.41/\sqrt{14}} = 4.88$

f) **Decisión:** El valor $t_c = 4.88$ cae en la región de rechazo, podemos rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se puede asegurar con un 5% que la falla piel de cocodrilo no es la más frecuente en la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar).

Hipótesis específica 2

a) Planteamiento de la hipótesis nula y alterna:

H₀: El nivel de severidad con mayor frecuencia en el pavimento flexible de la Av. Venezuela y Av. Panamericana es el nivel medio $\mu = 13$

H_a: $\mu \neq 13$

b) Nivel de significación a los extremos laterales: $\alpha = 0.05$

c) Estadístico de prueba: $Z_c = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s_{\bar{x}}}{\sqrt{n}}}$; $n < 30$ distribución T- Student

d) Región crítica: La hipótesis es a dos colas, la región de rechazo está a la izquierda y derecha y el valor crítico ubicado en la tabla T- Student, con 2 grados de libertad, $t_{n,1-\alpha/2} = t_{2,0.975} = 4.3027$. Se obtiene el rango de aceptación $(-4.3027, 4.3017)$

e) Valor calculado: $Z_c = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s_{\bar{x}}}{\sqrt{n}}} = \frac{12 - 13}{1/\sqrt{3}} = -1.73$

f) **Decisión:** El valor $Z_c = -1.73$ cae en la región de aceptación, podemos aceptar la hipótesis nula. Por lo tanto, se puede asegurar con un 5% que el nivel de severidad con mayor frecuencia en la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) es el nivel medio.

Capítulo V.

Discusión de resultados

El PCI obtenido en la Av. Venezuela fue de 15.70 que representa a un pavimento en estado muy malo, mientras que en la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) fue de 58 equivalente a un pavimento en estado bueno.

Al respecto Menéndez (2003) afirma que la condición de pavimento muy malo es la “última etapa de su existencia y generalmente se observa dicha condición a partir de los 20 años de iniciado su funcionamiento, siempre en cuando no haya existido un adecuado mantenimiento de la vía” (pág.6). Asimismo, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2014), indica que el tiempo de vida útil de un pavimento flexible está entre 15 años a 20 años, siendo así, el pavimento de la Av. Venezuela ya habría cumplido con este tiempo, porque según información verbal obtenida de la Oficina de Mantenimiento de la Gerencia de Obras de la Municipalidad Provincial de Abancay esta vía tiene más de 25 años en funcionamiento, ratificando con ello, lo antes expuesto. En cuanto al estado bueno que posee la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar), Menéndez (2003), afirma también que esta condición se refleja dentro de los primeros 14 años de iniciado su operatividad, siendo así, este pavimento se encuentra mucho mejor de lo que se esperaba, pues se tiene conocimiento que la Av. Panamericana tiene 18 años desde el término de su construcción.

Como se puede apreciar en el párrafo anterior, existe una evidente diferencia entre ambas avenidas, a pesar de ser vías contiguas y poseer el mismo tráfico vehicular, a excepción del tiempo de vida de cada una de ellas. Esta diferencia se debe a que la Av. Venezuela no posee sistema de drenaje adecuado, provocando con ello la filtración, el estancamiento de aguas pluviales y al proceder con la circulación constante de los vehículos, estos sufrieron fatiga y deformaciones, produciéndose ahuellamientos, trayendo consigo la formación de charcos de agua originado el desgaste y la falla del pavimento. Asimismo, esta diferencia se debe también al mantenimiento impropio que se efectúa en esta vía, pues como se conoce en marzo de este año, la Municipalidad provincial de Abancay realizó el mantenimiento que consistió en el parchado y bacheo profundo. Al respecto, el trabajo de campo de esta tesis se realizó en agosto del 2018, encontrando en total 43 baches en toda la Av.

Venezuela. Por lo tanto, se afirma, que el mantenimiento ejecutado no fue el adecuado.

Asimismo, la condición del pavimento está relacionado con los tipos de fallas, el nivel de severidad y la cantidad de las mismas. La Av. Venezuela y la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) poseen los mismos tipos de fallas, pero a diferencia de la Av. Panamericana, la Av. Venezuela tiene mayor cantidad en cada tipo de falla y todas presentan los tres niveles de severidad (bajo, medio y alto) a excepción de las fisuras en bloque, abultamientos y hundimientos, fisuras en borde y ahuellamientos; siendo los baches, corrugaciones y piel de cocodrilo todos con nivel de severidad alto las fallas que más han perjudicado el estado de la vía en ese orden, según sus valores deducidos; mientras que, las fallas que más daño produjeron al tramo evaluado de la Av. Panamericana, en primer lugar está la depresión, luego el hinchamiento los dos con nivel de severidad alto y finalmente está el ahuellamiento de nivel bajo. Según ASTM D 6433.07, todas estas fallas tienen su origen en el paquete estructural del pavimento, cuando ello ocurre, son considerados como fallas estructurales. Asimismo, según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) la falla estructural “comprende los defectos de la superficie de rodadura, cuyo origen es la falla en la estructura del pavimento, es decir afecta a uno o más capas del pavimento” (pág. 168).

Las fallas más frecuentes en la Av. Venezuela son: piel de cocodrilo y parches y parches de cortes utilitarios; mientras que en la Av. Panamericana (Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) fue el agregado pulido. Como se puede apreciar del párrafo anterior, las fallas que más aparecieron en las unidades de muestreo, no siempre son las que más afectan al pavimento, pues en el caso del agregado pulido se registró en todas las unidades de la Av. Panamericana; sin embargo, no influyó en la condición del pavimento, debido a que es una falla funcional y según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) estas fallas “*comprenden los defectos de la capa de rodadura, debido a las fallas de capa superficial y no guardan relación con la estructura del pavimento*”. pág. 168

Para que una falla funcional afecte al pavimento, este deberá presentarse en grandes proporciones y con niveles altos de severidad; mientras que la falla estructural, apareciendo muy pocas veces como es el caso de la depresión localizado únicamente en la unidad de muestra UM 42, fue la que más daño ocasionó al

pavimento flexible de la Av. Panamericana (mencionado en el párrafo cuatro de este capítulo) y en otros casos aun presentando niveles bajos, siempre causaran daños considerables en la vía. Asimismo, Vergara (2014) en su tesis “Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI tramo Quichuay – Ingenio del km 0+000 al km 1+000, 2014” afirma que los daños producidos por las fallas funcionales no lo determina una área considerable, sino, para que produzca un daño importante debe ser una falla funcional de nivel de severidad alto”, corroborando con ello, lo relatado en el inicio de este párrafo.

Según Jugo (2005) cuando el resultado PCI se encuentra en el rango (0 a 25), correspondiente a pavimentos fallados y muy malos como es el caso de la Av. Venezuela, este deberá ser reconstruido, solo de esta manera la vía podrá estar apta para el tránsito vehicular; mientras, que para pavimentos en estado bueno (PCI entre 56 y 70), como es el caso de la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) se deberán realizar mantenimientos rutinarios para conservar ó mejorar el estado actual de la mencionada avenida. La definición de cada tratamiento se encuentra en el punto 2.2.10

Como se mencionó en el párrafo tres el mantenimiento realizado al pavimento flexible de la Av. Venezuela no es el adecuado, según el planteamiento de Jugo (2005) a este le corresponde la reconstrucción total de la vía. Asimismo, se ha observado que las unidades de muestreo que colindan con la Av. Panamericana como es la UM 19 y 20, son las que presentan mejor condición en la Av. Venezuela, ayudando con ello a mejorar el promedio de calificación; mientras que en la Av. Panamericana ocurre todo lo contrario, ya que las unidades UM 21 y 22 presentan los índices más bajos en esta vía, lo cual perjudican el promedio total y por ende la condición del pavimento. Por lo tanto, las unidades colindantes han influenciado en los resultados generales de cada vía.

Finalmente, las acciones de mantenimiento o conservación deben realizarse con un previo estudio de la condición real de la vía, de esta manera se ayuda al pavimento con su durabilidad, confort y seguridad en beneficio de los usuarios, tal como lo señala Figueroa, et al., (2009) en su revista denominada “Manual para el mantenimiento de la red vial secundaria (pavimentada y en afirmado)”

Conclusiones

- ✚ El índice de condición del pavimento flexible de la Av. Venezuela fue de 15.70 correspondiente a un pavimento en muy malas condiciones y por consiguiente no se encuentra apta para el tránsito vehicular; mientras que la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar), su índice fue de 58 calificando al tramo en buen estado, lo que se traduce que la vía está en condiciones adecuadas para la circulación.
- ✚ Los tipos de fallas encontradas en la inspección de las vías fueron: piel de cocodrilo, fisuras en bloque, abultamientos y hundimientos, corrugación, depresión, fisuras en borde, fisuras longitudinales y transversales, parches y parches de cortes utilitarios, agregados pulidos, baches, ahuellamientos, desplazamientos, hinchamientos y finalmente desprendimiento de agregados. Siendo las más frecuentes piel de cocodrilo y parches y parches de cortes utilitarios en la Av. Venezuela y el agregado pulido en la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar).
- ✚ Las fallas que más daño causaron al pavimento flexible de la Av. Venezuela fueron los baches, corrugaciones y piel de cocodrilo, todos con nivel de severidad alto; mientras que en la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) fueron las depresiones e hinchamientos con nivel alto y ahuellamientos de mediana severidad.

Recomendaciones

- ✚ El resultado PCI de la Av. Venezuela arrojó que el pavimento se encuentra en muy mal estado, para lo cual se debe realizar la reconstrucción total de la vía (pavimento nuevo) con el fin de contar con una avenida que brinde seguridad y confort a los usuarios. Asimismo, si se insiste con realizar trabajos de mantenimiento, se estaría incurriendo en un ciclo iterativo de pavimento en aparente condición buena por algunos meses a nuevamente pavimento en muy malas condiciones, ocasionado con ello, gastos insulsos en perjuicio del estado.
- ✚ Por otro parte, el resultado obtenido en la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar), arrojo que dicho tramo se encuentra en buen estado, al respecto se recomienda realizar trabajos de mantenimiento a todo el tramo estudiado, adicionalmente a ello, efectuar labores de rehabilitación (remoción) solamente en las partes más dañadas de dicho tramo, de esta manera se estaría ayudando al pavimento a cumplir con el tiempo de vida útil.
- ✚ La inspección realizada a la Av. Panamericana comprendió solo un cierto tramo, por ende los resultados y las recomendaciones solo son para el tramo estudiado. Entonces para conocer la condición de toda la Av. Panamericana, será necesario realizar la evaluación de toda la vía, de esta manera obtener un resultado a nivel global, ya que por motivos de tiempo y recursos, solo se inspeccionó el tramo Av. Canadá hasta el Pje. Simón Bolívar. Sin embargo, se puede tomar como referencia los resultados obtenidos en esta avenida, ya que comprende el 30% del total de la vía.
- ✚ Los tratamientos que se le da al pavimento no deberían realizarse al azar o pensando que es el adecuado para el pavimento, sino, que es importante conocer los mecanismos apropiados a seguir de acuerdo a la condición real de la vía. Además, cada cierto periodo de tiempo ir monitoreando el comportamiento frente a factores internos como externos con el fin de predecir el estado del pavimento. Para ello, el método del PCI puede ser aplicado, ya que este método determina el estado actual de la vía, con un 95% de confiabilidad, a través de la inspección visual recorriendo por la superficie del pavimento e identificando y cuantificando las fallas existentes. Entonces con los resultados del cálculo del PCI, se pueden elegir los tratamientos adecuados para conservar al pavimento

en condiciones adecuadas de servicio. Asimismo, este método es muy recomendable por su fácil aplicación, además el hecho de no utilizar técnicas ni instrumentos especializados lo consagran como el método más apropiado para países con acceso limitado a nuevas tecnologías para la evaluación de pavimentos, como es nuestro caso.

Referencias bibliográficas

- American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO. (1993). *Diseño de pavimentos*. Estados Unidos.
- American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07. (2007). *Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos*. Estados Unidos: ASTM Internacional.
- Armijos, S. C. (2009). *Evaluación superficial de algunas calles de la ciudad de Loja*. Loja - Ecuador.
- Borja, S. M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo - Perú.
- Consecciones Grupo 2 Centro Occidente. (2013). *Estudio de pavimento corredor: Ibagué – La Paila*. Bogotá - Colombia.
- Correo. (2016, julio 14). *Contraloría inspecciona vías en mal estado en 8 ciudades del sur del país*. Retrieved from Correo: <https://diariocorreo.pe/edicion/arequipa/contraloria-inspecciona-vias-en-mal-estado-en-8-ciudades-del-sur-del-pais-684837/>
- Department of Transportation Federal Highway Administration. (2003). *Distress Identification Manual for the Long- Term Pavement Performance Program*. Estados Unidos.
- Dirección Nacional Técnica de Demarcación Territorial - PCM. (2006). *Estudio de diagnóstico de zoonificación de la provincia de Abancay - Apurímac*. Lima.
- Espinoza, F. J. (2016). *Fundamentos básicos y guía en la construcción de carreteras*. Santo Domingo: Conadex.
- Figuroa, I. A., Flórez, V. C., León, N. M., Muñoz, D. E., Reyes, L. F., & Rodríguez, O. J. (2009). *Manual para el mantenimiento de la red vial secundaria (pavimentada y en afirmado)*. Bogotá - Colombia.
- Grupo Técnico Convenio 587. (2006). *Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles*. Colombia.
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: Infagón Web S.A.
- Jugo, B. A. (2005). *Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimento flexibles*. Caracas - Venezuela.
- Laboratorio y Topografía S.A. (2018, Agosto 25). *Proyecto El Salvador 1*. Retrieved from <http://labtop-ca.com/nuestros-clientes/proyectos-ejecutados/>
- Menéndez, J. R. (2003). *Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas - Manual técnico*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Perú. (2013). *Manual de carreteras - conservación vial*. Lima - Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Perú. (2014). *Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Lima - Perú.
- Monsalve, E. L., Giraldo, V. L., & Maya, G. J. (2012). *Diseño de pavimento flexible y rígido*. República de Armenia.

- Montejo, F. A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogotá - Colombia: Stella Valbuena de Fierro.
- MSN Noticias. (2018, mayo 18). *Las mejores y peores carreteras de América Latina*. Retrieved from MSN Noticias: <https://www.msn.com/es-xl/noticias/mundo/las-mejores-y-peores-carreteras-de-am%C3%A9rica-latina/ss-BBloYQn#image=7>
- Rodríguez, V. E. (2009). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla*. Tesis. Piura - Perú.
- Sánchez, S. F. (2016). *Materiales para base y subbase*.
- Schiessler, A., & Bull, A. (1992). *Caminos - un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales*. España.

APÉNDICES

Lista de apéndices

Apéndice A. Curva de valor deducido corregido CDV	156
Apéndice B. Abaco de curvas de valor deducido DV.....	157
Apéndice C. Información de la obra ejecutada en la Av. Venezuela	164
Apéndice D. Consentimiento Informado	167

Apéndice A. Curva de valor deducido corregido CDV

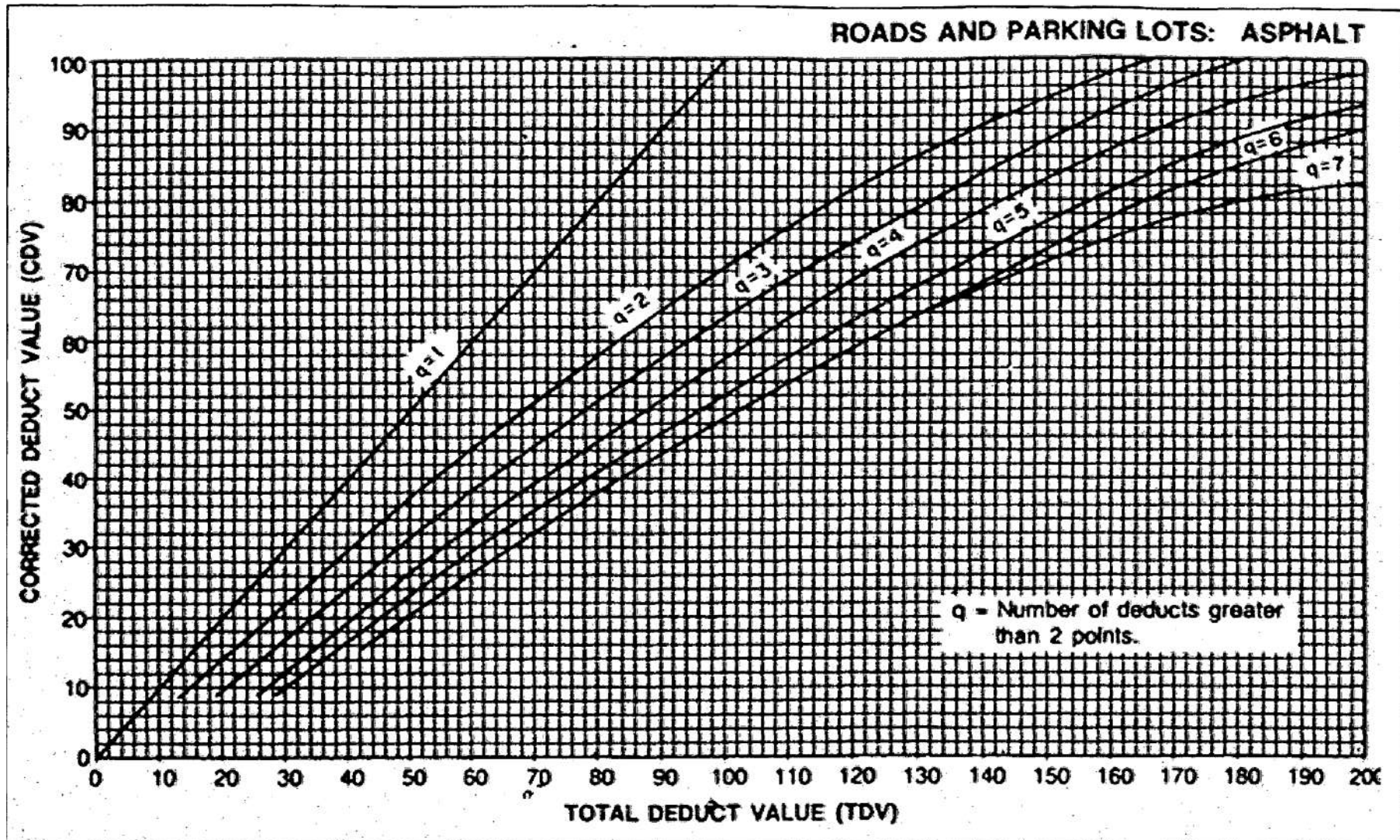


Figura 95. Curva de valor deducido corregido

Fuente. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007, pág. 42)

Apéndice B.

Abaco de curvas de valor deducido DV.

A continuación, se mostraran las figuras de las curvas de valor deducido para pavimentos flexibles, para cada tipo de falla que en total son 18, según el Procedimiento estándar para la Inspección del índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos. (American Society for Testing and Materials - ASTM D 6433-07, 2007)

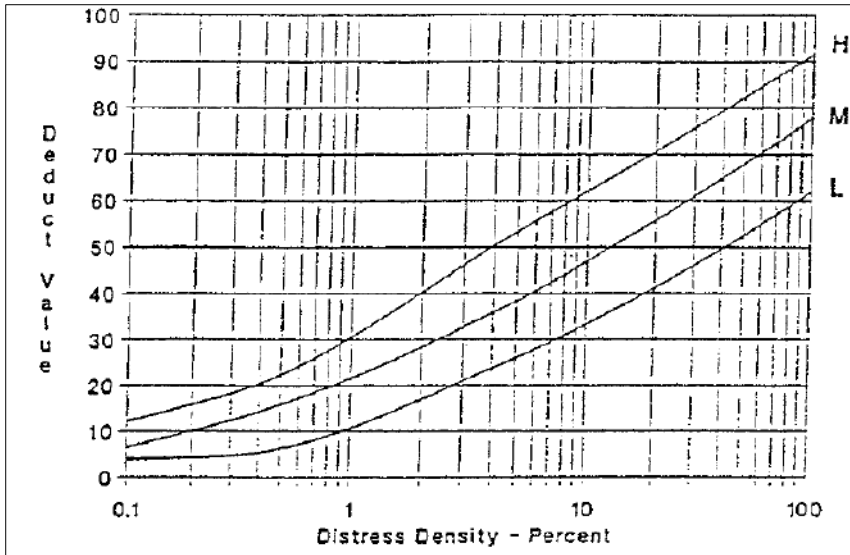


Figura 96. Curva de valor deducido falla piel de cocodrilo

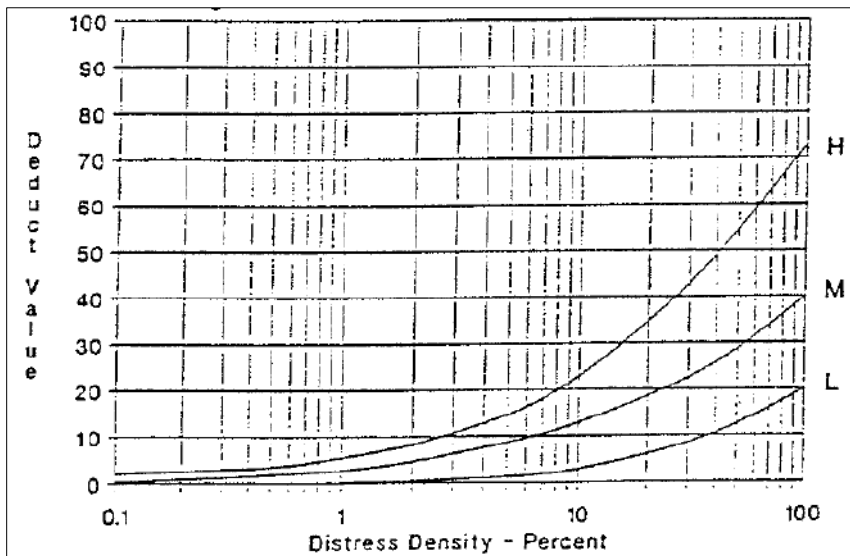


Figura 97. Curva de valor deducido falla exudación

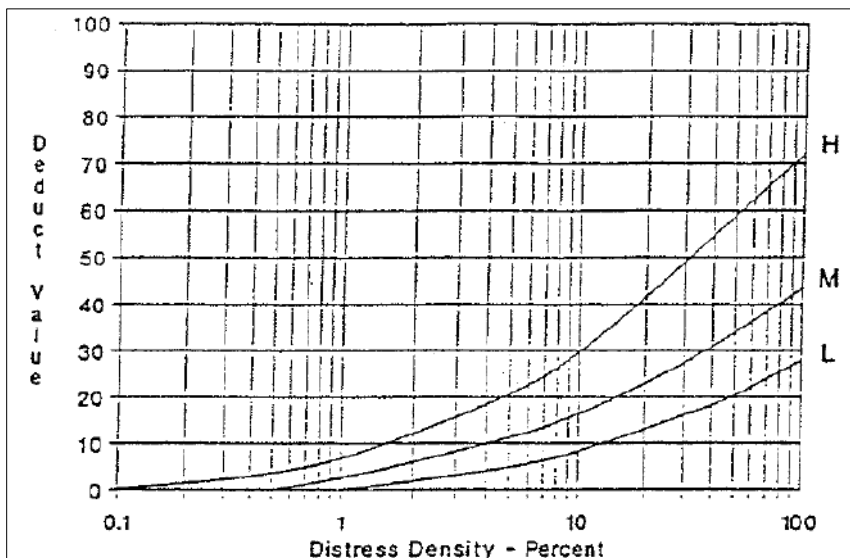


Figura 98. Curva de valor deducido falla fisuras en bloque

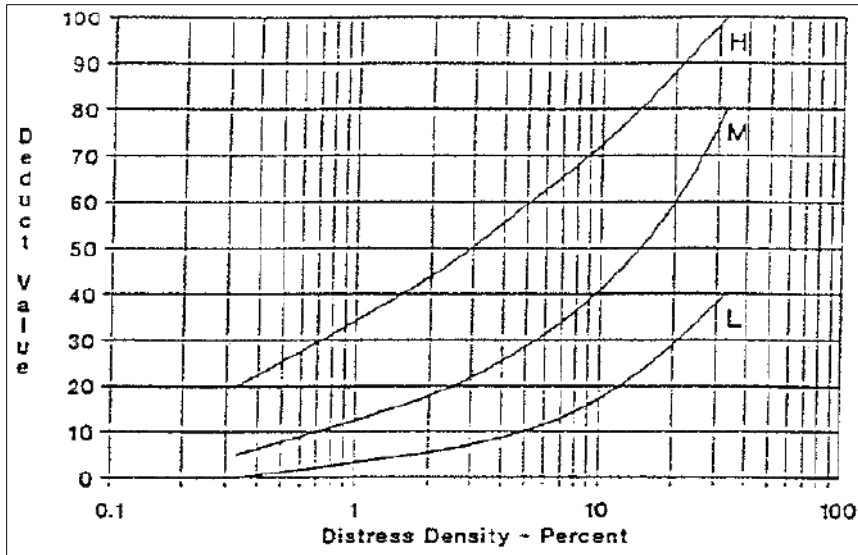


Figura 99. Curva de valor deducido falla abultamientos y hundimientos

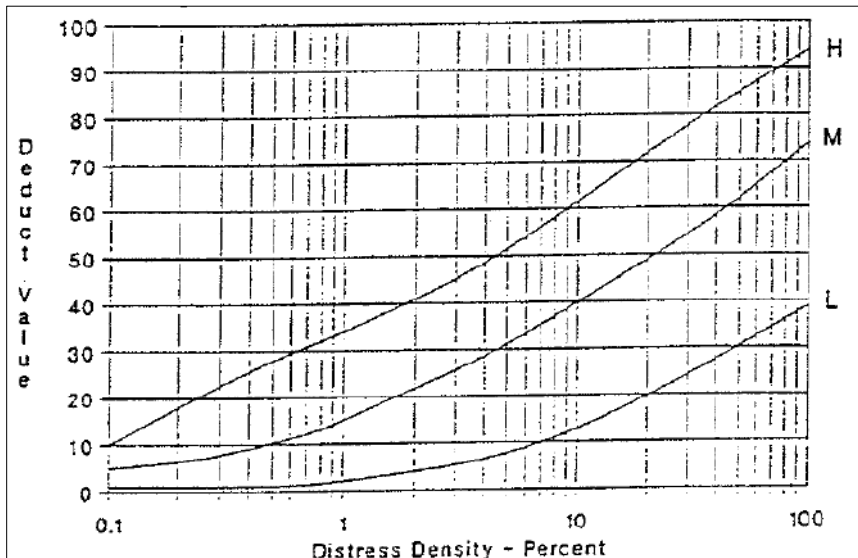


Figura 100. Curva de valor deducido falla corrugación

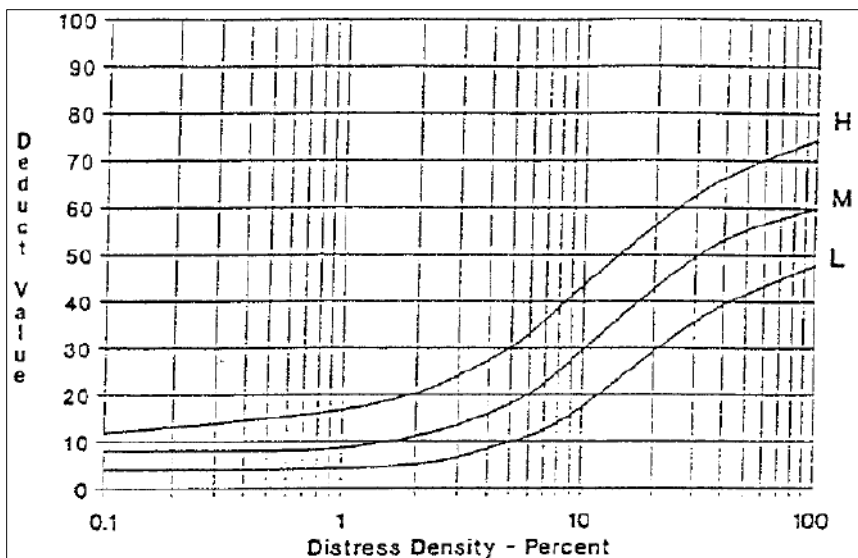


Figura 101. Curva de valor deducido falla depresión

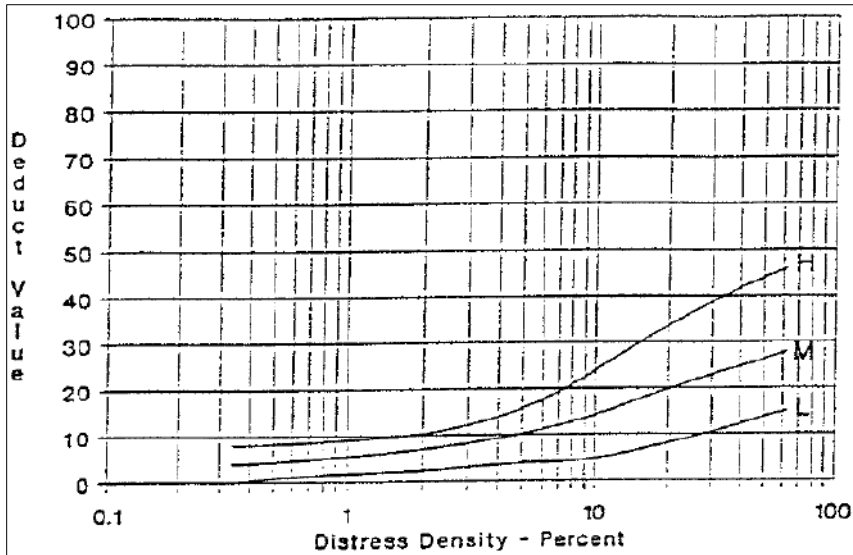


Figura 102. Curva de valor deducido falla fisuras en borde

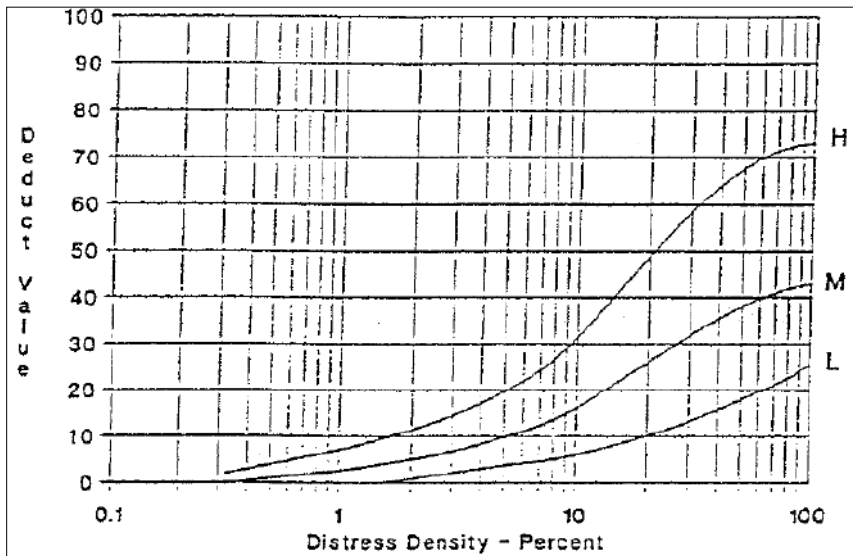


Figura 103. Curva de valor deducido falla fisura de reflexión de junta

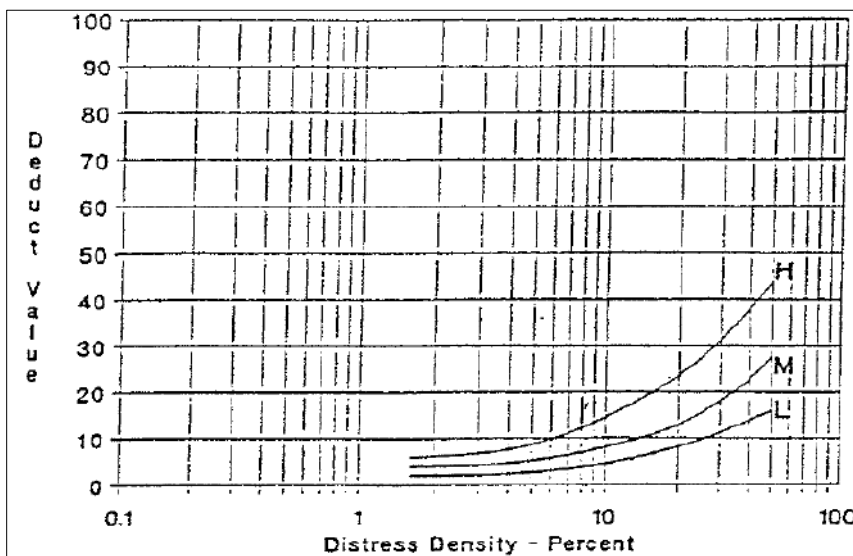


Figura 104. Curva de valor deducido falla parches y parches de cortes utilitarios

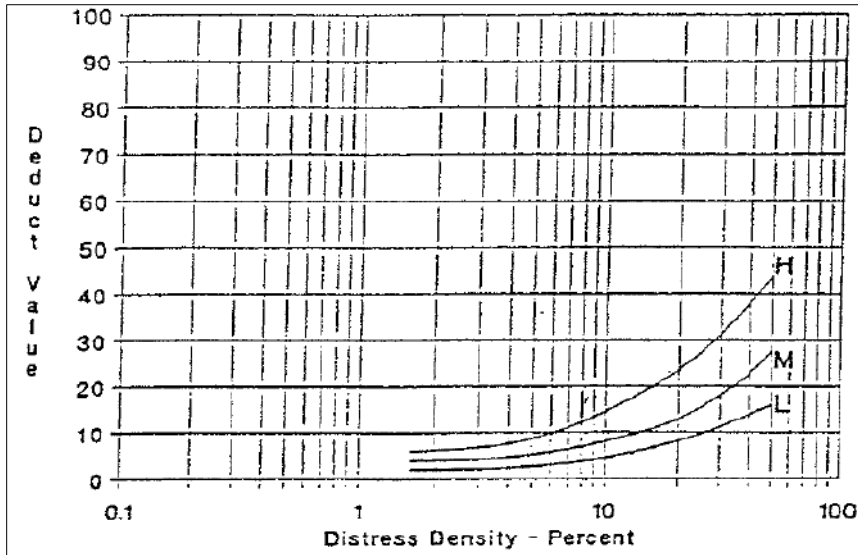


Figura 105. Curva de valor deducido falla fisuras longitudinales y transversales

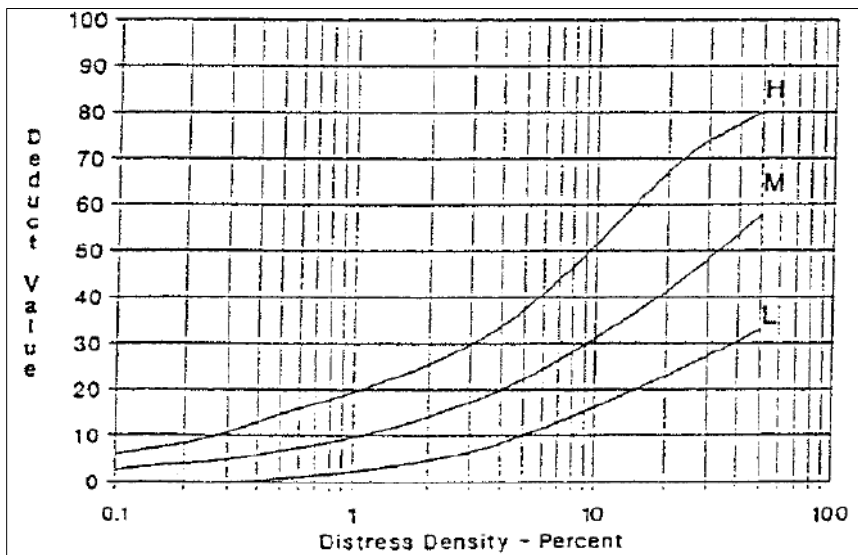


Figura 106. Curva de valor deducido falla parches y parches de cortes utilitarios

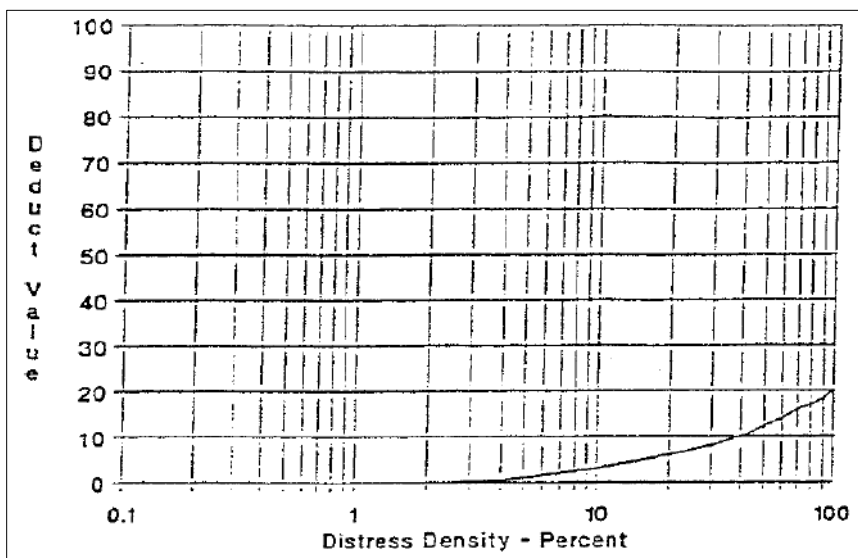


Figura 107. Curva de valor deducido falla agregados pulidos

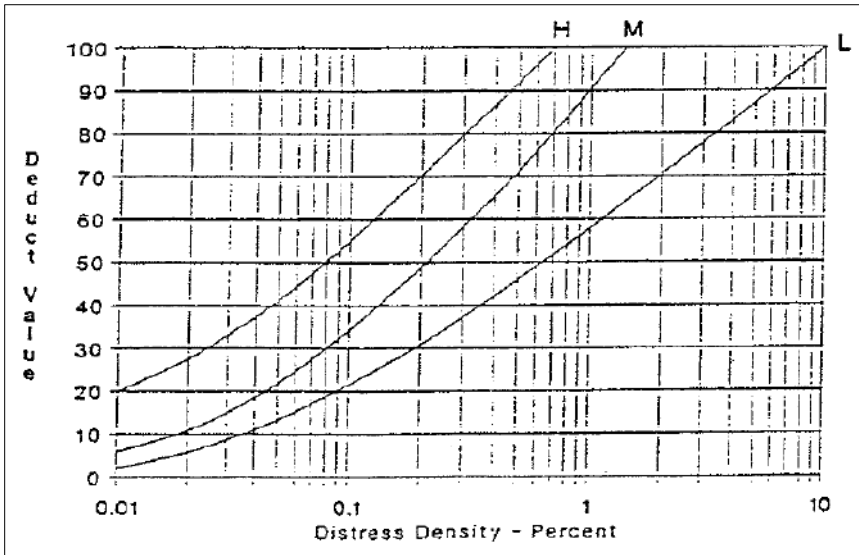


Figura 108. Curva de valor deducido falla baches

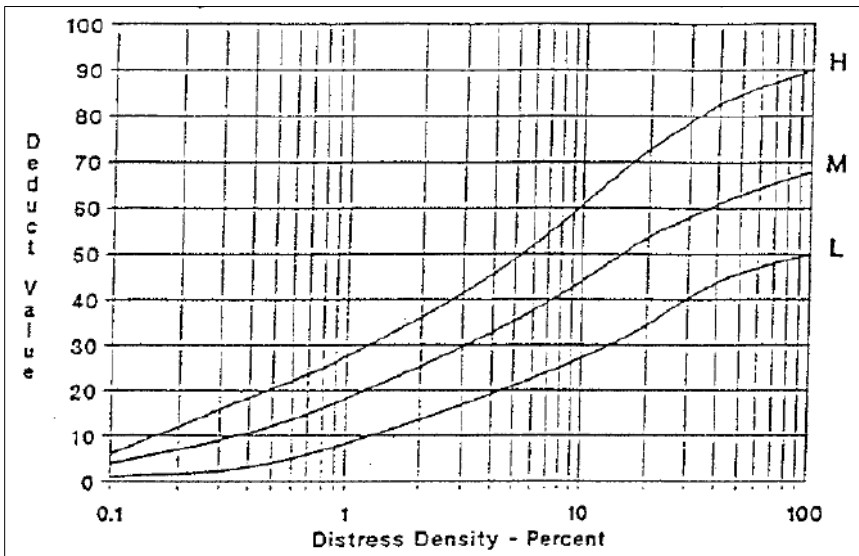


Figura 109. Curva de valor deducido falla ahuellamiento

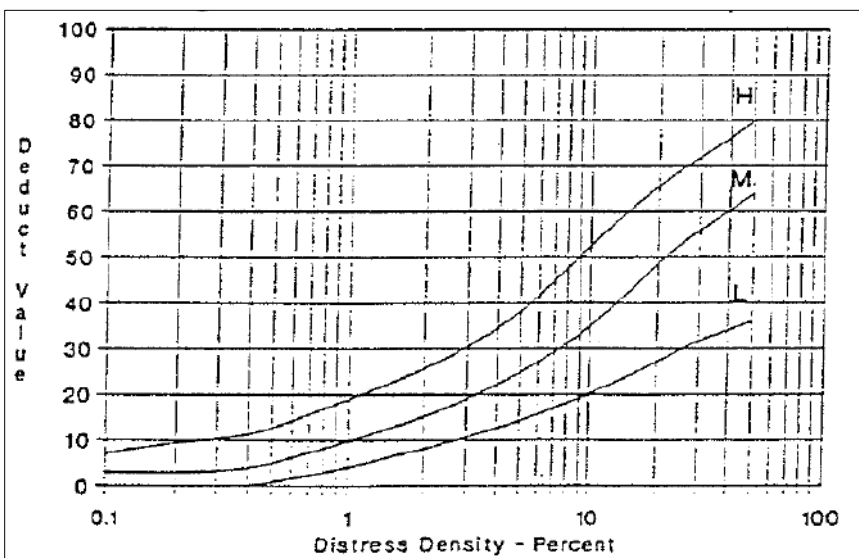


Figura 110. Curva de valor deducido falla desplazamiento

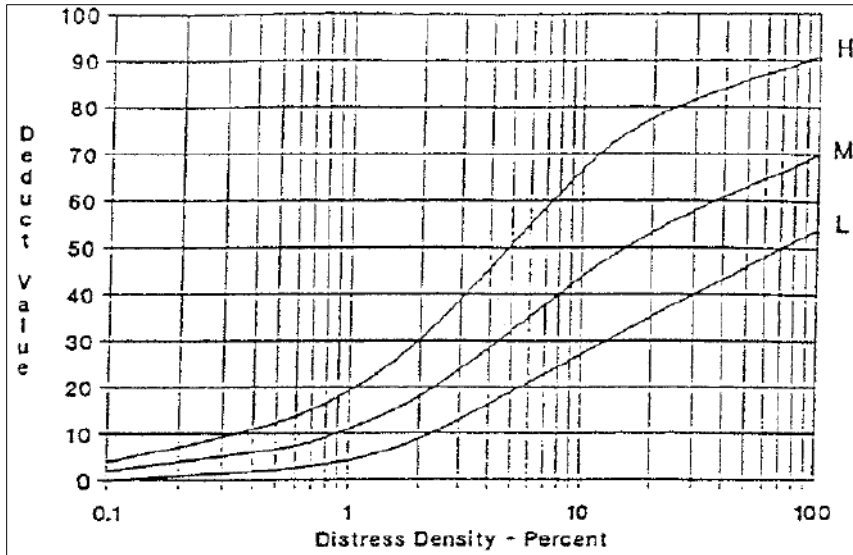


Figura 111. Curva de valor deducido falla fisuras parabólicas

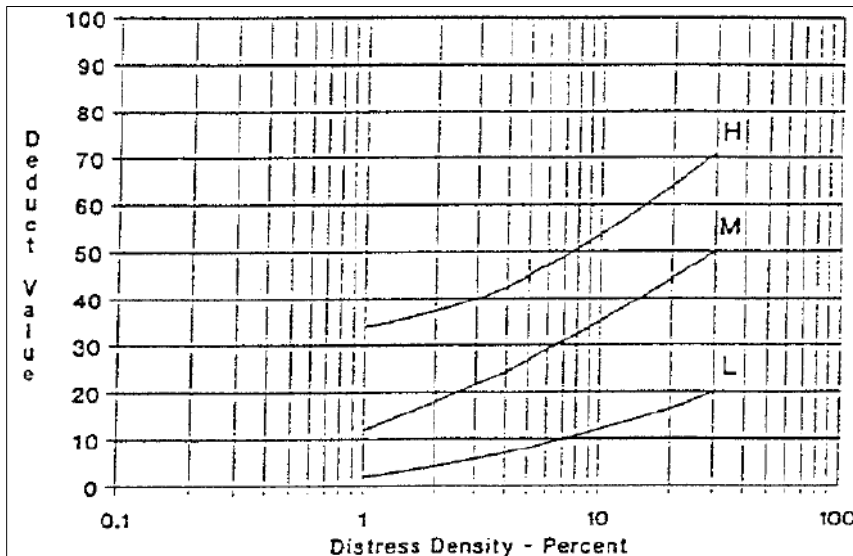


Figura 112. Curva de valor deducido falla hinchamiento

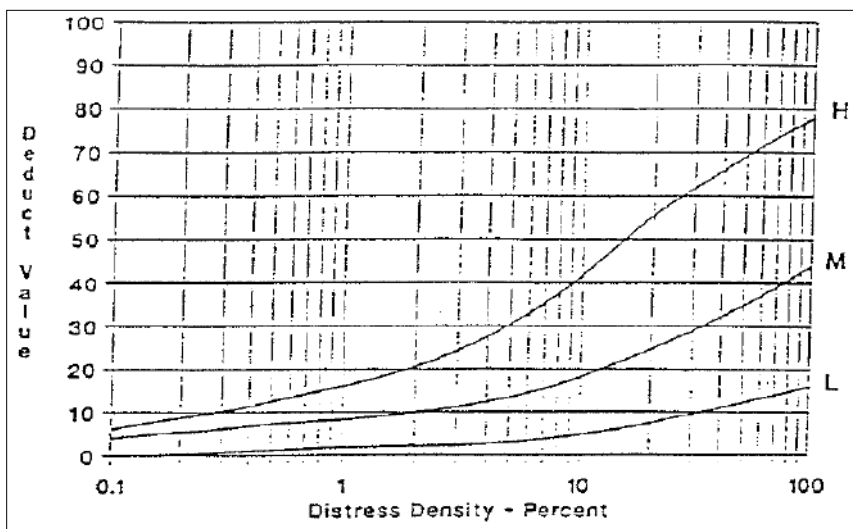


Figura 113. Curva de valor deducido falla peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados

Apéndice C.

Información de la obra ejecutada en la Av. Venezuela

En el mes de marzo del año 2018, se ejecutó una obra de mantenimiento vial en la Av. Venezuela denominada “CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN VÍA URBANA AV. VENEZUELA TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL PASAJE ESTADOS UNIDOS Y AV. CANADÁ, CENTRO POBLADO LAS AMÉRICAS, DISTRITO DE ABANCAY, PROVINCIA DE ABANCAY, DEPARTAMENTO DE APURÍMAC”, con un presupuesto de 75,255.80 soles. La información obtenida, es el resumen ejecutivo.



1. RESUMEN EJECUTIVO

1.1. NOMBRE DE LA ACTIVIDAD

"CONSERVACION Y MANTENIMIENTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIA URBANA AV. VENEZUELA, TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL PASAJE ESTADOS UNIDOS Y AV. CANADA, CENTRO POBLADO LAS AMERICAS, DISTRITO DE ABANCAY, PROVINCIA DE ABANCAY, DEPARTAMENTO DE APURÍMAC"

1.2. UBICACIÓN

DEPARTAMENTO : Apurímac
 PROVINCIA : Abancay
 DISTRITO : Abancay
 REGION GEOGRAFICA : Sierra
 ALTITUD : 2400 m.s.n.m
 CLIMA : Cálido –Templado

1.3. PIE DE PRESUPUESTO

MONTO DE INVERSION		
COSTO DIRECTO	SI.	67,805.80
GASTOS GENERALES (10.99)	SI.	7,450.00
PRESUPUESTO TOTAL	SI.	75,255.80

1.4. PLAZO DE EJECUCION

0.5 Mes (15 días calendarios)

1.5. MODALIDAD DE EJECUCION

Administración Directa

1.6. FECHA: Marzo del 2018

1.7. OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD

La actividad presenta los siguientes objetivos principales:

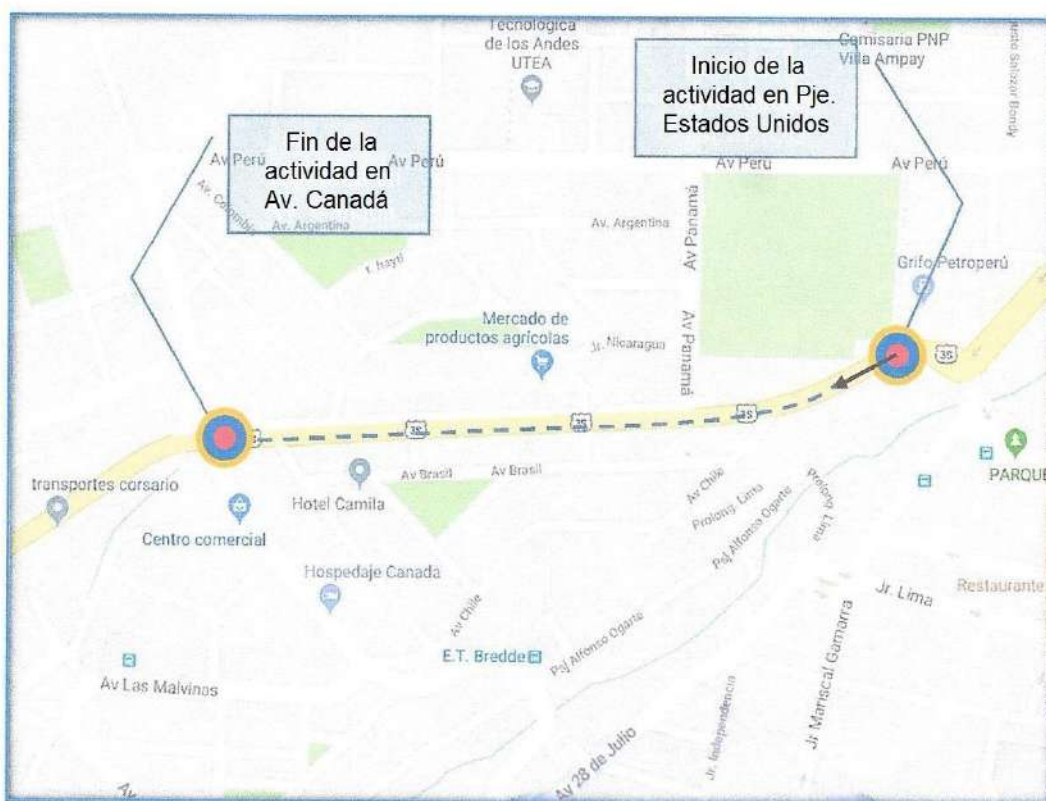
- Mejorar el ordenamiento y la transitabilidad vehicular
- Evitar accidentes vehiculares producto del deterioro del pavimento flexible
- Reducir la perdida de horas hombre
- Reducir el deterioro de los vehículos
- Brindar condiciones para un buen servicio al poblador



1.8. LONGITUD DE INTERVENCION

TRAMO		DISTANCIA		AREA	
DE	HASTA	LONGITUD	UND	CANTIDAD	UND
Pasaje EE.UU	Av. Canadá	575	M	489.58	M2

1.9. LOCALIZACIÓN



Apéndice D.

Consentimiento Informado

La Municipalidad Provincial de Abancay, otorga el consentimiento informado sobre la presente tesis, el cual fue realizado en las avenidas Venezuela y Panamericana del distrito y provincia de Abancay, por ser vías a cargo de dicha institución.



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ABANCAY
SUB GERENCIA DE OBRAS PÚBLICAS Y PRIVADAS



"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

La Municipalidad Provincial de Abancay, a través de la Sub Gerencia de Obras Públicas y Privadas, otorga el consentimiento informado a la **Srta. Hetty Liz Siguel Cáceres**, identificada con DNI 45243379, egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Alas Peruanas – Filial Abancay, por su trabajo de investigación denominado **"CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. VENEZUELA Y AV. PANAMERICANA (TRAMO AV. CANADÁ – PJE. SIMÓN BOLÍVAR) DE LA CIUDAD DE ABANCAY – APURIMAC, 2018"**, realizado en las avenidas, cuya responsabilidad de su conservación, están a cargo de esta entidad. Asimismo, dicho trabajo de investigación tiene el propósito de ser un aporte significativo para las instituciones encargadas del mantenimiento de las vías, respecto a los mecanismos de prevención de deterioro en pavimentos, la misma que no perjudica a la institución tampoco a mi persona.

Solicitud que se expide a solicitud de la interesada, para los fines que viera por conveniente.

Abancay, 19 de Diciembre del 2018


MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ABANCAY
Ing. Walter Saime Palomino
SUB GERENTE DE OBRAS PÚBLICAS Y PRIVADAS

ANEXOS

Lista de anexos

Anexo A. Matriz de consistencia.....	171
Anexo B. Hojas de registro de fallas Av. Venezuela	172
Anexo C. Hojas de registro de fallas Av. Panamericana.....	186
Anexo D. Fotografías de trabajo en campo y las fallas identificadas en la Av. Venezuela ..	195
Anexo E. Fotografías de trabajo en campo y fallas identificadas en la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá - Pje. Simón Bolívar).....	211
Anexo F. Planos	222

Anexo A. Matriz de consistencia

Tabla 30

Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensión	Indicador	Índice o unidad de medida	Metodología	Población
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general						
¿Cuál es el índice de condición del pavimento flexible en la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) de la ciudad de Abancay – Apurímac, 2018?	Calcular el índice de condición del pavimento flexible en la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) de la ciudad de Abancay – Apurímac, 2018.	El cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) de la ciudad de Abancay – Apurímac, 2018, se encuentran en estado regular.		Tipos de fallas en el pavimento, según ASTM D 6433-07	<ol style="list-style-type: none"> 1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Fisuras en bloque 4. Abultamiento y hundimiento 5. Corrugación 6. Depresión 7. Fisuras en borde 8. Fisuras de reflexión de junta 9. Desnivel carril - berma 10. Fisuras longitud. y transvers. 11. Parches y parches de c.u. 12. Agregados pulidos 13. Baches 14. Ahuellamiento 15. Desplazamiento 16. Fisura parabólica 17. Hinchamiento 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metro cuadrado (m2) 2. (m2) 3. (m2) 4. (m2) 5. (m2) 6. (m2) 7. Metro lineal (ml) 8. (ml) 9. (ml) 10. (ml) 11. (m2) 12. (m2) 13. Nº de ocurrencia 14. (m2) 15. (m2) 16. (m2) 17. (m2) 18. (m2) 	<p>Tipo Básico “busca enriquecer el conocimiento mediante la recolección de información de la realidad, orientándose al descubrimiento de principios y leyes que expliquen la realidad”. (Borja, 2012, pág. 10)</p> <p>Diseño No experimental “aquella que se efectúa sin manipular las variables, observando el fenómeno tal y como se da en su ambiente natural para posteriormente realizar su análisis” y, de corte transversal porque los datos se “recolectan en un solo momento, su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010, págs. 149, 151)</p> <p>Método Deductivo - Cuantitativo: Deductivo porque se aplica la norma internacional ASTM D-6433-07, a un caso en particular es decir específicamente a la Av. Venezuela y Av. Panamericana de la ciudad de Abancay y cuantitativo “porque utiliza la recolección de datos para probar hipótesis, en base en la medición numérica”. (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010, pág. 4)</p>	<p>Universo Está dado por las avenidas del Centro Poblado Las Américas de la ciudad de Abancay.</p> <p>Población Está representado por la Av. Venezuela y Av. Panamericana.</p> <p>Muestra Está compuesto por 43 unidades de muestra, distribuidos en 4 secciones.</p>
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas						
¿Cuáles son los tipos de fallas que se presentan en el pavimento flexible de la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) de la ciudad de Abancay – Apurímac, 2018, en base a la norma internacional ASTM D 6433-07?	Identificar los tipos de fallas presentes en el pavimento flexible de la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) de la ciudad de Abancay – Apurímac, 2018, en base a la norma internacional ASTM D 6433-07.	La falla con mayor frecuencia en el pavimento flexible de la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) de la ciudad de Abancay, 2018, es la fisura piel de cocodrilo.	Índice de condición del pavimento					
¿Cuáles son los niveles de severidad de los tipos de fallas presentes en el pavimento flexible de la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) de la ciudad de Abancay – Apurímac, 2018, en base a la norma internacional ASTM D 6433-07??	Determinar los niveles de severidad de los tipos de fallas existentes en el pavimento flexible de la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar) de la ciudad de Abancay – Apurímac, 2018, en base a la norma internacional ASTM D 6433-07.	El nivel de severidad con mayor frecuencia en el pavimento flexible de la Av. Venezuela y Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar), de la ciudad de Abancay, 2018, es el nivel medio.		Niveles de severidad	<p>Escala ordinal</p> <ul style="list-style-type: none"> - L :bajo - M :medio - H :alto 	<p>Parámetros establecidos de acuerdo al tipo de falla.</p>		

Anexo B.

Hojas de registro de fallas Av. Venezuela

A continuación se presenta las hojas de inspección de fallas obtenidas en campo y posteriormente procesados en gabinete de forma manual con ayuda del Excel de la red de pavimento constituida por las avenidas Venezuela y Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar), las cuales fueron divididas en 43 unidades de muestreo, siendo los 20 primeros de la Av. Venezuela y el resto, es decir, de la UM 21 hasta la UM 43 al tramo evaluado de la Av. Panamericana.

Adicionalmente se muestran las tablas, en donde se presenta los resultados obtenidos del cálculo del índice de condición del pavimento de cada unidad de muestreo.

Las hojas de inspección en donde no estén las tablas del cálculo PCI, es porque están en el punto 3.2.3. Asimismo, solo se adjuntaron algunas hojas de inspección, debido a que la cantidad de páginas de la presente investigación es muy extensa. Sin embargo, todos los resultados del cálculo del PCI logrados a partir de los datos obtenidos en campo, plasmados en las hojas de inspección, se encuentran en las tablas 19 y 20 en el numeral 3.3

Tabla 34

Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 04

Valor Deducido Corregido (CDV)										
#	Valores deducidos							Total	q	CDV
1	45.0	44.0	37.0	19.0	14.0	13.0	0.5	172.5	6	82
2	45.0	44.0	37.0	19.0	14.0	2.0	0.5	161.5	5	82
3	45.0	44.0	37.0	19.0	2.0	2.0	0.5	149.5	4	83
4	45.0	44.0	37.0	2.0	2.0	2.0	0.5	132.5	3	80
5	45.0	44.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.5	97.5	2	69
6	45.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.5	55.5	1	55

$$\begin{aligned} \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{83}} \\ \text{PCI} = 100 - \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{17}} \\ \text{Rating} &= \underline{\underline{\text{Muy malo}}} \end{aligned}$$

Tabla 35

Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 05

Valor Deducido Corregido (CDV)										
#	Valores deducidos							Total	q	CDV
1	50.0	39.0	37.0	33.0	21.0	10.6		190.6	6	89
2	50.0	39.0	37.0	33.0	21.0	2.0		182.0	5	89
3	50.0	39.0	37.0	33.0	2.0	2.0		163.0	4	88
4	50.0	39.0	37.0	2.0	2.0	2.0		132.0	3	80
5	50.0	39.0	2.0	2.0	2.0	2.0		97.0	2	69
6	50.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0		60.0	1	60

$$\begin{aligned} \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{89}} \\ \text{PCI} = 100 - \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{11}} \\ \text{Rating} &= \underline{\underline{\text{Muy Malo}}} \end{aligned}$$

Tabla 37

Hoja de inspección de fallas UM 09, sección 2, tramo 1, Av. Venezuela

METODO PCI								ESQUEMA			
INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES								31 ml		7.40 ml	N
HOJA DE REGISTRO								← Dirección de la inspección ↑			
Nombre de la vía: <u>Av. Venezuela</u>				Sección: <u>2</u>		Unidad de muestra: <u>UM 09</u>					
Ejecutor: <u>Hetty Liz Siguel Cáceres</u>				Fecha: <u>10/08/2018</u>		Área: <u>229.40 m2</u>					
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios				16. Fisura parabólica					
2. Exudación	7. Fisuras de borde	12. Agregados pulidos				17. Hinchamiento					
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches				18. Peladura por intemperismo y <u>desprendimiento de agregados</u>					
4. Abultamiento y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento									
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento									
FALLA	CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO	
1M	1.00	12.32						13.32	5.81	40	
1H	1.05							1.05	0.46	22	
6M	1.54							1.54	0.67	8	
7M	11.70							11.70	5.10	10	
10L	3.20							3.20	1.39	0	
10M	2.60	2.60						5.20	2.27	6	
11M	3.70	16.56						20.26	8.83	28	
11H	16.50							16.50	7.19	44	
12	14.49							14.49	6.32	3	
13L	1.00	1.00						2.00	0.87	18	
13M	1.00	1.00	1.00					3.00	1.31	36	
15L	3.40							3.40	1.48	6	
17M	0.91	0.99	1.54					3.44	1.50	15	
18M	8.91							8.91	3.88	13	
18H	4.50	2.90	3.30					10.70	4.66	29	

Tabla 38

Hoja de inspección de fallas UM 10, sección 2, tramo 1, Av. Venezuela

METODO PCI									ESQUEMA		
INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES											
HOJA DE REGISTRO											
Nombre de la vía: <u>Av. Venezuela</u>			Sección: <u>2</u>			Unidad de muestra: <u>UM 10</u>					
Ejecutor: <u>Hetty Liz Siguel Cáceres</u>			Fecha: <u>10/08/2018</u>			Área: <u>181.30 m2</u>					
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Fisura parabólica					
2. Exudación		7. Fisuras de borde		12. Agregados pulidos		17. Hinchamiento					
3. Fisuras en bloque		8. Fisura de reflexión de junta		13. Baches		18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados					
4. Abultamiento y hundimientos		9. Desnivel carril-berma		14. Ahuellamiento							
5. Corrugación		10. Fisuras longitudinales y transversales		15. Desplazamiento							
FALLA	CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO	
1L	3.52							3.52	1.94	14	
1M	1.08	2.22	3.19					6.49	3.58	33	
3M	1.65							1.65	0.91	6	
6L	9.04							9.04	4.99	8	
6H	3.10							3.10	1.71	47	
11M	9.69	3.38						13.07	7.21	24	
12	6.11							6.11	3.37	0	
13M	1.00							1.00	0.55	19	
17M	0.63	0.80						1.43	0.79	0	
17H	5.50							5.50	3.03	38	

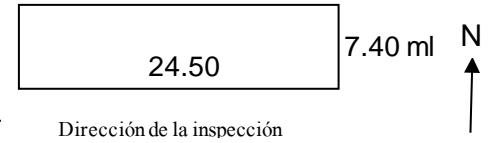


Tabla 40

Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 11

Valor Deducido Corregido (CDV)									
#	Valores deducidos						Total	q	CDV
1	53.0	42.0	38.0	29.0	23.0	7.1	192.1	6	88
2	53.0	42.0	38.0	29.0	23.0	2.0	187.0	5	90
3	53.0	42.0	38.0	29.0	2.0	2.0	166.0	4	89
4	53.0	42.0	38.0	2.0	2.0	2.0	139.0	3	83
5	53.0	42.0	2.0	2.0	2.0	2.0	103.0	2	72
6	53.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	63.0	1	63

$$\begin{aligned} \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{90}} \\ \text{PCI} = 100 - \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{10}} \\ \text{Rating} &= \underline{\underline{\text{Fallado}}} \end{aligned}$$

Tabla 41

Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 12

Valor Deducido Corregido (CDV)									
#	Valores deducidos						Total	q	CDV
1	58.0	27.0	25.0	15.0	12.0		137.0	5	71
2	58.0	27.0	25.0	15.0	2.0		127.0	4	72
3	58.0	27.0	25.0	2.0	2.0		114.0	3	71
4	58.0	27.0	2.0	2.0	2.0		91.0	2	65
5	58.0	2.0	2.0	2.0	2.0		66.0	1	66

$$\begin{aligned} \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{72}} \\ \text{PCI} = 100 - \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{28}} \\ \text{Rating} &= \underline{\underline{\text{Malo}}} \end{aligned}$$

Tabla 42

Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 13

Valor Deducido Corregido (CDV)									
#	Valores deducidos						Total	q	CDV
1	59.0	35.0	35.0	32.0	23.1		184.1	5	89
2	59.0	35.0	35.0	32.0	2.0		163.0	4	88
3	59.0	35.0	35.0	2.0	2.0		133.0	3	80
4	59.0	35.0	2.0	2.0	2.0		100.0	2	71
5	59.0	2.0	2.0	2.0	2.0		67.0	1	67

$$\begin{aligned} \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{89}} \\ \text{PCI} = 100 - \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{11}} \\ \text{Rating} &= \underline{\underline{\text{Muy malo}}} \end{aligned}$$

Anexo C.

Hojas de registro de fallas Av. Panamericana

Continuando con la presentación de las hojas de inspección de fallas, en el anexo C, tenemos los datos de la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá – Pje. Simón Bolívar), los cuales son a partir de la unidad de muestra UM 21 a la UM 43. Al igual que la Av. Venezuela solo se adjuntaron algunas hojas de inspección para aminorar la cantidad de páginas que se tiene en esta tesis.

Tabla 54

Cálculo del valor deducido corregido de la unidad de muestra UM 42

Valor Deducido Corregido (CDV)								
#	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	56.0	24.0	14.0	16.0	6.0	116.0	5	61
2	56.0	24.0	14.0	16.0	2.0	112.0	4	64
3	56.0	24.0	14.0	2.0	2.0	98.0	3	62
4	56.0	24.0	2.0	2.0	2.0	86.0	2	61
5	56.0	2.0	2.0	2.0	2.0	64.0	1	64

$$\begin{aligned} \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{64}} \\ \text{PCI} = 100 - \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{36}} \\ \text{Rating} &= \underline{\underline{\text{Malo}}} \end{aligned}$$

Tabla 55

Cálculo del valor deducido corregido de la UM 43

PAVEMENT CONDITION INDEX - PCI					
Cálculo de Valor Deducido Corregido (CDV)					
#	Valores deducidos		Total	q	CDV
1	19.0	8.0	27.0	2	19
2	19.0	2.0	21.0	1	21

$$\begin{aligned} \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{21}} \\ \text{PCI} = 100 - \text{Máx. CDV} &= \underline{\underline{79}} \\ \text{Rating} &= \underline{\underline{\text{Muy bueno}}} \end{aligned}$$

Anexo D.

Fotografías de trabajo en campo y las fallas identificadas en la Av. Venezuela

El trabajo de campo consistió en la identificación y señalización de las unidades de muestreo en la red de pavimento y luego el registro de las fallas, para lo cual se inició en el pasaje Estados Unidos, inicio de la sección1, tramo 1 (Av. Venezuela) y ende de la red de pavimento.

En las siguientes imágenes se muestra el trabajo de inspección realizado en campo de la Av. Venezuela (tramo 1).

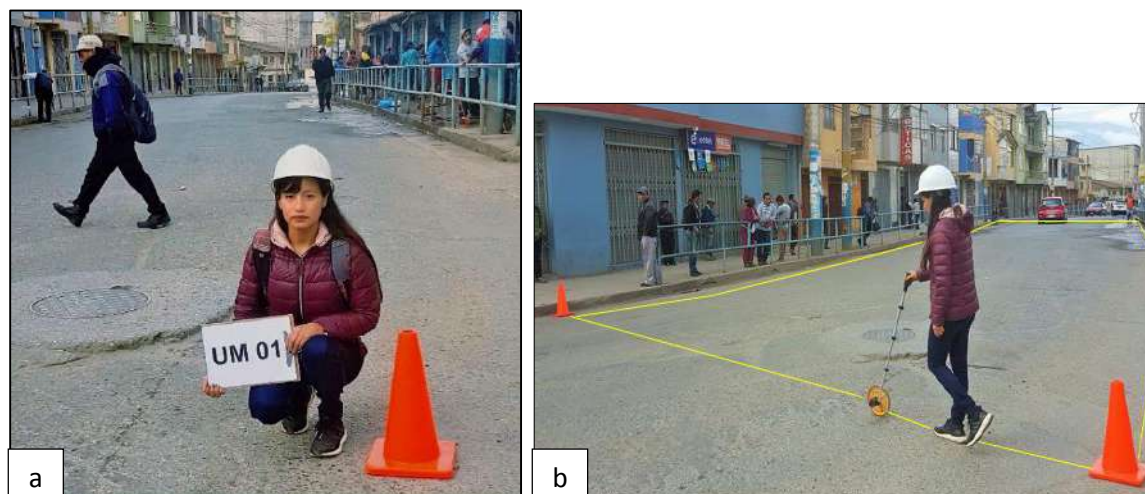


Figura 114. Señalización (a) y delimitación (b) de las unidades de muestreo, sección 1, tramo 1

Como punto de inicio es la identificación y delimitación (con ayuda del odómetro manual) en el pavimento de la unidad de muestra UM 01, el cual es el inicio de la sección 1, tramo 1 y de la red de pavimento. Se siguió el mismo procedimiento para todas las unidades que conforma la Av. Venezuela. Las figuras mostradas son exactamente en los cambios de sección.



Figura 115. Señalización (a) y delimitación (b) de la UM 09, inicio de la sección 2

La UM 09, es el inicio de la sección 2, del tramo 1, está constituido por 10 unidades de muestreo, inicia en la intersección Av. Venezuela con Av. Panamá y termina en el Jr. Ecuador.



Figura 116. Señalización (a) y delimitación (b) de la UM 19, inicio de la sección 3

La unidad de muestra 19 pertenece a la sección 3 y es la antepenúltima unidad de la Av. Venezuela, esta inicia en el Jr. Ecuador y termina en la Av. Canadá.

En las imágenes siguientes se muestran las 14 fallas identificadas y registradas de acuerdo a la norma internacional ASTM D 6433-07 y clasificadas según los niveles de severidad de las mismas. Asimismo, las figuras mostradas son modelos más representativos hallados para cada tipo y nivel.

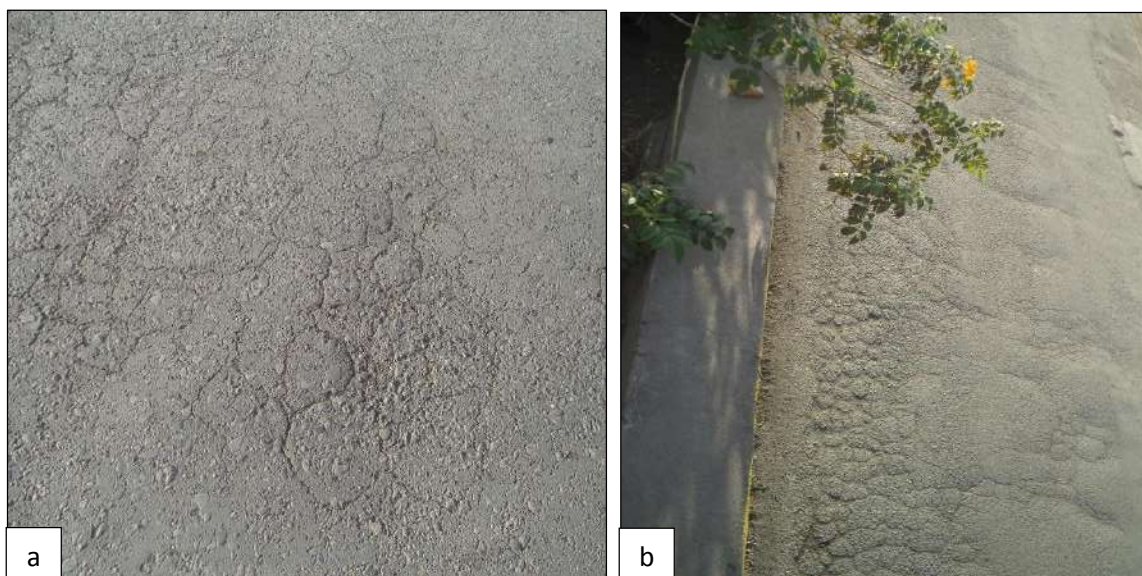


Figura 117. Piel de cocodrilo de severidad bajo (a), medio (b)

Las fisuras piel de cocodrilo están poco interconectadas y no están desprendidas, es por ello su nivel de severidad bajo, los mismos que fueron hallados en las unidades de muestreo UM 4, 8, 10, 17 y 20; mientras, que las fisuras de severidad media fueron hallados en 15 unidades de muestreo.



Figura 118. Piel de cocodrilo de severidad alto (1H)

Piel de cocodrilo de alta severidad. Se observa en las imágenes, que las piezas se encuentran muy bien definidas y están descascaradas en los bordes, los mismos que fueron localizados en 8 unidades de muestreo UM 3, 5, 7, 9, 12, 15, 16 y 17.

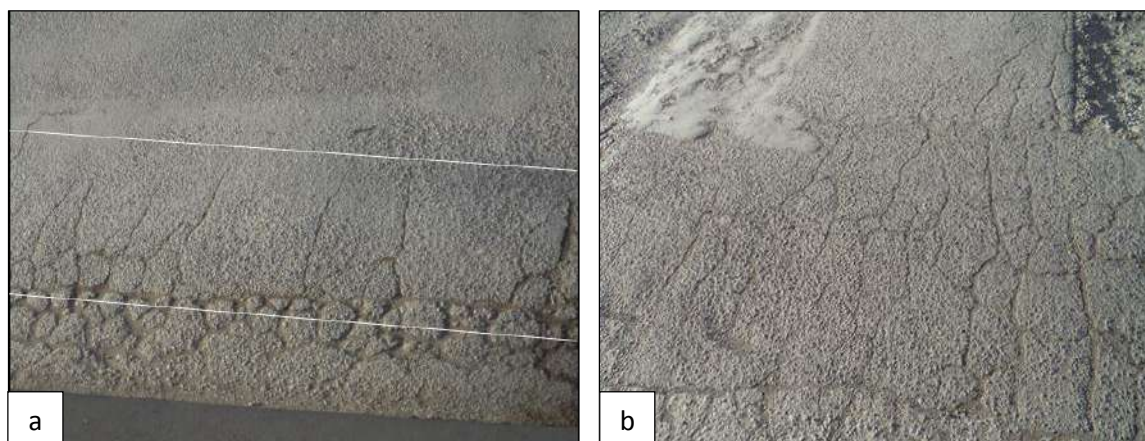


Figura 119. Fisuras en bloque de severidad medio (a), alto (b)

Las fisuras en bloque de severidad medio, divide al pavimento en aproximadamente piezas rectangulares y las grietas se encuentran definidas, estas fueron halladas en 11 unidades de muestreo UM 2, 5, 6, 7, 8, 11, 15, 16, 18 y 20. Asimismo, tenemos con severidad alto localizado en las UM 5, 12, 14 y 16.

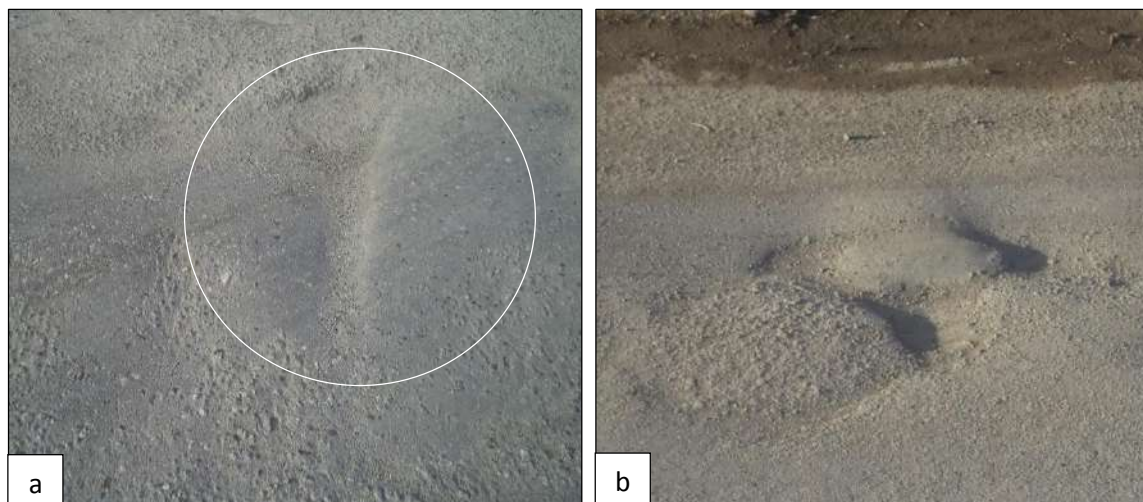


Figura 120. Abultamiento y hundimientos de severidad bajo (a), medio (b)

La falla abultamiento y hundimiento de baja severidad fue localizado en la UM 04, de la sección 1; mientras que con severidad medio tenemos en las unidades UM 6, 11 y 16 todos en el tramo 1. Esta falla se origina por la acción repetida del tránsito y por la contracción en temporadas frías del concreto asfáltico.

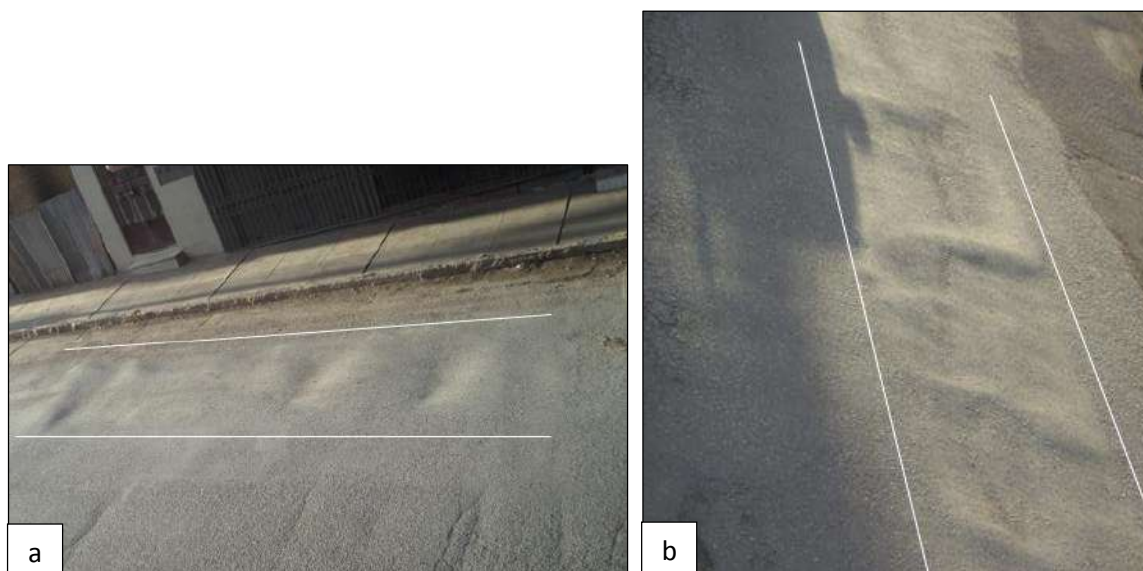


Figura 121. Corrugación de severidad bajo (a), medio (b)

En la figura 121 (a), se observa la corrugación como una serie de ondas perpendiculares a la dirección del tránsito, afectando considerablemente la circulación del mismo, el cual se halló en la UM 04 con severidad baja. La figura 121 (b), se muestra la corrugación con mediana severidad localizada en las unidades de muestreo UM 03, 06, 08, 13 y 19.



Figura 122. Corrugación de severidad alto (5H)

Corrugación de alta severidad, hallado en las unidades UM 11 y UM 16. Se observa muy evidentemente las crestas continuas sobre la superficie del pavimento.

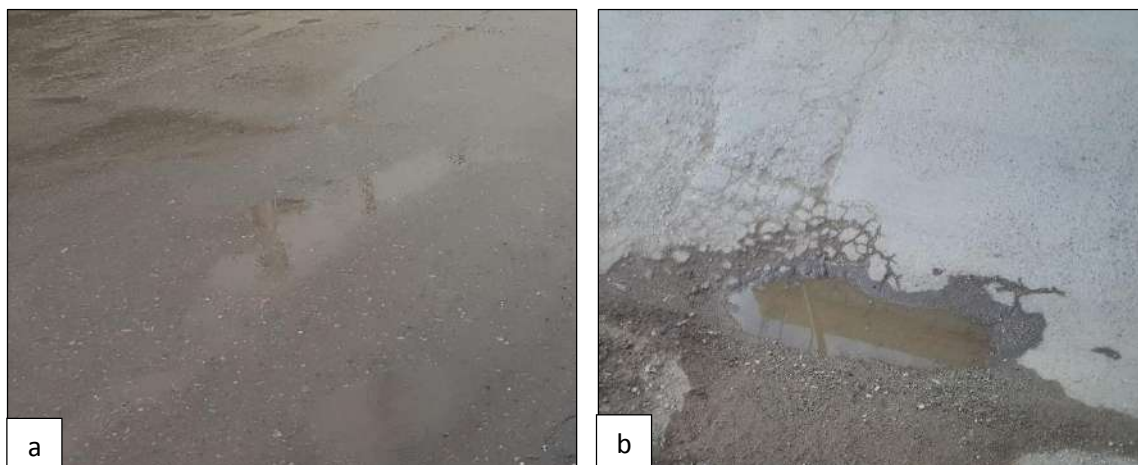


Figura 123. Depresión de severidad bajo (a), medio (b)

Depresión de nivel de severidad bajo, localizado en 4 unidades: UM 05, 08, 10 y 14. Estas se hallan generalmente hasta después de una lluvia, cuando el agua estancada forma unos bebederos de pájaros, tal como se muestra en la figura 123 (a). Asimismo, se halló también con severidad media (figura 123 b) en las unidades de muestreo UM 01, 03, 08, 09, 12, 13 y 15.



Figura 124. Depresión de severidad alto (5H)

Depresión de severidad alta, hallada en las unidades UM 10 y 15. La depresión tiene una profundidad mayor a 5.00 cm.



Figura 125. Fisuras en borde de severidad medio (a), alto (b)

Fisuras en borde de mediana severidad (figura 125 a), encontrado en 4 unidades de muestreo UM 05, 09, 13 y 19 y de severidad alto (figura 125 b) en las UM 05, 12 y 16. Debido a que el pavimento termina al filo de la cuneta y no de una berma, estas fisuras se forman con mayor facilidad.

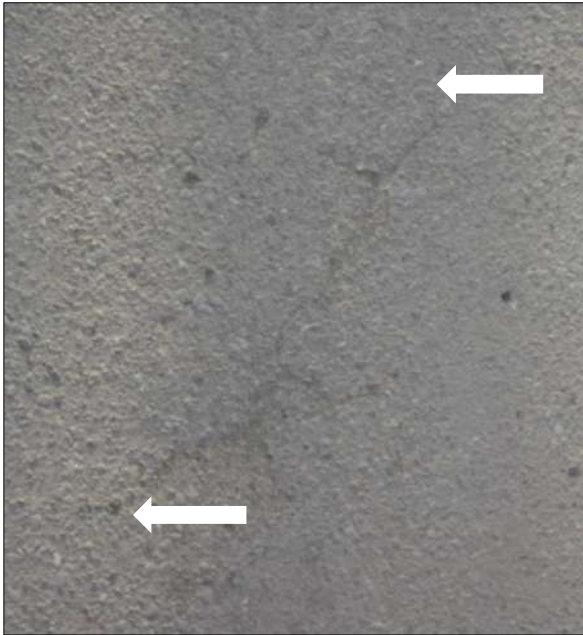


Figura 126. Fisuras longitudinales y transversales de severidad bajo

Fisuras longitudinales y transversales de severidad baja, localizadas en 4 unidades de muestreo UM 01, 05, 09 y 15.



Figura 127. Fisuras longitudinales (a), transversales (b) de severidad medio

Las fisuras longitudinales (ver figura 127 a) de mediana severidad, fue hallado en 3 UM, las cuales se encuentran paralelas a la dirección del tránsito. Asimismo, se localizaron fisuras transversales en 5 UM, estas se extienden en forma perpendicular a través del pavimento, con una abertura de grieta mayor a 1 cm y menor a 7.5 cm.



Figura 128. Fisuras longitudinales y transversales de severidad alto

Fisuras longitudinales y transversales con grado alto de severidad, hallado en las unidades de muestreo UM 01, 05 y 12, cuya abertura de grieta supera los 7.5 cm.

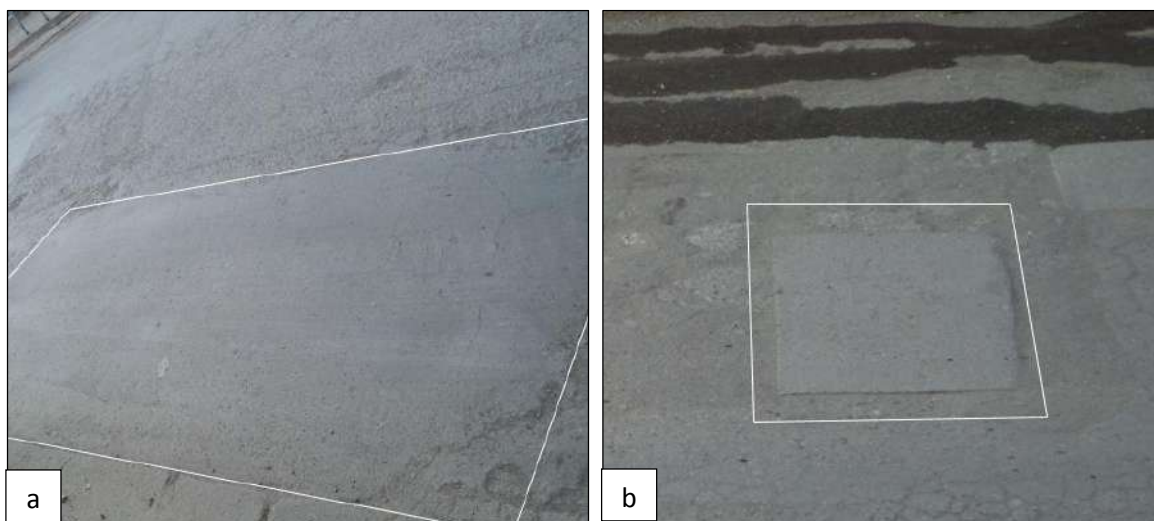


Figura 129. Parches de concreto asfáltico (a) y rígido (b) de severidad bajo

Parches de baja severidad (ver figura 129 a), localizado en las unidades de muestreo 18, 19 y 20. Sirven para reemplazar áreas muy dañadas en el pavimento. Asimismo, se registró parches de concreto rígido (ver figura 129 b) en las unidades 19 y 20.

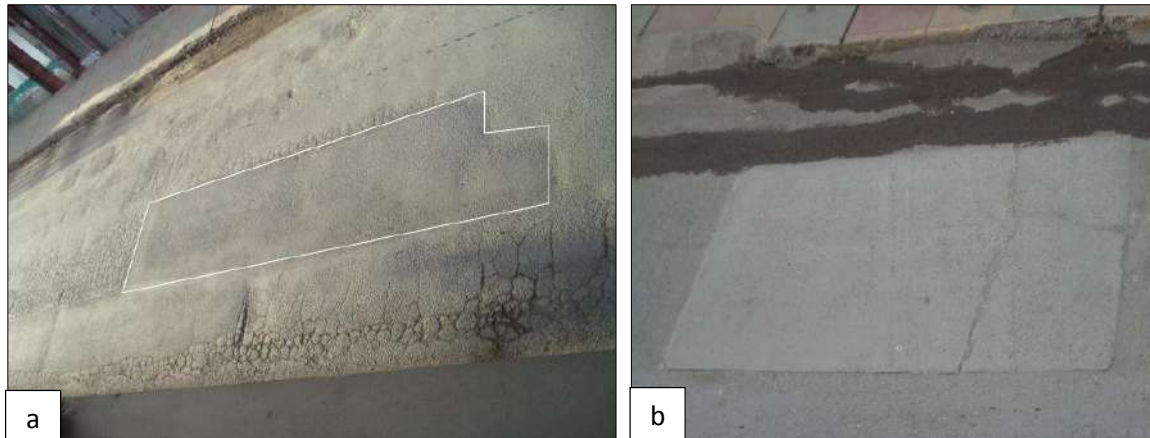


Figura 130. Parches de concreto asfáltico (a) y rígido (b) de severidad medio

Parche de severidad media localizado en 13 unidades de muestreo, asimismo, se encontraron parches de concreto rígido en las unidades UM 9, 10, 11, 14, 15, y 18. Es preciso mencionar que, aunque esta tesis no abarca pavimentos rígidos, estos parches fueron considerados porque forman parte del pavimento flexible, además no son parches contiguos y son de tamaño mediano.



Figura 131. Parches de concreto asfáltico (a) y rígido (b) de severidad alto

Parches con grado de severidad alto localizado en las UM 1, 5, 6, 7, 9, 11, 13, 14 y 20, los cuales se encuentran muy deformados, perjudicando el perfil de la vía. Asimismo, se registraron parches de concreto rígido en mal estado (superficie agrietada) y fueron localizados en las unidades UM 09, 11, 14 y 15, estos parches también fueron considerados, debido a que no son contiguos.

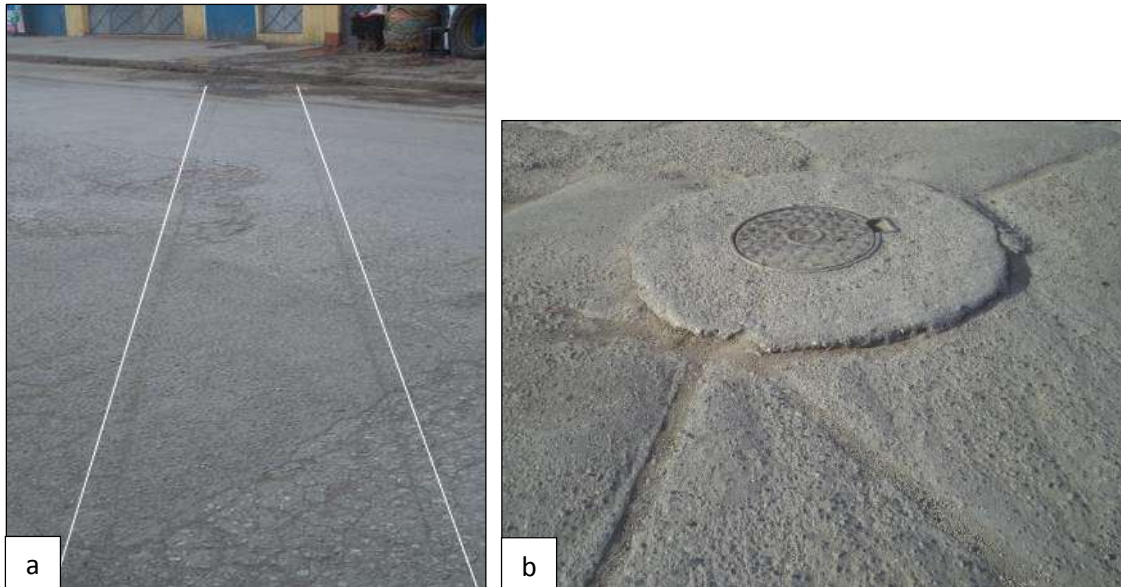


Figura 132. Parches de cortes utilitarios de severidad alto

La figura 132 (a), representa a parches que han cubierto instalaciones subterráneas ubicadas en las UM 01 a la UM 08, excepto la UM 02, mientras que la figura 132 (b) representa a tapas de buzón del sistema de alcantarillado localizado en la UM 01



Figura 133. Agregados pulidos

Agregados pulidos, encontrado en 8 unidades de muestreo UM 01, 02, 09, 10, 11, 14, 19 y 20. Esta falla no presenta ningún grado de severidad, sin embargo, para considerarlo debe ser muy evidente.



Figura 134. Baches de severidad bajo (a), medio (b)

Baches de severidad baja, localizado en 7 unidades de muestreo, estas se originan por la presencia de fisuras piel de cocodrilo severamente agrietadas, tenemos también baches de mediana severidad (ver figura 134 b) con una profundidad entre 2.5 cm y 5.0 cm, localizado en 10 unidades de muestreo.



Figura 135. Baches de severidad alto (13H)

Baches de alta severidad, registrado en las unidades 02, 03, 11 y 20, con un diámetro entre 45 cm y 75 cm y una profundidad que supera los 5.0 cm.



Figura 136. Baches de severidad alto y bajo (13H, 13L)

En la figura 136 se muestra tres baches, dos de ellos presentan alta severidad y el círculo más pequeño es el de baja severidad, estas fallas se localizan en la UM 06, siendo una de las razones por la que esta unidad presenta índice de pavimento en estado malo.

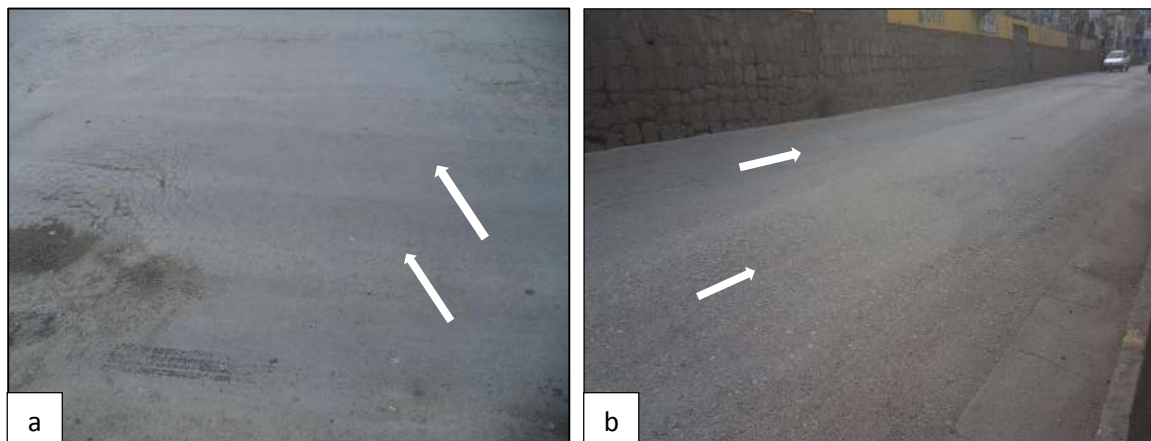


Figura 137. Ahuellamiento de severidad bajo (a), medio (b)

Ahuellamiento de baja severidad, localizado en la UM 19, esta falla se observa como una depresión continua en la dirección de los neumáticos, ocasionando el levantamiento del pavimento adyacente al ahuellamiento. Asimismo, tenemos también con severidad media en las unidades de muestreo UM 01, 04, 12, 13, 15, 17, 18 y 20.



Figura 138. Desplazamiento de severidad bajo (15L)

Desplazamiento de severidad bajo, hallado en la UM 9 (sección 1) y UM 13 (sección 2), tramo1, con una longitud de 3.40 ml y 5.90 ml en la figura de izquierda a derecha, esto sucedió porque la berma de concreto rígido empuja al pavimento asfáltico, produciéndose el desplazamiento indicado con la flecha blanca.

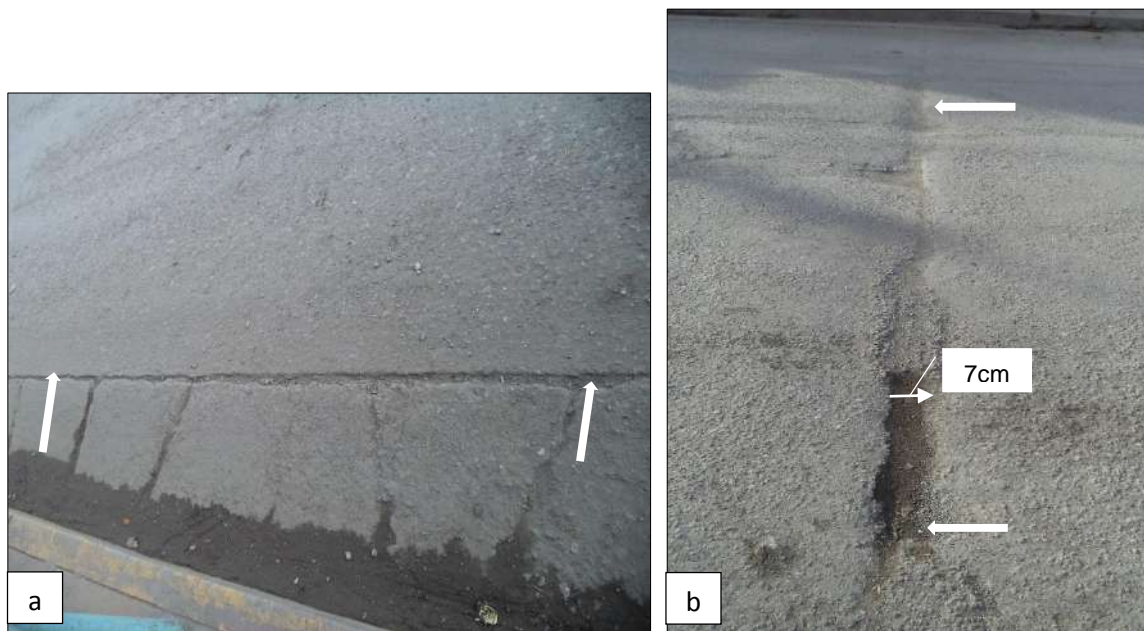


Figura 139. Desplazamiento de severidad medio (a), medio (b)

Desplazamiento de nivel medio, encontrado en la unidad de muestra 17, sección 2, tramo1 con una longitud de 7.70 ml y una abertura de 1.5 cm. De igual manera se halló con severidad alto en la unidad UM 01 con una abertura de 8 cm, tal como se muestra en la figura 139 (b)

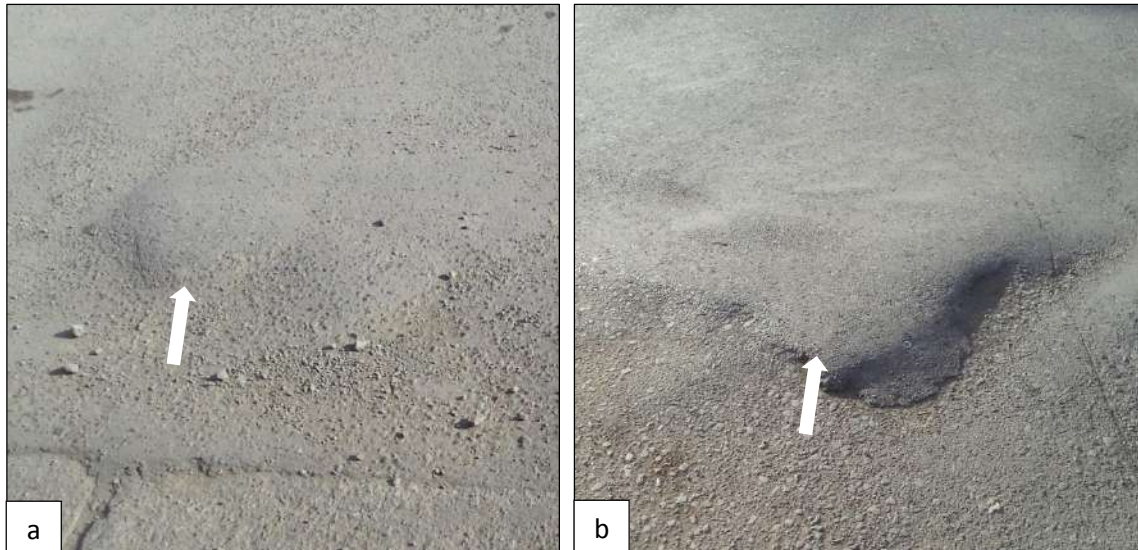


Figura 140. Hinchamiento de severidad bajo (a), medio (b)

La falla hinchamiento de nivel de severidad bajo, fue encontrado en la unidad de muestra UM 05, de la sección 1, con un área de 0.80 m², cuya altura es de 1.0 cm. En el caso del hinchamiento de severidad medio este fue localizado en las unidades de muestreo UM 01, 06, 09, 10, 12, 15 y 18 cuya altura oscila entre 1.1 cm a 2.0 cm.



Figura 141. Hinchamiento de severidad alto (17H)

El hinchamiento de nivel de severidad alto fue localizado en 8 unidades de muestreo UM 02, 04, 05, 10, 11, 14, 16, y 20, cuya altura es superior a 2.0 cm, produciendo una excesiva vibración y una alta incomodidad en los conductores.



Figura 142. Desprendimiento de agregados de severidad baja (18L)

Desprendimiento de agregados de nivel de severidad bajo, encontrado en la unidad de muestra 19. En la figura 142 se observa que las partículas de agregados han iniciado a desprenderse, quedando algo removidos.

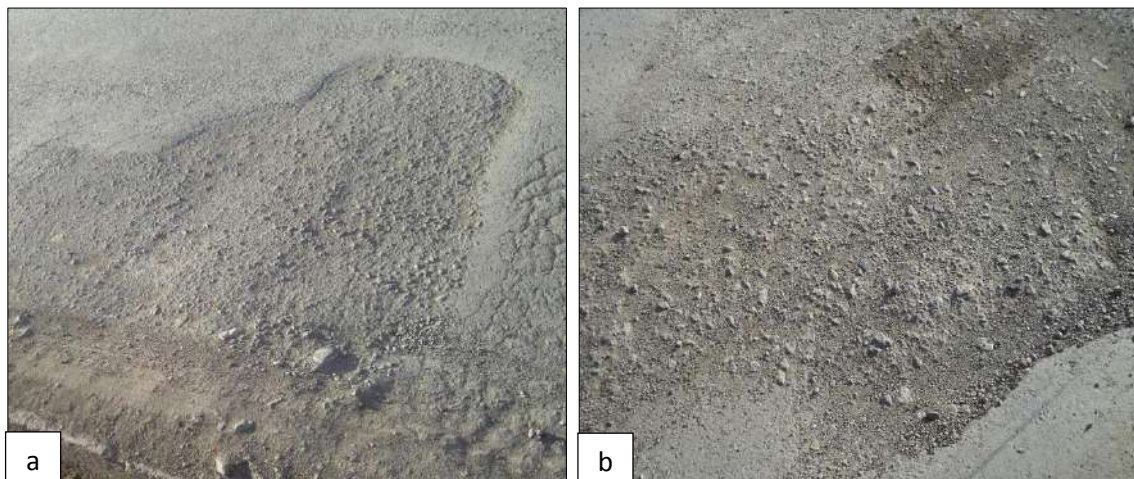


Figura 143. Desprendimiento de agregados de severidad medio (a), alto (b)

La figura 143 (a), muestra que los agregados se han desprendido y presentan una textura áspera, es por ello su nivel medio, los cuales fueron localizados en las unidades UM 02, 03, 07, 08 09, 16 y 19. Asimismo, se registró con severidad alto (ver figura 143 b) en donde los agregados están muy desprendidos y están severamente ásperas, los mismos que fueron hallados en las unidades de muestreo UM 02, 03, 04, 06, 08, 09, 12, 14 y 20.

Anexo E.

Fotografías de trabajo en campo y fallas identificadas en la Av. Panamericana (tramo Av. Canadá - Pje. Simón Bolívar).

Siguiendo con el trabajo en campo, se continuó con la identificación y señalización de las unidades de muestreo de la Av. Panamericana en el tramo evaluado y posterior a ello, la identificación y registro de las fallas.

En las siguientes imágenes se muestra el trabajo de inspección en campo.



Figura 144. Señalización (a) y delimitación (b) de las unidades de muestreo, sección 4

Para este caso se inicia con la unidad de muestra UM 21 e inicio de la sección 4, el mismo que fue delimitado con el uso del odómetro manual. Se siguió el mismo procedimiento para las demás unidades de la UM 22 a la UM 43.



Figura 145. Señalización (a) y delimitación (b) de las unidades de muestreo, sección 4

La señalización y delimitación de la unidad de muestra 43 fue la última de la sección 4 y final del tramo 2 y por ende de la red de pavimento

Identificación de las fallas encontradas en el pavimento flexible, del tramo inspeccionado en la Av. Panamericana.



Figura 146. Piel de cocodrilo de severidad bajo

Piel de cocodrilo de nivel de severidad bajo, encontrado en la UM 23 y 35 respectivamente en la figura 146 de izquierda a derecha. Se observa ligeramente las fisuras interconectadas en forma de polígonos.



Figura 147. Fisuras en bloque de severidad medio (a), alto (b)

Fisuras en bloque de severidad medio y alto, localizado en la unidad de muestra UM 39

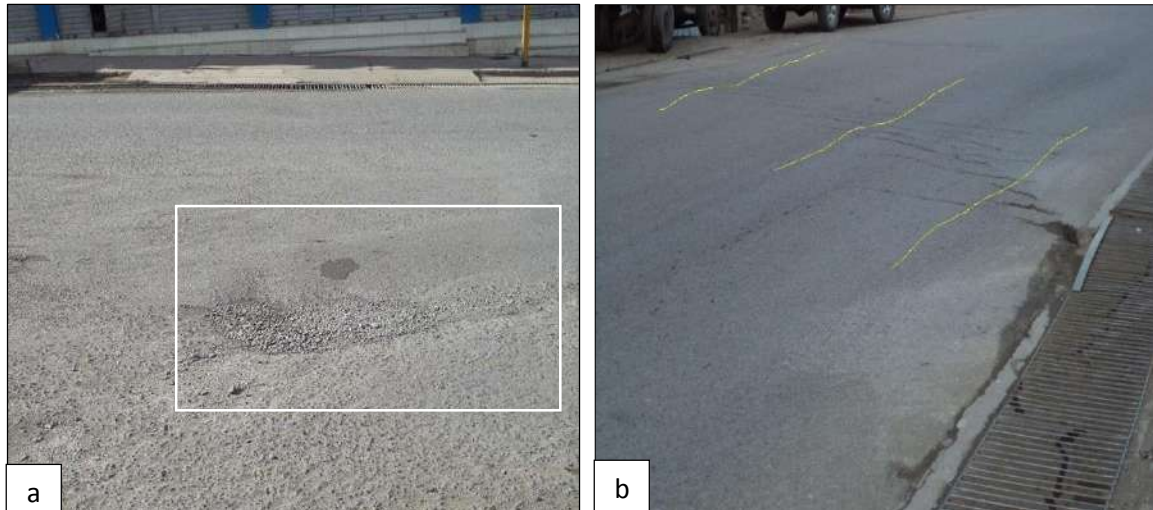


Figura 148. Abultamientos y hundimientos (a), corrugación de seridad bajo

La figura 148 (a), muestra la falla abultamiento y hundimiento (delimitado por el rectángulo blanco) de severidad baja, ubicado en la UM 22. Por otro lado, la figura 148 (b), muestra a la falla corrugación, el cual se encuentra formando crestas ligeramente sobre la superficie del pavimento (señalado por las líneas amarillas), es por ello su severidad baja, el mismo que fue hallado en la UM 39.



Figura 149. Depresión de severidad bajo (a), alto (b)

La figura 149 (a) muestra la depresión de nivel de severidad bajo, ubicado en la UM 22, con una profundidad de 1.5 cm. Asimismo, tenemos la falla depresión de nivel medio en la figura 149 (b), localizado en la UM 42 cuya profundidad es 5.6 cm, el cual se encuentra delimitado por los conos de seguridad.



Figura 150. Fisuras en borde de severidad bajo (a), medio (b)

Fisuras en borde de baja severidad ilustrado en la figura 150 (a), ubicado en las unidades de muestreo UM 24, 26, 29, 35, 40 y 41, de mediana severidad (figura 150 b), hallado en la unidad de muestra UM 30, con una longitud de 8.90 ml.

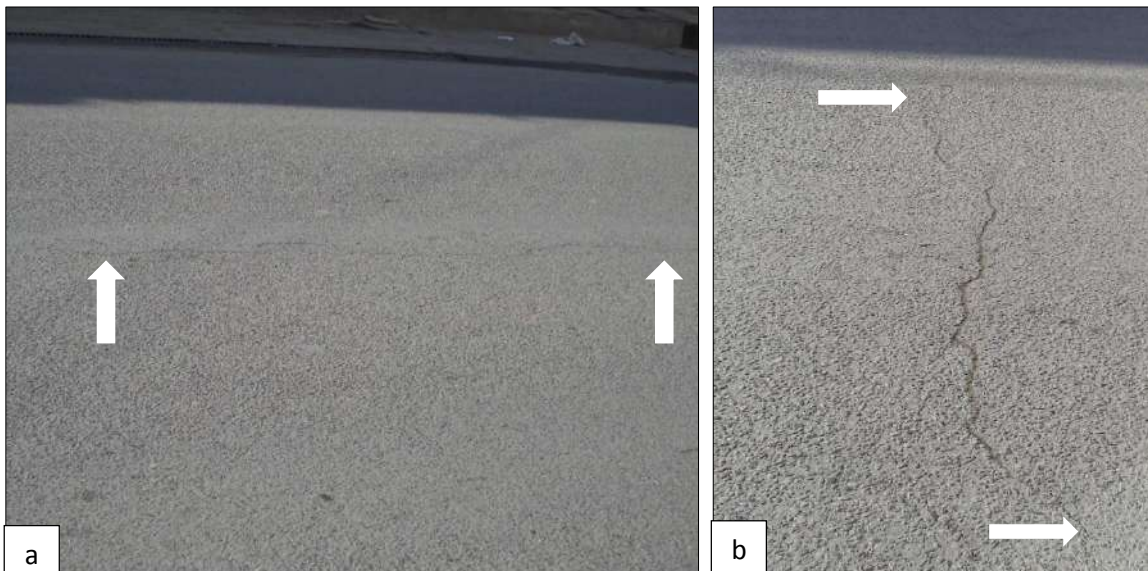


Figura 151. Fisuras longitudinales (a), transversales (b) de severidad bajo

En la figura 151 (a), se observa una fisura longitudinal de severidad baja, hallado en la UM 29; mientras que la figura 151 (b) se aprecia una fisura perpendicular por el ancho de vía, localizado en 10 unidades UM 27, 29, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41 y 42.



Figura 152. Fisuras transversales de severidad medio (a), alto (b)

La figura 152 (a) muestra un ejemplo de las fisuras transversales cuya abertura está entre 1.0 cm y 7.5 cm., debido a ello es su baja severidad, localizado en las unidades de muestreo UM 28, 30, 38, 39, 40, y 43. Por otro lado, en la figura 152 (b), se observa fisuras transversales de severidad alto, cuya abertura oscila entre 7.60 cm y 10.0 cm, los mismos que fueron en las UM 33 y UM 42 con una longitud total de 8.40 m y la derecha 11.30 ml. respectivamente.

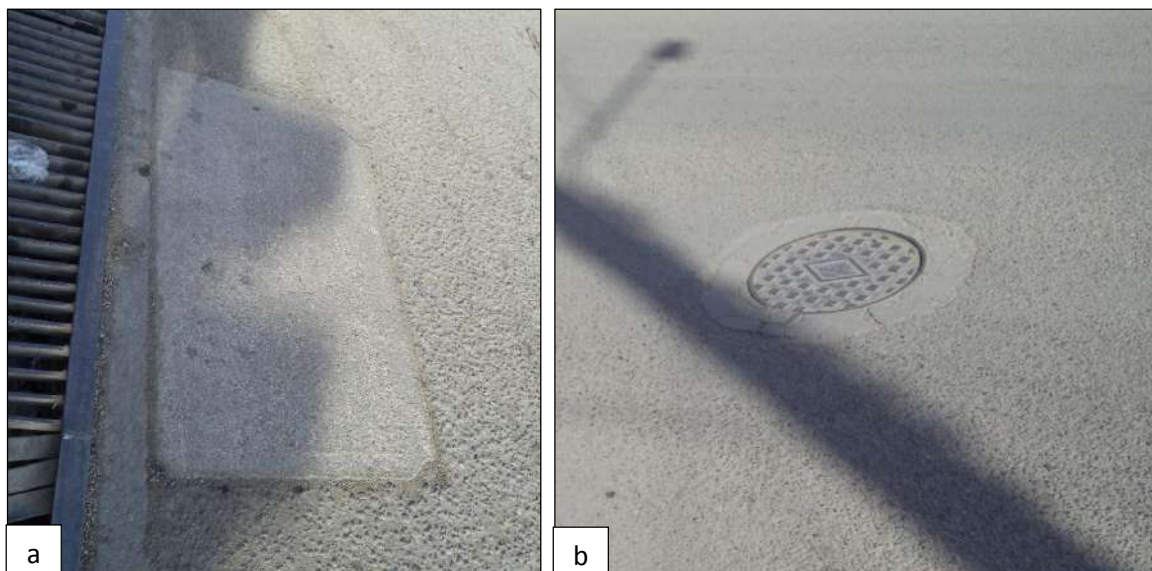


Figura 153. Parches (a), parches de cortes utilitarios (b) de severidad bajo.

Parches de severidad bajo localizado en 6 UM. Por otro lado, en la figura 153 (b) se observa una tapa de buzón sobre la superficie del pavimento, considerado como parche de corte utilitario, localizados 10 UM 25, 27, 29, 32, 34, 37, 39, 40, 41 y 43.



Figura 154. Parche (a), parche de corte utilitario (b) de severidad medio

Parche de concreto rígido de mediana severidad (ver figura 154 a), ubicado en la UM 21. En la figura 154 (b), se muestra rejillas del sistema de alcantarillado, que se extiende por todo el ancho de vía de la unidad de muestra 22, el cual se encuentra cubierto de tierra, arena y otros materiales, es necesario su mantenimiento. También es considerado como parche de corte utilitario.

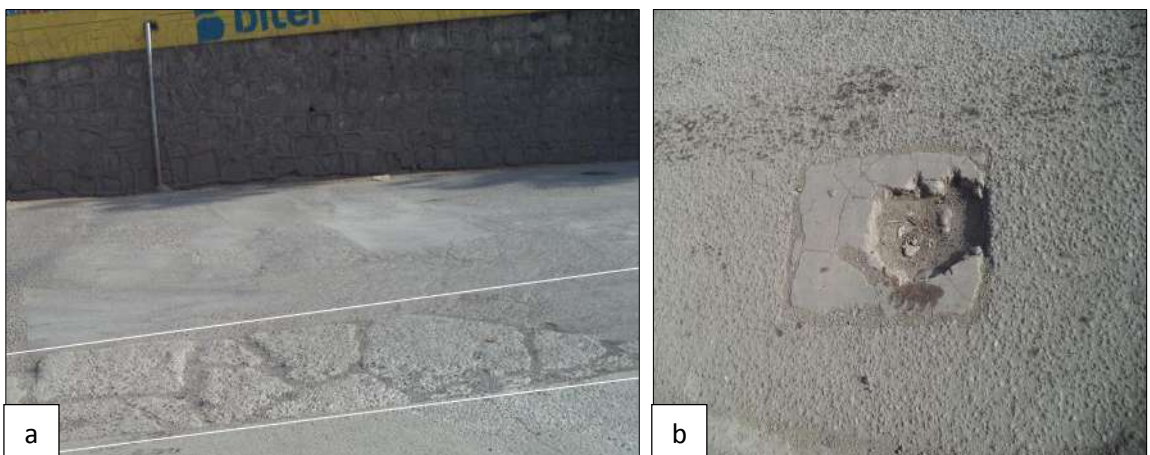


Figura 155. Parches de severidad alto

En la figura 155 (a), se observa un parche de concreto rígido severamente agrietado en forma longitudinal a la vía; mientras que en la figura 155 (b), se muestra un parche pequeño de concreto rígido donde se observa la presencia de un bache no considerado en la inspección, considerados con alto nivel de severidad, localizado ambos parches en la unidad de muestra UM 21.

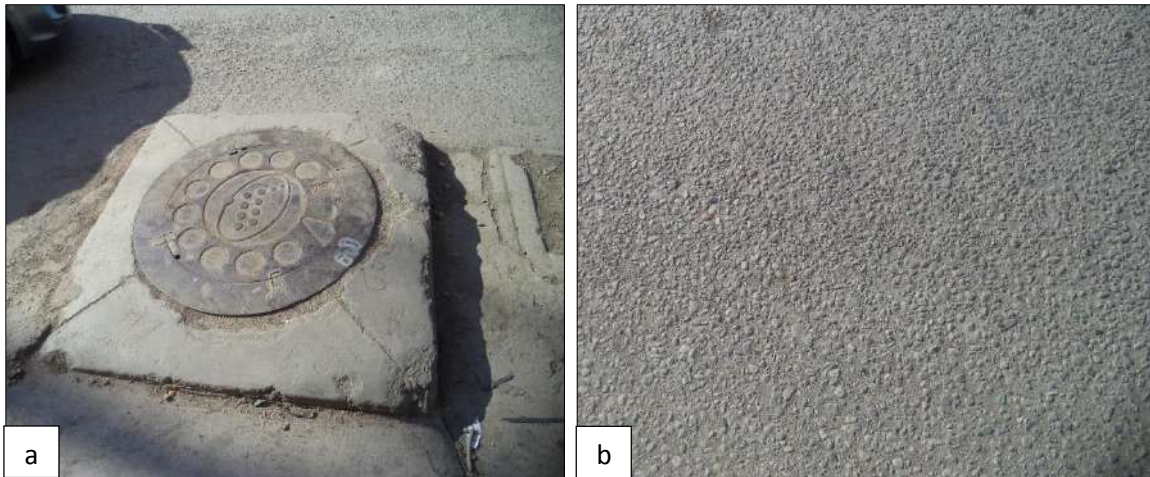


Figura 156. Parche de corte utilitario de severidad alto (a), agregados pulidos (b)

En la figura 156 (a), se observa una tapa de buzón localizada en un extremo de la calzada, el cual se encuentra muy elevado sobre la superficie del pavimento, debido a ello se registró en la UM 23 con alto nivel de severidad. Por otra parte, la figura 156 (b), muestra a los agregados pulidos, el cual fue hallado en todas las unidades de muestreo de la Av. Panamericana en el tramo inspeccionado.



Figura 157. Baches de nivel de severidad bajo

En la figura 157 se observan dos baches registrados con nivel de severidad bajo, ubicado en la UM 38 y 40 respectivamente, estos baches son hoyos pequeños de poca profundidad que no superan los 1.5 cm.

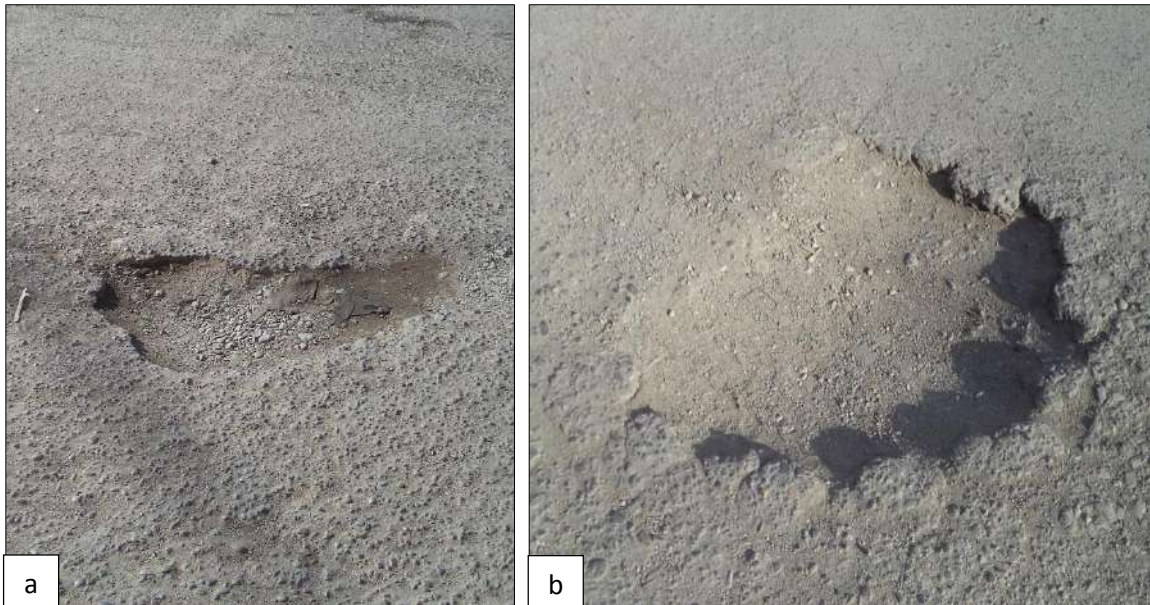


Figura 158. Baches de severidad medio (a), alto (b)

En la figura 158 (a), los baches muestran una evidente profundidad es por ello su identificación de severidad medio, localizado en las unidades de muestreo UM 21 y 22. Asimismo, en la figura 158 (b), se aprecia un bache en donde se observan los materiales de la capa de rodadura y la subbase y debido a su profundidad presenta nivel alto, el mismo que fue hallado en la unidad de muestra UM 22.

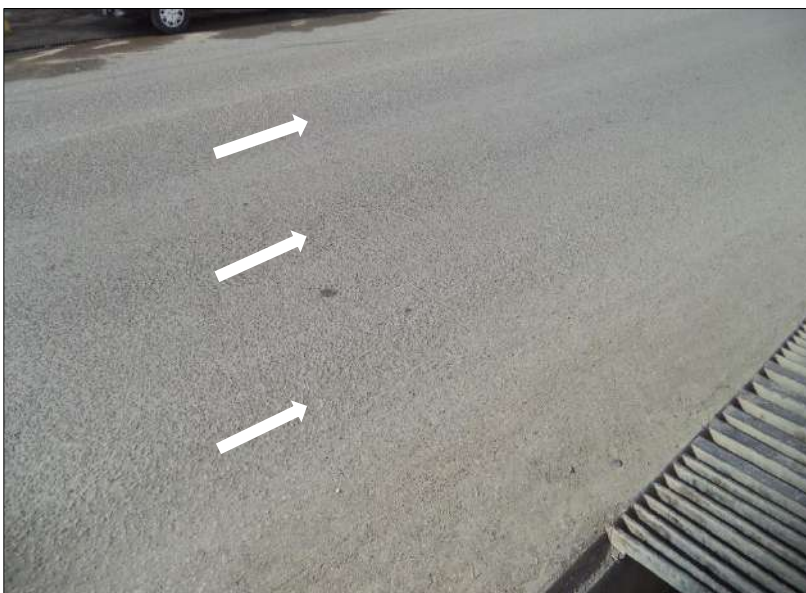


Figura 159. Ahuellamiento de nivel severidad bajo

En la figura 159 se observa la falla ahuellamiento señalado por las flechas blancas en dicha figura, las cuales se extienden en forma de una depresión continua en la dirección del tránsito, los mismos que fueron localizados en 15 unidades de muestreo.

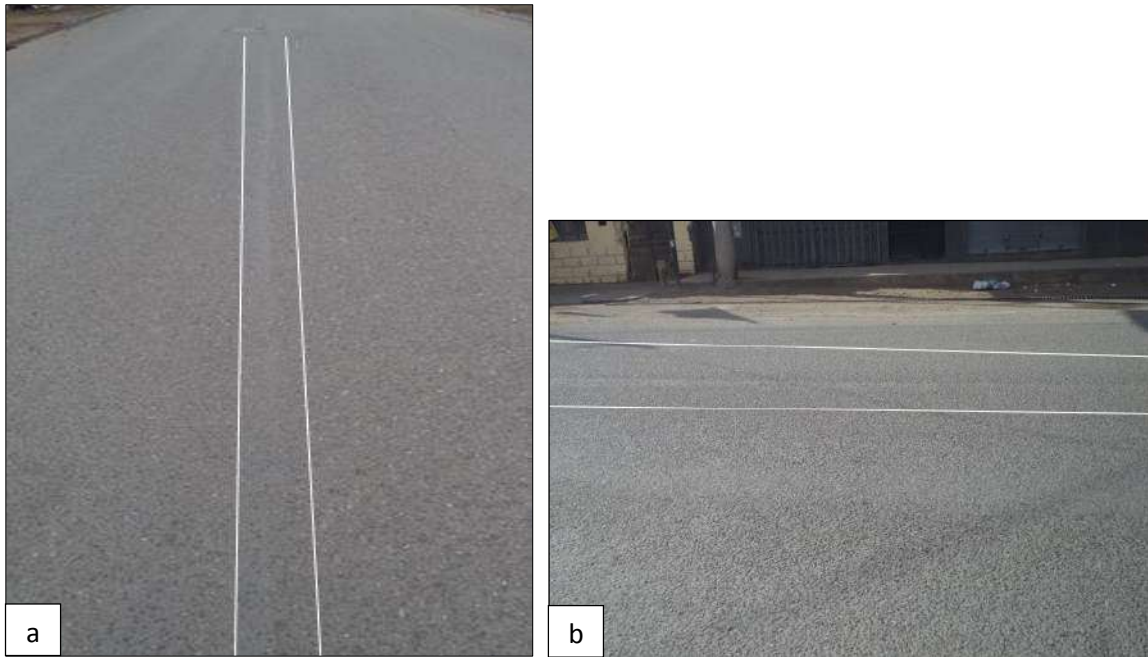


Figura 160. Depresión de severidad bajo (a), medio (b)

En la figura 160 (a), se observa un ligero desplazamiento por el medio de la calzada localizado en 17 unidades de muestreo. Asimismo, tenemos desplazamiento de severidad medio, el cual se puede apreciar en la figura 160 (b), estas se hallaron en las unidades UM 23, 30 y 39 . Es importante precisar que las fallas se encuentran delimitadas por las líneas blancas

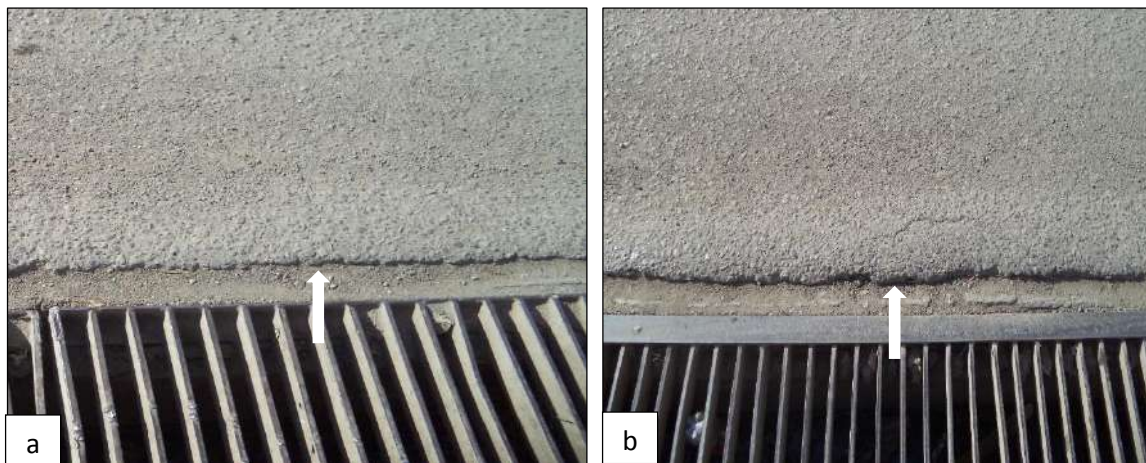


Figura 161. Hinchamiento de severidad bajo (a), medio (b)

En la figura 161 (a), se observa un hinchamiento sobre la superficie del pavimento cuya altura no supera los 1.0 cm, es por ello que es considerado con nivel bajo, las mismas que fueron localizados en las unidades de muestreo UM 28 y UM 29. Asimismo, en la figura 161 (b) se presenta la misma falla, pero con severidad medio hallado en las unidades de muestreo UM 30 y UM 32

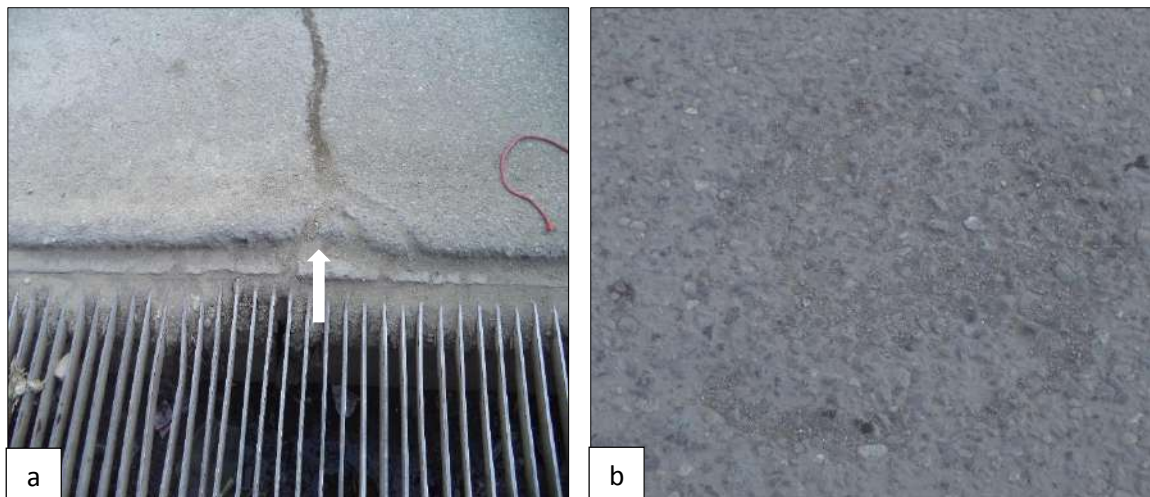


Figura 162. Hinchamiento de severidad alto (a), agregados pulidos de severidad bajo (b)

En la figura 162 (a), se observa un hinchamiento sobre la superficie del pavimento, con una altura que supera los 2.0 cm, es por ello su alto nivel de severidad, localizado en 6 unidades de muestreo UM 21, 27, 28, 29, 38 y 39, que se encuentran en los extremos de la calzada. Por otro parte, en la figura 162 (b) se aprecia a la falla desprendimiento de agregados de nivel de severidad bajo, localizado en 6 unidades de muestreo UM 23, 32, 33, 36, 40 y 43.

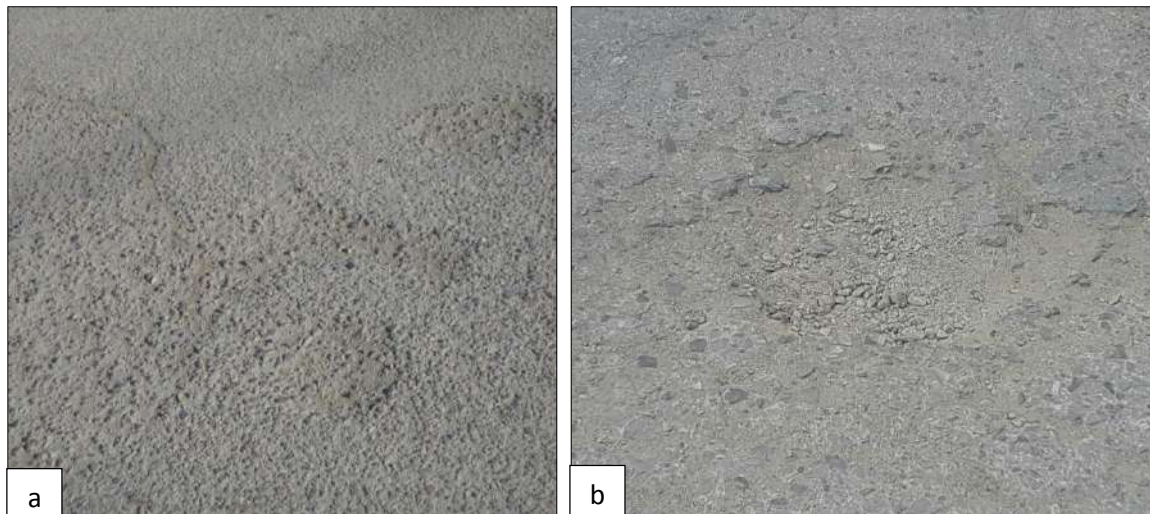


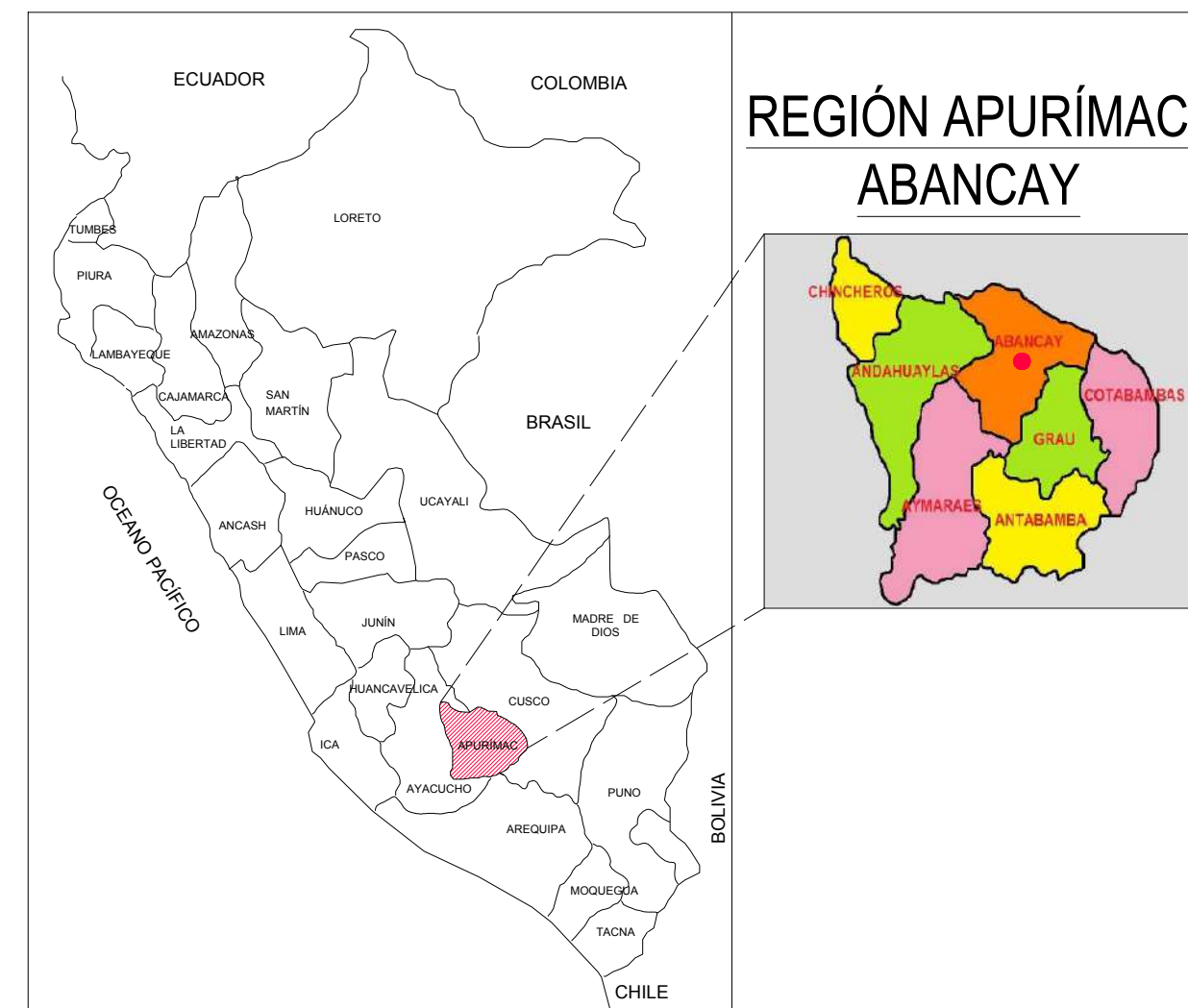
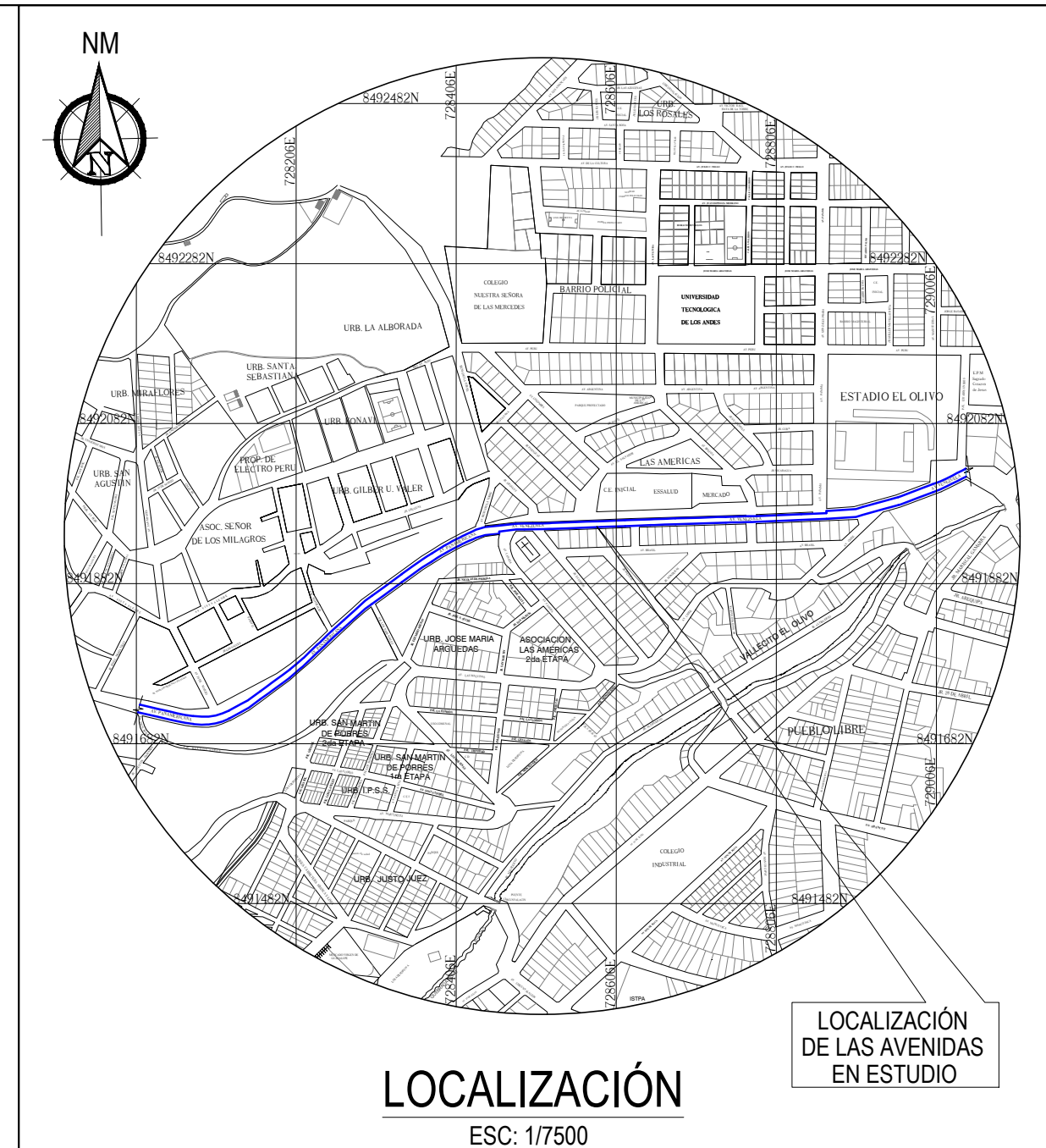
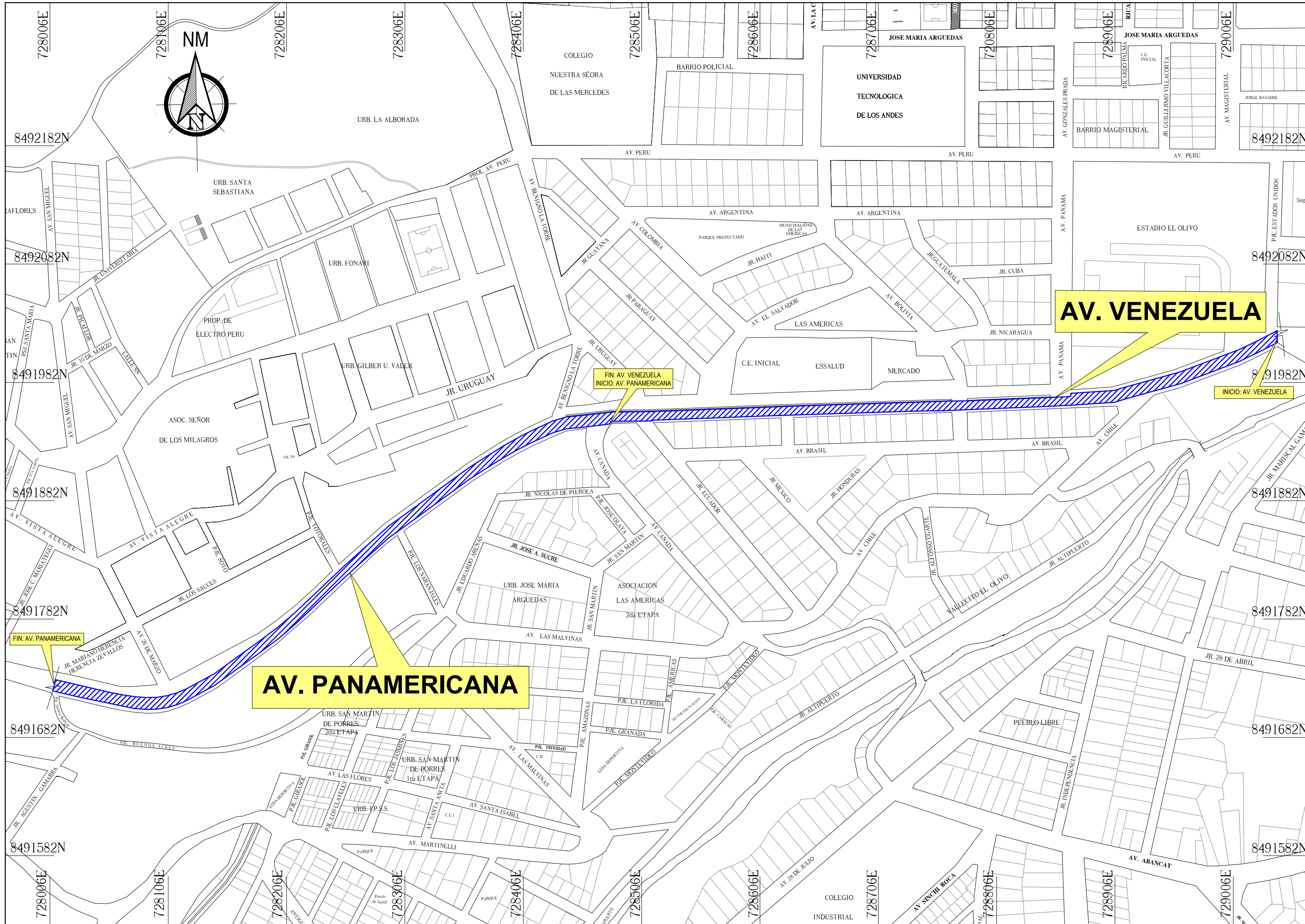
Figura 163. Desprendimiento de agregados de severidad medio (a), alto (b)

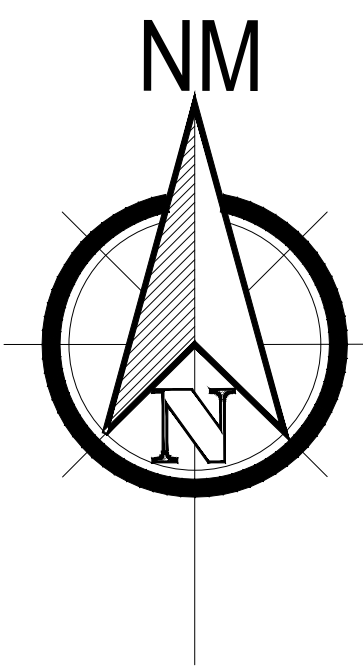
En la figura 163 (a), se muestra las partículas se han desprendido y presentan una textura áspera, los mismos que fueron hallados en 15 unidades de muestreo con mediana severidad. Asimismo, en la figura 163 (b) se presenta la misma falla pero con nivel de severidad alto, localizado únicamente en la unidad de muestra 21, colindante con la Av. Venezuela.

Anexo F.

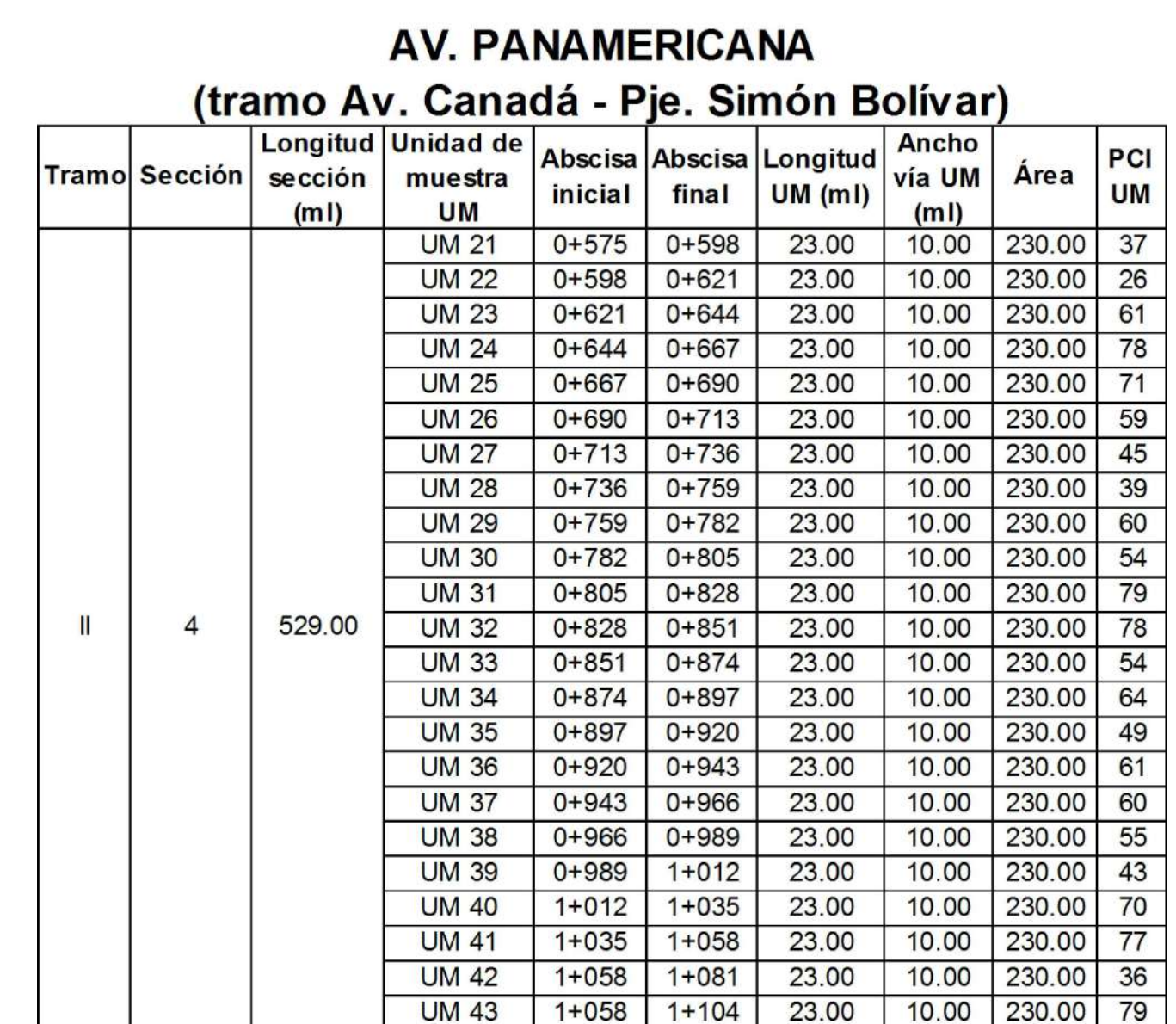
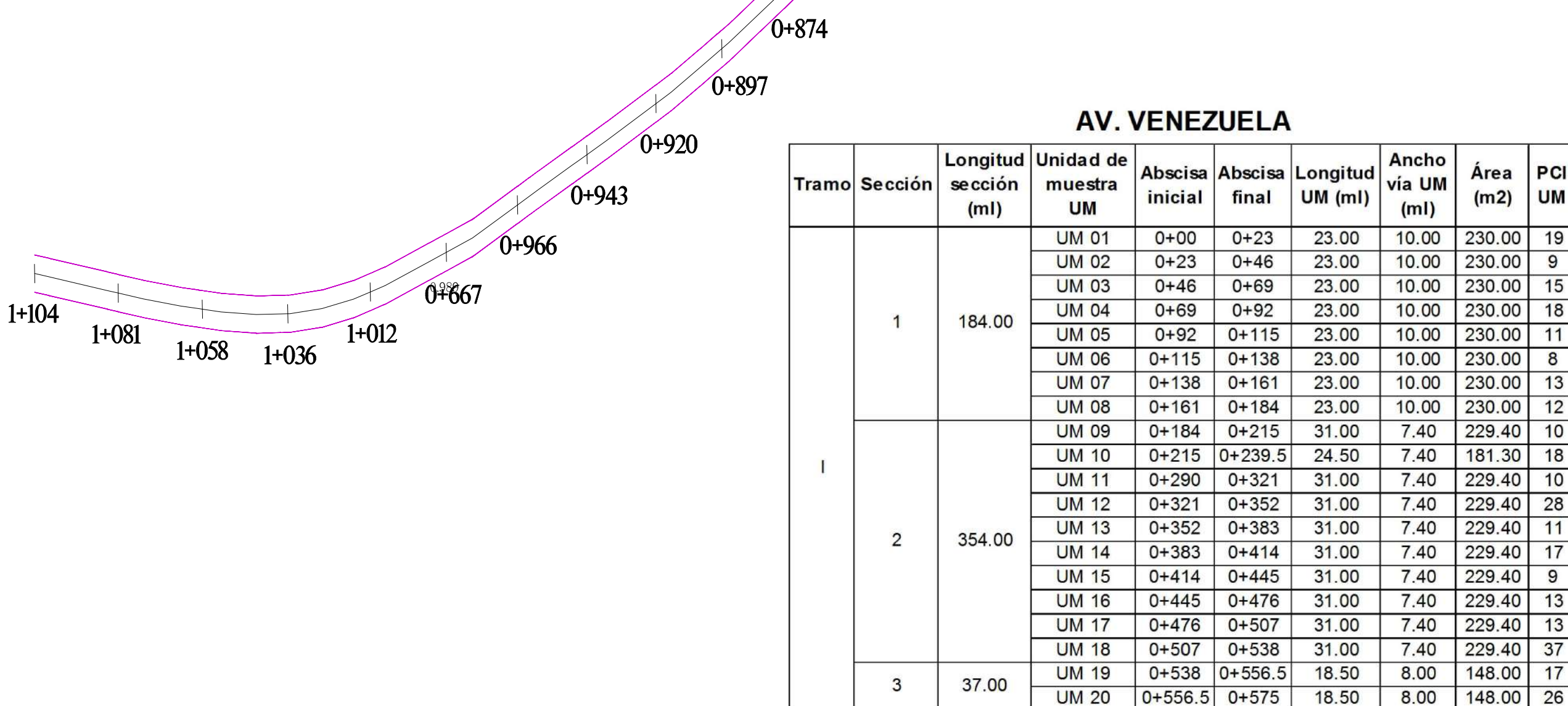
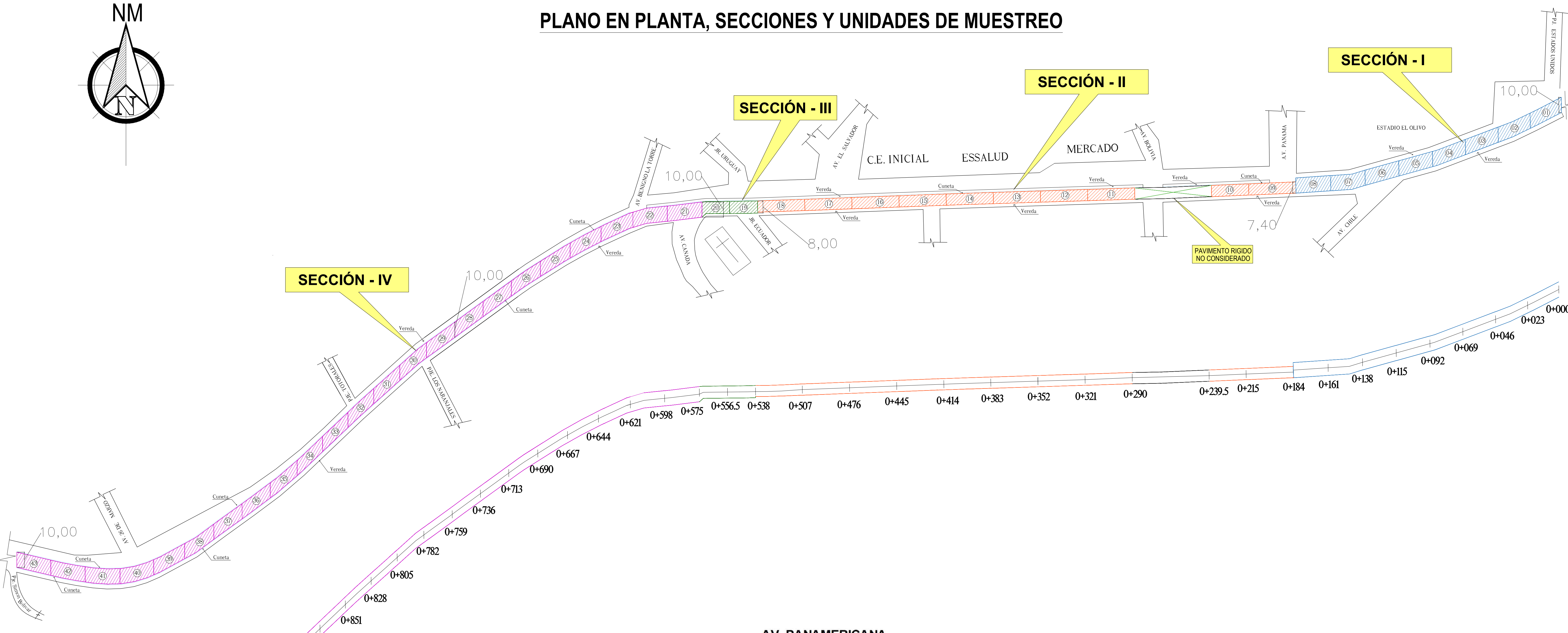
Planos

- Plano de ubicación y localización de la red de pavimento, en el plano local, regional y nacional. Identificado como **P - 01**.
- Plano en planta **P - 02**: Se muestra la longitud de la red de pavimento, las cotas de los diferentes anchos de vía y la progresiva de acuerdo a la unidad de muestreo. Asimismo, se presenta la ubicación de las 43 unidades de muestreo y los valores de los índices de condición de pavimento (PCI), obtenido en los cálculos realizados de acuerdo a la norma internacional ASTM D6433-07.





PLANO EN PLANTA, SECCIONES Y UNIDADES DE MUESTREO



AV. VENEZUELA

Tramo	Sección	Longitud sección (m)	Unidad de muestra UM	Abscisa inicial	Abscisa final	Longitud UM (m)	Ancho vía UM (m)	Área (m ²)	PCI UM
I	1	184.00	UM 01	0+00	0+23	23.00	10.00	230.00	19
			UM 02	0+23	0+46	23.00	10.00	230.00	9
			UM 03	0+46	0+69	23.00	10.00	230.00	15
			UM 04	0+69	0+92	23.00	10.00	230.00	18
			UM 05	0+92	0+115	23.00	10.00	230.00	11
			UM 06	0+115	0+138	23.00	10.00	230.00	8
			UM 07	0+138	0+161	23.00	10.00	230.00	13
			UM 08	0+161	0+184	23.00	10.00	230.00	12
			UM 09	0+184	0+215	31.00	7.40	229.40	10
			UM 10	0+215	0+239.5	24.50	7.40	181.30	18
	UM 11	0+290	0+321	31.00	7.40	229.40	10		
	UM 12	0+321	0+352	31.00	7.40	229.40	28		
	UM 13	0+352	0+383	31.00	7.40	229.40	11		
	UM 14	0+383	0+414	31.00	7.40	229.40	17		
	UM 15	0+414	0+445	31.00	7.40	229.40	9		
	UM 16	0+445	0+476	31.00	7.40	229.40	13		
	UM 17	0+476	0+507	31.00	7.40	229.40	13		
	UM 18	0+507	0+538	31.00	7.40	229.40	37		
	UM 19	0+538	0+556.5	18.50	8.00	148.00	17		
	UM 20	0+556.5	0+575	18.50	8.00	148.00	26		

AV. PANAMERICANA (tramo Av. Canadá - Pje. Simón Bolívar)

Tramo	Sección	Longitud sección (m)	Unidad de muestra UM	Abscisa inicial	Abscisa final	Longitud UM (m)	Ancho vía UM (m)	Área	PCI UM
II	4	529.00	UM 21	0+575	0+598	23.00	10.00	230.00	37
			UM 22	0+598	0+621	23.00	10.00	230.00	26
			UM 23	0+621	0+644	23.00	10.00	230.00	61
			UM 24	0+644	0+667	23.00	10.00	230.00	78
			UM 25	0+667	0+690	23.00	10.00	230.00	71
			UM 26	0+690	0+713	23.00	10.00	230.00	59
			UM 27	0+713	0+736	23.00	10.00	230.00	45
			UM 28	0+736	0+759	23.00	10.00	230.00	39
			UM 29	0+759	0+782	23.00	10.00	230.00	60
			UM 30	0+782	0+805	23.00	10.00	230.00	54
			UM 31	0+805	0+828	23.00	10.00	230.00	79
			UM 32	0+828	0+851	23.00	10.00	230.00	78
			UM 33	0+851	0+874	23.00	10.00	230.00	54
			UM 34	0+874	0+897	23.00	10.00	230.00	64
			UM 35	0+897	0+920	23.00	10.00	230.00	49
			UM 36	0+920	0+943	23.00	10.00	230.00	61
			UM 37	0+943	0+966	23.00	10.00	230.00	60
			UM 38	0+966	0+989	23.00	10.00	230.00	55
			UM 39	0+989	1+012	23.00	10.00	230.00	43
			UM 40	1+012	1+035	23.00	10.00	230.00	70
			UM 41	1+035	1+058	23.00	10.00	230.00	77
			UM 42	1+058	1+081	23.00	10.00	230.00	36
			UM 43	1+058	1+104	23.00	10.00	230.00	79

RESUMEN GENERAL RED DE PAVIMENTO

	Longitud (m)	Área (m ²)
Tramo I - Av. Venezuela	575.00	4381.90
Tramo II - Av. Panamericana (tramo Av. Canadá - Pje. Simón Bolívar)	529.00	5290.00
TOTAL	1104.00	9671.90

LEYENDA

- UNIDAD DE MUESTREO: [Symbol 01]
- SECCIÓN 01: [Symbol 01]
- SECCIÓN 02: [Symbol 09]
- SECCIÓN 03: [Symbol 19]
- SECCIÓN 04: [Symbol 21]
- PAVIMENTO DE CONCRETO: [Symbol X]

UAP UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. VENEZUELA Y AV. PANAMERICANA (TRAMO AV. CANADÁ- PJE.SIMÓN BOLÍVAR) DE LA CIUDAD DE ABANCAY - APURÍMAC, 2018

FECHA: Setiembre del 2018
ESCALA: 1/1250
DIBUJO: Autocat
LÁMINA: P-02
Elaborado por: Hetty Liz Siguel Cáceres

PLANO:
 PLANO EN PLANTA