

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO
RÍGIDO DEL JR. ALFONSO UGARTE DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA.**

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

Bach. VÍCTOR CARLOS VÁSQUEZ BENAVIDES

Asesor:

Ing. ALEJANDRO CUBAS BECERRA

CAJAMARCA - PERÚ

2019

Copyright © 2019 by
V́ctor Carlos V́squez Benavides
Todos los derechos reservados.

AGRADECIMIENTO

A mis padres y esposa por ser un apoyo constante.

A mi asesor de tesis, el Ing. Alejandro Cubas Becerra, que con su apoyo y consejos hizo posible la presente investigación.

A los ingenieros que fueron mis docentes dentro de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, por compartir sus conocimientos y experiencias.

Vásquez Benavides, Víctor C.

DEDICATORIA

A mis padres, Víctor Vásquez Orillo y Teodosia Benavides Gálvez, por haberme guiado por el camino del bien, inculcarme valores y el deseo de superación y realización personal.

A mi esposa Yessica Huamán Briceño, por haberme dado su cariño y apoyo a lo largo de mi carrera universitaria y vida diaria.

A mi hijo David Vásquez Huamán, por darme la felicidad y motivación diaria para lograr objetivos personales, profesionales y familiares.

Vásquez Benavides, Víctor C.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍA.....	xi
RESUMEN.....	.xv
PALABRAS CLAVE.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
KEY WORDS.....	xvi
1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.4. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.5. OBJETIVOS	3
1.6. HIPÓTESIS.....	3
1.6.1. Operacionalización de variables.....	3
1.6.2. Matriz de consistencia	6
1.7. DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS DE LOS CAPÍTULOS	7
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS	8
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	8
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	8
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	9
2.2. BASES TEÓRICAS.....	10
2.2.1. DEFINICIONES Y CLASIFICACIONES	10
2.2.1.1. PAVIMENTO	10
2.2.1.2. CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS	10
2.2.1.3. ELEMENTOS DEL PAVIMENTO RÍGIDO.....	12

2.2.1.4. TIPOS DE PAVIMENTOS DE CONCRETO.....	13
2.2.1.5. GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS EN EL PERÚ.....	16
2.2.1.6. CICLO DE VIDA DE LOS PAVIMENTOS	19
2.2.1.7. CICLO DESEABLE DE UN PAVIMENTO	22
2.2.1.8. EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO	24
A) Evaluación Estructural	24
B) Evaluación Superficial.....	25
2.2.1.9. FALLAS EN PAVIMENTO DE CONCRETO.....	26
A) Definición de falla.....	26
B) Definición de niveles de severidad de fallas	26
2.2.1.10. CLASIFICACIÓN VEHICULAR	27
2.2.2. MANUALES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE FALLAS EN UN PAVIMENTO DE CONCRETO.....	28
2.2.2.1. MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO “PCI”. 30	
2.2.2.2. TIPOS DE FALLAS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO.	30
A) Levantamiento / Pandeo.....	31
B) Grieta de esquina.....	32
C) Losa dividida	34
D) Grieta de durabilidad “D”.....	35
E) Escalonamiento/ Desplazamientos verticales diferenciales	37
F) Descascaramiento de junta.....	38
G) Desnivel Carril - Berma	41
H) Grietas lineales: longitudinales, transversales y diagonales	42
I) Parcheo grande	44
J) Parcheo pequeño.....	45
K) Pulimento de agregados	47
L) Popouts.....	48
M) Bombeo	49
N) Punzonamiento	50
O) Cruce de vía férrea	52
P) Mapa de grietas / desconchamiento /descascaramiento/ craquelado	53
Q) Fisuras de contracción.....	54

R) Descascaramiento de esquina.....	55
S) Descascaramiento de junta	57
DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	59
3. CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	61
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	61
3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA VÍA ANALIZADA.....	61
3.1.2. COORDENADAS UTM DE REFERENCIA.....	61
3.1.3. ANTECEDENTES DEL PROYECTO	63
3.1.4. CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO DE VÍA ANALIZADO	63
3.1.5. MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS.....	63
3.2. PROCEDIMIENTO.....	64
3.2.1. PRIMERA ETAPA: CAMPO	64
3.2.1.1. Levantamiento topográfico del tramo en estudio.....	64
3.2.1.2. Aforo del tránsito vehicular	65
3.2.1.3. División en tramos, en secciones y en unidades de muestra ..	65
3.2.1.4. Inspección y recolección de datos.....	72
3.2.1.5. Capas del pavimento existente	75
3.2.2. SEGUNDA ETAPA: GABINETE.....	76
3.2.2.1. Determinación del PCI de la unidad de muestra.	77
3.2.2.2. Ejemplo de la aplicación del método PCI.	78
3.2.2.3. Determinación del PCI de la sección.....	84
3.2.2.4. Determinación del IMD.....	84
3.3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	85
3.3.1. TOPOGRAFÍA.....	85
3.3.2. CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO VEHICULAR.	85
3.3.2.1. Categoría de la vía	85
3.3.2.2. Composición vehicular	85
3.3.2.3. IMD de la vía analizada	87
3.3.3. TIPO DE FALLAS Y NIVEL DE SEVERIDAD EN EL TRAMO DE ESTUDIO.....	87
3.3.4. PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTRA, SECCIONES Y TRAMO EN ESTUDIO	88
4. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	90

4.1.	ANÁLISIS DE LA COMBINACIÓN DEL TIPO DE FALLA Y NIVEL DE SEVERIDAD EN CADA SECCIÓN DEL TRAMO	90
4.2.	ANÁLISIS DE LOS TIPOS DE FALLAS REGISTRADAS	93
4.3.	ANÁLISIS DEL PCI DE LA UNIDADES DE MUESTRA	95
4.4.	ANÁLISIS DEL PCI DE LAS SECCIONES DEL TRAMO EN ESTUDIO	95
4.5.	PCI DEL SEGMENTO DE VÍA EN ESTUDIO	96
4.6.	ANÁLISIS DE LAS CAUSAS DE LA ACTUAL CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO	96
4.7.	ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO DE LAS FALLAS DEL TRAMO EN ESTUDIO.....	97
4.8.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	101
4.9.	PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD	101
4.9.1.	PROPUESTA TÉCNICA.....	101
4.9.2.	COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	102
4.9.3.	BENEFICIOS QUE APORTA LA PROPUESTA.....	111
5.	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	112
5.1.	CONCLUSIONES	112
5.2.	RECOMENDACIONES	112
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
6.	CAPÍTULO VI. ANEXOS..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
6.1.	PROCEDIMIENTO..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
6.1.1.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL TRAMO ¡Error! Marcador no definido.	
6.1.2.	CURVAS PARA DETERMINAR EL VALOR DEDUCIDO PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO	¡Error! Marcador no definido.
6.1.3.	CONTEO DEL TRÁNSITO VEHICULAR	¡Error! Marcador no definido.
6.2.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS . ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
6.2.1.	REGISTRO DE DATOS DE DATOS Y CÁLCULO DE PCI POR UNIDAD DE MUESTRA.....	¡Error! Marcador no definido.

6.2.2. TIPO DE INTERVENCIÓN EN LOSAS INSPECCIONADAS ..	¡Error! Marcador no definido.
6.3. PANEL FOTOGRÁFICO	¡Error! Marcador no definido.
6.4. PLANOS	¡Error! Marcador no definido.
6.4.1. PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
6.4.2. DIVISIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO	¡Error! Marcador no definido.
6.4.3. PLANO DE UBICACIÓN DE LAS COMBINACIONES DE FALLA POR UNIDAD DE MUESTRA	¡Error! Marcador no definido.
6.4.4. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD A TRAVÉS DEL JR. ALFONSO UGARTE.....	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema del paquete estructural según el tipo de pavimento.	12
Figura 2: Pavimento de concreto simple sin pasadores.	14
Figura 3: Pavimento de concreto simple con pasadores.	15
Figura 4: Pavimento de concreto reforzado con juntas.	15
Figura 5: Pavimento de concreto con refuerzo continuo.	16
Figura 6: Mantenimiento de pavimentos urbanos.....	18
Figura 7: Ciclo vida fatal y deseable del pavimento.	22
Figura 8: Diagrama de flujo del ciclo de vida y del flujo deseado del pavimento.	23
Figura 9: Escala graduada del índice de condición del pavimento.....	30
Figura 10. De izquierda a derecha, pandeo de baja, media y alta severidad...	32
Figura 11. De izquierda a derecha, fisura de esquina de baja, media y alta severidad.....	34
Figura 12. De izquierda a derecha, falla por losa dividida de baja, media y alta severidad.....	35

Figura 13. De izquierda a derecha, falla por escalonamiento de baja, media y alta severidad.	38
Figura 14. De izquierda a derecha, deterioro de junta de baja, media y alta severidad.....	40
Figura 15. De izquierda a derecha, falla por desnivel carril-berma de baja, media y alta severidad.	42
Figura 16. De izquierda a derecha, grietas lineales de baja, media y alta severidad.....	43
Figura 17. De izquierda a derecha, parcheo grande de baja, media y alta severidad.....	45
Figura 18. De izquierda a derecha, parcheo pequeño de baja, media y alta severidad.....	46
Figura 19. Pulimento de agregados.	48
Figura 20. Popouts.....	49
Figura 21. De izquierda a derecha, falla por punzonamiento, de baja, media y alta severidad respectivamente.....	51
Figura 22. De izquierda a derecha, mapa de grietas de baja, media y alta severidad.....	54
Figura 23. Fisuras de contracción.	55
Figura 24. De izquierda a derecha, descascaramiento de esquina de baja, media y alta severidad.	56
Figura 25. De izquierda a derecha, descascaramiento de junta de baja, media y alta severidad.....	58
Figura 26: Ubicación del tramo de estudio.	62
Figura 27. División del tramo de estudio en secciones. en amarillo la sección 1, en verde la sección 2 y en azul la sección 3.	68
Figura 28. Formato de inspección de fallas y cálculo del PCI de la unidad de muestra.	73
Figura 29. Cálculo del VD de la combinación 23H de la UM 01.....	81

Figura 30. Cálculo del valor deducido de la UM 01.....	82
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	1
Tabla 2. Matriz de consistencia.....	6
Tabla 3. Tipos de fallas consideradas según su manual correspondiente.	29
Tabla 4. Niveles de severidad para losas divididas.....	35
Tabla 5. Niveles de severidad para falla por escalonamiento.	38
Tabla 6. Niveles de severidad para fallas por punzonamiento.	51
Tabla 7. Niveles de severidad para fallas por descascaramiento de esquina. .	56
Tabla 8. Niveles de severidad para descascaramiento de junta.	58
Tabla 9. Lista de fallas en pavimento de concreto según el método "PCI".	59
Tabla 10. Coordenadas U.T.M. y geográficas de los puntos inicial y final del tramo.....	61
Tabla 11. Características del tramo en estudio	67
Tabla 12. Características de las secciones de estudio.....	71
Tabla 13. Fallas registradas en la UM 01.....	79
Tabla 14. Cálculo de la densidad de la UM 01.....	80
Tabla 15. Cálculo de los VDs de las combinaciones de falla-severidad de la UM 01.	81
Tabla 16. Cálculo de la condición de la UM 01.	83
Tabla 17. Resumen de puntos levantados.	85
Tabla 18. Composición vehicular de la vía en estudio.	86
Tabla 19. Cálculo del IMDA del tramo en estudio.	87
Tabla 20. Número combinaciones falla - nivel se severidad identificadas en cada unidad de muestra y sección.....	88

Tabla 21. Cálculo del PCI del Tramo I.....	89
Tabla 22. Fallas según su clasificación.	94
Tabla 23. Propuesta de mantenimiento según el tipo y nivel de falla registrado.	98
Tabla 24. Número de losas que requieren un determinado tipo de mantenimiento.....	100
Tabla 25. Características técnicas actuales y propuestas.....	102
Tabla 26. Metrados para la implementación de la propuesta de mejoramiento de la transitabilidad a través del Jr. Alfonso Ugarte.	103
Tabla 27. Presupuesto de la propuesta de mejoramiento de la transitabilidad a través del Jr. Alfonso Ugarte.	107

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Frecuencia de fallas según su tipo en el tramo en estudio.	90
Gráfico 2. Número de fallas “Losa Dividida” según su severidad en cada unidad de muestra.	92
Gráfico 3. Número de fallas “Parcheo grande” según su severidad en cada unidad de muestra.....	93
Gráfico 4. Cantidad de fallas según su clasificación.	94
Gráfico 5. Número de UM según su condición en el tramo de estudio.....	95

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Ubicación de estación de conteo vehicular.	65
Fotografía 2. Levantamiento topográfico de la sección N° 03	66
Fotografía 3. Levantamiento topográfico de la sección N° 2.	66
Fotografía 4. Inicio del tramo en estudio y de la sección 1. Intersección del Jr. Alfonso Ugarte y la Av. 28 de julio.....	68

Fotografía 5. Cambio de sección de estudio, de la sección 1 a la sección 2. Intersección del Jr. Alfonso Ugarte y el Jr. Bambamarca.	69
Fotografía 6. Cambio de sección de estudio, de la sección 2 a la sección 3. Intersección del Jr. Alfonso Ugarte y el Jr. Pencaspampa.	70
Fotografía 7. Fin del tramo en estudio y de la sección 3. Intersección del Jr. Alfonso Ugarte y el Jr. Antonio Vásquez.	70
Fotografía 8. Señalización del inicio de una unidad de muestra.	72
Fotografía 9. Medición del espesor de las capas del pavimento existente.....	75
Fotografía 10. Espesor de la base y la losa del pavimento existente.	76
Fotografía 11. Losa dividida de alta severidad presente en la losa 10, D de la UM 08 de la sección N° 02.	91
Fotografía 12. Parcheo grande de mediana severidad presente en la losa 4,I de la UM 17 de la sección N° 03.	92
Fotografía 13. Unidad de muestra N° 01 con falla “losa dividida” de alta severidad (23H) en las 20 losas que la conforman. Fecha: 10/12/2018....	¡Error!
Marcador no definido.	
Fotografía 14. Losa dividida de alta severidad (23H) en la losa ubicada en la coordenada (3,I) de la unidad de muestra 2. Fecha: 10/12/2018.	¡Error!
Marcador no definido.	
Fotografía 15. Descascaramiento de junta de alta severidad (39 H) en la losa ubicada en la coordenada (2,I) de la unidad de muestra 5. Fecha: 10/12/2018.	¡Err
or! Marcador no definido.	
Fotografía 16. Losa dividida de alta severidad (23H) en la losa ubicada en la coordenada (3,D) de la unidad de muestra 7. Fecha: 10/12/2018.	¡Error!
Marcador no definido.	
Fotografía 17. Losa dividida de alta severidad (23H) en la losa ubicada en la coordenada (3,D) de la unidad de muestra 7. Fecha: 10/12/2018.	¡Error!
Marcador no definido.	

Fotografía 18. Losa dividida de alta severidad (23H) en la losa ubicada en la coordenada (10,D) de la unidad de muestra 8. Fecha: 31/11/2018. **¡Error! Marcador no definido.**

Fotografía 19. Popouts (32) en la losa ubicada en la coordenada (7,I) de la unidad de muestra 9. Fecha: 31/11/2018..... **¡Error! Marcador no definido.**

Fotografía 20. Losa dividida de mediana severidad (23M) en la losa ubicada en la coordenada (8,I) de la unidad de muestra 10. Fecha: 31/11/2018. **¡Error! Marcador no definido.**

Fotografía 21. Grieta de esquina de mediana severidad (22M) en la losa ubicada en la coordenada (9,I) de la unidad de muestra 11. Fecha: 31/11/2018. **¡Error! Marcador no definido.**

Fotografía 22. Losa dividida de mediana severidad (23M) en la losa ubicada en la coordenada (6,D) de la unidad de muestra 13. Fecha: 31/11/2018..... **¡Error! Marcador no definido.**

Fotografía 23. Descascaramiento de junta de baja severidad (39 L) en la losa ubicada en la coordenada (7,I) de la unidad de muestra 14. Fecha: 10/12/2018. **¡Error! Marcador no definido.**

Fotografía 24. Escalonamiento de baja severidad (25 L) en la losa ubicada en la coordenada (6,I) de la unidad de muestra 15. Fecha: 10/12/2018. **¡Error! Marcador no definido.**

Fotografía 25. Parcheo grande de mediana severidad (29 M) en la losa ubicada en la coordenada (5,I) de la unidad de muestra 16. Fecha: 10/12/2018. **¡Error! Marcador no definido.**

Fotografía 26. Losa dividida de alta severidad (23H) en la losa ubicada en la coordenada (2,I) de la unidad de muestra 18. Fecha: 28/11/2018. **¡Error! Marcador no definido.**

Fotografía 27. Punzonamiento de alta severidad (34H) en la losa ubicada en la coordenada (3,l) de la unidad de muestra 19. Fecha: 28/11/2018. **¡Error!**
Marcador no definido.

Fotografía 28. Grieta de esquina de alta severidad (22H) en la losa ubicada en la coordenada (8,l) de la unidad de muestra 22. Fecha: 28/11/2018. **¡Error!**
Marcador no definido.

Fotografía 29. Grieta de esquina de alta severidad (22H) en la losa ubicada en la coordenada (8,l) de la unidad de muestra 22. Fecha: 28/11/2018. **¡Error!**
Marcador no definido.

Fotografía 30. Parcheo grande de baja severidad (29 L) en la losa ubicada en la coordenada (1,l) de la unidad de muestra 24. Fecha: 28/11/2018. **¡Error!**
Marcador no definido.

RESUMEN

El objetivo de la presente tesis fue realizar la evaluación del estado de conservación del pavimento rígido del Jr. Alfonso Ugarte de la ciudad de Bambamarca. En este estudio se aplicó el método de Evaluación Superficial de Pavimentos por el Índice de Condición del Pavimento para identificar las fallas existentes y cuantificar su estado.

El segmento de vía en estudiado tiene una longitud total 875.85 m y un ancho promedio 7.54m. Se dividió en un tramo, 3 secciones y en 24 unidades de muestra.

En las 3 secciones, en las que se dividió el tramo en estudio, se encontró que su paquete estructural está compuesto por 20 cm de base y 15 cm de losa de concreto.

Del total de las 24 unidades de muestra inspeccionadas se determinó que 3 de ellas se encuentran en un estado “fallado” (U.M 5, 9, 20), 16 unidades de muestra cuentan con un estado de conservación “muy malo” (U.M. 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 22), 3 presentan un “mal” estado de conservación (U.M. 7, 17, 21), la unidad de muestra N° 23 presenta un “regular” estado de conservación y sólo la unidad de muestra, la N° 24, presenta un estado de conservación “muy bueno”.

De las tres secciones en que se dividió el tramo en estudio se determinó que la sección 1, sección 2 y sección 3 presentan un PCI igual a 13, 16 y 25 respectivamente, que corresponden a un pavimento en muy mal estado.

Del cálculo del PCI del tramo en estudio se obtuvo que éste es igual a 18, evidenciando un pavimento en “muy mal” estado de conservación.

PALABRAS CLAVE: Pavimento rígido, Índice de Condición del Pavimento, paquete estructural.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to evaluate the state of conservation of the rigid pavement of Jr. Alfonso Ugarte of the city of Bambamarca. In this study, the Surface Pavement Evaluation method was applied by the Pavement Condition Index to identify existing faults and quantify their status.

The road segment under study has a total length of 875.85 m and an average width of 7.54m. It was divided into a section, 3 sections and 24 sample units.

In the 3 sections, in which the section under study was divided, it was found that its structural package is composed of 20 cm of base and 15 cm of concrete slab.

From the total of the 24 inspected sample units it was determined that 3 of them are in a "failed" state (UM 5, 9, 20), 16 sample units have a "very bad" conservation state (UM 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 22), 3 have a "bad" state of preservation (UM 7, 17, 21), the Sample unit No. 23 has a "regular" condition and only the sample unit, No. 24, has a "very good" condition.

From the three sections in which the section under study was divided, it was determined that section 1, section 2 and section 3 have a PCI equal to 13, 16 and 25 respectively, which correspond to a pavement in very poor condition.

From the calculation of the **PCI of the section under study, it was obtained that it is equal to 18, showing a pavement in "very bad" state of conservation.**

KEY WORDS: Rigid pavement, Pavement Condition Index, structural package.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde la antigüedad los seres humanos han necesitado comunicarse, transportar sus recursos, acceder a servicios, etc.; por tales motivos han aperturado caminos cuyo procedimiento de construcción ha ido evolucionando a la par con la tecnología, desde los construidos con piedra hasta las autopistas que se construyen con la tecnología actual como los hechos con concreto hidráulico. (Menéndez, citado por Boñón y Beviá, 2000).

En nuestro país, es generalizado el uso de pavimento rígido para pavimentar las calles principales de las ciudades debido a buenas experiencias con este tipo de pavimento; sin embargo, no son muy extendidas las políticas de conservación de estas construcciones. (Menéndez, J. 2003.)

Es necesario, en este sentido que, para mejorar la condición y durabilidad de un pavimento, éste debe ser mantenido o reparado, pero no es posible hacerlo sin haber determinado el estado de conservación de este último; el tipo, severidad y cantidad de daños que presenta éste y así poder precisar, con fundamento, qué tramos de pavimento se debe priorizar su intervención, con el tratamiento adecuado correspondiente, para devolverle su nivel de transitabilidad, optimizando así dinero y demás recursos. (Menéndez, J. 2003.)

En Bambamarca, muchas de las calles se encuentran en mal estado, causando incomodidad en los usuarios de estas vías por los efectos negativos que ocasiona tener una vía en mal estado, entre ellos el potencial daño a los vehículos que conducen y el malestar que causa el polvo desprendido que ingresa a las viviendas. De todas las vías de Bambamarca es motivo de este estudio el Jr. Alfonso Ugarte entre la Av. 28 de julio y el Jr. Antonio Vásquez, por donde transitan vehículos menores y también de carga pesada ya que es la calle principal de la ciudad y por donde se transportan los productos de comercio a la Plaza Pecuaria de la ciudad.

En el segmento de vía en estudio se evidencia, a simple vista, fallas de tipo estructural y funcional; razón por la cual es importante evaluar la condición del pavimento rígido de manera fehaciente con el fin de conocer el estado de conservación del pavimento y posteriormente proponer soluciones de acuerdo a

los resultados obtenidos. La evaluación de esta vía se hará siguiendo los lineamientos de la norma ASTM D6433-03 que describe el “Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos” más conocido como “Método PCI”.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el estado de conservación del pavimento rígido del Jr. Alfonso Ugarte de la ciudad de Bambamarca según el método PCI?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación es importante y necesaria porque, ante la desatención del mantenimiento de las calles de esta ciudad, nos permitirá conocer el estado de conservación del pavimento rígido del Jr. Alfonso Ugarte de la ciudad de Bambamarca, para luego, basado en el estado de conservación encontrado, sugerir qué tipo de intervención dar al tramo en estudio y así atender, con un análisis objetivo, la incomodidad y malestar de los usuarios de esta vía.

El tramo estudiado es de mucha importancia para Bambamarca ya que por éste transitan los vehículos hacia la Plaza Pecuaria de esta ciudad, se transporta ganado y productos agrícolas, actividades económicas principales de la provincia. (INEI – Censos Nacionales, XI de población y VI de vivienda 2007).

Se espera también que este documento sirva como material de apoyo para futuras obras de mantenimiento y rehabilitación y así poder contribuir a formar una política de gestión de pavimentos en cada ciudad del país.

1.4. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación consistió en determinar el Índice de Condición del Pavimento (PCI) del pavimento rígido del Jr. Alfonso Ugarte entre la Av. 28 de Julio y el Jr. Antonio Vásquez (ver Figura 26). La metodología empleada es la descrita en la norma ASTM D6433-03, para ello fue necesario identificar y cuantificar el tipo y nivel de severidad de fallas existentes en esta vía; pudiendo ser de diecinueve tipos las fallas a identificar. El nivel de severidad puede ser: bajo, medio y alto para cada tipo de falla.

Luego de la recolección de información de campo, en gabinete, se calculó un índice para cada unidad de muestra, sección y tramo. Al calcular el Índice de Condición del Pavimento de cada tramo de pavimento se obtuvo un inventario de su estado y se pudo proponer el tipo de intervención necesaria, la que permitirá devolver y mejorar la funcionalidad al segmento de vía estudiado.

1.5. OBJETIVOS

- **Objetivo general**

Realizar la evaluación del estado de conservación del pavimento rígido del Jr. Alfonso Ugarte de la ciudad de Bambamarca mediante el método del “Índice de Condición del Pavimento”.

- **Objetivos específicos**

1. Elaborar un inventario de las fallas presentes en el pavimento rígido del Jr. Alfonso Ugarte de la ciudad de Bambamarca por inspección visual.
2. Calcular el Índice de Condición del Pavimento rígido del Jr. Alfonso Ugarte de la ciudad de Bambamarca.

1.6. HIPÓTESIS

El pavimento rígido del Jr. Alfonso Ugarte entre la Av. 28 de Julio y el Jr. Antonio Vásquez presenta una condición regular según el método PCI.

1.6.1. Operacionalización de variables

Es la conversión de una variable en un elemento capaz de ser directamente medible a través de un conjunto de operaciones secuenciales. Requiere del establecimiento de dimensiones e indicadores específicos de medición.

- Variables dependientes: Estado de conservación del pavimento rígido.
- Variables independientes: Índice de conservación del pavimento rígido.

Tabla 1. Operacionalización de variables.

Hipótesis	Definición conceptual de las variables	Definición operacional de las variables			
		Variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos de recolección de datos
El pavimento rígido del Jr. Alfonso Ugarte entre la Av. 28 de Julio y el Jr. Antonio Vásquez presenta una condición regular según el método PCI	Nivel de integridad estructural del pavimento y de las condiciones de operación de la superficie del pavimento rígido	Estado de conservación del pavimento rígido	Adimensional	Excelente Muy bueno Bueno Regular Malo Muy malo Fallado	Escala graduada del índice de condición del pavimento Formato de inspección de fallas y cálculo del PCI de la unidad de muestra
	El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0) para un pavimento fallado, hasta cien (100) para un pavimento en excelente estado	Índice de la condición de pavimento rígido (PCI)	Porcentaje (%)	100-85 85-70 70-55 55-40 40-25 25-10 10-0	

Fuente: Elaboración propia.

1.6.2. Matriz de consistencia

Tabla 2. Matriz de consistencia.

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Fuentes o instrumentos de recolección de datos	Metodología	Población y muestra
¿Cuál es el estado de conservación del pavimento rígido del Jr. Alfonso Ugarte de la ciudad de Bambamarca según el método PCI?	Objetivo general:				Excelente			Población:
					Muy bueno		METODOLOGÍA: Básicamente el estudio es del tipo descriptivo, analítico, no experimental y de corte transversal.	El total de losas del pavimento rígido del tramo del Jr. Alfonso Ugarte entre la Av. 28 de julio y el Jr. Antonio Vásquez.
	Realizar la evaluación del estado de conservación del pavimento rígido del Jr. Alfonso Ugarte de la ciudad de Bambamarca mediante el método del "Índice de Condición del Pavimento".	El pavimento rígido del Jr. Alfonso Ugarte entre la Av. 28 de Julio y el Jr. Antonio Vásquez presenta una condición regular según el método PCI	Nivel de integridad estructural del pavimento y de las condiciones de operación de la superficie del pavimento rígido	Adimensional	Bueno	Escala graduada del índice de condición del pavimento	> Descriptivo: porque describe la realidad, sin alteración. > Analítico: porque estudia los detalles de cada falla y establece sus posibles causas. > No experimental: porque estudia el problema y se analiza sin recurrir al laboratorio mediante los ensayos respectivos. > Corte transversal: porque recoleta datos en un solo momento del tiempo; y será de tipo visual y directa.	
					Regular			
					Malo			
					Muy malo			
					Fallado			
	Objetivos específicos:				100-85			Muestra:
	- Elaborar un inventario de las fallas presentes en el pavimento rígido del Jr. Alfonso Ugarte de la ciudad de Bambamarca por inspección visual.			El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0) para un pavimento fallado, hasta cien (100) para un pavimento en excelente estado	Porcentaje (%)	85-70	Formato de inspección de fallas y cálculo del PCI de la unidad de muestra	El total de losas del pavimento rígido del tramo del Jr. Alfonso Ugarte entre la Av. 28 de julio y el Jr. Antonio Vásquez.
	- Calcular el Índice de Condición del Pavimento rígido del Jr. Alfonso Ugarte de la ciudad de Bambamarca.					70-55		
					55-40		DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: La presente investigación es no experimental porque se observan los fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para su posterior análisis.	
					40-25			
					25-10			
					10-0			

Fuente: Elaboración propia.

1.7. DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS DE LOS CAPÍTULOS

A continuación, se describe brevemente el contenido de cada uno de los capítulos siguientes:

En el capítulo II se desarrolla el marco teórico, el cual incluye los antecedentes teóricos de la investigación, las bases teóricas sobre las cuales está sentada esta investigación, y la definición de algunos términos básicos a manera de glosario.

En el capítulo III se da la ubicación geográfica de la investigación, se describen los procesos realizados, se indica el tratamiento y análisis de datos, y se presentan los resultados.

En el capítulo IV se realiza el análisis y discusión de resultados de acuerdo a los objetivos planteados.

Finalmente, en el capítulo V se establecen las conclusiones más derivadas de los resultados. También se dan las recomendaciones para seguir ampliando los conocimientos sobre el problema de investigación.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

American Society for Testing and Materials. Estados Unidos. 1976. Por encargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los E.E.U.U. desarrolla el método PCI, con el fin de obtener un sistema con el cual administrar el mantenimiento de los pavimentos tanto rígidos como flexibles. Dado que el PCI constituyó un método completo y objetivo para la evaluación de los pavimentos, fue formalmente adoptado como procedimiento estándar por diferentes agencias, como el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, el *American Public Work Association* (APWA) y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación (Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03).

Federal Aviation Administration (FAA). Estados Unidos 1982. A través de su Circular AC150/5380-6 de 03/12/1982, denominada “*Guidelines and Procedures for Maintenance for Airport Pavement*”, recomendó este método, teniendo amplio uso en los aeropuertos de EE.UU.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Ing. Domingo Jorge Luis Dávila Vidarte, Ing. Nelson Enrique Huangal Castañeda, Ing. Wesley Amado Salazar Bravo. Lambayeque – Perú. 2017. En su tesis de maestría “Aplicación del método del PCI en la evaluación superficial del pavimento rígido de la vía canal de la Avenida Chiclayo distrito José Leonardo Ortiz provincia de Chiclayo periodo 2016” desarrolla la evaluación del estado superficial del pavimento de la avenida en mención, se dividió la vía canal en 6 tramos, cada uno de los tramos fue fraccionado en un número entero de unidades, las cuales se encontraban dentro del rango de 20+/- 8 losas para la unidad de muestreo y longitud inferior a 7.60m, siendo el número de unidades de muestras inspeccionadas de 12 por kilómetro, encontrándose 10 tipos de fallas de las

19 existentes en el Manual PCI de daños en vías con superficie en Concreto de Cemento Portland.

En su trabajo también se presenta localizados, catalogados y sectorizados en planos los diferentes tipos de daño presentados en el pavimento rígido, además de un plan de mantenimiento.

Jenny Sánchez-Ramírez. Piura – Perú. 2017. En su tesis “Evaluación del Estado del Pavimento de la av. Ramón Castilla, Chulucanas, Mediante el método PCI”, seleccionó 2020 metros de pavimento, que se dividieron en tramos, secciones y unidades de muestra. Mediante inspección visual, se determinaron las condiciones generales del pavimento, y se registraron las fallas presentes. Con esta información, se calculó el índice de condición por unidad de muestra y por sección, obteniéndose para las secciones 1, 2, 3, 4 y 5 valores de PCI de 34.4 (malo), 78.3 (muy bueno), 32.4 (malo), 24.8 (muy malo) y 81.7 (muy bueno) respectivamente.

Se concluye que las secciones 2 y 5 son apropiadas para el tránsito vehicular, mientras que la 1, 3 y 4 deben ser reparadas para alcanzar una condición de servicio adecuada.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.

Alex Yonel Vásquez Goicochea. Cajamarca – Perú.2018. En su tesis “Evaluación del estado de conservación de las calles del Sector Santa Rosa de la Ciudad de Bambamarca utilizando los métodos de Índice de Conservación del Pavimento (PCI) y VIZIR”, evaluó 12 jirones pertenecientes al Sector Santa Rosa de los cuales se tomaron datos de 39 unidades de muestreo obteniéndose una condición REGULAR con un valor de PCI de 43.92 , también se determinó que las fallas que más afectan a la condición del pavimento del sector Santa Rosa son las siguientes: parcheo grande 42.3%, pulimiento de agregados 12.7%, grieta lineal 11.9%, descascaramiento de junta 7.0%, losa dividida 6.7% y punzonamiento 6.6%.

Cynthia Melissa Sánchez. Cajamarca – Perú.2018. En su tesis “Incidencia de las patologías del concreto en la obtención del índice de

integridad funcional y estructural del pavimento rígido de la av. San Martín de Porres, entre la av. Atahualpa y Jr. Los Geranios, de la ciudad de Cajamarca”, calculó el PCI de la vía mencionada y llegó a la conclusión de que la condición del pavimento es muy buena, con un PCI ponderado de 81.3, y las fallas encontradas son del tipo funcional. Las fallas más frecuentes encontradas fueron: pulimiento de superficie, descascamiento de juntas, parche grande deteriorado y descascamiento de esquina, con porcentajes de 48%, 18%, 15% y 7% respectivamente.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. DEFINICIONES Y CLASIFICACIONES

2.2.1.1. PAVIMENTO

Acorde con la Norma AASHTO 1993, existen dos puntos de vista para definir un pavimento: el de la Ingeniería y el del usuario.

De acuerdo a la Ingeniería, el pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado subrasante. Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado período de tiempo.

Desde el punto de vista del usuario, el pavimento es una superficie que debe brindar comodidad y seguridad cuando se transite sobre ella. Debe proporcionar un servicio de calidad, de manera que su influencia sea positivamente en el estilo de vida de las personas.

2.2.1.2. CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS

Rodríguez (2009). Las capas que comprenden la carpeta estructural de un pavimento dependen de diversos factores, como por ejemplo del soporte de la subrasante, de la clase de material a usarse, de la intensidad de tránsito, entre otros.

Rodríguez (2009). Por esta razón, pueden identificarse 3 tipos de pavimentos, que se diferencian principalmente por el paquete estructural que presentan:

- a) Pavimento flexible
- b) Pavimento rígido
- c) Pavimento mixto

a) Pavimento flexible.

Rodríguez (2009) dice que, estos pavimentos están conformados por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, por lo que también son llamados pavimentos asfálticos. Luego, debajo de la capa de rodamiento la base granular y la sub base, finalmente está la subrasante que sirve de soporte a las capas antes mencionadas. Ver Figura 1 (a).

b) Pavimento rígido.

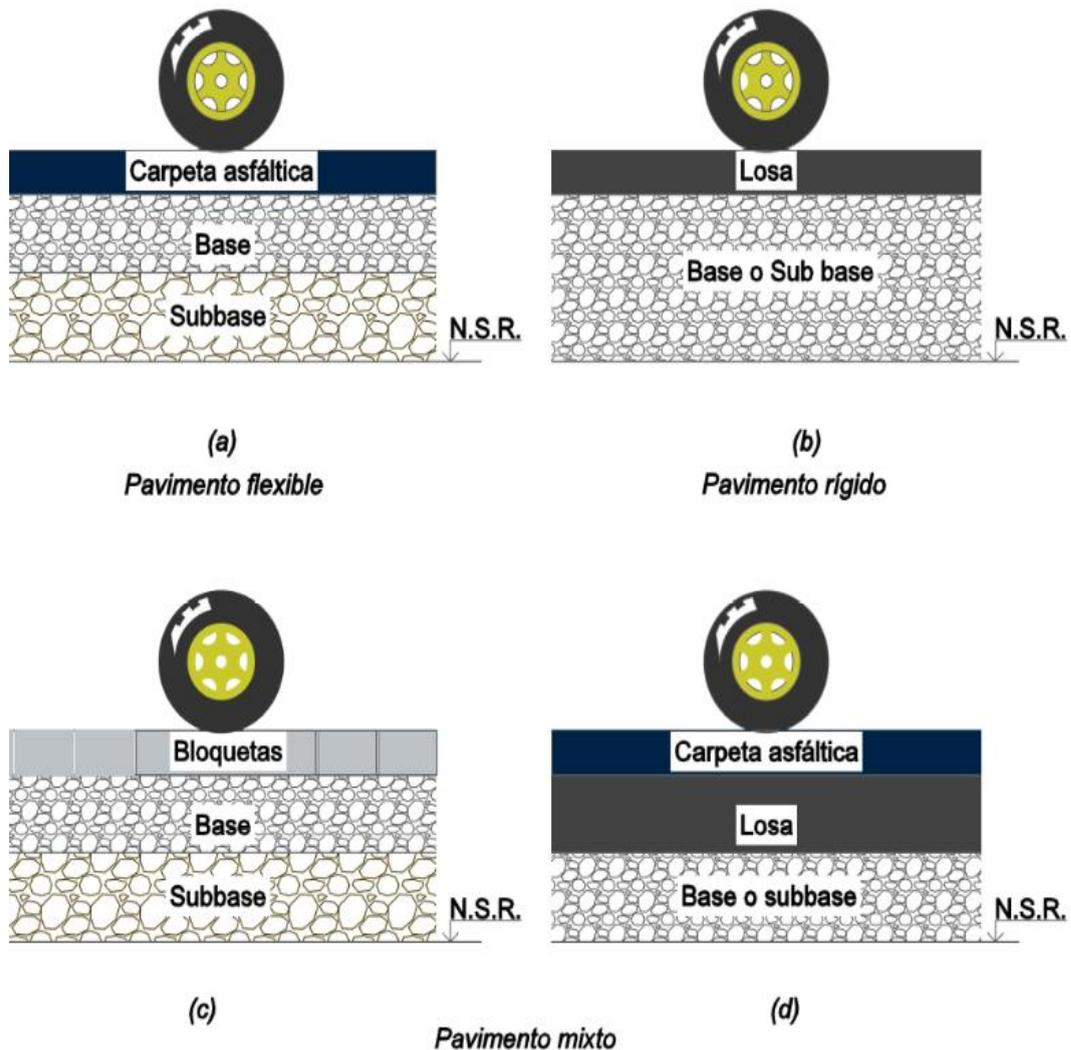
El pavimento rígido o pavimento hidráulico, se compone de losas de concreto hidráulico que algunas veces presentan acero de refuerzo. Esta losa va sobre la base (o sub base) y ésta sobre la subrasante. Este tipo de pavimentos no permite deformaciones de las capas inferiores. Ver Figura 1 (b).

El pavimento rígido tiene un costo inicial más elevado que el pavimento flexible y su período de vida varía entre 20 y 40 años. El mantenimiento que requiere es mínimo y se orienta generalmente al tratamiento de juntas de las losas. (Rodríguez 2009)

c) Pavimento mixto.

Al pavimento mixto se le conoce también como pavimento híbrido, y es una combinación de flexible y rígido. Por ejemplo, cuando se colocan bloquetas de concreto en lugar de la carpeta asfáltica, se tiene un tipo de pavimento híbrido. Ver Figura 1 (c). El objetivo de este tipo de pavimento es disminuir la velocidad límite de los vehículos, ya que las bloquetas producen una ligera vibración en los autos al circular sobre ellas, lo que obliga al conductor a mantener una velocidad máxima de 60 km/h. (Rodríguez 2009)

Figura 1: Esquema del paquete estructural según el tipo de pavimento.



Fuente: Adaptado de Rodríguez 2009.

2.2.1.3. ELEMENTOS DEL PAVIMENTO RÍGIDO

El Método AASHTO (1993) describe que, los elementos principales de un pavimento son:

a) Sub rasante

La sub rasante es el soporte natural, preparado y compactado, en la cual se puede construir un pavimento. La función de la sub rasante es dar un apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en el valor soporte, es decir, mucho más importante es que la sub rasante brinde un apoyo estable a que tenga una alta capacidad de soporte. Por lo tanto,

se debe tener mucho cuidado con la expansión de suelos. (AASHTO 1993)

b) Sub base

La capa de sub base es la porción de la estructura del pavimento rígido, que se encuentra entre la sub rasante y la losa rígida. Consiste de una o más capas compactas de material granular o estabilizado; la función principal de la sub base es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos. La sub base es obligatoria cuando la combinación de suelos, agua, y tráfico pueden generar el bombeo. Tales condiciones se presentan con frecuencia en el diseño de pavimentos para vías principales y de tránsito pesado. (AASHTO 1993)

c) Losa

La losa es de concreto de cemento portland. El factor mínimo de cemento debe determinarse en base a ensayos de laboratorio y por experiencia previas de resistencia y durabilidad. Se deberá usar concreto con aire incorporado donde sea necesario proporcionar resistencia al deterioro superficial debido al hielo-deshielo, a las sales o para mejorar la trabajabilidad de la mezcla. (AASHTO 1993)

2.2.1.4. TIPOS DE PAVIMENTOS DE CONCRETO

El Método AASHTO (1993) señala que los tipos de pavimentos de concreto pueden ser clasificados, en orden de menor a mayor costo inicial, de la siguiente manera:

- Pavimentos de concreto simple.
 - Sin pasadores.
 - Con pasadores.
- Pavimentos de concreto reforzado con juntas
- Pavimentos de concreto con refuerzo continuo.

a) Pavimento de concreto simple.

a. Sin pasadores.

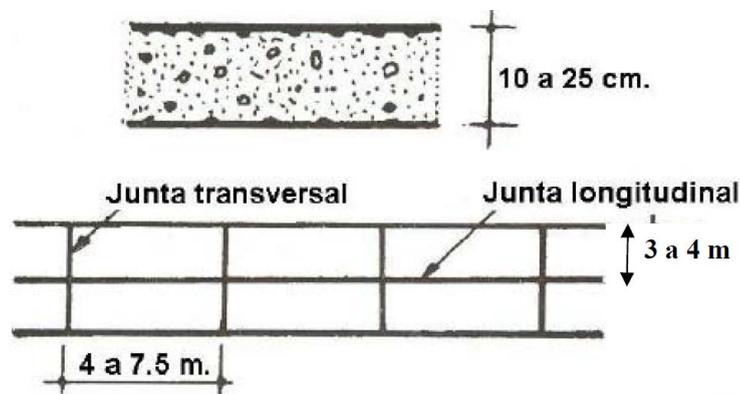
Son pavimentos que no presentan refuerzo de acero ni elementos para transferencia de cargas, ésta se logra a través de la trabazón (interlock) de los agregados entre las caras agrietadas debajo de las

juntas aserradas o formadas. Para que esta transferencia sea efectiva, es necesario que se use un espaciamiento corto entre juntas. (AASHTO 1993)

Están constituidos por losas de dimensiones relativamente pequeñas, en general menores de 6 m de largo y 3.5 m de ancho. Los espesores varían de acuerdo al uso previsto. Por ejemplo, para calles de urbanizaciones residenciales, éstos varían entre 10 y 15 cm, en las denominadas colectoras entre 15 y 17 cm. En carreteras se obtienen espesores de 16 cm. En aeropistas y autopistas 20 cm o más. (AASHTO 1993)

Este tipo de pavimento es aplicable en caso de tráfico ligero y clima templado y generalmente se apoyan directamente sobre la subrasante. (AASHTO 1993)

Figura 2: Pavimento de concreto simple sin pasadores.

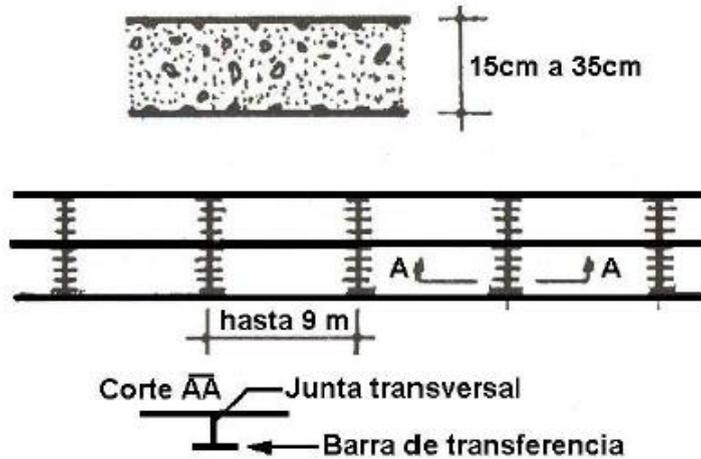


Fuente: Tomado de Método AASHTO 93 1993: 4.

b. Con pasadores.

Los pasadores (dowels) son pequeñas barras de acero liso, que se colocan en la sección transversal del pavimento, en las juntas de contracción. Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa contigua, mejorando así las condiciones de deformación en las juntas. De esta manera, se evitan los desplazamientos verticales diferenciales o también llamados escalonamientos. (AASHTO 1993)

Figura 3: Pavimento de concreto simple con pasadores.

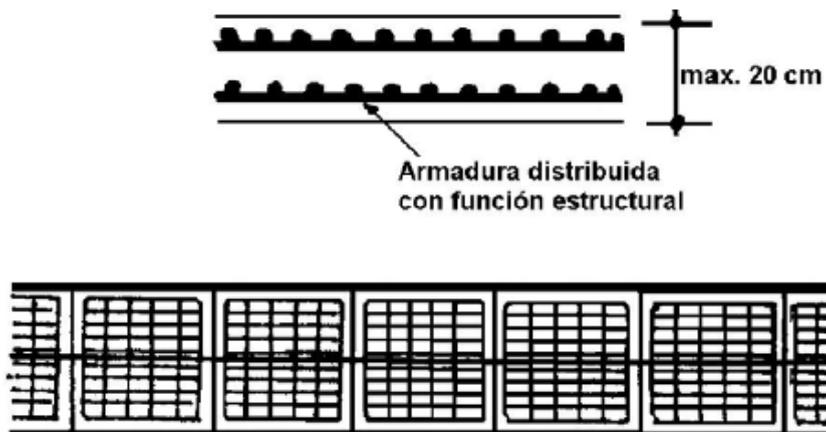


Fuente: Tomado de Método AASHTO 93 1993: 4.

b) Pavimento de concreto reforzado con juntas.

Los pavimentos reforzados con juntas contienen además del refuerzo, pasadores para la transferencia de carga en las juntas de contracción. Este refuerzo puede ser en forma de mallas de barras de acero o acero electrosoldado. El objetivo de la armadura es mantener las grietas que pueden llegar a formarse bien unidas, con el fin de permitir una buena transferencia de cargas y de esta manera conseguir que el pavimento se comporte como una unidad estructural. (AASHTO 1993)

Figura 4: Pavimento de concreto reforzado con juntas.

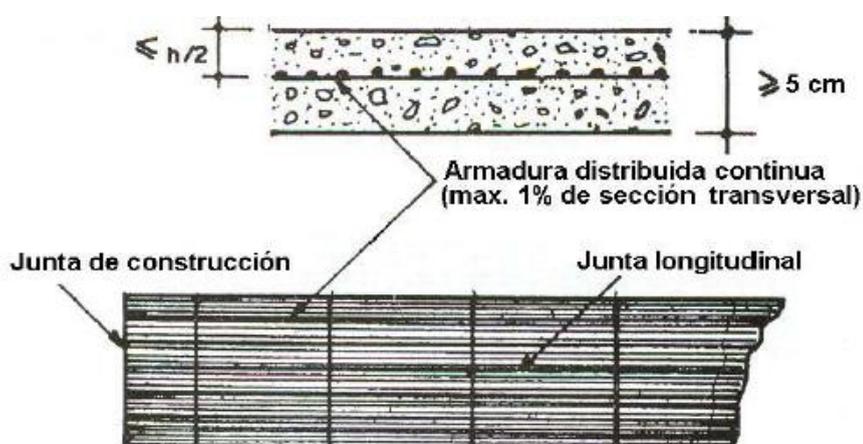


Fuente: Tomado de Método AASHTO 93 1993: 5.

c) Pavimento de concreto con refuerzo continuo.

A diferencia de los pavimentos de concreto reforzado con juntas, éstos se construyen sin juntas de contracción, debido a que el refuerzo asume todas las deformaciones, específicamente las de temperatura. El refuerzo principal es el acero longitudinal, el cual se coloca a lo largo de toda la longitud del pavimento. El refuerzo transversal puede no ser requerido para este tipo de pavimentos. (AASHTO 1993)

Figura 5: Pavimento de concreto con refuerzo continuo.



Fuente: Tomado de Método AASHTO 93 1993: 5.

2.2.1.5. GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS EN EL PERÚ

Sotil (2014) indica que, los pavimentos peruanos están regidos bajo dos jurisdicciones:

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC): Carreteras Nacionales, Regionales y Locales. A través de Provías, Gobiernos Regionales y Vías Concesionadas.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS): Vías urbanas en general. A través de las Municipalidades Distritales y Provinciales.

Ambas entidades tienen sus manuales en temas de pavimentos que rigen sobre sus jurisdicciones respectivas.

Los manuales se enfocan sobre manera en:

- El diseño de pavimentos (MTC y MVCS)
- Procesos constructivos (MTC)
- Metrados y costos (MTC)
- Inventarios Viales e Inicios de Conservación Vial

Sin embargo, en temas de conservación de pavimentos los manuales de ambas entidades presentan sólo conceptos “teoría”.

En el caso del MVCS, que tiene por competencia a las Vías Urbanas, mediante la Norma CE. 010 Pavimentos Urbanos en el capítulo 6 Mantenimiento de Pavimentos detalla en una sola página de manera conceptual el Objeto, Responsabilidad por la gestión del mantenimiento, Actividades de mantenimiento y Tareas de mantenimiento. (Ver figura 6).

Figura 6: Mantenimiento de Pavimentos Urbanos.

CAPÍTULO 6

MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS

- 6.1 OBJETO**
Este Capítulo tiene por objeto regular los aspectos técnicos relacionados con el mantenimiento de los pavimentos, con la finalidad de conservar la infraestructura urbana, manteniendo el orden, la circulación y el tránsito; así como uniformizar los criterios de mantenimiento y rehabilitación.
- 6.2 RESPONSABILIDAD POR LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO**
Corresponde a las Municipalidades y comprende principalmente cinco responsabilidades:
- a) Planeamiento del programa anual, incluyendo la previsión de los recursos y el presupuesto necesarios.
 - b) Disponer que los fondos sean asignados adecuadamente en toda la Red Vial y decidir las prioridades.
 - c) Programar y autorizar los trabajos.
 - d) Responsabilizarse de que las cuadrillas involucradas en el mantenimiento lo hagan de manera adecuada y efectiva.
 - e) Monitorear la calidad y efectividad de las actividades de mantenimiento.
- 6.3 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO**
Aparte de la Rehabilitación que es el refuerzo estructural del pavimento cuando ha cumplido su Vida de Servicio, hay cuatro actividades de mantenimiento, que se clasifican en términos de su frecuencia:
- a) Mantenimiento rutinario, requerido de manera continua en todas las vías, independientemente de sus características o volumen del tráfico. Por ejemplo: barrido, corte de gras, limpieza de drenes y cunetas, mantenimiento de alcantarillas y mantenimiento de la señalización.
 - b) Mantenimiento recurrente, requerido a intervalos pre establecidos durante el año, con una frecuencia que depende del volumen del tráfico. Por ejemplo: reparación de baches y bordes, sellado de grietas.
 - c) Mantenimiento periódico, requerido a intervalos de algunos años. Por ejemplo: sellado de toda la superficie, recapeos, reemplazo de pavimento asfáltico en áreas pequeñas, reposición de losas aisladas, reparación de bermas y señalización horizontal (pintado) y vertical (señales de tránsito).re-sellado de juntas.
 - d) Mantenimiento urgente, necesario para hacer frente a emergencias y problemas que requieren acción inmediata, cuando bloquean una vía. Por ejemplo: remoción de obstáculos, colocación de señales de peligro y trabajos diversos.
- 6.4 TAREAS DE MANTENIMIENTO**
Se refiere a la secuencia de trabajos necesarios para las Actividades de Mantenimiento:
- a) Inventario. Es el registro de las características básicas de cada sección de la Red Vial.
 - b) Inspección. Consiste en la auscultación del pavimento y la medición de su Condición.
 - c) Determinación del tipo de mantenimiento. Es el análisis de las fallas y definición de las actividades de mantenimiento necesarias.
 - d) Estimación de recursos. Es el costeo del programa de mantenimiento para definir el presupuesto.
 - e) Identificación de prioridades. Etapa en la que se decide el orden de prelación cuando los recursos son limitados.
 - f) Programa de trabajo y medición del comportamiento. Es la etapa en la que se controla el, trabajo que está siendo ejecutado.
 - g) Monitoreo. Verificación de la calidad y efectividad del trabajo.

Fuente: Tomado de Norma CE. 010 Pavimentos Urbanos 2010:36.

En el estudio se abordó el punto b) del apartado 6.4. de la norma CE. 010 Pavimentos Urbanos 2010. Además, de manera conceptual, se trató el punto c) ya que se realizó la inspección del pavimento y de acuerdo a la condición estimada se pudo dar sugerencias del tipo de mantenimiento.

2.2.1.6. CICLO DE VIDA DE LOS PAVIMENTOS

Los pavimentos son construcciones costosas que exigen mantenimiento y reparación para conservar las condiciones iniciales de diseño y en muchos casos prolongar su vida útil. (Gamboa 2009)

Durante muchos años se consignó a organismos estatales la construcción de nuevos caminos, haciendo a un lado, una labor igual de importante como es la conservación de ellos, en muchos casos debido a la no asignación de recursos y a conceptos erróneos, como el que se suponga que durante el periodo de diseño de un pavimento no es necesario conservarlos, sino que deben ser reconstruidos después del tiempo fijado. (Gamboa 2009).

El estado de conservación de un pavimento, sin mantenimiento, va disminuyendo a lo largo del tiempo desde un estado excelente hasta uno en estado fallado. Es por ello que los pavimentos se proyectan para que sirvan un determinado número de años, esta proyección es denominada ciclo de vida del pavimento (ver Figura 7). (Gamboa 2009).

Menéndez (2003) nos explica que el ciclo de vida de un pavimento, sin un plan de mantenimiento (ciclo "fatal"), puede clasificarse en cuatro fases; estas son:

- **Fase A: Construcción.** Un camino puede ser de construcción sólida o con algunos defectos. De todos modos, entra en servicio apenas se termina la obra, es decir, el día mismo en que se corta la cinta de la inauguración. El camino se encuentra, en ese momento, en excelentes condiciones para satisfacer plenamente las necesidades de los usuarios (ver punto A de la curva 1 en Figura 7). (Menéndez 2003)
- **Fase B: Deterioro imperceptible.** Durante un cierto número de años, el camino va experimentando un proceso de desgaste y

debilitamiento lento, principalmente en la superficie de rodadura, aunque, en menor grado, también en el resto de su estructura. Este desgaste se produce en proporción al número de vehículos livianos y pesados que circulan por él, aunque también por la influencia del clima, del agua de las lluvias o aguas superficiales y otros factores. Por otro lado, la velocidad del desgaste depende también de la calidad de la construcción inicial. (Menéndez 2003)

Para disminuir el proceso de desgaste y debilitamiento, es necesario aplicar, con cierta frecuencia, diferentes medidas de conservación, principalmente en la superficie de rodadura y en las obras de drenaje, además de efectuar las operaciones rutinarias de mantenimiento. Si no se efectúan, la vida útil del camino se reduce sustancialmente.

En épocas anteriores, la conservación de las vías durante esta fase ha sido prácticamente nula, debido a la no asignación de recursos o a que los recursos eran asignados a los caminos que se encontraban en muy mal estado. Pero también ha actuado en contra el mal entendido concepto del “diseño del camino para un determinado número de años”. Suele decirse que un camino está diseñado para un número determinado de años, lo que lleva a que muchas personas supongan, equivocadamente, que durante ese período no hay necesidad de conservarlos, sino reconstruirlos después del tiempo estipulado. Incluso hay ingenieros viales que consideran inevitable que al cabo de un tiempo el camino estará destruido y necesitará una reconstrucción. (Menéndez 2003)

Durante la fase B (ver curva 1 en Figura 7), el camino se mantiene en aparente buen estado y el usuario no percibe el desgaste, a pesar del aumento gradual de fallas menores aisladas. El camino sigue sirviendo bien a los usuarios y está en condiciones de ser conservado en el pleno sentido del término. (Menéndez 2003)

- **Fase C: Deterioro acelerado.**

Después de varios años de uso, la superficie de rodadura y otros elementos del camino están cada vez más “agotados”; el camino entra en un período de deterioro acelerado y resiste cada vez menos

el tránsito vehicular (ver curva 1 en Figura 7). Al inicio de esta fase, la estructura básica del camino aún sigue intacta y la percepción de los usuarios es que el camino se mantiene bastante sólido; sin embargo, no es así. Avanzando más en la fase C, se pueden observar cada vez más daños en la superficie y comienza a deteriorarse la estructura básica, lo cual, lamentablemente, no es visible. En otras palabras, cuando la superficie de rodadura presenta fallas graves que pueden verse a simple vista, es posible asegurar que la estructura básica del camino está siendo seriamente dañada. (Menéndez 2003)

Los daños comienzan siendo puntuales y poco a poco se van extendiendo hasta afectar la mayor parte del camino. Esta fase es relativamente corta, ya que una vez que el daño de la superficie se generaliza, la destrucción es acelerada. (Menéndez 2003)

- **Fase D: Deterioro total.**

La descomposición total del camino constituye la última etapa de su existencia y puede durar varios años. Durante este período el paso de los vehículos se dificulta seriamente, la velocidad de circulación baja bruscamente y la capacidad del camino queda reducida a sólo una fracción de la original. Los vehículos comienzan a experimentar daños en los neumáticos, ejes, amortiguadores y en el chasis. En general, los costos de operación de los vehículos suben de manera considerable y la cantidad de accidentes graves también aumenta. Los automóviles ya no pueden circular y sólo transitan algunos camiones y vehículos especiales. (Menéndez 2003)

Desgraciadamente, en Latinoamérica existen muchos ejemplos “perfectos” de carreteras que han llegado a esta fase de descomposición, habiéndose llegado al deterioro total de caminos que son vitales para la vida económica y social del país, convirtiéndose en una verdadera pesadilla. Su reconstrucción viene demandando la inversión de muchos millones de dólares, que como ya se dijo, provienen no sólo de la utilización de una parte considerable de los impuestos recaudados por el Estado, sino

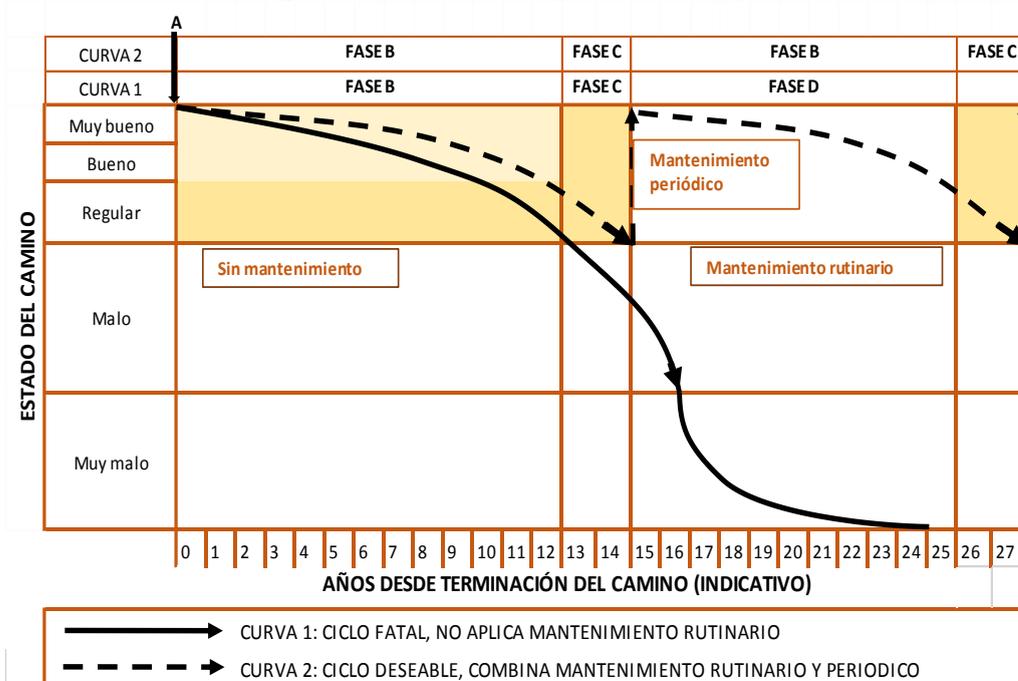
también del endeudamiento internacional. Este gasto, sin embargo, pudo haberse evitado si se hubiera intervenido oportunamente en el proceso de mantenimiento carretero. Muchos países han asimilado esta experiencia traumática y han aprendiendo la lección a un costo muy elevado. Se trata ahora de asimilar la lección y evitar que con el paso del tiempo sea olvidada. (Menéndez 2003)

2.2.1.7. CICLO DESEABLE DE UN PAVIMENTO

Menéndez (2003) manifiesta que, en nuestro país, se espera aún que el pavimento llegue a estar en las últimas etapas de deterioro para realizar una inversión y recuperar su condición inicial de servicio, siendo esta inversión elevada. Este costo elevado y malestar en los usuarios pudo evitarse con adecuado mantenimiento.

En la Figura 7 la “curva 2” representa el ciclo de vida deseable del pavimento, es decir, un camino mantenido y rehabilitado desde sus inicios, con un pequeño porcentaje del costo de construcción del pavimento se puede lograr que el nivel de servicio se incremente, prolongando la vida útil inicial.

Figura 7: Ciclo vida fatal y deseable del pavimento.



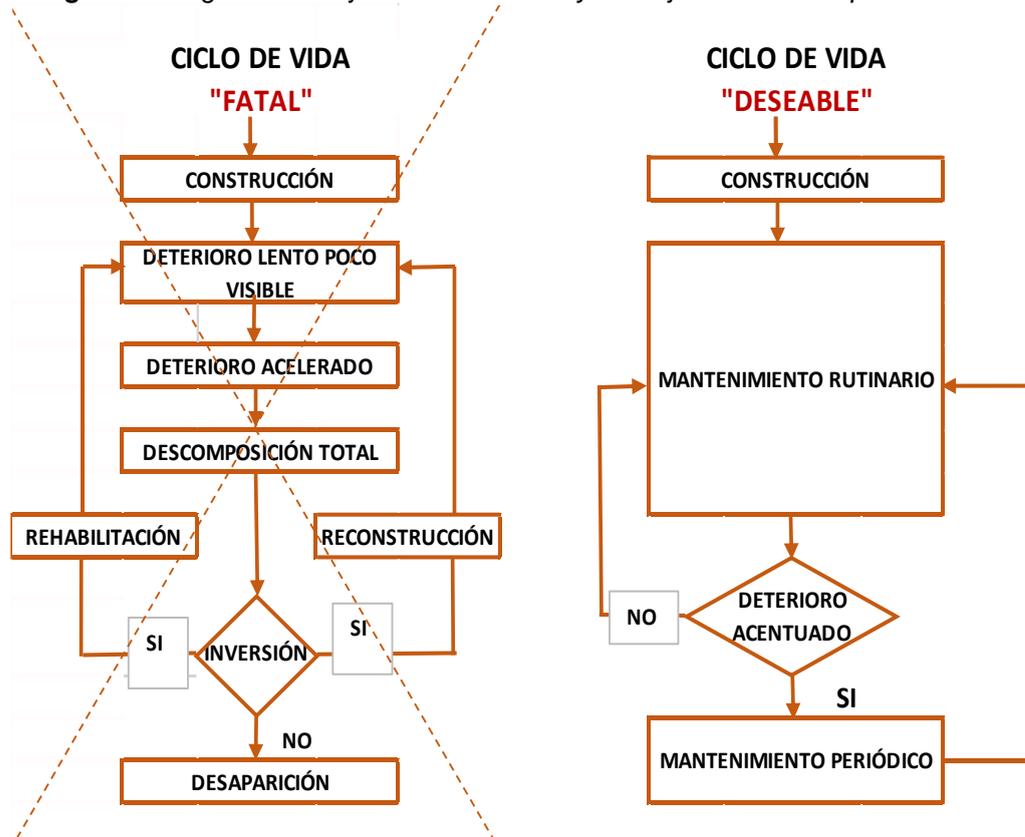
Fuente: Adaptado de Menéndez 2013.

Menéndez (2003) señala que, el ciclo de vida se inicia con un camino nuevo o rehabilitado, el estado del pavimento en estos casos es excelente. El mantenimiento progresivo hará que el desgaste natural del camino sea más lento, conservando así, el estado del pavimento en un nivel muy bueno y bueno. La duración de esta etapa en un camino no mantenido dura entre dos y tres años, en cambio, en un camino mantenido esta etapa puede prolongarse entre cuatro y cinco años.

Menéndez (2003) advierte que, cuando el estado del pavimento es regular se hace necesario un mantenimiento de tipo periódico, es decir, rehabilitar la superficie de rodadura, conservando el estado óptimo del camino.

Un camino sin mantenimiento a los dos años ya presenta problemas en circulación de vehículos, en cambio un camino mantenido pues prolonga esta etapa hasta después de los seis años.

Figura 8: Diagrama de flujo del ciclo de vida y del flujo deseado del pavimento.



Fuente: Tomado de Menéndez 2003:07.

2.2.1.8. EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO

Yarango (2014) resalta que, la evaluación de pavimentos permite conocer el estado situacional de la estructura y establecer medidas correctivas para cumplir objetivos de serviciabilidad dentro de su vida útil de diseño y en muchos casos prolongarla.

Llosa (2006) explica que, la evaluación del pavimento puede ser de dos tipos y son:

A) Evaluación Estructural

Los métodos de evaluación estructural se dividen en dos grupos, los Ensayos Destructivos y los Ensayos no Destructivos.

Llosa (2006) considera que, Entre los ensayos destructivos más conocidos están las calicatas que nos permiten obtener una visualización de las capas de la estructura expuestas, a través de las paredes de ésta y realizar ensayos de densidad “in situ”. Estas determinaciones permiten obtener el estado actual del perfil a través de las propiedades reales de los materiales que lo componen.

Llosa (2006) dice que, las calicatas facilitan además la toma de muestras en cantidad, para su posterior clasificación en el laboratorio, de cuyos resultados se puede establecer el uso más efectivo, al momento de realizarse las tareas de rehabilitación. Los trabajos suministran información adicional como:

- Los espesores de las capas conformantes.
- Los contenidos de humedad.
- La posible causa del deterioro de la capa (agrietamientos)
- La densidad de cada capa
- La capacidad de soporte en el material de subrasante.

Por otro lado, se pueden efectuar ensayos mediante perforaciones con la ayuda de equipos de calado, barrenos, saca muestras, etc. Esta metodología, en comparación con las calicatas es más sencilla, menos costosa, más rápida y provoca menores

interrupciones en el tránsito. Como desventaja, no se puede realizar determinaciones de densidad “in situ” por cuestiones de espacio. Sólo puede registrar potencia de cada capa. (Llosa 2006)

En cuanto a los ensayos no destructivos, éstos se pueden llevar a cabo mediante medidas de las deflexiones que son una herramienta importante en el análisis no destructivo de los pavimentos. La magnitud de la deflexión deformada producida por la carga, son útiles para investigar las propiedades “in situ” del pavimento. Se trata de aplicar una sollicitación tipo y medir la respuesta de la estructura. (Llosa 2006)

El sistema quizás más difundido de medición de deflexiones es mediante el empleo de la Viga Benkelman. Este dispositivo se lo utiliza para realizar mediciones en sectores en los que se observan fallas visibles y en los que no se observan fallas, de esta forma es posible acotar las propiedades actuales del pavimento “in situ”, e integrar sus resultados para una interpretación global. (Llosa 2006)

B) Evaluación Superficial

Llosa (2006) señala que, existen varios métodos utilizados para la evaluación superficial de los pavimentos. Los más conocidos son:

- La propuesta por la Universidad de Wisconsin (PASER)
- Consorcio de Rehabilitación Vial (CONREVIAl)
- Índice de Condición de Pavimentos (PCI)

Estos métodos son sencillos de aplicar y no requieren equipos experimentados. La inspección visual es una de las herramientas más importantes en la aplicación y evaluación de estos métodos, y forma parte esencial de toda la investigación. La inspección visual se realiza generalmente en dos etapas, una inicial y otra detallada. (Llosa 2006)

Con la inspección visual inicial se pretende obtener una inspección general del proyecto. Esta tarea se realiza sobre un vehículo conduciendo a baja velocidad abarcando toda la longitud de la vía.

Por otro lado, la inspección visual detallada consiste en inspeccionar la vía caminando sobre ella y tomando notas detalladas de las fallas encontradas en la superficie y se anotan también otras observaciones adicionales que se consideran necesarias. Los diferentes modos y tipos de falla se describen en función de su severidad, frecuencia y ubicación, de esta forma se tendrá una herramienta importante a la hora de fijar la estrategia de rehabilitación. (Llosa 2006)

2.2.1.9. FALLAS EN PAVIMENTO DE CONCRETO

A) Definición de falla

ASTM D6433-03 (1993) menciona que, las fallas pueden ser definidas como “indicadores externos del deterioro del pavimento causado por las cargas, factores ambientales, deficiencias constructivas, o una combinación de éstas.”

ASTM D6433-03 (1993) clasifica las fallas en:

- Fallas funcionales: son aquellas que afectan funciones iniciales de diseño, relacionadas con la transitabilidad, y, por ende, con la superficie de rodadura, la estética y la seguridad del pavimento. En su mayoría pueden detectarse por simple inspección visual.
- Fallas estructurales: son de mayor gravedad puesto que involucran daños en el paquete estructural del pavimento, afectando su comportamiento frente a las cargas externas. Aunque pueden detectarse por simple inspección, por lo general es necesario realizar ensayos destructivos o no destructivos en el pavimento.

B) Definición de niveles de severidad de fallas

Para establecer el nivel de severidad de las fallas en una vía, debe tomarse en cuenta su calidad de tránsito.

ASTM D6433-03 (1993) detalla que, existen tres grados de severidad de fallas: low (bajo), medium (medio) y high (alto), para

los cuales se utilizará la nomenclatura L, M y H respectivamente. Vásquez (2002:9), en el Manual “Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto”, define estos tres niveles de la siguiente forma:

L: (Low: Bajo). Se perciben las vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones) pero no es necesaria una reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo, pero creando poca incomodidad.

M: (Medium: Medio): Las vibraciones en el vehículo son significativas y se requiere alguna reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo, creando incomodidad.

H: (High: Alto): Las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo, creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo.

La calidad de tránsito se determina recorriendo la sección de pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad establecida por el límite legal. Las secciones de pavimento cercanas a señales de detención deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal. (Vásquez 2002)

2.2.1.10. CLASIFICACIÓN VEHICULAR

Conforme al Reglamento Nacional de Vehículos aprobado por Decreto Supremo N° 058-2003-MTC, se consideran como vehículos ligeros aquellos correspondientes a las categorías L (vehículos automotores con menos de cuatro ruedas) y M1 (vehículos automotores de cuatro ruedas

diseñados para el transporte de pasajeros con ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor).

Serán considerados como vehículos pesados, los pertenecientes a las categorías M (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros, excepto la M1), N (vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y contruidos para el transporte de mercancías), O (remolques y semirremolques) y S (combinaciones especiales de los M, N y O).

La clasificación del tipo de vehículo según encuesta de origen y destino, empleada por SNIP para el costo de operación vehicular (VOC), es la siguiente:

- **Vehículo de pasajeros**
 - Jeep (VL)
 - Auto (VL)
 - Bus (B2, B3, B4 y BA)
 - Camión C2
- **Vehículo de carga**
 - Pick-up (equivalente a Remolque Simple T2S1)
 - Camión C2
 - Camión C3 y C2CR
 - T3S2

Fuente: *Tomado de Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG 2018.*

2.2.2. MANUALES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE FALLAS EN UN PAVIMENTO DE CONCRETO

Para este fin, se cuenta con varios manuales que describen metodologías que nos permiten cuantificar el estado de conservación de un pavimento de concreto. En el cuadro adjunto se muestra un comparativo del alcance de los métodos más difundidos. (Castillo y Romero 2009).

Tabla 3. Tipos de fallas consideradas según su manual correspondiente.

Tipos de Fallas / Manuales	Manual de Identificación de Fallas - LTPPP U.S. DEPARTMENT TRANSPORTATION - FHWA	Manual de Inspección Visual para Pavimentos Rígidos - Universidad Nacional de Colombia	Manual de Daños en Vías con Superficie en Concreto de Cemento Portland - Manual PCI	M52 - Catálogo de Deterioros de Pavimentos Rígidos - Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica.	DNIT - Ministerio de Transportes - Brasil	AASHTO Guide for Design of Pavements Structures.	Manual de Identificación de Fallas en Pavimentos Urbanos Lima y Callao - Perú
Agrietamiento							
1 Grietas longitudinales	X	X	X	X	X	X	X
2 Grietas transversales o diagonales	X	X	X	X	X	X	X
3 Grietas de esquina	X	X	X	X	X	X	X
4 Grieta de durabilidad "D"	X	X	X	X		X	
5 Grietas en bloque o fracturación múltiple		X	X	X	X		X
6 Grietas en los extremos de los pasadores		X				X	
7 Grietas en pozos y sumideros		X					
Deterioro en juntas							
8 Deterioro del sello (transversal y longitudinal)	X	X	X	X	X	X	X
9 Despostillamiento de juntas (transversal y longitudinal)	X	X	X		X	X	X
10 Separación de junta longitudinal		X		X		X	
Deterioro superficial							
11 Fisuración tipo malla (retracción) y escamación	X	X	X	X	X	X	
12 Descascaramiento o escorcinamiento de esquina		X	X		X		X
13 Pulimiento de la superficie	X	X	X	X	X	X	X
14 Desintegración, agujeros, desprendimiento (popouts)	X	X	X	X	X	X	X
Deterioros estructurales							
15 Levantamiento localizado (blow up)	X	X	X	X	X	X	X
16 Desnivel transversal de juntas y grietas	X	X	X	X	X	X	
17 Desequilibrio carril/berma	X	X	X	X	X	X	
18 Separación carril/berma	X	X		X		X	X
19 Hundimientos o asentamientos		X	X		X	X	X
Otros deterioros							
20 Exudación y bombeo	X	X	X		X	X	
21 Parches deteriorados (grande o pequeño)	X	X	X	X	X		
22 Ondulaciones		X					
23 Cruce de vía férrea			X				

Fuente: Adaptado de Proyecto de Tesis "Rehabilitación de pavimentos rígidos en base al estudio de la carretera Tarija – Potosí". Lima – Perú 2009.

De tabla anterior se puede inferir que el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles.

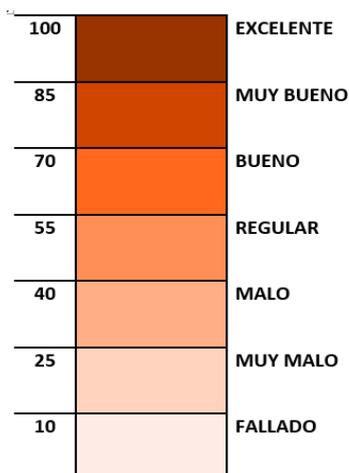
2.2.2.1. MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO “PCI”.

El Índice de Condición del Pavimento (PCI), se constituye, como se observó en la sección 2.2.2., en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos rígidos, dentro de los modelos de gestión vial disponibles. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas.

Fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 a cargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los E.E.U.U. con el objetivo de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles.

En la Figura 9 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Figura 9: Escala graduada del Índice de Condición del Pavimento.



Fuente: Adaptado de ASTM D6433-03 1993.

ASTM D6433-03 (1993) indica que, el cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se identifican y registran el tipo, severidad y cantidad de cada daño que presenta el pavimento. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

2.2.2.2. TIPOS DE FALLAS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO.

Bajo este apartado se describen los diecinueve tipos de fallas que puede tener un pavimento de concreto hidráulico. Se dará una breve descripción de éstos, explicando las posibles razones por las cuales se producen, e indicando formas de identificarlas durante el proceso de inspección. Además, se brindarán pautas para diferenciar los tres niveles de severidad de cada falla y la forma de medir de cada una de ellas, todo según los lineamientos de la norma ASTM D6433-03 (1993) para el cálculo del PCI.

Adicionalmente a lo descrito en el párrafo anterior, se presentarán las opciones de reparación para cada falla según su nivel de severidad.

A) Levantamiento / Pandeo.

Vásquez (2002) explica que, son originadas por la dilatación por temperatura de las losas, generalmente en grietas o juntas transversales que no son lo suficientemente amplias para permitir estas expansiones. La insuficiencia del ancho de las juntas puede darse por la infiltración de material incompresible en ellas. Debido al exceso de presión entre las losas, los bordes de las juntas se mueven hacia arriba o se fragmentan. Este tipo de fallas puede presentarse también en sumideros y en bordes de zanjas donde se instalan servicios públicos.

Posibles causas:

Vásquez (2002) sugiere que las causas pueden ser las siguientes:

- Mala colocación de barras de transferencia.
- Presencia de un estrato de suelo expansivo a poca profundidad.
- Infiltración de materiales incompresibles en el espacio de la junta.
- En tiempo cálido, cuando la junta transversal no es lo suficientemente amplia para permitir la expansión de la losa causando un movimiento hacia arriba en los bordes de la losa o una fragmentación en la vecindad de la junta.

Niveles de Severidad:

Según Vásquez (2002), el nivel de severidad puede ser:

L – Cuando se produce una disminución de la calidad de tránsito (de baja severidad).

M – Cuando se produce una disminución de la calidad de tránsito (de mediana severidad).

H – Cuando se produce una disminución de la calidad de tránsito (de alta severidad).

Ejemplos:

Figura 10. De izquierda a derecha, pandeo de baja, media y alta severidad.



Fuente: Tomado de ASTM D6433-03 1993.

Medida:

En una fisura, un pandeo es contabilizado como presente en una losa; sin embargo, si el pandeo ocurre en una junta y afecta a dos losas, la falla debe ser registrada en ambas losas. (Vásquez 2002)

Opciones de Reparación:

Vásquez (2002), sugiere las opciones de reparación siguientes:

L: No se hace nada. Parcheo profundo o parcial.

M: Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.

H: Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.

B) Grieta de esquina.

Vásquez (2002) explica que, una grieta de esquina es aquella que intercepta las juntas a una distancia menor o igual que la mitad de la longitud de la losa en ambos lados, medida desde la esquina. Esta grieta se extiende verticalmente a través de todo el espesor

de la losa, lo que la diferencia de un descascamiento, que más bien intercepta a la junta en un ángulo.

Posibles causas:

Vásquez (2002) sugiere que las causas pueden ser las siguientes:

- Repetición de cargas combinadas con la pérdida de soporte.
- Alabeo térmico.
- Asentamiento de la base y/o subrasante.
- Deficiente transferencia de cargas entre las losas adyacentes y humedad en los bordes de la losa.
- Sobrecargas en las esquinas.

Niveles de Severidad:

Sánchez (2007), los niveles de severidad se identifican así:

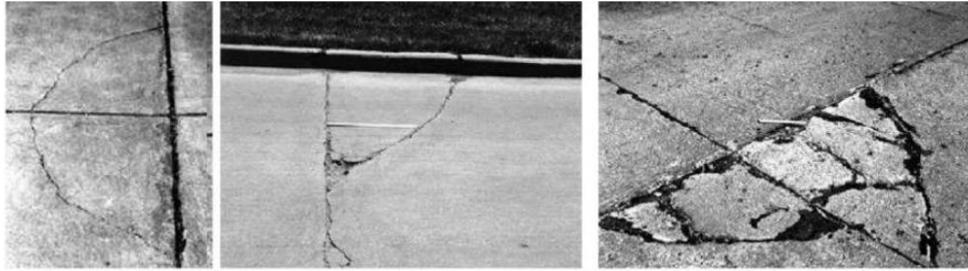
L – Si la fisura de baja severidad tiene un ancho menor a 13 mm, o cualquier fisura rellena en forma eficiente, sin deterioro. El área entre la fractura y las juntas puede estar no fisurada o ligeramente fisurada.

M – Una fisura de mediana severidad puede ser una fisura sin relleno con ancho mayor a 13 mm y menor a 50 mm, una fisura sin relleno de ancho menor a 50 mm con deterioro menor a 10 mm, o cualquier fisura con relleno y con deterioro menor a 10 mm.

H – La fractura se define como una fisura de alta severidad si el área entre la fractura y las juntas está severamente fisurada. Puede ser una fisura sin relleno de ancho mayor a 50 mm, o cualquier fisura con o sin relleno con deterioro mayor a 10 mm. registrarse el mayor nivel de severidad.

Ejemplos:

Figura 11. De izquierda a derecha, fisura de esquina de baja, media y alta severidad.



Fuente: Tomado de ASTM D6433-03 1993.

Medida:

Según Vásquez (2002), la losa con falla es registrada como una sola losa si se cumple que:

- Presenta sólo una fractura de esquina.
- Presenta más de una fractura de una severidad particular.
- Presenta dos o más fracturas de distinta severidad. En este caso, deberá registrar el mayor nivel de severidad.

Opciones de reparación:

Vásquez (2002) sugiere las siguientes opciones de reparación según el nivel de severidad hallado.

L: No se hace nada. Sellado de grietas de más de 3 mm.

M: Sellado de grietas. Parcheo profundo.

H: Parcheo profundo.

C) Losa dividida

Vásquez (2002) explica que, se considera que una losa es dividida cuando se observan cuatro o más pedazos de considerable tamaño. Si todos los pedazos o grietas están contenidos en una grieta de esquina, no se considera losa dividida, sino grieta de esquina severa. Esta falla se origina por sobrecarga o soporte inadecuado.

Posibles causas:

De acuerdo con Castillo y Romero (2009), las principales causas de la falla losa dividida son:

- Carga de tráfico muy alta.
- Soporte inadecuado.

Niveles de Severidad:

Según Vásquez (2002), el nivel de severidad puede ser:

Tabla 4. Niveles de severidad para losas divididas.

SEVERIDAD DE LA MAYORÍA DE LAS GRIETAS	NÚMERO DE PEDAZOS		
	4 a 5	6 a 8	8 ó más
L	L	L	M
M	M	M	H
H	M	M	H

Fuente: Adaptación ASTM D6433-03 1993.

Ejemplos:

Figura 12. De izquierda a derecha, falla por losa dividida de baja, media y alta severidad.



Fuente: Tomado de ASTM D6433-03 1993.

Medida:

Según Vásquez (2002), si la losa dividida es de mediana o alta severidad, ninguna otra falla debe ser registrada en la losa.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor de 3mm.

M: Reemplazo de la losa.

H: Reemplazo de la losa.

D) Grieta de durabilidad “D”

Vásquez (2002) explica que, consiste en un patrón de grietas paralelas y cercanas a una junta o grieta lineal. Esta grieta se genera por cambios volumétricos en los agregados grandes, que, debido a procesos de congelamiento y descongelamiento, llegan a fracturar el concreto, pudiendo llevar a la destrucción total de la losa. Ya que el concreto se satura cerca de las juntas y grietas, generalmente se puede observar un depósito de color oscuro alrededor de las fisuras “D”.

Posibles causas:

De acuerdo con Castillo y Romero (2009), son:

- Reactividad álcali-sílice de los agregados que conforman el hormigón, cuando estos se expanden debido al congelamiento y descongelamiento.
- Humedecimiento excesivo en el borde de los pavimentos.

Niveles de severidad:

Vásquez (2002) describe los siguientes niveles de severidad:

L: Las grietas “D” cubren menos del 15% del área de la losa. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unas pocas piezas pueden haberse desprendido.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Las grietas “D” cubren menos del 15% del área de la losa y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse con facilidad.

2. Las grietas “D” cubren más del 15% del área. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unos pocos pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.

H: Las grietas “D” cubren más del 15% del área y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.

Medida:

Según Vásquez (2002), cuando el daño se localiza y se califica en una severidad, se cuenta como una losa. Si existe más de un nivel de severidad, la losa se cuenta como poseedora del nivel de daño más alto. Por ejemplo, si grietas “D” de baja y media severidad están en la misma losa, la losa se registra como de severidad media únicamente.

Opciones de reparación

Vásquez (2002) sugiere las siguientes opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: Parcheo profundo. Reconstrucción de juntas.

H: Parcheo profundo. Reconstrucción de juntas. Reemplazo de la losa.

E) Escalonamiento/ Desplazamientos verticales diferenciales

Vásquez (2002) explica que, es la diferencia de nivel entre losas que puede observarse en las juntas. Se generan debido a asentamientos ocasionados por terrenos inestables, bombeo o erosión del material bajo las losas, o alabeo de los bordes de la losa debido a cambios de temperatura y humedad.

Posibles causas:

Vásquez (2002) sugiere las siguientes causas:

- Asentamiento debido una fundación blanda.
- Bombeo o erosión del material debajo de la losa.
- Alabeo de los bordes de la losa debido a cambios de temperatura o humedad.

Niveles de Severidad:

Sánchez (2007) indica que, los niveles de severidad de la falla por escalonamiento se definen por la diferencia de niveles a través de la grieta o junta, como se indica en la Tabla 5.

Tabla 5. Niveles de severidad para falla por escalonamiento.

NIVEL DE SEVERIDAD	DIFERENCIA DE NIVELES
L	3 – 10 mm (1/8 in – 3/8 in)
M	10 – 20 mm (3/8 in – 3/4 in)
H	Más de 20 mm (más de 3/4 in)

Fuente: *Adaptación ASTM D6433-03 1993.*

Ejemplo:

Figura 13. De izquierda a derecha, falla por escalonamiento de baja, media y alta severidad.



Fuente: *Tomado de ASTM D6433-03 1993.*

Medida:

Según Vásquez (2002), el escalonamiento a través de una junta se cuenta como una losa, y se consideran sólo las losas afectadas. El escalonamiento a través de una grieta no se cuenta como daño, pero se consideran para definir la severidad de las grietas.

Opciones de reparación:

Vásquez (2002) sugiere las siguientes opciones de reparación:

L: Cepillado con disco, colocación de pasadores.

M: Cepillado con disco, colocación de pasadores, parchado profundo.

H: Parchado profundo.

F) Descascaramiento de junta.

Vásquez (2002) explica que, se produce por acumulación de suelo, roca u otros materiales dañinos en las juntas. Esto impide la adecuada expansión de las losas, causando fragmentación, levantamiento o descascaramiento de los bordes, a la vez que permite una considerable infiltración de agua.

Este tipo de falla presenta por lo general alguna de las siguientes características: desprendimiento del sellante de la junta, derrame del sellante, crecimiento de vegetación, endurecimiento del material llenante o pérdida de adherencia a los bordes de la losa. (Vásquez, 2002)

Posibles causas:

Vásquez (2002) explica que, se puede originar debido a:

- Desprendimiento del sellante de la junta.
- Extrusión del sellante.
- Sellador deficiente (mal colocado o producto de mala calidad).
- Crecimiento de vegetación.
- Endurecimiento del material llenante (oxidación).
- Pérdida de adherencia con los bordes de la losa.
- Falta o ausencia del sellante en la junta.

Niveles de Severidad:

Sánchez (2007) indica que, este tipo de falla se le puede identificar los tres niveles de severidad según lo siguiente:

L – Cuando el sellante de la junta en su mayoría se encuentra en buena condición, sólo con daños menores. El daño en el sello de la junta es de baja severidad si los sellantes de unas pocas juntas muestran poca adherencia, pero aún siguen en contacto con los bordes de las juntas. Esta condición se cumple si una hoja de cuchillo puede ser insertada entre el sellante y la cara de la junta sin resistencia alguna.

M – Cuando el sellante de la junta se encuentra en regular condición en toda la sección, con uno o más de los daños

mencionados arriba, presentes en forma moderada. El daño en el sello de la junta es de mediana severidad si unas pocas juntas cumplen con alguna de las siguientes condiciones: el sellante se encuentra en su lugar, pero la filtración de agua es posible a través de pequeñas aberturas visibles de ancho menor a 3 mm (1/8 in), si una hoja de cuchillo no puede ser insertada fácilmente entre el sellante y la cara de la junta, el daño no se considera como de severidad media; se aprecia material bombeado desde la base de la losa en la junta; el sellante de junta está oxidado pero flexible, y generalmente llena la abertura de la junta; o, se aprecia vegetación en la junta pero ésta no impide que las aberturas sean visibles.

H – Cuando el sellante de junta generalmente se encuentra en pobre condición en toda la sección, con uno o más de los daños mencionados arriba, presentes en forma moderada. El daño en el sello de la junta presenta un nivel de severidad alto si 10% o más del sellante de la junta cumple con las condiciones mencionadas en el punto anterior, o si 10% o más del sellante se ha desprendido.

Ejemplo:

Figura 14. De izquierda a derecha, deterioro de junta de baja, media y alta severidad.



Fuente: Tomado de ASTM D6433-03 1993.

Medida:

Según Vásquez (2002), los daños en el sello de las juntas no son contados losa por losa, sino que son calificados de acuerdo a su condición en conjunto dentro del área total examinada.

Opciones de reparación:

Vásquez (2002), sugiere las siguientes opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: Resellado de juntas.

H: Resellado de juntas.

G) Desnivel Carril - Berma

Vásquez (2002) explica que, como el mismo nombre lo dice, es la diferencia de nivel entre la berma y el borde del pavimento, debido a asentamientos, erosión o infiltración de agua. Esta falla puede causar una importante infiltración de agua, y además constituye un peligro para la seguridad vial.

Posibles causas:

De acuerdo con Castillo y Romero (2009), son:

- Asentamiento de la berma por compactación insuficiente.
- Descompactación producida por la penetración de la helada en suelos.
- Erosión de la capa superficial por agua.

Niveles de Severidad:

Sánchez (2007) describe la manera de identificar el nivel de severidad de este tipo de falla de la manera siguiente:

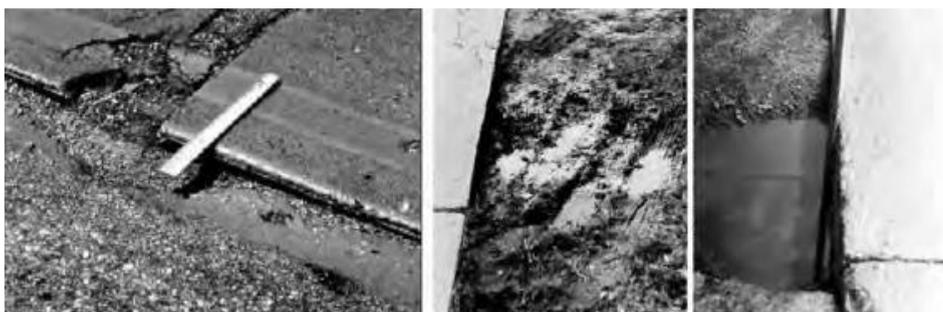
L – La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma es > 25 y ≤ 50 mm (> 1 y ≤ 2 in).

M – La diferencia en elevación es > 50 y ≤ 100 mm (> 2 y ≤ 4 in)

H – La diferencia en elevación es > 100 mm (> 4 in).

Ejemplos:

Figura 15. De izquierda a derecha, falla por desnivel carril-berma de baja, media y alta severidad.



Fuente: Tomado de ASTM D6433-03 1993.

Medida:

Según Vásquez (2002), el valor medio del desnivel carril-berma se obtiene promediando el máximo y el mínimo desnivel a lo largo de la losa. Cada losa que presenta esta falla es medida por separado y contabilizada individualmente con su nivel de severidad apropiado.

Opciones de reparación:

L, M, H: Renivelación y llenado de bermas para coincidir con el nivel del carril. (Vásquez 2002)

H) Grietas lineales: longitudinales, transversales y diagonales

Vásquez (2002) explica que, son aquellas que dividen la losa en como máximo tres pedazos. Generalmente se originan por la repetición de cargas de tránsito y alabeo causado por variaciones de temperatura o humedad. Dentro de este tipo de fallas se encuentran las grietas de baja severidad y las grietas capilares. Las grietas muy finas, de corta longitud y que no se extienden a través de toda la losa, se clasifican como fisuras por contracción.

Posibles causas:

De acuerdo con Castillo y Romero (2009), son:

- Por combinación de la repetición de las cargas de tránsito.
- Alabeo por variación de la temperatura y la humedad.
- Pérdida de apoyo en los bordes longitudinales.

- Asentamiento de la sub base.
- Losa de ancho excesivo.
- Carencia de una junta longitudinal.
- Mal posicionamiento de dovelas y/o barras de anclaje.
- Aserrado tardío de la junta.

Niveles de Severidad:

Vásquez (2002) describe la manera de identificar el nivel de severidad de este tipo de falla de la manera siguiente:

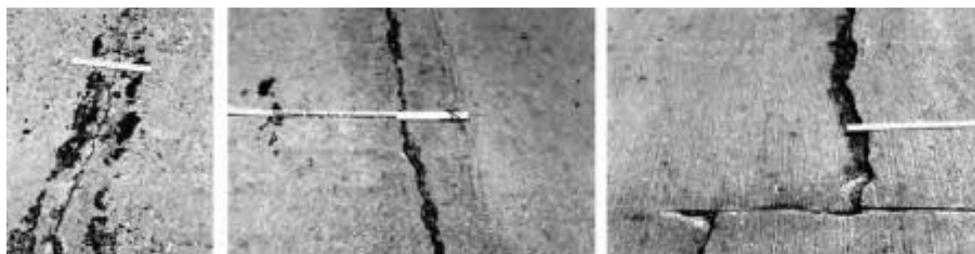
L – Las fisuras sin relleno o sello de ancho ≤ 13 mm o fisuras con relleno de cualquier ancho con material de relleno en condición satisfactoria. No existen desniveles.

M – Cuando se cumple una de las siguientes condiciones: fisuras sin relleno de ancho > 13 y ≤ 50 mm; fisuras sin relleno de cualquier ancho ≤ 50 mm con algún desnivel < 10 mm, o fisuras con relleno de cualquier ancho con algún desnivel < 10 mm.

H – Cuando se cumple una de las siguientes condiciones: fisuras sin relleno de ancho > 50 mm; o fisuras con o sin relleno de cualquier ancho con algún desnivel > 10 mm.

Ejemplo:

Figura 16. De izquierda a derecha, grietas lineales de baja, media y alta severidad.



Fuente: Tomado de ASTM D6433-03 1993.

Medida:

Según Vásquez (2002), una vez que se haya determinado la severidad de la fisura, la falla es registrada como una losa. Si se registran dos fisuras con mediano nivel de severidad en una misma

losa, entonces se considera como si la losa tuviera una sola fisura de alta severidad.

Las losas divididas en cuatro o más partes, se cuentan como losas divididas. Para el caso de losas con refuerzo, las fisuras de ancho <3 mm (1/8 in) son contabilizadas como fisuras de contracción. Las losas de longitud mayor a 9 m (29.5 ft) son divididas en losas imaginarias de longitudes aproximadamente iguales y con juntas imaginarias que supuestamente se encuentran en perfectas condiciones. (Vásquez 2002)

Opciones de reparación:

Vásquez (2002) sugiere las medidas de reparación siguientes:

L: No se hace nada. Sellado de grietas más anchas que 3.0 mm.

M: Sellado de grietas.

H: Sellado de grietas. Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.

I) Parcheo grande

Vásquez (2002) explica que, son áreas mayores a 0.5 m², donde se ha reemplazado el concreto original por uno nuevo, comúnmente para realizar instalaciones o mantenimiento de servicios públicos subterráneos.

Posibles causas:

De acuerdo con Castillo y Romero (2009), son:

- La retracción del fraguado puede separar el parche de concreto antiguo, si no se utiliza un epóxido como material de adhesión.
- Insuficiente traspaso de cargas en las juntas de contracción o mala construcción.

Niveles de Severidad:

Vásquez (2002) describe la manera de identificar el nivel de severidad de este tipo de falla de la manera siguiente:

L – Cuando el parche funciona bien, con poco o ningún deterioro.

M– Cuando el parche está moderadamente deteriorado, o se aprecia descascaramiento moderado alrededor de los bordes, o ambos. Es necesario realizar un esfuerzo considerable para retirar el parche.

H – Cuando el parche está severamente deteriorado. El nivel de deterioro justifica su reemplazo.

Ejemplo:

Figura 17. De izquierda a derecha, parcheo grande de baja, media y alta severidad.



Fuente: Tomado de ASTM D6433-03 1993.

Medida:

Si alguna losa tiene uno o más parches con el mismo nivel de severidad, ésta se cuenta como una losa que contiene dicha falla. Si alguna losa tiene más de un nivel de severidad, esta se cuenta como una losa considerando su más alto nivel de severidad. (Vásquez 2002)

Opciones para Reparación:

(Vásquez 2002), sugiere las medidas de reparación siguientes:

L: No se hace nada.

M: Sellado de grietas. Reemplazo del parche.

H: Reemplazo del parche.

J) Parcheo pequeño

Vásquez (2002) explica que, son áreas menores a 0.5 m², donde se ha reemplazado el concreto original por uno nuevo.

Posibles causas:

De acuerdo con Castillo y Romero (2009), son:

- La retracción del fraguado puede separar el parche de concreto antiguo, si no se utiliza un epóxido como material de adhesión.
- Insuficiente traspaso de cargas en las juntas de contracción o mala construcción.

Niveles de Severidad:

Vásquez (2002) describe la manera de identificar el nivel de severidad de este tipo de falla de la manera siguiente:

L – Cuando el parche funciona bien, con poco o ningún deterioro.

M – Cuando el parche está moderadamente deteriorado. Es necesario realizar un esfuerzo considerable para retirar el parche.

H – Cuando el parche está severamente deteriorado. El nivel de deterioro justifica su reemplazo.

Ejemplo:

Figura 18. De izquierda a derecha, parcheo pequeño de baja, media y alta severidad.



Fuente: Tomado de ASTM D6433-03 1993.

Medida:

Si alguna losa tiene uno o más parches con el mismo nivel de severidad, ésta se cuenta como una losa que contiene dicha falla. Si alguna losa tiene más de un nivel de severidad, esta se cuenta como una losa considerando su más alto nivel de severidad. (Vásquez 2002)

Opciones para Reparación:

(Vásquez 2002), sugiere las medidas de reparación siguientes:

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reemplazo del parche.

H: Reemplazo del parche.

K) Pulimento de agregados

Vásquez (2002) explica que, se manifiesta cuando los agregados de la superficie del pavimento se tornan suaves al tacto, reduciéndose la fricción entre los vehículos y el pavimento. Por lo general, esta falla se determina solo después de un estudio exhaustivo, donde se revele que sobre la superficie del pavimento se extiende solo una pequeña porción de agregados.

Posibles causas:

De acuerdo con Castillo y Romero (2009), son:

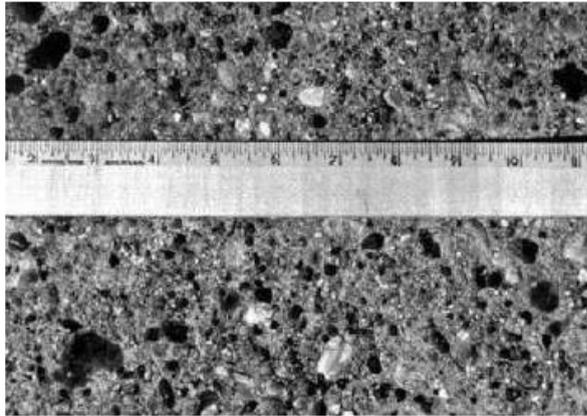
- Aplicaciones repetidas de cargas del tránsito.
- Cuando los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto, se reduce considerablemente la adherencia con las llantas.
- Mala terminación superficial del concreto.
- Concreto mal dosificado o de mala calidad.

Niveles de Severidad:

Vásquez (2002) aclara que, no hay niveles de severidad definidos; sin embargo, el nivel de pulido debe ser claramente notable antes de que sea incluido en la inspección como una falla.

Ejemplo:

Figura 19. Pulimento de agregados.



Fuente: Tomado de ASTM D6433-03 1993.

Medida:

Vásquez (2002) precisa que, el agregado pulido en una losa, se cuenta como una losa.

L) Popouts

Vásquez (2002) explica que, son diminutos desprendimientos de pavimento en la superficie del pavimento. Su tamaño varía entre 25 mm y 102 mm y su espesor entre 13 mm y 51 mm.

Posibles causas:

De acuerdo con Castillo y Romero (2009), son:

- Mala dosificación del concreto, concreto pobre y/o con exceso de mortero.
- Agregados de inapropiada granulometría.
- Material inapropiado en el interior del concreto tal como terrones de arcilla o cal viva.
- Proceso constructivo inadecuado.
- En climas fríos, acción combinada del tránsito con ciclos de hielo y deshielo.

Niveles de Severidad:

No hay grados de severidad definidos para los Popouts; sin embargo, deben ser extensivos antes de que sean considerados

como falla. La densidad promedio de los Popouts debe ser aproximadamente mayor a 3 popouts/m² sobre el área de una losa completa. (Vásquez 2002)

Ejemplo:

Figura 20. Popouts.



Fuente: Tomado de ASTM D6433-03 1993.

Medida:

Se debe estimar la densidad de la falla. Si hay alguna duda de que la densidad promedio es mayor a 3 popouts/ m², entonces se debe realizar un chequeo en tres áreas de 1 m² escogidas en forma aleatoria. La losa debe ser contabilizada cuando el promedio es mayor a dicha densidad. (Vásquez 2002)

Opciones de reparación:

L, M y H: No se hace nada. (Vásquez 2002)

M) Bombeo

Vásquez (2002) explica que, es la expulsión del material de fundación por las juntas o grietas. Debido a la deflexión de las losas por el paso de vehículos, el agua en el interior se mueve, erosionando y removiendo las partículas del suelo, y generando su expulsión a través de las grietas.

Esto a su vez ocasiona pérdida de soporte, que a la larga producirá más grietas. El bombeo cerca de las juntas es causado por la presencia de un sellante pobre. El bombeo se puede diagnosticar por la presencia de manchas o de material del paquete estructural del pavimento en la superficie.

Posibles causas:

De acuerdo con Castillo y Romero (2009), son:

- Por la deflexión de la losa debido a la repetición de cargas.
- Presencia de agua superficial que penetra en la base y la losa de concreto.
- El bombeo cerca de las juntas es causado por un sellante pobre de la junta e indica la pérdida de soporte.

Niveles de Severidad:

No hay grados de severidad definidos. Es suficiente indicar que existe bombeo. (Vásquez 2002)

Medida:

Una junta con bombeo entre dos losas, es contabilizada como dos losas; sin embargo, si las otras juntas alrededor de la losa también presentan bombeo, una losa es adicionada por cada junta con bombeo. (Vásquez 2002)

Opciones de reparación:

L, M y H: Sellado de juntas y grietas. Restauración de la transferencia de cargas. (Vásquez 2002)

N) Punzonamiento

Vásquez (2002) explica que, es una falla en un área localizada de la losa. Se evidencia porque esta área se encuentra rota en pedazos, y se ubica entre una junta y una grieta o entre dos grietas muy cercanas. La distancia entre la junta y la fisura, o dos fisuras espaciadas cercanamente es menor a 1.5 m (5 ft) de ancho. Su

causa es la repetición de cargas pesadas, descuidos en la colocación del concreto, el inadecuado espesor de la losa, y pérdida de soporte en el pavimento.

Posibles causas:

De acuerdo con Castillo y Romero (2009), son:

- Deficiente compactación inicial o por movimiento de la propia estructura.
- Repetición de cargas pesadas.
- Espesor inadecuado de la losa.
- Pérdida de soporte de la fundación o una deficiencia localizada de construcción del concreto.

Niveles de Severidad:

En la *Tabla 6* se indican los niveles de severidad para punzonamiento.

Tabla 6. Niveles de severidad para fallas por punzonamiento.

SEVERIDAD DE LA MAYORÍA DE LAS GRIETAS	NÚMERO DE PEDAZOS		
	2 a 3	4 a 5	Mayor a 5
L	L	L	M
M	L	M	H
H	M	H	H

Fuente: Adaptado de ASTM D6433-03 1993.

Ejemplo:

Figura 21. De izquierda a derecha, falla por punzonamiento, de baja, media y alta severidad respectivamente.



Fuente: Tomado de ASTM D6433-03 1993.

Medida:

Si una losa contiene más de un punzonamiento, o un punzonamiento y una fisura, ésta se cuenta como fragmentada. (Vásquez 2002)

Opciones de reparación:

Vásquez (2002) sugiere las medidas de reparación siguientes:

L: No se hace nada. Sellado de grietas.

M: Parcheo profundo.

H: Parcheo profundo.

O) Cruce de vía férrea

Vásquez (2002) explica que, el daño de cruce de vía férrea se caracteriza por depresiones o abultamientos alrededor de los rieles.

Niveles de severidad:

Vásquez (2002) describe la manera de identificar el nivel de severidad de este tipo de falla de la manera siguiente:

L: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.

M: El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.

H: El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de alta severidad.

Medida:

Se registra el número de losas atravesadas por los rieles de la vía férrea. Cualquier gran abultamiento producido por los rieles debe contarse como parte del cruce. (Vásquez 2002)

Opciones de reparación:

(Vásquez 2002), sugiere las medidas de reparación siguientes:

L: No se hace nada.

M: Parcheo parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

H: Parcheo parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

P) Mapa de grietas / desconchamiento /descascaramiento/ craquelado

Vásquez (2002) explica que, es un conjunto de grietas finas que se presentan solo en la superficie de la capa de rodadura. Éstas por lo general se interceptan a 120°.

Posibles causas:

De acuerdo con Castillo y Romero (2009), son:

- Curado inapropiado del concreto.
- Exceso de amasado superficial (manipulación en el terminado) y/o adición de agua durante el alisado de la superficie.
- Malla de refuerzo muy cerca de la superficie.
- Acción del clima o productos químicos.
- El descamado también puede ser causado por incorrecta construcción y por agregados de mala calidad.

Niveles de Severidad:

Vásquez (2002) describe la manera de identificar el nivel de severidad de este tipo de falla de la manera siguiente:

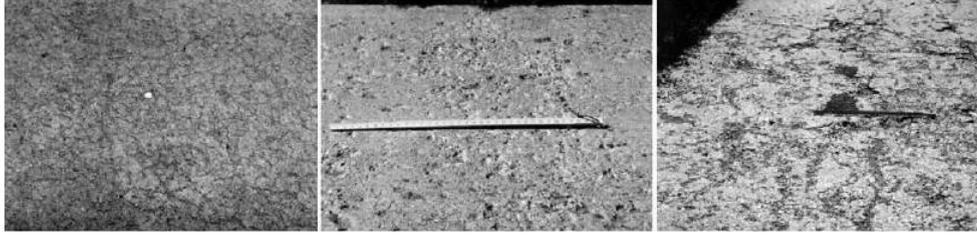
L – Cuando el mapa de fisuras o craquelado existe sobre la mayoría del área de la losa; la superficie se encuentra en buenas condiciones, con presencia de descascaramiento menores.

M – Cuando la superficie de la losa está descascarada en un área menor al 15% del total.

H – Cuando la superficie de la losa está descascarada en un área mayor al 15% del total.

Ejemplo:

Figura 22. De izquierda a derecha, mapa de grietas de baja, media y alta severidad.



Fuente: Tomado de ASTM D6433-03 1993.

Medida:

Una losa descascarada es contabilizada como una sola losa. Un craquelado de baja severidad sólo debe ser contabilizado si se aprecia que existe un potencial e inminente descascaramiento, o si unas cuantas pequeñas piezas se han desprendido. (Vásquez 2002)

Opciones para Reparación:

(Vásquez 2002), sugiere las medidas de reparación siguientes:

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reemplazo de la losa.

H: Parcheo profundo o parcial. Reemplazo de la losa. Sobrecarpeta.

Q) Fisuras de contracción

Vásquez (2002) explica que, son grietas capilares que se forman durante el fraguado y curado del concreto, de poca longitud, y por lo general no atraviesan todo el espesor de la losa. Se originan durante la colocación y fraguado del concreto, y generalmente no se extienden a través de todo el espesor de la losa.

Niveles de Severidad:

No existen niveles de severidad definidos. Es suficiente indicar que existen fisuras de contracción. (Vásquez 2002)

Ejemplo:

Figura 23. Fisuras de contracción.



Fuente: Tomado de ASTM D6433-03 1993.

Medida:

Si se encuentran algunas fisuras de contracción en una losa en particular, entonces, esta es contabilizada como una losa con fisura de contracción. (Vásquez 2002)

Opciones de reparación:

Vásquez (2002) aclara que, cual fuera que sea el nivel de severidad de este tipo de falla (L, M y H), no se hace nada.

R) Descascaramiento de esquina

Vásquez (2002) explica que, es la rotura de la losa a 0.6 m de la esquina aproximadamente. Un descascaramiento de esquina difiere de la grieta de esquina en que el descascaramiento usualmente desciende hasta interceptar la junta, mientras que la grieta se extiende verticalmente a través de la esquina de losa. Un descascaramiento menor que 127 mm medidos en ambos lados desde la grieta hasta la esquina no deberá registrarse.

Posibles causas:

De acuerdo con Castillo y Romero (2009), son:

- Exceso de acabado del concreto fresco colocado, produciendo exudación del mortero y agua.

- Colocación de armadura muy cercana a la superficie.

Niveles de Severidad:

La *Tabla 7* indica los niveles de severidad para descascaramiento de esquina. Los descascaramientos con áreas menores a 650 cm² (10 in²) desde la fisura hasta la esquina por ambos lados, no deben ser contados. (Vásquez 2002)

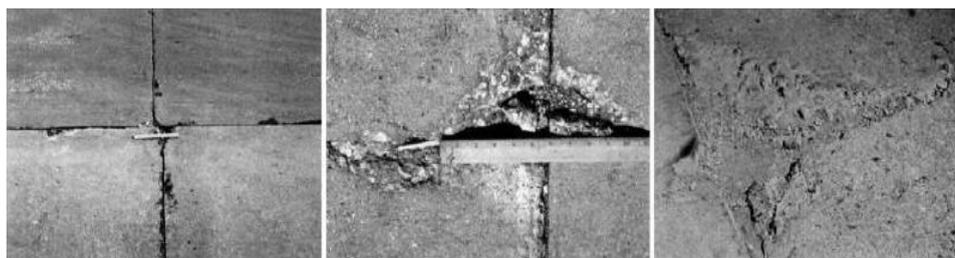
Tabla 7. Niveles de severidad para fallas por descascaramiento de esquina.

PROFUNDIDAD DE DESCASCARAMIENTO	DIMENSIÓN DE LOS LADOS DEL DESCASCARAMIENTO	
	130x130 mm a 300x300 mm (5x5 in a 12x12 in)	300x300 mm (>12x12 in)
< 25 mm (1 in)	L	L
25 a 50 mm (1 a 2 in)	L	M
> 50 mm (>2in)	M	H

Fuente: Adaptación ASTM D6433-03 1993.

Ejemplo:

Figura 24. De izquierda a derecha, descascaramiento de esquina de baja, media y alta severidad.



Fuente: Tomado de ASTM D6433-03 1993.

Medida:

Si uno o más descascaramiento de esquina con el mismo nivel de severidad ocurren en una misma losa, la losa es contabilizada como una sola losa con descascaramiento de esquina. Si ocurre más de un nivel de severidad en la losa, entonces se cuenta como una losa con el más alto nivel de severidad presente. (Vásquez 2002)

Opciones de reparación:

Vásquez (2002) sugiere las medidas de reparación siguientes:

L: No se hace nada.

M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial.

S) Descascaramiento de junta

Vásquez (2002) explica que, es la rotura de los bordes de la losa a los aproximadamente 0.60 m de la junta. Generalmente no se extiende verticalmente a través de la losa si no que intercepta la junta en ángulo.

Posibles causas:

De acuerdo con Castillo y Romero (2009), son:

- Esfuerzos excesivos en la junta causados por las cargas de tránsito.
- Infiltración de materiales incompresibles.
- Concreto débil en la junta por exceso de manipulación.
- Mal procedimiento de corte de la junta.

Niveles de Severidad:

Los niveles de severidad para descascaramiento de junta se muestran en la *Tabla 8*. Una junta erosionada donde el concreto ha sido removido a lo largo de toda la junta es calificada como de baja severidad. (Vásquez 2002)

Tabla 8. Niveles de severidad para descascaramiento de junta.

PIEZAS DEL DESCASCARAMIENTO	ANCHO DEL DESCASCARAMIENTO	LONGITUD DEL DESCASCARAMIENTO	
		<0.5 m (<1.5 ft)	>0.5 m (>1.5 ft)
Apretadas: no pueden ser removidas fácilmente. Pueden haber algunas piezas perdidas.	< 100 mm (4 in)	L	L
	> 100 mm	L	L
Sueltas: pueden ser removidas y algunas se han desprendido. Si la mayoría o todas las piezas se salieron, el descascaramiento es superficial, menor a 25 mm (in).	< 100 mm	L	M
	> 100 mm	M	M
Pérdidas: la mayoría a todas las piezas han sido removidas.	< 100 mm	L	M
	> 100 mm	M	H

Fuente: Adaptación ASTM D6433-03 1993.

Ejemplo:

Figura 25. De izquierda a derecha, descascaramiento de junta de baja, media y alta severidad.



Fuente: Tomado de ASTM D6433-03 1993.

Medida:

Si el descascaramiento ocurre a lo largo del borde de una losa, esta se cuenta como una sola losa con descascaramiento de junta. Si el descascaramiento ocurre en más de un borde en la misma losa, entonces el borde con mayor nivel de severidad se contabiliza y se registra como si fuera una sola losa. El

descascamiento de junta también puede ocurrir a lo largo de los bordes de dos losas adyacentes. Si este es el caso, cada losa se contabiliza como una losa con descascamiento de junta. (Vásquez 2002)

Es importante mencionar que, de acuerdo con la norma ASTM D6433-03 (1993), las fallas en los pavimentos de concreto se enumeran de la forma mostrada en la Tabla 9.

Tabla 9. Lista de fallas en pavimento de concreto según el método "PCI".

21. Pandeo	31. Pulimiento de agregados
22. Grieta de esquina	32. Popouts
23. Losa dividida	33. Bombeo
24. Grieta de durabilidad "D"	34. Punzonamiento
25. Escala	35. Cruce de vía férrea
26. Deterioro de sello de junta	36. Mapa de grietas
27. Desnivel de Carril/Berma	37. Retracción
28. Grieta lineal	38. Descascamiento de esquina
29. Parcheo (grande)	39. Descascamiento de junta

Fuente: Elaboración propia.

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Pavimento:** es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado subrasante. Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado período de tiempo. (AASHTO 1993)
- **Pavimento rígido:** Pavimento construido en concreto, especialmente diseñado para soportar esfuerzos a flexión. (AASHTO 1993)
- **Serviciabilidad:** Se usa como una medida del comportamiento del pavimento, la misma que se relaciona con la seguridad y comodidad que puede brindar al usuario (comportamiento funcional), cuando éste circula por la vía. También se relaciona con las características físicas que puede presentar el pavimento como grietas y fallas, que podrían

afectar la capacidad de soporte de la estructura (comportamiento estructural). (AASHTO 1993)

- **Tramo de pavimento:** es una parte identificable de la red de pavimento que es una sola entidad y tiene una función específica. Por ejemplo, cada camino o estacionamiento es un tramo separado. (ASTM D6433-03 1993)
- **Sección:** es un área de pavimento contigua de construcción, mantenimiento, historial de uso y condición uniformes. Una sección debe tener el mismo volumen de tráfico e intensidad de carga. (ASTM D6433-03 1993)
- **Unidad de muestra:** es una subdivisión de una sección de pavimento que tiene un tamaño estándar de 20 losas contiguas (+/-8 losas, si el número total de losas en la sección no es exactamente divisible entre 20 o para acomodar condiciones de campo específicas) para pavimentos de concreto. (ASTM D6433-03 1993)
- **Grado de la condición del pavimento:** es una descripción verbal de la condición del pavimento como una función del valor de PCI que varía entre “fallado” hasta “excelente”, como se muestra en la Figura 9, pudiendo indicar el efecto que cada combinación de clase de falla, severidad y cantidad tiene sobre el pavimento. (ASTM D6433-03 1993)
- **Calzada:** Es la parte de la calle o de la carretera destinada a la circulación de los vehículos. Las calzadas tienen un número variable de carriles. (MTC 2018)
- **Carril:** Es la franja longitudinal delimitada o no por marcas viales longitudinales, y con anchura suficiente para la circulación de una fila de automóviles que no sean motocicletas. (MTC 2018)
- **Patología:** Es aquella lesión o daño sufrido por algún elemento, material o estructura. Las lesiones patológicas son causadas por factores mecánicos, atmosféricos, deficiencias en su construcción, o una combinación de estas. (Sánchez 2018)

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA VÍA ANALIZADA

- País : PERÚ
- Departamento : CAJAMARCA
- Provincia : HUALGAYOC
- Distrito : BAMBAMARCA

Tomando como punto inicial la intersección del Jr. Alfonso Ugarte y Av. 28 de julio, y como punto final a la intersección del Jr. Alfonso Ugarte y Jr. Antonio Vásquez.

Tabla 10. Coordenadas U.T.M. y geográficas de los puntos inicial y final del tramo.

PUNTO	COORDENADAS U.T.M.		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
INICIAL	774 439.06	9 261 080.31	6°40'55.12"S	78°31'11.65"O
FINAL	774 459.68	9 260 210.82	6°41'23.51"S	78°31'11.12"O

Fuente: Adaptado de Google Earth Pro 2019.

3.1.2. COORDENADAS UTM DE REFERENCIA

- Datum :World Geodesic System, Datum 1984-
WGS84
- Proyección : Universal Transversal Mercator - UTM
- Sistema de Coordenadas: Planas
- Zona UTM : 17S Cuadrícula: M
- Carta Nacional de IGN : 15-f, Esc:1/100 000

3.1.3. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

El segmento de vía analizado es producto de la ejecución de dos proyectos de pavimentación. Uno de ellos abarcó la Sección 1 desde la Av. 28 de julio hasta el Jr. Bambamarca; la otra obra de pavimentación, en el tramo evaluado, abarcó desde el Jr. Bambamarca hasta el Jr. Antonio Vásquez (secciones 2 y 3 de pavimento de la presente tesis). Ambas obras de pavimentación fueron construidas empleando pavimento de concreto simple.

Ambas obras se pavimentaron con 20 cm de espesor de base y 15 cm de espesor de losa de concreto simple. Ver fotografía 10.

La pavimentación de la Sección 1 fue en el año 1991, en el caso de la sección 2 y 3 su pavimentación se realizó en el año 2001.

En el año 2011 se realizaron los trabajos de “Mejoramiento de agua potable y saneamiento básico de la provincia de Hualgayoc - Bambamarca” para lo cual se realizaron cortes y posterior parchado del pavimento a lo largo de todo el segmento de vía en estudio.

3.1.4. CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO DE VÍA ANALIZADO

El segmento de vía estudiado es el que tiene como punto inicial a la intersección del Jr. Alfonso Ugarte y la Av. 28 de julio, y como punto final a la intersección de la Jr. Alfonso Ugarte y el Jr. Antonio Vásquez. El segmento, por sus características uniformes en su longitud como tráfico y número de carriles, presenta sólo un tramo (Tramo I). En tal sentido, en la este estudio, cuando se hace referencia al tramo evaluado equivaldrá a mencionar al segmento de vía en estudio. Ver Tabla 11.

3.1.5. MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

- Hoja de inspección: Es una hoja de información de exploración de la condición para carreteras con superficie de concreto hidráulico, para cada unidad de muestreo. Se registró toda la información obtenida durante la inspección visual, como la fecha, diagrama del pavimento, tramo, unidad de muestra, número de paños, tamaño de la unidad de muestra, tipos de fallas, niveles de severidad, y nombre del personal

encargado de la inspección. En la Figura 28 se aprecia el formato utilizado como hoja de inspección.

- Regla o wincha de 5 m: Instrumento utilizado para medir profundidades o distancias pequeñas.
- Barra de madera o metal: Para medir depresiones en el pavimento, tomando a la barra como línea de referencia.
- Estación total y prisma: Para levantamiento planimétrico de la vía en estudio.
- Odómetro: Instrumento utilizado para medir distancias.
- Escoba: Para limpiar el polvo sobre la losa y poder identificar claramente el tipo y nivel de falla presente.
- Pizarra acrílica: Para anotar el código y características de la losa analizada y posterior registro fotográfico.
- Conos de seguridad vial: Para aislar el área de calle en estudio, ya que el tráfico representa un peligro para los inspectores que tienen que caminar sobre el pavimento.
- Computadora con softwares de office y de dibujo técnico: Para realizar el procesamiento de datos.

3.2. PROCEDIMIENTO

La investigación se realizó siguiendo la metodología para el cálculo del índice de la Condición del Pavimento (PCI) detallada en la norma ASTM D6433-03 y tuvo dos principales etapas.

3.2.1. PRIMERA ETAPA: CAMPO

3.2.1.1. Levantamiento topográfico del tramo en estudio

Se realizó con el fin de obtener los puntos del tramo en estudio para luego elaborar el plano en planta, dibujar las losas y sobre ellas registrar las combinaciones de falla y nivel de severidad encontradas en la inspección visual de campo. El levantamiento topográfico también servirá para determinar las características de drenaje que contiene el tramo en estudio y dibujar las secciones típicas.

3.2.1.2. Aforo del tránsito vehicular

Fue realizado en el siguiente periodo: Desde el lunes 10 de diciembre al domingo 16 de diciembre del año 2018, en el horario de: 6:00 am – 12:00 pm y de 12:00 pm – 19 pm. El registro de los datos de conteo se hizo en la intersección de las vías Jr. Alfonso Ugarte y Av. 28 de julio.

Fotografía 1. Ubicación de estación de conteo vehicular.



3.2.1.3. División en tramos, en secciones y en unidades de muestra

1) **División del pavimento en estudio en tramos.** El segmento de vía en estudio, por presentar características de clasificación, tráfico y número de carriles homogéneos en toda su trayectoria, constituye un solo tramo (Tramo I).

Para una mejor representación y análisis de la vía estudiada se realizó el levantamiento topográfico, mediante el uso de estación total y así poder elaborar los planos de las unidades de muestra donde se describa en cada losa las fallas y el nivel de severidad identificados en campo

Fotografía 2. Levantamiento topográfico de la sección N° 03



Fotografía 3. Levantamiento topográfico de la sección N° 2.



Las características del Tramo I se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 11. Características del tramo en estudio

CARACTERÍSTICA	TRAMO I
Número de carriles	2
Ancho de calzada (2 losas)	7.49 m
Ancho de losa (promedio)	3.75 m
Largo de losa (promedio)	3.94 m
Progresiva de inicio	0+000.00
Progresiva de fin	0+875.85
Longitud de tramo	875.9
Nº de losas	450
Nº de Unidades de Muestra	24

Fuente: Elaboración propia.

- 2) División de cada tramo en secciones.** Basándose en la antigüedad del pavimento, sección del pavimento y elementos de drenaje; se dividió el tramo en tres secciones. (Ver Tabla 12).
- **Sección 1:** Esta sección se encuentra entre la Av. 28 de julio y el Jr. Bambamarca sobre el Jr. Alfonso Ugarte, tiene una longitud de 240.41 m y cuenta con dos carriles, uno en cada sentido. El ancho de esta sección está conformado por dos losas de ancho y largo promedios igual a 3.96 m y 4.54 m respectivamente. El pavimento de esta sección es más antiguo que las dos secciones siguientes. No cuenta con cunetas ni sumideros, el drenaje de la vía se da a través de la pendiente longitudinal de la vía de manera que no tiene un buen drenaje superficial, afectando esto de manera negativa a la conservación de la vía. Esta sección está conformada por 106 losas y fue dividida en 6 unidades muestrales.

Figura 27. División del tramo de estudio en secciones. En amarillo la sección 1, en verde la sección 2 y en azul la sección 3.



Fuente: Adaptado de Google Earth Pro 2018.

Fotografía 4. Inicio del tramo en estudio y de la sección 1. Intersección del Jr. Alfonso Ugarte y la Av. 28 de julio.



- **Sección 2:** Esta sección se encuentra entre el Jr. Bambamarca y el Jr. Pencaspampa sobre el Jr. Alfonso Ugarte, tiene una longitud de 389.94 m y cuenta con dos carriles, uno en cada sentido. El ancho de esta sección está conformado por dos losas de ancho y largo promedios igual a 3.88 m y 3.98 m respectivamente. El

pavimento de esta sección es de menor antigüedad que la sección 1 y de la misma edad que la sección 3 . Esta sección cuenta, a diferencia de la sección 1, con cunetas a ambos lados de la calzada de manera que presenta mejores características de drenaje superficial. Está conformada por 196 losas y fue dividida en 10 unidades muestrales.

Fotografía 5. Cambio de sección de estudio, de la sección 1 a la sección 2. Intersección del Jr. Alfonso Ugarte y el Jr. Bambamarca.



- **Sección 3:** Esta sección se encuentra entre el Jr. Pencaspampa y el Jr. Antonio Vásquez sobre el Jr. Alfonso Ugarte, tiene una longitud de 245.50 m y cuenta con dos carriles, uno en cada sentido. El ancho de esta sección está conformado por dos losas de ancho y largo promedios igual a 3.39 m y 3.32 m respectivamente. El pavimento de esta sección es de menor antigüedad que la sección 1 y de la misma edad que la sección 2. Esta sección cuenta, a diferencia de la sección 1, con cunetas a ambos lados de la calzada de manera que presenta mejores características de drenaje superficial. Está conformada por 148 losas y fue dividida en 8 unidades de muestra.

Fotografía 6. Cambio de sección de estudio, de la sección 2 a la sección 3. Intersección del Jr. Alfonso Ugarte y el Jr. Pencaspampa.



Fotografía 7. Fin del tramo en estudio y de la sección 3. Intersección del Jr. Alfonso Ugarte y el Jr. Antonio Vásquez.



- 3) División de las secciones en unidades de muestra.** Se dividió cada una de las tres secciones en unidades de muestra, abarcando la totalidad de las losas y teniendo en cuenta que el número de losas

de cada unidad de muestra debe ser igual a 20 ± 8 . La Sección 1 se dividió en 6 UM (3 UM de 20 losas, más 1 UM de 18 losas, más 2 UM de 14 losas), la Sección 2 se dividió en 10 UM (1 UM de 16 losas más 9 UM de 20 losas) y la Sección 3 se dividió en 8 UM (6 UM de 20 losas más 2 UM de 14 losas). Ver Tabla 12.

Tabla 12. Características de las secciones de estudio.

Característica	Sección 1	Sección 2	Sección 3
Número de carriles	2	2	2
Ancho de calzada (2 losas)	7.93 m	7.77 m	6.79 m
Ancho de losa (promedio)	3.96 m	3.88 m	3.39 m
Largo de losa (promedio)	4.54 m	3.98 m	3.32 m
Progresiva de inicio	0+000.00	0+240.41	0+630.35
Progresiva de fin	0+240.41	0+630.35	0+875.85
Calle de inicio	Av. 28 de julio	Jr. Bambamarca	Jr. Pencaspampa
Calle de fin	Jr. Bambamarca	Jr. Pencaspampa	Jr. Antonio Vásquez
Longitud de tramo	240.41 m	389.94 m	245.50 m
Nº de losas	106	196	148
Nº de Unidades de Muestra	6	10	8
Descripción de las UM	(3 UM de 20 L +1 UM de 18 L+ 2 UM de 14 L)	(1 UM de 16 L+9 UM de 20 L)	(6 UM de 20 L + 2 UM de 14 L)
Nº Unidad de muestra inicio	1	7	17
Nº Unidad de muestra fin	6	16	24

Fuente: Elaboración propia.

4) Identificación y señalización de las unidades de muestra. Con el fin de que sean fácilmente localizables sobre la superficie del pavimento durante las inspecciones, y a la vez, que sea posible verificar las fallas existentes y hacer un seguimiento en el tiempo de las variaciones en cada unidad de muestra, se marcó con esmalte rojo su inicio.

Fotografía 8. Señalización del inicio de una unidad de muestra.



5) Elección de las unidades de muestra a ser inspeccionadas. En este estudio se inspeccionaron todas las unidades de muestra que abarcarán la totalidad de las losas existentes en el segmento en estudio.

3.2.1.4. Inspección y recolección de datos

Se inspeccionó cada una de las unidades de muestra, identificando las fallas y su respectivo nivel de severidad, registrando cada combinación en el formato de inspección diseñado para tal fin, ver Figura 28.

- **Parte 1 – Título del proyecto:** En esta parte del formato se describe el nombre del proyecto.
- **Parte 2 – Información general:** En esta parte del formato se detalla el nombre de la vía, número de sección y número de unidad de muestra a inspeccionar; así también se registra el número de losas, las dimensiones promedio de las losas que conforman la unidad de muestra, de todas éstas se registra también el código de la primera y última losa (abscisas).
Es necesario también, bajo este apartado, dejar constancia del nombre del encargado de realizar la inspección de esta unidad de muestra y la fecha de inspección.
- **Parte 3 – Esquema:** En esta zona del formato de inspección se ubicarán las losas a inspeccionar a manera de un cuadro de doble entrada donde se simbolizan el carril, derecho e izquierdo con una D y una I respectivamente. La flecha indica el sentido en que las abscisas crecen (sentido en que fueron registrándose los daños del pavimento), cada rectángulo representa una losa de la unidad de muestra inspeccionada y se anotará sobre ellos las combinaciones de falla y nivel de severidad encontrados.
- **Parte 4 – Registro fotográfico:** En esta zona del formato de inspección se adjuntará una fotografía referencial que permita apreciar de manera panorámica las losas y fallas de la unidad de muestra en análisis.
- **Parte 5 – Tipos y nivel de severidad de fallas:** En esta zona del formato de inspección se encuentra un listado de las posibles fallas y su nivel de severidad respectivo, cada una con un código de tal manera que permita realizar una combinación con estas dos variables. Para los tipos de fallas los códigos van desde el 25 al 39 (tal cual se encuentra enumeradas en la norma ASTM D6433-03) y para los niveles de severidad las letras L, M y H correspondiendo a niveles de bajo, media y alta intensidad respectivamente (por sus iniciales en inglés).

- **Parte 6 – Valor deducido:** En esta sección se registrarán los datos necesarios para el cálculo del valor deducido de la unidad de muestra, utilizando los datos de la “Parte 3”.
- **Parte 7 – Cálculo del PCI de la Unidad de muestra:** En esta parte del formato de inspección se realizará el cálculo del máximo valor deducido corregido que servirá para calcular el PCI de la unidad de muestra.

3.2.1.5. Capas del pavimento existente

Se tomaron las medidas del espesor de cada capa que conforma el paquete estructural del pavimento existente. Esta medición se realizó sobre el tramo de estudio entre la esquina de Jr. Alfonso Ugarte y Jr. Bambamarca.

Fotografía 9. Medición del espesor de las capas del pavimento existente.



Fotografía 10. Espesor de la base y la losa del pavimento existente.



Mediante la medición en campo se supo que los espesores de base y losa del pavimento son 20cm y 15cm respectivamente.

El tipo de suelo que conforma la sub rasante, es aparentemente, uno arcilloso, que como se sabe, tiene la propiedad de ser expansivo y cambiar su volumen ante los cambios de humedad, por lo que debió haberse realizado un procedimiento de estabilización de este suelo y controlar así sus propiedades expansivas tan nocivas para el paquete estructural que se apoye en él.

También se observó que la base que conforma el paquete estructural es, aparentemente un material mal gradado, que tendría más del 20% de finos (material que pasa la malla N°200) por lo que también poseería un límite líquido mayor a 35% (MTC E 110) y con un CBR menor al 40% (MTC E 132). No cumpliendo así estas especificaciones técnicas para esta capa del pavimento.

3.2.2. SEGUNDA ETAPA: GABINETE.

En gabinete, luego de recolectar los datos de campo, se procedió al cálculo del Índice de la Condición del Pavimento del segmento de vía en estudio.

3.2.2.1. Determinación del PCI de la unidad de muestra.

El procedimiento seguido fue el presentado a continuación:

- 1) Contabilizar el número de losas en las que ocurre cada combinación particular de tipo de falla y nivel de severidad.
- 2) Dividir el número de losas contabilizadas en el paso 1 entre el número de losas de la unidad de muestra, y multiplicar el resultado por 100 para obtener la densidad de cada combinación de tipo de falla y nivel de severidad, expresada en porcentaje.
- 3) Determinar el valor deducido (DV, por sus siglas en inglés) para cada combinación de tipo de falla y nivel de severidad, utilizando la curva correspondiente de valores deducidos.
- 4) Determinar el máximo valor deducido corregido (CDV, por sus siglas en inglés) a partir de los DVs, de la siguiente forma:
 - 4.1) Si ninguno o solamente un valor deducido individual es mayor que dos, el valor total es usado en lugar del máximo CDV para determinar el PCI; de otro modo, el máximo CDV debe ser determinado usando el procedimiento descrito en los puntos 4.2 – 4.5.
 - 4.2) Crear una lista de valores deducidos individuales en orden descendente.
 - 4.3) Determinar el número de deducciones permisibles, m , o empleando la siguiente fórmula:

$$m = 1 + (9/98) (100 - HDV) \leq 10 \quad \dots(\text{Ecuación 1})$$

Donde:

- m = número máximo admisible de valores deducidos incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a diez)
- HDV = el mayor valor deducido individual para la unidad de muestra.

- 4.4) El número de valores deducidos individuales es reducido al máximo admisible de valores deducidos “m”, incluyendo su parte fraccionaria. Si contamos con un número de valores deducidos menor a “m”, todos los valores deducidos deben ser usados.
- 4.5) Determinar el máximo CDV en forma iterativa
- 4.6) Determinar el valor deducido total mediante la suma de los valores deducidos individuales.
 - 4.6.1) Determinar “q” como el número de valores deducidos mayores a 2.
 - 4.6.2) Determinar el valor de CDV a partir del valor deducido total y del valor de “q” utilizando las curvas apropiadas de corrección para pavimentos de concreto.
 - 4.6.3) Reducir a 2 el menor valor deducido individual mayor que 2 y repetir el procedimiento de 4.6.1. – 4.6.3. hasta que “q” sea igual a 1.
 - 4.6.4) El máximo CDV es el mayor de todos los CDVs.
- 5) Calcular el PCI restándole a 100 el máximo CDV: $PCI=100 - \text{máx. CDV}$.
- 6) Se clasificó la condición del tramo con el valor obtenido del PCI de la muestra y según los rangos de clasificación PCI. (Ver Figura 9).

3.2.2.2. Ejemplo de la aplicación del método PCI.

Para realizar el siguiente ejemplo se tomó la unidad de muestra N°01.

1. Se registraron las siguientes fallas.

Tabla 13. Fallas registradas en la UM 01.

Tipo de falla	Severidad	Combinación	Número de losas
Grietas de esquina	M	22M	1
Grietas de esquina	H	22H	1
Losa dividida	M	23M	1
Losa dividida	H	23H	15
Escalonamiento	H	25H	1
Parqueo grande	M	29M	3
Parqueo grande	H	29H	1
Punzonamiento	M	34M	1
Mapa de grietas	H	36H	4
Descascaramiento de esquina	H	38H	1
Descascaramiento de junta	M	39M	1

Fuente: Elaboración propia.

La columna “Número de losas” representa la suma de las losas que presentan la misma combinación falla – nivel de severidad.

2. Cálculo de la densidad expresada en porcentaje.

Considerando que el número de losas de esta unidad de muestra es 20 se calculó la densidad dividiendo la columna “Número de losas” entre 20 (el número de losas de la unidad de muestra) y se multiplicó por 100 para obtener la columna “Densidad” en porcentaje.

Por ejemplo, para la combinación 22M se aprecia que existe sólo una losa con esta patología y se calculó su densidad de la siguiente manera:

$$Densidad = \frac{1 * 100}{20} = 5.00 \%$$

Tabla 14. Cálculo de la densidad de la UM 01.

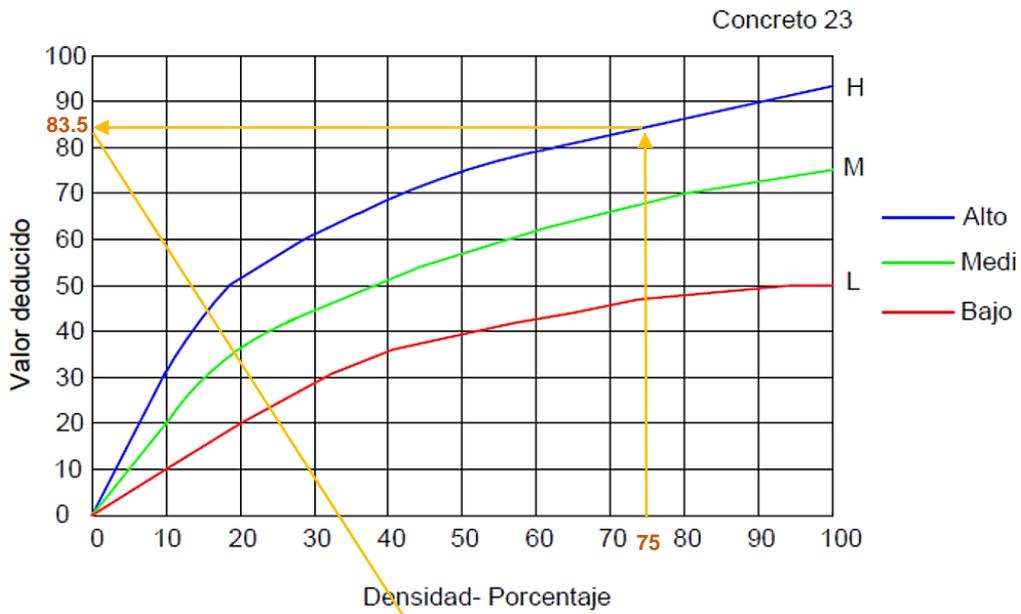
Falla y severidad	Número de losas	Densidad
22M	1	5.00 %
22H	1	5.00 %
23M	1	5.00 %
23H	15	75.00 %
25H	1	5.00 %
29M	3	15.00 %
29H	1	5.00 %
34M	1	5.00 %
36H	4	20.00 %
38H	1	5.00 %
39M	1	5.00 %

Fuente: Elaboración propia.

3. Cálculo del valor deducido (DV). Con el cálculo de las densidades y entrando al ábaco correspondiente se calculó el valor deducido de cada combinación de falla registrada.

Por ejemplo, para la combinación 23H, se entra al ábaco con el valor de su densidad (75.00%) en el eje de las abscisas e interceptando su proyección con la curva correspondiente a una intensidad alta (H) se obtiene en el eje de las ordenadas un valor deducido de 83.50

Figura 29. Cálculo del VD de la combinación 23H de la UM 01.



Fuente: Tomado de ASTM D6433-03

Tabla 15. Cálculo de los VDs de las combinaciones de falla-severidad de la UM 01.

Falla y severidad	Número de losas	Densidad	DV
22M	1	5.00%	7.50
22H	1	5.00%	12.50
23M	1	5.00%	10.50
23H	15	75.00%	83.50
25H	1	5.00%	7.50
29M	3	15.00%	8.75
29H	1	5.00%	8.25
34M	1	5.00%	11.25
36H	4	20.00%	28.00
38H	1	5.00%	3.50
39M	1	5.00%	2.00

Fuente: Elaboración propia.

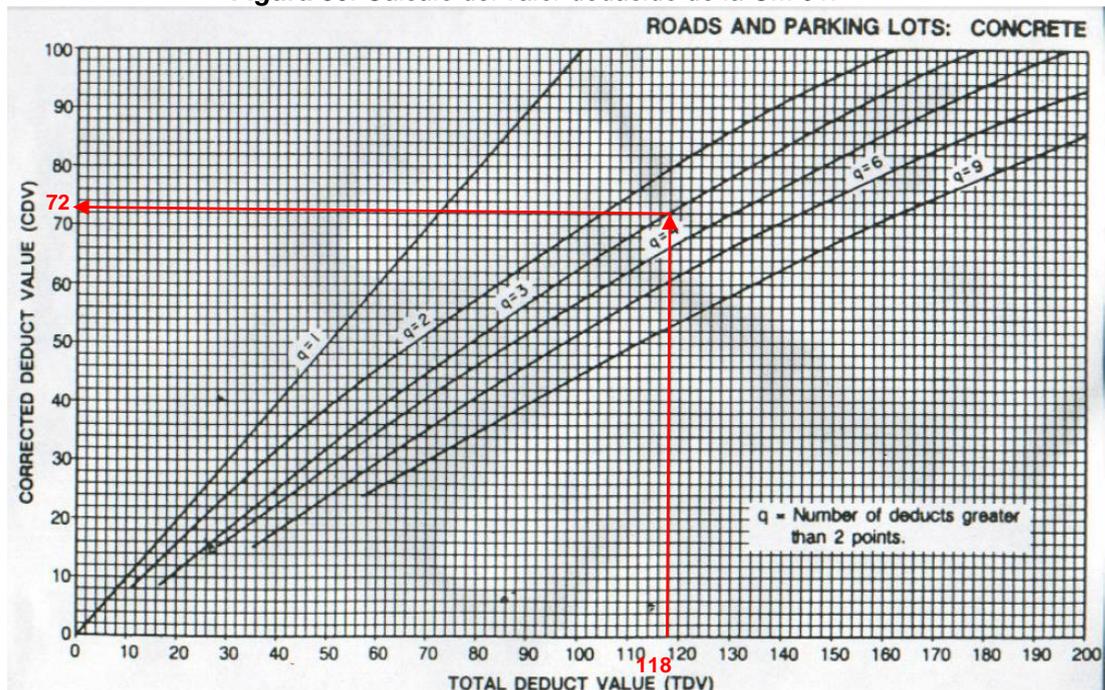
4. Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV). Siguiendo el procedimiento del punto 4 de la sección 3.2.2.1. Se ordenó de

mayor a menor los valores deducidos y luego se calculó el número de deducciones permisibles “m” usando la ecuación 1.

$$m = 1 + (9/98) (100 - 83.50) = 2.52$$

En la columna derecha contigua se colocan los valores deducidos permisibles, los dos valores primeros son los mismos y el tercer valor se calcula multiplicando el valor deducido por la parte decimal del valor de “m” ($12.50 \times 0.52 = 6.50$), posteriormente se suman los valores deducidos, luego se calcula “q” como la cantidad de valores deducidos de la columna mayores a 2, en este caso son 118 ($83.50 + 28.00 + 6.50$) y 3 (83.50 , 28.00 y 6.50) respectivamente. En seguida, con los valores obtenidos de la suma de valores deducidos y el valor de “q” se ingresa al ábaco correspondiente para calcular el valor deducido CDV. El valor deducido corregido para este ejemplo es 72, se siguió con este procedimiento de forma iterativa y se toma el máximo valor deducido corregido.

Figura 30. Cálculo del valor deducido de la UM 01.



Fuente: Adaptado de ASTM D6433-03

Tabla 16. Cálculo de la condición de la UM 01.

Falla	Valores deducidos			
23H	83.50	83.50	83.50	83.50
36H	28.00	28.00	28.00	2.00
22H	12.50	6.50	2.00	
34M	11.25			
23M	10.50			
29M	8.75			
29H	8.25			
22M	7.50			
25H	7.50			
38H	3.50			
39M	2.00			
Suma		118.00	113.50	85.50
q		3	2	1
m	2.52			
CDV		72.00	76.00	84.00
PCI				16.00
Condición				Muy malo

Fuente: Elaboración propia.

5. Cálculo del PCI de la unidad de muestra. Con el valor máximo deducido corregido que se ha calculado previamente en el paso anterior se calcula el valor del PCI de la sección restando esta cantidad de 100.

$$PCI = 100 - 84 = 16$$

6. Estado de conservación de la unidad de muestra. Con el valor del PCI calculado en el paso anterior, se ingresa al gráfico de la figura 9. Para este caso, a un PCI igual a 16 le corresponde una condición de un pavimento “muy malo”.

3.2.2.3. Determinación del PCI de la sección.

1. Como se indicó en el punto 5 de la sección 3.2.1.1., se han inspeccionado la totalidad de las losas del segmento de vía, por lo tanto, el PCI de la sección es el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo y se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$PCI_s = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{r_i} * N_{r_i})}{\sum_{i=1}^n N_{r_i}} \quad \dots(\text{Ecuación 2})$$

Donde:

- PCI_r = PCI de la sección del pavimento.
 - PCI_{r_i} = PCI de la unidad de muestra aleatoria i.
 - N_{r_i} = Número de losas inspeccionadas por unidad de muestreo.
 - n = Número de unidades de muestreo inspeccionadas.
2. Determinar el grado de condición de la sección en conjunto utilizando el PCI de la sección y la escala del grado de condición que se muestra en la Figura 9.

3.2.2.4. Determinación del IMD.

Los conteos realizados en la etapa de campo, tienen por objeto conocer los volúmenes de tráfico que soportan la superficie de la calle en estudio, así como la composición vehicular, y variación diaria y horaria. Para convertir el volumen de tráfico obtenido del conteo en índice Medio Diario Anual (IMD) se utilizó la siguiente fórmula:

$$IMD_s = \frac{(V_{DL1} + V_{DL2} + V_{DL3} + V_{DL4} + V_{DL5} + V_{D Sab} + V_{D Dom})}{7} \quad \dots\dots (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

- $V_{DL1} + V_{DL2} + V_{DL3} + V_{DL4} + V_{DL5}$: Volúmenes de tráfico registrados en los días laborables.
- $V_{D Sab}$: Volumen de tráfico registrado sábado.

- $V_{D\text{ Dom}}$: Volumen de tráfico registrado sábado.
- IMDs: Índice medio diario semanal.

3.3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.3.1. TOPOGRAFÍA

Se realizó el levantamiento topográfico, para ello se utilizó como equipo una estación total Leika TS06 Plus. Este levantamiento sirvió para poder realizar los planos correspondientes donde se ubicaron gráficamente las combinaciones de fallas registradas en todo el tramo de estudio. En la Tabla 17 se muestra un resumen de los tipos de puntos levantados.

Tabla 17. Resumen de puntos levantados.

Pto	Este	Norte	Cota	Descripción
1	774,445.78	9,261,080.62	2,541.47	Vereda LD externa
2	774,448.17	9,261,074.59	2,541.50	Pavimento
36	774,457.88	9,260,209.49	2,535.02	Vereda LI interna
70	774,459.05	9,260,209.25	2,535.00	Vereda LI externa
71	774,490.98	9,260,701.53	2,541.67	Jardín LI interna
74	774,492.71	9,260,700.97	2,541.72	Jardín LI externa
87	774,476.79	9,260,815.62	2,530.94	Escalera LI

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO VEHICULAR.

3.3.2.1. Categoría de la vía

La vía en estudio se definió dentro de la categoría de una Vía local, debido a que permite el tránsito de vehículos hacia áreas residenciales y comerciales.

3.3.2.2. Composición vehicular

Mediante el coteo vehicular realizado (ver anexo 6.1.3), se evidenció que la composición vehicular del tramo en estudio, tal como se detalla en la Tabla 18, está representada en su mayoría por vehículos livianos 98.86 %, de los cuales su mayoría son moto taxis (71.90%) y en menor

cantidad la composición vehicular de la vía está dada por los vehículos pesados con un 1.14%, de los cuales 0.86% son camiones 2E.

Tabla 18. Composición vehicular de la vía en estudio.

VÍA	: Jr. Alfonso Ugarte	Periodos diarios de aforo	FECHA	: Lunes 10/12/2018 - domingo 16/12/2018
Nº DE ESTACIÓN	: 01	06:00 12:00 (6 horas)	TURNO	: Mañana y tarde - Total 6 horas
INTERSECCIÓN	: Jr. Alfonso Ugarte /	12:00 17:00 (7 horas)	AFORADO POR	: Bach. Víctor Carlos Vásquez Benavides
	Av. 28 de julio			

DÍA	FECHA	VEHÍCULOS LIVIANOS							VEHÍCULOS PESADOS		TOTAL
		MOTO LINEAL	MOTO TAXI	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	PANEL	COMBI RURAL	2 E	3 E	
DIAGRAMA											
Lunes	10/12/2018	455	2471	23	61	357	3	59	30	10	3469
Martes	11/12/2018	470	2546	20	76	357	5	72	19	13	3578
Miércoles	12/12/2018	469	2471	20	63	375	2	55	24	9	3488
Jueves	13/12/2018	480	2487	22	57	395	2	65	26	17	3551
Viernes	14/12/2018	527	2408	24	53	358	2	76	15	8	3471
Sábado	15/12/2018	485	2264	15	70	324	0	68	26	13	3265
Domingo	16/12/2018	236	3366	10	75	358	11	100	75	0	4231
PROM. POR VEHÍCULO		446	2573	19	65	360	3	70	30	10	3579
veh/hora		34.31	197.92	1.46	5.00	27.69	0.23	5.38	2.31	0.77	275.31
Porcentaje		12.46%	71.89%	0.53%	1.82%	10.06%	0.08%	1.96%	0.84%	0.28%	100.00%
% según la clasif. de vehículos		98.80%							1.12%		100.00%

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2.3. IMD de la vía analizada

Según lo visto en la sección 4.1.3 se calculó el IMD semanal.

Tabla 19. Cálculo del IMDA del tramo en estudio.

DÍA	FECHA	VEHÍCULOS LIVIANOS							VEHÍCULOS PESADOS		TOTAL
		MOTO LINEAL	MOTO TAXI	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	PANEL	COMBI RURAL	2 E	3 E	
DIAGRAMA											
Lunes	10/12/2018	455	2471	23	61	357	3	59	30	10	3469
Martes	11/12/2018	470	2546	20	76	357	5	72	19	13	3578
Miércoles	12/12/2018	469	2471	20	63	375	2	55	24	9	3488
Jueves	13/12/2018	480	2487	22	57	395	2	65	26	17	3551
Viernes	14/12/2018	527	2408	24	53	358	2	76	15	8	3471
Sábado	15/12/2018	485	2264	15	70	324	0	68	26	13	3265
Domingo	16/12/2018	236	3366	10	75	358	11	100	75	0	4231
PROM. POR VEHÍCULO		446	2573	19	65	360	3	70	30	10	3579
IMDs		3536							40		3576
veh/hora		34.31	197.92	1.46	5.00	27.69	0.23	5.38	2.31	0.77	275.31
Porcentaje		12.46%	71.89%	0.53%	1.82%	10.06%	0.08%	1.96%	0.84%	0.28%	100.00%
% según la clasif. de vehículos		98.80%							1.12%		100.00%

Fuente: Elaboración propia.

El IMDA de vehículos livianos es 3536 y el IMDA para vehículos pesados es 40.

3.3.3. TIPO DE FALLAS Y NIVEL DE SEVERIDAD EN EL TRAMO DE ESTUDIO.

En la Tabla 20 se resume, por unidad de muestra y por sección, la cantidad de combinaciones tipo de falla – nivel de severidad identificadas.

Tabla 20. Número combinaciones falla - nivel de severidad identificadas en cada unidad de muestra y sección.

TIPO DE FALLA	NIVEL DE SEVERIDAD	SECCIÓN 1					SECCIÓN 2								SECCIÓN 3										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
22. Grieta de esquina	L				1										2	2			1		1			1	
	M	1					1		1	6	1	2	1	2	3	3	2	2	4	1	1	3		2	
	H	1	3							3	1	1			3				1		1		5		
23. Losa dividida	L					1			1					2		1		1	1			1			
	M	1	3	7	4	1	1	4	1	3	9	3	6	4	4	6	1	1	6	2					
	H	15	9		7	4	9	4	13	3	5	10	11	13	2	4	10	1	6	7	3	2	3		
25. Escalonamiento, desplazamientos verticales diferenciales	L															1									
	M						1				2													1	
	H	1	3	3		1																			
28. Grieta lineal: longitudinales, transversales y diagonales	L							2	2	3		1					1					2	1	3	
	M			1	1	1		2	1	1	1				1	1	2					1	6	2	
	H		1					1																1	
29. Parcheo (grande)	L										1				1	2		1	3	3	2	12	10	8	13
	M	3	2	9	3	3	1	3	1	3	2	3		3	5	5	7	14	5	7	11	5	7	5	1
	H	1	5	4	3	6	1	1	1	4	3	4	3		1			1		1	4			1	
30. Parcheo (pequeño)	M																	1							
	H					1		2										1				1			
31. Pulimiento de agregados			4	6	6	4	2	6	5	5	1	2		1		1					3			2	
32. Popouts				1	4	5	3	6	2	4															
34. Punzonamiento	L												1		1		3		1	1		1		2	
	M	1		1							1	1	1				1	3	2		4		1		
	H		1			1	2		1	1					1			1	1	4	5	3	3		
36. Mapa de grietas	L												1		1									1	
	M			1	4	1			1	1	1	1	1	1	1	7	4				2				
	H	4	7	7	4	9	3		1	4	4	2			2	4	2			1					
37. Retracción								2									2	2				6			
38. Descascamiento de esquina	L							1	1	1				1	1								1	1	
	M																1	3				2	1		
	H	1		1		1																			
39. Descascamiento de junta	L				1			1		4	1		1	1	4		1	4		1	1	2	1	1	4
	M	1		5	1	1		2	1	2	2	1			3	3		6	1			1		4	2
	H					1						1							1						
Total		30	39	49	36	41	23	36	35	50	34	31	26	27	42	38	32	43	30	29	38	39	35	31	32

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4. PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTRA, SECCIONES Y TRAMO EN ESTUDIO

En el apartado 3.2.1.3 se indicó que se inspeccionarían todas las unidades de muestra del tramo en estudio y mediante los cálculos pertinentes,

explicados en la sección 3.2.2.2, se llegó a los resultados presentados en la Tabla 21.

Tabla 21. Cálculo del PCI del Tramo I.

VÍA :	Jr. Alfonso Ugarte	Nº UM INICIAL :	1	FECHA :	28/11/2018
Nº TRAMO :	1	Nº UM FINAL :	24		31/11/2018
Nº SECCIÓN :	1,2 Y 3	Nº LOSAS :	450		10/12/2018
		INSPECCIONADO POR :	Bach. Víctor Carlos Vásquez Benavides		
PCIs :	PCI de la sección del pavimento.				
PCIr :	PCI de la unidad de muestra aleatoria i.				
Nr :	Número de losas inspeccionadas por unidad de muestreo.				
n :	Número de unidades de muestreo inspeccionadas				

$$PCI_S = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{ri} * N_{ri})}{\sum_{i=1}^n N_{ri}}$$

Nº SECCIÓN	Nº UM	PCIr	CONDICIÓN DE UM	Nr	PCIr * Nr	PCIs	CONDICIÓN DE SECCIÓN
1	1	16.00	MUY MALO	20	320	13	MUY MALO
1	2	13.00	MUY MALO	20	260		
1	3	13.00	MUY MALO	20	260		
1	4	16.00	MUY MALO	18	288		
1	5	5.00	FALLADO	14	70		
1	6	16.00	MUY MALO	14	224		
2	7	31.00	MALO	16	496	16	MUY MALO
2	8	18.00	MUY MALO	20	360		
2	9	7.00	FALLADO	20	140		
2	10	12.00	MUY MALO	20	240		
2	11	20.00	MUY MALO	20	400		
2	12	15.00	MUY MALO	20	300		
2	13	18.00	MUY MALO	20	360		
2	14	20.00	MUY MALO	20	400		
2	15	17.00	MUY MALO	20	340		
2	16	13.00	MUY MALO	20	260		
3	17	31.00	MALO	20	620	25	MUY MALO
3	18	16.00	MUY MALO	20	320		
3	19	16.00	MUY MALO	20	320		
3	20	5.00	FALLADO	20	100		
3	21	26.00	MALO	20	520		
3	22	12.00	MUY MALO	20	240		
3	23	44.00	REGULAR	14	616		
3	24	76.00	MUY BUENO	14	1064		
				450	8518		

Cálculo del PCI del tramo en estudio : $PCI_t = \frac{8518}{450} = 18$ MUY MALO

Fuente: Elaboración propia.

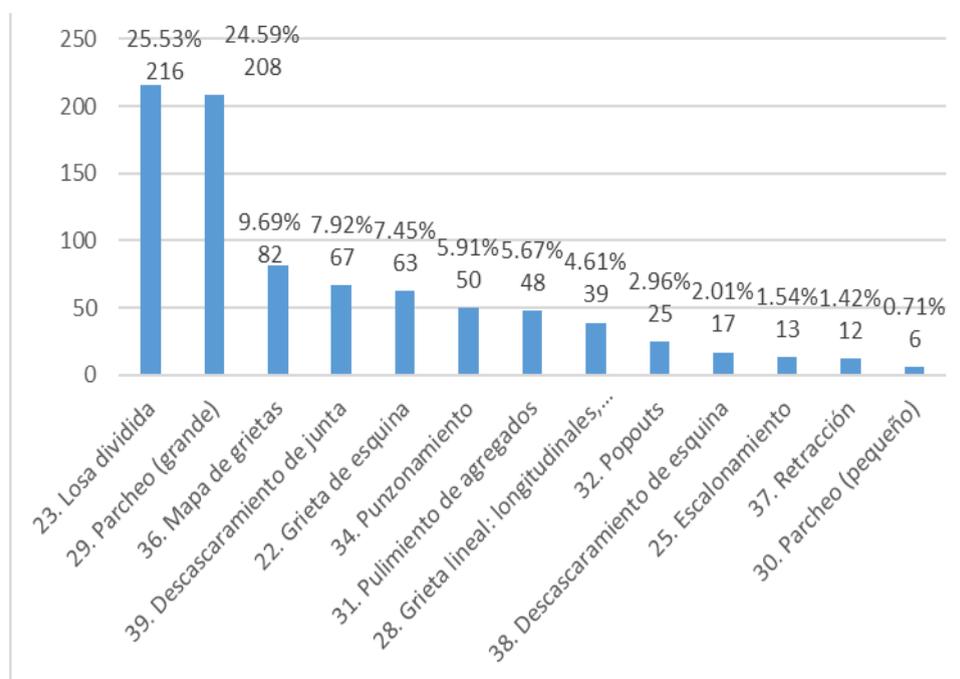
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

4.1. ANÁLISIS DE LA COMBINACIÓN DEL TIPO DE FALLA Y NIVEL DE SEVERIDAD EN CADA SECCIÓN DEL TRAMO

Se analizaron 24 unidades de muestra localizadas en las tres secciones del Tramo I que equivale al total del segmento de vía analizado. De la Tabla 20 se extrae que, se identificaron un total de 848 combinaciones de tipo de falla y nivel de severidad, 220 combinaciones en la sección 1, 349 combinaciones en la sección 2 y 279 combinaciones en la sección 3.

En el Gráfico 1 se presenta la frecuencia, en orden descendente, de cada tipo de falla en todo el tramo de estudio. De este gráfico se infiere que las fallas “losa dividida” y “parqueo grande” son las que más se repiten, siendo el 25.47% y 24.76% respectivamente del total de losas del tramo en estudio. Por otro lado, la falla “parqueo pequeño” fue la menos registrada, sólo seis losas presentaron esta falla.

Gráfico 1. Frecuencia de fallas según su tipo en el tramo en estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Es necesario analizar las fallas más frecuentes de manera separada. Analizando la frecuencia de la falla “Losa dividida” claramente se observa en el Gráfico 2 que la mayor cantidad de este tipo de falla se registró desde

la unidad de muestra número 8 a la unidad de muestra número 19 y que en su mayoría este tipo de falla fue de alta severidad. Es decir, este segmento de vía es el que presenta peores condiciones al ser una falla de tipo “agrietamiento” y que compromete en el corto plazo la estructura del pavimento por la posibilidad de filtrar agua a través de sus grietas.

En la

Fotografía 11 se registra la presencia de la falla losa dividida de alta severidad, se aprecia que estas grietas permiten la filtración de agua hacia la base, ya que este tipo de grietas atraviesan todo el espesor de la losa y retienen humedad entre sus paredes.

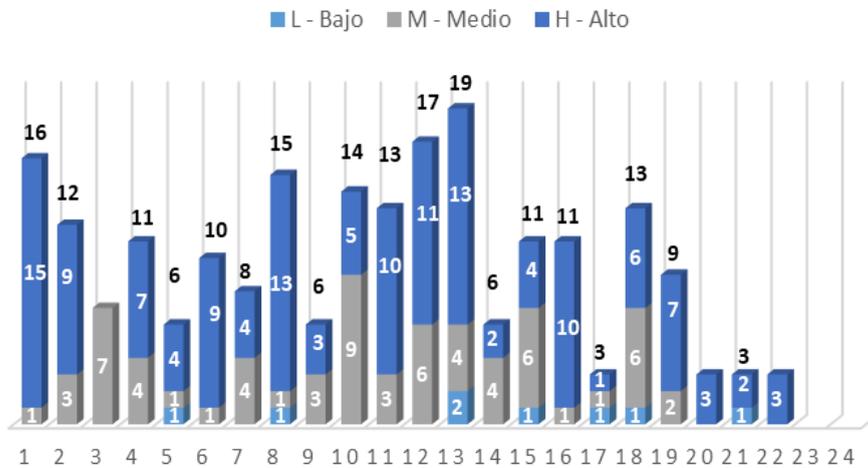
Fotografía 11. Losa dividida de alta severidad presente en la losa 10, D de la UM 08 de la sección N° 02.



Este tipo de falla se produce, como se vio en el apartado C) del título 2.2.2.2, por sobre carga o también por un mal soporte. Cabe señalar que los lugares donde se presentaron estos tipos de falla tienen un drenaje deficiente ya sea por no tener cunetas o por no tener un bombeo adecuado lo que propicia el estancamiento del agua y posterior deterioro de la losa y de las demás capas que conforman el pavimento.

Se puede inferir también que la falla “Losa dividida” estuvo presente en casi todas las unidades de muestra, a excepción de las unidades de muestra número 23 y 24.

Gráfico 2. Número de fallas “Losa Dividida” según su severidad en cada unidad de muestra.



Fuente: Elaboración propia.

Otra falla de mayor frecuencia fue “Parcheo (grande)”, la cual estuvo presente en todas las unidades de muestra analizadas y cuya densidad es notablemente mayor desde la unidad de muestra 17 hasta la unidad de muestra 24. Ver Gráfico 3.

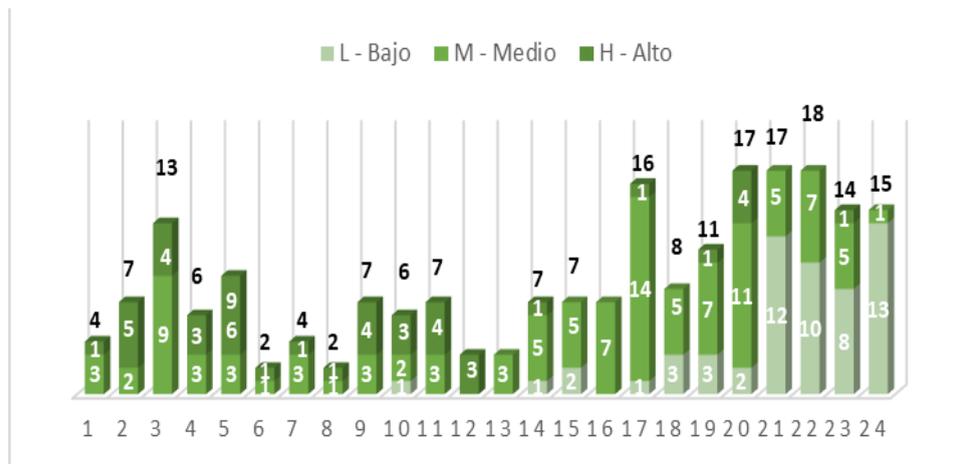
Cabe señalar que esta falla estuvo presente a lo largo de todo el segmento de estudio debido a que en el año 2011 se realizaron los trabajos de mejoramiento de la red de alcantarillado, por lo que se tuvo que cortar y luego parchar el pavimento existente.

Fotografía 12. Parcheo grande de mediana severidad presente en la losa 4,I de la UM 17 de la sección Nº 03.



Este tipo de falla, como se indicó en el apartado I) del título 2.2.2.2, tiene como posibles causas la retracción del fraguado que puede separar el parche de concreto antiguo, si no se utiliza un epóxido como material de adhesión o el insuficiente traspaso de cargas en las juntas de contracción.

Gráfico 3. Número de fallas “Parcheo grande” según su severidad en cada unidad de muestra.



Fuente: Elaboración propia.

4.2. ANÁLISIS DE LOS TIPOS DE FALLAS REGISTRADAS

Según la clasificación de fallas detallada en la Tabla 3 se organiza en la Tabla 22 las fallas registradas según su naturaleza. Se encontraron fallas por agrietamiento, fallas de deterioro superficial, deterioro de juntas, deterioros estructurales y otros deterioros.

Se aprecia que la mayoría de fallas son por “agrietamiento” sumando 368 fallas registradas (43.50%), dentro de esta clasificación la más incidente es la falla “losa dividida”. Seguido por 214 fallas identificadas dentro del grupo de “Otros deterioros” donde la falla predominante es “parcheo grande”. Como tercer grupo encontramos a las fallas dentro de la clasificación de “deterioro superficial” que alcanza 184 fallas registradas, dentro de este grupo se registró con mayor frecuencia la falla “mapa de grietas” y en menor porcentaje (9.46%) se registraron las fallas

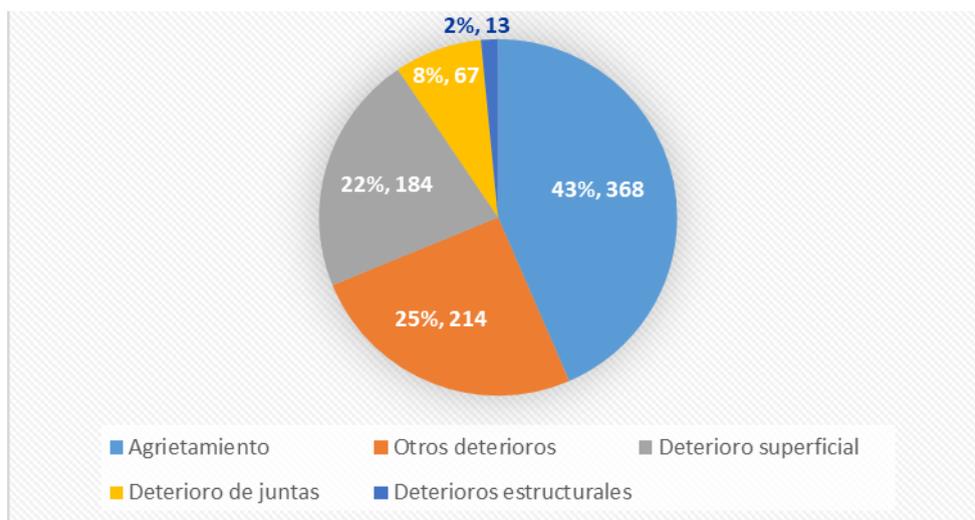
clasificadas como “deterioro de juntas” y “deterioros estructurales”. Ver Gráfico 4.

Tabla 22. Fallas según su clasificación.

FALLAS SEGÚN SU CLASIFICACIÓN	CANTIDAD
Agrietamiento	368
23. Losa dividida	216
22. Grieta de esquina	63
34. Punzonamiento	50
28. Grieta lineal: longitudinales, transversales y diagonales	39
Otros deterioros	214
29. Parcheo (grande)	208
30. Parcheo (pequeño)	6
Deterioro superficial	184
36. Mapa de grietas	82
31. Pulimiento de agregados	48
32. Popouts	25
38. Descascamiento de esquina	17
37. Retracción	12
Deterioro de juntas	67
39. Descascamiento de junta	67
Deterioros estructurales	13
25. Escalonamiento, desplazamientos verticales diferenciales	13
Total	848

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4. Cantidad de fallas según su clasificación.

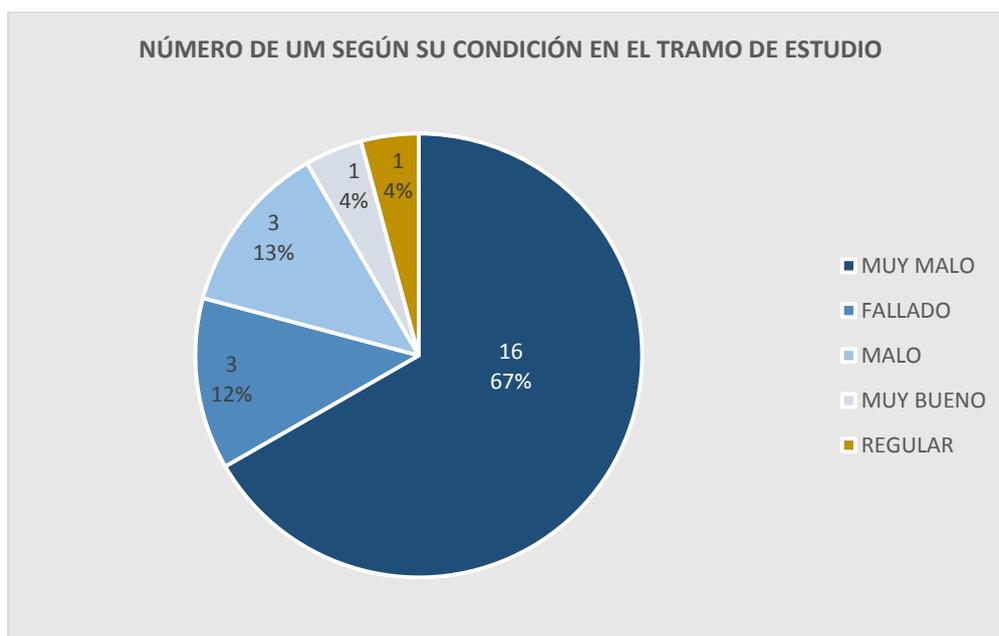


Fuente: Elaboración propia.

4.3. ANÁLISIS DEL PCI DE LA UNIDADES DE MUESTRA

Del total de las 24 unidades de muestra inspeccionadas se determinó que 3 de ellas se encuentran en un estado “fallado” (U.M 5, 9, 20), 16 unidades de muestra cuentan con un estado de conservación “muy malo” (U.M. 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 22), 3 presentan un “mal” estado de conservación (U.M. 7, 17, 21), la unidad de muestra N° 23 presenta un “regular” estado de conservación y sólo la unidad de muestra, la N° 24, presenta un estado de conservación “muy bueno”; representando el 13%, 67%, 13%, 4% y 4% respectivamente como se indica en el Gráfico 5 adjunto.

Gráfico 5. Número de UM según su condición en el tramo de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

4.4. ANÁLISIS DEL PCI DE LAS SECCIONES DEL TRAMO EN ESTUDIO

De las tres secciones en que se dividió el tramo en estudio se determinó, según la Tabla 21, que la sección 1, sección 2 y sección 3 presentan un PCI igual a 13, 16 y 25 respectivamente, que corresponden a un pavimento en muy mal estado.

4.5. PCI DEL SEGMENTO DE VÍA EN ESTUDIO

Con los datos obtenidos de la inspección en campo se calculó el PCI de cada unidad de muestra, posteriormente con estos resultados se calculó el PCI de las tres secciones.

En la Tabla 21 se realiza el cálculo del PCI del Tramo I, siguiendo el procedimiento ya detallado en el punto 3.2.2.3 , pudiéndose inferir que:

- El PCI de las unidades de muestra que conforman la sección 1 varía de 5 a 16, representando un estado de conservación de fallado a muy malo respectivamente. El PCI de la sección 1 es 13 que expresa un estado de conservación “muy malo”.
- El PCI de las unidades de muestra que conforman la sección 2 varía de 7 a 31, representando un estado de conservación que varía desde fallado a malo respectivamente. El PCI de la sección 2 es 16 que expresa un estado de conservación “muy malo”.
- El PCI de las unidades de muestra que conforman la sección 3 varía de 5 a 44, representando un estado de conservación que varía desde fallado a regular respectivamente. El PCI de la sección 3 es 25 que expresa un estado de conservación “muy malo”.
- El PCI del tramo en estudio es 18, evidenciando un pavimento con un “muy mal” estado de conservación.

Luego, usando los resultados del valor de PCI de cada sección que conforma el tramo de estudio se calculó el PCI del segmento de vía estudiado el cual fue 18 que evidencia un tramo con un estado de conservación “muy malo”. (Ver Tabla 21).

4.6. ANÁLISIS DE LAS CAUSAS DE LA ACTUAL CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO

Se aprecia que la mayoría de fallas son por “agrietamiento” la cual según lo observado en campo y por la teoría expuesta en la sección 3.2.2.5. puede ocurrir a causa de:

- Carga de tráfico muy alta.
- Soporte inadecuado.
- Repetición de cargas combinadas con la pérdida de soporte.
- Alabeo térmico.
- Asentamiento de la base y/o subrasante.
- Deficiente transferencia de cargas entre las losas adyacentes y humedad en los bordes de la losa.
- Sobrecargas en las esquinas.

Además, se describió en el apartado 3.2.1.5. que el espesor de las capas del pavimento en estudio es de 20 cm y 15 cm la base y la losa respectivamente y que aparentemente los materiales usados para la subrasante y la base no cumplirían con las especificaciones técnicas respectivas.

También se determinó a través del cálculo del IMD de tramo en estudio que la cantidad de vehículos pesados que transitan por el tramo en estudio diariamente es de 40, una cantidad, que por sí sola es relativamente baja como para ocasionar fallas de la naturaleza e intensidad registradas.

Entonces, se puede inferir que, sumado a la falta de mantenimiento del pavimento rígido en estudio, por la naturaleza de las fallas, el IMD calculado y la evaluación visual de las capas de la estructura del pavimento existente, el mal estado de conservación del pavimento rígido se debe en gran medida al bajo soporte brindado por la subrasante y el aparente material inadecuado usado en la base (ver fotografía 10).

4.7. ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO DE LAS FALLAS DEL TRAMO EN ESTUDIO

Según la frecuencia, en orden descendente, en que se registraron las fallas del tramo en estudio (ver gráfico 1), se presentan en la Tabla 23 las propuestas del tratamiento de las fallas según su tipo y nivel registrados.

Tabla 23. Propuesta de mantenimiento según el tipo y nivel de falla registrado.

Código	Falla	Mantenimiento según el nivel de severidad
23	Losa dividida	L: Sellado de grietas de ancho mayor de 3mm. M: Reemplazo de la losa. H: Reemplazo de la losa.
29	Parqueo Grande	L: No se hace nada. M: Sellado de grietas. Reemplazo del parche. H: Reemplazo del parche.
36	Mapa de Grietas	L: No se hace nada. M: Reemplazo de la losa. H: Parqueo profundo o parcial. Reemplazo de la losa. Sobrecarpeta.
39	Descascaramiento de junta	L: No se hace nada. M: Resellado de juntas. H: Resellado de juntas.
22	Grieta de esquina	L: Sellado de grietas de más de 3 mm. M: Sellado de grietas. Parqueo profundo. H: Parqueo profundo.
34	Punzonamiento	L: Sellado de grietas. M: Parqueo profundo. H: Parqueo profundo.
31	Pulimiento de agregados	L, M y H: No se hace nada.
28	Grieta lineal: longitudinales, transversales y diagonales	L: Sellado de grietas más anchas que 3.0 mm. M: Sellado de grietas. H: Sellado de grietas. Parqueo profundo. Reemplazo de la losa.
32	Popouts	L, M y H: No se hace nada.
38	Descascaramiento de esquina	L: No se hace nada. M: Parqueo parcial. H: Parqueo parcial.
25	Escalonamiento	L: Cepillado con disco, colocación de pasadores. M: Cepillado con disco, colocación de pasadores, parchado profundo. H: Parchado profundo.
37	Retracción	L, M y H: No se hace nada.
30	Parqueo (pequeño)	L: No se hace nada. M: No se hace nada. Reemplazo del parche. H: Reemplazo del parche.

Fuente: Adaptado de ASTM D6433-03 1993

Según la Tabla 23 y de acuerdo a las fallas registradas en cada losa integrante de cada Unidad de Muestra, se presenta la Tabla 24; donde se resume la cantidad de losas que requieren de determinado tipo de mantenimiento.

De la Tabla 24 se infiere que el 64% (288 losas) del total de las losas necesitan ser reemplazadas y que sólo el 6% (29 losas) no necesitan ningún tipo de tratamiento.

Se aprecia también que el remplazo de parche es una actividad de mantenimiento que con mayor frecuencia se requiere, siendo 96 losas las que necesitan este tipo de tratamiento.

En el anexo 6.2.2. Se detalla el tratamiento que se le debe dar a cada losa para devolverle su nivel de servicio.

Tabla 24. Número de losas que requieren un determinado tipo de mantenimiento.

MANTENIMIENTO PROPUESTO	NÚMERO DE UNIDAD DE MUESTRA																								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Cepillado con disco															1										1
No se hace nada				1			1		2				3		1	2		2		7	4	4	4	29	
Parchado profundo						1	1	1	8	1	3	1	2	1	2	6	8	5	11	6	9	1	2	71	
Reemplazo de la losa	20	20	18	16	14	13	9	16	11	19	16	18	17	16	18	13	2	12	10	5	2	3	288		
Reemplazo del parche			2	2			5	1	2	1	5	2	3	4	1	7	17	5	7	13	6	7	96		
Resellado de juntas			1				2	1	1	1	1						7	1		1		4	22		
Sellado de grietas			1	1			4	3	4		1	1	2	1	1	3	4	1	2	1	2	4	7	54	
Parchado parcial			1													3					2	1	7		
Total	20	20	23	20	14	14	22	22	28	22	26	22	24	25	23	29	38	27	26	30	26	28	22	17	568
TOTAL DE LOSAS POR UM	20	20	20	18	14	14	16	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	14	14		
Reemplazo de losa (%)	100	100	90	89	100	93	56	80	55	95	80	90	85	80	90	65	10	60	50	25	10	15	-	-	
No se hace nada (%)	-	-	-	6	-	-	6	-	10	-	-	-	-	15	-	5	10	-	10	-	35	20	29	29	

Fuente: Elaboración propia.

Entonces se sugiere el mejoramiento total del tramo en estudio. Mejorar los anchos de veredas, mejorar la sub rasante, considerar cunetas en todo el tramo, reemplazo total de las losas, construcción de reductores de velocidad y pintado de señalización horizontal.

4.8. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Según los resultados obtenidos, el estado de conservación del pavimento rígido del Jr. Alfonso Ugarte, desde la Av. 28 de julio hasta el Jr. Antonio Vásquez de la ciudad de Bambamarca, es de un pavimento “muy malo”, que contrastando la hipótesis planteada resulto ser diferente, no verificándose la hipótesis establecida inicialmente, resultando la hipótesis nula.

4.9. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD

En la sección 4.7. se analizó el tratamiento de las losas según la combinación de falla – severidad registradas y se determinó que solo el 6% de las losas no necesitan un tratamiento debido a la naturaleza e intensidad de fallas presentes en ellas, por lo que se sugiere realizar el mejoramiento de la transitabilidad de todo el tramo estudiado.

4.9.1. PROPUESTA TÉCNICA

Teniendo en cuenta las deficiencias encontradas en cuanto a drenaje, estado de veredas, estado de pavimento y señalización, se detalla en la *Tabla 25* las características propuestas para el mejoramiento de la transitabilidad del Jr. Alfonso Ugarte entre el Jr. 28 de julio y el Jr. Antonio Vásquez (tramo estudiado).

El diseño de la sección típica, badén, giba y señalización horizontal se presentan en el anexo **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 25. Características técnicas actuales y propuestas.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	ACTUAL	PROPUESTA
Pista o calzada		
Topografía	Accidentada	Accidentada
Longitud (m)	875.9	875.9
Ancho de superficie de rodadura (m)	Variable	6.42 (prom)
Área (m ²)	6616.53	5935.67
Número de carriles	2	2
Tipo de superficie de rodadura	concreto	concreto
Estado de vía	muy malo	excelente
Espesor de pavimento (m)	0.15	0.20
Espesor de la base (m)	0.20	0.20
Espesor de mejoramiento de sub rasante con over (m)	-	0.25
Bombeo (%)	-	2
Resistencia a la compresión del concreto (kg/cm ²)	175	210
Cunetas		
Sección	Variable	Triangular
Ancho (m)	Variable	0.50
Longitud (m)	1179.04	1665.01
Acera o vereda		
Ancho de vereda (m)	Variable	1.00-1.10
Longitud de veredas (m)	1584.12	1650.87
Área de veredas (m ²)	1838.46	1981.04
Espesor de concreto (m)	0.10	0.10
Resistencia a la compresión del concreto (kg/cm ²)	175	175
Espesor de la base (m)	0.10	0.15
Señalización		
Señalización horizontal (m ²)	0	211

Fuente: Elaboración propia.

4.9.2. COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Para el cálculo del costo de la implementación de la propuesta del mejoramiento de la transitabilidad del tramo estudiado se tuvo en cuenta, para el cálculo de los metros, las características descritas en la *Tabla 25*, y para el cálculo del presupuesto se utilizaron los precios unitarios del presupuesto del expediente técnico “Mejoramiento del Servicio de Transitabilidad a través del tramo Prolongación Miguel Grau desde el Jr. 4 de noviembre hasta el Jr. Ramón Castilla del Distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc – Cajamarca” aprobado con Resolución de Gerencia Municipal N°0105-2019-MPH-BCA/GM.

Tabla 26. Metrados para la implementación de la propuesta de mejoramiento de la transitabilidad a través del Jr. Alfonso Ugarte.

ITEMS	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	AREA	DIMENSIONES			PARCIAL	TOTAL
					LARGO	ANCHO	ALT.		
01.	OBRAS PROVISIONALES								
01.01.	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 8.50 X 3.60 m	und	1.00				1.00	1.00	
01.02.	ALMACEN OFICINA Y CASETA DE GUARDIANIA	mes	3.00				3.00	3.00	
02.	OBRAS PRELIMINARES								
02.01.	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2						8749.21	
	JR. ALFONSO UGARTE			8749.21			8749.21		
02.02.	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00				1.00	1.00	
02.03.	MANTENIMIENTO Y DESVIO DE TRANSITO	glb	1.00				1.00	1.00	
02.04.	DEMOLICION DE VEREDAS	m2						1838.46	
	JR. ALFONSO UGARTE	m2		1838.46			1838.46		
02.05.	DEMOLICION DE CUNETA PLUVIAL	m2						294.75	
	JR. ALFONSO UGARTE			294.75			294.75		
02.06.	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO E=0.20M	m2						6616.53	
	JR. ALFONSO UGARTE			6616.53			6616.53		
02.07.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=1 km	m3		Volumen=	1,566.10	factor exp.	1.50	2349.15	
02.08.	TRAZO DE NIVELES Y REPLANTEO	m2						8749.21	
	JR. ALFONSO UGARTE			8749.21			8749.21		
03.	SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA								
03.01.	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	mes	3.00				3.00	3.00	
03.02.	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	mes	3.00				3.00	3.00	
03.03.	CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD	mes	3.00				3.00	3.00	
03.04.	SEÑALIZACION INFORMATIVA DE DESVIO	glb	1.00				1.00	1.00	
03.05.	RECURSOS PARA RESPUESTASANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD	glb	1.00				1.00	1.00	
	EN EL TRABAJO								
04.	PAVIMENTOS RIGIDOS								
04.01.	MOVIMIENTO DE TIERRAS								
04.01.01.	CORTE DE MATERIAL SUELTO A NIVEL DE SUBRASANTE C/MAQUINARIA	m3						2671.05	

	JR. ALFONSO UGARTE			Volumen=	2,671.05		2671.05	
04.01.02.	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE	m2					5935.67	5935.67
	JR. ALFONSO UGARTE						5935.67	5935.67
04.01.03.	MEJORAMIENTO DE SUELO CON MATERIAL DE OVER e=0.25m	m3						1780.70
	JR. ALFONSO UGARTE			Volumen=	1483.92	factor exp.	1.20	1780.70
04.01.04.	BASE GRANULAR COMPACTADA CON CBR MAYOR IGUAL AL 95%, e=0.20 m	m3						1424.56
	JR. ALFONSO UGARTE			Volumen=	1187.13	factor exp.	1.20	1424.56
04.01.05.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=1 km	m3		Volumen=	2671.05	factor exp.	1.20	3205.26
04.02.	OBRAS DE CONCRETO							
04.02.01.	CONCRETO F'C 210 KG./CM2 PARA LOSA PAVIMENTO	m3						1187.13
	JR. ALFONSO UGARTE						0.20	1187.13
04.02.02.	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN LOSA PAVIMENTO	m2						1165.15
	JR. ALFONSO UGARTE				5825.75		0.20	1165.15
04.02.03.	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO	m2						5935.67
	JR. ALFONSO UGARTE				5935.67			5935.67
04.03.	JUNTAS							
04.03.01.	JUNTAS TIPO 1 - DE CONTRACCION	m						2000.00
	JR. ALFONSO UGARTE		250.00			8.00		2000.00
04.03.02.	JUNTAS TIPO 2 - DE DILATACION	m						666.67
	JR. ALFONSO UGARTE		83.33			8.00		666.67
04.03.03.	JUNTAS TIPO 3 - LONGITUDINAL DE ARTICULACION	m						875.00
	JR. ALFONSO UGARTE		1.00		875.00			875.00
04.03.04.	JUNTAS TIPO 4 - LONGITUDINAL DE EXPANSION	m						1750.00
	JR. ALFONSO UGARTE		2.00		875.00			1,750.00
05.	VEREDAS							
05.01.	MOVIMIENTO DE TIERRAS							
05.01.01.	EXCAVACION DE ZANJA MANUAL	m3						297.16
	JR. ALFONSO UGARTE			1981.04		0.15		297.16
05.01.02.	REFINE NIVELACION Y APISONADO C/PLANCHA COMPACTADORA	m2						1,981.04
	JR. ALFONSO UGARTE			1981.04				1981.04

05.01.03.	BASE GRANULAR E=0.15 M.COMPACTADA JR. ALFONSO UGARTE	m3							356.59
				Volumen=	297.16	factor exp.	1.20	356.59	
05.01.04.	EXCAVACION MANUAL PARA UÑAS JR. ALFONSO UGARTE	m3							71.32
				0.04	1,650.87	factor exp.	1.20	71.32	
05.01.05.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3		Volumen=	368.47	factor exp.	1.20	442.17	442.17
05.02.	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE								
05.02.01.	CONCRETO f _c =175 kg/cm ²	m3		0.10	2,179.14			217.91	217.91
05.02.02.	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN VEREDAS	m2			2,784.46		0.20	556.89	556.89
05.02.03.	ACABADO FROTACHADO-PULIDO EN VEREDAS	m2		1981.04				1981.04	1981.04
05.02.04.	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO	m2		1981.04				1981.04	1981.04
05.02.05.	BRUÑAS	m			1,981.04			1981.04	1981.04
05.02.06.	PINTURA EN COSTADOS DE VEREDAS	m2	2.00		875.00		0.30	525.00	525.00
05.03.	JUNTAS								
05.03.01.	JUNTAS TIPO 2 - DE DILATACION	m			928.15			928.15	928.15
06.	DRENAJE PLUVIAL								
06.01.	CUNETA DE DRENAJE PLUVIAL								
06.01.01.	MOVIMIENTO DE TIERRAS								
06.01.01.01.	EXCAVACION DE ZANJA MANUAL	m3			875.00		0.45	393.75	393.75
06.01.01.02.	REFINE NIVELACION Y APISONADO C/PLANCHA COMPACTADORA	m2			875.00			875.00	875.00
06.01.01.03.	MEJORAMIENTO DE SUELO CON MATERIAL DE OVER e=0.25m	m3		Volumen=	218.75	factor exp.	1.20	262.50	262.50
06.01.01.04.	BASE GRANULAR COMPACTADA PARA CUNETAS	m3		Volumen=	175.00	factor exp.	1.20	210.00	210.00
06.01.01.05.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3		Volumen=	393.75	factor exp.	1.20	472.50	472.50
06.01.02.	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE								
06.01.02.01.	CONCRETO f _c =175 kg/cm ²	m3		0.10	875.00			87.50	87.50
06.01.02.02.	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CUNETA PLUVIAL	m2	210				0.10	21.00	21.00
06.01.02.03.	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO	m2			875.00		0.40	350.00	350.00
06.01.03.	JUNTAS								
06.01.03.01.	JUNTAS TIPO 2 - DE DILATACION	m	293		0.50			146.50	146.50
07	ADECUACION Y REPOSICION DE SANEAMIENTO BASICO								
07.01.	AGUA POTABLE								

07.01.01	CAJA PARA MEDIDOR EN PISO	und	167		167.00	167.00
07.01.02	REPARACION DE RED EXISTENTE DE CONEXIÓN DOMICILIARIA DE AGUA POTABLE	und	167		167.00	167.00
07.02.	ALCANTARILLADO SANITARIO Y CONEXIONES DOMICILIARIAS					
07.02.01	ALCANTARILLADO SANITARIO					
07.02.01.01	NIVELACION DE BUZONES EXISTENTES	und	12		12.00	12.00
07.02.02	CONEXIONES DOMICILIARIAS					
07.02.02.01	CAJA DE REGISTRO	und	167		167.00	167.00
07.02.02.02	REPARACION DE RED EXISTENTE DE CONEXIÓN DOMICILIARIA DE DESAGUE	und	167		167.00	167.00
08.	GIBA					
08.01.	GIBA	m		32.10	32.10	32.10
09.	MITIGACION AMBIENTAL					
09.01.	MITIGACION AMBIENTAL	glb	1.00		1.00	1.00
10.	VARIOS					
10.01.	LIMPIEZA GENERAL DE OBRA	m2		8749.21	8749.21	8749.21
10.02.	SEÑALIZACION HORIZONTAL	m2	211.00		211.00	211.00
11.	FLETE TERRESTRE					
11.01.	FLETE TERRESTRE	glb	1		1	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Presupuesto de la propuesta de mejoramiento de la transitabilidad a través del Jr. Alfonso Ugarte.

ITEMS	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	P.U.	PARCIAL S/
01.	OBRAS PROVISIONALES				4,250.28
01.01.	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 8.50 X 3.60 m	und	1.00	1,250.28	1,250.28
01.02.	ALMACEN OFICINA Y CASETA DE GUARDIANIA	mes	3.00	1,000.00	3,000.00
02.	OBRAS PRELIMINARES				300,667.32
02.01.	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	8,749.21	1.27	11,111.50
02.02.	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	13,170.00	13,170.00
02.03.	MANTENIMIENTO Y DESVIO DE TRANSITO	glb	1.00	9,524.04	9,524.04
02.04.	DEMOLICION DE VEREDAS	m2	1,838.46	19.02	34,967.51
02.05.	DEMOLICION DE CUNETAS PLUVIALES	m2	294.75	23.76	7,003.26
02.06.	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO E=0.20M	m2	6,616.53	28.27	187,049.30
02.07.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=1 km	m3	2,349.15	10.82	25,417.84
02.08.	TRAZO DE NIVELES Y REPLANTEO	m2	8,749.21	1.42	12,423.88
03.	SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA				25,569.67
03.01.	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	mes	3.00	1,970.00	5,910.00
03.02.	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	mes	3.00	1,250.00	3,750.00
03.03.	CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD	mes	3.00	4,800.00	14,400.00
03.04.	SEÑALIZACION INFORMATIVA DE DESVIO	glb	1.00	459.67	459.67
03.05.	RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	glb	1.00	1,050.00	1,050.00
04.	PAVIMENTOS RIGIDOS				979,053.62
04.01.	MOVIMIENTO DE TIERRAS				318,795.34
04.01.01.	CORTE DE MATERIAL SUELTO A NIVEL DE SUBRASANTE C/MAQUINARIA	m3	2,671.05	11.64	31,091.04
04.01.02.	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE	m2	5,935.67	3.84	22,792.97

04.01.03.	MEJORAMIENTO DE SUELO CON MATERIAL DE OVER e=0.25m	m3	1,780.70	71.78	127,818.72
04.01.04.	BASE GRANULAR COMPACTADA CON CBR MAYOR IGUAL AL 95%, e=0.20 m	m3	1,424.56	71.89	102,411.68
04.01.05.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=1 km	m3	3,205.26	10.82	34,680.93
04.02.	OBRAS DE CONCRETO				610,810.78
04.02.01.	CONCRETO F'C 210 KG./CM2 PARA LOSA PAVIMENTO	m3	1,187.13	460.72	546,936.38
04.02.02.	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN LOSA PAVIMENTO	m2	1,165.15	45.60	53,130.84
04.02.03.	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO	m2	5,935.67	1.81	10,743.56
04.03.	JUNTAS				49,447.50
04.03.01.	JUNTAS TIPO 1 - DE CONTRACCION	m	2,000.00	8.82	17,640.00
04.03.02.	JUNTAS TIPO 2 - DE DILATACION	m	666.67	10.62	7,080.00
04.03.03.	JUNTAS TIPO 3 - LONGITUDINAL DE ARTICULACION	m	875.00	10.62	9,292.50
04.03.04.	JUNTAS TIPO 4 - LONGITUDINAL DE EXPANSION	m	1,750.00	8.82	15,435.00
05.	VEREDAS				216,144.26
05.01.	MOVIMIENTO DE TIERRAS				56,529.78
05.01.01.	EXCAVACION DE ZANJA MANUAL	m3	297.16	42.11	12,513.24
05.01.02.	REFINE NIVELACION Y APISONADO C/PLANCHA COMPACTADORA	m2	1,981.04	7.48	14,818.18
05.01.03.	BASE GRANULAR E=0.15 m.COMPACTADA	m3	356.59	62.15	22,161.89
05.01.04.	EXCAVACION MANUAL PARA UÑAS	m3	71.32	31.58	2,252.21
05.01.05.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	442.17	10.82	4,784.26
05.02.	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				149,757.48
05.02.01.	CONCRETO f'c=175 kg/cm2	m3	217.91	430.72	93,860.09
05.02.02.	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN VEREDAS	m2	556.89	45.60	25,394.30
05.02.03.	ACABADO FROTACHADO-PULIDO EN VEREDAS	m2	1,981.04	6.85	13,570.12
05.02.04.	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO	m2	1,981.04	1.81	3,585.68
05.02.05.	BRUÑAS	m	1,981.04	2.28	4,516.78
05.02.06.	PINTURA EN COSTADOS DE VEREDAS	m2	525.00	16.82	8,830.50
05.03.	JUNTAS				9,857.00

05.03.01.	JUNTAS TIPO 2 - DE DILATACION	m	928.15	10.62	9,857.00
06.	DRENAJE PLUVIAL				102,000.14
06.01.	CUNETA DE DRENAJE PLUVIAL				102,000.14
06.01.01.	MOVIMIENTO DE TIERRAS				61,165.21
06.01.01.01.	EXCAVACION DE ZANJA MANUAL	m3	393.75	42.11	16,580.81
06.01.01.02.	REFINE NIVELACION Y APISONADO C/PLANCHA COMPACTADORA	m2	875.00	7.48	6,545.00
06.01.01.03.	MEJORAMIENTO DE SUELO CON MATERIAL DE OVER e=0.25m	m3	262.50	71.78	18,842.25
06.01.01.04.	BASE GRANULAR COMPACTADA PARA CUNETAS	m3	210.00	67.07	14,084.70
06.01.01.05.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	472.50	10.82	5,112.45
06.01.02.	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				39,279.10
06.01.02.01.	CONCRETO f'c=175 kg/cm2	m3	87.50	430.72	37,688.00
06.01.02.02.	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CUNETA PLUVIAL	m2	21.00	45.60	957.60
06.01.02.03.	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO	m2	350.00	1.81	633.50
06.01.03.	JUNTAS				1,555.83
06.01.03.01.	JUNTAS TIPO 2 - DE DILATACION	m	146.50	10.62	1,555.83
07	ADECUACION Y REPOSICION DE SANEAMIENTO BASICO				71,081.86
07.01.	AGUA POTABLE				23,219.68
07.01.01	CAJA PARA MEDIDOR EN PISO	und	167.00	120.35	20,098.45
07.01.02	REPARACION DE RED EXISTENTE DE CONEXIÓN DOMICILIARIA DE AGUA POTABLE	und	167.00	18.69	3,121.23
07.02.	ALCANTARILLADO SANITARIO Y CONEXIONES DOMICILIARIAS				47,862.18
07.02.01	ALCANTARILLADO SANITARIO				18,032.64
07.02.01.01	NIVELACION DE BUZONES EXISTENTES	und	12.00	1,502.72	18,032.64
07.02.02	CONEXIONES DOMICILIARIAS				29,829.54
07.02.02.01	CAJA DE REGISTRO	und	167.00	128.28	21,422.76
07.02.02.02	REPARACION DE RED EXISTENTE DE CONEXIÓN DOMICILIARIA DE DESAGUE	und	167.00	50.34	8,406.78
08.	GIBA				7,823.73
08.01.	GIBA	m	32.10	243.73	7,823.73

09.	MITIGACION AMBIENTAL				6,500.00
09.01.	MITIGACION AMBIENTAL	glb	1.00	6,500.00	6,500.00
10.	VARIOS				4,072.51
10.01.	LIMPIEZA GENERAL DE OBRA	m2	8,749.21	0.26	2,274.79
10.02.	SEÑALIZACION HORIZONTAL	m2	211.00	8.52	1,797.72
11.	FLETE TERRESTRE				20,299.58
11.01.	FLETE TERRESTRE	glb	1.00	20,299.58	20,299.58
<hr/>					
	COSTO DIRECTO				1,737,462.98
	GASTOS GENERALES (10%)				173,746.30
	UTILIDAD (8%)				138,997.04
	SUB TOTAL				2,050,206.32
	IGV (18%)				369,037.14
	VALOR REFERENCIAL				2,419,243.46
	SUPERVISIÓN (5%)				120,962.17
	COSTO TOTAL				2,540,205.63

Fuente: Elaboración propia

Costo total: Dos millones quinientos cuarenta mil doscientos cinco y 63/100 soles.

4.9.3. BENEFICIOS QUE APORTA LA PROPUESTA

La propuesta presentada brinda los siguientes beneficios:

- Transitabilidad peatonal segura y fluida: Al garantizar anchos mínimos y la construcción de veredas a lo largo de todo el tramo con una adecuada superficie por donde transitarán los peatones.
- Buen drenaje superficial: Al proyectar cunetas a ambos lados de la calzada en todo el tramo estudiado, asegurando la recolección de aguas pluviales y canalizándolas hacia puntos colectores.
- Buena transitabilidad vehicular: El contar con una calzada en buenas condiciones se logra conservar el patrimonio de la población (vehículos).
- Ahorro de tiempo en los desplazamientos: Al contar con una mejor calzada y veredas, el desplazamiento de vehículos y peatones será más fluido, permitiendo llegar en menor tiempo a sus destinos.
- Disminución de la contaminación: Al contar con una adecuada infraestructura vial, evitando el estancamiento de agua y formación de focos infecciosos; además de la formación de partículas suspendidas (polvo) que están relacionado con enfermedades estomacales y respiratorias.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES

- El pavimento rígido del Jr. Alfonso Ugarte comprendido entre la Av. 28 de julio y el Jr. Antonio Vásquez, evaluado bajo la metodología PCI, presenta un muy mal estado de conservación, con un índice de condición del pavimento igual a 18.
- Se realizó el inventario en planos divididos por unidades de muestra de fallas encontradas mediante la inspección visual en el pavimento rígido del Jr. Alfonso Ugarte, encontrando que la falla más frecuente es “losa dividida”.
- Se calculó el Índice de Condición del Pavimento de cada unidad de muestra, los que son: UM 01 = 16, UM 02 = 13, UM 03 = 13, UM 04 = 16, UM 05 = 5, UM 06 = 16, UM 07 = 31, UM 08 = 18, UM 09 = 7, UM 10 = 12, UM 11 = 20, UM 12 = 15, UM 13 = 18, UM 14 = 20, UM 15 = 17, UM 16 = 13, UM 17 = 31, UM 18 = 16, UM 19 = 16, UM 20 = 5, UM 21 = 26, UM 22 = 12, UM 23 = 44, UM 24 = 76.

5.2. RECOMENDACIONES

- Mediante el mismo método (PCI) realizar el monitoreo periódico y determinar la velocidad de deterioro de un pavimento con el fin de predecir el tiempo adecuado de mantenimiento.
- En futuras investigaciones evaluar la calidad de los materiales que conforman el paquete estructural y relacionarlos con el PCI calculado.
- Contrastar los resultados obtenidos con los resultados obtenidos mediante un método experimental destructivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- AASHTO, 1993. Capítulo I: Método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos rígidos.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). 2004. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (ASTM D6433-03). Estados Unidos.
- ASOCEM. 2018. Pavimentos de concreto: Estado de arte de los pavimentos en el Perú. Consultado 10 oct. 2018. Disponible en: <http://www.asocem.org.pe/productos-b/pavimentos-de-concreto-estado-de-arte-de-los-pavimentos-en-el-peru>
- Bañón Blázquez, L. y Beviá García, JF. 2000. Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento. Alicante, España. Universidad de Alicante. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10045/1787>
- Blue Diamond Construction and Consultind EIRL. 2019. Mejoramiento del Servicio de Transitabilidad a través del tramo Prolongación Miguel Grau desde el Jr. 4 de noviembre hasta el Jr. Ramón Castilla del distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc – Cajamarca. Bambamarca. Perú. MPH.B.
- Castillo Creamer, RA y Romero Gil, KL. 2009. Proyecto de Tesis Rehabilitación de pavimentos rígidos en base al estudio de la carretera Tarija – Potosí. Lima, Perú. Universidad Ricardo Palma. Disponible en: <http://cybertesis.urp.edu.pe/handle/urp/140>
- Duravía (unidad de negocios de UNICON y UNACEM, Perú). 2013. El pavimento de concreto (en línea, sitio web). Consultado 10 oct. 2018. Disponible en: <http://www.duravia.com.pe/wp-content/uploads/COLECCIONABLE-DURAVIA-V.2.pdf>.
- Gamboa Chicchón, KP (2009). Cálculo Del Índice de Condición Del Pavimento Flexible En La Av. Luis Montero, Distrito De Castilla. Piura, Perú. Universidad de Piura.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú). 2007. Censos Nacionales 2007, XI de Población y VI de Vivienda.

Consultado el 10 oct. 2018. Disponible en:
<http://censos.inei.gob.pe/cpv2007/tabulados/#>

- Ing. Dávila Vidarte, DJL, Ing. Huangal Castañeda, NE, Ing. Salazar Bravo, WA. 2017. Aplicación del método del PCI en la evaluación superficial del pavimento rígido de la vía canal de la Avenida Chiclayo distrito José Leonardo Ortiz provincia de Chiclayo periodo 2016. Lambayeque, Perú. Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo.
- Llosa Grau, J. 2006. Propuesta alternativa para la distribución racional del presupuesto anual municipal para el mantenimiento y rehabilitación de pavimentos. Proyecto tesis título. Lima, Perú. UPC.
- Menéndez, J. 2003. Manual Técnico para el Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2014. Manual de Carreteras Mantenimiento y Conservación Vial. Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2018. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG 2018. Lima, Perú.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. 2010. Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma CE. 010 Pavimentos Urbanos. Lima, Perú.
- Municipalidad Provincial de Hualgayoc – Bambamarca. 2013. Plano Catastral. Bambamarca, Perú.
- Rodríguez Velásquez, ED. 2009. Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla. Piura, Perú. Universidad de Piura.
- Sánchez Ramírez, J. 2017. Evaluación del Estado del Pavimento de la Av. Ramón Castilla, Chulucanas, mediante el método PCI (Tesis). Piura, Perú. Universidad de Piura.
- Sánchez Montenegro, CM. 2018. Incidencia de las patologías del concreto en la obtención del índice de integridad funcional y estructural del pavimento rígido de la av. San Martín de Porres, entre la av. Atahualpa y jr. Los Geranios, de la ciudad de Cajamarca. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1837>

- Sotil Chávez, A. 2014. Propuesta de Sistema de Gestión de Pavimentos para Municipalidades y Gobiernos Locales: Propuesta de Sistema de Gestión de Pavimentos para el Perú. Infraestructura Vial Volumen 16 (28): 13-24.
- Vásquez Goicochea, AY. Evaluación del estado de conservación de las calles del Sector Santa Rosa de la Ciudad de Bambamarca utilizando los métodos de Índice de Conservación del Pavimento (PCI) y VIZIR. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2531>
- Vásquez Varela, L. 2002. Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. Manizales, Colombia.
- Yarango Serrano, EM. 2014. Rehabilitación de la Carretera de Acceso a la Sociedad Minera Cerro Verde (S.M.C.V) desde la prog. km 0+000 hasta el km 1+900, en el distrito de Uchumayo, Arequipa, Arequipa. empleando el Sistema Bitufor para reducir la reflexión de grietas y prolongar la vida útil del pavimento. Lima, Perú. Universidad Ricardo Palma. Disponible en: http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/421/Yarango_em.pdf?sequence=1&isAllowed=y