

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS PARA OBTAR EL TÍTULO PROFECIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

---

**“ANÁLISIS DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE  
EN LA AV. ANTENOR ORREGO, TRAMO ENTRE AV. JESUS DE NAZARETH Y  
AV. AMÉRICA OESTE, MEDIANTE EL MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN  
DEL PAVIMENTO, TRUJILLO, LA LIBERTAD 2020”**

---

**Área de Investigación:  
TRANSPORTES**

**Autor(es):**

Br. Herrera Cholán, Cristian Joel  
Br. Quispe Paredes, Michael Andy

**Jurado Evaluador.**

**Presidente:** Luján silva Enrique  
**Secretario:** Henríquez Ulloa Paul  
**Vocal:** Vertiz Malabrigo Manuel

**Asesor:**

Rodríguez Ramos, Mamerto  
**Código Orcid:** <https://orcid.org/0000-0003-3024-0155>

**TRUJILLO – PERÚ 2021**

**Fecha de sustentación: 29/09/2021**

**“ANÁLISIS DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE  
EN LA AV. ANTENOR ORREGO, TRAMO ENTRE AV. JESUS DE NAZARETH  
Y AV. AMÉRICA OESTE, MEDIANTE EL MÉTODO DEL ÍNDICE DE  
CONDICIÓN DEL PAVIMENTO, TRUJILLO, LA LIBERTAD 2020”**

**AUTORES:**

BR. HERRERA CHOLÁN, CRISTIAN JOEL

BR. QUISPE PAREDES, MICHAEL ANDY

**JURADO EVALUADOR:**



---

DR. ING. ENRIQUE LUJÁN SILVA  
PRESIDENTE  
N° CIP 54460



---

ING. PAÚL HENRIQUEZ ULLOA  
SECRETARIO  
N° CIP 118101



---

ING. MANUEL VERTIZ MALABRIGO  
VOCAL  
N° CIP 75985

**ASESORADO POR:**



---

ING. MAMERTO RODRIGUEZ RAMOS  
N° CIP 3689

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

Conforme a lo indicado en el reglamento de grados y títulos de la “UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO”, entregamos a su disposición el tema de tesis: **“ANÁLISIS DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. ANTENOR ORREGO, TRAMO ENTRE AV. JESUS DE NAZARETH Y AV. AMÉRICA OESTE, MEDIANTE EL MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO, TRUJILLO, LA LIBERTAD 2020”**, desarrollado con el propósito de obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

El presente trabajo se ha llevado a cabo bajo la inspección de nuestro asesor, empleando los conocimientos teóricos - prácticos adquiridos en la etapa universitaria. Asimismo, usa como fundamento las Normas Técnicas Peruanas actuales, la Norma ASTM D6433-03 y las normas dispuestas en la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).

Atentamente:

---

BR. HERRERA CHOLÁN CRISTIAN JOEL

---

BR. QUISPE PAREDES, MICHAEL ANDY

## DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, por mantenerme fuerte y con salud durante todos estos días difíciles, por guiarme por el camino correcto, por cuidar de mis seres queridos día a día y por siempre bendecirnos.

A mis padres y hermanos, por ser parte de mi motor y motivo para salir a delante y superarme cada día más, por enseñarme a superar cada obstáculo que la vida presenta.

A mi abuelita,

Para mi abuela, por darme sabios consejos para motivarme y ser mejor día a día siguiente el camino de Dios



---

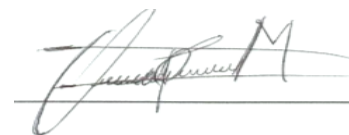
Br. Herrera Cholan, Cristian Joel



## DEDICATORIA

A Dios, por levantarme día a día con vida, salud y muchas ganas de superarme y ser un mejor ser humano asimismo por permitirme concluir mis 5 años de etapa universitaria con éxito.

A mis padres por apoyarme de manera incondicional durante esta larga y difícil etapa, por ser mi motivación para superarme día a día y seguir luchando para darles un mejor futuro.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Michael Andy Quispe Paredes', written over a horizontal line.

---

Br. Quispe Paredes, Michael Andy

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, dar las gracias a “Dios” por levantarme todos los días con vida y buena salud, por darme la fuerza necesaria para alcanzar mis objetivos trazados,

A mis “Padres y Hermanos”, por siempre confiar en mí y brindarme su cariño y apoyo incondicional, por estar ahí a mi lado los días difícil cuando me sentía derrotada, ellos fueron y seguirán siendo mi motivación para no desistir.

A mis estimados “Educadores” de la Facultad de Ingeniería Civil, por llenarme de saberes durante esta etapa de formación universitaria.

A mi “Asesor” Ing. Mamerto Rodríguez Ramos, por dedicar parte de su experiencia y tiempo para apoyarme en la realización de mi tesis.

Por último, Extender mi total gratitud a la “Facultad de Ingeniería Civil” de la “Universidad Privada Antenor Orrego”, por darme la oportunidad iniciar y culminar mi formación profesional en su centro educativo.



---

Br. Herrera Cholán Cristian Joel

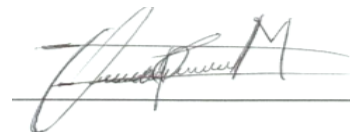
## AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirme mantenerme todos los días con vida y buena salud y por ayudarme a cumplir mis metas planteadas en esta etapa universitaria.

A mis “Padres”, por ser el motivo principal de mis ganas de superarme cada día para que se sientan orgullosos, por otorgarme la oportunidad de asistir a una de las mejores universidades de Trujillo para ser un profesional exitoso.

A mi “Asesor” el Ing. Mamerto Rodríguez Ramos, por guiarme durante mi formación personal y profesional.

Por último, a la Universidad Antenor Orrego, por permitirme adquirir nuevos y valiosos conocimientos brindados por sus docentes.



---

Br. Quispe Paredes, Michael Andy

## RESUMEN

La presente tesis de Investigación surge como objetivo de determinar cuál es el estado de conservación en que se encuentra el pavimento flexible de la de la Av. Antenor Orrego, tramo entre Av. Jesús de Nazareth y Av. América Oeste de la ciudad de Trujillo aplicando la metodología del PCI.

De esta manera se busca lograr la conservación en la que se encuentra el pavimento flexible, generando una base de datos para las municipalidades y gobiernos regionales, cuando se requiera dar mantenimiento correspondiente a las vías afectadas por el uso.

Se empezó con la división de la vía en 20 secciones y 2 muestras adicionales en ambos sentidos la vía, teniendo un total de 4 muestras adicionales, que fueron sometidas a evaluación de acuerdo a lo estipulado en el manual de PCI.

Posteriormente, el seccionamiento de la vía. Se procedió a la inspección visual estudiando las fallas existentes y las que se encontraron con mayor porcentaje son 19F-Desprendimiento de Agregados con un 3.6%, 11F-Parcheo con un 2.3%, 13F-Huecos con un 0.09% y otras fallas que individualmente no sobrepasan del 5%. Obteniendo un PCI de 57.89 que según el rango que contempla el Manual del PCI se encuentra en un estado de conservación BUENO.

## ABSTRACT

The present research thesis arises as the objective of determining the state of conservation of the flexible pavement of Av. Antenor Orrego, section between Av. Jesús de Nazareth and Av. América Oeste in the city of Trujillo applying the PCI methodology. "

In this way, it seeks to achieve the conservation in which the flexible pavement is located, generating a database for municipalities and regional governments, when it is required to provide maintenance corresponding to the roads affected by use.

It began with the division of the road into 20 sections and 2 additional samples in both directions of the road, having a total of 4 additional samples, which were subjected to evaluation according to what is stipulated in the PCI manual.

Subsequently, the sectioning of the track. A visual inspection was carried out studying the existing faults and those that were found with the highest percentage are 19F-Detachment of Aggregates with 3.6%, 11F-Patching with 2.3%, 13F-Gaps with 0.09% and other faults that individually did not exceed 5%. Obtaining a PCI of 57.89 that according to the range contemplated in the PCI Manual is in a GOOD state of conservation.

## Tabla de contenido

<b>1</b>	<b>CAPITULO I: INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
1.1	Descripción de la problemática: .....	1
1.2	Formulación del problema .....	2
1.3	Objetivos de la investigación .....	2
1.4	Justificación de la investigación .....	3
<b>2</b>	<b>CAPITULO II: MARCO DE REFERENCIA</b> .....	<b>4</b>
2.1	Antecedentes de la investigación .....	4
2.1.1	Antecedentes Internacionales .....	4
2.1.2	Antecedentes Nacionales .....	4
2.2	Marco Teórico.....	5
2.2.1	Pavimento.....	5
2.2.2	Clasificación de Pavimentos.....	6
2.2.3	Estructura del pavimento .....	7
2.2.4	Fallas en los pavimentos:.....	8
2.2.5	Tipos de evaluación de pavimentos .....	8
2.2.6	Fallas en los pavimentos flexibles .....	12
2.3	Marco conceptual .....	35
2.4	Hipótesis.....	36
2.5	Variables.....	36
<b>3</b>	<b>CAPITULO III: METODOLOGIA EMPLEADA</b> .....	<b>38</b>
3.1	Tipo y nivel de investigación .....	38
3.2	Población y muestra .....	38
3.3	Técnicas e instrumentos de investigación.....	40
<b>4</b>	<b>CAPITULO IV: PRESENTACION DE RESULTADOS</b> .....	<b>48</b>
4.1	Análisis e interpretación de resultados .....	48
4.1.1	Desarrollo del método para la evaluación superficial de Pavimentos flexibles: .....	48
4.1.2	Unidad de muestreo.....	48
4.1.3	Determinación del croquis de muestreo:.....	50
4.2	Proponer una idea de recuperación del pavimento asfaltico.....	73
4.3	Prueba de hipótesis .....	74
<b>5</b>	<b>CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>75</b>
<b>6</b>	<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES</b> .....	<b>77</b>
<b>7</b>	<b>CAPITULO VII: RECOMENDACIONES</b> .....	<b>78</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rango de Calificaciones del PCI.....	9
Tabla 2. Niveles de severidad para huecos.....	27
Tabla 3. Tabla de variables.....	37
Tabla 4. Longitud de muestra según su ancho de calzada.....	39
Tabla 5. Ficha Técnica de PCI.....	41
Tabla 6. Calculo longitud de muestra según su ancho de calzada.....	45
Tabla 7. Cuadro de resumen de áreas.....	51
Tabla 8. Cuadro resumen de fallas.....	52
Tabla 9. Encabezado de fichas PCI.....	52
Tabla 10. Tipos de fallas existentes.....	53
Tabla 11. Densidad.....	54
Tabla 12. Valor deducido de la Falla 18 – 11 – 13.....	57
Tabla 13. VDC.....	58
Tabla 14. Max. Valor deducido corregido.....	61
Tabla 15. Rangos de Calificación.....	61
Tabla 16. Ficha Técnica del PCI de la UMD.....	62
Tabla 17. Ficha Resumen del PCI de las muestras del carril derechos.....	63
Tabla 18. Fichas Resumen del PCI de las muestras del carril izquierdo.....	64
Tabla 19. Resumen de fallas en muestras.....	65
Tabla 20. Resumen de resultados de los PCI en muestras de carril derecho.....	67
Tabla 21. Resumen de resultados de los PCI en muestras de carril izquierdo.....	69
Tabla 22. Fichas resumen del PCI de la muestras Adic. del carril derecho.....	69
Tabla 23. Fichas resumen del PCI de las muestras Adic. del carril izquierdo.....	68
Tabla 24. Rangos de Calificación PCI.....	70
Tabla 25. Resumen de la Falla N°13.....	71

Tabla 26. Resumen de las Fallas N°19.....	70
Tabla 27. Resumen de las Fallas N°11.....	72
Tabla 28. Evaluación de muestra UMD-01.....	82
Tabla 29. Evaluación de muestra UMD-02.....	84
Tabla 30. Evaluación de muestra UMD-03.....	86
Tabla 31. Evaluación de muestra UMD-04.....	88
Tabla 32. Evaluación de muestra UMD-05.....	90
Tabla 33. Evaluación de muestra UMD-06.....	92
Tabla 34. Evaluación de muestra UMD-07.....	94
Tabla 35. Evaluación de muestra UMD-08.....	96
Tabla 36. Evaluación de muestra UMD-09.....	98
Tabla37. Evaluación de muestra UMD-10.....	100
Tabla 38. Evaluación de muestra UMDA-01.....	102
Tabla 39. Evaluación de muestra UMDA-02.....	104
Tabla 40. Evaluación de muestra UMI-01.....	106
Tabla 41. Evaluación de muestra UMI-02.....	108
Tabla 42. Evaluación de muestra UMI-03.....	110
Tabla 43. Evaluación de muestra UMI-04.....	112
Tabla 44. Evaluación de muestra UMI-05.....	114
Tabla 45. Evaluación de muestra UMI-06.....	116
Tabla 46. Evaluación de muestra UMI-07.....	120
Tabla 47. Evaluación de muestra UMI-08.....	123
Tabla 48. Evaluación de muestra UMI-09.....	126
Tabla 49. Evaluación de muestra UMI-10.....	129
Tabla 50. Evaluación de muestra UMIA-1.....	131
Tabla 51. Evaluación de muestra UMIA-2.....	134



## INDICE DE GRAFICAS

Figura 1. Piel de cocodrilo en pavimentos flexibles.....	13
Figura 2. Exudación en pavimentos.....	14
Figura 3. Agrietamiento en bloque.....	15
Figura 4. Hundimientos y abultamientos en pavimentos flexibles.....	17
Figura 5. Corrugaciones en pavimentos flexibles.....	18
Figura 6. Depresión en pavimentos.....	19
Figura 7. Grieta de borde.....	20
Figura 8. Grieta de reflexión.....	21
Figura 9. Desnivel Carril/Berma.....	22
Figura 10. Grietas Longitudinales y Transversales.....	24
Figura 11. Parcheo en Pavimentos.....	25
Figura 12. Pulimento de agregados.....	26
Figura 13. Huecos.....	28
Figura 14. Ahuellamiento.....	29
Figura 15. Desplazamiento.....	30
Figura 16. Grietas parabólicas.....	32
Figura 17. Hinchamiento.....	33
Figura 18. Meteorización y desprendimiento de agregados.....	34
Figura 19. Odómetro Manual.....	42
Figura 20. Cinta Métrica.....	42
Figura 21. Cono de seguridad.....	43
Figura 22. Esquema de la Av. Antenor Orrego, tramo entre Av. Jesús de Nazaret y Av. América Oeste.....	49
Figura 23. Grafico general de las muestras.....	50
Figura 24. Localización de las unidades de muestreo.....	51

Figura 25. Valor deducido falla N°18.....	55
Figura 26. Valor deducido falla N°1.....	56
Figura 27. Valor deducido falla N°13.....	56
Figura 28. Abaco TDV=125.5 y q=4.....	59
Figura 29. Abaco TDV =114.5 y q=3.....	59
Figura 30. Abaco TDV =93.0 y q=2.....	60
Figura 31. Abaco TDV =66.50 y q=1.....	60
Figura 32. Falla de tipo corrugación de severidad baja.....	81
Figura 33. Falla de tipo parcheo de severidad media.....	81
Figura 34. Falla de tipo parcheo de severidad media.....	81
Figura 35. Falla de tipo huecos de severidad media.....	81
Figura 36. Falla de tipo hueco de severidad alta.....	83
Figura 37. Falla de tipo pulimientos de agregados de severidad alta.....	83
Figura 38. Falla de tipo pulimentos de agregados de severidad alta.....	83
Figura 39. Falla de tipo pies de cocodrilo de severidad alta.....	85
Figura 40. Falla de tipo hueco de severidad baja.....	85
Figura 41. Falla de tipo hueco de severidad media.....	85
Figura 42. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad alta y falla de tipo hueco de severidad media.....	87
Figura 43. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad alta y falla de tipo hueco de severidad media.....	87
Figura 44. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad alta y falla de tipo hueco de severidad media.....	87
Figura 45. Falla de tipo parcheo de severidad media.....	89
Figura 46. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad media.....	89
Figura 47. Falla de tipo huecos de severidad alta.....	89
Figura 48. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad media.....	91
Figura 49. Falla de tipo parcheo de severidad media.....	91

Figura 50. Falla de tipo parcheo de severidad media.....	93
Figura 51. Falla de tipo parcheo de severidad media.....	93
Figura 52. Falla de tipo hueco de severidad media.....	93
Figura 53. Falla de tipo parcheo de severidad media.....	95
Figura 54. Falla de tipo huecos de severidad media.....	95
Figura 55. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad media.....	95
Figura 56. Falla de tipo parcheo de severidad media.....	97
Figura 57. Falla de tipo huecos de severidad media.....	97
Figura 58. Falla de tipo parcheo de severidad media.....	99
Figura 59. Falla de tipo huecos de severidad media.....	99
Figura 60. Falla de tipo grietas longitudinal y transv. de severidad media.....	101
Figura 61. Falla de tipo huecos de severidad alta.....	101
Figura 62. Falla de tipo huecos de severidad media.....	101
Figura 63. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad media.....	103
Figura 64. Falla de tipo huecos de severidad alta.....	103
Figura 65. Falla de tipo huecos de severidad media.....	103
Figura 66. Falla de tipo parcheo de severidad alta.....	105
Figura 67. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad media.....	105
Figura 68. Falla de tipo parcheo de severidad media.....	107
Figura 69. Falla de tipo pulimiento de agregados de severidad media.....	109
Figura 70. Falla de tipo parcheo de severidad baja.....	109
Figura 71. Falla de tipo hundimiento de severidad baja.....	111
Figura 72. Falla de tipo pulimento de agregados de severidad baja.....	111
Figuro 73. Falla de tipo aguellamiento de severidad alta.....	111
Figura 74. Falla de tipo grieta de borde de severidad media.....	113
Figura 75. Falla de tipo huecos de severidad baja.....	113

Figura 76. Falla de tipo huecos de severidad baja.....	113
Figura 77. Falla de tipo hundimeinto de severidad baja.....	113
Figura 78. Falla de tipo hueco de severidad alta.....	115
Figura 79. Falla de tipo pulimiento de agregados de severidad alta.....	116
Figura 80. Falla de tipo grieta de borde de severidad media.....	116
Figura 81. Falla de tipo huecos de severidad baja.....	116
Figura 82. Falla de tipo pulimiento de agregados de severidad media.....	118
Figura 83. Falla de tipo pulimiento de agregados de severidad media.....	119
Figura 84. Falla de tipo parcheo de severidad alta.....	119
Figura 85. Falla de tipo pulimiento de agregados de severidad media y falla de tipo parcheo de severidad alta.....	119
Figura 86. Falla de tipo huecos de severidad media y falla de tipo pulimiento de agregados de severidad alta.....	121
Figura 87. Falla de tipo piel de cocodrilo de severidad media.....	121
Figura 88. Falla de tipo grieta de borde de severidad media.....	122
Figura 89. Falla de tipo hueco de severidad media.....	122
Figura 90. Falla de tipo hueco de severidad media.....	122
Figura 91. Falla de tipo grieta de borde de severidad media.....	122
Figura 92. Falla de tipo grieta de borde de severidad media.....	112
Figura 93. Falla de tipo hueco de severidad media.....	124
Figura 94. Falla de tipo pulimiento de agregados de severidad alta y falla de tipo hueco de severidad alta.....	125
Figura 95. Falla de tipo grieta de borde de severidad media.....	125
Figura 96. Falla de tipo hueco de severidad alta.....	127
Figura 97. Falla de tipo parcheo de severidad baja.....	128
Figura 98. Falla de tipo huecos de severidad media y falla de tipo pulimento de agregados de severidad media.....	128

Figura 99. Falla de tipo hueco de severidad alta.....	130
Figura 100. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad media.....	130
Figura 101. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad media.....	132
Figura 102. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad media.....	133
Figura 103. Falla de tipo exudación de severidad media.....	133
Gráfico 1. Gráfico de porcentaje de densidad de fallas.....	66

# 1 CAPITULO I: INTRODUCCION

## 1.1 Descripción de la problemática:

Las redes viales también llamadas carreteras es uno de los medios de desarrollo y crecimiento económico más importante del país; gracias a ellas es posible extender relaciones comerciales pues transportan mercadería, pertenencias, entre otras; asimismo permite el traslado de personas de un lugar a otro. Por lo tanto, es más que importante el mantenimiento y estado óptimo (Guzmán, 2015).

En la actualidad la ciudad de Trujillo, presenta numerosas vías en mal estado, muchas de ellas son debido a que soportaron el paso los huaicos a causa del fenómeno del niño costero ocurrido en el año 2017 y la falta de atención por parte de las autoridades en cuanto a su mantenimiento y mejoramiento. A pesar de ser una avenida relativamente mejorada la Avenida Antenor Orrego, tramo entre Avenida Jesús de Nazareth y Avenida América Oeste, presentan diferentes daños en el pavimento provocando un mala servicialidad y el malestar de los usuarios (Fernández, 2019).

Para resolver esta problemática, las autoridades municipales de Trujillo deben presentar un sistema de estudio de pavimento adecuado, para verificar si es necesario un mantenimiento preventivo, evitando nuevas reparaciones y gastos no requeridos.

En este proyecto se hace uso del PCI, puesto que es una de los mejores estudios aplicables al no necesitar de herramientas complejas ni materiales especializados. Según el ingeniero Vázquez (2002), el PCI “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 en la actualidad” (p, 2). El método se desarrolla a partir de la observación de la zona vial, con la finalidad de recolectar información necesaria según el manual estipulado, asimismo precisa la cantidad de daños encontrados a través de niveles de puntuación dándonos un índice más exacto.

Para esta tesis se aplicará el Índice de Condición del Pavimento (PCI) en la Av. Antenor Orrego, tramo entre av. Jesús de Nazaret y av. América Oeste en la ciudad de Trujillo, para detectar el estado actual de la vía, esto servirá como referencia de ayuda para las entidades encargadas de realizar el

mantenimiento o reparación, logrando de esta manera un programa de intervención oportuna a los pavimentos que necesiten de un tratamiento o mantenimiento evitando gastos innecesarios.

A nivel nacional, el sistema de pavimentos con mayor uso es el flexible, que durante estos años han sufrido diferentes daños, en su mayoría son producto del fenómeno del niño ocurrido en el año 2017, este azotó fuertemente al norte del Perú. A esto se le añade el inadecuado mantenimiento o reparación realizado por las autoridades.

Otro problema es el crecimiento del parque automotor, generando un alto tránsito vehicular produciendo mayor desgaste de pavimentos afectando de esta manera la vida útil planteada.

En conclusión, es más que necesario proponer una correcta evaluación de pavimentos flexibles mediante la metodología del PCI, puesto que de esta manera podemos localizar las fallas actuales en las principales vías, para posteriormente brindar un mantenimiento preventivo.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cuál será el estado actual en que se encuentra el pavimento flexible de la Av. Antenor Orrego, tramo entre Av. Jesús de Nazareth y Av. América Oeste de la ciudad de Trujillo aplicando la metodología del PCI?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **Objetivo general.**

Determinar cuál es el estado de conservación en que se encuentra el pavimento flexible de la de la Av. Antenor Orrego, tramo entre Av. Jesús de Nazareth y Av. América Oeste de la ciudad de Trujillo aplicando la metodología del PCI.

### **Objetivos específicos**

- Realizar una inspección visual, encontrar y clasificar las fallas en el tramo de pavimento asfáltico en estudio.
- Determinar la cantidad de muestras adecuada para la aplicación de la metodología PCI.

- Determinar el nivel de gravedad o severidad de las fallas localizadas en el pavimento, siendo tales como baja, media y alta.
- Estimar el índice de condición del pavimento flexible en cada una de las muestras determinadas con anterioridad.
- Proponer una idea en función a las fallas encontradas sobre la intervención que requerirá el pavimento para su recuperación.

#### **1.4 Justificación de la investigación**

Con el paso del tiempo, las superficies en gran parte experimentan diferentes desgastes; siendo el pavimento flexible el más afectado debido a muchos motivos ajenos al diseño, como la carga excesiva en la superficie, la falta de sistemas de drenaje de lluvias, el incorrecto mantenimiento provoca que la vida útil de la superficie se reduzca.

Por tanto, existe una gran necesidad de aplicar un método para predeterminar los pavimentos que necesitan ser reparados o reemplazados aquellos que carecen de las condiciones adecuadas para su correcto uso.

El PCI es uno de los métodos más eficaces. Se trata de un estudio del estado de la superficie a partir de la examinación visual con la finalidad de detectar anomalías y dar valores numéricos en función dicho estado.

Este trabajo de investigación tiene como objetivo determinar el estado actual de los “Pavimentos Flexibles” a través del método PCI, logrando esta manera una posible base de datos para las municipalidades y gobiernos regionales, cuando se requiera dar mantenimiento correspondiente a las vías afectadas por el uso.



## **2 CAPITULO II: MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1 Antecedentes de la investigación**

#### **2.1.1 Antecedentes Internacionales**

- Alvarado, J. y Freile, F. (2015). En la Tesis: Propuesta de un programa de mantenimientos de la vía Izamba – pillarlo, distrito de Tungurahua, indican que el objetivo prioritario del estudio es elaborar un programa de mantenimiento con el fin valorar el estado del pavimento logrando de esta manera prolongar su tiempo de vida estimada.

En su trabajo de investigación de Leguía Loarte & Pacheco Risco (2016). Se introduce al estudio del método VIZIR, mediante la realización de un estudio de pavimento aplicando dos métodos, los cuales fueron comparados posteriormente. En el tramo 1 un promedio PCI de 53.55, regular y un promedio VIZIR de 3, ambas calificaciones coincidieron en el tramo 2 de pavimento rígido mediante PCI se obtuvo 86.9, excelente, sin embargo, por VIZIR no pudo establecer ninguna evaluación, porque este método no se aplica a pavimentos rígidos, dejándolo como inconveniente dentro de su aplicación como metodología de evaluación. Concluyendo que el PCI resulta ser un método más específico para evaluar todo tipo de superficie de pavimento o rodadura.

EL artículo publicado por Pradipkumar Dineshbhai (2017). “Evaluación del Pavimento flexible”. SAR. (pg., 25-28), indica que el deterioro se da por los cambios en la superficie del pavimento debido al estilo de uso, su estado actual se puede medir por diferentes métodos; además es posible restablecer la condición original, mediante un perfil de corrección y una capa de repavimentación.

#### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

- CUBA (2017) presentó una tesis denominada “Evaluación Superficial del Pavimento Flexible Aplicando el Método del PCI en un tramo de la AV. Republica de Polonia – Distrito de San Juan de Lurigancho” en la que propuso la evaluación superficial del pavimento flexible en un tramo de la Av. República de Polonia aplicando el método (PCI), con la finalidad de evaluar la condición del pavimento flexible existente, determinado de la

avenida. El área de estudio no tiene ningún antecedente de evaluación; por lo tanto, la realización de la metodología PCI determinara el índice de la condición actual del pavimento con la finalidad de proponer una restauración prologando la vida de uso.

- Cantuarias y Watanabe (2017) en su tesis denominada “Aplicación del método PCI para la evaluación superficial del pavimento flexible de la avenida Camino Real de la Urbanización La Rinconada del distrito de Trujillo”, menciona que el objetivo es determinar la situación actual del pavimento flexible en la Avenida Camino Real mediante el uso de la metodología PCI, los resultados de estudio fueron los siguientes: El estado de conservación de la vía es EXCELENTE, obteniendo un valor de PCI = 87.52, lo que indica que los daños son mínimos de nivel bajo .
- Guevara, Urcia (2019) en su tesis denominada “Análisis del Estado de Conservación del Pavimento Flexible de la Av. Cesar Vallejo - Trujillo, entre las cuadras 04 al 15, mediante el método del índice de condición del pavimento”, indican que la Av. César Vallejo entre las cuadras del 04 al 15, tiene un índice “REGULAR” con un PCI de 50.56, presentados daños menores.

## **2.2 Marco Teórico**

### **2.2.1 Pavimento**

El Pavimento, es una estructura compuesta de materiales seleccionados y superpuestos agrupados en capas con la finalidad de recibir cargas del tránsito para transmitir las al suelo en forma uniforme y disipada. Dichas capas son compactadas en diferentes niveles hasta alcanzar la resistencia necesaria (Carrillo, 2017). Un pavimento con una adecuada superficie de rodamiento es capaz de proporcionar una resistencia a las cargas durante la vida útil. Debido a los esfuerzos y efectos naturales, el elemento debe contar con aditivos y agregados capaces de brindar mayor resistencia tanto en las capas superiores como inferiores (VISE, 2016). El pavimento está dividido en capas para economizar costos, ya que, en el diseño de espesores de cada capa, se busca el mínimo posible capaz de reducir los esfuerzos efectuados sobre la capa inferior inmediata.

La resistencia, depende directamente de los materiales aplicados, compactación y humedad, puesto que mucho de los problemas se producen a consecuencia de una inadecuada técnica de compactación y falta de control de la humedad.

“Existen pavimentos rígidos y pavimentos flexibles. “Estos son diferenciados por sus componentes y comportamientos. “Los pavimentos rígidos están compuestos por losas de concreto hidráulico y el pavimento flexible tiene por superficie de rodadura una mezcla bituminosa o concreto asfáltico”. (Gamboa, 2009).

### **2.2.2 Clasificación de Pavimentos**

Los tipos de pavimentos son elaborados en acorde a la subrasante la carga recibida estos son: Pavimentos Flexibles, Rígidos, Semirrígidos.

- Pavimentos flexibles:

“Según el manual de Carreteras DG (2018), esta clase de pavimentos se compone por una carpeta bituminosa apoyada principalmente en 2 capas no rígidas, la subbase y la base. Sin embargo, puede prescindirse de cualquier de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.”

- Pavimentos semirrígidos:

“Según el ministerio de economía y finanzas (2016), Este tipo de pavimento está conformado por capas asfálticas; también se considera como pavimento semirrígido, la estructura compuesta por carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con cemento o base tratada con cal. Dentro del tipo de pavimento semirrígido se ha incluido, también, los pavimentos adoquinados.”

- Pavimento Rígido:

El ministerio de economía y finanzas (2016), menciona que este tipo de pavimentos esta conformados por losa de concreto de

cemento hidráulico y una subbase granular para uniformizar las características de cimentación de la losa.

- Pavimentos articulados:

Según Carrillo (2017) este es un tipo de pavimento formado por elementos prefabricados de pequeñas dimensiones individualmente muy rígidos asentados sobre una capa de arena con revestido por adoquines de hormigón, concreto, ladrillo, etc.

### **2.2.3 Estructura del pavimento**

- Carpeta:

“Es el elemento, que de manera directa aguanta la tensión del tránsito, proporciona características funcionales y estructurales, absorbiendo los esfuerzos horizontales y parte de los verticales. Se encuentra compuesta de concreto hidráulico o mezclas asfálticas calientes o frío, los cuales puedes contener aditivos de mejora, en el caso de un pavimento rígido, el espesor de la losa puede alcanzar unos (40 cm), especialmente en aeropistas” (Tapia, 2010, Pág. 11).

- Base:

Los materiales de construcción deben ser de mejor calidad que los de la subbase y su función es la de tener la resistencia estructural para soportar las presiones transmitidas por los vehículos. Además de tener el espesor suficiente para que pueda resistir las presiones transmitidas a la sub base. VISE (2016).

- Sub-Base:

La función es proteger a la base aislándola de la terracería, ya que, si este se introduce en la base, puede sufrir cambios volumétricos generados al cambiar las condiciones de humedad dando como resultado una disminución en la resistencia de la base. VISE (2016).

- Subrasante:

Su finalidad es resistir las cargas que el tránsito transmite al pavimento, transmitir y distribuir las cargas al cuerpo del terraplén, evitar que sus materiales finos plásticos del cuerpo contaminen el pavimento y economizar los espesores de pavimento. VISE (2016).

#### **2.2.4 Fallas en los pavimentos:**

La estructura durante su vida útil de la estructura del pavimento ocurre dos tipos de daños los cuales son, daño funcional y daño estructural.

- Fallas por fatiga:

Este es un tipo de pavimento que originalmente estuvo en buenas condiciones, pero debido a las cargas de tránsito sufrió alteraciones, estos pueden ser fallas en la estructura y/o superficie (Vergara, 1997).

- Fallas superficiales:

"Son fallas ubicadas en la superficie de rodamiento provocado por los deterioros en la capa de rodadura. Para corregir estas deficiencias, la superficie debe ser tratada regularmente y dotada de la impermeabilidad y rugosidad necesarias". (Gutiérrez, 1994).

- Fallas estructurales:

Estos son dados por los defectos estructurales en la superficie de rodamiento, el cual tiene origen en cualquiera de las capas compositivas, para corregir este tipo de problemas se recurre a una capa de refuerzo sobre el pavimento dañado (Gutiérrez, 1994).

#### **2.2.5 Tipos de evaluación de pavimentos:**

- Método PCI: índice de condición del pavimento

Vásquez (2002), expresa que, "el Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) es una metodología de fácil implementación para

evaluación y calificación de pavimentos rígidos y flexibles, puesto que no requiere de herramientas especializadas”.

La metodología PCI fue desarrollada por primera vez en EE.UU en el Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea a cargo de M.Y. Shahin y S.D. Khon. Su objetivo es estudiar el estado de los pavimentos rígidos como flexibles y de esta manera brindar un mantenimiento adecuado si lo fuese necesario.

El método PCI es ampliamente aceptado y es considerado como el método más eficaz para la evaluación de pavimentos rígidos y flexibles, por lo que ha sido estandarizado por la American Society of Testing Materials (ASTM) y aceptado como método para analizar a condición en la que se encuentra el pavimento. (ASTM D6433-03).

Dado que no se requieren herramientas complejas, él método resulta fácil de aplicar y solo necesita del personal profesional calificado para que pueda identificar con exactitud el daño existente para un tratamiento preventivo o mantenimiento.

Según el Método del PCI, cuenta con una “calificación del estado de los pavimentos en rangos numéricos que varían desde “0” para pavimentos en estado fallado que representa el ultimo nivel y “100” para pavimentos en estado excelente que representa el primer nivel. A continuación, se presenta un cuadro con los rangos propuestos por PCI y sus respectivas especificaciones”.

Tabla 1. Rango de calificaciones del PCI

<b>RANGO</b>	<b>CALIFICACION</b>
100-85	EXCELENTE
85-70	MUY BUENO
70-55	BUENO
55-40	REGULAR
40-25	MALO
25-10	MUY MALO
10-0	FALLADO

Fuente: (Varela L.R, 2006)

Teniendo en cuenta el tipo, gravedad y cantidad de cada tipo de daño, el cálculo se realiza durante la observación y reconocimiento visual de la superficie por lo que se requiere un equipo de trabajo especializado para realizar una excelente valoración.

- Muestreo y unidad de muestra:

Primero, se determine la vía o segmento de camino a analizar. Luego, la vía de investigación se fracciona en segmentos de acuerdo con el manual de PCI, donde se menciona que la longitud de estas secciones se encuentra en función al ancho de la calzada.

Idealmente, cada unidad de muestra se verifica para tener un valor de (PCI) promedio más preciso, pero a veces, debido a la demanda de recursos que esto significa, no todas las unidades son inspeccionadas, por lo que esto significa que se pueden analizar cierto número de muestras representativas. Teniendo en cuenta que el número mínimo de muestras puede garantizar que nuestro nivel de confiabilidad no sea inferior al 95%, el número de unidades de muestra a evaluar puede ser diferente.

Procedimiento de la evaluación:

Son dos los periodos para la evaluación de los pavimentos. El primero nombrado como el trabajo en campo, mientras que la segunda es el trabajo de gabinete, es ahí donde se realizaran las operaciones y cálculos necesarios.

En la primera fase se realizará un reconocimiento visual de toda la vía a estudiar identificando y registrando los datos de acuerdo a cada número y tipo de muestra que corresponda. Luego se debe considerar de acuerdo a cada muestra: las clases, dimensiones y el valor de severidad de cada una de estas fallas encontradas, haciendo uso de los instrumentos como cinta métrica u odómetro.

“Existen numerosas clases de tipos de daño en superficies, entre ellas se considera las siguientes: piel de cocodrilo, exudación, corrugación,

depresión, parcheo, pulimiento de agregados, huecos, desplazamiento, desprendimiento de agregados, entre otros". (Vásquez, 2012).

Determinada la clase o el tipo de falla en cada muestra del pavimento se obtendrán la severidad.

El indicador de severidad es el nivel de deterioro o desgaste en el pavimento, la cual es valorada de acuerdo a la calidad de viaje que percibe el conductor dichas fallas del pavimento mientras realiza un recorrido en condiciones normales.

El "Manual PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI)", es un documento que nos explica la forma de evaluación que depende de la calidad de tránsito del usuario, con la finalidad de obtener el "Grado de Severidad" o daños que presenta una vía.

La calidad de la vía, se obtiene recorriendo un vehículo estándar en parámetros normales, lo que significa, respetar los rangos de velocidades legales.

El "Grado de Severidad" se determina según los siguientes niveles:

L: (Low: Bajo). "En este nivel se logra percibir vibraciones en el vehículo que pueden ser causadas por fallas como, por ejemplo: hundimientos, corrugaciones, etc. Sin embargo, no es necesario disminuir la velocidad del vehículo para percibir el efecto puesto que las estas son mínimas". (Manual PCI, 2002)

M: (Medium: Medio): "Las vibraciones percibidas en el vehículo al transcurrir por la vía son de regular intensidad, por ello, se requiere una moderada reducción de la velocidad para mantener la comodidad y seguridad". (Manual PCI, 2002)

H: (High: Alto): "La percepción de las vibraciones en el vehículo son excesivas y debe reducirse la velocidad de forma considerable para mantener la comodidad y la seguridad". (Manual PCI, 2002)



## 2.2.6 Fallas en los pavimentos flexibles

### - PIEL DE COCODRILO:

Descripción:

La superficie del pavimento asfáltico sometida a periodo repetitivos de acción a la fatiga provoca una serie interconectada de fisuras. Este origen parte desde la base de la superficie de concreto asfáltico, o base estabilizada, donde los valores de esfuerzos de tensión y las deformaciones unitarias son más altos, bajo la carga banda de rodadura. Dichas fisuras se propagan hacia la superficie de manera longitudinal y en paralelo. Luego de recibir cargas correspondientes, las fisuras se conectan formando ángulos internos agudos, desarrollando así un patrón similar la piel de un cocodrilo.

Niveles de severidad:

L (Low: Bajo): Se presenta finas fisuras longitudinales del espesor de un alfiler, de recorrido paralelo entre ellas y con algunas o ninguna fisura de interconexión. Las fisuras no están descascaradas.

M (Medium: Medio): La continuidad de las fisuras de piel de cocodrilo, finas, con un ancho entre 10 a 25mm, en un jefe o red de fisuras que podrían estar levemente descascaradas.

H (High: Alto): Red o eje de grietas que han desarrollado al punto que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados en los bordes. Ciertos pedazos pueden moverse bajo el tránsito.

Medida:

La medición está dada en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. La más grande complejidad son las dimensiones del daño, expresado en 2 o 3 niveles de severidad coexisten en un área deteriorada. De ser así, toda la zona tendrá que ser calificada en el más grande grado de severidad presente.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada, sello superficial. Sobre carpeta.

M: Parcheo parcial o en toda la profundidad. Sobre carpeta. Reconstrucción.

H: Parcheo parcial. Sobre carpeta. Reconstrucción. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013, p. 1)



Figura 1. Piel de cocodrilo en pavimentos flexibles

Fuente: <http://fallasenpavimentoflexible.blogspot.com>

#### **- EXUDACIÓN:**

Descripción:

Se presenta una capa de material pegajoso que hace brillar a la superficie de pavimento. Esto es causado por cantidades desmedido cemento asfáltico o alquitranes en la mezcla, la aplicación desmesurada de un sello bituminoso, bajo contenido de vacíos, o una combinación de todas ellas.

Niveles de severidad:

L: La exudación sólo se encuentra en un nivel muy leve y es percibida sólo durante algunos días al año. El asfalto no se adhiere a los zapatos o banda de rodadura de los vehículos.

M: La exudación ha ocurrido llegando al punto en que asfalto se adhiere a los zapatos o banda de rodadura de los vehículos sólo durante algunas semanas en el año.

H: La exudación ha ocurrido en forma extensiva y una porción destacable de asfalto, se adhiere a los zapatos y a la banda de rodadura de los vehículos repetidas veces durante las semanas al año.

Medida:

Se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza la exudación no deberá contabilizarse el pulimento de agregados.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Se aplica arena / agregados y cilindrado.

H: Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentando si fuera necesario). (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013, p. 6)



Figura 2. Exudación en pavimentos

Fuente: <http://fallasenpavimentoflexible.blogspot.com>

### - AGRIETAMIENTO EN BLOQUE:

Descripción:

Aproximadamente las dimensiones de las fisuras interconectadas son de 0.30 x 0.30 m las que dividen el pavimento en piezas rectangulares. Estas son causadas principalmente por la variación diaria de temperatura y por la contracción del concreto asfáltico. Casi siempre este tipo de daño es porque el asfalto tiende a endurecido significativamente.

Las fisuras pueden ocurrir normalmente sobre una porción larga del área del pavimento y en algunos casos sólo en áreas donde no hay tráfico. A diferencia de la falla tipo piel de cocodrilo esta es encontrada sólo en áreas

de tráfico como lo son las huellas de las ruedas, además de representar una mayor cantidad de fragmentos pequeños con ángulos interiores agudos.

Niveles de severidad:

L: Los bloques están definidos por grietas de baja severidad.

M: Los bloques están definidos por grietas de mediana severidad

H: Los bloques están definidos por grietas de alta severidad.

Medida:

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Generalmente, se presenta un solo nivel de severidad en una sección de pavimento; sin embargo, cualquier área de la sección de pavimento que tenga diferente nivel de severidad deberá medirse y anotarse separadamente.

Opciones de reparación

L: Sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 mm. Riego de sello.

M: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobre carpeta.

H: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y Sobre carpeta. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013, p. 11)

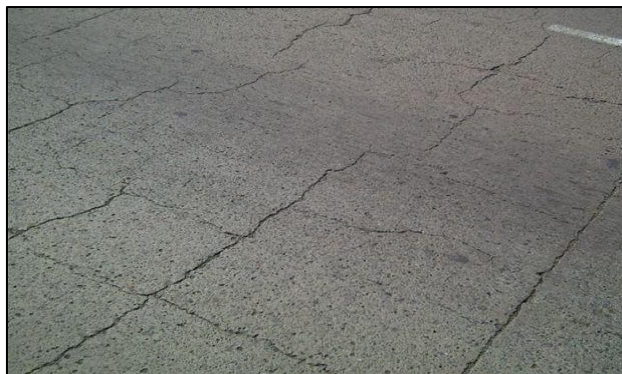


Figura 3. Agrietamiento en bloque

Fuente: <https://enriquealario.com>

## **- ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS**

### Descripción

Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. A diferencia de los desplazamientos estos son causados por pavimentos inestables, así como también: levantamiento o combadura de losas de concreto, expansión por congelación, infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito

Por otro lado, los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos en el pavimento. Cuando este daño suele ocupar un área toma el nombre de ondulaciones.

### Niveles de severidad:

L: "Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de baja severidad".

M: "Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de mediana severidad".

H: "Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de alta severidad"

### Medida:

Según el (Manual PCI), "se miden en pies lineales (ó metros lineales). Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0 m, el daño se llama corrugación. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra".

### Opciones de reparación:

L: "No se hace nada".

M: "Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial".

H: "Reciclado (fresado) en frío. Parcheo profundo o parcial. Sobre carpeta".  
(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013, p. 16)

Figura 4. Hundimientos y abultamientos en pavimentos flexibles



Figura 5. Hundimientos y abultamientos en pavimentos flexibles

Fuente: <https://www.emaze.com>

### - CORRUGACIÓN:

#### Descripción

La corrugación, por lo general son menores a 3m a lo largo en serie de cimas y depresiones bastantes regulares, es provocada por la acción del tráfico y la inestabilidad de la superficie o base del pavimento.

#### Niveles de severidad

L: Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad.

M: Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad.

H: Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad.

#### Medida:

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

#### Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Reconstrucción.

H: Reconstrucción. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013, p. 25)



Figura 6. Corrugaciones en pavimentos flexibles

Fuente. <http://fallasenpavimentoflexible.blogspot.com>

#### **- DEPRESIÓN:**

Las depresiones leves localizadas alrededor de la superficie del pavimento, pueden ser identificadas ubicando las manchas causadas por el agua de lluvia empozada. Estas pueden presentar alguna rugosidad, y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua, causan hidropelano.

Niveles de severidad:

Máxima profundidad de la depresión:

L: 13 a 25 mm (1/2" a 1 pulgada)

M: 25 a 50 mm (1" a 2" pulgadas)

H: Más de 50 mm (2" pulgadas)

Medida:

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) del área afectada.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: Parcheo superficial, parcial o profundo.

H: Parcheo superficial, parcial o profundo. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013, p. 30)

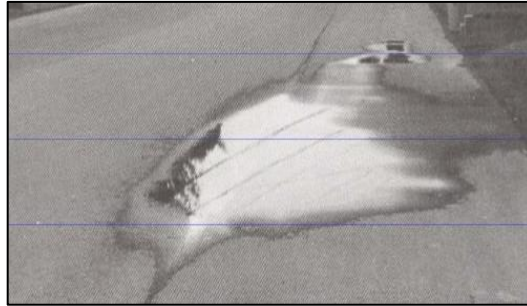


Figura 7. Depresión en pavimentos

Fuente. <https://es.slideshare.net>

#### **- GRIETA DE BORDE:**

Descripción: Estas fisuras tienen paralelas y se encuentran a una distancia de 0.3 a 0.5m del borde externo del pavimento. Dicha falla aumenta debido a excesivas cargas de tráfico. El área de desprendimiento se encuentra agrietada entre la fisura y el borde del pavimento

Niveles de severidad:

L: Bajo o mediano fisuramiento sin fragmentación o desprendimiento.

M: Mediano fisuramiento con alguna fragmentación o desprendimiento.

H: Fragmentación o desprendimiento considerable a lo largo del borde.

Medida:

La grieta de borde se mide en pies lineales (ó metros lineales).

Opciones de reparación:

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



M: Sellado de grietas. Parcheo parcial - profundo.

H: Parcheo parcial – profundo. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013, p. 35)



Figura 8. Grieta de borde

Fuente: <https://geotexan.com>

#### **- GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA:**

Descripción:

Esta falla ocurre únicamente en losas de concreto con superficie asfáltica principalmente provocadas por el movimiento inducido por humedad o temperatura en la parte baja de la capa. Debido a el daño el pavimento puede deteriorarse si se le aplica alguna carga vehicular.

Niveles de Severidad:

L: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm.
2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno con ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.

2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.

3. Grieta rellena de cualquier ancho rodeado de un ligero agrietamiento aleatorio.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad.

2. Grietas sin relleno de más de 76.0 mm.

3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas (la grieta está severamente fracturada).

Medida:

La grieta de reflexión de junta se mide en metros lineales, la longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado.

Opciones de Reparación:

L: Sellado para anchos superiores a 3.00 mm.

M: Sellado de grietas o Parcheo.

H: Parcheo reconstrucción de la junta. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013, p. 40)



Figura 9. Grieta de reflexión

Fuente: <https://www.u-cursos.cl/ingenieria/>

## - DESNIVEL CARRIL / BERMA:

Descripción: Este problema se presenta debido a la erosión de la berma, el asentamiento, o por la colocación de nuevas capas sin el debido ajuste del nivel de la berma provocando diferencia de alturas.

Niveles de severidad:

L: La diferencia de niveles entre el pavimento y la berma es mayor a 25mm (1 pulgada) y menor a 50mm (2 pulgadas).

M: La diferencia de niveles entre el pavimento y la berma es mayor a 50mm (2 pulgadas) y menor a 100mm (4 pulgadas).

H: La diferencia de niveles entre el pavimento y la berma es mayor a 100mm (4 pulgadas).

Medida:

El desnivel carril / berma se miden en pies lineales (ó metros lineales).

Opciones de reparación:

L, M, H: Re-nivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.  
(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013, p. 40)

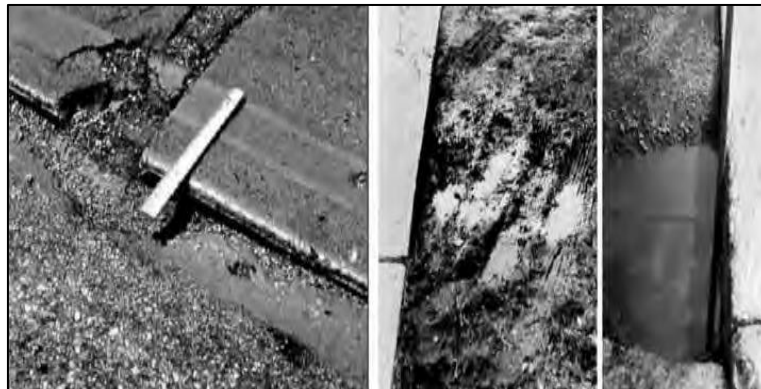


Figura 10. Desnivel Carril/ Berma

<https://www.researchgate.net/>

## **- GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES**

### Descripción:

Las fisuras en sentido longitudinal, son paralelas al eje central del pavimento o a la línea direccional en que fue construido. Estas fisuras son provocadas por:

- Pésima construcción de junta
- Contracción de la superficie debido a bajas temperaturas o endurecimiento del asfalto.
- Una fisura de reflexión causada por un agrietamiento bajo la capa superficial

### Niveles de Severidad:

L: "Existe una de las siguientes condiciones":

- 1." Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm."
2. "Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante)".

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. "Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm."
2. "Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas."
3. "Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas."

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. "Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta."
2. "Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho."

3. “Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.”

Medida:

Las grietas longitudinales y transversales se miden en pies lineales o en metros. Las grietas se deben registrar para cada nivel de severidad por separado, si se encuentran abultamientos o hundimientos en la grieta también deben registrarse.

Opciones de reparación:

L: “No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm.”

M: “Sellado de grietas.”

H: “Sellado de grietas. Parcheo parcial. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013, p. 45)”

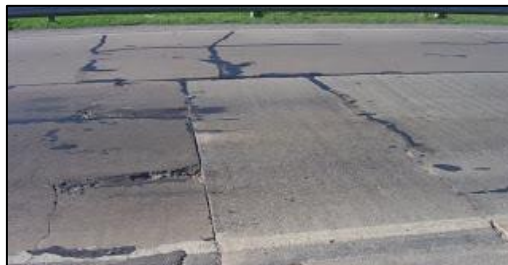


Figura 11. Grietas longitudinales y transversales

Fuente: <http://hipogeo.blogspot.com/>

#### **- PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PÚBLICOS:**

Descripción:

Consiste en la colocación de un parche en el área del pavimento, el área parchada no se comporta tan bien como lo hace una sección original de pavimento.

Niveles de Severidad:

L: ““El parche está en buena condición y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor”.”

M: ““El parche está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media”.”

H: ““El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución”.”

Medida:

Según el Manual PCI, “Los parches son medidos en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Sin embargo, si un solo parche presenta áreas de diferente y de severidad diferentes, estas deben medirse y registrarse de forma separada”.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Sustitución del parche.

H: Sustitución del parche. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013, p. 50)



Figura 12. Parcheo en pavimentos

Fuente: <http://es.nextews.com/>

## - PULIMENTO DE AGREGADOS:

Descripción:

Este daño es consecuencia de la repetición de cargas de tránsito generando que la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente, puesto que la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo.”

Niveles de severidad.

No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.

Medida:

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza exudación, no se tendrá en cuenta el pulimento de agregados.

Opciones de reparación:

L, M, H: No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobre carpeta. Fresado y sobre carpeta. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013, p. 59)



Figura 13. Pulimento de agregados

Fuente: <https://docplayer.es>

## - HUECOS:

### Descripción:

Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. Su crecimiento de se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo y son producidos cuando la banda de rodaje arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento.

### Niveles de severidad:

Los huecos de diámetro menor que 762 mm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con el Cuadro 13.1” (Manual PCI, 2002)

Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en pies cuadrados (o metros cuadrados) y dividirla entre 5 pies<sup>2</sup> (0.47 m<sup>2</sup>) para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta. (Manual PCI, 2002)

Tabla 2. Niveles de severidad para huecos

Profundidad máxima del hueco.	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
> 25.4 a 50. 8 mm	L	M	H
> 50.8 mm	M	M	H

Fuente: Manual PCI

### Medida:

Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.”



Opciones de reparación:

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

M: Parcheo parcial o profundo.

H: Parcheo profundo. (Vásquez, 2002, p. 33)



Figura 14. Huecos

Fuente: <https://www.elimpulso.com/>

#### **- AHUELLAMIENTO:**

Descripción:

Un ahuellamiento es una depresión superficial provocada por el desplazamiento de las ruedas de los autos, los ahuellamientos son visibles solamente después de una lluvia, cuando las huellas están llenas de agua.”

Niveles de severidad:

Profundidad media del ahuellamiento:

L: 6.0 a 13.0 mm.

M: >13.0 mm a 25.0 mm.

H: > 25.0 mm.

Medida:

El ahuellamiento se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada y su severidad está definida por la profundidad media de la huella. La profundidad media del ahuellamiento se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad, y usando las medidas tomadas a lo largo de aquel para calcular su profundidad media.”

Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta.

M: Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.

H: Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.  
(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013, p. 66)

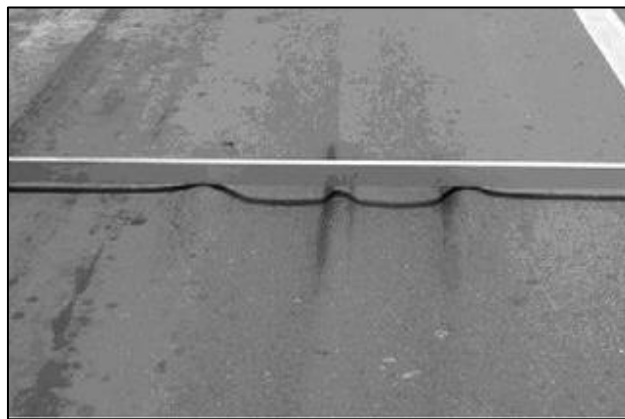


Figura 15. Ahuellamiento

Fuente: <https://www.researchgate.net>

## - DESPLAZAMIENTO:

Descripción:

El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento causado por acción de la carga de tráfico. Cuando las cargas vehiculares impactan contra el pavimento,

produce una onda corta y brusca, gentamente suele ocurrir más seguido en asfalto líquido inestables.” (Manual PCI, 2002)

#### Niveles de severidad

L: “El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.”

M: “El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media.”

H: “El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.”

#### Medida

Los desplazamientos se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Los desplazamientos que ocurren en parches se consideran para el inventario de daños como parches, no como un daño separado.”

#### Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Fresado.”

M: “Fresado. Parcheo parcial o profundo.”

H: “Fresado. Parcheo parcial o profundo.” (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013, p. 71)



Figura 16. Desplazamiento

Fuente: <https://sjnavarro.files.wordpress.com>

## **- GRIETAS PARABÓLICAS:**

Descripción:

Las grietas parabólicas forman media luna, generalmente se presentan en forma transversal a la dirección del tránsito. Son producidas por la acción del frenado o cambio de dirección, ocasionando deformaciones.

Nivel de severidad:

L: "Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm."

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. "Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm."
2. "El área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados."

H: Existe una de las siguientes condiciones:

Ancho promedio de la grieta mayor que 38.0 mm.

El área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.

Medida:

El área asociada con una grieta parabólica se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) y se califica según el nivel de severidad más alto presente en la misma."

Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Parcheo parcial.

M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013, p. 77)



Figura 17. Grietas parabólicas

Fuente: <https://www.google.com/>

#### **- HINCHAMIENTO:**

Descripción:

Esta falla se caracteriza por un pandeo de onda larga hacia arriba de la superficie del pavimento con una longitud mayor que 3.0 m. Generalmente este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos.

Nivel de severidad:

L: “El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad. El hinchamiento de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.”

M: “El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.”

H: “El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.”

Medida:

El hinchamiento se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reconstrucción.

H: Reconstrucción. (Vásquez, 2002, p. 43)



Figura 18. Hinchamiento

Fuente: <https://docplayer.es>

#### **- METEORIZACIÓN / DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS:**

Descripción:

El desprendimiento es debido al desgaste en la superficie del pavimento debido a la pérdida de las cualidades de los agregados provocando un endurecimiento considerable que puede ser dado también por una mezcla de pobre calidad.

Niveles de severidad:

L: ““Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.”” (Manual PCI, 2002)

M: ““Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda”. (Manual PCI, 2002)

H: “Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran huecos. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.” (Manual PCI, 2002)

Medida:

La meteorización y el desprendimiento se miden en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.”

Opciones de reparación:

L: “No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.”

M: “Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.”

H: “Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción.”

Para los niveles M y H, si el daño es localizado, por ejemplo, por derramamiento de aceite, se hace parcheo parcial. (Vásquez, 2002, p. 44)”



Figura 19. Meteorización y desprendimiento de agregados

Fuente: <https://ria.utn.edu.ar/>

## **2.3 Marco conceptual**

### **Pavimento:**

Un pavimento está compuesto una estructura de capas superpuestas compactadas, relativamente horizontales. Esta estructura esta apoya sobre la sub rasante de la vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración, esta debe ser resistente a las cargas consideradas al momento de la realización del diseño (Montejo, 2002, Pág. 1)

### **PCI:**

Vásquez (2002) indica que el PCI es una metodología de evaluación a través de un indicador numérico que clasifica a la superficie y condición del pavimento para proporcionar la condición actual pavimento y sus tipos de daños.

### **Mantenimiento de carreteras:**

Vásquez (2002) menciona que estas son las actividades rutinarias y periódicas ejecutadas en las vías don la finalidad de brindar mejores condiciones de uso en el transporte.

### **Conservación vial:**

Castillo (2015) expresa que, “la Conservación Vial se define como el conjunto de actividades, que se realizan de manera preventiva para evitar el deterioro de los componentes de una vía, a través de la rehabilitación y el mantenimiento para la comodidad, seguridad del usuario.”

### **Pavimento Flexible:**

Ministerio de transporte y comunicaciones (2013) define al pavimento flexible como “estructura compuesta por capas granular subbase y base, además de una capa de rodadura llamada carpeta elaborada con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y aditivos.”



### **Evaluación de los Pavimentos:**

Rodríguez y Rebaza (2019) afirman que, “son las actividades que identifican y califican los deterioros que pueden presentar una vía o un tramo mediante una metodología o técnicas estandarizadas con el fin de solucionar fallas detectadas”.

### **Rehabilitación de carreteras:**

Rodríguez y Rebaza (2019) mencionan que, “Es el proceso para reponer las características técnicas iniciales de construcción de una carretera.”

### **Restauración de Pavimentos:**

Rodríguez y Rebaza (2019). “Son aquellas obras o actividades orientadas a la reparación, restauración y rehabilitación, para mejorar la calidad útil del pavimento, brindando comodidad y seguridad de circulación al usuario.”

### **Mejoramiento de carreteras:**

Rodríguez y Rebaza (2019) expresan que “consiste en dar una mejora a las características técnicas y geométricas de las vías con variaciones en el eje transversal o eje vertical, ampliación de curvas y cambios en las características de la superficie de rodadura respecto al diseño original de la carretera.”

## **2.4 Hipótesis**

### **Hipótesis general**

“La condición en que se encuentra el pavimento flexible de la Av. Antenor Orrego, tramo entre Av. Jesús de Nazaret y av. América Oeste de la ciudad de Trujillo aplicando la metodología del PCI es regular”.

## **2.5 Variables**

### **Variable independiente:**

Aplicación de la metodología PCI (Índice de condición del pavimento)

**Variable dependiente:**

Evaluación de la condición superficial del pavimento flexible de la avenida Antenor Orrego, tramo entre av. Jesús de Nazaret y av. América Oeste.

Operacionalización de las variables:

Tabla 3. Tabla de variables

<b>VARIABLE</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>INSTRUMENTO DE INVESTIGACION</b>
<b>INDEPENDIENTE</b> Aplicación de la metodología PCI	- Parámetros de evaluación - Índice de condición	- Excelente - Muy bueno - Regular - Malo - Muy malo - Fallado	- Norma ASTM - Ficha de registro y evaluación - Hoja de Excel
<b>DEPENDIENTE</b> Evaluación de la Condición superficial del pavimento flexible	- Evaluación inicial - Evaluación detallada	- Bajo - Mediano - Severo	- Formatos de registro y evaluación - Guía de observación

Fuente: Elaboración propia

### **3 CAPITULO III: METODOLOGIA EMPLEADA**

#### **3.1 Tipo y nivel de investigación:**

“El presente tema de investigación es aplicada, de carácter no experimental de tipo descriptiva, aplicando la metodología del PCI según ASTM D6433-03”

#### **3.2 Población y muestra:**

Población:

“La población o universo considerado para este trabajo de investigación está dada por toda la Av. Antenor Orrego”

Muestra:

“La muestra para el presente trabajo de investigación es la Av. Antenor Orrego, tramo entre Av. Jesús de Nazareth y Av. América Oeste – Trujillo – La Libertad. Se realizó el muestreo según lo que contempla el método del PCI y se llevó a cabo siguiendo el procedimiento detallado a continuación:”

Primer paso se dividió la vía en secciones o unidades de muestreo teniendo en cuenta el ancho de la calzada como se observa en el siguiente cuadro.

Tabla 4. Longitud de muestra según su ancho de calzada

LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFALTICAS	
Ancho de la calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Fuente: Manual PCI

1. Para obtener los resultados de nuestras unidades de muestreo utilizaremos la siguiente

Formula: 
$$N = \frac{\text{Long. T de la Av.}}{\text{Long. de muestra} *}$$

N = Número total de las unidades de muestreo disponibles

Long Av. = Longitud total de la avenida

Long de muestra = según el ancho de calzada.

2. Luego determinaremos las unidades de muestreo para evaluación:

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

n = Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

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

e= Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e=5%)

3. Determinaremos los intervalos de muestreo para la evaluación:

Donde:

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

N = Número total de unidades de muestreo disponible

n = Número mínimo de unidades para evaluar.

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

### **3.3 Técnicas e instrumentos de investigación**

Técnicas de recolección de datos:

“La técnica que se utilizo fue la inspección visual para identificar los tipos de fallas que presentaba la vía, la cual primero se realizó la división de la sección en unidades de muestreo. Así mismo, se elaboró formatos de recolección de datos para posteriormente realizar el procesamiento de datos con la finalidad de poder evaluar en qué estado en que se encuentra la vía y así posteriormente dar un mantenimiento si así se lo requiere.”

Instrumentos de recolección de datos:

“Para el desarrollo del PCI es necesario contar con algunos equipos que permitan realizar la labor con facilidad y precisión. A continuación, se observa los equipos que se utilizarán”.

Tabla. Hoja de datos de campo.

“Documento donde se registrará toda la información obtenida durante la inspección visual: fecha, ubicación, tramo, sección, tamaño de la unidad de muestra, tipos de fallas, niveles de severidad, cantidades, y nombres del personal encargado de la inspección.”

Hoja de registro de datos.

Tabla 5. Ficha Técnica de PCI

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)						
Via:	Prog. Inicial:	0+000	Unidad de muestreo:	UMD 01	Lugar:	TRUJILLO
Fecha:	Prog. Final:	0+00	Area de muestreo (m <sup>2</sup> ):	229.80	Ing. Resp.:	
Tipos de Fallas					Diagrama	
Nº	Descripción	Und	Nº	Descripción	Und	
1	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>	11	Parqueo	m <sup>2</sup>	
2	Exudación	m <sup>2</sup>	12	Pulimento de agregados	m <sup>2</sup>	
3	Agrietamiento en bloque	m <sup>2</sup>	13	Huecos	Nº	
4	Abultamientos y hundimientos	m	14	Cruce de vía férrea	m <sup>2</sup>	
5	Corrugación	m <sup>2</sup>	15	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>	
6	Depresión	m <sup>2</sup>	16	Desplazamiento	m <sup>2</sup>	
7	Grieta de borde	m	17	Grieta parabolica (Slippage)	m <sup>2</sup>	
8	Grieta de reflexión de junta	m	18	Hinchamiento	m <sup>2</sup>	
9	Desnivel carril/berma	m	19	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>	
10	Grietas longitudinal y transv.	m				

Tipos de falla existentes													
Falla	Severidad	Cantidades Parciales								Total	Densidad (%)	Valor Deducido (VD)	
Numero de valores deducidos > 2 (q):										0			
Valor deducido mas alto (HV Di):										0.00			
Numero maximo de valores deducidos (mi):												Valor Deducido Corregido (VDC)	
												Total	0.00

Nº	Valores Deducidos										VDT	q	VDC	
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
											Max VDC			
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI):											PCI =	100	-	(Max VDC Total VD
											PCI =			
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO														

Fuente: (Varela, 2006) / Elaboración Propia.

Instrumentos:

Odómetro Manual: “Instrumento se utilizado para hacer mediciones de distancias en calles, carreteras, caminos, etc.”



Figura 20. Odómetro Manual

Fuente: <https://panama.casadeltopografo.com/>

Cinta Métrica: “Para medir la deformación longitudinal y transversal del pavimento en estudio.”



Figura 21. Cinta Métrica

Fuente: <https://www.sears.com.mx/>

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.”



Figura 22. Cono de Seguridad

Fuente: <https://grupotito.com.pe/>

Plano de Distribución: Plano donde se esquematiza la red de pavimento que será evaluada.

Manual de daños en pavimentos flexibles:

“El Índice de Condición del Pavimento (PCI) 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 en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales se presentan a continuación. Se presentan la totalidad de los daños incluidos en la formulación original del PCI, pero eventualmente se harán las observaciones de rigor sobre las patologías que no deben ser consideradas debido a su génesis o esencia ajenas a las condiciones locales. El usuario de esta guía estará en capacidad de identificar estos casos con plena comprensión de forma casi inmediata.”

“Un pavimento flexible está constituido por una serie de capas horizontales las cuales están diseñadas para resistir a los esfuerzos que será sometido durante su vida útil. Sin embargo, un pavimento no siempre presentará un óptimo nivel debido a la presencia de fallas que estos pueden tener y es necesario identificarlas para poder brindar un mantenimiento adecuado.”

El manual PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) considera un total de 19 fallas. Para el caso de los pavimentos flexibles las fallas son agrupadas



en cuatro categorías las cuales son: fisuras y grietas, deformaciones superficiales, desintegración de pavimentos, afloramientos y otras.

Diseño de investigación:

“Diseño de investigación de campo, porque nuestra investigación consiste en la recolección de datos directamente de un estudio en campo para luego hacer una evaluación con los datos obtenidos.”

Procedimiento:

En la unidad de muestreo elegida, con la ayuda del equipo necesario se procede a medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo al manual y posterior mente se registra los datos obtenidos en el formato correspondiente.

Es importante contar con el equipo de seguridad necesario para el desplazamiento en la vía de estudio a fin de evitar accidentes de tránsito o lesiones, tales como elementos de señalización y equipo para el personal que lleva a cabo la labor de recolección de datos.”

Procesamiento y análisis de datos:

“Para analizar los datos que se obtuvieron en campo se tabularán los valores y resultados en el programa Microsoft Excel versión 2016. Los resultados son presentados en cuadros, donde se resaltarán los puntos de interés.”

Calculo de método PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) :

“A continuación, se explican los datos de campo obtenidos durante la inspección de las fallas de la av. Antenor Orrego, tramo entre av. Jesús de Nazaret y av. América Oeste; así como el cálculo del índice de condición del pavimento de cada muestra realizada por cada cuadra.”

Tabla 6. Calculo longitud de muestra según su ancho de calzada

LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFALTICAS	
Ancho de la calzada(m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (maximo)	31.5

Fuente: Manual PCI

“Luego de medir Av. Antenor Orrego, tramo entre Av. Jesús de Nazareth y Av. América Oeste se obtuvo un ancho de vía igual a 6.00 m y una longitud L= 1825.00 m Después se determinó la Longitud de Unidad de muestreo obteniendo de acuerdo a la tabla un valor de 38.3m de longitud.”

Luego de obtener nuestro ancho de calzado y longitud de la unidad de la muestra, calculamos el área de unidad de muestra que para este caso se obtuvo un área igual a A=229.80m<sup>2</sup>

Luego se determinó el número total de muestras (N) para ambos sentidos de la Av. Antenor Orrego de la siguiente manera:

$$N = \frac{\text{Long. Av.}}{\text{Long. Muestra}} = \frac{910 \text{ m}}{38.3 \text{ m}} = 23.76$$

N= 23.76 ~ 24 Unidades de Muestra en el Carril Izquierdo.

$$N = \frac{\text{Long Av.}}{\text{Long. Muestra}} = \frac{915\text{m}}{38.3 \text{ m}} = 23.89$$

N= 23.89 ~ 24 Unidades de Muestra en el Carril Derecho

“Debido a que se obtiene un número muy elevado de unidades de muestreo lo cual demandaría tiempo y recursos considerables, es necesario aplicar un proceso de muestreo para reducir el número de muestras a evaluarse de acuerdo a lo que sugiere el manual PCI. Para esto se reemplaza los valores correspondientes en la fórmula siguiente.”

Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar en lado Izquierdo

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

$$n = \frac{24 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (24 - 1) + 10^2}$$

$$n = 9.84 \sim 10$$

Intervalo entre muestras de carril izquierdo

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

$$i = \frac{24}{10} = 2.4 \sim 2.00$$

Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar en lado Derecho

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

$$n = \frac{24 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (24 - 1) + 10^2}$$

$$n = 9.84 \sim 10$$

Intervalo entre muestras de carril Derecho

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

$$i = \frac{24}{10} = 2.40 \sim 2.00$$

## **4 CAPITULO IV: PRESENTACION DE RESULTADOS**

### **4.1 Análisis e interpretación de resultados**

#### **4.1.1 Desarrollo del método para la evaluación superficial de Pavimentos flexibles:**

“El método del PCI está conformado por un conjunto de pasos, que han sido ordenados de manera secuencial y sistemática, se requiere de criterio para una correcta aplicación por parte del investigador. Este tipo de evaluación es de fácil implementación, ya que no requiere de algún tipo de vestimenta especial a parte de la que es de fácil adquisición y está al alcance de cualquier persona. Una vez, recopilada toda la información necesaria, se decidió de manera unánime la aplicación o uso del manual de PCI elaborado por el Ing. Luis Varela, el cual fue estructurado basándose en la norma ASTM S5440.”

#### **4.1.2 Unidad de muestreo.**

Establecemos los tramos denominados unidades de muestreo, el área de las unidades de muestreo debe estar en el rango de  $230 \pm 93 \text{ m}^2$ , esta es una condición solamente para pavimentos asfálticos (Varela, 2006 P, 6).

Para nuestro proyecto se optó por tener secciones de hasta 30.8 de longitud, especificando que el ancho de la vía no es el mismo en todos los tramos, se optó por elegir de referencia el Plano Catastral de la Ciudad de Trujillo.

“Esta área según (Varela, 2006). Debe estar dentro de un rango entre  $230 \pm 93 \text{ m}^2$ , vale decir entre 137 y  $323 \text{ m}^2$ .”



Figura 23. Esquema de la Av. Antenor Orrego, tramo entre av. Jesús de Nazaret y av. América Oeste.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.3 Determinación del croquis de muestreo:

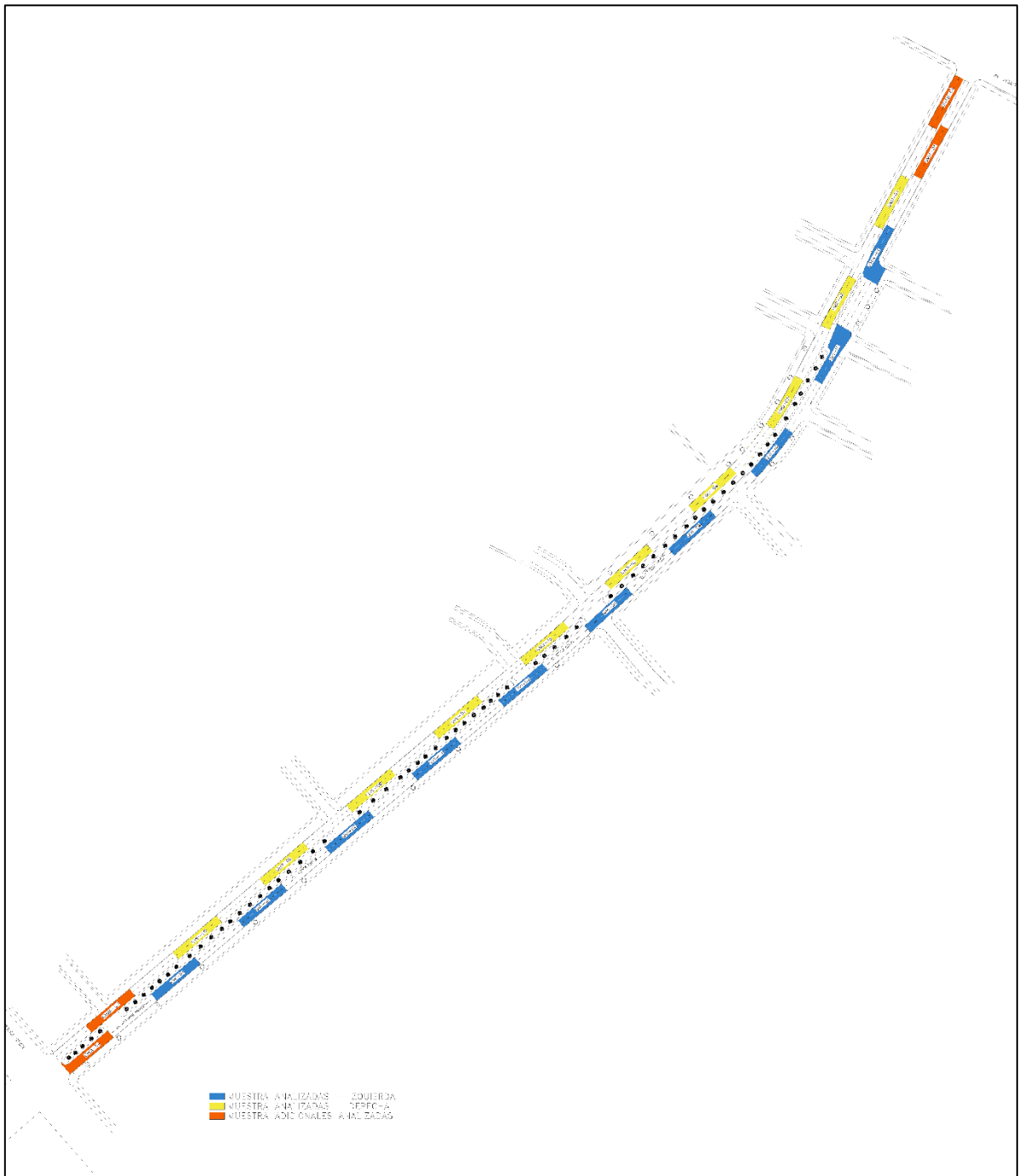


Figura 24. Gráfico general de las muestras

Fuente: Elaboración propia

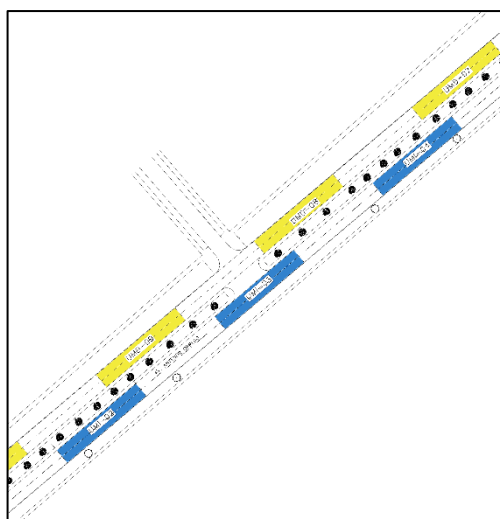


Figura 25. Localización de las unidades de muestreo

Fuente: Elaboración propia

“En la ilustración 24, de aquí determinamos cada una de las áreas de cada sección, debido a que es una avenida cuya sección de pavimento varia a lo largo de la avenida, el área de la UMD 03 es de 229.80 m<sup>2</sup>.”

Tabla 7. Cuadro de resumen de áreas

UNIDAD DE MUESTRA IZQUIERDA	PROG. INICIAL (KM)	PROG. FINAL (KM)	UNIDAD DE MUESTRA DERECHA	PROG. INICIAL (KM)	PROG. FINAL (KM)
UMIA 01	0+000.00	0+038.30	UMDA 01	0+000.00	0+038.30
UMI 01	0+076.60	0+114.90	UMD 01	0+076.60	0+114.90
UMI 02	0+153.20	0+191.50	UMD 02	0+153.20	0+191.50
UMI 03	0+229.80	0+268.10	UMD 03	0+229.80	0+268.10
UMI 04	0+306.40	0+344.70	UMD 04	0+306.40	0+344.70
UMI 05	0+383.00	0+421.30	UMD 05	0+383.00	0+421.30
UMI 06	0+459.60	0+497.90	UMD 06	0+459.60	0+497.90
UMI 07	0+536.20	0+574.50	UMD 07	0+536.20	0+574.50
UMI 08	0+612.80	0+651.10	UMD 08	0+612.80	0+651.10
UMI 09	0+689.40	0+727.70	UMD 09	0+689.40	0+727.70
UMI 10	0+766.00	14/03/1902	UMD 10	0+766.00	0+804.30
UMIA 02	0+842.60	0+880.90	UMDA 02	0+842.60	0+880.90

Fuente: Elaboración propia.



“En la tabla 07, se elaboró un cuadro resumen de cada una de las áreas de nuestras muestras a evaluar, generamos esto con la finalidad de hacer una evaluación y tener resultados muchos más exactos con respecto a la densidad de falla, éste es un parámetro muy importante para la determinación del PCI.”

Ordenamiento e ingreso de datos en las fichas:

Tabla 8. Cuadro resumen de fallas

Tipos de Fallas					
Nº	Descripción	Und	Nº	Descripción	Und
1	<b>Piel de cocodrilo</b>	m <sup>2</sup>	11	<b>Parqueo</b>	m <sup>2</sup>
2	Exudación	m <sup>2</sup>	12	Pulimento de agregados	m <sup>2</sup>
3	Agrietamiento en bloque	m <sup>2</sup>	13	Huecos	Nº
4	Abultamientos y hundimientos	m	14	Cruce de vía férrea	m <sup>2</sup>
5	Corrugación	m <sup>2</sup>	15	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>
6	Depresión	m <sup>2</sup>	16	Desplazamiento	m <sup>2</sup>
7	<b>Grieta de borde</b>	m	17	Grieta parabólica (Slippage)	m <sup>2</sup>
8	Grieta de reflexión de junta	m	18	Hinchamiento	m <sup>2</sup>
9	Desnivel carril/berma	m	19	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>
10	Grietas longitudinal y transv.	m			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8, realizamos un cuadro resumen de cada una de las fallas que contempla el manual del PCI, la finalidad es de colocar el código o numeración referente a cada falla y no reescribir reiteradamente los nombres de cada falla, de esta forma se mantendrán el orden en el formato a usar.

Tabla 9. Encabezado de fichas PCI.

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)						ASTM 6433-99
Via:	Prog. Inicial:	0+230	Unidad de muestreo:	UMD 03	Lugar:	TRUJILLO
Fecha:	Prog. Final:	0+268.10	Area de muestreo (m <sup>2</sup> ):	229.80	Ing. Resp.:	
Tipos de Fallas						Diagrama
Nº	Descripción	Und	Nº	Descripción	Und	
1	<b>Piel de cocodrilo</b>	m <sup>2</sup>	11	<b>Parqueo</b>	m <sup>2</sup>	
2	Exudación	m <sup>2</sup>	12	Pulimento de agregados	m <sup>2</sup>	
3	Agrietamiento en bloque	m <sup>2</sup>	13	Huecos	Nº	
4	Abultamientos y hundimientos	m	14	Cruce de vía férrea	m <sup>2</sup>	
5	Corrugación	m <sup>2</sup>	15	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>	
6	Depresión	m <sup>2</sup>	16	Desplazamiento	m <sup>2</sup>	
7	<b>Grieta de borde</b>	m	17	Grieta parabólica (Slippage)	m <sup>2</sup>	
8	Grieta de reflexión de junta	m	18	Hinchamiento	m <sup>2</sup>	
9	Desnivel carril/berma	m	19	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>	
10	Grietas longitudinal y transv.	m				

Fuente: (Varela, 2006)





los ábacos que se encuentran en los anexos del manual PCI, cada falla posee una densidad y un Valor Deducido.

Cálculo de los valores deducidos: etapa 1

“Llegamos a la etapa donde se totaliza todos los tipos y niveles de daño registrados en las fichas, así como se muestra en la tabla 11, y luego se procederá al empleo de los ábacos para cada tipo de daño y niveles de severidad, los cuales están al final del manual de aplicación del PCI, según el tipo de pavimento que se está estudiando, seguidamente se observará la aplicación de los ábacos para obtener los valores deducidos correspondientes.”

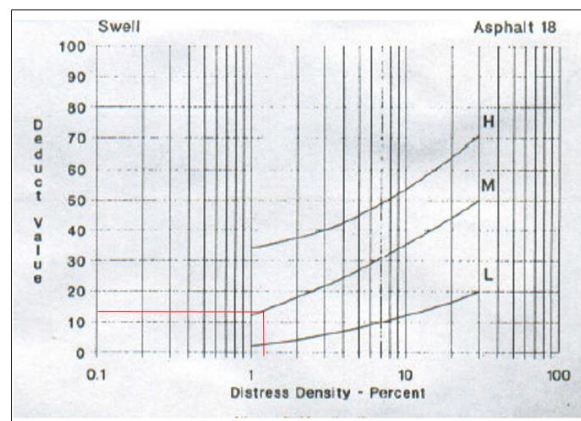


Figura 26. Valor deducido falla N°18

Fuente: Elaboración propia

“Procedemos a determinar el valor deducido para la falla N° 18 obteniendo su densidad y su nivel de severidad de este tipo de falla, usando el ábaco número 18 del manual del PCI, luego de interceptar en la curva respectiva, obtenemos en el lado izquierdo, el valor que corresponde al DV. De esta forma se obtiene un resultado aproximado de 13 para el DV de la falla.”

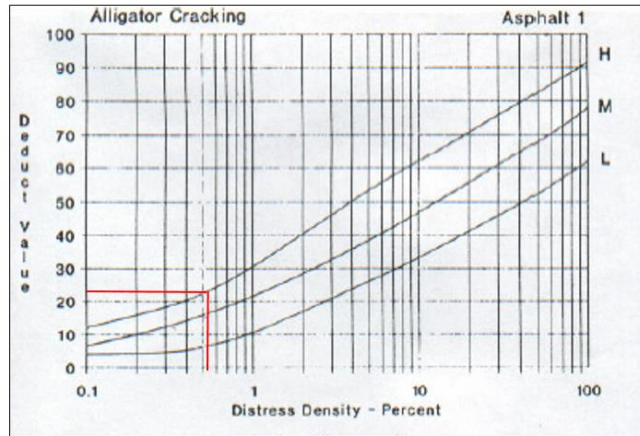


Figura 27. Valor deducido falla N° 1

Fuente: Elaboración propia

Determinamos el Valor deducido para la Falla N° 1, interceptando el valor de la densidad con la curva respectiva a la severidad de la falla, así se obtiene 23.50 para el DV de la falla.

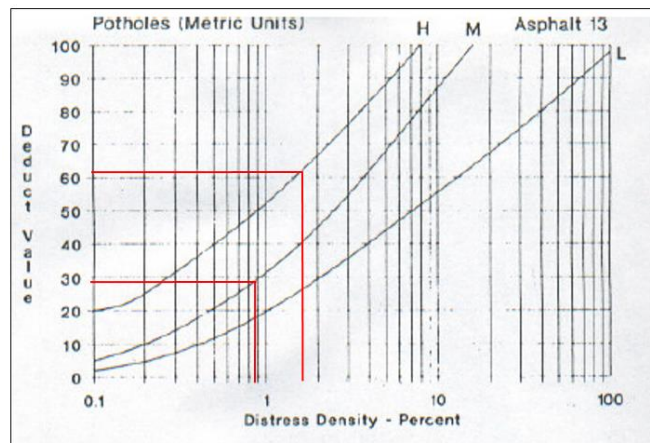


Figura 28. Valor deducido falla N°13

Fuente: Elaboración propia

“Determinamos el Valor deducido para la primera Falla N° 13, interceptando el valor de la densidad con la curva respectiva a la severidad de la falla, así se obtiene 28.50 para el DV de la falla. Mientras que para la segunda realizando el mismo proceso se obtiene 60.50 para el DV de la falla.”



Luego:

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 60.50)$$

$$mi = 4.628$$

Y finalizando, el número máximo permisible de valores deducidos, da como resultado 4.63 redondeando.

Cálculo del Máximo valor deducido corregido:

Se debe seleccionar el número de valores deducidos mayores a 2, luego se determina el valor deducido total, al sumarse todos los valores deducidos individuales (Varela, 2006).

Número de valores deducidos > 2 (q): 4

Valor deducido más alto (HV Di): 60.50

Número máximo de valores deducidos (mi): 4.63

Tabla 13. VDC

N°	Valores Deducidos										VDT	q	VDC
	60.50	28.50	23.50	13.00									
1	60.50	28.50	23.50	13.00							125.50	4	71.80
2	60.50	28.50	23.50	2.00							114.50	3	71.50
3	60.50	28.50	2.00	2.00							93.00	2	66.00
4	60.50	2.00	2.00	2.00							66.50	1	66.30
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
Max VDC												71.80	

Fuente: Elaboración Propia.

“En esta etapa procedemos a reemplazar el menor de los valores deducidos para q=4 por el número 4, de esta forma obtenemos un VDT diferente para cada valor de q, todo esto debe realizarse siguiendo las pautas recomendadas en el inciso 3.d del manual de aplicación de PCI.”



“Una vez obtenido el VDT para cada Valor deducido, procedemos a encontrar los valores deducidos corregidos empleando el ábaco que se encuentra al final del Manual de aplicación de PCI.”

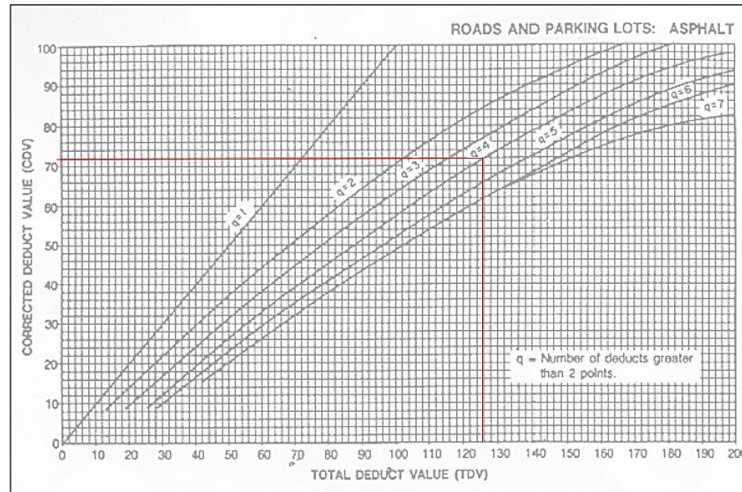


Figura 29. Abaco TDV =125.5 y q=4

Fuente: Elaboración Propia

“Se procede a hallar el CDV o valor deducido corregido para  $q = 4$  y  $TDV = 125.5$ , al emplearse el ábaco Roads and Parking Lots: Asphalt, adjunto, encontramos un valor aproximado de 71.80.”

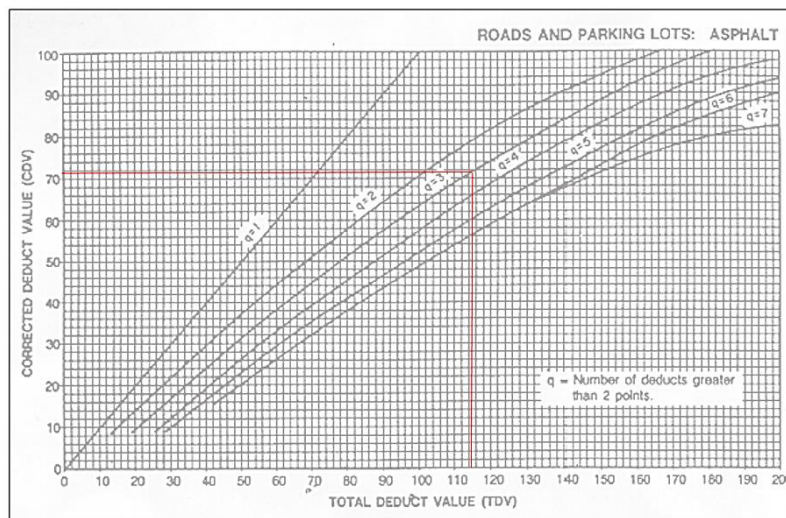


Figura 30. Abaco TDV =114.5 y q=3

Fuente: Elaboración Propia



“Haciendo uso del mismo método, procederemos a hallar el valor de CDV para  $q = 3$  y  $TDV = 114.50$ , como resultado obtenemos un valor de 71.50, aproximadamente. Luego de haber hallado este dato, se procederá y anotará en la ficha que le corresponde, y en su recuadro asignado.”

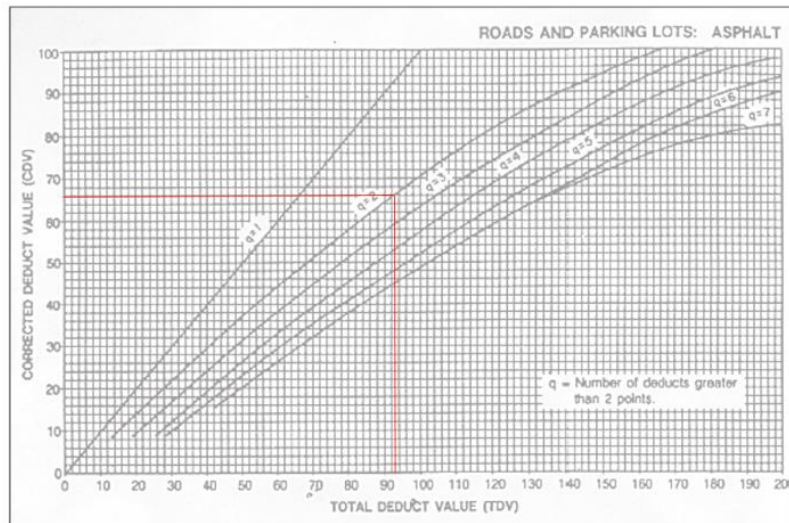


Figura 31. Abaco  $TDV=93$  y  $q=2$

Fuente: Elaboración Propia

“Haciendo uso del mismo método, procederemos a hallar el valor de CDV para  $q = 2$  y  $TDV = 93$ , como resultado obtenemos un valor de 68, aproximadamente. Luego de haber hallado este dato, se procederá y anotará en la ficha que le corresponde, y en su recuadro asignado.”

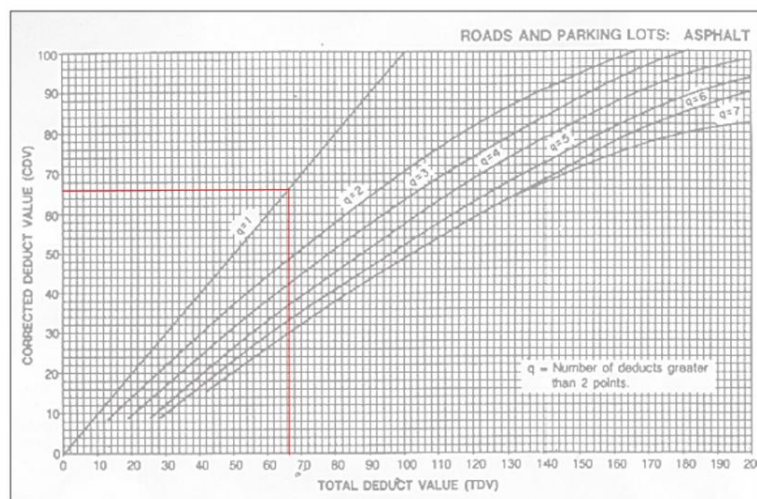


Figura 32. Abaco  $TDV=66.50$  y  $q=1$

Fuente: Elaboración Propia: Elaboración Propia

“Haciendo uso del mismo método, procederemos a hallar el valor de CDV para  $q = 1$  y  $TDV = 66.50$ . Luego de haber hallado este dato, se procederá y anotará en la ficha que le corresponde, y en su recuadro asignado.”

Tabla 14. Max. Valor deducido corregido

N°	Valores Deducidos								VDT	q	VDC
1	60.50	28.50	23.50	13.00					125.50	4	71.80
2	60.50	28.50	23.50	2.00					114.50	3	71.50
3	60.50	28.50	2.00	2.00					93.00	2	66.00
4	60.50	2.00	2.00	2.00					66.50	1	66.30
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
										Max VDC	71.80

Fuente: Elaboración Propia.

“Luego, seguimos a escoger el número con el mayor valor entre los Valores deducidos cod, dando como resultado para nuestro análisis la unidad de muestra UMD 03 el 71.80, con este valor se procede a calcular el PCI individual de nuestra muestra mediante la fórmula siguiente:”

$$PCI = 100 - (Máx.VDC \text{ o } Total VD)$$

Luego:

$$PCI = 100 - 71.80 \quad PCI = 28.2$$

“Luego de haber calculado el PCI procederemos a clasificar su nivel de condición que posee nuestra muestra, según el PCI obtenido con anterioridad.”

Tabla 15. Rangos de calificación

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI

Rango	Clasificacion
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

Fuente: (Varela, 2006)



“Concluyendo el formato que le corresponde a la unidad de muestra UMD 03, se detalla cada característica y datos necesarios para la obtención del PCI de la sección indicada.”

Siguiendo este mismo procedimiento para cada una de las secciones a analizar. A continuación, se detalla los PCI de las secciones analizadas en los cuadros siguientes:

Tabla 17. Fichas resumen del PCI de las muestras del carril derecho

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS PCI DEL CARRIL DERECHO						
UNIDAD DE MUESTREO	CLASIFICACION	DESCRIPCION	SEVERIDAD			PCI
			ALTA	MEDIA	BAJA	
UMD 01	BUENO	CORRUGACION				55
		PARCHEOS				
		HUECOS				
UMD 02	MALO	HUECOS				28
		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS				
UMD 03	MALO	HINCHAMIENTO				28.2
		PIEL DE COCODRILO				
		HUECOS				
UMD 04	MALO	HUECOS				38
		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS				
UMD 05	MALO	PARCHEOS				38
		HUECOS				
		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS				
UMD 06	MUY BUENO	PARCHEOS				78.2
		HUECOS				
UMD 07	MALO	PARCHEOS				78
		HUECOS				
UMD 08	MUY MALO	PARCHEOS				20
		HUECOS				
		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS				
UMD 09	BUENO	PARCHEOS				69
		HUECOS				
UMD 10	MUY BUENO	PARCHEOS				79
		HUECOS				
						51.14

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS PCI DE LAS MUESTRAS ADICIONES CARRIL DERECHO						
UNIDAD DE MUESTREO	CLASIFICACION	DESCRIPCION	SEVERIDAD			PCI
			ALTA	MEDIA	BAJA	
UMDA 01	BUENO	GRIETAS LONDITUDINALES Y TRANSV.				62
		HUECOS				
		HUECOS				
UMDA 02	REGULAR	HUECOS				45
		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS				
						53.5

Fuente: (Varela, 2006) / Elaboración Propia.

Tabla 18. Fichas resumen del PCI de las muestras del carril Izquierdo

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS PCI DEL CARRIL IZQUIERDO						
UNIDAD DE MUESTREO	CLASIFICACION	DESCRIPCION	SEVERIDAD			PCI
			ALTA	MEDIA	BAJA	
UMI 01	BUENO	PARCHEO				64
		DESprendimiento de agregados				
UMI 02	MALO	PARCHEO				94
UMI 03	MALO	DESprendimiento de agregados				70
		PARCHEO				
UMI 04	MALO	AHUELLAMIENTO				71
		DESprendimiento de agregados				
		ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS				
UMI 05	MALO	GRIETA DE BORDE				74
		HUECOS				
		DESprendimiento de agregados				
UMI 06	MUY BUENO	HUECOS				63.5
		DESprendimiento de agregados				
		PARCHEO				
UMI 07	MALO	DESprendimiento de agregados				69
		PARCHEO				
UMI 08	MUY MALO	DESprendimiento de agregados				21
		HUECOS				
		PIEL DE COCODRILO				
UMI 09	BUENO	DESprendimiento de agregados				55
		HUECOS				
UMI 10	MUY BUENO	PARCHEO				38
		DESprendimiento de agregados				
		HUECOS				
						61.95

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS PCI DE LAS MUESTRAS ADICIONES CARRIL IZQUIERDO						
UNIDAD DE MUESTREO	CLASIFICACION	DESCRIPCION	SEVERIDAD			PCI
			ALTA	MEDIA	BAJA	
UMIA 01	BUENO	HUECOS				60
		DESprendimiento de agregados				
UMDIA 02	EXELENTE	EXUDACION				86
		DESprendimiento de agregados				
						73

Fuente: (Varela, 2006) / Elaboración Propia.

Cabe indicar que han sido incluidas 02 muestras adicionales para ambos tramos; de ida y de retorno, en total siendo 4 muestras adicionales.

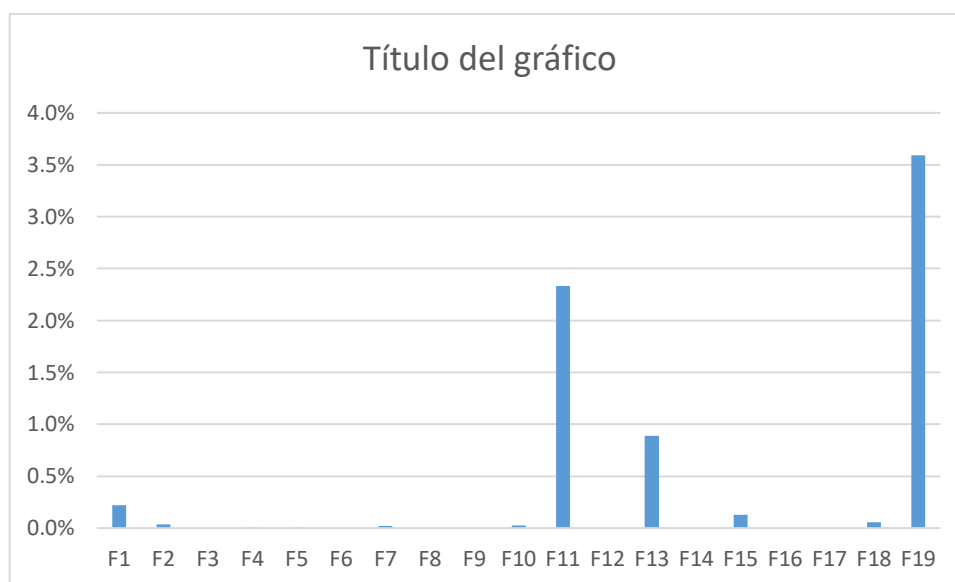
Tabla 19. Resumen de fallas en muestras

RESUMEN GENERAL DE LOS RESULTADOS DE LOS PCI					
N° FALLAS	TIPO DE FALLA			%	ESTADO
F1	Piel de cocodrilo			0.2%	Presenta
F2	Exudación			0.0%	Presenta
F3	Agrietamiento en bloque			0.0%	No Presenta
F4	Abultamientos y hundimientos			0.0%	Presenta
F5	Corrugación			0.0%	Presenta
F6	Depresión			0.0%	No Presenta
F7	Grieta de borde			0.0%	Presenta
F8	Grieta de reflexión de junta			0.0%	No Presenta
F9	Desnivel carril/berma			0.0%	No Presenta
F10	Grietas longitudinal y transv.			0.0%	Presenta
F11	Parqueo			2.3%	Presenta
F12	Pulimento de agregados			0.0%	No Presenta
F13	Huecos			0.9%	Presenta
F14	Cruce de vía férrea			0.0%	No Presenta
F15	Ahuellamiento			0.1%	Presenta
F16	Desplazamiento			0.0%	No Presenta
F17	Grieta parabolica (Slippage)			0.0%	No Presenta
F18	Hinchamiento			0.1%	Presenta
F19	Desprendimiento de agregados			3.6%	Presenta

Fuente: Elaboración Propia.

“En la tabla 19, se realizó un cuadro resumen de los porcentajes de las fallas que encontramos en cada sección del pavimento que hemos evaluado y clasificando las fallas que presenta cada sección, no obstante, el porcentaje hallado, está en función a toda el área de la sección del pavimento analizado; resaltando que la falla con mayor incidencia es la de desprendimiento de agregados, ocupando un 3.6% de todo el total de las secciones analizadas de pavimento.”

Grafico 1. Gráfico de porcentaje de densidad de fallas



Fuente: Elaboración Propia.

“En el grafico se puede observar de forma más clara, que el segundo lugar en cuanto severidad de fallas se encuentra la falla de desprendimiento de agregados. Que ocupa 3.6% de las fallas del área total de la sección del pavimento estudiado.”

Determinación del PCI total de la sección:

“Es bueno recalcar que nuestra sección de pavimento en estudio, es conformada por todas las unidades de muestra que hemos elegido para el análisis, no obstante, cada muestra tiene un PCI de forma individual, sin embargo, se requiere diagnosticar toda la sección que está en análisis.”

Para ello usaremos la fórmula 04 del manual de Aplicación PCI:

$$PCI_s = \frac{[(N - A)XPCI_r] + (AxPCI_a)}{N}$$

Siendo:

PCIs = PCI de la sección del pavimento

PCIr = PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

PCIa = PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

N = Número total de unidades de muestreo en la sección

A = Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

PCI promedio de las unidades de muestreo:

Tabla 20. Resumen del PCI en muestras de carril derecho

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS PCI DEL CARRIL DERECHO			
UNIDAD DE MUESTREO	CLASIFICACION	DESCRIPCION	PCI
UMD 01	BUENO	CORRUGACION	55
		PARCHEOS	
		HUECOS	
UMD 02	MALO	HUECOS	28
		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	
UMD 03	MALO	HINCHAMIENTO	28.2
		PIEL DE COCODRILO	
		HUECOS	
UMD 04	MALO	HUECOS	38
		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	
UMD 05	MALO	PARCHEOS	38
		HUECOS	
		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	
UMD 06	MUY BUENO	PARCHEOS	78.2
		HUECOS	
UMD 07	MALO	PARCHEOS	78
		HUECOS	
UMD 08	MUY MALO	PARCHEOS	20
		HUECOS	
		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	
UMD 09	BUENO	PARCHEOS	69
		HUECOS	
UMD 10	MUY BUENO	PARCHEOS	79
		HUECOS	
			51.14

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 20, cuadro resumen de las secciones analizadas y su PCI respectivo. La tabla corresponde al tramo de derecho.



Tabla 21. Resumen del PCI en muestras del carril izquierdo.

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS PCI DEL CARRIL IZQUIERDO			
UNIDAD DE MUESTREO	CLASIFICACION	DESCRIPCION	PCI
UMI 01	BUENO	PARCHEO	64
		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	
UMI 02	MALO	PARCHEO	94
UMI 03	MALO	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	70
		PARCHEO	
UMI 04	MALO	AHUELLAMIENTO	71
		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	
		ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	
UMI 05	MALO	GRIETA DE BORDE	74
		HUECOS	
		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	
UMI 06	MUY BUENO	HUECOS	63.5
		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	
		PARCHEO	
UMI 07	MALO	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	69
		PARCHEO	
UMI 08	MUY MALO	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	21
		HUECOS	
		PIEL DE COCODRILO	
UMI 09	BUENO	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	55
		HUECOS	
UMI 10	MUY BUENO	PARCHEO	38
		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	
		HUECOS	
			61.95

Fuente: Elaboración Propia.

“Tabla 21, cuadro resumen de las secciones analizadas y su PCI respectivo. La tabla corresponde al tramo del carril izquierdo y la progresiva que corresponde según su ubicación.”

Finalmente obtuvimos, el promedio final del PCI de todas las muestras aleatorias en estudio que es 56.55.

Tabla 22. Fichas resumen del PCI de las muestras Adic. del carril derecho

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS PCI DE LAS MUESTRAS ADICIONES CARRIL DERECHO			
UNIDAD DE MUESTREO	CLASIFICACION	DESCRIPCION	PCI
UMDA 01	BUENO	GRIETAS LONDITUDINALES Y TRANSV.	62
		HUECOS	
		HUECOS	
UMDA 02	REGULAR	HUECOS DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	45
			53.5

Fuente: (Varela, 2006) / Elaboración Propia.

Tabla 23. Fichas resumen del PCI de las muestras Adic. del carril izquierdo

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS PCI DE LAS MUESTRAS ADICIONES CARRIL IZQUIERDO			
UNIDAD DE MUESTREO	CLASIFICACION	DESCRIPCION	PCI
UMIA 01	BUENO	HUECOS	60
		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	
UMDIA 02	EXELENTE	EXUDACION DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	86
			73

Fuente: (Varela, 2006) / Elaboración Propia.

“Tabla 22 y 23, en este cuadro están un resumen de todas las muestras adicionales del carril izquierdo que fueron tomadas y analizadas, además se indican las progresivas de cada una de las muestras y también está el resultado del PCI correspondiente para cada una de las muestras adicionales.”

Finalmente, como promedio final del PCI de todas nuestras muestras adicionales es de 63.25.

Luego:

$$PCI_s = \frac{[(N - A)XPCI_r] + (AxPCI_a)}{N}$$

$$PCI_s = \frac{[(20 - 4)X56.55] + (4x63.25)}{20} = 57.89$$

“Por último, el resultado final del PCI nos indicará su diagnóstico de como está, el estado de conservación, al ser contrastado con el cuadro N°01 del manual de aplicación de PCI.”

Tabla 24. Rangos de calificación PCI

Cuadro 1.  
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI

Rango	Clasificación
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

Fuente: (Varela L. R, 2006)

De acuerdo al resultado obtenido de PCI que es de 55.85 en este caso, se debe ubicar en el intervalo de 70 - 55, el cual es clasificado como BUENO.

En función a la tabla 19 y al gráfico 20, quedó determinado que desprendimiento de agregados ha sido la falla de mayor incidencia en este caso.

Tabla 25. Resumen de la Falla N°19

DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS		
FL19	FM19	FH19
0.00%	2.34%	1.24%

Fuente: Elaboración Propia

“Como se puede apreciar en la tabla 25, es predominante la falla en un nivel MEDIA, con un porcentaje de 2.34%, la que siguiente es la de nivel de severidad ALTA con un 1.24%.

En este tipo de falla el manual PCI hace recomendaciones de intervenciones en función a la severidad.

L: No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.

M: Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.

H: Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción (Vásquez, 2006 p.10)

“Para finalizar, indicamos que el nivel de severidad de la falla predominante es medio, por lo tanto, se recomienda realizar Parcheo parcial o profundo.”

El tratamiento recomendado debe darse sólo en tramos que sean considerados necesarios, para este caso es recomendable guiarse de las fichas anexadas en nuestro informe.

Tabla 26. Resumen de las Fallas N°11

PARCHE		
FL11	FM11	FH11
0.06%	1.90%	0.36%

Fuente: Elaboración Propia

“En la tabla 26 se puede observar el nivel de incidencia porcentual de este tipo de falla en el tramo de Pavimento en estudio, además se puede observar que el nivel predominante de severidad es el MEDIO con 1.90% de porcentaje, al que le sigue el nivel de severidad ALTO con un porcentaje de 0.36%, y para finalizar el nivel de severidad BAJO que posee el menor porcentaje que es de 0.06 % severidad baja.”

En este tipo de falla el manual PCI hace recomendaciones de intervenciones en función a la severidad.

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Sustitución de parche.

H: Sustitución de parche. (Vásquez, 2006 p.10)

Debido al tipo de falla predominante, que en este caso es severidad media, recomendamos hacer un tratamiento superficial: Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción, por ser mucho más viable debido a su costo.

“El tratamiento recomendado debe darse sólo en tramos que sean considerados necesarios, para este caso es recomendable guiarse de las fichas anexadas en nuestro informe.”

Tabla 27. Resumen de las Fallas N° 13

HUECOS		
FL13	FM13	FH13
0.09%	0.52%	0.28%

Fuente: Elaboración Propia

“En la tabla 27, se tiene un resumen de la Falla n°13, indicando la incidencia porcentual de cada nivel de severidad, además se puede observar que el nivel predominante de severidad es el MEDIO con 0.52%, al que le sigue el nivel de severidad ALTA con un porcentaje de 0.28%, finalmente el nivel de severidad BAJO con un porcentaje de 0.09%.”

En este tipo de falla el manual PCI hace recomendaciones de intervenciones en función a la severidad.

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

M: Parcheo parcial o profundo.

H: Parcheo profundo.

De acuerdo al nivel de severidad de la falla, en el manual se recomienda entre no hacer nada o sustituir el parche. Finalmente concluimos en rehabilitar las vías corrigiendo los daños presentados de acuerdo a las indicaciones del manual del PCI.

#### **4.2 Proponer una idea de recuperación del pavimento asfáltico.**

Se propone como idea de recuperación para el pavimento asfáltico según las fallas encontradas, la técnica preventiva de Slurry Seal.

Es un tratamiento superficial y no tiene ningún aporte estructural.

A nivel internacional es una técnica muy utilizada para pavimentos asfálticos, ya que es un tratamiento que permite alargar la vida útil de un pavimento a bajo costo, lo cual implica una mayor eficiencia del dinero público en actividades de conservación vial. Esta alternativa se utiliza en superficies de rudo que no tienen un nivel avanzado de deterioro asociado con problemas fatiga o deformación permanente.

El principal uso del Slurry Seal, es para un mantenimiento posterior luego de corregir las fallas en la carpeta asfáltica como una capa protectora y así evitar el desgaste del pavimento

De acuerdo a los resultados obtenidos en nuestra ficha de resumen del PCI de la muestra del carril derecho e izquierdo. Se presenta un pavimento de conversación BUENO. Lo que permite aplicar esta técnica llamada Slurry Seal, ya que es aplicada sobre pavimentos con deterioros de índole funcional (no estructural).

Los beneficios de aplicar el Slurry Seal.

- Evitar y corrige el desgaste de un pavimento.
- Es económico y rápido.
- Corrección del desprendimiento de partículas.
- Reducción del ruido.
- Corrección de ahuellamientos menores a 6 mm.

### **4.3 Prueba de hipótesis**

La hipótesis propuesta señala que el estado de conservación del pavimento flexible de la Av. Antenor Orrego, tramo entre av. Jesús de Nazaret y av. América Oeste, utilizando el método del PCI según ASTM D6433-03, es regular, sin embargo, en base a nuestros estudios realizados en la zona de intervención, formulamos un resultado para el estado de conservación BUENO, con un PCI de 57.89, por lo tanto, la hipótesis no estuvo muy alejada de la realidad debido a que el PCI obtenido se encuentra muy cerca de 55 que es el límite entre Regular y Bueno.

## 5 CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Hemos localizado y encontrado todas las fallas en el tramo del pavimento estudiado, este muestreo fue realizado con la finalidad de confinar paramétricamente todos los resultados basándonos con un criterio de muestras aleatorio, además asumimos una desviación estándar de 10 para pavimentos flexibles según el manual del PCI.
- Según los distintos tipos de fallas, hemos encontradas en la zona estudiada, se obtuvo los siguientes porcentajes de incidencia: Desprendimiento de agregados, con un porcentaje de incidencia de 3.6%, Parche, con un porcentaje de incidencia de 2.3%; huecos, con un porcentaje de incidencia de 0.09%; piel de cocodrilo, con un porcentaje de incidencia de 0.2% y finalmente exudación, abultamientos y hundimientos, corrugación, grieta de borde, grietas longitudinales y transversales, ahuellamiento e hinchamiento, con un porcentaje de incidencia de 0.81%.
- Finalmente hemos determinado un PCI de 57.89 que es clasificado como BUENO dentro de los parámetros de estado de conservación, este resultado debe tomarse en cuenta y debe ser contrastado con lo que se observa en campo, debido a que nosotros habíamos clasificado según lo que se había observado en el campo como en un estado de conservación regular, y debido a esto podemos decir que los resultados obtenidos en esta investigación han sido mejor con las expectativas que teníamos del tramo en estudio en este proyecto de investigación.
- Además de acuerdo a nuestra investigación en las muestras de estudio, se obtuvo resultados de PCI que se encuentran dentro de los parámetros de un estado de conservación MUY MALO con PCI de 20 en la muestra UMD-08 del tramo derecho ubicada en la progresiva 0+612.80 hasta 0+651.10 KM, también se obtuvo un valor de PCI de



94 que es clasificado como estado de conservación EXCELENTE en la muestra UMI-02 del tramo izquierdo ubicada en la progresiva 0+152.20 KM hasta 0+191.50 KM.

- Luego de obtener los resultados, optamos por reparar los daños que presenta el pavimento nivel de carpeta asfáltica en función al manual del PCI y posteriormente agregar una capa asfáltica denominada Slurry Seal para recuperar el desgaste que ha tenido toda la superficie, que es lo más adecuado para este caso, ya que su ejecución es de corta duración, teniendo en cuenta los bajos costos.

## 6 CAPITULO VI: CONCLUSIONES

- La vía en análisis fue seccionada en un total de 20 muestras que fueron elegidas aleatoriamente, siguiendo los procedimientos recomendados en el Manual del PCI para la selección de muestras, acápite 3.2 y 3.3, además, fueron elegidas 2 muestras adicionales en ambos sentidos de la vía, teniendo un total de 4 muestras adicionales, que fueron elegidas según lo recomendado en el acápite 3.4. del manual de PCI con la finalidad de mejorar la evaluación.
- En todas las fallas catalogadas, se determinó los niveles de severidad predominantes, encontramos que el nivel de severidad predominante es la media y además la falla en la que predomina es la falla tipo 19: Desprendimiento de agregados con incidencia de 3.6%.
- Se determinó el PCI para cada muestra de forma individual, esto se aplicó a todas las muestras, incluso las adicionales, teniendo un PCI máximo de 94 y un PCI mínimo de 20; además en las muestras adicionales obtuvimos un PCI máximo de 86 y un mínimo de 45.
- Se realizó el análisis del estado de conservación de la Av. Antenor Orrego entre av. Jesús de Nazaret y av. América Oeste, mediante el cual se obtuvo un PCI de 57.89 que según el rango contemplado en el Manual de aplicación de PCI se encuentra en un estado de conservación BUENO.
- Finalmente concluimos en rehabilitar las vías corrigiendo los daños presentados de acuerdo a las indicaciones del manual del PCI, por lo tanto, luego de rehabilitar las vías recomendamos en proyectar una capa asfáltica denominada Slurry Seal de 12mm espesor en toda la superficie de la vía, para finalmente efectuar las señalizaciones de tránsito horizontales correspondientes.

## 7 CAPITULO VII: RECOMENDACIONES

- Para la evaluación de una vía a nivel de proyecto utilizando la metodología del PCI se recomienda evaluar todas las unidades de muestra y no de forma aleatoria, porque de esta forma se obtiene resultados con una mayor confiabilidad.
- Se puede mejorar la recolección de datos, empleando equipos con mayor precisión, no obstante, el resultado de PCI, siempre se complementa con la experiencia por parte del equipo investigador.
- Al obtener como resultado un Índice de Condición de Pavimento en un estado Bueno, se recomienda realizar una rehabilitación a las fallas encontradas con mayor grado de incidencia las cuales son: Huecos, Desprendimiento de agregados, parcheo; y posteriormente aplicar una capa de Slurry Sealde 12mm espesor en toda la superficie de la vía, para finalmente efectuar las señalizaciones de tránsito horizontales correspondientes.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA:

- Guzmán A. (5 diciembre 2015). La red vial es imprescindible para el desarrollo y crecimiento de un país. UDEP. Recuperado de <http://udep.edu.pe/hoy/2015/la-red-vial-es-imprescindible-para-el-desarrollo-y-crecimiento-de-un-pais/>
- Fernández F. (2019). Las pistas están bombardeadas en tres distritos de Trujillo. Correo. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/edicion/la-libertad/las-pistas-estan-bombardeadas-en-tres-distritos-de-trujillo-901783/?ref=dcr>.
- Del castillo, R. (2005). La ingeniería de los suelos. México: Limusa Corredor y Corros. (2010). Diseño de pavimentos I. Recuperado de: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-deevaluacion1.pdf>
- Ministerio de Economía y finanzas. (2015). Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras. Recuperado:[http://mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas\\_Pavimentos.pdf](http://mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf).
- Vásquez, L. (2002) Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. Recuperado de: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>.
- VISE. (2016). ¿Qué es un pavimento flexible y cuándo conviene usarlo? .Recuperado de <https://blog.vise.com.mx/qu%C3%A9-es-un-pavimento-flexibleycu%C3%A1ndoconvieneusarlo#:~:text=Se%20entender%C3%A1%20por%20pavimento%20flexible,los%20productos%20de%20la%20hulla>.
- Ministerio de Transporte y comunicaciones (2013). Estudio de mantenimiento periódico de la carretera Panamericana Norte. Tramo II: (km 736+600 - km 886+600). Recuperado de [http://gis.proviasnac.gob.pe/Expedientes/2013/EXP\\_PANNORTE/dvd1/TRAMOII/ANEXOS/PAN.%20NORTE/Anexo%207.%20Medicione](http://gis.proviasnac.gob.pe/Expedientes/2013/EXP_PANNORTE/dvd1/TRAMOII/ANEXOS/PAN.%20NORTE/Anexo%207.%20Medicione)

s%20rugosidad/PDF/Anexo%20A%2020Descripci%C3%B3n%20de  
%20Fallas.pdf.

- Castillo, E. (2015). Gestion conservacion vial. Recuperado de <https://es.slideshare.net/castilloaroni/gestion-conservacion-vial-49011370>
- Tapia, M. (2010). Pavimentos. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/388814407/PavimentosMiguelAngelTapia-Garcia>.

## ANEXOS

### UNIDAD DE MUESTRA UMD-01:

La unidad de muestra UMD-01 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: corrugación, parcheo y huecos.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 17.00, 27.00 y 28.00.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 28.00.

El valor total deducido es igual a 72.00.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 45.00.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un PCI=55.00 que corresponde a un pavimento en estado "REGULAR"



Fig. 32. Falla de tipo corrugación de severidad baja.



Fig.33. Falla de tipo parcheo de severidad media.

Fig. 34. Falla de tipo parcheo de severidad media.



Fig. 35. Falla de tipo huecos de severidad media.



## UNIDAD DE MUESTRA UMD-02:

La unidad de muestra UMD-02 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: huecos y desprendimiento de agregados.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 68.00 y 24.00.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 68.00.

El valor total deducido es igual a 92.00.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 72.00.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un PCI=28 que corresponde a un pavimento en estado "MALO".



Figura 36. Falla de tipo hueco de severidad alta.



Figura 37. Falla de tipo pulimientos de agregados de severidad alta.



Figura 38. Falla de tipo pulimientos de agregados de severidad alta.





### UNIDAD DE MUESTRA UMD-03:

La unidad de muestra UMD-03 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: hinchamiento, piel de cocodrilo y huecos.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 13.00, 23.50, 28.50 y 60.50.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 60.50.

El valor total deducido es igual a 125.50.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 71.80.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un  $PCI=28.20$  que corresponde a un pavimento en estado "MALO".



Figura 39. Falla de tipo piel de cocodrilo de severidad alta.



Figura 40. Falla de tipo huevo de severidad baja.



Figura 41. Falla de tipo huevo de severidad media.



UNIDAD DE MUESTRA UMD-04:

La unidad de muestra UMD-04 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: huecos y desprendimientos de agregados.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 59.00 y 12.00.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 59.00.

El valor total deducido es igual a 71.00.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 62.00.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un PCI=38.00 que corresponde a un pavimento en estado "MALO".



Figura 42. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad alta y falla de tipo hueco de severidad media.



Figura 43. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad alta y falla de tipo hueco de severidad media.



Figura 44. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad alta y falla de tipo hueco de severidad media.





#### UNIDAD DE MUESTRA UMD-05:

La unidad de muestra UMD-05 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: parcheo, huecos y desprendimientos de agregados.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 45.00, 38.00 y 10.00.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 45.00.

El valor total deducido es igual a 93.00.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 62.00.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un  $PCI=38.00$  que corresponde a un pavimento en estado "MALO".



Figura 45. Falla de tipo parcheo de severidad media.



Figura 46. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad media.



Figura 47. Falla de tipo huecos de severidad alta.

Tabla 1. Evaluación de la muestra UMD-05

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)											ASTM
Via:	Prog. Inicial:	0+383	Unidad de muestreo:	UMD 05	Lugar:	TRUJILLO					
Fecha:	Prog. Final:	0+421.30	Area de muestreo (m <sup>2</sup> ):	229.80	Ing. Resp.:						
Tipos de Fallas						Diagrama					
Nº	Descripción	Und	Nº	Descripción	Und	6.00					
1	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>	11	Parqueo	m <sup>2</sup>						
2	Exudación	m <sup>2</sup>	12	Pulimento de agregados	m <sup>2</sup>						
3	Agrietamiento en bloque	m <sup>2</sup>	13	Huecos	Nº						
4	Abultamientos y hundimientos	m	14	Cruce de vía férrea	m <sup>2</sup>						
5	Corrugación	m <sup>2</sup>	15	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>						
6	Depresión	m <sup>2</sup>	16	Desplazamiento	m <sup>2</sup>						
7	Grieta de borde	m	17	Grieta parabolica (Slippage)	m <sup>2</sup>						
8	Grieta de reflexión de junta	m	18	Hinchamiento	m <sup>2</sup>						
9	Desnivel carril/berma	m	19	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>						
10	Grietas longitudinal y transv.	m									
Tipos de falla existentes											
Falla	Severidad	Cantidades Parciales							Total	Densidad (%)	Valor Deducido (VD)
11	M	12.50	4.00	10.00					26.50	11.53	45.00
13	H	1.00							1.00	0.44	38.00
19	M	4.00							4.00	1.74	10.00
Numero de valores deducidos > 2 (q):									3	Total	93.00
Valor deducido mas alto (HV D1):									45.00		
Numero maximo de valores deducidos (mi):									6.05	Valor Deducido Corregido (VDC)	
Nº	Valores Deducidos				VDT	q	VDC				
1	45.00	38.00	10.00		93.00	3	60.00				
2	45.00	38.00	2.00		85.00	2	62.00				
3	45.00	2.00	2.00		49.00	1	52.00				
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
							Max VDC	62.00			
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI):					PCI =	100	-	(Max VDC Total VD			
					PCI =	38.00					
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO					Malo						

#### UNIDAD DE MUESTRA UMD-06:

La unidad de muestra UMD-06 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: parcheo y huecos.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 6.00 y 19.80.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 19.80.

El valor total deducido es igual a 25.80.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 21.80.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un  $PCI=78.20$  que corresponde a un pavimento en estado "MUY BUENO".



Figura 48. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad media.



Figura 49. Falla de tipo parcheo de severidad media.





#### UNIDAD DE MUESTRA UMD-07:

La unidad de muestra UMD-07 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: parcheo y hueco.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 10.50 y 19.50.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 19.50.

El valor total deducido es igual a 30.00.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 22.00.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un PCI=78.00 que corresponde a un pavimento en estado "MUY BUENO".



Figura 50. Falla de tipo parcheo de severidad media.



Figura 51. Falla de tipo parcheo de severidad media.



Figura 52. Falla de tipo hueco de severidad media.



#### UNIDAD DE MUESTRA UMD-08:

La unidad de muestra UMD-08 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: parcheo, huecos y desprendimientos de agregados.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 77.00, 42.00 y 14.00.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 77.00.

El valor total deducido es igual a 133.00.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 80.00.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un  $PCI=20.00$  que corresponde a un pavimento en estado "MUY MALO".



Figura 53. Falla de tipo parcheo de severidad media.



Figura 54. Falla de tipo huecos de severidad media.



Figura 55. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad media. 95

Tabla 4. Evaluación de la muestra UMD-08

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)										ASTM 6433-99		
Via:	Prog. Inicial:	0+613			Unidad de muestreo:	UMD 8			Lugar:	TRUJILLO		
Fecha:	Prog. Final:	0+651.10			Area de muestreo (m <sup>2</sup> ):	229.80			Ing. Resp.:			
Tipos de Fallas										Diagrama		
Nº	Descripción	Und	Nº	Descripción	Und							
1	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>	11	Parqueo	m <sup>2</sup>							
2	Exudación	m <sup>2</sup>	12	Pulimento de agregados	m <sup>2</sup>							
3	Agrietamiento en bloque	m <sup>2</sup>	13	Huecos	Nº							
4	Abultamientos y hundimientos	m	14	Cruce de vía férrea	m <sup>2</sup>							
5	Corrugación	m <sup>2</sup>	15	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>							
6	Depresión	m <sup>2</sup>	16	Desplazamiento	m <sup>2</sup>							
7	Grieta de borde	m	17	Grieta parabólica (Slippage)	m <sup>2</sup>							
8	Grieta de reflexión de junta	m	18	Hinchamiento	m <sup>2</sup>							
9	Desnivel carril/berma	m	19	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>							
10	Grietas longitudinal y transv.	m										
Tipos de falla existentes												
Falla	Severidad	Cantidades Parciales							Total	Densidad (%)	Valor Deducido (VD)	
11	H	10.00	4.00	24.00				38.00	16.54	77.00		
13	M	2.00						2.00	0.87	42.00		
19	M	6.00	20.00					26.00	11.31	14.00		
Numero de valores deducidos > 2 (q):		3							Total		133.00	
Valor deducido mas alto (HV Di):		77.00										
Numero maximo de valores deducidos (mi):		3.11							Valor Deducido Corregido (VDC)			
Nº	Valores Deducidos							VDT	q	VDC		
1	77.00	42.00	14.00					133.00	3	80.00		
2	77.00	42.00	2.00					121.00	2	79.00		
3	77.00	2.00	2.00					81.00	1	78.00		
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
								Max VDC	80.00			
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI):								PCI =	100	-	(Max VDC Total VD	
								PCI =	20.00			
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO								Muy Malo				



#### UNIDAD DE MUESTRA UMD-09:

La unidad de muestra UMD-09 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: parcheo y huecos.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 7.00 y 29.50.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 29.50.

El valor total deducido es igual a 36.50.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 31.00.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un PCI=69.00 que corresponde a un pavimento en estado "BUENO".



Figura 56. Falla de tipo parcheo de severidad media.



Figura 57. Falla de tipo huecos de severidad media.



#### UNIDAD DE MUESTRA UMD-10:

La unidad de muestra UMD-10 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: parcheo y huecos.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 5.00, y 19.50.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 19.50.

El valor total deducido es igual a 24.50.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 21.00.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - máx. VDC". Se obtuvo un PCI=79.00 que corresponde a un pavimento en estado "MUY BUENO".



Figura 58. Falla de tipo parcheo de severidad media.

Figura 59. Falla de tipo huecos de severidad media.







#### UNIDAD DE MUESTRA UMDA-01:

La unidad de muestra UMDA-01 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: Grietas longitudinal y transversal y huecos.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 8.00, 18.00 y 32.00.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 32.00.

El valor total deducido es igual a 58.00.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 38.00.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un PCI=62.00 que corresponde a un pavimento en estado "BUENO".



Figura 60. Falla de tipo grietas longitudinal y transv. de severidad media.



Figura 61. Falla de tipo huecos de severidad alta.



Figura 62. Falla de tipo huecos de severidad media.



## UNIDAD DE MUESTRA UMDA-02:

La unidad de muestra UMDA-02 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: huecos y desprendimiento de agregados.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 38.00, 41.00 y 12.00.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 41.00.

El valor total deducido es igual a 91.00.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 55.00.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un PCI=45.00 que corresponde a un pavimento en estado "REGULAR".



Figura 63. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad media.



Figura 64. Falla de tipo huecos de severidad alta.



Figura 65. Falla de tipo huecos de severidad media.





#### UNIDAD DE MUESTRA UMI-01:

La unidad de muestra UMI-01 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: parcheo y desprendimiento de agregados.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 32.00 y 15.00.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 32.00.

El valor total deducido es igual a 47.00.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 36.00.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - máx. VDC". Se obtuvo un PCI=64.00 que corresponde a un pavimento en estado "BUENO".



Figura 66. Falla de tipo parcheo de severidad alta.



Figura 67. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad media.



## UNIDAD DE MUESTRA UMI-02:

La unidad de muestra UMI-02 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: parcheo.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 5.00.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 5.00.

El valor total deducido es igual a 5.00.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 6.00.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un  $PCI=94.00$  que corresponde a un pavimento en estado "EXCELENTE".



Figura 68. Falla de tipo parcheo de severidad media.





### UNIDAD DE MUESTRA UMI-03:

La unidad de muestra UMI-03 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: Desprendimiento de agregados y parcheo.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 28.00 y 3.00.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 28.00.

El valor total deducido es igual a 31.00.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 30.00.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un  $PCI=70.00$  que corresponde a un pavimento en estado "EXCELENTE".



Figura 69. Falla de tipo pulimiento de agregados de severidad media.



Figura 70. Falla de tipo parcheo de severidad baja.



#### UNIDAD DE MUESTRA UMI-04:

La unidad de muestra UMI-04 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: ahuellamiento, desprendimiento de agregados y abultamientos y hundimientos.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 25.00, 3.00 y 7.00.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 25.00.

El valor total deducido es igual a 35.00.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 29.00.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un PCI=71.00 que corresponde a un pavimento en estado "MUY BUENO".



Figura 71. Falla de tipo hundimiento de severidad baja.



Figura 72. Falla de tipo pulimento de agregados de severidad baja.



Figuro 73. Falla de tipo aguellamiento de severidad alta.





#### UNIDAD DE MUESTRA UMI-05:

La unidad de muestra UMI-05 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: grieta de borde, huecos y desprendimiento de agregados.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 4.50, 22.00 y 11.50.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 22.00.

El valor total deducido es igual a 38.00.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 26.00.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un PCI=74.00 que corresponde a un pavimento en estado "MUY BUENO".



Figura 74. Falla de tipo grieta de borde de severidad media.



Figura 75. Falla de tipo huecos de severidad baja.



Figura 76. Falla de tipo huecos de severidad baja.



Figura 77. Falla de tipo hundimiento de severidad baja.



#### UNIDAD DE MUESTRA UMI-06:

La unidad de muestra UMI-06 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: huecos, desprendimiento de agregados y parcheo.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 23.00, 10.50, 10.00 y 22.00.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 23.00.

El valor total deducido es igual a 65.50.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 36.50.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un PCI=63.50 que corresponde a un pavimento en estado "BUENO".



Figura 78. Falla de tipo hueco de severidad alta.





Figura 79. Falla de tipo pulimiento de agregados de severidad alta.



Figura 80. Falla de tipo grieta de borde de severidad media.

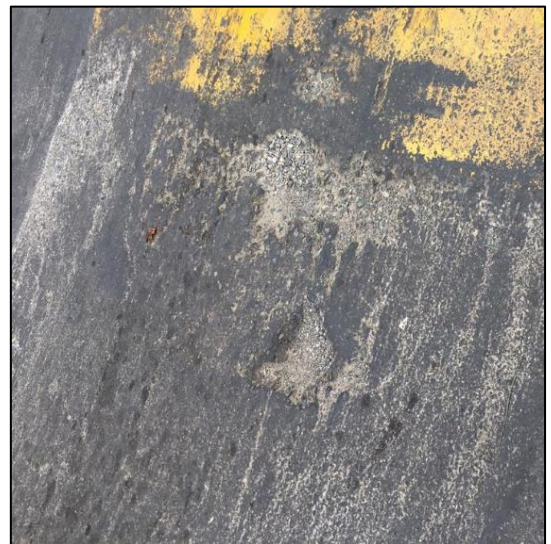


Figura 81. Falla de tipo huecos de severidad baja.



#### UNIDAD DE MUESTRA UMI-07:

La unidad de muestra UMI-07 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: desprendimiento de agregados y parcheo.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 22.00 y 20.00.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 22.00.

El valor total deducido es igual a 42.00.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 31.00.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un PCI=69.00 que corresponde a un pavimento en estado "BUENO".



Figura 82. Falla de tipo pulimiento de agregados de severidad media.





Figura 83. Falla de tipo pulimiento de agregados de severidad media.



Figura 84. Falla de tipo parcheo de severidad alta.



Figura 85. Falla de tipo pulimiento de agregados de severidad media y falla de tipo parcheo de severidad alta



#### UNIDAD DE MUESTRA UMI-08:

La unidad de muestra UMI-08 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: desprendimiento de agregados, huecos y piel de cocodrilo.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 10.00, 79.00 y 12.00.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 79.00.

El valor total deducido es igual a 101.00.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 79.00.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un  $PCI=21.00$  que corresponde a un pavimento en estado "REGULAR".



Figura 86. Falla de tipo huecos de severidad media y falla de tipo pulimiento de agregados de severidad alta



Figura 87. Falla de tipo piel de cocodrilo de severidad media.





Figura 88. Falla de tipo grieta de borde de severidad media.



Figura 89. Falla de tipo hueco de severidad media.



Figura 90. Falla de tipo hueco de severidad media.



Figura 91. Falla de tipo grieta de borde de severidad media.



Figura 92. Falla de tipo grieta de borde de severidad media.





#### UNIDAD DE MUESTRA UMI-09:

La unidad de muestra UMI-09 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: desprendimiento de agregados y huecos.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 12.00, 19.00 y 38.00.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 38.00.

El valor total deducido es igual a 69.00.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 45.00.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un PCI=55.00 que corresponde a un pavimento en estado "REGULAR".



Figura 93. Falla de tipo hueco de severidad media.



Figura 94. Falla de tipo pulimiento de agregados de severidad alta y falla de tipo hueco de severidad alta.



Figura 95. Falla de tipo grieta de borde de severidad media.

Tabla 46. Evaluación de la muestra UMI-09

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)											
Via:		Prog. Inicial:	0+077	Unidad de muestreo:	UMI 00	Lugar:	TRUJILLO				
Fecha:		Prog. Final:	0+114.90	Area de muestreo (m <sup>2</sup> ):	229.80	Ing. Resp.:					
Tipos de Fallas						Diagrama					
Nº	Descripción	Und	Nº	Descripción	Und						
1	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>	11	Parqueo	m <sup>2</sup>						
2	Exudación	m <sup>2</sup>	12	Pulimento de agregados	m <sup>2</sup>						
3	Agrietamiento en bloque	m <sup>2</sup>	13	Huecos	Nº						
4	Abultamientos y hundimientos	m	14	Cruce de vía férrea	m <sup>2</sup>						
5	Corrugación	m <sup>2</sup>	15	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>						
6	Depresión	m <sup>2</sup>	16	Desplazamiento	m <sup>2</sup>						
7	Grieta de borde	m	17	Grieta parabolica (Slippage)	m <sup>2</sup>						
8	Grieta de reflexión de junta	m	18	Hinchamiento	m <sup>2</sup>						
9	Desnivel carril/berma	m	19	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>						
10	Grietas longitudinal y transv.	m									
Tipos de falla existentes											
Falla	Severidad	Cantidades Parciales							Total	Densidad (%)	Valor Deducido (VD)
19	H	0.65							0.65	0.28	12.00
13	M	1.00							1.00	0.44	19.00
13	H	1.00							1.00	0.44	38.00
									Total		69.00
Numero de valores deducidos > 2 (q):		3									
Valor deducido mas alto (HV Di):		38.00									
Numero maximo de valores deducidos (mi):		6.69									Valor Deducido Corregido (VDC)
Nº	Valores Deducidos							VDT	q	VDC	
1	38.00	19.00	12.00					69.00	3	45.00	
2	38.00	19.00	2.00					59.00	2	43.00	
3	38.00	2.00	2.00					42.00	1	41.00	
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
									Max VDC	45.00	
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI):							PCI =	100	-	(Max VDC Total VD	
							PCI =			55.00	
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO							Regular				

#### UNIDAD DE MUESTRA UMI-10:

La unidad de muestra UMI-10 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: parcheo, desprendimiento de agregados y huecos.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 3.00, 6.00, 28.00, 27.00 y 45.00.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 45.00.

El valor total deducido es igual a 109.00.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 62.00.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un PCI=38.00 que corresponde a un pavimento en estado "REGULAR".



Figura 96. Falla de tipo hueco de severidad alta.

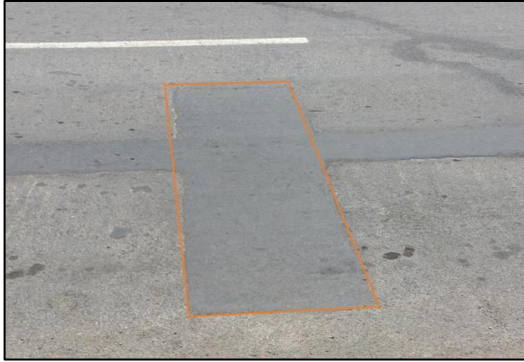


Figura 97. Falla de tipo parcheo de severidad baja.



Figura 98. Falla de tipo huecos de severidad media y falla de tipo pulimento de agregados de severidad media.

Tabla 47. Evaluación de la muestra UMI-010

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)												
Via:		Prog. Inicial:	0+077	Unidad de muestreo:	UMI 10	Lugar:	TRUJILLO					
Fecha:		Prog. Final:	0+114.90	Area de muestreo (m <sup>2</sup> ):	229.80	Ing. Resp.:						
Tipos de Fallas						Diagrama						
Nº	Descripción	Und	Nº	Descripción	Und							
1	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>	11	Parqueo	m <sup>2</sup>							
2	Exudación	m <sup>2</sup>	12	Pulimento de agregados	m <sup>2</sup>							
3	Agrietamiento en bloque	m <sup>2</sup>	13	Huecos	Nº							
4	Abultamientos y hundimientos	m	14	Cruce de vía férrea	m <sup>2</sup>							
5	Corrugación	m <sup>2</sup>	15	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>							
6	Depresión	m <sup>2</sup>	16	Desplazamiento	m <sup>2</sup>							
7	Grieta de borde	m	17	Grieta parabólica (Slippage)	m <sup>2</sup>							
8	Grieta de reflexión de junta	m	18	Hinchamiento	m <sup>2</sup>							
9	Desnivel carril/berma	m	19	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>							
10	Grietas longitudinal y transv.	m										
Tipos de falla existentes												
Falla	Severidad	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	Valor Deducido (VD)		
11	L	0.90						0.90	0.39	3.00		
19	M	0.80						0.80	0.35	6.00		
19	H	10.00						10.00	4.35	28.00		
13	M	2.00						2.00	0.87	27.00		
13	H	2.00						2.00	0.87	45.00		
Numero de valores deducidos > 2 (q):		5						Total		109.00		
Valor deducido mas alto (HV Di):		45.00										
Numero maximo de valores deducidos (mi):		6.05						Valor Deducido Corregido (VDC)				
Nº	Valores Deducidos						VDT	q	VDC			
1	45.00	28.00	27.00	6.00	3.00		109.00	5	52.00			
2	45.00	28.00	27.00	6.00	2.00		108.00	4	59.00			
3	45.00	28.00	27.00	2.00	2.00		104.00	3	62.00			
4	45.00	28.00	2.00	2.00	2.00		79.00	2	55.00			
5	45.00	2.00	2.00	2.00	2.00		53.00	1	54.00			
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
								Max VDC	62.00			
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI):							PCI =	100	-	(Max VDC Total VD)		
							PCI =	38.00				
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO							Malo					



#### UNIDAD DE MUESTRA UMIA-01:

La unidad de muestra UMIA-01 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: huecos y desprendimiento de agregados.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 38.00 y 5.00.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 38.00.

El valor total deducido es igual a 43.00.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 40.00.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un PCI=60.00 que corresponde a un pavimento en estado "BUENO".



Figura 99. Falla de tipo hueco de severidad alta.



Figura 100. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad media.





## UNIDAD DE MUESTRA UMIA-02:

La unidad de muestra UMID-02 cuenta con un área de 229.80 metros cuadrados. Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: exudación y desprendimiento de agregados.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 10.00 y 8.00

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 10.00.

El valor total deducido es igual a 18.00.

De acuerdo al procedimiento de la metodología PCI, se procede a calcular el máximo valor deducido corregido (VDC). Para este caso, el valor obtenido es 14.00.

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un PCI=86.00 que corresponde a un pavimento en estado "EXCELENTE".



Figura 101. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad media.



Figura 102. Falla de tipo desprendimiento de agregados de severidad media.



Figura 103. Falla de tipo exudación de severidad media.

