

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI EN LA EVALUACIÓN DEL  
ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA  
METROPOLITANA II DE LA CIUDAD DE TRUJILLO.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TRANSPORTES**

**AUTORES:**

Bach. PASCUAL RODRIGUEZ JUNIOR

Bach. REBAZA AGUILAR JOSÉ CARLOS

**ASESOR:**

ING. TITO BURGOS SARMIENTO

**TRUJILLO – PERÚ**

**2019**

**“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI EN LA EVALUACIÓN DEL  
ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA  
METROPOLITANA II DE LA CIUDAD DE TRUJILLO”**

Por: Bach. Pascual Rodríguez Junior  
Bach. Rebaza Aguilar José Carlos

Jurado evaluador:

---

Ing. Ochoa Zevallos Rolando  
Presidente

---

Carmen Geldres Sánchez  
Secretaria

---

Ing. Narvaez Aranda Ricardo  
Accesitario

Asesor:

---

Ing. Tito A. Burgos Sarmiento

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del jurado:

De conformidad y de acuerdo a lo estipulado en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, ponemos a su disposición la tesis que lleva por título “**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI EN LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA METROPOLITANA II DE LA CIUDAD DE TRUJILLO**” la cual fue elaborada con el objetivo de obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

Este trabajo de investigación ha sido desarrollado aplicando los conocimientos adquiridos durante la etapa universitaria y bajo la supervisión de nuestro asesor. Además, se tuvo como base las Normas Técnicas Peruanas vigentes, las normas establecidas en la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y la Norma ASTM D6433-03

**Los autores.**

## **DEDICATORIA**

A dios, por siempre guiarme por el buen camino, por siempre darme las fuerzas en los momentos más difíciles de mi vida, por darme una linda familia y por siempre bendecirme.

A mis padres, por darme una educación, por darme su apoyo incondicional a lo largo de mi etapa académica, por enseñarme siempre a ser el mejor y darme todo lo que necesitaba, por siempre motivarme en cada etapa que me toca vivir.

A mi abuela, por siempre darme sus sabios consejos, por siempre ayudarme cada día a ser mejor persona, por inculcarme desde niño la palabra de Dios y por darme esa paz que tanto necesito.

A ustedes les dedico cada una de estas páginas de esta investigación.

**Bach. Pascual Rodríguez Junior**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por guiarme por el camino del bien, por darme las fuerzas necesarias para poder salir adelante haciendo frente a las adversidades de la vida y por permitir culminar con éxito esta etapa de mi vida profesional.

A mis queridos padres José y María por su apoyo incondicional, por sus buenos consejos que me ayudaron a ser lo que soy y por ayudarme con los recursos que fueron necesarios para lograr mis objetivos en la etapa universitaria.

De igual manera a mis hermanos Joseph, Maricruz, Eduar y Matías por brindarme siempre su apoyo y por estar siempre a mi lado brindándome su cariño.

A todos ustedes les dedico el resultado de mi esfuerzo en cada una de estas páginas.

**Bach. Rebaza Aguilar José Carlos**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por mostrarme el camino correcto para conseguir mis objetivos, por cuidarme siempre y darme las fuerzas necesarias para no desistir

A mis padres, gracias por su apoyo incondicional, comprensión, cariño y consejos, por darme una buena educación gracias a ustedes soy lo que soy.

A todos mis docentes de la Facultad de Ingeniería Civil por brindarme sus conocimientos a lo largo de mi formación académica.

A mi estimado asesor Tito Burgos Sarmiento por su tiempo, apoyo dedicación para la elaboración de mi tesis.

Finalmente agradecer a la Universidad Privada Antenor Orrego, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por todas las oportunidades que me brindo en este tiempo.

**Bach. Pascual Rodríguez Junior**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres por haberme dado la oportunidad de formarme profesionalmente en esta prestigiosa Universidad y haber sido mi principal apoyo para culminar de forma exitosa esta etapa de mi vida.

Asimismo, agradezco infinitamente a mis hermanos Joseph, Maricruz, Eduar y Matías, por llenarme de alegría día tras día, por compartir tan bellos momentos juntos y por soportarme en los momentos más difíciles.

De manera muy especial quiero agradecer a mi asesor de tesis el Ing.Tito Burgos Sarmiento, por haberme guiado no solo en el desarrollo de esta tesis, sino también a lo largo de la carrera universitaria.

Por último, a la Universidad por haberme enriquecido con conocimientos.

**Bach. Rebaza Aguilar José Carlos**

## INDICE

<b>PRESENTACION.....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>xi</b>
<b>INDICE.....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xv</b>
<b>1. INTRODUCCION.....</b>	<b>17</b>
<b>1.1. Realidad problemática .....</b>	<b>18</b>
<b>1.2. Formulación del problema.....</b>	<b>19</b>
<b>1.3. Objetivos de la investigación.....</b>	<b>19</b>
<b>1.4. Justificación de la investigación.....</b>	<b>20</b>
<b>2. MARCO DE REFERENCIA .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1. Antecedentes de la investigación.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2. Marco teórico .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.1. Pavimento .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.2. Clasificación de los pavimentos. ....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.3. Estructura del pavimento .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.4. Fallas en los pavimentos.....</b>	<b>27</b>
<b>2.2.5. Tipos de evaluación de pavimentos: .....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.6. Fallas en los pavimentos flexibles: .....</b>	<b>33</b>
<b>2.3. Marco conceptual .....</b>	<b>56</b>
<b>2.4. Hipótesis .....</b>	<b>58</b>
<b>2.5. Variables.....</b>	<b>58</b>
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>59</b>
<b>3.1. Tipo y nivel de investigación .....</b>	<b>59</b>
<b>3.2. Población y muestra .....</b>	<b>59</b>
<b>3.2.1. Población .....</b>	<b>59</b>

3.2.2. Muestra.....	59
3.3. Técnicas e instrumentos de investigación .....	61
3.3.1. Técnicas de recolección de datos.....	61
3.3.2. Instrumentos de recolección de datos .....	61
3.4. Diseño de investigación .....	64
3.5. Procesamiento y análisis de datos .....	65
4. RESULTADOS.....	72
4.1. Resultados de las unidades de muestra D (carril derecho) .....	72
4.2. Resultados de las unidades de muestra I (Carril izquierdo).....	73
4.3. Análisis e interpretación de resultados.....	73
4.4. Calculo del pci general .....	79
4.5. Prueba de hipótesis.....	80
CONCLUSIONES.....	81
RECOMENDACIONES.....	83
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	84
ANEXOS.....	86

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Paquete estructural de un pavimento .....	24
Figura 2. Niveles de deterioro de los pavimentos .....	31
Figura 3. Piel de cocodrilo en pavimentos flexibles.....	31
Figura 4. Exudación en pavimentos.....	35
Figura 5. Agrietamiento en bloque. ....	37
Figura 6. Hundimientos en pavimentos flexibles .....	38
Figura 7. Corrugaciones en pavimentos flexibles.....	39
Figura 8. Depresión en pavimentos.....	40
Figura 9. Grieta de borde.....	41
Figura 10. Grieta de reflexión.....	412
Figura 11. Desnivel Carril/Berma.....	43
Figura 12. Grietas longitudinales y transversales .....	45
Figura 13. Parcheo en pavimentos .....	46
Figura 14. Pulimento de agregados.....	47
Figura 15. Huecos .....	49
Figura 16. Cruce de vía férrea .....	50
Figura 17. Ahuellamiento.....	51
Figura 18. Desplazamiento.....	52
Figura 19. Grietas parabólicas.....	53
Figura 20. Hinchamiento.....	54
Figura 21. Meteorización y desprendimiento de agregados.....	55
Figura 22. Tramo de estudio .....	559
Figura 23. Odómetro Manual .....	63
Figura 24. Cinta Métrica.....	63
Figura 25. Conos de Seguridad .....	64
Figura 26. Gráfico de valores deducidos .....	68
Figura 27. Curvas de corrección del valor deducido (CDV) para pavimentos flexibles.....	70
Figura 28. Estado de U-M carril derecho. ....	76
Figura 29. Estado de U-M Carril Izquierdo .....	79
Figura 30. Grietas longitudinales.....	87
Figura 31. Piel de cocodrilo.....	90

<b>Figura 32. Desprendimiento de agregados .....</b>	<b>90</b>
<b>Figura 33. Huecos .....</b>	<b>92</b>
<b>Figura 34. Desprendimiento de agregados .....</b>	<b>92</b>
<b>Figura 35. Huecos .....</b>	<b>94</b>
<b>Figura 36. Parches .....</b>	<b>94</b>
<b>Figura 37. Pulimiento de agregados .....</b>	<b>96</b>
<b>Figura 38. Ahuellamiento .....</b>	<b>96</b>
<b>Figura 39. Desprendimiento de agregados .....</b>	<b>98</b>
<b>Figura 40. Abultamiento .....</b>	<b>98</b>
<b>Figura 41. Parches .....</b>	<b>100</b>
<b>Figura 42. Huecos .....</b>	<b>100</b>
<b>Figura 43. Huecos .....</b>	<b>102</b>
<b>Figura 44. Huecos .....</b>	<b>102</b>
<b>Figura 45. Parches .....</b>	<b>104</b>
<b>Figura 46. Piel de Cocodrilo .....</b>	<b>104</b>
<b>Figura 47. Huecos .....</b>	<b>106</b>
<b>Figura 48. Hinchamiento .....</b>	<b>106</b>
<b>Figura 49. Agrietamiento en bloque .....</b>	<b>108</b>
<b>Figura 50. Huecos .....</b>	<b>108</b>
<b>Figura 51. Huecos .....</b>	<b>110</b>
<b>Figura 52. Huecos .....</b>	<b>110</b>
<b>Figura 53. Agregado Pulido .....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 54. Parches .....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 55. Agregado Pulido .....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 56. Parches .....</b>	<b>116</b>
<b>Figura 57. Agregado Pulido .....</b>	<b>116</b>
<b>Figura 58. Huecos .....</b>	<b>118</b>
<b>Figura 59. Huecos .....</b>	<b>118</b>
<b>Figura 60. Agregado Pulido .....</b>	<b>120</b>
<b>Figura 61. Abultamientos .....</b>	<b>122</b>
<b>Figura 62. Huecos .....</b>	<b>122</b>
<b>Figura 63. Huecos .....</b>	<b>124</b>
<b>Figura 64. Parches .....</b>	<b>124</b>

<b>Figura 65. Parches.....</b>	<b>126</b>
<b>Figura 66. Huecos.....</b>	<b>126</b>
<b>Figura 67. Grietas.....</b>	<b>128</b>
<b>Figura 68. Ahuellamiento.....</b>	<b>128</b>
<b>Figura 69. Huecos.....</b>	<b>130</b>
<b>Figura 70. Huecos.....</b>	<b>130</b>
<b>Figura 71. Desprendimiento de agregados .....</b>	<b>132</b>
<b>Figura 72. Desprendimiento de agregados .....</b>	<b>132</b>
<b>Figura 73. Ahuellamiento.....</b>	<b>134</b>
<b>Figura 74. Desprendimiento de agregados .....</b>	<b>134</b>
<b>Figura 75. Grietas.....</b>	<b>136</b>
<b>Figura 76. Desprendimiento de agregados .....</b>	<b>136</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rango de calificaciones del PCI.....	29
Tabla 2. Degradación tipo A-Método VIZIR .....	32
Tabla 3. Degradación tipo A-Método VIZIR .....	32
Tabla 4. Niveles de severidad para huecos .....	48
Tabla 5. Operacionalización de las variables independiente y dependiente.....	58
Tabla 6. Longitud de muestra según su ancho de calzada .....	60
Tabla 7. Hoja de registro de datos .....	62
Tabla 8. Cálculo longitud de muestra según su ancho de calzada .....	65
Tabla 9. Intervalo de muestreo en el carril Izquierdo.....	66
Tabla 10. Intervalo de muestreo en el carril Derecho .....	67
Tabla 11. Cálculo de la densidad de un tipo de falla.....	67
Tabla 12. Cálculo del total de los valores deducidos .....	69
Tabla 13. Cálculo del máximo valor deducido en la curva de corrección .....	70
Tabla 14. Cálculo del PCI de la unidad de muestra.....	71
Tabla 15. Rangos de la clasificación del estado del pavimento .....	73
Tabla 16. Resumen de resultados del carril Derecho .....	74
Tabla 17. Características del carril Derecho .....	75
Tabla 18. Resultados del PCI – Carril derecho.....	75
Tabla 19. Resumen de resultados del carril Izquierdo.....	77
Tabla 20. Características del carril Izquierdo.....	78
Tabla 21. Resultado del PCI – Carril Izquierdo .....	78
Tabla 22. Condición del pavimento en la Av. Metropolitana II .....	79
Tabla 23. Evaluación de la muestra UM/D-3 .....	88
Tabla 24. Evaluación de la muestra UM/D-6 .....	91
Tabla 25. Evaluación de la muestra UM/D-9 .....	93
Tabla 26. Evaluación de la muestra UM/D-12 .....	95
Tabla 27. Evaluación de la muestra UM/D-15 .....	97
Tabla 28. Evaluación de la muestra UM/D-18 .....	99
Tabla 29. Evaluación de la muestra UM/D-21 .....	101
Tabla 30. Evaluación de la muestra UM/D-24 .....	103
Tabla 31. Evaluación de la muestra UM/D-27 .....	105
Tabla 32. Evaluación de la muestra UM/D-30 .....	107

<b>Tabla 33. Evaluación de la muestra UM/D-33 .....</b>	<b>109</b>
<b>Tabla 34. Evaluación de la muestra UM/D-36 .....</b>	<b>111</b>
<b>Tabla 35. Evaluación de la muestra UM/I-3.....</b>	<b>113</b>
<b>Tabla 36. Evaluación de la muestra UM/I-7.....</b>	<b>115</b>
<b>Tabla 37. Evaluación de la muestra U/I-11 .....</b>	<b>117</b>
<b>Tabla 38. Evaluación de la muestra UM/I-15.....</b>	<b>119</b>
<b>Tabla 39. Evaluación de la muestra UM/I-19.....</b>	<b>121</b>
<b>Tabla 40. Evaluación de la muestra UM/I-23.....</b>	<b>123</b>
<b>Tabla 41. Evaluación de la muestra UM/I-27.....</b>	<b>125</b>
<b>Tabla 42. Evaluación de la muestra UM/I-31.....</b>	<b>127</b>
<b>Tabla 43. Evaluación de la muestra UM/I-35.....</b>	<b>129</b>
<b>Tabla 44. Evaluación de la muestra UM/I-39.....</b>	<b>131</b>
<b>Tabla 45. Evaluación de la muestra UM/I-43.....</b>	<b>133</b>
<b>Tabla 46. Evaluación de la muestra UM/I-47.....</b>	<b>135</b>
<b>Tabla 47. Evaluación de la muestra UM/I-51.....</b>	<b>137</b>

## **RESUMEN**

El presente trabajo de tesis, tiene por objetivo principal determinar el índice de condición del pavimento flexible en la Avenida Metropolitana II de la ciudad de Trujillo haciendo uso de la metodología PCI (Pavement Condition Index), es decir, se precisa el nivel de degradación que presenta actualmente la vía de estudio. Asimismo, hace énfasis en la necesidad de contar con una estrategia que nos permita intervenir oportunamente y brindar un mantenimiento, rehabilitación o sustitución de la capa de rodadura si es necesario.

Este trabajo de investigación empieza con la división de la vía en secciones o “unidades de muestreo” de 35.4 m cada una, dando un total de 54 unidades de muestra en el carril izquierdo y 41 en el carril derecho, de los cuales fueron estudiadas 13 y 12 respectivamente, haciendo un total de 25 unidades de muestra sometidas a evaluación de acuerdo a lo estipulado en el manual PCI.

Una vez realizado el seccionamiento de la vía y selección de las muestras a estudiar, se procedió a la inspección visual estudiando las fallas existentes, así como su severidad y cantidad. Toda la información obtenida en el trabajo de campo fue recolectada en formatos normalizados por la metodología.

Por último, se realizó el procesamiento de datos según el manual PCI y se obtuvo como resultado un valor de PCI igual a 49.21 para el carril derecho y 51.02 para el carril izquierdo; según los rangos de calificación de la metodología ambos valores corresponden a un estado “REGULAR”.

## **SUMMARY**

The main objective of this thesis work is to determine the condition index of the flexible pavement in the Metropolitan Avenue II of the city of Trujillo in the use of the methodology of the PCI (Pavement Condition Index), it means, it is precise the level of degradation that the study path currently presents. So, it makes emphasis in the need to have a strategy that allows us to intervene opportunely and provide a maintenance service, rehabilitation or replacement of the asphalt if necessary.

This research work begins with the division of the road into sections or "sampling units" of 35.4 m each one, giving a total of 54 sample units in the left lane and 41 in the right lane, of which have been studied 13 and 12 respectively, making a total of 25 sample units in an evaluation according to what is stipulated in the PCI manual.

Once the sectioning of the road and the selection of the study samples, the visual inspection was proceeded, studying existing faults, as well as their severity and quantity. All the information in the field work is collected in the formats standardized by the methodology.

Finally, the data was processed according to the PCI manual and a the result is a value of 49.21 for the right lane and 51.02 for the left lane; according to the rating ranges of the methodology both values corresponding to a "REGULAR" status.

## **1. INTRODUCCION**

La red vial o carreteras son de vital importancia para el desarrollo y crecimiento de un país debido a que por este medio no solo es posible el transporte de todo tipo de mercancías, sino también el traslado de personas. Es necesario que las vías se encuentren en un estado óptimo, ya que una vía en buen estado influye directamente en el desarrollo económico y social de un sector urbano.

Actualmente en Trujillo, muchas de las vías se encuentran en mal estado de conservación como consecuencia del Fenómeno del niño y la falta de mantenimiento preventivo por parte de las autoridades, este es el caso de la Avenida Metropolitana II que, a pesar de ser una avenida relativamente nueva, presenta una estructura deteriorada que no asegura una servicialidad óptima causando malestar a los usuarios.

La Municipalidad Distrital de Trujillo debe dar solución urgente a este problema implementando un sistema adecuado que permita determinar el estado en el que se encuentra el pavimento para saber cuándo es necesario dar un mantenimiento preventivo correspondiente y evitar repararlo nuevamente e incurrir en gastos innecesarios.

Esta tesis plantea la aplicación de la Metodología PCI (Pavement Condition Index). Esta técnica es aplicable en diferentes clases de pavimentos, además, por su fácil aplicación y porque no se necesita de instrumentos ni materiales especializados para llevarse a cabo, PCI es una de las técnicas de auscultación visual más aceptadas por la Gestión Vial. Esta metodología consiste en realizar un recorrido a la vía de estudio y recolectar la información necesaria según lo estipulado en el Manual PCI, además de precisar la cantidad y severidad de las fallas que puede presentar.

El presente estudio aplica el Índice de Condición del Pavimento (PCI) en la Avenida Metropolitana II de la ciudad de Trujillo, para determinar el estado situacional del pavimento asfáltico sirviendo como base a la entidad encargada de realizar el mantenimiento o reparación, así se podrá realizar una programación de intervención oportuna a los pavimentos que lo requieran para de esta manera evitar el deterioro de los pavimentos y evitar gastos innecesarios.

### **1.1. Realidad problemática**

“Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente” (Montejo, 2006).

Existen tres tipos de pavimentos que se diferencian entre sí por los materiales que están constituidos y como se encuentran estructurados.

El pavimento Rígido es aquel conformado por losas de concreto simple o armado. El costo de este tipo de pavimento es más elevado comparado con el flexible, sin embargo, la ventaja que posee está relacionada al periodo de su vida útil que varía entre 20 y 40 años y al poco mantenimiento que necesita.

El pavimento Flexible está formado por una capa delgada de mezcla asfáltica asentada sobre una capa de base y otra de sub-base. Este tipo de pavimento es mucho más económico que el Rígido, pero tiene la desventaja de necesitar mantenimiento constante debido al desgaste de su capa de rodadura. Otra desventaja que posee es que la vida útil de un pavimento flexible es menor, ésta varía entre 15 a 20 años.

El pavimento articulado consta de bloques prefabricados de concreto, los cuales son apoyados sobre capas granulares. Este tipo de pavimento es muy ventajoso al momento de brindar mantenimiento ya que solo se retira las piezas dañadas y son reemplazadas por nuevas.

En el Perú, los pavimentos más utilizados son los pavimentos flexibles, los cuales se han visto afectados en los dos últimos años como consecuencia del fenómeno del niño que azotó al norte del Perú. A esto se le suma la ineficiencia de las autoridades responsables de su mantenimiento o reparación.

Otro causante del mal estado de los pavimentos es el crecimiento a pasos agigantados del parque automotor, generando que los pavimentos estén sometidos a solicitudes cada vez mayores y como consecuencia un desgaste mucho mayor afectando su vida útil.

Es necesario proponer alternativas eficientes de evaluación de estos pavimentos Flexibles para poder identificar en el momento adecuado el estado en el que se encuentran y lograr un mantenimiento preventivo con el fin de lograr una mayor vida útil. Para conocer el

estado real en que se encuentra la vía, realizaremos una óptima evaluación superficial del estado del pavimento, mediante la metodología del PCI

### **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál será la condición en que se encuentra el pavimento flexible de la avenida Metropolitana II de la ciudad de Trujillo aplicando la metodología del PCI?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **Objetivo general.**

Determinar cuál es la condición en que se encuentra el pavimento flexible de la Avenida Metropolitana II de la ciudad de Trujillo aplicando la metodología PCI.

#### **Objetivos específicos.**

- Evaluar preliminarmente la zona de estudio aplicando los parámetros de la metodología PCI.
- Identificar todas las fallas presentes en el pavimento flexible utilizando la inspección visual.
- Determinar el nivel de severidad que presentan cada tipo de falla en el pavimento flexible mediante el método del PCI.
- Calificar el estado superficial del pavimento y determinar la condición de Pavimento, mediante la metodología PCI para cada unidad de Muestra.

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

Los pavimentos en general sufren un desgaste normal con el paso del tiempo. Esto no es ajeno al pavimento flexible que es quizá el que más desgaste sufre por diferentes factores ajenos a su diseño como por ejemplo la carga excesiva a la que son sometidos y en ocasiones la ausencia de un sistema de drenaje adecuado para evacuar las aguas provenientes de la lluvia, además, la falta de un mantenimiento preventivo hace que la vida útil del pavimento no sea la esperada.

Por tal motivo, es sumamente necesario poder identificar en forma anticipada a los pavimentos flexibles que se encuentran no aptos para su uso y que necesitan ser reparados o sustituidos.

La aplicación de una metodología adecuada para el análisis del estado de los pavimentos flexibles resulta de gran provecho ya que permite detectar pavimentos defectuosos para poder brindar el mantenimiento correspondiente.

Entre las metodologías más utilizadas podemos encontrar al método de PCI. Es una técnica de auscultación visual que nos permiten detectar las anomalías y dar un valor numérico según el estado en el que se encuentran los pavimentos.

El presente trabajo de investigación pretende aplicar esta metodología para el análisis de la zona de estudio con el objeto de determinar la condición real en la que se encuentran los pavimentos flexibles. Esta experiencia puede servir como base para las municipalidades y gobiernos regionales al momento de aplicar un método efectivo de análisis de pavimentos y aplicarlo cuando se requiera dar mantenimiento a estos.

## **2. MARCO DE REFERENCIA**

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

PEREDA (2014) presentó una tesis denominada “ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - LA COLPA” en la que se propuso obtener un criterio racional para justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos, haciendo uso de la metodología PCI, para lo cual se determinó la condición de los pavimentos flexibles utilizando métodos técnicos y visuales, identificando la cantidad y severidad de cada una de las anomalías encontradas. Se dividió la zona en estudio en cuatro tramos obteniendo los siguientes resultados: El tramo 01 tiene un PCI de 44, lo que significa que el pavimento de este tramo se encuentra en un estado de conservación regular. Para el tramo 02 se obtuvo un PCI de 44, que también es considerado un pavimento en estado regular. El tramo 03 obtuvo un PCI de 70, este es considerado un pavimento bueno. Por último, la sección 04 que logró obtener un PCI de 71 lo cual es considerado como un pavimento muy bueno. Este trabajo es un gran aporte, la investigación realizada nos ayudará a determinar los tramos de la vía que necesitan mantenimiento para lograr una óptima servicialidad.

LEGUIA, PACHECO (2014), realizaron una investigación llamada “EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) EN LAS VÍAS ARTERIALES: CINCUENTENARIO, COLÓN Y MIGUEL GRAU”. Esta investigación tuvo por objetivo determinar la evaluación superficial de pavimentos mediante el método Pavement Condition Index (PCI). Los resultados obtenidos del tramo de estudio mediante esta metodología fueron los siguientes: se obtuvo un PCI de 51.84 para la Av. Cincuentenario, lo que significa que la vía se encuentra en un estado REGULAR de conservación. Para la Av. Colón y Miguel Grau el resultado arrojado fue un PCI de 59.29 lo que sería un estado de conservación BUENO. Esta investigación nos sirve para identificar las vías que necesitan intervención inmediata por parte de las autoridades encargadas de su mantenimiento.

ROBLES (2015) presentó un trabajo de investigación el cual lleva por nombre “CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) BARRANCO - SURCO – LIMA”, En este trabajo se intenta determinar el Índice de Condición de Pavimento en la Av. Pedro de Osma de la cuadra N°1 a la cuadra N° 8 a partir de la determinación y evaluación de las patologías del pavimento basado en la Norma ASTM D6433-07. Como resultado final del trabajo pudo concluir que la metodología PCI es de fácil aplicación y es un primer paso en la evaluación de los pavimentos flexibles, sin embargo, es necesario aplicar otros métodos de análisis que no sean solo visuales, si no también destructivas, lo que significaría una mejor forma de análisis para conocer el estado interno del pavimento flexible. El principal aporte de esta investigación es conocer el momento adecuado en el cual una vía necesita mantenimiento para prolongar su vida útil.

CANTUARIAS, WATANABE (2017) realizaron una 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”, Este trabajo tiene por objetivo determinar la situación actual del pavimento flexible en la Avenida Camino Real haciendo uso de la metodología PCI, los resultados obtenidos mediante el método utilizado en el tramo de estudio fueron los siguientes: El estado de conservación de la vía es EXCELENTE, se obtuvo un valor de PCI = 87.52 lo que significa que las acciones correctivas son mínimas, además, la severidad en la que se encuentran actualmente las fallas son de nivel BAJO. Esta investigación nos sirve para determinar si la vía de estudio necesita intervención de la entidad responsable de su mantenimiento.

RODRIGUEZ, (2009) Presento una tesis denominada “CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LUIS MONTERO, DISTRITO DE CASTILLA”. La presente tesis tiene como objetivo aplicar la metodología del PCI para determinar el índice de Condición de pavimento en la Av. Luis Montero en el distrito de Castilla. Se evaluó alrededor de mil doscientos metros lineales de pista la cual se dividió en dos carriles de derecha e izquierda para una determinada cantidad de muestras, para identificar las fallas existentes y cuantificar el estado de la vía. En el presente estudio se concluyó que la Av. Luis Montero tiene un pavimento en un estado regular, con un PCI ponderado de 49. Esto se debe gracias a las obras de

mantenimiento que se realizaron en el año 2008, la cual aminorado los daños que ha tenido el pavimento. La gran mayoría de fallas que se identificaron fueron de tipo funcional, la cual no afecta la función del tránsito normal de los vehículos, porque no se detectaron fallas estructurales de gran magnitud. Al final se han recomendado algunas técnicas de reparación de acuerdo a las fallas detectadas.

CAMPOS, (2017) Presento una tesis denominada EVALUACION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI), DE LA CARRETERA CP. HUAMBOCANCHA BAJA- CP. EL BATAN, PROVINCIA DE CAJAMARCA- 2015. En la presente tesis se tuvo como objetivo determinar el Índice de condición del pavimento (PCI), de la carretera Huambocancha Baja – El Batan. El tramo de la carretera de estudio une las provincias de Cajamarca y Hualgayoc, la cual es fue de suma importancia saber en qué estado se encontraba, para ello se tomó 5.00 km de carretera, exactamente desde el km 02+000 hasta el km07+000.Siendo un total de 78 unidades de muestras analizadas, anotando las fallas y determinando la severidad de las mismas, se determinó que la carretera presento un pavimento en estado Regular, con un PCI de 47.15 , Se recomendó utilizar la presente tesis , como un elemento y base de estudios futuros a fin de encontrar las técnicas de reparación correcta.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Pavimento**

Un Pavimento es aquella estructura conformada por un conjunto de capas de materiales seleccionados y superpuestos que reciben en forma directa las cargas del tránsito y los transmiten al suelo en forma uniforme y disipada. Estas capas deben de estar adecuadamente compactadas hasta alcanzar la resistencia especificada. Todo pavimento debe proporcionar una superficie de rodamiento de adecuado funcionamiento y capaz de resistir las cargas durante la vida útil de diseño. Las condiciones necesarias para su buen funcionamiento son las siguientes: ancho apropiado, resistencia adecuada al deslizamiento y a las cargas impuestas por el tráfico, buena adherencia y desagüe eficiente. Además, debe proteger a la explanada de las precipitaciones y la intemperie. El esfuerzo al que se somete el pavimento, producto del tránsito, decrece a medida que se profundiza, es por ello que, los materiales con mayor resistencia se colocan en las capas superiores y en las capas inferiores se colocan materiales de menor resistencia obteniendo, de esta manera, pavimentos más económicos.

El pavimento se divide en una serie de capas debido a la economía, ya que al determinar el espesor de capa se busca que este sea el mínimo posible capaz de reducir los esfuerzos sobre la capa inferior inmediata.

La resistencia de cada capa depende del material que la conforma, de la compactación y de la humedad, estas últimas son fundamentales ya que la mayoría de las deformaciones permanentes se producen debido a una inadecuada compactación y excesiva presencia de humedad. Básicamente existen dos tipos de pavimentos: pavimentos rígidos y pavimentos flexibles. Estos se diferencian entre sí en el material que los componen y su comportamiento. Los pavimentos rígidos están compuestos por losas de concreto hidráulico y el pavimento flexible tiene por superficie de rodadura una mezcla bituminosa ó concreto asfáltico. (Gamboa,2009).



**Figura 1. Paquete estructural de un pavimento**

### **2.2.2. Clasificación de los pavimentos.**

#### **Pavimento Flexible:**

Este tipo de pavimentos están formados por una capa bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. No obstante, pueden prescindirse de cualquiera de estas dos capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra. (Montejo, 2002, Pág. 2)

### **Pavimento Semi - Rígidos:**

Aunque este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: Asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas del pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a distancias tales que encarecerían notablemente los costos de construcción. (Montejo, 2002, Pág. 5).

### **Pavimentos Rígidos:**

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además, como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y por lo tanto el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento. (Montejo, 2002, p.5.).

### **Pavimentos articulados:**

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricados llamados adoquines, de espesor uniforme e igual entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena, la cual, a su vez se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante. (Montejo, 2002, p.7.).

### **2.2.3. Estructura del pavimento**

#### **Carpeta:**

Es la parte que soporta directamente las solicitaciones del tránsito y aporta las características funcionales y estructuralmente absorbe los esfuerzos horizontales y parte de los verticales. En condiciones de alta intensidad del tránsito puede llegar a alcanzar espesores considerables.

Las carpetas se construyen con concretos hidráulicos o con mezclas asfálticas en frío en caliente, denominándose en este caso concretos asfálticos, los cuales pueden contener algún agente modificador para mejorar alguna de sus características. En el caso de pavimentos rígidos, las losas pueden llegar a tener espesores del orden de 40 cm., especialmente en las aeropistas. (Tapia, 2010, Pág. 11)

#### **Base:**

La base es la capa situada bajo la carpeta, y su función es evidentemente resistente, pues absorbe la mayor parte de los esfuerzos verticales y su rigidez o su resistencia a la deformación bajo las solicitaciones repetidas del tránsito suele corresponder a la intensidad del tránsito pesado. Para tránsito medio y ligero se emplean las tradicionales bases granulares, pero para tránsito pesado se emplean materiales granulares tratados con un cementante, denominadas bases asfálticas o bases de grava-cemento. (Tapia, 2010, Pág. 11).

#### **Sub-Base:**

La subbase es la capa que va debajo de la base y a su vez se construye sobre la capa subrasante. Esta capa puede no ser necesaria cuando la subrasante es de elevada capacidad de soporte. Su función es proporcionar a la base un cimiento uniforme y constituir una adecuada plataforma de trabajo para su colocación y compactación.

Es deseable que cumpla también una función drenante, para lo cual es imprescindible que los materiales utilizados carezcan de finos y en todo caso suele ser una capa de transición necesaria. Se emplean normalmente sub-bases granulares constituidas por materiales cribados o de trituración parcial, suelos estabilizados con cemento, etc. (Tapia, 2010, Pág. 12).

### **Subrasante:**

La capa subrasante debe recibir y soportar las cargas producidas por el tránsito que le son transmitidas por el pavimento dentro de un periodo de tiempo determinado (que corresponde al periodo del proyecto) sin sufrir deterioros o deformaciones que afecten la integridad del pavimento.

Las funciones de la capa subrasante deben ser:

- Transmitir y distribuir de modo adecuado las cargas del tránsito al cuerpo del terraplén.
- Evitar que los materiales finos plásticos que formen el cuerpo del terraplén contaminen el pavimento.
- Evitar que las terracerías, cuando estén formadas principalmente por fragmentos de roca (pedraplen), absorban el pavimento.
- Evitar que las imperfecciones de la cama de los cortes se reflejen en la superficie de rodamiento.
- Uniformizar los espesores de pavimento, sobre todo cuando varían mucho los materiales de terracerías a lo largo del camino.
- Economizar espesores de pavimentos, en especial cuando los materiales de las terracerías requieren un espesor importante. (Tapia, 2010, Pág. 11).

#### **2.2.4. Fallas en los pavimentos**

En todos los métodos de diseño de pavimentos se acepta que durante la vida útil de la estructura se pueden producir dos tipos de fallas, la funcional y la estructural.

##### **Fallas por fatiga**

Se trata de pavimentos que originalmente estuvieron en condiciones apropiadas pero que por la continua repetición de las cargas del tránsito sufrieron efectos de fatiga. (Vergara, 1997). Sin embargo, las fallas en los pavimentos tanto flexibles como rígidos pueden ser divididas en dos grandes grupos que son; fallas superficiales y fallas estructurales.

##### **Fallas superficiales**

Son las fallas en la superficie de rodamiento debido a los deterioros en la capa de rodadura y que no guardan relación con la estructura de la calzada.

La corrección de estas fallas se efectúa con solo regularizar su superficie y conferirle la necesaria impermeabilidad y rugosidad. (Gutiérrez, 1994).

### **Fallas estructurales**

Comprende los defectos de la superficie de rodamiento, cuyo origen es una falla en la estructura del pavimento, es decir, de una o más capas constitutivas que deben resistir las sollicitaciones que imponen el tránsito y el conjunto de factores climáticos.

Para corregir este tipo de fallas es necesario un refuerzo sobre el pavimento existente para que el paquete estructural responda a las exigencias del tránsito presente y el futuro estimado. (Gutiérrez, 1994).

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

##### **Método PCI: índice de condición del pavimento**

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema (Vásquez, 2002, Pág. 2)

El PCI es una metodología que se desarrolló por primera vez en Estados Unidos en el Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea y que estuvo a cargo de M.Y. Shahin y S.D. Khon. Fue desarrollada con el objetivo de contar con una administración del estado de los pavimentos tanto rígidos como flexibles para poder brindar un mantenimiento adecuado a los pavimentos que lo requieran.

El método PCI es ampliamente aceptado y es considerado como el método más eficaz para la evaluación de pavimentos rígidos y flexibles, es por esto que ha sido estandarizado y aceptado por la American Society of Testing Materials (ASTM) como método de análisis del índice de condición del pavimento (ASTM D6433-03)

El análisis de los pavimentos es de muy fácil aplicación debido a que no es necesario contar con herramientas especializadas, sino más bien con el personal adecuado y calificado para poder reconocer los daños y severidad a fin de obtener un valor numérico que cuantifique el

estado en el que se encuentra un pavimento para su respectivo tratamiento o mantenimiento preventivo.

PCI califica el estado de los pavimentos en rangos numéricos que varían entre “0” para pavimentos en estado fallado y “100” para pavimentos en estado excelente. A continuación, se muestra un cuadro con los rangos propuestos por PCI y sus respectivas descripciones.

**Tabla 1. Rango de calificaciones del PCI**

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

El cálculo de estos valores consiste en hacer una inspección e identificación visual de la condición del pavimento teniendo en cuenta la **CLASE, SEVERIDAD Y CANTIDAD** que presenta cada clase de daño, es por esto que es necesario contar con personal calificado para esta tarea el cual tiene que ser capaz de cumplirla de manera eficiente.

#### **Muestreo y unidad de muestra:**

Se identifica la vía o sección de vía que será analizada. Luego, se divide la vía de estudio en secciones de acuerdo a lo establecido en el manual PCI, el cual indica que la longitud de cada muestra está en relación al ancho la vía. A continuación, se divide la vía en secciones de acuerdo a lo mencionado anteriormente.

Es ideal que todas las unidades de muestra sean inspeccionadas para poder obtener un valor promedio de PCI más exacto, sin embargo, en ocasiones no todas las unidades de muestras son inspeccionadas debido a la demanda de recursos que esto significaría, por tal motivo, se puede analizar muestras representativas. El número de unidades de muestra a evaluar puede variar considerando que el número mínimo de muestras nos garantice un nivel de confiabilidad no menor al 95%. Es necesario identificar las muestras que serán estudiadas de tal manera que permita ser estudiarlas por los inspectores.

## **Procedimiento de la evaluación:**

Para la evaluación de los pavimentos se cuenta con dos etapas. La primera etapa es denominada trabajo de campo y la segunda el trabajo de gabinete en donde se efectuarán los cálculos necesarios.

En la etapa de campo primero se hace una inspección visual de cada una de las unidades de muestra seleccionadas tomando anotaciones del número y tipo de muestra, además, es necesario cuantificar los valores de severidad de los daños presentes en las fallas encontradas en cada muestra y las medidas de cada una haciendo uso de una cinta métrica u odómetro.

El proceso consiste en la identificación de la clase, severidad y extensión además del tamaño de las fallas.

La clase es el tipo de daño que presenta la superficie del pavimento, entre las más comunes presentes en los pavimentos tenemos: Piel de cocodrilo, hundimientos, corrugaciones, grietas longitudinales y transversales, etc.

Una vez determinada la clase o el tipo de falla del pavimento se determina la severidad. La severidad es el nivel de deterioro o desgaste que puede presentar el pavimento y se puede valorar de acuerdo a la calidad de viaje, es decir, como logra percibir el usuario las fallas en el pavimento mientras transita en un automóvil en condiciones normales.

El manual **PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI)** presenta una guía de ayuda en la cual debe evaluarse la calidad del nivel del tránsito para poder determinar el grado de severidad o daños que presenta una vía. La calidad del tránsito se determina recorriendo la vía en un vehículo (automóvil) de tamaño estándar en condiciones normales, es decir, respetando los niveles de velocidad según el límite legal. El grado de severidad se determina según los siguientes niveles:

**L: (Low: Bajo).** 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 mantener la comodidad o la seguridad ya que las molestias causadas por las vibraciones son mínimas.

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

**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.

### Método Vizir

“VIZIR” es una metodología de auscultación visual para daños en pavimentos flexibles desarrollada en Francia en los años 60. Esta metodología es de fácil aplicación, la cual nos sirve para determinar y cuantificar la clase de daños que puede presentar un pavimento flexible en un determinado tramo.

“VIZIR” clasifica los daños de un pavimento flexible en dos categorías, A y B, cuya gravedad y extensión se logra medir mediante tablas. Los deterioros clasificados en la categoría A son aquellos que se caracterizan por fallas en la estructura del pavimento, es decir, se trata de la insuficiencia de la capacidad estructural del pavimento que generalmente son ocasionadas por el mal diseño de este. Los deterioros clasificados en la categoría B son en su mayoría de tipo funcional, o sea, su origen no se debe a un mal diseño, si no que están ligadas a la deficiencia en su proceso constructivo que puede deberse a la mano de obra no calificada o materiales de mala calidad y que luego se hacen visibles con la ayuda del tránsito.

Los diferentes deterioros son clasificados de acuerdo a su gravedad o severidad los que a su vez se valoran de acuerdo a una tabla con rangos 1, 2 y 3 donde 1 son los daños de menor severidad, 2 los de severidad moderada y 3 los daños con severidad alta.

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD		
	①	②	③

**Figura 2. Niveles de deterioro de los pavimentos**

El método VIZIR presenta 2 índices para la clasificación del deterioro de los pavimentos flexibles los cuales son el Índice de fisuración (If) y el Índice de deformación (Id). El índice de fisuración (If) está referido a los agrietamientos y fisuras de tipo estructural, mientras que el Índice de deformación (Id) se refiere a los deterioros o deformaciones de tipo estructural

## Índice de fisuración (If)

El índice de fisuración depende de la extensión y gravedad de las fallas del tipo A en los pavimentos, es decir, evalúa las fallas longitudinales y la piel de cocodrilo.

**Tabla 2. Degradación tipo A-Método VIZIR**

**Fuente: Adaptación de Manual INVIAS 2002**

NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	UNIDAD DE
		MEDIDA
1. Ahuellamiento	AH	m
2. Depresiones o hundimientos long.	DL	m
3. Depresiones o hundimientos transv.	DT	m
4. Fisuras longitudinales fatiga	FL	m
5. Fisuras piel de cocodrilo	FPC	m
6. Baches o Parcheos	B	m

**Tabla 3. Degradación tipo A-Método VIZIR**

**Fuente: Adaptación de Manual INVIAS 2002**

NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	UNIDAD DE
		MEDIDA
7. Fisura longitudinal junta de construcción	FLT	m
8. Fisura de contracción térmica	FCT	m
9. Fisura parabólica	FP	m
10. Fisura de Borde	FB	m
11. Ojo de Pescado (o) o huecos		m
12. Desplazamiento o abultamiento o ahuellamiento de mezcla	DM	m
13. Pérdida de la película de ligante perdida de agregados	PL	m
14. Descascaramiento	D	m
15. Pulimiento de Agregados	PU	m
16. Exudación	EX	m
17. Afloramiento de Mortero	AM	m
18. Afloramiento de agua	AA	m
19. Desintegración de bordes de pavimento	DB	m
20. Escalonamiento entre calzada y Berma	ECB	m
21. Erosión de las bermas	EB	m
22. Segregación	S	m
23. Fisura transversal junta de construcción	FTJ	m

Luego de calcular el Índice de fisuración y el Índice de deformación, utilizamos estos datos para determinar el Índice de deterioro superficial (Is)

### **Índice de deterioro superficial (Is)**

El índice de deterioro superficial se logra haciendo uso de la combinación del Índice de fisuración y Índice de deformación el cual es una primera calificación del tramo de estudio y debe ser corregida según la calidad en los trabajos de parchado y bacheo que se deben realizar.

### **Índice de deformación (Id)**

Este índice depende también de la extensión y gravedad de las deformaciones estructurales del pavimento flexible. Comprende las fallas del tipo A, es decir, hundimientos o depresiones y ahuellamientos.

#### **2.2.6. Fallas en los pavimentos flexibles:**

##### **1. PIEL DE COCODRILO.**

**Descripción:** Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60 m.

El agrietamiento de piel de cocodrilo ocurre únicamente en áreas sujetas a cargas repetidas de tránsito tales como las huellas de las llantas. Por lo tanto, no podría producirse sobre la totalidad de un área a menos que esté sujeta a cargas de tránsito en toda su extensión. (Un patrón de grietas producido sobre un área no sujeta a cargas se denomina como “grietas en bloque”, el cual no es un daño debido a la acción de la carga). La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento.

**Niveles de severidad:**

**L (Low: Bajo):** Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.

**M (Medium: Medio):** Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.

**H (High: Alto):** Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito.

**Medida:**

Se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. La mayor dificultad en la medida de este tipo de daño radica en que, a menudo, dos o tres niveles de severidad coexisten en un área deteriorada. Si estas porciones pueden ser diferenciadas con facilidad, deben medirse y registrarse separadamente. De lo contrario, toda el área deberá ser calificada en el mayor nivel de severidad presente.

**Opciones de reparación**

**L:** No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta.

**M:** Parcheo parcial o en toda la profundidad (Full Depth). Sobrecarpeta. Reconstrucción.

**H:** Parcheo parcial o Full Depth. Sobre carpeta. Reconstrucción. (Vásquez, 2002, p. 10)



**Figura 3. Piel de cocodrilo en pavimentos flexibles**

## **2. EXUDACIÓN.**

**Descripción:** La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie.

### **Niveles de severidad.**

**L:** La exudación ha ocurrido solamente en un grado muy ligero y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos.

**M:** La exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año.

**H:** La exudación ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año.

### **Medida**

Se mide en pies cuadrados (ó 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). (Vásquez, 2002, p. 12)



**Figura 4. Exudación en pavimentos**

### **3. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE.**

**Descripción:** Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos. También, a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa).

#### **Niveles de severidad.**

**L:** Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para grietas longitudinales y transversales.

**M:** Bloques definidos por grietas de severidad media

**H:** Bloques 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.

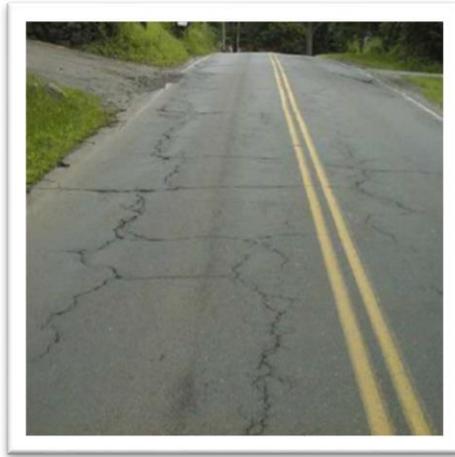
#### **Opciones de reparación**

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

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

H: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y Sobrecarpeta.

(Vásquez, 2002, p. 14)



**Figura 5. Agrietamiento en bloque.**

#### **4. ABULTAMIENTOS (BUMPS) Y HUNDIMIENTOS (SAGS).**

**Descripción:** Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Los abultamientos, por otra parte, pueden ser causados por varios factores, que incluyen: 1. Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento Pórtland con una sobrecarpeta de concreto asfáltico. 2. Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo). 3. Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito (algunas veces denominado “tenting”). Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento. Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman “ondulaciones” (hinchamiento: swelling).

##### **Niveles de severidad**

**L:** Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de baja severidad.

**M:** Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad media.

**H:** Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad alta.

##### **Medida:**

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. Sobrecarpeta. (Vásquez, 2002, p. 16)



**Figura 6. Hundimientos en pavimentos flexibles**

## **5. CORRUGACIÓN.**

**Descripción:** La corrugación (también llamada “lavadero”) es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables. Si los abultamientos ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina corrugación.

### **Niveles de severidad**

**L:** Corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad.

**M:** Corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad.

**H:** 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. (Vásquez, 2002, p. 18)



**Figura 7. Corrugaciones en pavimentos flexibles**

## **6. DEPRESIÓN.**

**Descripción:** Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un “baño de pájaros” (bird bath). En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidroplaneo. Los hundimientos a diferencia de las depresiones, son las caídas bruscas del nivel.

### **Niveles de severidad.**

Máxima profundidad de la depresión:

**L:** 13.0 a 25.0 mm.

**M:** 25.0 a 51.0 mm.

**H:** Más de 51.0 mm.

### **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. (Vásquez, 2002, p. 20)



**Figura 8. Depresión en pavimentos**

### **7. GRIETA DE BORDE.**

Descripción: Las grietas de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse).

#### **Niveles de severidad.**

**L:** Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.

**M:** Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.

**H:** Considerable fragmentación o desprendimiento 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. (Vásquez, 2002, p. 22)



**Figura 9. Grieta de borde**

### **8. GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA (DE LOSAS DE CONCRETO DE CEMENTO PÓRTLAND).**

**Descripción:** Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica contruidos sobre una losa de concreto de cemento Pórtland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base (por ejemplo, estabilizadas con cemento o cal). Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Pórtland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Este daño no está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está descascarada. El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico ayuda a identificar estos daños.

#### **Niveles de Severidad**

**L:** Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm, o
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 rodeada 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 pies lineales (o metros lineales). La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado. Por ejemplo, una grieta de 15.0 m puede tener 3.0 m de grietas de alta severidad; estas deben registrarse de forma separada. Si se presenta un abultamiento en la grieta de reflexión este también debe registrarse.

### **Opciones de Reparación.**

**L:** Sellado para anchos superiores a 3.00 mm.

**M:** Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial.

**H:** Parcheo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta. (Vásquez, 2002, p. 24)



**Figura 10. Grieta de reflexión.**

## **9. DESNIVEL CARRIL / BERMA.**

**Descripción:** El desnivel carril / berma es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma.

**Niveles de severidad.**

**L:** La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0 mm.

**M:** La diferencia está entre 51.0 mm y 102.0 mm.

**H:** La diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm.

### **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. (Vásquez, 2002, p. 26)



**Figura 11. Desnivel Carril/Berma**

## **10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES (NO SON DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE CONCRETO DE CEMENTO PÓRTLAND).**

**Descripción:** Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por:

1. Una junta de carril del pavimento pobremente construida.
2. Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura.
3. Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento Pórtland, pero no las juntas de pavimento de concreto. Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos

aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción. Usualmente, este tipo de grietas no está asociado con carga.

### **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**

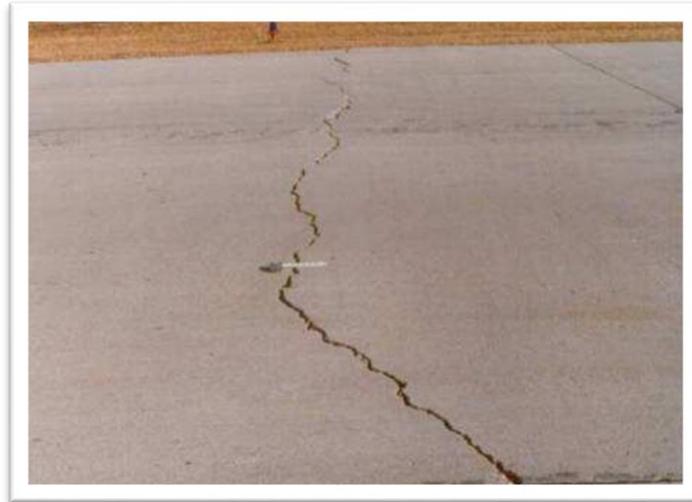
Las grietas longitudinales y transversales se miden en pies lineales (ó metros lineales). La longitud y severidad de cada grieta debe registrarse después de su identificación. Si la grieta no tiene el mismo nivel de severidad a lo largo de toda su longitud, cada porción de la grieta con un nivel de severidad diferente debe registrarse por separado. Si ocurren abultamientos o hundimientos en la grieta, estos 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. (Vásquez, 2002, p. 28)



**Figura 12. Grietas longitudinales y transversales**

### **11. PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PÚBLICOS.**

**Descripción:** Un parche es un área de pavimento la cual ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche se considera un defecto no importa que tan bien se comporte (usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento). Por lo general se encuentra alguna rugosidad está asociada con este daño.

#### **Niveles de Severidad.**

**L:** El parche está en buena condición buena 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.**

Los parches se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Sin embargo, si un solo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Por ejemplo, un parche de 2.32 m<sup>2</sup> puede tener 0.9 m<sup>2</sup> de severidad media y 1.35 m<sup>2</sup> de baja severidad. Estas áreas deben registrarse separadamente. Ningún otro daño (por ejemplo, desprendimiento y agrietamiento) se registra dentro de un parche; aún si el material del parche se está desprendiendo o

agrietando, el área se califica únicamente como parche. Si una cantidad importante de pavimento ha sido reemplazada, no se debe registrar como un parche sino como un nuevo pavimento (por ejemplo, la sustitución de una intersección completa).

### **Opciones de reparación**

**L:** No se hace nada.

**M:** No se hace nada. Sustitución del parche.

**H:** Sustitución del parche.



**Figura 13. Parcheo en pavimentos**

## **12. PULIMENTO DE AGREGADOS.**

**Descripción:** Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados debe contarse cuando un examen revela que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que la superficie del mismo es suave al tacto. Este tipo de daño se indica cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa.

### **Niveles de severidad.**

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

**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. Sobrecarpeta. Fresado y sobrecarpeta.  
(Vásquez, 2002, p. 32)



**Figura 14. Pulimento de agregados**

### **13. HUECOS.**

Descripción: Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento o meteorización. Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos, no como meteorización.

#### **Niveles de severidad**

Los niveles de severidad para 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.

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.

**Tabla 4. Niveles de severidad para huecos**

**Fuente: Manual PCI**

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

#### **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 15. Huecos**

#### **14. CRUCE DE VÍA FÉRREA.**

**Descripción:** Los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles.

##### **Niveles de severidad**

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

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

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

##### **Medida**

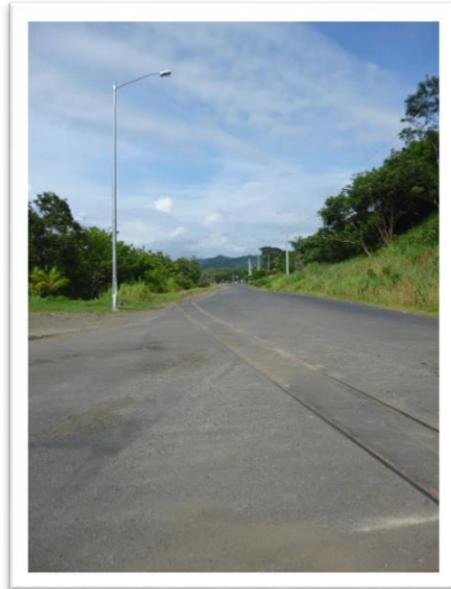
El área del cruce se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si el cruce no afecta la calidad de tránsito, entonces no debe registrarse. Cualquier abultamiento considerable causado por los rieles debe registrarse como parte del cruce.

##### **Opciones de reparación**

**L:** No se hace nada.

**M:** Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

**H:** Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce. (Vásquez, 2002, p. 35)



**Figura 16. Cruce de vía férrea**

### **15. AHUELLAMIENTO.**

**Descripción:** El ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos, éste sólo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.

#### **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. (Vásquez, 2002, p. 37)



**Figura 17. Ahuellamiento**

### **16. DESPLAZAMIENTO.**

**Descripción:** El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión).

Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Portland. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento Portland se incrementa causando el desplazamiento.

#### **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 (ó 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. (Vásquez, 2002, p. 39)



**Figura 18. Desplazamiento**

## **17. GRIETAS PARABÓLICAS (SLIPPAGE).**

**Descripción:** Las grietas parabólicas por deslizamiento (slippage) son grietas en forma de media luna creciente. Son producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento. Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada.

### **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:

1. Ancho promedio de la grieta mayor que 38.0 mm.

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

**Medida**

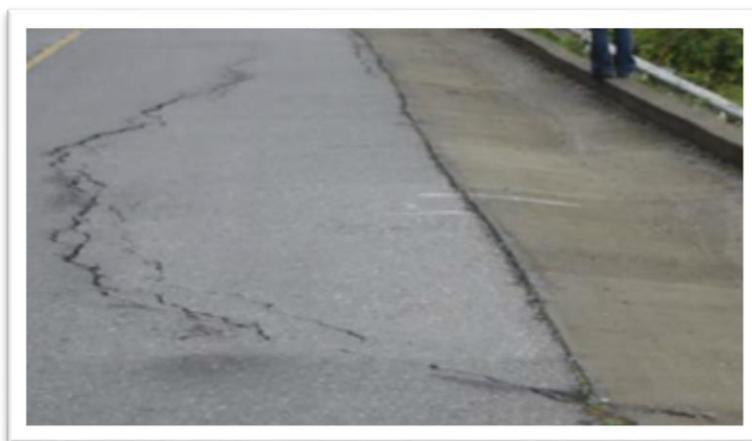
El área asociada con una grieta parabólica se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) y se califica según el nivel de severidad más alto presente en la misma.

**Opciones de reparación**

**L:** No se hace nada. Parcheo parcial.

**M:** Parcheo parcial.

**H:** Parcheo parcial. (Vásquez, 2002, p. 41)



**Figura 19. Grietas parabólicas**

**18. HINCHAMIENTO.**

**Descripción:** El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento – una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0 m. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos.

**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**

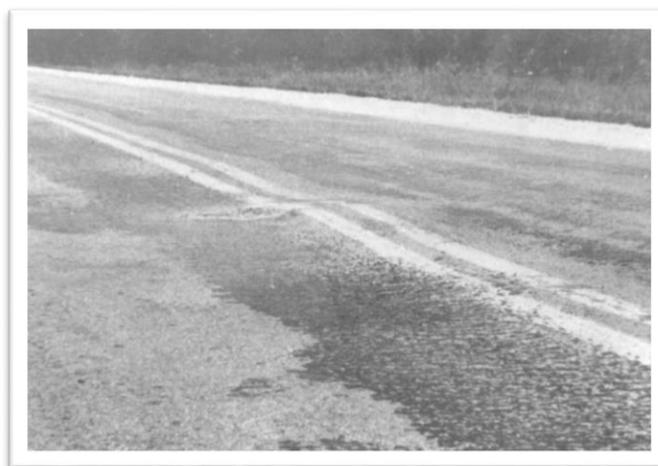
El hinchamiento se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

Opciones de reparación

**L:** No se hace nada.

**M:** No se hace nada. Reconstrucción.

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



**Figura 20. Hinchamiento**

## **19. METEORIZACIÓN / DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS.**

**Descripción:** La meteorización y el desprendimiento son la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento.

### **Niveles de severidad**

**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.

**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.

**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.

### **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 21. Meteorización y desprendimiento de agregados**

### **2.3. Marco conceptual Pavimento**

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y se construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de la vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de restringir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento (Montejo, 2002, Pág. 1)

#### **PCI.**

El PCI es un indicador numérico que clasifica a la superficie condición del pavimento. El PCI proporciona una medida de la condición actual pavimento sobre la base de deterioro observado en la superficie del pavimento, que también indica la integridad estructural y estado de la superficie operativa (localizada la rugosidad y la seguridad), (ASTM D6433-03)

#### **Mantenimiento de carreteras.**

Se refiere a actividades rutinarias y periódicas que se ejecutan para que las carreteras se conserven en buenas condiciones para su transitabilidad (Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, cap. 3)

#### **Conservación vial:**

Es el conjunto de operaciones necesarias para la preservación o mantenimiento de una carretera y de cada uno de sus elementos componentes y complementarios en las mejores condiciones para el tráfico, compatibles con las características geométricas, capa de rodadura que tuvo cuando fue construida, o al estado ultimo a que ha llegado después de las posibles mejoras que haya recibido a lo largo del tiempo (MTC, Glosario de Términos de uso frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial, aprobado con R.M.N°660- 2008-MTC/02, 2008)

#### **Pavimento.**

El pavimento es la estructura construida encima de la subrasante, para los siguientes fines: resistir y disiparse los esfuerzos que provocan los vehículos y mejorar las condiciones de

comodidad y seguridad para el tránsito (Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, cap. 3)

### **Pavimento Flexible.**

Se denomina Pavimento Flexible a aquel cuya estructura de deforma cuando transitan vehículos sobre él, es decir, se adapta a las cargas a la que es sometido. Este tipo de pavimento presentan una duración que varía entre ocho a veinte años y se caracteriza por presentar varias capas a lo largo de su estructura. Por lo general, los pavimentos flexibles son utilizados en áreas donde el tráfico es considerado abundante.

### **Condición del pavimento.**

La condición del pavimento es la degradación o desgaste que presentan los diferentes tipos de pavimentos como resultado del normal deterioro por su uso. Para la determinación de la condición del pavimento existen diferentes métodos de auscultación visual; entre ellos tenemos el método PCI y VIZIR. El cálculo de la condición del pavimento depende de las fallas que puede presentar la superficie o capa de rodadura y la severidad de estos.

### **Evaluación de los Pavimentos.**

Son aquellas actividades destinadas a identificar, calificar y cuantificar los deterioros que presenta una vía o un tramo de esta mediante técnicas estandarizadas a fin de dar una solución adecuada a las fallas detectadas.

### **Rehabilitación de carreteras.**

Se basa en el proceso para reponer las características técnicas iniciales de construcción de una carretera (Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, cap. 4).

### **Restauración de Pavimentos.**

Son aquellas obras o actividades necesarias que están orientadas a la reparación, restauración y rehabilitación de la superficie de los pavimentos para prolongar su vida útil, mejorar la comodidad y seguridad al circular sobre esta.

## Mejoramiento de carreteras.

Consiste en dar una mejora o ampliación de las características técnicas y geométricas de las carreteras 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 (Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, cap. 3).

### 2.4. Hipótesis

#### General

La aplicación de la metodología PCI nos determina la condición en que encuentra el pavimento flexible de la avenida Metropolitana II encontrándolo en un estado regular y deficiente para la circulación de vehículos.

### 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 Av. Metropolitana II.

## OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

Tabla 5. Operacionalización de las variables independiente y dependiente

VARIABLE	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE INVESTIGACION
<b>INDEPENDIENTE</b> Aplicación de la metodología PCI	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Parámetros de evaluación</b></li><li>• <b>Índice de condición</b></li></ul>	<b>Excelente</b> <b>Muy bueno</b> <b>Regular</b> <b>Malo</b> <b>Muy malo</b> <b>Fallado</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Norma ASTM</b></li><li>• <b>Ficha de registro y evaluación</b></li><li>• <b>Hoja de Excel</b></li></ul>
<b>DEPENDIENTE</b> Evaluación de la condición superficial del pavimento flexible	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Evaluación inicial</b></li><li>• <b>Evaluación detallada</b></li></ul>	<b>Bajo</b> <b>Mediano</b> <b>Severo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Formatos de registro y evaluación</b></li><li>• <b>Guía de observación</b></li></ul>

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación

La presente investigación es aplicada, de carácter no experimental de tipo descriptiva, aplicando la metodología del ASTM D6433-03.

#### 3.2. Población y muestra

##### 3.2.1. Población

La población o universo considerado para este trabajo de investigación está dada por todas las avenidas de pavimento flexible de la ciudad de Trujillo.

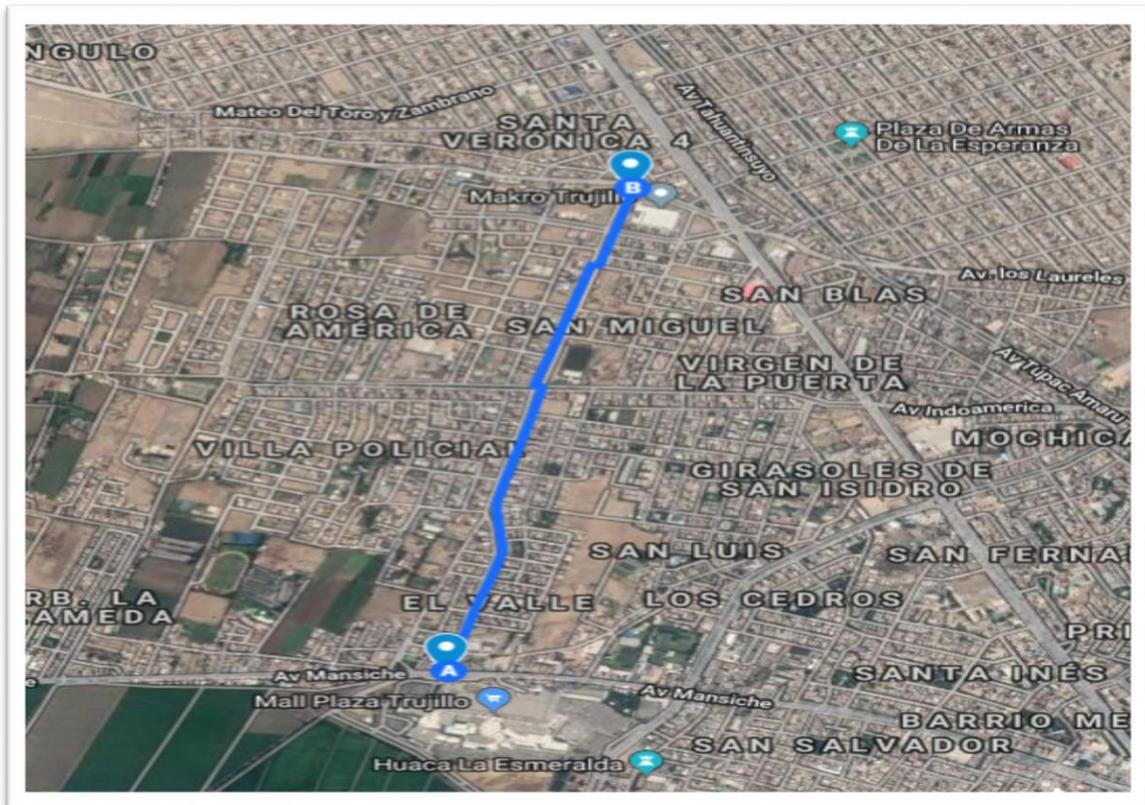


Figura 22. Tramo de estudio.

##### 3.2.2. Muestra

La muestra para el presente trabajo de investigación es la Avenida Metropolitana II – 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:

Primero dividimos la vía en secciones o unidades de muestreo teniendo en cuenta el ancho de la calzada como se observa en el siguiente cuadro.

**Tabla 6. 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

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:

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

**Donde:**

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**

#### **3.3.1. Técnicas de recolección de datos**

La técnica que se utilizó 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.

#### **3.3.2. 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:

##### **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.



### **Odómetro Manual.**

Instrumento se utilizado para hacer mediciones de distancias en calles, carreteras, caminos, etc.



**Figura 23. Odómetro Manual**

### **Cinta Métrica.**

Para medir la deformación longitudinal y transversal del pavimento en estudio.



**Figura 24. Cinta Métrica.**

### **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 25. Conos de Seguridad**

### **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.

### **3.4. 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.

### 3.5. 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)

Se midió la longitud y el ancho de la calzada, luego se precedió a realizar el trabajo de gabinete para obtener la longitud de la unidad de muestreo. Para carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m, el área de la unidad de muestreo debe estar en el rango  $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$ .

**Tabla 8. 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

Luego de medir la avenida Metropolitana II se obtuvo un ancho de vía igual a 6.50 m y una longitud  $L= 1904 \text{ m}$  Después se determinó la Longitud de Unidad de muestreo obteniendo de acuerdo a la tabla un valor de 35.4 m de longitud.

Utilizando la longitud de unidad de muestreo se calcula el área de unidad de muestra que para este caso se obtuvo un área igual a  $A=230.10\text{m}^2$

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

$$\checkmark N = \frac{\text{Long.T de la Av.}}{\text{Long.de muestra*}} = \frac{1904 \text{ m}}{35.4 \text{ m}} = 53.79$$

N= 53.79 ~ 54 Unidades de Muestra en el Carril Izquierdo.

$$\checkmark N = \frac{\text{Long.T de la Av.}}{\text{Long.de muestra*}} = \frac{1435.8 \text{ m}}{35.4 \text{ m}} = 40.56$$

N= 40.56 ~ 41 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.

$$n = \frac{N*\sigma^2}{\frac{e^2}{4}*(N-1)+\sigma^2} = \frac{54*10^2}{\frac{5^2}{4}*(54-1)+10^2} = 12.52 \sim 13 \quad \text{(Carril Izquierdo)}$$

$$n = \frac{N*\sigma^2}{\frac{e^2}{4}*(N-1)+\sigma^2} = \frac{41*10^2}{\frac{5^2}{4}*(41-1)+10^2} = 11.71 \sim 12 \quad \text{(Carril Derecho)}$$

Se recomienda que las muestras seleccionadas estén igualmente espaciadas, para esto se logra utilizando el intervalo de muestreo (i) el cual se obtiene de la siguiente manera:

$$i = \frac{N}{n} = \frac{54}{13} = 4.15 \quad i = 4 \quad \text{(Carril Izquierdo)}$$

$$i = \frac{N}{n} = \frac{41}{12} = 3.42 \quad i = 3 \quad \text{(Carril Derecho)}$$

Luego de calcular el intervalo de muestreo (i) del carril izquierdo, se procedió a elegir la primera unidad de muestreo entre los valores 1 y 4 donde tomamos la UM 3 y a partir de allí las muestras tomadas serán de la siguiente manera:

**Tabla 9. Intervalo de muestreo en el carril Izquierdo**

Nº DE MUESTRAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
INTERVALO DE UM	3	7	11	15	19	23	27	31	35	39	43	47	51

En el carril Derecho también se calculó el intervalo de muestreo (i) luego elegimos la UM entre los valores 1 y 3, las muestras posteriores fueron tomadas de la siguiente manera:

**Tabla 10. Intervalo de muestreo en el carril Derecho**

<b>N° DE MUESTRAS</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>INTERVALOS DE UM</b>	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36

Con los datos obtenidos en campo se realiza el cálculo para determinar el valor de la densidad.

El cálculo de la densidad se obtiene dividiendo la cantidad total individual de cada tipo de falla entre el área total de la unidad de muestro (UM) en porcentaje.

**Tabla 11. Calculo de la densidad de un tipo de falla**

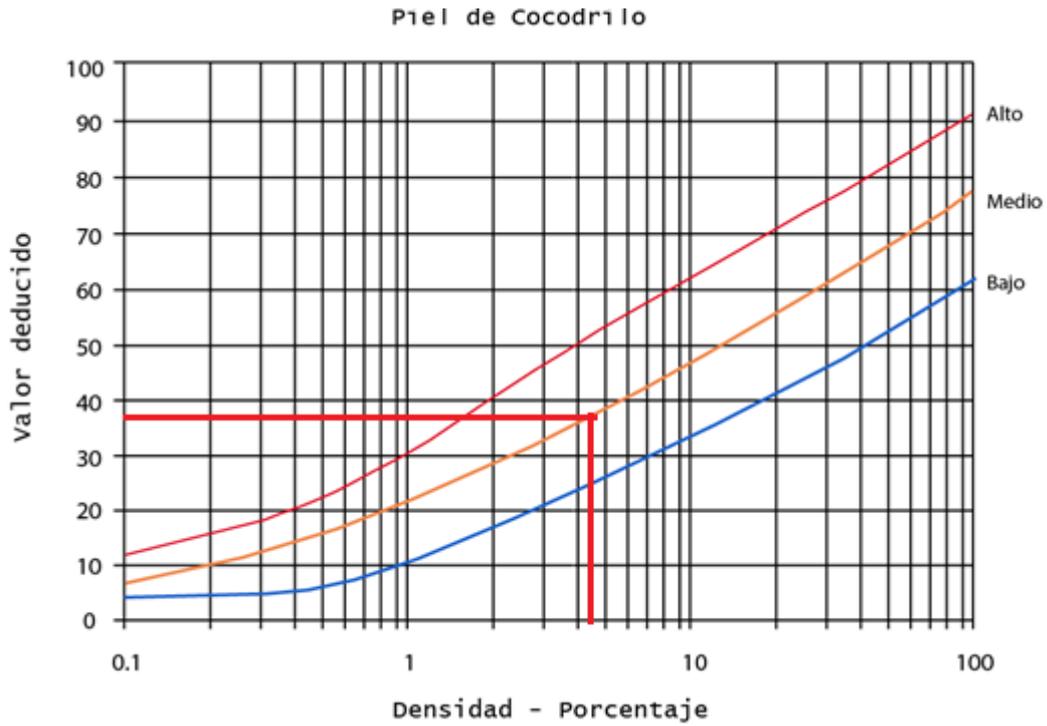
Tipo de falla	severidad	cantidades parciales					total	densidad
Piel de cocodrilo	Bajo						0	0.00
	Medio	3.65		4.39		2.12	10.16	4.42
	Alto						0	0.00

Con los valores de la densidad hallada y haciendo uso de las curvas para pavimentos asfálticos del manual PCI se calcula el “VALOR DEDUCIDO” para cada tipo de falla encontrada.

**Cálculo de los valores deducidos.**

Para el cálculo de los valores deducidos se utiliza las tablas de las curvas **denominadas Valor deducido del daño**, para cada tipo de falla y nivel de severidad, luego se registra en la columna total del formato. El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

De las fichas de inspección obtenidas anteriormente se tiene una falla tipo piel de cocodrilo en pavimento con un valor de la densidad de 4.42, para el tipo de falla, con un nivel de severidad Media (M), estos valores se identificarán en la tabla, Curvas de Piel de cocodrilo.



**Figura 26. Gráfico de valores deducidos**

Entonces obtenemos según la tabla un valor deducido de **37.23** para la falla 1 de severidad Media. Después de obtener todos los valores de las fallas individuales tendremos el total de valores deducidos por cada unidad de muestra.

**Tabla 12. Calculo del total de los valores deducidos**

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO									
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL									
EVALUACION DE INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)									
Nombre de la via: Av.Metropolitana II		Ancho de la via:		6.5		<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; display: inline-block;"> <p style="margin: 0;"><b>6.5</b></p> <p style="margin: 0;"> </p> </div>			
Evaluado por: Junior Pascual Rodriguez		Largo de la via:		1904					
Jose Rebaza Aguilar		Area de muestra:		230.1					
Fecha: lunes 21 de noviembre de 2018									
Codigo de muestra: UM/I-27						<p style="margin: 0;"><b>35.4</b></p>			
Seccion: Izquierda									
TIPOS DE FALLAS									
1. Piel de cocodrillo		10. Grietas longitudinales y trans.							
2. Exudacion		11. Parches							
3. Agrietamiento en bloque		12. Agregado pulido							
4. Abultamiento y hundimientos		13. Huecos							
5. Corrugacion		14. Ahuellamiento							
6. Depresion		15. Desplazamiento							
7. Grieta de borde		16. Grieta parabolica por deslizam							
8. Grieta de reflexion de junta		17. Hinchamiento							
9. Desnivel carril-berma		18. Desprendimiento de agregados							
Tipo de falla	severidad	cantidades parciales				total	densidad	valor deducido	
Piel de cocodrillo	Bajo					0	0.00		
	Medio	3.65		4.39		2.12	10.16	4.42	37.23
	Alto					0	0.00		
Huecos	Bajo					0	0.00		
	Medio	1.36		0.984		1.38	3.72	1.62	38.74
	Alto					0	0.00		
parches	Bajo	2.31		1.38		0.88	4.57	1.99	5.13
	Medio					0	0.00		
	Alto					0	0.00		
Total del valor deducido									81.1

**Calculo de números admisibles de valores deducidos.**

Al momento de calcular los valores deducidos ninguno o solamente uno de los valores hallados es mayor que dos (2), entonces se utiliza el “Valor deducido total (VDT)” en lugar del “Valor Deducido Corregido (VDC).

Los datos obtenidos son ordenados de mayor a menor en una tabla para determinar el valor deducido corregido de cada tipo de falla el cual a su vez es restado de 100 para finalmente obtener el valor del PCI el cual se califica de acuerdo al siguiente cuadro:

- Finalmente, se determina el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), para lo cual utilizamos la siguiente fórmula.

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

**Donde:**

**m**= Número máximo de valores deducidos

**HDVi**= El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo “i”

El número de valores individuales deducidos se reduce a “m” inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que “m” se utilizan todos los que se tengan.

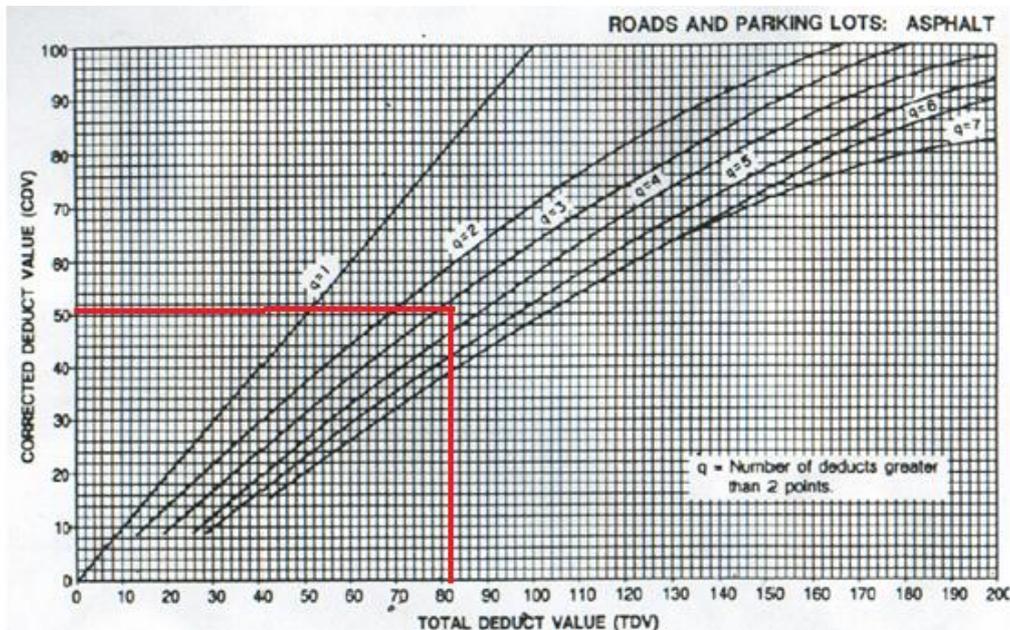
**Calculo del máximo valor deducido corregido, VDC.**

El máximo VDC se determina primero con los valores deducidos que son mayores que 2. Hallamos el Valor deducido total sumando todos los valores deducidos individuales, a continuación, se determina el “Máximo Valor Deducido Corregido” haciendo uso del valor “q” y del “Valor Deducido Total” en la curva denominada “Curvas de corrección del valor deducido”

Ejemplo: Determinaremos el CDV en la curva de corrección para un valor deducido total de 81 y q=3.

**Tabla 13 Calculo del máximo valor deducido en la curva de corrección**

#	Valores Deducidos					VDT	q
1	38.74	37.23	5.13			81.1	3
2	38.74	37.23	2			77.97	2
3	38.74	2	2			42.74	1



**Figura 27. Curvas de corrección del valor deducido (CDV) para pavimentos flexibles**

Finalmente, se reduce a 2.0 el menor de los “valores deducidos” que sea mayor a 2.0 y se repite este paso hasta que “q” sea igual a 1.0

El “máximo CDV” es el mayor valor de los CDV obtenidos en este proceso.

Tabla cálculo del PCI de la unidad de muestra.

**Tabla 14. Calculo del PCI de la unidad de muestra**

CALCULO DEL PCI									
#	Valores Deducidos						VDT	q	VDC
1	38.74	37.23	5.13				81.1	3	51.29
2	38.74	37.23	2				77.97	2	59.36
3	38.74	2	2				42.74	1	45.38
Maximo Valor deducido corregido						VDC=	59.36	CONDICION REGULAR	
PCI=100-VDC						PCI=	40.64		

Este procedimiento se realiza repetidamente obteniendo un valor de PCI para cada unidad de muestra la cual determinara el estado en el que se encuentra la vía.

## 4. RESULTADOS

### Determinación del índice de estado del pavimento.

A continuación, se explican los datos de campo obtenidos durante la inspección de las fallas de la Av. Metropolitana II; así como el cálculo del índice de condición del pavimento de cada muestra realizada por cada cuadra.

#### 4.1. Resultados de las unidades de muestra D (carril derecho)

En el carril derecho (iniciando desde la intersección de la Av. Mansiche y la calle Micaela Bastidas), se han analizado 12 unidades de muestra.

Las fallas encontradas de mayor incidencia en el pavimento fueron: piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, abultamientos y hundimientos, depresión, grietas longitudinales y transversales, parcheo, pulimiento de agregados, huecos, ahuellamiento y hinchamiento con un nivel de severidad bajo, medio y alto. Estos tres tipos de deterioro del pavimento se localizaron en la mayoría de unidades de muestra inspeccionadas. Algunas de las fallas presentes fueron provocadas por fuertes precipitaciones que aparecieron desde el 2017, la cual aceleraron el deterioro de algunas partes de la Av. Metropolitana II, además, es común encontrar baches y parches a lo largo de las calles debido a las instalaciones de las tuberías de agua y desagüe que se están realizando en estos últimos años.

La falla más influyente que se encontró en el deterioro del pavimento es el parcheo, ya que aparte de ser una falla funcional (que presenta deficiencias superficiales del pavimento), se presenta en la mayoría de la superficie analizada. Seguida de esta falla se encontró “falla por pulimiento de agregados de baja severidad”, la cual contribuye un daño al reducirse la textura del pavimento, es el resultado de la aplicación irregular de ligante asfáltico o un mal diseño en la etapa de la construcción. Otra falla muy común que se encontró fueron huecos de baja, media y alta severidad en el pavimento que presentan un deterioro estructural a lo largo del pavimento, la mayor parte de estos huecos fueron causados por las lluvias que azotaron a la ciudad.

Las fallas que menos afectan el pavimento son: piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque y hinchamiento; pues el recurrente tránsito de vehículos con exceso de carga hace que falle el paquete estructural de la avenida. Al evaluar la unidad de muestra derecha total obtuvimos un promedio de **49.21** correspondiéndole una calificación de **REGULAR**.

Se recomienda aplicar el riego de liga para dar buen mantenimiento en cada unidad de muestra, la cual consta de una aplicación delgada y uniforme de material asfáltico sobre una superficie de asfalto.

#### **4.2. Resultados de las unidades de muestra I (Carril izquierdo)**

Todas las fallas encontradas en la unidad de muestra izquierda presentan un nivel de severidad: baja, mediana y alta. La falla más influyente encontrada fue el parcheo, esta falla se encontró en todos los tramos de la unidad de muestra izquierda con un nivel de severidad medio, seguido de esta falla se encontraron fallas como la de ahuellamiento, pulimiento de agregados, huecos, grietas longitudinales y transversales. La gran mayoría de las fallas son por un deficiente diseño estructural, por la repetición excesiva de cargas y los agentes climatológicos.

Las fallas que menos afectaron al pavimento fueron: piel de cocodrilo, exudación, grietas parabólicas, abultamientos, hundimientos y grietas longitudinales y transversales, la cual, si no se da el interés y el mantenimiento adecuado sería uno de los principales problemas a futuro del deterioro de la AV. Metropolitana II. Se recomienda hacer una intervención rápida en los tramos más vulnerables de la vía. Al evaluar la unidad de muestra izquierda total obtuvimos un PCI promedio de 51.02 correspondiéndole una calificación de REGULAR correspondiente al estado en que se encuentra la vía.

#### **4.3. Análisis e interpretación de resultados.**

Una vez recolectado todos los datos de campo y obtenidos los cálculos del índice de condición del pavimento para cada una de las unidades de muestra, se puede calcular el PCI promedio de los 2 tramos considerados, lo que servirá para tener una idea clara en qué estado se encuentra el pavimento de la AV. Metropolitana II.

**Tabla 15. Rangos de la clasificación del estado del pavimento**

<b>RANGOS DE CLASIFICACIÓN</b>	
<b>100- 85</b>	<b>EXCELENTE</b>
<b>85 - 70</b>	<b>MUY BUENO</b>
<b>70 – 55</b>	<b>BUENO</b>
<b>55 - 40</b>	<b>REGULAR</b>
<b>40 – 25</b>	<b>MALO</b>
<b>25 – 10</b>	<b>MUY MALO</b>
<b>10 – 0</b>	<b>FALLADO</b>

**Tabla 16. Resumen de resultados del carril Derecho**

MUESTRA	CONDICION	FALLAS	PCI
UM/D-03	Muy bueno	Grietas longitudinales y transv.	81.51
		Parches	
		Depresion	
		Desprendimiento de agregados	
UM/D-06	Regular	Piel de cocodrilo	48.2
		Ahuellamiento	
		Parches	
		Desprendimiento de agregados	
UM/D-09	Malo	Agregado pulido	26.8
		Huecos	
		Agrietamiento en bloque	
		Desprendimiento de agregados	
		Parches	
UM/D-12	Regular	Hinchamiento	42.5
		Desprendimiento de agregados	
		Ahuellamiento	
		Huecos	
		Parches	
UM/D-15	Regular	Grietas longitudinales y transv.	50.5
		Pulimiento de agregados	
		Ahuellamiento	
		Huecos	
UM/D-18	Muy malo	Desprendimiento de agregados	20.4
		Abultamiento	
		Huecos	
UM/D-21	Malo	Pulimento de agregados	30.9
		Parches	
		Ahuellamiento	
		Huecos	
UM/D-24	Malo	Piel de cocodrilo	31.8
		Parches	
		Grietas longitudinales y transv.	
		Huecos	
UM/D-27	Bueno	Piel de cocodrilo	58.7
		Parches	
		Grietas longitudinales y transv.	
		Huecos	
UM/D-30	Bueno	Exudacion	61.28
		Parches	
		Hinchamiento	
		Huecos	
UM/D-33	Muy bueno	Hundimiento	75.5
		Agrietamiento en bloque	
		Hinchamiento	
		Huecos	
UM/D-36	Bueno	Agrietamiento en bloque	62.44
		Parches	
		Huecos	
El promedio del Indice de condicion de pavimento es			49.21
<b>REGULAR</b>			

En el Carril Derecho tenemos 12 unidades de muestra sometidas a estudio con un valor promedio de PCI igual a 49.21, este valor muestra que el pavimento flexible del carril derecho se encuentra en un estado REGULAR.

Las unidades de muestra UM/03 y UMD/33 obtuvieron el mayor valor de PCI, igual a 81.51 y 75.5 respectivamente, lo que significa un estado BUENO. La unidad de muestra UM/D-18 tiene el menor PCI con 20.4, esto indica que la condición en que se encuentra es MALA.

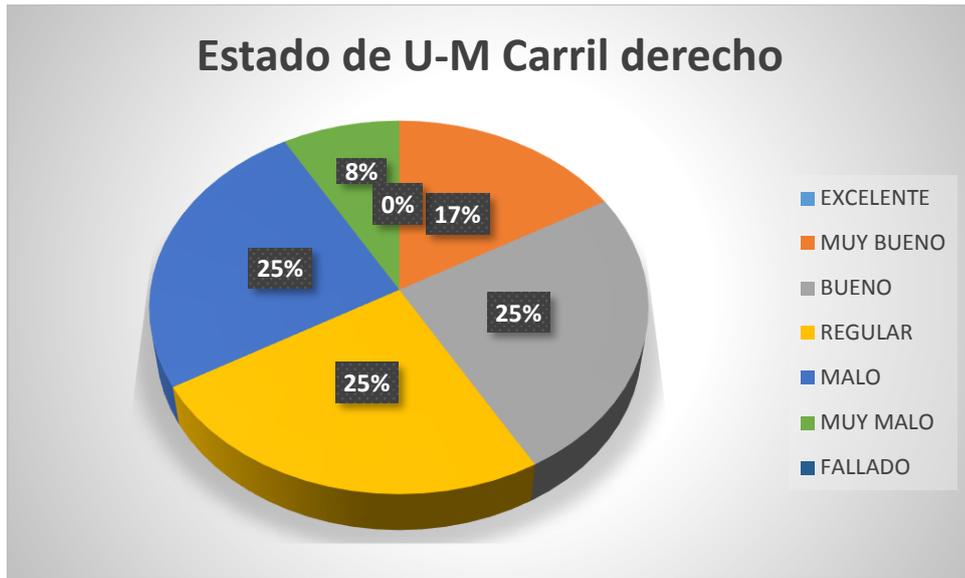
En el siguiente cuadro de resumen de los resultados del PCI en el carril derecho, se puede apreciar el porcentaje de unidades de muestra en cada rango PCI.

**Tabla 17. Características del carril Derecho**

<b>LONDITUD DE DEL CARRIL</b>	1435.8
<b>ANCHO DE CALZADA</b>	6.5 m
<b>N° DE UNIDADES DE MUESTRA</b>	41
<b>LONGITUD DE UNIDAD DE MUESTRA</b>	35.4
<b>NUMERO DE MUESTRAS A EVALUARSE</b>	12
<b>INTERVALO DE MUESTREO</b>	3

**Tabla 18. Resultados del PCI – Carril derecho**

RESULTADOS DEL PCI CARRIL DERECHO		
CANTIDAD DE U-M	DESCRIPCION	PORCENTAJE
0	EXCELENTE	0%
2	MUY BUENO	17%
3	BUENO	25%
3	REGULAR	25%
3	MALO	25%
1	MUY MALO	8%
0	FALLADO	0%



**Figura 28. Estado de U-M carril derecho.**

Resumiendo, los resultados tenemos que ninguna unidad de muestra presenta un estado Excelente, el 17% presenta un estado Muy Bueno, el 25% un estado Bueno, Regular y Malo, el 8% en estado Muy Malo y por ultimo ninguna unidad de muestra presenta un estado fallado.

**Tabla 19. Resumen de resultados del carril Izquierdo**

UM/I-3	Bueno	Agregado pulido	69.99
		Exudacion	
		Parches	
UM/I-7	Muy bueno	Agregado pulido	70.66
		Grietas longitudinales y transversales	
		Parches	
UM/I-11	Bueno	Agregado pulido	67.32
		Grietas longitudinales y transversales	
		Parches	
UM/I-15	Malo	Agregado pulido	38.72
		Huecos	
		Abultamiento	
		Parches	
UM/I-19	Muy malo	Agregado pulido	11.61
		Huecos	
		Ahuellamiento	
		Parches	
UM/I-23	Regular	Piel de cocodrilo	44.37
		Huecos	
		Abultamiento	
		Parches	
UM/I-27	Regular	Piel de cocodrilo	40.64
		Huecos	
		Parches	
UM/I-31	Malo	Piel de cocodrilo	28.76
		Huecos	
		Parches	
UM/I-35	Malo	Grietas longitudinales y transversales	27.78
		Ahuellamiento	
		Grieta parabolica por deslizam.	
UM/I-39	Regular	Huecos	51.76
		Ahuellamiento	
		Parches	
UM/I-43	Bueno	Desprendimiento de agregados	67.86
		Ahuellamiento	
		Hundimiento	
UM/I-47	Muy bueno	Desprendimiento de agregados	70.88
		Ahuellamiento	
		Hundimiento	
UM/I-51	Muy bueno	Desprendimiento de agregados	72.91
		Ahuellamiento	
		Grieta parabolica por deslizam.	
El promedio del Indice de condicion de pavimento es			<b>51.02</b>
<b>REGULAR</b>			

En el carril Izquierdo, tenemos 13 unidades de muestra y el valor promedio del PCI nos revela que el pavimento se encuentra en un estado REGULAR con un PCI igual a 51.02.

Las unidades de muestra UM/I-7, UM/I-47 y UM/I-51 tienen el mayor valor de PCI del carril izquierdo con valores igual a 70.66, 70.88 y 72.91 respectivamente de condición Muy Buena.

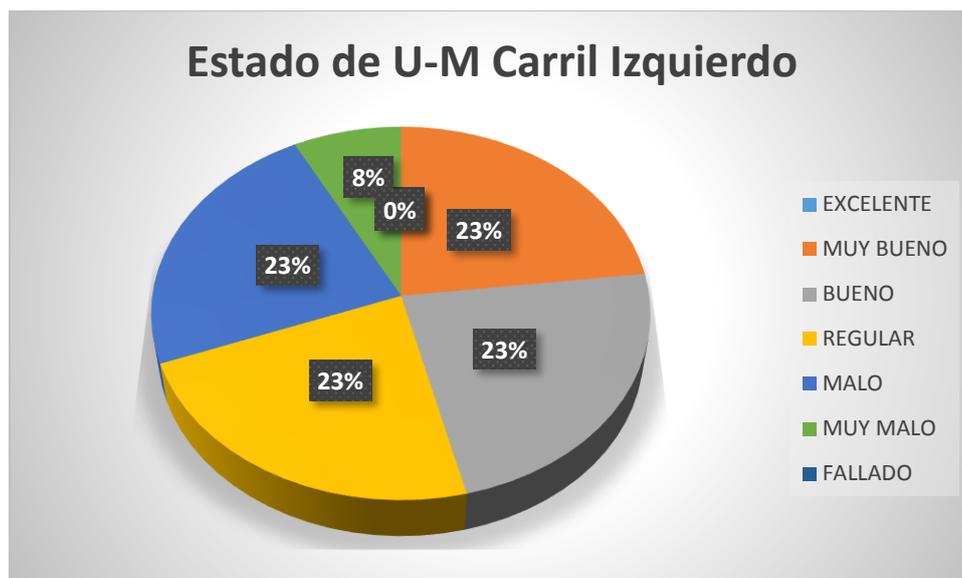
El menor PCI de 11.61 corresponde a la unidad de muestra UM/I-19 la cual presenta una condición MUY MALA. Las fallas más frecuentes que encontramos en la evaluación de las unidades de muestra del carril izquierdo fueron fallas de parcheo, ahuellamiento y pulimiento de agregados con un nivel de severidad medio y bajo, estas fallas se encontraron con mayor frecuencia en los últimos tramos del carril izquierdo a causa que no se ha dado el mantenimiento requerido. También se hallaron una gran cantidad de fallas de huecos de severidad media y alta en las últimas unidades de muestras de la vía, la mayoría de estas fallas evolucionaron progresivamente de piel de cocodrilo a hueco.

**Tabla 20. Características del carril Izquierdo**

<b>LONDITUD DE DEL CARRIL</b>	1904
<b>ANCHO DE CALZADA</b>	6.5 m
<b>N° DE UNIDADES DE MUESTRA</b>	54
<b>LONGITUD DE UNIDAD DE MUESTRA</b>	35.4
<b>NUMERO DE MUESTRAS A EVALUARSE</b>	13
<b>INTERVALO DE MUESTREO</b>	4

**Tabla 21. Resultado del PCI – Carril Izquierdo**

RESULTADOS DEL PCI CARRIL IZQUIERDO		
CANTIDAD DE U-M	DESCRIPCION	PORCENTAJE
0	EXCELENTE	0%
3	MUY BUENO	23%
3	REGULAR	23%
3	MALO	23%
3	MUY MALO	23%
1	FALLADO	8%
0	FALLADO	0%



**Figura 29. Estado de U-M Carril Izquierdo**

#### 4.4. Calculo del pci general

Una vez recolectado todos los resultados del índice de condición de pavimento de las 25 unidades de muestra de la Av. Metropolitana II, se puede saber la condición final en que se encuentra actualmente la avenida. Para poder definir el estado, se obtuvo el índice de condición promedio. Teniendo un valor promedio de PCI igual a 50.12, este valor nos muestra que la Av. Metropolitana tiene un estado regular en sus 3339 m de vía.

**Tabla 22. Condición del pavimento en la Av. Metropolitana II**

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO DE LA UM/D	<b>49.21</b>
<b>REGULAR</b>	
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO DE LA UM/I	<b>51.02</b>
<b>REGULAR</b>	
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO TOTAL	<b>50.12</b>
<b>REGULAR</b>	

#### **4.5. Prueba de hipótesis**

Según los datos obtenidos del estudio del pavimento flexible de la Av. Metropolitana II de la ciudad de Trujillo, se determinó que la vía presenta un estado REGULAR de conservación según el índice de condición de pavimento PCI. Comparando con lo planteado anteriormente en la hipótesis, resultó tener el mismo valor, por lo cual concluimos que la hipótesis establecida inicialmente es válida.

## CONCLUSIONES

- Se realizó la evaluación preliminar de la zona de estudio en el cual aplicamos los parámetros de la metodología PCI y se determinó que la Av. Metropolitana II, se ubica entre la avenida Mansiche y la calle Micaela Bastidas en la ciudad de Trujillo y cuenta con dos calzadas de pavimento flexible bidireccionales de 6.5 metros de ancho, subdividida en dos carriles por calzada más una berma central de 7 metros de ancho. Su longitud en el carril derecho es de 1435.8 m, su longitud en el carril Izquierdo es de 1904, para aplicar la metodología del PCI se dividió la vía en 25 unidades de muestra en total de acuerdo a lo estipulado en las fórmulas del cálculo del PCI.
- Las fallas que identificamos en el pavimento flexible de la Av. Metropolitana II, utilizando la inspección visual son las siguientes: hinchamiento, grietas parabólicas, ahuellamiento, huecos, pulimiento de agregados, parcheo, grietas longitudinales y transversales, depresión, abultamiento y hundimientos, agrietamiento en bloque, exudación y piel de cocodrilo. Las fallas con mayor extensión encontradas a lo largo de la vía estudiada son parcheo con 115.73 m<sup>2</sup> y grietas longitudinales y transversales con 79.9 m<sup>2</sup>, a pesar de que ambas se presentan con severidad media, no dejan de ser un problema a futuro si es que no es intervenida oportunamente.
- Se presentaron diferentes niveles de severidad en las diferentes fallas del estudio estas son las siguientes: Piel de cocodrilo (71.34 m<sup>2</sup>) con una severidad Baja, Parcheo con (115.73 m<sup>2</sup>) con un nivel de severidad Media, Exudación (22.43 m<sup>2</sup>) con una severidad Media, Agrietamiento en bloque (25.41 m<sup>2</sup>) con una severidad Baja, Abultamiento y hundimientos (31.93 m<sup>2</sup>) con una severidad Baja, Depresión (7.25 m<sup>2</sup>) con una severidad Media, Grietas longitudinales y transversales (79.9 m<sup>2</sup>) con una severidad Baja, Pulimiento de agregados (26.1 m<sup>2</sup>) con una severidad Baja, Huecos (43 unidades) con una severidad Media y Alta, Ahuellamiento (55.76 m<sup>2</sup>) con una severidad Media, Grietas parabólicas (17.36 m<sup>2</sup>) con una severidad Alta, Hinchamiento (26.05 m<sup>2</sup>) con una severidad Media.

- Concluimos que al aplicar la metodología PCI en la evaluación superficial del pavimento flexible, se ha determinado que su estado de conservación es REGULAR cuyo valor de PCI es de 50.12 a lo largo de la vía. El 24% del total de unidades de muestra inspeccionadas presentan un estado de pavimento BUENO (PCI entre 55-70); Siguiéndole un 20% de unidades con un estado MUY BUENO con un (PCI entre 70 y 85); un 23% en estado REGULAR con (PCI entre 40 y 55); un 24% en estado MALO con un (PCI entre 25 y 40). Finalmente 8% en un estado MUY MALO con un (PCI entre 10 y 25).

## **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.
- Al obtener como resultado un Índice de Condición de Pavimento en un estado Regular, se recomienda realizar una Rehabilitación Integral de la Vía en estudio, ya que se necesita hacer que la vía vuelva a tener las mismas o mejores condiciones de servicio que las que tenía cuando comenzó su vida útil.
- Se recomienda como acción mínima realizar una limpieza, las lechadas asfálticas o Slurry Seal y el riego pulverizado, también llamado Fog Seal. Ambos se pueden usar como procedimientos preventivos o correctivos de la superficie del pavimento para el tratamiento de vías urbanas.
- Se recomienda hacer un monitoreo continuo del PCI por parte de la Municipalidad Provincial de Trujillo, para establecer el ritmo de deterioro del pavimento, a partir del cual se identifica con la debida anticipación las necesidades de rehabilitación y mantenimiento de la vía.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Pereda, C. (2014). Índice de condición de pavimento de la carretera Cajamarca La Colpa (Tesis para optar el título profesional). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
2. Sierra, C. (2016). Aplicación y comparación de las diferentes metodologías de diagnóstico para la conservación y mantenimiento del tramo pr 00+000 – pr 01+020 de la vía al llano (dg 78 bis sur – calle 84 sur) en la upz Yomasa (Tesis para optar el título profesional) Universidad católica de Colombia, Bogotá.
3. Leguía, P. y Pacheco, H. (2016). Evaluación superficial del pavimento flexible por el método pavement condition index (PCI) en las vías arteriales: cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima) (Tesis para optar por el título profesional) Universidad San Martín de Porres, Lima.
4. Robles, R. (2015). Cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) Barranco - Surco – Lima (Tesis para optar por el título profesional) Universidad Ricardo Palma, Lima.
5. Marrugo, C. (2014). Evaluación de la metodología VIZIR como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los pavimentos flexibles (Tesis para optar por el título profesional) Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá.
6. Montejo, A. (2006). Ingeniería de pavimentos. Evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías (Vol. 2). Colombia. U. Católica de Colombia.
7. Tapia, M. (2010). Pavimentos.  
Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/388814407/Pavimentos-Miguel-Angel-Tapia-Garcia>.
8. Sánchez, D. (2010). Soluciones e innovaciones tecnológicas de mejoramiento de vías de bajo tránsito  
Recuperado de:  
[http://publicaciones.caf.com/media/25065/publicacion\\_caf\\_soluciones\\_e\\_innovaciones-oct2010.pdf](http://publicaciones.caf.com/media/25065/publicacion_caf_soluciones_e_innovaciones-oct2010.pdf).
9. 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-de-evaluacion1.pdf>.

10. Vázquez, 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>.
11. Pinilla, J. (2007) Auscultación, calificación del estado superficial y evaluación económica de la carretera sector puente de la libertad – Malteria desde el k0+000 hasta el k6+000 (Tesis para optar por el título profesional) Universidad nacional de Colombia, Colombia.
12. American Society for Testing and Materials. (2004). Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (ASTM D6433-03). Estados Unidos.
13. Reglamento nacional de gestión de infraestructura vial. (2006). Dirección de normatividad vial, Lima.

# ANEXOS

### **UNIDAD DE MUESTRA UM/D-03:**

La unidad de muestra UM/D-03 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: grietas longitudinales y transversales, parches, depresiones y desprendimiento de agregados.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cuatro valores deducidos: 3.45, 7.58, 9.51 y 10.18.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 10.18

El valor total deducido es igual a 30.72

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 18.49

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI=81.51 que corresponde a un pavimento en estado “**MUY BUENO**”



**Figura 30. Grietas longitudinales**



### **UNIDAD DE MUESTRA UM/D-06:**

La unidad de muestra UM/D-06 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: Piel de cocodrilo, ahuellamiento, parches y desprendimiento de agregados.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo cinco valores deducidos: 41.5, 18.4, 16.5, 14.3 y 2.7

Debemos tener en cuenta que como máximo debemos tener 6 valores deducidos mayores que dos, en este caso se cumple ya que tenemos 5 valores deducidos mayores que 2.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 41.5

El valor total deducido es igual a 93.4

Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 51.8

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI=48.2 que corresponde a un pavimento en estado “**REGULAR**”

Para aumentar el valor de PCI y mejorar el estado de la capa de rodadura en esta unidad de muestra se recomienda aplicar un riego de liga, así como el respectivo parchado en algunas zonas.



**Figura 31. Piel de cocodrilo**



**Figura 32. Desprendimiento de agregados**



### **UNIDAD DE MUESTRA UM/D-09:**

La unidad de muestra UM/D-09 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: Agregado pulido, huecos, agrietamiento en bloque, desprendimiento de agregados e hinchamiento.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 4.3, 65.7, 21.4, 19.6, 6.8 y 5.9

Debemos tener en cuenta que como máximo debemos tener 6 valores deducidos mayores que dos, en este caso se cumple ya que tenemos 6 valores deducidos mayores que 2.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 65.7

El valor total deducido es igual a 123.7

Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 73.2

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI=26.8 que corresponde a un pavimento en estado “**MALO**”

Para mejorar el estado de esta unidad de muestra, se recomienda aplicar un riego de liga además del parchado superficial en zonas donde sea necesario.



**Figura 33. Huecos**



**Figura 34. Desprendimiento de agregados**



### **UNIDAD DE MUESTRA UM/D-12:**

La unidad de muestra UM/D-12 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: Desprendimiento de agregados, ahuellamiento, huecos, parches y grietas longitudinales.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 1.8, 32.5, 20.2, 33.1, 3.1 Y 4.6

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 33.1

El valor total deducido es igual a 95.3

Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 57.5

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI=42.5 que corresponde a un pavimento en estado “**REGULAR**”

Para mejorar el estado de la capa de rodadura en esta unidad de muestra, es necesario la aplicación de un riego de liga, de la misma forma, en las zonas donde se observa la presencia de ahuellamiento es recomendable y necesario un parchado profundo.



**Figura 35. Parches**



**Figura 36. Huecos**



### **UNIDAD DE MUESTRA UM/D-15:**

La unidad de muestra UM/D-15 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: Pulimiento de agregados, ahuellamiento y huecos.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 4.8, 38.5, 29.3

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 38.5

El valor total deducido es igual a 72.6

Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 49.5

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI=50.5 que corresponde a un pavimento en estado “BUENO”

Para mejorar el estado de la capa de rodadura en esta unidad de muestra, es necesario la aplicación de un riego de liga, de la misma forma, en las zonas donde se observa la presencia de ahuellamiento y huecos es recomendable y necesario un parchado profundo.



**Figura 37. Pulimiento de agregados**



**Figura 38. Ahuellamiento**



### **UNIDAD DE MUESTRA UM/D-18:**

La unidad de muestra UM/D-18 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: Desprendimiento de agregados, abultamientos y huecos.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 18.2, 19.2 y 76.7

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 76.7

El valor total deducido es igual a 114.1

Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 79.6

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI=20.4 que corresponde a un pavimento en estado “**MUY MALO**”

Para mejorar la condición del pavimento flexible en esta unidad de muestra, es recomendable aplicar un riego de liga, de la misma forma, se debe realizar el parchado de huecos en donde sea necesario.



**Figura 39. Abultamiento**



**Figura 40. Desprendimiento de agregados**



### **UNIDAD DE MUESTRA UM/D-21:**

La unidad de muestra UM/D-21 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: Pulimiento de agregados, parches, ahuellamiento y huecos.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 7.63, 38.23, 2.32 y 59.6

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 59.6

El valor total deducido es igual a 107.78

Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 69.1

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI= 30.9 que corresponde a un pavimento en estado “**MALO**”

Para mejorar la condición del pavimento flexible en esta unidad de muestra, es recomendable aplicar un riego de liga, de la misma forma, se debe realizar el parchado de huecos en donde sea necesario.



**Figura 41. Parches**



**Figura 42. Huecos**



### **UNIDAD DE MUESTRA UM/D-24:**

La unidad de muestra UM/D-24 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: piel de cocodrilo, parches, grietas transversales y huecos.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 38.3, 10.4, 10.y 38.6

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 38.6

El valor total deducido es igual a 97.5

Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 68.2

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI= 31.8 que corresponde a un pavimento en estado “**MALO**”

Para mejorar la condición del pavimento flexible en esta unidad de muestra, es recomendable aplicar un riego de liga, de la misma forma, se debe realizar el parchado de huecos en donde sea necesario.



**Figura 43. Huecos**



**Figura 44. Huecos**



### **UNIDAD DE MUESTRA UM/D-27:**

La unidad de muestra UM/D-27 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: piel de cocodrilo, parches, grietas transversales y huecos.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 20.3, 7.4, 6.22 y 22.5

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 22.5

El valor total deducido es igual a 56.42

Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 41.3

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI= 58.7 que corresponde a un pavimento en estado “**BUENO**”

Para mejorar la condición del pavimento flexible en esta unidad de muestra, es recomendable aplicar un riego de liga, de la misma forma, se debe realizar el parchado de huecos en donde sea necesario.



**Figura 45. Parches**



**Figura 46. Piel de Cocodrilo**

**Tabla 31. Evaluación de la muestra UM/D-27**

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO																											
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL																											
EVALUACION DE INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)																											
<b>Nombre de la vía:</b> Av.Metropolitana II		<b>Ancho de la vía:</b> 6.5		<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p style="font-size: 24px; margin: 0;">6.5</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 0;"> <p style="text-align: center; margin: 0;"> </p> </div> </div> <div style="text-align: right; font-size: 24px; margin: 0;">35.4</div> </div>																							
<b>Evaluado por:</b> Junior Pascual Rodriguez		<b>Largo de la vía:</b> 1904																									
Jose Rebaza Aguilar		<b>Area de muestra:</b> 230.1																									
<b>Fecha:</b> lunes 21 de noviembre de 2018																											
<b>Codigo de muestra:</b> UM/D-27																											
<b>Seccion:</b> Derecha																											
<b>TIPOS DE FALLAS</b>																											
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">1. Piel de cocodrillo</td> <td style="width: 50%;">10. Grietas longitudinales y trans.</td> </tr> <tr> <td>2. Exudacion</td> <td>11. Parches</td> </tr> <tr> <td>3. Agrietamiento en bloque</td> <td>12. Agregado pulido</td> </tr> <tr> <td>4. Abultamiento y hundimientos</td> <td>13. Huecos</td> </tr> <tr> <td>5. Corrugacion</td> <td>14. Ahuellamiento</td> </tr> <tr> <td>6. Depresion</td> <td>15. Desplazamiento</td> </tr> <tr> <td>7. Grieta de borde</td> <td>16. Grieta parabólica por deslizam</td> </tr> <tr> <td>8. Grieta de reflexion de junta</td> <td>17. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td>9. Desnivel carril-berma</td> <td>18. Desprendimiento de agregados</td> </tr> </table>										1. Piel de cocodrillo	10. Grietas longitudinales y trans.	2. Exudacion	11. Parches	3. Agrietamiento en bloque	12. Agregado pulido	4. Abultamiento y hundimientos	13. Huecos	5. Corrugacion	14. Ahuellamiento	6. Depresion	15. Desplazamiento	7. Grieta de borde	16. Grieta parabólica por deslizam	8. Grieta de reflexion de junta	17. Hinchamiento	9. Desnivel carril-berma	18. Desprendimiento de agregados
1. Piel de cocodrillo	10. Grietas longitudinales y trans.																										
2. Exudacion	11. Parches																										
3. Agrietamiento en bloque	12. Agregado pulido																										
4. Abultamiento y hundimientos	13. Huecos																										
5. Corrugacion	14. Ahuellamiento																										
6. Depresion	15. Desplazamiento																										
7. Grieta de borde	16. Grieta parabólica por deslizam																										
8. Grieta de reflexion de junta	17. Hinchamiento																										
9. Desnivel carril-berma	18. Desprendimiento de agregados																										
Tipo de falla	severidad	cantidades parciales					total	densidad	valor deducido																		
Piel de cocodrilo	Bajo	2.3			3.6		5.9	2.56	20.3																		
	Medio						0	0.00																			
	Alto						0	0.00																			
Parches	Bajo		2.98		1.27		4.25	1.85	7.4																		
	Medio						0	0.00																			
	Alto						0	0.00																			
Grietas transversales	Bajo	4.64		7.98			12.62	5.48	6.22																		
	Medio						0	0.00																			
	Alto						0	0.00																			
Huecos	Bajo	1		1			2	0.87	22.5																		
	Medio						0	0.00																			
	Alto						0	0.00																			
<b>Total del valor deducido</b>									<b>56.42</b>																		
Numero de deducidos>2(q) 4																											
Valor deducido mas alto(HDV) 22.5																											
Numero admisibles de deducidos(m) 8.12																											
CALCULO DEL PCI																											
#	Valores Deducidos					VDT	q	VDC																			
1	22.5	20.3	7.4	6.22		56.42	4	29.2																			
2	22.5	20.3	7.4	2		52.2	3	32																			
3	22.5	20.3	2	2		46.8	2	41.3																			
4	22.5	2	2	2		28.5	1	22.5																			
Maximo Valor deducido corregido						VDC=	41.3	CONDICION																			
PCI=100-VDC						PCI=	58.7	BUENO																			

### **UNIDAD DE MUESTRA UM/D-30:**

La unidad de muestra UM/D-30 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: exudación, parches, hinchamiento y huecos.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 2.47, 12.63, 6.38 y 20.94,

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 20.94

El valor total deducido es igual a 42.42

Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 38.72

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI= 61.28 que corresponde a un pavimento en estado **“BUENO”**

Para mejorar la condición del pavimento flexible en esta unidad de muestra, es recomendable aplicar un riego de liga, de la misma forma, se debe realizar el parchado de huecos en donde sea necesario.



**Figura 48. Hinchamiento**



**Figura 47. Huecos**

**Tabla 32. Evaluación de la muestra UM/D-30**

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO																											
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL																											
EVALUACION DE INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)																											
<b>Nombre de la vía:</b> Av.Metropolitana II		<b>Ancho de la vía:</b> 6.5		<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 0 10px;">                     6.5   </div> <div style="font-size: 2em; margin-left: 20px;">35.4</div> </div>																							
<b>Evaluado por:</b> Junior Pascual Rodriguez		<b>Largo de la vía:</b> 1904																									
Jose Rebaza Aguilar		<b>Area de muestra:</b> 230.1																									
<b>Fecha:</b> lunes 21 de noviembre de 2018																											
<b>Codigo de muestra:</b> UM/D-30																											
<b>Seccion:</b> Derecha																											
<b>TIPOS DE FALLAS</b>																											
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">1. Piel de cocodrillo</td> <td style="width: 50%;">10. Grietas longitudinales y trans.</td> </tr> <tr> <td>2. Exudacion</td> <td>11. Parches</td> </tr> <tr> <td>3. Agrietamiento en bloque</td> <td>12. Agregado pulido</td> </tr> <tr> <td>4. Abultamiento y hundimientos</td> <td>13. Huecos</td> </tr> <tr> <td>5. Corrugacion</td> <td>14. Ahuellamiento</td> </tr> <tr> <td>6. Depresion</td> <td>15. Desplazamiento</td> </tr> <tr> <td>7. Grieta de borde</td> <td>16. Grieta parabólica por deslizam</td> </tr> <tr> <td>8. Grieta de reflexion de junta</td> <td>17. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td>9. Desnivel carril-berma</td> <td>18. Desprendimiento de agregados</td> </tr> </table>										1. Piel de cocodrillo	10. Grietas longitudinales y trans.	2. Exudacion	11. Parches	3. Agrietamiento en bloque	12. Agregado pulido	4. Abultamiento y hundimientos	13. Huecos	5. Corrugacion	14. Ahuellamiento	6. Depresion	15. Desplazamiento	7. Grieta de borde	16. Grieta parabólica por deslizam	8. Grieta de reflexion de junta	17. Hinchamiento	9. Desnivel carril-berma	18. Desprendimiento de agregados
1. Piel de cocodrillo	10. Grietas longitudinales y trans.																										
2. Exudacion	11. Parches																										
3. Agrietamiento en bloque	12. Agregado pulido																										
4. Abultamiento y hundimientos	13. Huecos																										
5. Corrugacion	14. Ahuellamiento																										
6. Depresion	15. Desplazamiento																										
7. Grieta de borde	16. Grieta parabólica por deslizam																										
8. Grieta de reflexion de junta	17. Hinchamiento																										
9. Desnivel carril-berma	18. Desprendimiento de agregados																										
Tipo de falla	severidad	cantidades parciales				total	densidad	valor deducido																			
Exudacion	Bajo		4.3		5.6	9.9	4.30	2.47																			
	Medio					0	0.00																				
	Alto					0	0.00																				
Parches	Bajo					0	0.00																				
	Medio		2.65		4.11	6.76	2.94	12.63																			
	Alto					0	0.00																				
Hinchamiento	Bajo	1.24		2.36		3.6	1.56	6.38																			
	Medio					0	0.00																				
	Alto					0	0.00																				
Huecos	Bajo		1		1	2	0.87	20.94																			
	Medio					0	0.00																				
	Alto					0	0.00																				
<b>Total del valor deducido</b>								<b>42.42</b>																			
Numero de deducidos>2(q) 4																											
Valor deducido mas alto(HDV) 20.94																											
Numero admisibles de deducidos(m) 8.26																											
CALCULO DEL PCI																											
#	Valores Deducidos					VDT	q	VDC																			
1	20.94	12.63	6.38	2.47		42.42	4	21.56																			
2	20.94	12.63	6.38	2		41.95	3	38.72																			
3	20.94	12.63	2	2		37.57	2	37.41																			
4	20.94	2	2	2		26.94	1	23.2																			
Maximo Valor deducido corregido						VDC=	38.72	CONDICION																			
PCI=100-VDC						PCI=	61.28	BUENO																			

### **UNIDAD DE MUESTRA UM/D-33:**

La unidad de muestra UM/D-33 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: hundimientos, agrietamientos en bloque, hinchamiento y huecos

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 8.56, 4.31, 3.27 y 21.46

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 21.46

El valor total deducido es igual a 37.6

Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 24.5

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI= 75.5 que corresponde a un pavimento en estado “**MUY BUENO**”

Para mejorar la condición del pavimento flexible en esta unidad de muestra, es recomendable aplicar un riego de liga, de la misma forma, se debe realizar el parchado de huecos en donde sea necesario.



**Figura 49. Huecos**



**Figura 50. Agrietamiento en bloque**



### **UNIDAD DE MUESTRA UM/D-36:**

La unidad de muestra UM/D-36 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: agrietamientos en bloque, parches y huecos

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 11.89, 23.4 y 21.34

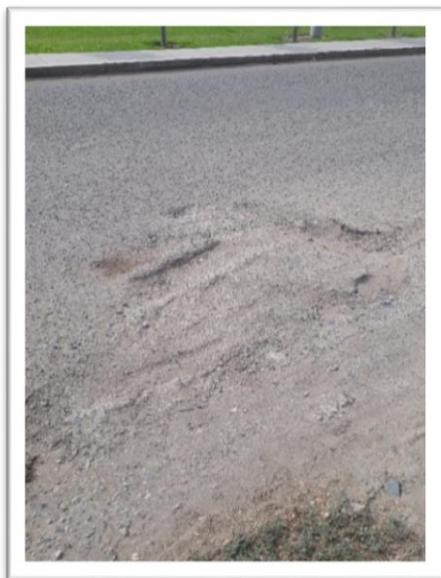
El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 23.4

El valor total deducido es igual a 56.63

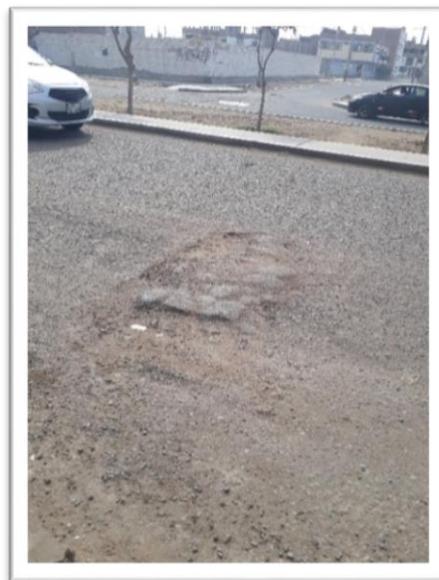
Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 37.56

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI= 62.44 que corresponde a un pavimento en estado “**BUENO**”

Para mejorar la condición del pavimento flexible en esta unidad de muestra, es recomendable aplicar un riego de liga, de la misma forma, se debe realizar el parchado de huecos en donde sea necesario.



**Figura 51. Huecos**



**Figura 52. Huecos**



### **UNIDAD DE MUESTRA UM/I-03:**

La unidad de muestra UM/I-03 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: Agregado pulido, exudación y parches.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 3.24, 10.23 y 25.

Debemos tener en cuenta que como máximo debemos tener 6 valores deducidos mayores que dos, en este caso se cumple ya que tenemos 3 valores deducidos y son mayores que 2

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 25.41

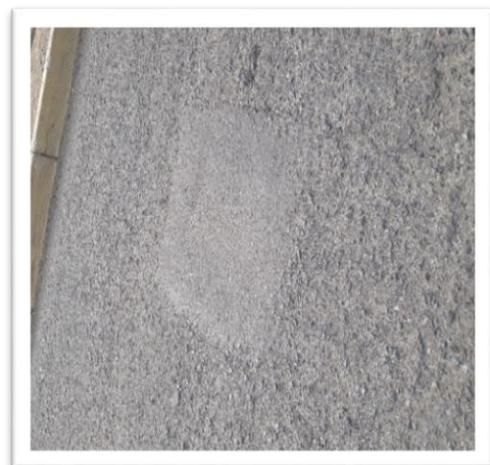
El valor total deducido es igual a 38.88

Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 30.01

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI= 69.99 que corresponde a un pavimento en estado “**BUENO**”. Para mejorar la condición del pavimento flexible en esta unidad de muestra, es recomendable aplicar un riego de liga, de la misma forma, se debe realizar el parchado de huecos en donde sea necesario.



**Figura 53. Agregado Pulido**



**Figura 54. Parches**

**Tabla 35. Evaluación de la muestra UM/I-3**

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO																											
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL																											
EVALUACION DE INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)																											
<b>Nombre de la vía:</b> Av.Metropolitana II			<b>Ancho de la vía:</b> 6.5			<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; display: inline-block;"> <p style="font-size: 24px; margin: 0;">6.5</p> <p style="font-size: 24px; margin: 0;"> </p> </div>																					
<b>Evaluado por:</b> Junior Pascual Rodriguez			<b>Largo de la vía:</b> 1904																								
Jose Rebaza Aguilar			<b>Area de muestra:</b> 230.1																								
<b>Fecha:</b> Lunes 21 de noviembre de 2018																											
<b>Codigo de muestra:</b> UM/I-3						<p style="font-size: 24px; margin: 0;">35.4</p>																					
<b>Seccion:</b> Izquierda																											
<b>TIPOS DE FALLAS</b>																											
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">1. Piel de cocodrillo</td> <td style="width: 50%;">10. Grietas longitudinales y trans.</td> </tr> <tr> <td>2. Exudacion</td> <td>11. Parches</td> </tr> <tr> <td>3. Agrietamiento en bloque</td> <td>12. Agregado pulido</td> </tr> <tr> <td>4. Abultamiento y hundimientos</td> <td>13. Huecos</td> </tr> <tr> <td>5. Corrugacion</td> <td>14. Ahuellamiento</td> </tr> <tr> <td>6. Depresion</td> <td>15. Desplazamiento</td> </tr> <tr> <td>7. Grieta de borde</td> <td>16. Grieta parabolica por deslizam</td> </tr> <tr> <td>8. Grieta de reflexion de junta</td> <td>17. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td>9. Desnivel carril-berma</td> <td>18. Desprendimiento de agregados</td> </tr> </table>										1. Piel de cocodrillo	10. Grietas longitudinales y trans.	2. Exudacion	11. Parches	3. Agrietamiento en bloque	12. Agregado pulido	4. Abultamiento y hundimientos	13. Huecos	5. Corrugacion	14. Ahuellamiento	6. Depresion	15. Desplazamiento	7. Grieta de borde	16. Grieta parabolica por deslizam	8. Grieta de reflexion de junta	17. Hinchamiento	9. Desnivel carril-berma	18. Desprendimiento de agregados
1. Piel de cocodrillo	10. Grietas longitudinales y trans.																										
2. Exudacion	11. Parches																										
3. Agrietamiento en bloque	12. Agregado pulido																										
4. Abultamiento y hundimientos	13. Huecos																										
5. Corrugacion	14. Ahuellamiento																										
6. Depresion	15. Desplazamiento																										
7. Grieta de borde	16. Grieta parabolica por deslizam																										
8. Grieta de reflexion de junta	17. Hinchamiento																										
9. Desnivel carril-berma	18. Desprendimiento de agregados																										
Tipo de falla	severidad	cantidades parciales					total	densidad	valor deducido																		
Agregado Pulido	Bajo					0	0.00																				
	Medio	5.38		4.15		3.28	12.81	5.57	3.24																		
	Alto					0	0.00																				
exudacion	Bajo					0	0.00																				
	Medio	4.87		3.67		3.99	12.53	5.45	10.23																		
	Alto					0	0.00																				
parches	Bajo					0	0.00																				
	Medio	4.66		5.36		3.22	13.24	5.75	25.41																		
	Alto					0	0.00																				
<b>Total del valor deducido</b>									<b>38.88</b>																		
Numero de deducidos>2(q) 3																											
Valor deducido mas alto(HDV) 25.41																											
Numero admisibles de deducidos(m) 7.85																											
CALCULO DEL PCI																											
#	Valores Deducidos					VDT	q	VDC																			
1	25.41	10.23	3.24			38.88	3	21.22																			
2	25.41	10.23	2			37.64	2	22.34																			
3	25.41	2	2			29.41	1	30.01																			
4																											
Maximo Valor deducido corregido						VDC=	30.01	CONDICION																			
PCI=100-VDC						PCI=	69.99	BUENO																			

### **UNIDAD DE MUESTRA UM/I-07:**

La unidad de muestra UM/I-07 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: Agregado pulido, parches y grietas longitudinales y transversales.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 2.33, 18.41 y 27.14

Debemos tener en cuenta que como máximo debemos tener 6 valores deducidos mayores que dos, en este caso se cumple ya que tenemos 3 valores deducidos y son mayores que 2

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 27.14

El valor total deducido es igual a 47.88

Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 29.34

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI= 70.66 que corresponde a un pavimento en estado **“MUY BUENO”**



**Figura 55. Agregado Pulido**



### **UNIDAD DE MUESTRA UM/I-11:**

La unidad de muestra UM/I-11 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: Agregado pulido, grietas longitudinales y transversales y parches.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 6.66, 23.65 y 18.97

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 23.65

El valor total deducido es igual a 49.28

Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 32.68

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI= 67.32 que corresponde a un pavimento en estado “**BUENO**”

Para mejorar la condición del pavimento flexible en esta unidad de muestra, es recomendable aplicar un riego de liga, de la misma forma, se debe realizar el parchado de huecos en donde sea necesario.



**Figura 56. Agregado Pulido**



**Figura 57. Parches**



### **UNIDAD DE MUESTRA UM/I-15:**

La unidad de muestra UM/I-15 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: Agregado pulido, huecos, abultamiento y parches

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 8.12, 38.25, 38.47 y 12.78

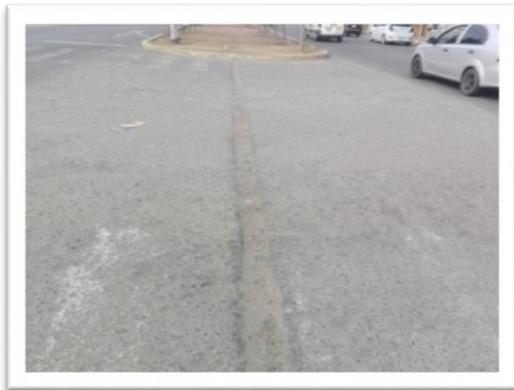
El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 38.47

El valor total deducido es igual a 97.62

Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 61.28

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI= 38.72 que corresponde a un pavimento en estado “**MALO**”

Para mejorar la condición del pavimento flexible en esta unidad de muestra, es recomendable aplicar un riego de liga, de la misma forma, se debe realizar el parchado de huecos en donde sea necesario.



**Figura 58. Huecos**



**Figura 59. Huecos**



### **UNIDAD DE MUESTRA UM/I-19:**

La unidad de muestra UM/I-19 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: Agregado pulido, huecos, ahuellamiento y parches

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 1.23, 97.2, 38.36 y 5.78

Debemos tener en cuenta que como máximo debemos tener 6 valores deducidos mayores que dos, en este caso se cumple ya que tenemos 4 valores deducidos y solo 3 mayores que 2.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 97.2

El valor total deducido es igual a 142.57

Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 88.39

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI= 11.61 que corresponde a un pavimento en estado “**MUY MALO**”

Para mejorar la condición del pavimento flexible en esta unidad de muestra, es recomendable aplicar un riego de liga, de la misma forma, se debe realizar el parchado de huecos en donde sea necesario.



**Figura 60. Agregado Pulido**



### **UNIDAD DE MUESTRA UM/I-23:**

La unidad de muestra UM/I-23 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: Piel de cocodrilo, huecos, abultamientos y parches

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 20.13, 47.33 y 19.74

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 47.33

El valor total deducido es igual a 87.2

Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 55.63

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI= 44.37 que corresponde a un pavimento en estado **“REGULAR”**

Para mejorar la condición del pavimento flexible en esta unidad de muestra, es recomendable aplicar un riego de liga, de la misma forma, se debe realizar el parchado de huecos en donde sea necesario.



**Figura 61. Huecos**



**Figura 62. Abultamientos**

**Tabla 40. Evaluación de la muestra UM/I-23**

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO																											
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL																											
EVALUACION DE INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)																											
<b>Nombre de la vía:</b> Av.Metropolitana II		<b>Ancho de la vía:</b> 6.5		<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p style="font-size: 24px; margin: 0;">6.5</p> <p style="font-size: 24px; margin: 0;"> </p> </div> <div style="margin-left: 20px; align-self: center;"> <p style="font-size: 24px; margin: 0;">35.4</p> </div> </div>																							
<b>Evaluado por:</b> Junior Pascual Rodriguez		<b>Largo de la vía:</b> 1904																									
Jose Rebaza Aguilar		<b>Area de muestra:</b> 230.1																									
<b>Fecha:</b> lunes 21 de noviembre de 2018																											
<b>Codigo de muestra:</b> UM/I-23																											
<b>Seccion:</b> Izquierda																											
<b>TIPOS DE FALLAS</b>																											
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">1. Piel de cocodrillo</td> <td style="width: 50%;">10. Grietas longitudinales y trans.</td> </tr> <tr> <td>2. Exudacion</td> <td>11. Parches</td> </tr> <tr> <td>3. Agrietamiento en bloque</td> <td>12. Agregado pulido</td> </tr> <tr> <td>4. Abultamiento y hundimientos</td> <td>13. Huecos</td> </tr> <tr> <td>5. Corrugacion</td> <td>14. Ahuellamiento</td> </tr> <tr> <td>6. Depresion</td> <td>15. Desplazamiento</td> </tr> <tr> <td>7. Grieta de borde</td> <td>16. Grieta parabolica por deslizam</td> </tr> <tr> <td>8. Grieta de reflexion de junta</td> <td>17. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td>9. Desnivel carril-berma</td> <td>18. Desprendimiento de agregados</td> </tr> </table>										1. Piel de cocodrillo	10. Grietas longitudinales y trans.	2. Exudacion	11. Parches	3. Agrietamiento en bloque	12. Agregado pulido	4. Abultamiento y hundimientos	13. Huecos	5. Corrugacion	14. Ahuellamiento	6. Depresion	15. Desplazamiento	7. Grieta de borde	16. Grieta parabolica por deslizam	8. Grieta de reflexion de junta	17. Hinchamiento	9. Desnivel carril-berma	18. Desprendimiento de agregados
1. Piel de cocodrillo	10. Grietas longitudinales y trans.																										
2. Exudacion	11. Parches																										
3. Agrietamiento en bloque	12. Agregado pulido																										
4. Abultamiento y hundimientos	13. Huecos																										
5. Corrugacion	14. Ahuellamiento																										
6. Depresion	15. Desplazamiento																										
7. Grieta de borde	16. Grieta parabolica por deslizam																										
8. Grieta de reflexion de junta	17. Hinchamiento																										
9. Desnivel carril-berma	18. Desprendimiento de agregados																										
Tipo de falla	severidad	cantidades parciales				total	densidad	valor deducido																			
Piel de cocodrilo	Bajo	4.2		3.45		7.65	3.32	20.13																			
	Medio					0	0.00																				
	Alto					0	0.00																				
Huecos	Bajo					0	0.00																				
	Medio	1	1	1	1	4	1.74	47.33																			
	Alto					0	0.00																				
parches	Bajo					0	0.00																				
	Medio	3.57		2.87	1.24	7.68	3.34	19.74																			
	Alto					0	0.00																				
<b>Total del valor deducido</b>								<b>87.2</b>																			
Numero de deducidos>2(q) 3																											
Valor deducido mas alto(HDV) 47.33																											
Numero admisibles de deducidos(m) 5.84																											
CALCULO DEL PCI																											
#	Valores Deducidos					VDT	q	VDC																			
1	47.33	20.13	19.74			87.2	3	55.63																			
2	47.33	20.13	2			69.46	2	50.12																			
3	47.33	2	2			51.33	1	51.23																			
4																											
Maximo Valor deducido corregido					VDC=	55.63	CONDICION																				
PCI=100-VDC					PCI=	44.37	REGULAR																				

### **UNIDAD DE MUESTRA UM/I-27:**

La unidad de muestra UM/I-27 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: Piel de cocodrilo, huecos y parches

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 37.23, 38.74 Y 5.13

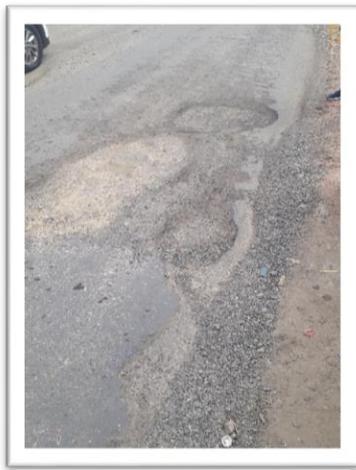
El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 38.74

El valor total deducido es igual a 81.1

Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 59.36

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia "100 - max. VDC". Se obtuvo un PCI= 40.64 que corresponde a un pavimento en estado "**REGULAR**"

Para mejorar la condición del pavimento flexible en esta unidad de muestra, es recomendable aplicar un riego de liga, de la misma forma, se debe realizar el parchado de huecos en donde sea necesario.



**Figura 63. Huecos**



**Figura 64. Parches**



### **UNIDAD DE MUESTRA UM/I-31:**

La unidad de muestra UM/I-31 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: Piel de cocodrilo, huecos y parches

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 25.34, 68.23 y 4.37

Debemos tener en cuenta que como máximo debemos tener 6 valores deducidos mayores que dos, en este caso se cumple ya que tenemos valores deducidos y son mayores que 2.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 68.23

El valor total deducido es igual a 97.94

Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 71.24

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI= 28.76 que corresponde a un pavimento en estado “**MALO**”

Para mejorar la condición del pavimento flexible en esta unidad de muestra, es recomendable aplicar un riego de liga, de la misma forma, se debe realizar el parchado de huecos en donde sea necesario.



**Figura 65. Parches**



**Figura 66. Huecos**



### **UNIDAD DE MUESTRA UM/I-35:**

La unidad de muestra UM/I-35 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: grietas longitudinales y transversales, ahuellamiento y grieta parabólica por deslizamiento.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 21.33, 51.23 y 53.11

Debemos tener en cuenta que como máximo debemos tener 6 valores deducidos mayores que dos, en este caso se cumple ya que tenemos 3 valores deducidos y son mayores que 2.

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 53.11

El valor total deducido es igual a 125.67

Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 72.22

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI= 27.78 que corresponde a un pavimento en estado “**MALO**”

Para mejorar la condición del pavimento flexible en esta unidad de muestra, es recomendable aplicar un riego de liga, de la misma forma, se debe realizar el parchado de huecos en donde sea necesario.



**Figura 67. Grietas**



**Figura 68. Ahuellamiento**



### **UNIDAD DE MUESTRA UM/I-39:**

La unidad de muestra UM/I-39 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: huecos, ahuellamiento y parches.

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 41.22, 11.23 y 19.49

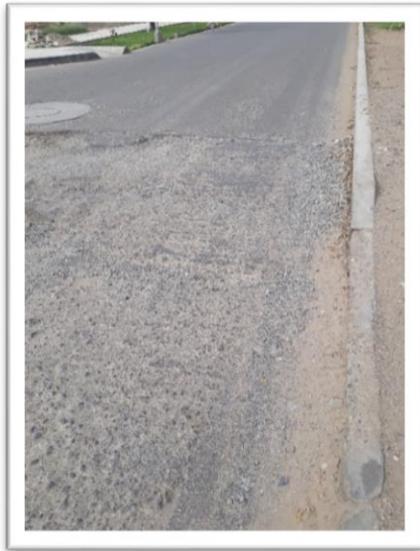
El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 41.22

El valor total deducido es igual a 71.94

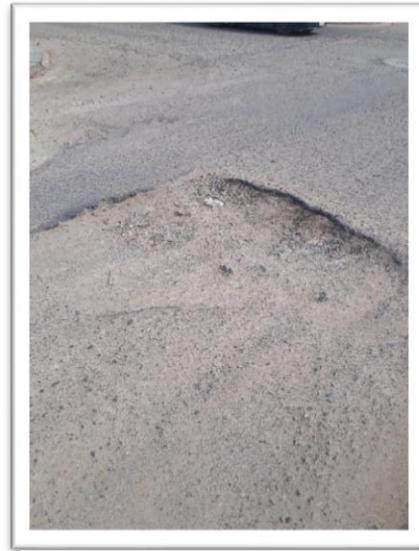
Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 48.24

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI= 51.76 que corresponde a un pavimento en estado **“REGULAR”**

Para mejorar la condición del pavimento flexible en esta unidad de muestra, es recomendable aplicar un riego de liga, de la misma forma, se debe realizar el parchado de huecos en donde sea necesario.



**Figura 70. Huecos**



**Figura 69. Huecos**



### **UNIDAD DE MUESTRA UM/I-43:**

La unidad de muestra UM/I-43 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: Desprendimiento de agregados, ahuellamiento y hundimiento

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 2.31, 20.13 y 18.23

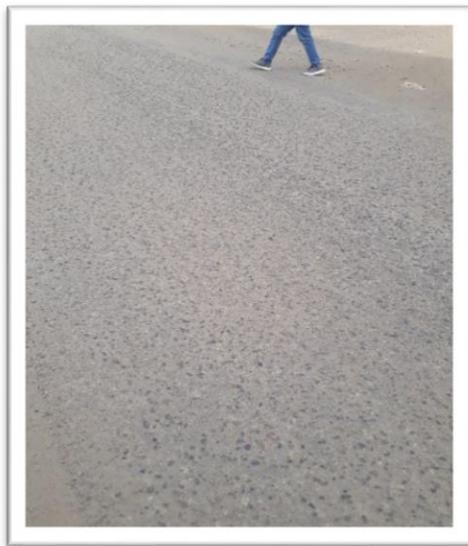
El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 20.13

El valor total deducido es igual a 40.67

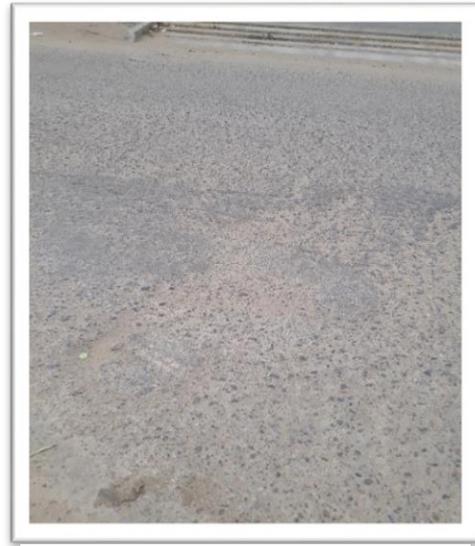
Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 32.14

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI= 67.86 que corresponde a un pavimento en estado “**REGULAR**”

Para mejorar la condición del pavimento flexible en esta unidad de muestra, es recomendable aplicar un riego de liga, de la misma forma, se debe realizar el parchado de huecos en donde sea necesario.



**Figura 71. Desprendimiento de agregados**



**Figura 72. Desprendimiento de agregados**



### **UNIDAD DE MUESTRA UM/I-47:**

La unidad de muestra UM/I-47 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: Desprendimiento de agregados, ahuellamiento y hundimiento

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 2.74, 19.42 y 18.23

El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 19.42

El valor total deducido es igual a 40.39

Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 29.12

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI= 70.88 que corresponde a un pavimento en estado “**MUY BUENO**”

Para mejorar la condición del pavimento flexible en esta unidad de muestra, es recomendable aplicar un riego de liga, de la misma forma, se debe realizar el parchado de huecos en donde sea necesario.



**Figura 73. Desprendimiento de agregados**



**Figura 74. Ahuellamiento**



### **UNIDAD DE MUESTRA UM/I-51:**

La unidad de muestra UM/I-51 cuenta con un área de 230.10 metros cuadrados.

Durante la inspección visual a la unidad de muestra se encontraron fallas como se mencionan a continuación: desprendimiento de agregados, ahuellamiento, grieta parabólica

En la tabla siguiente se puede apreciar que se obtuvo los valores deducidos: 2.14, 20.17 y 12.37

Debemos tener en cuenta que como máximo debemos tener 6 valores deducidos mayores que dos, en este caso se cumple ya que tenemos 3 valores deducidos y son mayores que 2.

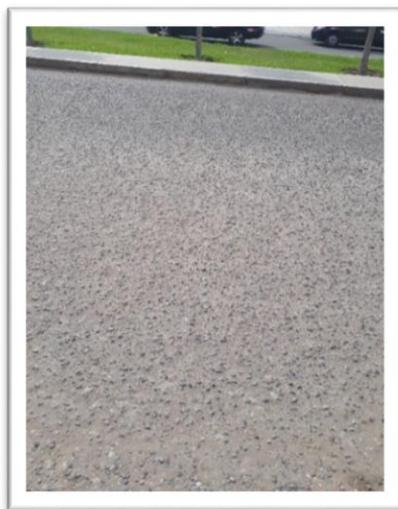
El valor deducido más alto para esta unidad de muestra es 20.17

El valor total deducido es igual a 34.68

Para esta unidad de muestra, el valor VDC obtenido es 27.09

El índice de condición del pavimento PCI es la diferencia “100 - max. VDC”. Se obtuvo un PCI= 72.91 que corresponde a un pavimento en estado “**MUY BUENO**”

Para mejorar la condición del pavimento flexible en esta unidad de muestra, es recomendable aplicar un riego de liga, de la misma forma, se debe realizar el parchado de huecos en donde sea necesario.

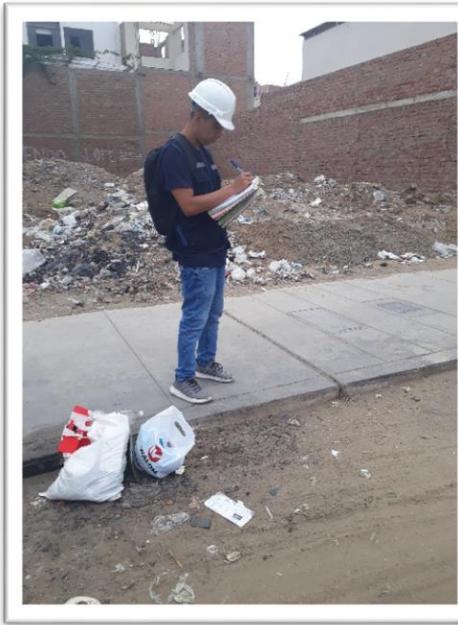


**Figura 75. Desprendimiento de agregados**

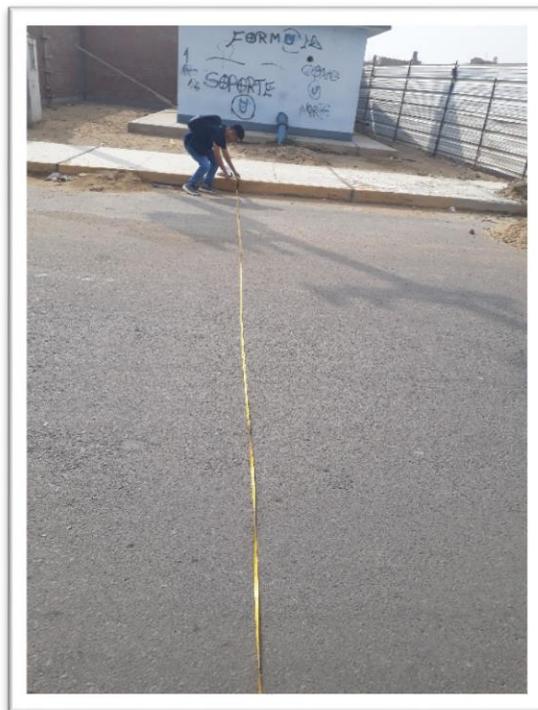


**Figura 76. Grietas**





**Recolección de datos en la Av. Metropolitana II**



**Medición de ancho de calzada.**



**Tramo NO pavimentado**



**HUECOS**





**HUECOS**





**PARCHES**





**AGREGADO  
PULIDO**





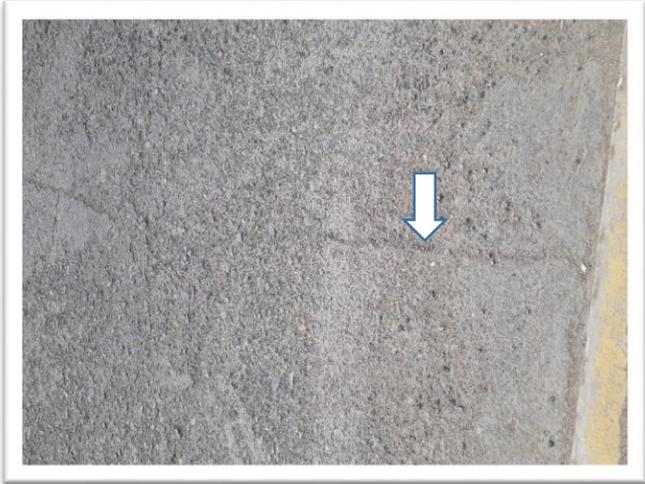
**DESPLAZAMIENTO**



**AHUELLAMIENTO**



**GRIETAS EN BLOQUE**



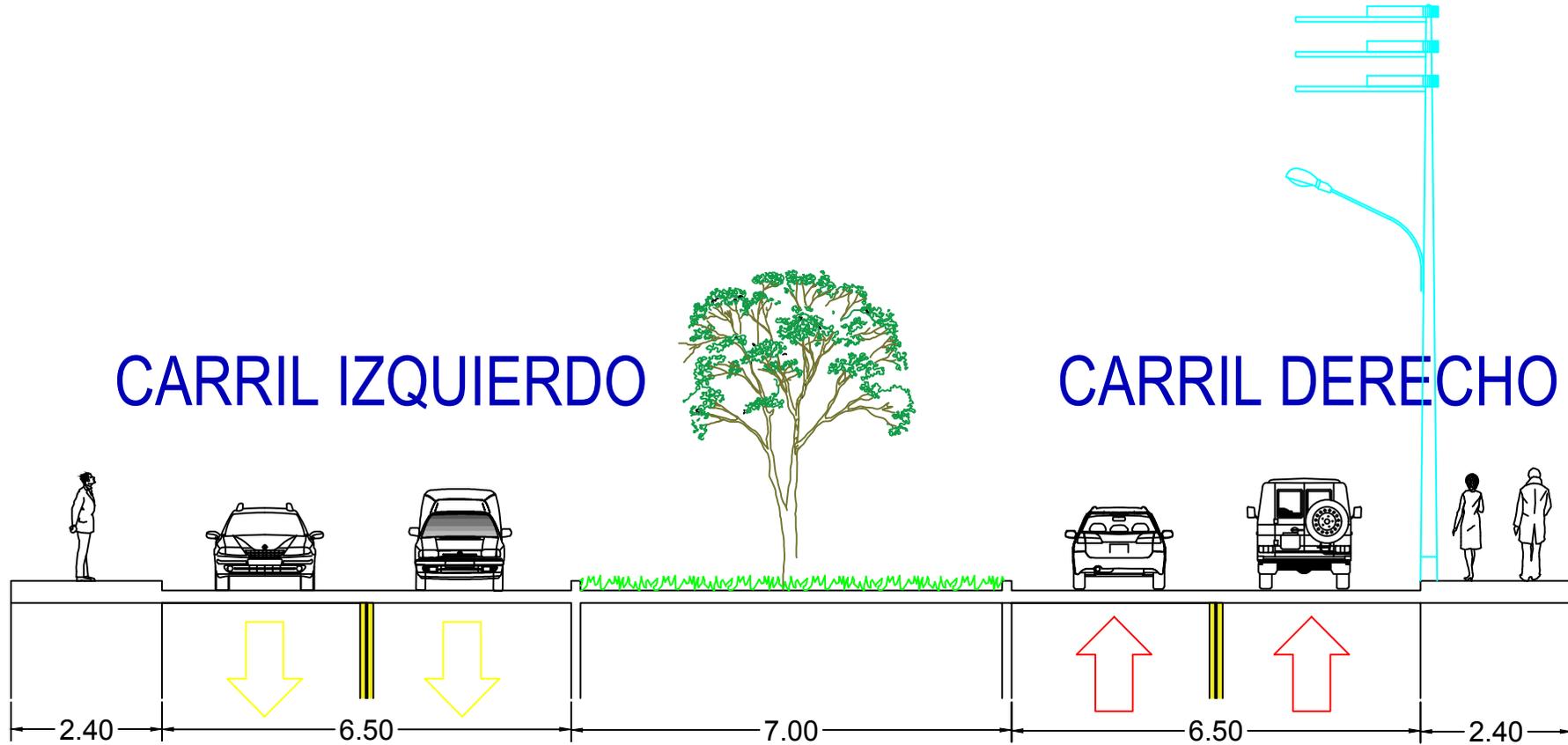


**PIEL DE  
COCODRILO**



# CARRIL IZQUIERDO

# CARRIL DERECHO



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO - FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TEMA: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI EN LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA METROPOLITANA II DE LA CIUDAD DE TRUJILLO.

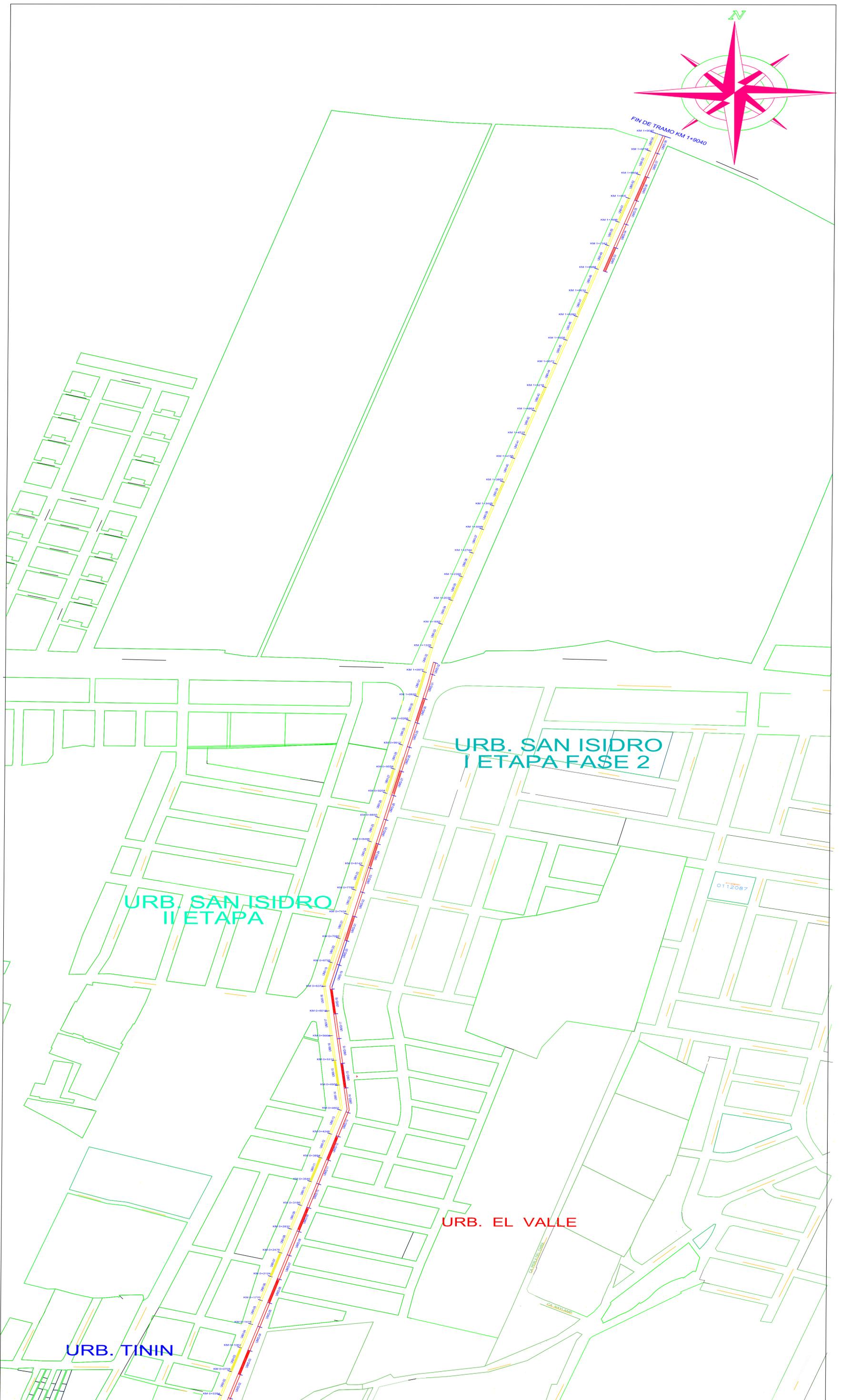
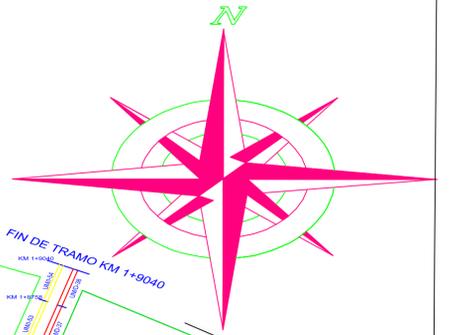
ASESOR: ING. TITO BURGOS SARMIENTO

PLANO SECCION DE VIA

INTEGRANTES:

PASCUAL RODRIGUEZ JUNIOR  
REBAZA AGUILAR JOSE CARLOS

FECHA 02-2019



**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO - FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

TEMA: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI EN LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA METROPOLITANA II DE LA CIUDAD DE TRUJILLO.

ASESOR: ING. TITO BURGOS SARMIENTO

PLANO: UBICACIÓN

LAMINA No

INTEGRANTES:  
PASCUAL RODRIGUEZ JUNIOR  
REBAZA AGUILAR JOSE CARLOS

FECHA: 02-2019

**U-01**