



---

UNIVERSIDAD CATOLICA LOS ÁNGELES  
CHIMBOTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“DETERMINACION Y EVALUACIÓN DE LAS  
PATOLOGÍAS DE LA CAPA DE RODADURA DE LA  
CARRETERA TRAMO KM 5 AL KM 6 MARCAVELICA –  
IGNACIO ESCUDERO SULLANA –PIURA – DICIEMBRE-  
2017”**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
CIVIL

AUTOR:

BACH. JORGE LUIS BULNES GALLARDO

ASESOR:

MGTR. CARMEN CHILÓN MUÑOZ

PIURA – PERÚ

2017

## **JURADO EVALUADOR**

MGTR. MIGUEL ÁNGEL CHAN HEREDIA  
PRESIDENTE DEL JURADO

MGTR. WILMER OSWALDO CÓRDOVA CÓRDOVA  
SECRETARIO DEL JURADO

ING. ORLANDO VALERIANO SUAREZ ELIAS  
MIEMBRO DEL JURADO

### 3. HOJA DE AGRADECIMIENTO

#### 3.1.AGRADECIMIENTO

**A Dios**, por iluminar mis sentidos  
Y tenerme conforme. Llenándome  
De contento y gozo.

**A mis padres**, que me enseñaron  
Todo el valor y toda la fuerza y por su apoyo  
Ilimitado.

**A mi mujer y mi hija**, fuente perdurable  
De mis contentos y preocupaciones Y darme  
La mano cuando  
Sentía que el camino  
Se acababa.

**A mis queridos hermanos**, porque me  
Brindan toda su amistad y  
Gracias a sus recomendaciones me dan la  
oportunidad  
De conquistar mis metas.

### **3.2.DEDICATORIA**

A Dios, por permitirme disfrutar de mí  
Existencia y mantenerme  
Con fortaleza.

A mis padres,  
Por su gran sustento,  
Por motivarme e inculcarme  
Valores por sus consejos que me  
Ubicaron a tomar las mejores decisiones

Así mismo, a toda mi querida familia  
Y a usted Ingeniero Tutor por  
Brindarme su conocimiento y su apoyo  
Durante el desarrollo de este  
Proyecto de tesis.

## 4. RESUMEN Y ABSTRACT

### 4.1. RESUMEN

En nuestro país, como también en diferentes países, los pavimentos flexibles son muy importantes ya que en la actualidad existen infinidad de construcciones de los mismos, que durante el periodo de vida presentan fallas, los cuales pueden ser deformaciones plásticas, factores climáticos, la intensidad de tránsito, las condiciones de drenaje, los materiales que lo componen. Lo cual se produce por falta de experiencia en la parte constructiva del pavimento o en el personal que lo supervisa, como también la falta de un buen estudio para el respectivo proyecto.

Pero el principal problema radica en que no se lleva a cabo un mantenimiento apropiado ni se toma en cuenta el tiempo de vida de la vía, es decir, no se evalúa el comportamiento del pavimento con el paso del tiempo y sólo se procede actuar cuando el deterioro del pavimento es grave y ya no hay solución alguna en una reparación.

Por tanto para desarrollar la presente investigación fue planteado el siguiente **enunciado del problema** ¿Cómo determinar las patologías existentes en la capa de rodadura del tramo Km 5 al Km 6 de la Carretera Marcavelica – Ignacio Escudero Sullana –Piura – Diciembre 2017?, lo cual nos permitirá medir el nivel de severidad de las patologías que afectan dicho pavimento flexible.

Como **objetivo general** es determinar los tipos e incidencia, realizar la evaluación y reparación de los daños producidos por las patologías de la capa de rodadura del

tramo Km 5 al Km 6 de la carretera Marcavelica – Ignacio Escudero Sullana – Piura.

Y los **objetivos específicos**:

- Determinar el tipo de patologías de la capa de rodadura que se presentan en las carreteras y en las diversas construcciones como son calles, playas de estacionamientos, etc.
- Determinar el Nivel o Grado de daños que producen las patologías en la capa de rodadura de la carretera, calles y demás construcciones.
- Proponer las medidas que conduzcan a la reparación de los daños producidos por las patologías en la capa de rodadura de la carretera.

Este estudio es de tipo descriptivo, no experimental y corte transversal, ya que sólo se estudiará el problema, describiéndolo y analizándolo en forma real, sin alterar ni recurrir al laboratorio, el cual es un tema de estudio e investigación.

La presente investigación del proyecto se **justifica** por la necesidad de conocer y demostrar cual es la situación actual que presenta la condición del pavimento flexible.

Según las patologías encontradas, mostraremos el porcentaje de afectación por cada clase de daño que se obtiene sobre el estado del pavimento flexible del tramo Km5- Km6 de la carretera Marcavelica-Ignacio Escudero.

Con el estudio realizado se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

- Las patologías encontradas en esta tesis de investigación son: el 34.48% desprendimiento de agregados, el 7.06% huecos, el 0.67% grietas longitudinales y transversales y el 0.41% abultamiento y hundimiento.

- La patología predominante es la patología de desprendimiento de agregados con 34.48%.
- El área estudiada presenta un PCI promedio igual a 40.55, siendo este regular.

## **4.2. ABSTRACT**

In our country, as well as in different countries, the flexible pavements are very important since at present there are infinities of constructions of the same, that during the period of life they present faults, which can be plastic deformations, climatic factors, the intensity of transit , The drainage conditions, the materials that compose it. This is due to lack of experience in the constructive part of the pavement or in the personnel supervising it, as well as the lack of a good study for the respective project.

But the main problem is that proper maintenance is not carried out and the lifetime of the track is not taken into account, that is, the behavior of the pavement is not evaluated over time and only when the Deterioration of the pavement is serious and there is no solution in a repair.

Therefore, in order to develop the present investigation, the following statement of the problem was proposed: How to determine the pathologies existing in the tread layer of the flexible pavement of the Highway Marcavelica stretch Km 5 al Km 6 - Ignacio Escudero Sullana -Piura – December 2017. Which will allow us To measure the level of severity of the pathologies that affect said flexible pavement.

As a general objective is to determine the pathologies of the faults originated in the one that affect the Highway Marcavelica stretch Km 5 al Km 6 - Ignacio Escudero Sullana -Piura. And the specific objectives:

- Determine the type of road surface pathologies that occur on roads and in various constructions such as streets, parking lots, etc.

- Perform the Degree or Degree of damage caused by the pathology in the road surface, streets and other constructions.
- Propose measures that lead to the repair of the damages caused by the pathologies in the road layer of the road.

This study is descriptive, non-experimental and cross-sectional, since only the problem will be studied, described and analyzed in real form, without altering or resorting to the laboratory, which is a subject of study and research.

The present investigation of the project is justified according to the great urban vehicular increase that has been generated in the last years, for which it affects the flexible pavements, frequent damages such as cracks, plastic deformations longitudinal undulations, the particles disintegrate leaving the layer Asphaltic as the skin of a crocodile or dividing into small squares of pavement, Therefore it determines the existing pathologies of the flexible pavement of the Highway Marcavelica stretch - Ignacio Escudero Sullana -Piura - 2017.

With the study carried out the following conclusions could be reached:

- The pathologies found in this research thesis are: 34.48% polishing aggregates, 7.06% detachment of aggregates are hollows, 0.67% piel the cocodrile and 0.41% hollows.
- The predominant pathology is the pathology of polishing aggregates with 34.48%
- THE weighted PCI equal to 40.55 es regular.

## CONTENIDO

<b>1. TITULO</b>	<b><i>i</i></b>
<b>2. JURADO EVALUADOR</b>	<b><i>ii</i></b>
<b>3. HOJA DE AGRADECIMIENTO</b>	<b><i>iii</i></b>
<b>3.1. AGRADECIMIENTO</b>	<b><i>iii</i></b>
<b>3.2. DEDICATORIA</b>	<b><i>iv</i></b>
<b>4. RESUMEN Y ABSTRACT</b>	<b><i>v</i></b>
<b>4.1. RESUMEN</b>	<b><i>v</i></b>
<b>4.2. ABSTRACT</b>	<b><i>viii</i></b>
<b>CONTENIDO</b>	<b><i>x</i></b>
<b>6. ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS, GRÁFICOS Y CUADROS</b>	<b><i>xiii</i></b>
<b>6.1. ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b><i>xiii</i></b>
<b>6.2. ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b><i>xiii</i></b>
<b>6.3. ÍNDICE DE GRÁFICOS</b>	<b><i>xv</i></b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b><i>16</i></b>
<b>II. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b><i>18</i></b>
2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
a) Caracterización del problema	18
b) Enunciado del problema	18
2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
2.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
<b>III. REVISIÓN DE LA LITERATURA</b>	<b><i>20</i></b>
3.1. ANTECEDENTES	20

3.1.1.	ANTECEDENTES INTERNACIONALES	20
3.1.2.	ANTECEDENTES NACIONALES	23
3.1.3.	ANTECEDENTES LOCALES	25
3.2.	BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN	26
3.2.1.	PATOLOGÍAS	26
3.2.1.1.	DEFINICIÓN	26
3.2.1.2.	CAUSAS DE LAS PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES	26
3.2.2.	PAVIMENTO	27
3.2.2.1.	DEFINICIÓN	27
3.2.2.2.	CARACTERÍSTICAS QUE DEBE REUNIR UN PAVIMENTO	29
3.2.2.3.	CICLO DE VIDA DE UN PAVIMENTO	29
3.2.2.4.	CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS	32
3.2.2.5.	ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN PAVIMENTO FLEXIBLE	35
3.2.2.6.	FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	37
3.2.2.7.	SERVICIABILIDAD DE PAVIMENTO	48
3.2.2.8.	EVALUACIÓN DE LOS PAVIMENTOS	50
3.2.2.9.	IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DE LOS PAVIMENTOS	50
3.2.2.10.	OBJETIVIDAD EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS	50
3.2.2.11.	TIPOS DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS	51
3.2.2.12.	EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE UN PAVIMENTO	52
3.2.2.13.	ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI – PAVEMENT CONDITION INDEX)	53
3.2.2.14.	OBJETIVOS DEL PCI	55

3.2.2.15. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE UN PAVIMENTO	55
3.2.2.16. TERMINOLOGÍA	57
3.2.2.17. MATERIALES E INSTRUMENTOS	58
3.2.2.18. MUESTREO Y UNIDAD DE MUESTRA	61
3.2.2.19. PROCEDIMIENTO DE INSPECCION	65
3.2.2.20. CALCULO DEL PCI PARA PAVIMENTO FLEXIBLE	65
<b>IV. METODOLOGÍA</b>	<b>69</b>
4.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.	69
4.1.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	70
4.2. UNIVERSO Y MUESTRA	70
4.2.1. EL UNIVERSO	70
4.2.2. POBLACIÓN Ó MUESTRA	70
4.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	73
4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	74
4.5. MATRIZ DE CONSISTENCIA	76
4.6. PRINCIPIOS ÉTICOS	77
<b>V. RESULTADOS</b>	<b>79</b>
5.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS	105
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	<b>112</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	<b>113</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>114</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>117</b>
<b>FOTOGRAFÍAS DE PATOLOGÍAS</b>	<b>129</b>

## **6. ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS, GRÁFICOS Y CUADROS**

### **6.1. ÍNDICE DE FIGURAS**

<i>Figura 2. 1: Condición de la vía sin mantenimiento .....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 2. 2: Esquema típico del paquete estructural de un pavimento flexible....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 2. 3: Esquema típico del paquete estructural de un pavimento rígido.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 2. 4: Esquema típico del paquete estructural de pavimento mixto.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 2. 5: Estructura de un pavimento flexible.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 2. 6: Odómetro Manual .....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 2. 7: Regla de aluminio.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 2. 8: Conos.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 2. 9: Ajuste del número de valores deducidos .....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 2. 9: Curvas de corrección para pavimentos de asfaltos .....</i>	<i>68</i>

### **6.2. ÍNDICE DE TABLAS**

<i>Tabla 2. 1: Hoja de registro .....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla N° 1: Hoja de registro de la unidad de muestra U1.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla N° 2: Patologías encontradas en la unidad de muestra U1.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla N° 3: Hoja de registro de la unidad de muestra U2.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla N° 4: Patologías encontradas en la unidad de muestra U2.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla N° 5: Hoja de registro de la unidad de muestra U3.....</i>	<i>87</i>

<i>Tabla N° 6: Patologías encontradas en la unidad de muestra U3.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla N° 7: Hoja de registro de la unidad de muestra U4 .....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla N° 8: Patologías encontradas en la unidad de muestra U4.....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla N° 9: Hoja de registro de la unidad de muestra U5.....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla N° 10: Patologías encontradas en la unidad de muestra U5.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla N° 11: Hoja de registro de la unidad de muestra U6.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla N° 12: Patologías encontradas en la unidad de muestra U6.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla N° 13: Hoja de registro de la unidad de muestra U7.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla N° 14: Patologías encontradas en la unidad de muestra U7.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla N° 15: Hoja de registro de la unidad de muestra U8.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla N° 16: Patologías encontradas en la unidad de muestra U8.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla N° 17: Hoja de registro de la unidad de muestra U9.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla N° 18: Patologías encontradas en la unidad de muestra U9.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla N° 19: Hoja de registro de la unidad de muestra U10.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla N° 20: Patologías encontradas en la unidad de muestra U10.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla N° 21: Hoja de registro de la unidad de muestra U11.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla N° 22: Patologías encontradas en la unidad de muestra U11.....</i>	<i>104</i>
<i>Tabla N° 23: Patologías encontradas en las unidades de muestra.....</i>	<i>108</i>
<i>Tabla N° 24: Clasificaciones de las patologías según su condición.....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla N° 25: Promedio Ponderado (PCI).....</i>	<i>111</i>

### 6.3. ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico N° 1: Incidencia de las patologías en la muestra 1</i>	84
<i>Gráfico N° 2: Incidencia de las patologías en la muestra 2</i>	86
<i>Gráfico N° 3: Incidencia de las patologías en la muestra 3</i>	88
<i>Gráfico N° 4: Incidencia de las patologías en la muestra 4</i>	90
<i>Gráfico N° 5: Incidencia de las patologías en la muestra 5</i>	92
<i>Gráfico N° 6: Incidencia de las patologías en la muestra 6</i>	94
<i>Gráfico N° 7: Incidencia de las patologías en la muestra 7</i>	96
<i>Gráfico N° 8: Incidencia de las patologías en la muestra 8</i>	98
<i>Gráfico N° 9: Incidencia de las patologías en la muestra 9</i>	100
<i>Gráfico N° 10: Incidencia de las patologías en la muestra 10</i>	102
<i>Gráfico N° 11: Incidencia de las patologías en la muestra 11</i>	104
<i>Gráfico N° 12: Incidencia de las patologías del tramo Km5- Km6 de la Carretera Marcavelica-Ignacio Escudero</i>	109
<i>Gráfico N° 13: Calificación de la condición del pavimento Km5-Km6 de la carretera Marcavelica-Ignacio Escudero</i>	110

## **I. INTRODUCCIÓN**

Según investigaciones, el periodo de vida de los pavimentos flexibles se debe a diferentes causas, puede ser por el diseño, el volumen de tránsito y cargas pesadas de los vehículos. Un buen diseño del pavimento permite un apropiado funcionamiento del mismo durante el periodo de vida establecido. Por ende, existen diversas razones por las cuales no se llega a cumplir con el período de diseño, entre ellas tenemos: fallas en la construcción, volumen mayor de tránsito, deficiencia en el mantenimiento del pavimento, etc. Esto crea problemas en el pavimento lo cual hace que este falle y se presenten distintas anomalías empeorando el estado del camino.

Para comprobar cómo se encuentra el estado de los pavimentos, se emplean diferentes índices que permiten conocer el estado real de estos, los índices representan mediante valores numéricos la calidad del pavimento. Uno de los índices que se emplean para analizar y evaluar el estado en que se encuentran los pavimentos es el índice de condición del pavimento (PCI) que consiste en determinar la calificación del pavimento mediante la inspección visual de las fallas que puedan presentarse y cuantificarlas.

El pavimento flexible, se encuentra en un pésimo estado, esto se debe a un mal diseño y proceso constructivo, otro punto importante es que este pavimento soporta demasiada carga y es sólo para transporte liviano, esto genera fallas en el pavimento, que se pueden observar a simple vista, la carpeta asfáltica presenta fallas como son piel de cocodrilo, fisuras longitudinales, desprendimientos y

peladuras, ahuellamiento, bache, los pavimentos asfálticos o flexibles presentan una serie de falla, cuya prevención y/o corrección es abordada por operaciones de mantenimiento, las que suelen agruparse en tres categorías: operaciones rutinarias, operaciones periódicas y operaciones de restauración. Desconociendo el estado actual de la vía por métodos que nos ayuden a determinar el grado de colapso de la estructura vial.

Lo que se recomienda, que para una mejor durabilidad del pavimento flexible, se debe mantener en constante mantenimiento preventivo de esta manera se podrá evitar fallas a corto plazo del pavimento.

## **II. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **a) Caracterización del problema**

Se puede apreciar que el incremento vehicular urbano que se ha generado en los últimos años se encuentra afectando el pavimentos flexibles de las carreteras, frecuentando daños como son agrietamientos, deformaciones plásticas, ondulaciones longitudinales, las partículas se desintegran quedando la capa asfáltica como la piel de un cocodrilo o dividiéndose en pequeños cuadros de pavimento, Por lo tanto está determina las patologías existentes del pavimento flexible de la carretera tramo Marcavelica –Ignacio Escudero Sullana.

#### **b) Enunciado del problema**

¿Cómo determinar las patologías existentes en la capa de rodadura del pavimento flexible del tramo Km 5 al Km 6 de la Carretera Marcavelica – Ignacio Escudero Sullana –Piura – Diciembre 2017?

### **2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar los tipos e incidencia, realizar la evaluación y reparación de los daños producidos por las patologías de la capa de rodadura del tramo Km 5 al Km 6 de la carretera Marcavelica – Ignacio Escudero Sullana –Piura.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

-Determinar el tipo de patologías de la capa de rodadura que se presentan en las carreteras y en las diversas construcciones como son calles, playas de estacionamientos, etc.

-Determinar el Nivel o Grado de daños que producen las patologías en la capa de rodadura de la carretera, calles y demás construcciones.

-Proponer las medidas que conduzcan a la reparación de los daños producidos por las patologías en la capa de rodadura de la carretera.

## **2.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación se justifica por la necesidad de conocer y demostrar cual es la situación actual que presenta la condición del pavimento flexible.

Según las patologías encontradas, se indicará el porcentaje de afectación por cada clase de daño que se obtiene sobre el estado del pavimento flexible del tramo Km5- Km6 de la carretera Marcavelica-Ignacio Escudero.

### **III. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

#### **3.1. ANTECEDENTES**

##### **3.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Osorio<sup>1</sup>, realizó una investigación titulada: “Evaluación de la estructura del pavimento aplicando el método PCI, en el tramo Redomala Piña - Distribuidor de matanzas Puerto Ordaz Estado Bolívar. Esta investigación fue de tipo descriptiva en un diseño de campo para tales efectos se elaboró una ficha de acuerdo a las necesidades de los investigadores con el fin de conocer las diferentes fallas existentes en la vía, para posteriormente realizar una descripción del método utilizado para tales fines, cabe destacar que al momento de la aplicación del método en la vía, se dividió en 22 tramos para hacer más fácil su evaluación.

Los resultados obtenidos a través de la ficha de trabajo aplicada a la vía tramo Redoma la Piña – Distribuidor de Matanza se pudo identificar nueve fallas diferentes en el pavimento entre las cuales están la piel de cocodrilo, las cuales se conectan formando ángulos agudos que desarrollan un patrón en el cual se imponen en diferentes largos por anchos causando un daño estructural importante en la vía, en lo que respecta a las grietas de bloques son pequeñas las cuales están interconectadas dividiendo el pavimento en pedazos rectangulares, mientras que las grietas de bordes están aproximadamente en todo el borde la vía, la falla de baches reparados se encuentran moderadamente deteriorado, en lo que respecta a la exudación de asfalto abarca un área de 1279,9 m<sup>2</sup>, los huecos en el método no son medidos si no contados en este caso se encontraron<sup>20</sup> y por últimos las grietas de reflexión de juntas.

Duque<sup>2</sup>, realizó una investigación titulada: “Estudio de la Patología presente en el Pavimento Rígido del Segmento de Vía de la Carrera 14 entre calles 15 y 20 en el Municipio de Granada Departamento del Meta”. Concluyó, que el deterioro predominante en todo el segmento de vía en estudio es la fisuración longitudinal.

El sub-segmento de vía número 1, se ve afectado en su mayoría por fisuración longitudinal y deficiencia en las juntas, así como el tramo que se reparó previamente con pavimento articulado, adoquín de arcilla.

El sub-segmento de vía número 2, se ve afectado en su mayoría por la pérdida de material y fisuración longitudinal, seguramente por problemas con la mezcla de concreto.

El sub-segmento de vía número 3, se ve afectado en su mayoría por la fisuración longitudinal y fisuración mapeada, que al igual de los demás sub-segmentos posee una deficiente modulación.

El sub-segmento de vía número 4, se ve afectado en su mayoría por la deficiencia en las juntas y el descascaramiento, seguramente ocasionado por problemas con la mezcla de concreto. El sub-segmento de vía número 5, se ve afectado en su mayoría por la deficiencia en las juntas, ocasionado por la misma edad del pavimento y la repetición de cargas pesadas.

Las reparaciones que realizaron las empresas de servicios públicos locales no han sido efectivas, puesto que muchos de los daños presentes en la vía se deben a la mala ejecución de los trabajos por parte de dichas empresas.

Nauña<sup>3</sup>, en su tesis titulada “Modelo de Evaluación y Mantenimiento para la Rehabilitación de la Capa de Rodadura de la Vía Pelileo- Baños”, la metodología que se utilizó fue exploratorio y descriptiva.

Tuvo como objetivo la determinación, evaluación y mantenimiento para la rehabilitación de la capa de rodadura de la vía Pelileo - Baños.

Los resultados obtenidos de la evaluación de la condición de pavimento existente, además de la información complementaria de campo, estableció que en general no existe suficiente vida estructural remanente del pavimento a lo largo de la vía.

Se evidenció sitios puntuales (abscisa 13+000 – 14+700) en los cuales la capacidad portante de la subrasante y la capa granular tiene una ligera mejora conforme se apreció en el reporte de la evaluación realizada con el sistema PAVER.

La vida útil de un asfalto no sólo depende de la parte técnica en lo referente a producción y ejecución de trabajos, sino también del mantenimiento que se dé a la vía en sí, por parte de los usuarios y del gobierno seccional.

Las fallas que más predominan en el tramo de vía fueron:

- Piel de Cocodrilo
- Disgregación
- Baches.

Estas fallas son típicas debido a la fatiga de la carpeta asfáltica y deformaciones causadas por el alto valor de las cargas de tráfico.

### **3.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Leguía y Pacheco<sup>4</sup>, en su tesis titulada “evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)”, la presente investigación fué de enfoque mixto ya que abarca dos tipos: cualitativo y cuantitativo y tuvo como objetivo principal realizar la evaluación superficial del pavimento flexible de las vías mencionadas aplicando el método Pavement Condition Index (PCI), con el fin de conocer la condición del pavimento flexible existente.

Se concluyó que el 100 por ciento de las vías no ha sido evaluado; por lo tanto con la aplicación de la metodología PCI, identificando los parámetros de evaluación, determinando el índice de condición y obteniendo la condición del pavimento, finalmente se realizó la evaluación superficial del pavimento para obtener el estado de conservación de las vías arteriales en estudio.

Al realizar la evaluación superficial del pavimento flexible mediante el método Pavement Condition Index, se conoció que el estado de conservación de la Av. Cincuentenario fue “Regular” con un PCI de 51.84, mientras que la Av. Colón y Miguel Grau presentó un estado de conservación “Bueno” con un PCI de 59.29.

Por otro lado, dentro del presente estudio que fue aplicado a pavimentos urbanos, se observó que las fallas más predominantes fueron:

- Desprendimiento de agregados

- Parches
- Agrietamientos
- Huecos.

Humpiri<sup>5</sup>, en su tesis titulada "Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de puno", quien tuvo como objetivo analizar las fallas superficiales que se presentan en los pavimentos flexibles, en las vías principales de la región de Puno, presentes en el momento de la evaluación y monitoreo in situ.

Se llegó a la conclusión de que las fallas superficiales encontradas en la zona de estudio de mayor incidencia fueron las fisuras longitudinales y transversales, seguidas de ahuellamientos, desgaste superficial y otras; estas se producen por deficiencias en el diseño, construcción y operación, las cuales influyen negativamente en el resultado final del proyecto. Por ello realizar una adecuada evaluación de la vía es indispensable para determinar el tipo de mantenimiento a emplear, factor que nos ayuda a la conservación vial de manera adecuada.

De las fallas superficiales de la zona de estudio se puede concluir que generalmente presentan un nivel de severidad bajo, la primordial causa de deterioro es el insuficiente mantenimiento de las vías

### 3.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Rodríguez<sup>6</sup>, en su tesis titulada “cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”,

La presente tesis tuvo como objetivo aplicar el método PCI para determinar el Índice de Condición de Pavimento en la Av. Luis Montero. Mil doscientos metros lineales de pista fueron estudiados a detalle para identificar las fallas existentes y cuantificar el estado de la vía.

Se concluyó que la Av. Luis Montero tiene un pavimento de estado regular, con un PCI ponderado igual a 49. Esta condición del pavimento se debió gracias a las obras de reparación realizadas el año 2008 que habían aminorado la formación de fallas estructurales, dañinas para el pavimento.

La mayoría de fallas fueron fallas de tipo funcional, que no afectan al tránsito normal de vehículos, no fue necesario disminuir la velocidad libre y no son percibidas por el conductor, pues no causan daños estructurales.

El 37% del total de unidades de muestra inspeccionadas presentan un estado de pavimento regular (PCI entre 40 y 55); después le sigue un 33% de unidades en buen estado (PCI entre 55 y 70); un 15%, en estado malo (PCI entre 25 y 40) y un 9% de muy mala condición (PCI entre 10 y 25). Finalmente, un 6% hace referencia a unidades de muestra con un pavimento de muy buen estado (PCI entre 70 y 85). No se encontraron pavimentos fallados (PCI entre 0 y 10) ni excelentes (PCI entre 85 y 100).

Las fallas más frecuentes encontradas son la peladura y la corrugación, ambas de nivel de severidad bajo. Todas las 32 unidades de muestra presentaron estos dos tipos de falla, pero con densidades variables.

## 3.2. BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN

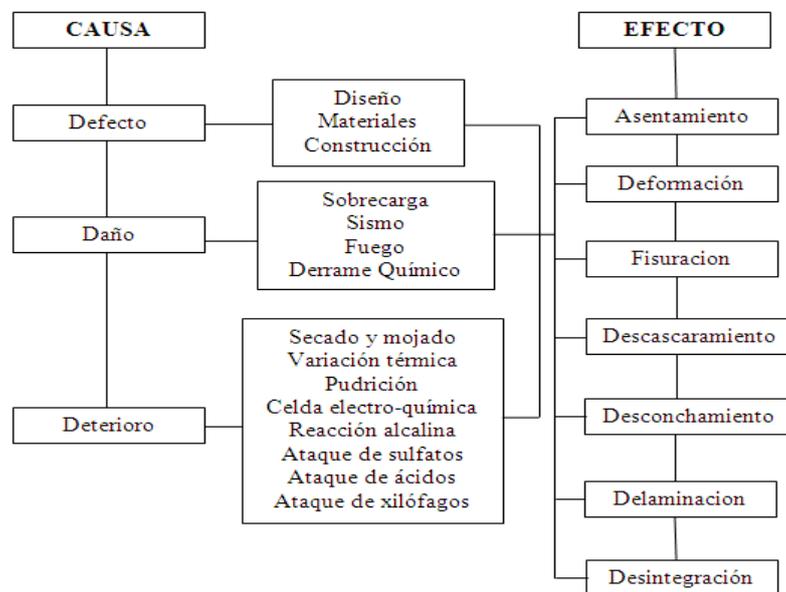
### 3.2.1. PATOLOGÍAS

#### 3.2.1.1. DEFINICIÓN

Para Vargas<sup>7</sup> las patologías es el estudio de las enfermedades en su amplio sentido, es decir, como procesos o estados anormales de causas conocidas o desconocidas. La palabra deriva de pathos, vocablo de muchas acepciones, entre las que están: “todo lo que se siente o experimenta, estado del alma, tristeza, pasión, padecimiento, enfermedad”.

Diferentes mecanismos pueden dar origen a las mismas manifestaciones patológicas. Causas y efectos de las principales manifestaciones patológicas estructurales.

#### 3.2.1.2. CAUSAS DE LAS PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES



Fuente: León<sup>8</sup>

## **3.2.2. PAVIMENTO**

### **3.2.2.1. DEFINICIÓN**

Un pavimento puede definirse como la capa o conjunto de capas de materiales apropiados, comprendidas entre el nivel superior de la terracerías y la superficie de rodamiento. Sus principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistentes a la acción del tránsito, al intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

En otras palabras, el pavimento es la súper estructura de una obra vial que hace posible el tránsito expedito de los vehículos con la comodidad, seguridad y economía previstos en el proyecto<sup>5</sup>.

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

Desde el punto de vista del usuario, el pavimento es una superficie que debe brindar comodidad y seguridad cuando se transite sobre ella es decir debe proporcionar un servicio de calidad óptimo<sup>4</sup>.

El pavimento también puede definirse como lo señalan:

Chang<sup>9</sup>: El pavimento es una estructura sometida a cargas externas que generan esfuerzos y deformaciones internas. El tipo de pavimento a emplearse depende de la función a desempeñar y de los esfuerzos que lo afectan durante el periodo de servicio para el cual se diseña.

Entre las características más importantes que tiene que cumplir un pavimento son: Ser resistente a la acción de cargas impuestas por el tránsito, ser resistente ante los agentes de Intemperismo, presentar una textura superficial adapta a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, debe presentar una regularidad superficial, debe ser durable, debe ser económico, debe ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

Mora<sup>10</sup>: Menciona que el pavimento es una estructura simple o compuesta que tiene una superficie regularmente alisada destinada a la transporte de personas, animales y/o vehículos. Su estructura es una mezcla de cemento, firme y revestimiento, colocada sobre un terreno de fundación resistente a las cargas, a los agentes climatológicos y a los efectos abrasivos del tránsito.

Vivar<sup>11</sup>: Un pavimento es un elemento estructural monocapa o multicapa, apoyado en todo su superficie, diseñado y construido para soportar cargas estáticas y/o móviles durante un periodo de tiempo predeterminado, durante el que necesariamente deberá recibir algún tipo de tratamiento tendiente a prolongar su vida de servicio. Estando formado por una o varias capas de espesores y calidades diferentes que se colocan sobre el terreno preparado para soportarlo, tiene por

función más importante el proporcionar una superficie resistente al desgaste y suave al deslizamiento; y un cuerpo estable y permanente bajo la acción de cargas.

### **3.2.2.2. CARACTERISTICAS QUE DEBE REUNIR UN PAVIMENTO**

Montejo<sup>12</sup> un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos.
- Además debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Presentar regularidad superficial, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Debe ser durable y económico.
- Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.
- El ruido de rodadura en el interior de los vehículos que afecten al usuario, así como en el exterior, deben ser adecuadamente moderado.

### **3.2.2.3. CICLO DE VIDA DE UN PAVIMENTO**

Menéndez<sup>13</sup> menciona que los pavimentos sufren un proceso de deterioro permanente debido a los diferentes agentes que actúan sobre ellos, tales como: el agua, el tráfico, la gravedad en taludes, etc.

Estos elementos afectan al pavimento, en mayor o menor medida, pero su acción es permanente y termina deteriorándolo convirtiéndolo en intransitable.

Por lo tanto, el mantenimiento no es una acción que puede efectuarse en cualquier momento, sino más bien es una acción sostenida en el tiempo, orientada a prevenir los efectos de los agentes que actúan sobre el pavimento.

El ciclo de vida de un pavimento consta de cuatro fases, las cuales se describen a continuación:

- **Fase A: Construcción**

Un pavimento puede ser de construcción sólida o con algunos defectos constructivos. De todos modos entra en servicio apenas se termina la obra.

El pavimento se encuentra, en ese momento, en excelentes condiciones para satisfacer plenamente las necesidades de los usuarios.

(Punto A de la figura 2.1).

- **Fase B: Deterioro lento y poco visible**

Durante cierto número de años el pavimento va experimentando un proceso de desgaste y debilitamiento lento, principalmente en la superficie de rodadura.

Este desgaste se produce en proporción al número de vehículos livianos y pesados que circulan por el pavimento, aunque también por la influencia del clima, del agua de las lluvias o aguas superficiales y otros factores.

Durante la fase B el pavimento se mantiene en aparente buen estado y el usuario no percibe el desgaste, a pesar del aumento gradual de fallas menores aisladas, (Punto A de la figura 2.1).

- **Fase C: Deterioro acelerado**

Después de varios años de uso, la superficie de rodadura y otros elementos del pavimento están cada vez más “agotados”; el pavimento entra en un período de deterioro acelerado y resiste cada vez menos el tránsito vehicular. Los daños comienzan siendo puntuales y poco a poco se van extendiendo hasta afectar la mayor parte de la estructura del pavimento, (Punto A de la figura 2.1).

- **Fase D: Descomposición total**

Esta fase constituye la última etapa de su existencia y puede durar varios años. Durante este período el paso de los vehículos se dificulta seriamente, la velocidad de circulación baja bruscamente y la capacidad del pavimento queda reducida a sólo una fracción de la original.

**Figura 2. 1:** Condición de la vía sin manteamiento



Fuente: Menéndez<sup>13</sup>

#### **3.2.2.4. CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS**

Para la clasificación de pavimentos se ha tenido en cuenta como es la distribución de cargas recibidas de la carpeta de rodadura a la subrasante, además existen reemplazos de una o varias capas por diversos factores como por ejemplo, el soporte de la subrasante, la clase de material a usarse, la intensidad de tránsito, entre otros.

Pueden Identificarse 3 tipos de pavimentos, que se diferencian principalmente por el paquete estructural que presenta

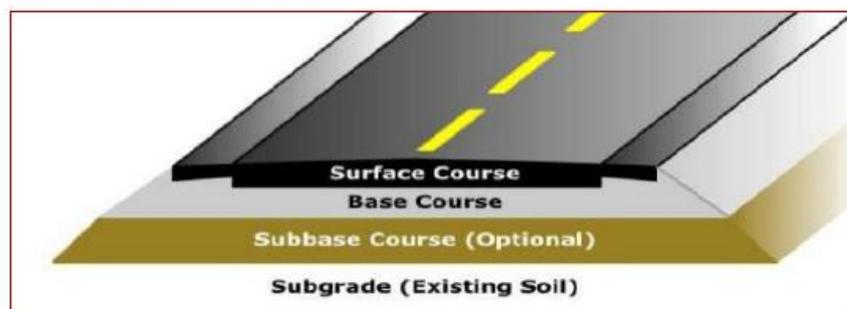
##### **a) Pavimento flexible**

Blas<sup>14</sup> menciona que el pavimento flexible es un sistema tricapa, cuya capa superior es de concreto asfáltico, compuesto de ligante, usualmente el asfalto, el cual es un derivado de la refinación del petróleo; material granular y suelo. Este tipo de pavimento se llama flexible porque al ser sometido a una carga sufre una deformación y recuperación deseada, al cesar la carga, completamente elástica.

Llamado también pavimento asfáltico, conformado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que la estructura falle; la base y la subbase, todas apoyadas sobre la subrasante.

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida de entre 10 a 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil o de servicio<sup>4</sup>.

**Figura 2. 2:** Esquema típico del paquete estructural de un pavimento flexible



Fuente: solminihac (2000)<sup>17</sup>

#### b) Pavimento rígido

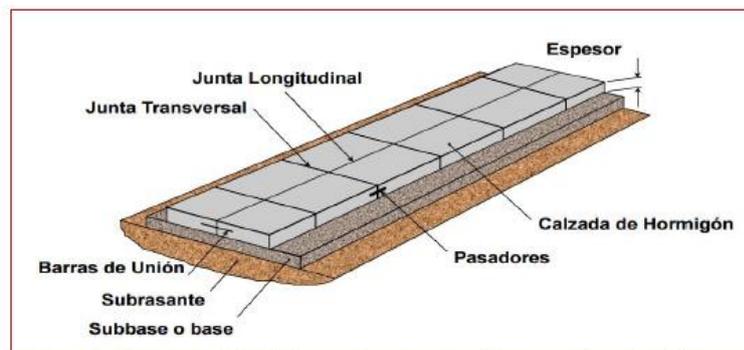
El pavimento rígido o pavimento hidráulico, se compone de losas de concreto hidráulico que algunas veces presentan acero de refuerzo. Esta losa va sobre la base (o subbase) y ésta sobre la subrasante.

Este tipo de pavimentos no permite deformaciones de las capas inferiores.

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

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 las resistencia de las losas, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejercen poca influencia en el diseño del espesor del pavimento<sup>15</sup>.

**Figura 2. 3:** Esquema típico del paquete estructural de un pavimento rígido



Fuente: Shahin (2005)<sup>22</sup>

### c) Pavimento híbrido

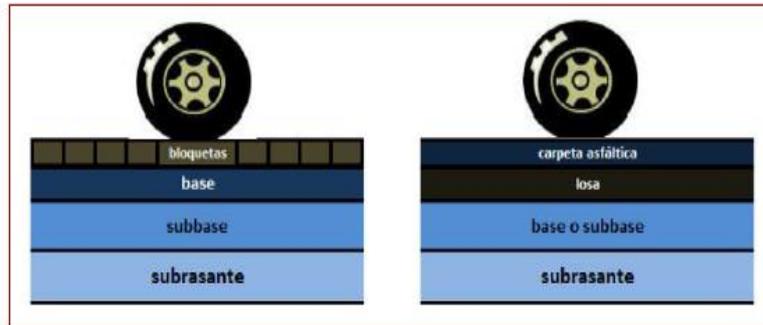
Al pavimento híbrido se le conoce también como pavimento mixto, y es una combinación de flexible y rígido. Por ejemplo, cuando se colocan bloquetas de concreto en lugar de la carpeta asfáltica, se tiene un tipo de pavimento híbrido.

El objetivo de este tipo de pavimento es disminuir la velocidad límite de los vehículos, ya que las bloquetas producen una ligera vibración en los autos al circular sobre ellas, lo que obliga al conductor a mantener una

velocidad máxima de 60 km/h. Es ideal para zonas urbanas, pues garantiza seguridad y comodidad para los usuarios.

Otro ejemplo de pavimento mixto, son aquellos pavimentos de superficie asfáltica construidos sobre pavimento rígido.

**Figura 2. 4:** Esquema típico del paquete estructural de pavimento mixto



Fuente: Rodriguez (2009)<sup>6</sup>

### 3.2.2.5. ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN PAVIMENTO FLEXIBLE

Coronado<sup>6</sup>, los pavimentos flexibles son los que están integrados por una superficie de rodadura apoyada generalmente sobre capas no rígidas, la base, subbase y sub-rasante. Los cuales se describen a continuación:

#### a) Sub-rasante

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la sub-rasante, por lo que esta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad.

## **b) Sub-base**

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de sub-rasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la sub-base.

La sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y controlador de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares.

Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una sub-rasante o sub-base adecuada.

## **c) Base granular**

Es la capa de pavimento que tiene como función primordial distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la sub-base y a través de ésta a la sub-rasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura.

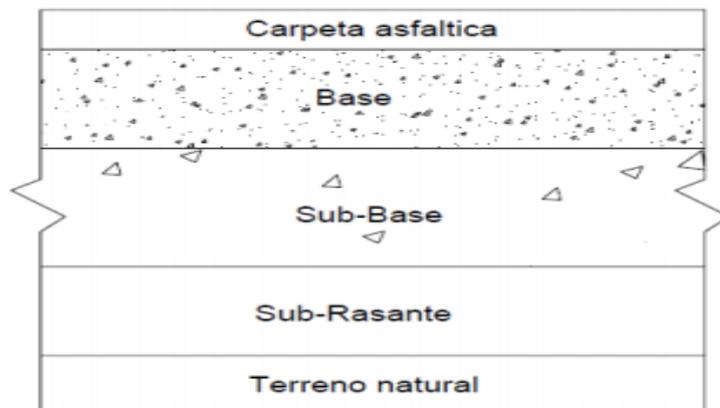
Esta base está constituida por piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno o bien por una combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y

cohesión, y todas estas propiedades dependerán de la proporción de finos con respecto al agregado grueso.

#### d) Superficie de rodadura o carpeta asfáltica

Es la capa que se coloca sobre la base. Su objetivo principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores. Evita la desintegración de las capas subyacentes a causa del tránsito de vehículos.

**Figura 2. 5:** Estructura de un pavimento flexible



Fuente: Humpiri (2015)<sup>5</sup>

#### 3.2.2.6. FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

Las fallas son el resultado de interacciones complejas de diseño, materiales, construcción, tránsito vehicular y medio ambiente. Estos factores combinados, son la causa del deterioro progresivo del pavimento, situación que se agrava, al no darle un mantenimiento adecuado a la vía.

Existen dos tipos de fallas: estructurales y funcionales. Las primeras, son las que originan un deterioro en el paquete estructural del pavimento, disminuyendo la cohesión de las capas y afectando su comportamiento frente a cargas externas. Las fallas funcionales, en cambio, afectan la transitabilidad, es decir, la calidad aceptable de la superficie de rodadura, la estética de la pista y la seguridad que brinda al usuario.

A continuación se explican algunas de las fallas más comunes que afectan a los pavimentos urbanos flexibles<sup>6</sup>:

#### **a) Piel de cocodrilo**

Rivera<sup>16</sup>, menciona que es cuando presenta una serie de grietas interconectadas en forma de tela de gallinero o piel de cocodrilo, producidas por la fatiga que sufren las capas asfálticas al ser sometidas a las cargas repetidas del tránsito, pudiendo estar asociada al poco espesor, a la rigidez de la carpeta, entre otros.

#### **Nivel de severidad**

**-Baja:** grietas muy finas longitudinales y paralelas, con poca o ninguna interconexión.

**-Media:** grietas más desarrolladas e interconectadas con una pequeña desintegración en los bordes.

**-Alta:** las grietas se desarrollan de tal forma que muestran bloques (partículas) bien definidos con fuerte desintegración de los bordes.

## **b) Exudación**

La exudación es una película de material bituminoso que se extiende sobre una determinada área del pavimento, creando una superficie brillante, resbaladiza y reflectante que generalmente llega a ser pegajosa (durante tiempo cálido).

Esta falla puede ser causada por diversos factores, como: el exceso de ligante asfáltico en la dosificación (mezcla), el uso de un ligante asfáltico muy blando, la aplicación excesiva de un sello bituminoso, un deficiente porcentaje de vacíos, etc.

La exudación ocurre durante tiempo cálido, cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla y luego 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<sup>6</sup>.

## **c) Fisuras en bloque**

Este tipo de falla puede ocurrir sobre porciones largas del área del pavimento o sobre aquellas áreas donde no hay tráfico; es por ello que las fisuras en bloque no están asociadas a sollicitaciones externas de carga vehicular.

Las grietas en bloque son causadas principalmente por la contracción del concreto asfáltico y por la variación de temperatura, que origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria. Esta falla indica que el asfalto se ha endurecido significativamente<sup>6</sup>.

#### **d) Abultamientos y Hundimientos**

Los abultamientos y hundimientos son desplazamientos pequeños, bruscos, hacia arriba y hacia abajo de la superficie del pavimento, que distorsionan el perfil de la carretera.

No son causados por inestabilidad del pavimento, sino que pueden ser producto de varios factores, tales como:

- Levantamiento de las losas de concreto de un pavimento rígido que ha sido cubierto con una carpeta asfáltica.
- Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo, es decir, suelo congelado).
- Infiltración y acumulación de material en una fisura en combinación con cargas de tráfico.
- Expansión del suelo de fundación.
- Deficiencias en el drenaje del paquete estructural del pavimento.

Si los abultamientos aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tráfico y se encuentran separados unos de otros a menos de 3.00 m, la falla es denominada corrugación. En cambio, si aparecen sobre grandes áreas de la superficie del pavimento, causando grandes y largas depresiones, la falla se llama hinchamiento<sup>6</sup>.

### **e) Corrugación**

La corrugación es una serie de ondulaciones constituidas por cimas y depresiones muy cercanas entre sí y espaciadas a intervalos bastante regulares (generalmente menores a 3.00m) a lo largo del pavimento. Las cimas son perpendiculares al sentido del tránsito.

Este tipo de falla es causada por la acción del tránsito vehicular combinada con la inestabilidad de las capas superficiales o de la base del pavimento<sup>6</sup>.

### **f) Depresión**

Las depresiones son áreas localizadas en la superficie del pavimento que poseen niveles de elevación ligeramente menores a aquellos que se encuentran a su alrededor.

Las depresiones son visibles cuando el agua se empoza dentro de ellas después de la caída de lluvia, o, a través de las manchas causadas por el agua empozada, en caso de superficies secas.

Son producidas por asentamientos de la subrasante o debido a procedimientos constructivos defectuosos. Pueden causar alguna rugosidad en la superficie de la pista, y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua, pueden causar hidropneumático (los neumáticos de un vehículo pierden contacto con el pavimento a causa de una película de agua, eliminando así la adherencia de las ruedas con la superficie de rodadura)<sup>6</sup>..

#### **g) Fisuras de borde**

Las fisuras de borde son grietas paralelas al borde externo del pavimento, que se encuentran a una distancia de 0.30 a 0.50 m de éste.

Ese tipo de falla se incrementa por la carga de tránsito y se origina debido al debilitamiento de la base o de la subrasante en áreas muy próximas al borde del pavimento, a causa de condiciones climáticas o por efecto abrasivo de arena suelta en el borde, que provoca peladuras que conducen a la desintegración.

Si el área entre la fisura y el borde del pavimento se encuentra agrietada, entonces pueden producirse desprendimientos, llegando al punto en que los fragmentos pueden removerse<sup>6</sup>.

#### **h) Desnivel carril – berma**

El desnivel carril-berma es la diferencia de elevación (niveles) entre el borde del pavimento y la berma.

Esta falla es causada por la erosión de la berma; el asentamiento de la berma; o por la colocación de nuevas capas (sobrecarpetas) en la pista, sin el debido ajuste del nivel de la berma.

#### **i) Fisuras longitudinales y transversales**

Las fisuras longitudinales son grietas paralelas al eje de la vía o a la línea direccional en la que fue construida. Las grietas transversales, en cambio, son perpendiculares al eje del pavimento o a la dirección de construcción. Estos daños no están asociados con la carga vehicular, pueden ser causados por:

- Juntas de construcción pobremente construidas, o ausencia de ellas.
- Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas, al endurecimiento del asfalto o a la variación diaria de temperatura.
- Fisuras de reflexión causadas por agrietamientos bajo la capa superficial, incluyendo grietas en losas de concreto, pero no juntas de pavimento rígido.
- Uso de ligantes (asfaltos) muy duros o envejecidos.
- Gradiente térmico superior a los 30° C que produce ciclos de expansión - contracción de la mezcla asfáltica.

**j) Parches y parches de cortes utilitarios**

Un parche es un área del pavimento, que por encontrarse en mal estado, ha sido reemplazada con material nuevo con el fin de reparar el pavimento existente. Los parches de cortes utilitarios hacen referencia a aquellos parches colocados cuando se efectúan cortes para la reparación de tuberías de agua o desagüe, instalación del cableado eléctrico, teléfonos, entre otros trabajos similares.

Los parches disminuyen el nivel de servicio de la vía, pues el comportamiento del área parchada es inferior a la del pavimento original, incluso el área adyacente al parche no se comporta tan bien como la sección original de pavimento.

### **k) Agregado pulido**

El agregado pulido es la pérdida de resistencia al deslizamiento del pavimento, que ocurre cuando los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto.

Esta falla es causada por:

- Repeticiones de cargas de tránsito.
- Insuficiente porción de agregado extendida sobre el asfalto.
- Inexistente aspereza o textura del pavimento, que no contribuye a la reducción de la velocidad de los vehículos.
- Falta de partículas de agregado angular que proporcionen una buena adherencia del pavimento con las llantas de los vehículos.

### **l) Baches**

Los baches son pequeños hoyos (depressiones) en la superficie del pavimento de diámetro menor a 750 mm. Presentan bordes agudos y lados verticales cerca de la zona superior de la falla.

Los baches pueden ser ocasionados por un conjunto de factores:

- Fisuramiento tipo piel de cocodrilo de alta severidad, que causa fatiga y origina la desintegración de la superficie de rodadura.
- Defectos constructivos.
- Subdrenaje inadecuado.
- Mal diseño del paquete estructural.

### **m) Ahuellamiento**

El ahuellamiento es una depresión longitudinal continua a lo largo de la trayectoria del vehículo, que trae como consecuencia la deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o subrasante.

Esta falla puede ser causada por una pobre compactación del paquete estructural, lo que origina inestabilidad en las capas (bases, subbases) permitiendo el movimiento lateral de los materiales debido a las cargas de tráfico. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.

#### **Otras causas son:**

- Mezcla asfáltica inestable.
- Exceso de ligante en riegos.
- Mal diseño del paquete estructural: espesores deficientes.
- Mala calidad de materiales o deficiente control de calidad.

### **n) Desplazamientos**

Los desplazamientos son distorsiones de la superficie originados por desplazamientos de mezcla. Son corrimientos longitudinales y permanentes de un área localizada del pavimento formando una especie de “cordones” laterales.

Estas fallas son producidas por acción de la carga de tráfico, que empuja contra el pavimento produciendo una onda corta y brusca en la superficie

del mismo. Este tipo de falla normalmente ocurre sólo en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (emulsiones).

También ocurren desplazamientos cuando los pavimentos asfálticos colindan con pavimentos rígidos. Las losas de concreto al aumentar su longitud, empujan al pavimento flexible produciéndose el desplazamiento.

**Otras causas son:**

- Exceso de asfalto o de vacíos constituyendo mezclas inestables.
- Falta de confinamiento lateral.
- Adherencia inadecuada por defectos en el riego de liga o de imprimación

**o) Fisura parabólica o por deslizamiento**

Las fisuras parabólicas ó por deslizamiento son grietas en forma de media luna, que se presentan de manera transversal a la dirección del tránsito.

Estas fallas ocurren generalmente en mezclas asfálticas de baja estabilidad o en capas superpuestas, cuando existe una adherencia pobre (liga pobre) entre la capa superficial y la capa subyacente de la estructura del pavimento.

Las fisuras parabólicas pueden ser causadas por los siguientes factores:

- Frenado de las ruedas de los vehículos o giro debido a un cambio de dirección, originando el deslizamiento y deformación de la superficie del pavimento.

- Deficiente adherencia en capas superpuestas o presencia de polvo.
- Exceso de ligante o falta de riego de liga.
- Alto contenido de arena fina en la mezcla.

**p) Hinchamiento**

El hinchamiento es el abultamiento o levantamiento localizado en la superficie del pavimento, en forma de una onda larga y gradual de longitud mayor a 3.00 m, que distorsiona el perfil de la carretera.

La causa principal de este tipo de falla es la expansión del suelo de fundación (suelos expansivos) y el congelamiento del material de la subrasante.

El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial.

**q) Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados**

La peladura por intemperismo es la desintegración superficial del pavimento por pérdida de ligante asfáltico; mientras que el desprendimiento del agregado pétreo, hace referencia a partículas de agregado sueltas o removidas.

Ambas fallas indican que el ligante asfáltico ha sufrido un endurecimiento considerable o que la mezcla es de pobre calidad.

Las principales causas de este tipo de fallas son:

- Cargas de tráfico especiales como es el caso de vehículos de orugas.
- Ablandamiento de la superficie y pérdida de agregados debido al derramamiento de aceite de vehículos.

- Mezcla de baja calidad con ligante insuficiente.
- Uso de agregados sucios o muy absorbentes.
- Falla de adherencia agregado - asfalto debido al efecto de agentes externos.

### **3.2.2.7. SERVICIABILIDAD DE PAVIMENTO**

La serviciabilidad de los pavimentos, es la percepción que tienen los usuarios del nivel de servicio del pavimento. Es por ello que la opinión de ellos es la que debe ser medida para calificar la serviciabilidad<sup>8</sup>.

La medición de la serviciabilidad de los pavimentos, también puede ser considerada como una evaluación de la superficie, pero hay que tener presente que esta no es una evaluación completa.

La serviciabilidad de los pavimentos ha sido representada en un índice, derivado de los resultados de la prueba AASHO, en la cual se realiza la evaluación mediante una escala que varía de 0 a 5, siendo 5 el valor para pavimentos con una superficie perfecta y 0 para un pavimento con una superficie en malas condiciones. En la siguiente tabla se presenta la escala de calificación de la serviciabilidad según la norma AASHO:

**Cuadro 2. 1:** Escala de calificación de la serviciabilidad según AASHO.  
[AASHO, 1962]

CALIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
NUMÉRICA	VERBAL	
5.0 – 4.0	<b>Muy buena</b>	Solo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son los suficientemente suaves y sin deterioro para calificar en sus categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasifican como muy buenos.
4.0 – 3.0	<b>Buena</b>	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los “Muy Buenos”, entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y fisuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un nivel de deterioro superficial, como desconches y fisuras menores.
3.0 – 2.0	<b>Regular</b>	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamientos, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamientos, escalonamiento y pumping.
2.0 – 1.0	<b>Mala</b>	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde puedan afectar la velocidad del tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamientos; y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconche de juntas escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
1.0 - 0.0	<b>Muy mala</b>	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75 % o más de la superficie.

**Fuente:** Humpiri Pineda Katia (2015)

### **3.2.2.8. EVALUACIÓN DE LOS PAVIMENTOS**

La evaluación de pavimentos consiste en un informe, en el cual se presenta el estado en el que se halla la superficie del mismo, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de reparación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil de los pavimentos, es así, que es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre<sup>8</sup>.

### **3.2.2.9. IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DE LOS PAVIMENTOS**

La evaluación de pavimentos es importante, pues permitirá conocer a tiempo los deterioros presentes en la superficie, y de esta manera realizar las correcciones, consiguiendo con ello brindar al usuario una serviciabilidad óptima. Con la realización de una evaluación periódica del pavimento se podrá predecir el nivel de vida de una red o un proyecto<sup>8</sup>.

La evaluación de pavimentos, también permitirá optimizar los costos de rehabilitación, pues si se trata un deterioro de forma temprana se prolonga su vida de servicio ahorrando de esta manera gastos mayores<sup>8</sup>.

### **3.2.2.10. OBJETIVIDAD EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS**

La objetividad en la evaluación de pavimentos juega un papel primordial, pues se necesita personas verdaderamente capacitadas para que realicen las evaluaciones, de no ser así, dichas pruebas pueden perder credibilidad con el tiempo y no podrán ser comparadas, además, es importante que se escoja un modelo de

evaluación que se encuentre estandarizado para poder decir que se ha realizado una evaluación verdaderamente objetiva<sup>8</sup>.

### **3.2.2.11. TIPOS DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS**

Para Espinoza<sup>19</sup>, existen diversos métodos de evaluación de pavimentos, que son aplicables a calles y carreteras, entre los aplicables al presente estudio están:

➤ **VIZIR**

Es un índice que representa la degradación superficial de un pavimento, representando una condición global que permitirá tomar algunas medidas de mantenimiento y rehabilitación.

Este índice ha sido desarrollado por el Laboratoire Central des Ponts et Chaussés – France o por sus siglas en inglés LCPC.

El sistema VIZIR, es un sistema de simple comprensión y aplicación que establece una distinción clara entre las fallas estructurales y las fallas funcionales y que ha sido adoptado en países en vía de desarrollo y en especial en zonas tropicales<sup>20</sup>.

➤ **FHWA / OH99 / 004**

Este índice presenta una alta claridad conceptual y es de sencilla aplicación, pondera los factores dando mayor énfasis a ciertos deterioros que son muy abundantes o importantes en regiones donde hay estaciones muy marcadas pero no en áreas tropicales<sup>20</sup>.

➤ **ASTM D 6433-99**

También conocido como Present Condition Index, o por sus siglas PCI. Este índice sirve para representar las degradaciones superficiales que se presentan en los pavimentos flexibles y de hormigón.

Este método ha sido aplicado en la presente investigación, debido a que se la adoptado mundialmente por algunas entidades encargadas de realizar la cuantificación de los deterioros en la superficie de pavimentos.

- En la “Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras” (INVÍAS), indica que este método presenta un grado de complejidad en la determinación del índice, por involucrar una corrección en el valor de la densidad de un deterioro.

### **3.2.2.12.EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE UN PAVIMENTO**

Como ya se ha indicado anteriormente, en la presente investigación se utilizará el método normado por la ASTM, que ha sido desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos (Shahin, 1976 – 1994); utilizado para la evaluación de aeropuertos, caminos y lotes de parqueaderos.

En vista a que esta metodología es considerada como una de las más objetivas y más aplicables para el presente estudio, se pretende implementar en nuestra ciudad de modo que esta pueda generar un modelo adecuado para la mantención y rehabilitación de los pavimentos.

### **3.2.2.13.ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI – PAVEMENT CONDITION INDEX)**

Para Gutiérrez<sup>21</sup>, el método PCI (Pavement Condition Index) es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta.

Este método constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado como procedimiento estandarizado, por agencias como por ejemplo: el departamento de defensa de los Estados Unidos, el APWA (American Public Work Association) y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación, conocida como procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03).

Este método no pretende solucionar aspectos de seguridad si alguno estuviera asociado con su práctica. El método se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, un valor que cuantifique el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento.

El cálculo se fundamenta en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla presente.

Este método de evaluación superficial se caracteriza por no requerir ningún equipo especial o sofisticado para la evaluación; por suministrar información confiable sobre las fallas que presenta el pavimento, su severidad y la condición final que este presenta; por su empleo que no resulta ser complejo; porque es un método estándar y más detallado para evaluar pavimentos y por ser la base para determinar necesidades de mantenimiento o rehabilitación del pavimento.

El PCI es un índice numérico, desarrollado para obtener el valor de la irregularidad de la superficie del pavimento y la condición operacional de este. El PCI varía entre 0 para pavimentos fallados y un valor de 100 para pavimentos en excelente condición. En el siguiente cuadro se representa los rangos del PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición de un pavimento.

**Cuadro 2. 2:** Escala de clasificación PCI

PCI	Clasificación
85 – 100	Excelente
70 – 85	Muy Bueno
55 – 70	Bueno
40 – 55	Regular
25 – 40	Malo
10 – 25	Muy Malo
0 – 10	Fallado

**Fuente:** león (2013)<sup>8</sup>

### **3.2.2.14.OBJETIVOS DEL PCI**

Los objetivos que se persiguen con la aplicación del Método PCI son<sup>8</sup>:

- Determinar el estado de un pavimento en términos de su integridad estructural y su nivel de servicio.
- Obtener un indicador que permita comparar con un criterio uniforme la condición y comportamiento de los pavimentos.
- Obtener un criterio racional para justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.
- Obtener información relevante de retroalimentación respecto del comportamiento de las soluciones adoptadas en el diseño, evaluación y criterios de mantenimiento de pavimentos.

### **3.2.2.15. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE UN PAVIMENTO**

El procedimiento para la evaluación de un pavimento comprende: una etapa de trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta su clase, severidad y extensión de cada uno de ellos y una segunda fase que será el cálculo.

Para la evaluación de pavimentos, *La clase*, está relacionada con el tipo de degradación que se presenta en la superficie de un pavimento entre las que tenemos piel de cocodrilo, exudación, agrietamiento en bloque, abultamientos, entre otros, cada uno de ellos se describe en el Apéndice C (Manual de Daños de la Evaluación de la Condición de Pavimentos).

*La severidad*, representa la criticidad del deterioro en términos de su progresión; entre más severo sea el daño, más importantes deberán ser las medidas para su corrección<sup>15</sup>. De esta manera, se deberá valorar la calidad del viaje, ósea, la percepción que tiene el usuario al transitar en un vehículo a velocidad normal; es así que se describe una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de transito:

- **Bajo, (B):** se perciben vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones), pero no es necesaria la reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad. Los abultamientos y hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo pero no provoca incomodidad<sup>22</sup>.
  
- **Medio, (M):** las vibraciones del vehículo son significativas y se requiere una reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo creando incomodidad <sup>22</sup>.
  
- **Alto, (A):** las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; los abultamientos o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo<sup>22</sup>.

La *calidad del tránsito* se determina recorriendo la sección de un pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad especificada por el límite legal.

Las secciones del pavimento cercanas a las señales de detención deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal.

### **3.2.2.16. TERMINOLOGÍA**

A continuación se definen los principales términos utilizados en el método, que son de vital importancia para la comprensión y correcta aplicación del mismo.

**Red de pavimento.** Es el conjunto de pavimentos a ser administrados, es una sola entidad y tiene una función específica. Por ejemplo, un aeropuerto o una avenida, es una red de pavimento.

**Tramo de pavimento.** Un tramo es una parte identificable de la red de pavimento. Por ejemplo, cada camino o estacionamiento es un tramo separado.

**Sección de pavimento.** Es un área de pavimento contigua de construcción, mantenimiento, historial de uso y condición uniformes. Una sección debe tener el mismo volumen de tráfico e intensidad de carga.

**Unidad de muestra del pavimento.** Es una subdivisión de una sección de pavimento que tiene un tamaño estándar que varía de 225 +/- 90 m<sup>2</sup>, si el pavimento no es exactamente divisible entre 2500 o para acomodar condiciones de campo específicas.

**Muestra al azar.** Unidad de muestra de la sección de pavimento, seleccionada para la inspección mediante técnicas de muestreo aleatorio.

**Muestra adicional.** Es una unidad de muestra inspeccionada adicionalmente a las unidades de muestra seleccionadas al azar con el fin de incluir unidades de muestra no representativas en la determinación de la condición del pavimento.

**Índice de condición del pavimento (PCI).** Es un grado numérico de la condición del pavimento. Varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. Cada rango del PCI tiene su correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

### 3.2.2.17. MATERIALES E INSTRUMENTOS

**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. En la tabla 2.1 se aprecia un modelo utilizado como hoja de registro.

**Odómetro Manual.** Instrumento utilizado para medir distancias en calles, carreteras, caminos, etc.

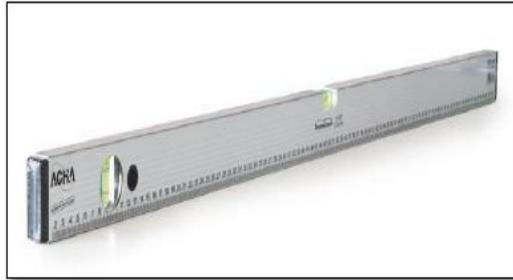
**Figura 2. 6:** Odómetro Manual



Fuente: Rodríguez 2009<sup>6</sup>

**Regla o Cordel.** Para medir la deformación longitudinal y transversal del pavimento en estudio.

**Figura 2. 7:** Regla de aluminio



Fuente: Rodríguez 2009<sup>6</sup>

**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 2. 8:** Conos



Fuente: Rodríguez 2009<sup>6</sup>

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

**Tabla 2. 1: Hoja de registro**

METODO PCI				ESQUEMA					
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: _____				Sección: _____			Unidad de muestra: _____		
Ejecutor: _____				Fecha: _____			Área: _____		
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por deslizamiento						
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento						
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados						
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel camil-berma	14. Ahuellamiento							
5. Corugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento							
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	

Fuente: Rodríguez 2009<sup>6</sup>

### **3.2.2.18. MUESTREO Y UNIDAD DE MUESTRA**

El muestreo se llevará a cabo siguiendo el procedimiento detallado a continuación:

- Identificar tramos o áreas en el pavimento con diferentes usos en el plano de distribución de la red, tales como caminos y estacionamientos.
- Dividir cada tramo en secciones basándose en criterios como diseño del pavimento, historia de construcción, tráfico y condición del mismo.
- Dividir las secciones establecidas del pavimento en unidades de muestra.
- Identificar las unidades de muestras individuales a ser inspeccionadas de tal manera que permita a los inspectores, localizarlas fácilmente sobre la superficie del pavimento. Es necesario que las unidades de muestra sean fácilmente reubicables, a fin de que sea posible la verificación de la información de fallas existentes, la examinación de variaciones de la unidad de muestra con el tiempo y las inspecciones futuras de la misma unidad de muestra si fuera necesario.
- Seleccionar las unidades de muestra a ser inspeccionadas. El número de unidades de muestra a inspeccionar puede variar de la siguiente manera: considerando todas las unidades de muestra de la sección, considerando un número de unidades de muestras que nos garantice un nivel de confiabilidad del 95% o considerando un número menor de unidades de muestra.

-Todas las unidades de muestra de la sección pueden ser inspeccionadas para determinar el valor de PCI promedio en la sección. Este tipo de análisis es ideal para una mejor estimación del mantenimiento y reparaciones necesarias.

-El número mínimo de unidades de muestra “n” a ser inspeccionadas en una sección dada, para obtener un valor estadísticamente adecuado (95% de confiabilidad), es calculado empleando la siguiente ecuación y redondeando el valor obtenido de “n” al próximo número entero mayor.

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

Donde:

e = Error admisible en el cálculo del PCI de la sección (e=+/- 5 puntos del PCI)

$\sigma$  = Desviación estándar del PCI de una muestra a otra en la misma sección.

N = Número total de unidades de muestra en la sección.

n = Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

-Al realizar la inspección se asume que la desviación estándar es 10. Esta suposición debe ser comprobada de la forma como se describe a continuación después de haber determinado los valores del PCI. Para subsiguientes inspecciones, la desviación estándar de la inspección precedente debe ser utilizada para determinar el valor de “n”.

Cuando el número mínimo de unidades a ser evaluadas es menor que cinco ( $n < 5$ ), se recomienda evaluar todas las unidades.

-Si obtener el 95% de confiabilidad es crítico, la conveniencia del número de unidades inspeccionadas debe ser verificada. El número de unidades de muestra fue estimado en base a un valor de desviación estándar asumido. Calcular el valor actual de la desviación estándar de la siguiente manera:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (PCI_i - PCI_f)^2}{n - 1}}$$

Dónde:

$PCI_i$  = PCI de la unidad de muestra  $i$ .

$PCI_f$  = PCI promedio de las unidades de muestra analizadas.

$n$  = Número total de unidades de muestra analizadas.

$s$  = Desviación estándar.

-Calcular el número revisado mínimo de unidades de muestra a ser inspeccionadas utilizando el valor actual de la desviación estándar. Si el número de unidades de muestra revisado a ser inspeccionadas es mayor que el número de muestras ya inspeccionadas, seleccionar e inspeccionar unidades de muestra adicionales al azar.

Estas unidades de muestra deben ser espaciadas uniformemente a través de la sección. Repetir este proceso de chequeo del número de unidades de muestra revisado, e inspeccionar las unidades de muestra adicionales al azar

hasta que el número total de unidades de muestra inspeccionadas sea igual o mayor al número mínimo requerido de unidades de muestra “n”, usando la desviación estándar total de muestras reales.

- Una vez que el número de unidades de muestra a ser inspeccionadas esté definido, calcular el intervalo de espaciamiento de las unidades utilizando el muestreo sistemático al azar. Las muestras deben ser igualmente espaciadas a través de toda la sección seleccionando la primera muestra al azar. El intervalo del espaciamiento “i” de las unidades a ser muestreadas debe ser calculado mediante la siguiente formula redondeando el resultado al próximo número entero menor:

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

Dónde:

N = número total de unidades de muestra en la sección.

n = número de unidades de muestra a ser inspeccionadas.

- Las unidades de muestra adicionales deben ser inspeccionadas sólo cuando se observan fallas no representativas. Estas unidades de muestra son escogidas por el usuario.

### **3.2.2.19. PROCEDIMIENTO DE INSPECCION**

- a) Inspeccionar individualmente cada unidad de muestra seleccionada.
- b) Registrar el tramo y número de sección así como el número y tipo de unidad de muestra (al azar o adicional).
- c) Registrar el tamaño de unidad de muestra.
- d) Realizar la inspección de las fallas, cuantificando cada nivel de severidad y registrando la información obtenida.
- e) El método de medición se encuentra detallado en la descripción de cada falla.
- f) Repetir este procedimiento para cada unidad de muestra a ser inspeccionada.

### **3.2.2.20. CALCULO DEL PCI PARA PAVIMENTO FLEXIBLE**

#### **Etapas 1.** Calculo de los valores deducidos (DV)

- Sumar la cantidad total de cada tipo de daño para cada nivel de severidad.  
El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.
- Dividir la cantidad total de cada tipo de daño según el nivel de severidad entre el área total de la unidad de muestra y multiplicar el resultado por 100 para obtener la densidad porcentual para cada tipo y severidad de daño.
- Determine el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” para asfalto.

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

- Si ninguno o solamente un valor deducido individual es mayor que 2%, el valor deducido total es usado en lugar del máximo valor deducido corregido (CDV) para determinar el PCI; caso contrario, el máximo CDV debe ser determinado usando los pasos:

-Crear una lista de los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.

-Se determina el número máximo admisible de valores deducidos (m) utilizando la gráfica de ajuste del número de valores reducidos o la siguiente fórmula:

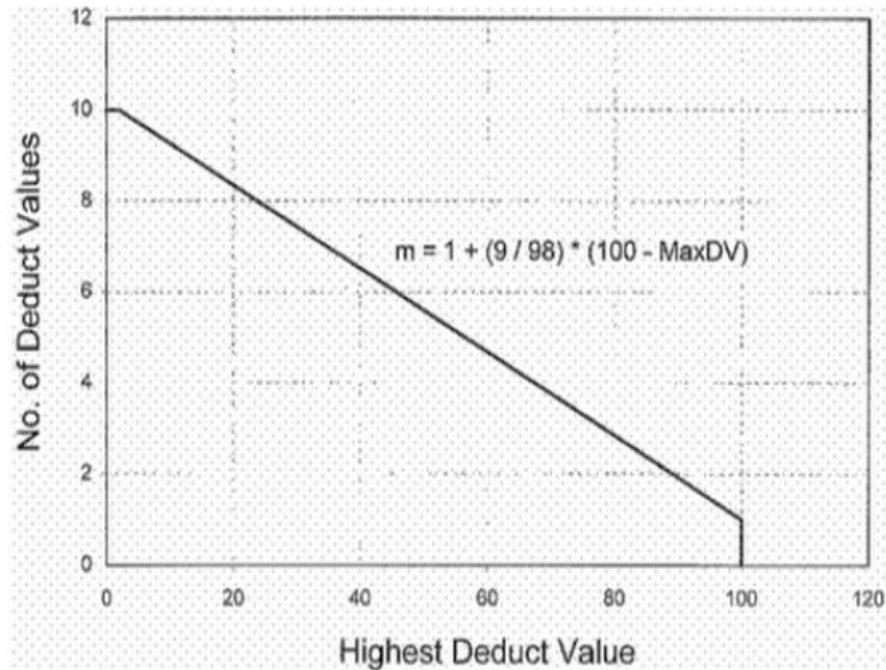
$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100.00 - HDV_i)$$

Dónde:

HDVi = mayor valor deducido individual para la unidad de muestra.

m = Número máximo admisible de valores deducidos, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo.

**Figura 2. 9:** Ajuste del número de valores deducidos

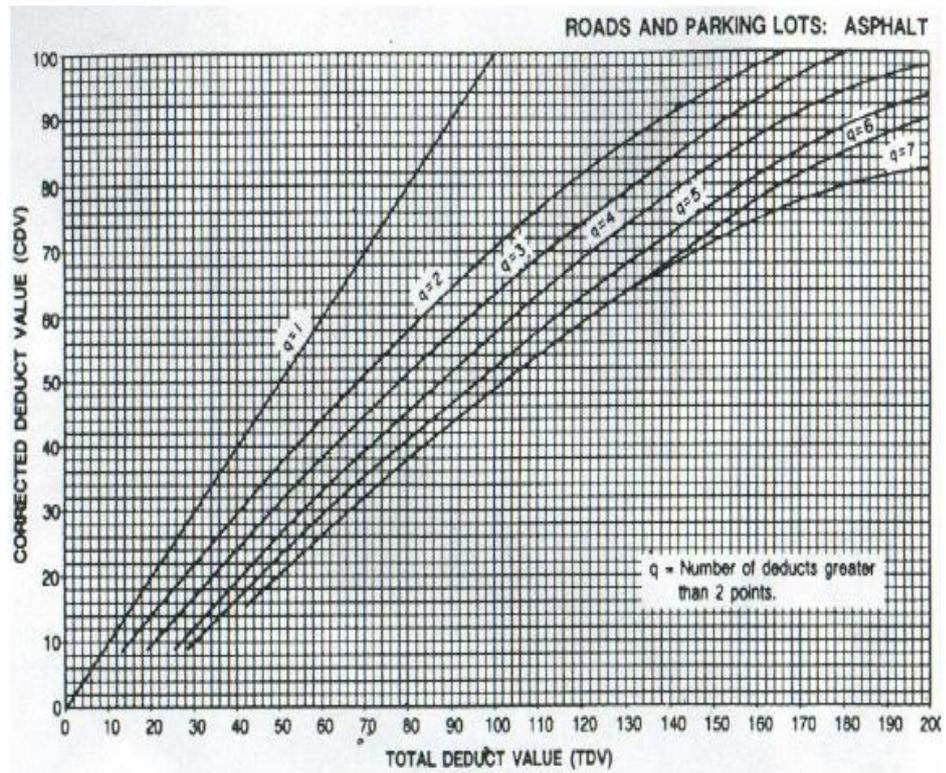


Fuente: Rodríguez 2009<sup>6</sup>

**Etapa 3.** Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV)

- Luego de determinar el número máximo admisible de valores deducidos (m), se debe seguir un proceso de iteración para hallar el máximo valor deducido corregido. Primero se determina el valor deducido total, sumando todos los valores deducidos individuales.
- Determinar el CDV con q (En la primera iteración  $q=m$ ) y el valor deducido total en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento, la cual se muestra a continuación:

**Figura 2. 10:** Curvas de corrección para pavimentos de asfaltos



Fuente: Rodríguez 2009<sup>6</sup>

- En la siguiente iteración, se cambia el menor valor deducido por 2% para luego sumar y hallar un nuevo valor deducido total, en este caso el valor q es igual a “m -1”. Se repite el mismo procedimiento hasta logra que q= 1.
- El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso, valor que nos permitirá hallar el PCI haciendo uso de la siguiente fórmula:

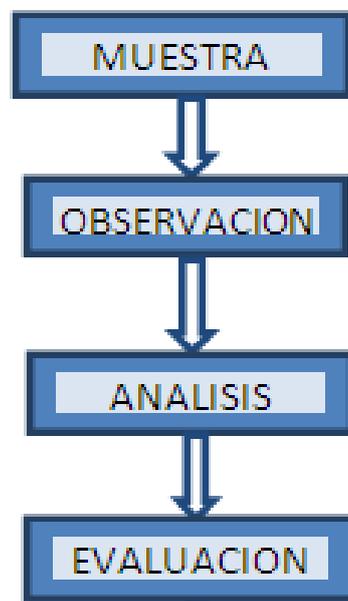
$$PCI = 100 - \text{máx. } CDV$$

## IV. METODOLOGÍA

### 4.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

- Es una investigación no experimental se observan los fenómenos tal como se dan en su contexto natural, en este caso los de los puentes para posteriormente análisis.
- Tiene corte trasversal por darse en el tiempo es decir en un momento establecido
- La evaluación será de tipo visual y directa.
- Se efectuará siguiendo el método del muestreo, en la que se determina la calidad y Condición de la patología en los pavimentos.

Este diseño se graficó de la siguiente manera:



#### **4.1.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

En general el estudio a realizarse, es del tipo descriptivo, porque describe la realidad, sin alterarla.

Es No experimental porque se estudia el problema y se analiza sin recurrir a laboratorio.

Es de corte transversal porque se está analizando en el periodo Diciembre 2017.

#### **4.2. UNIVERSO Y MUESTRA**

##### **4.2.1. EL UNIVERSO**

Para la presente Investigación el Universo estará dado por los pavimentos existentes en la ciudad de Piura.

##### **4.2.2. POBLACIÓN Ó MUESTRA**

En este caso se seleccionará el tramo Km5 al Km 6 de la carretera Marcavelica - Ignacio Escudero Sullana Piura, para ser evaluada.

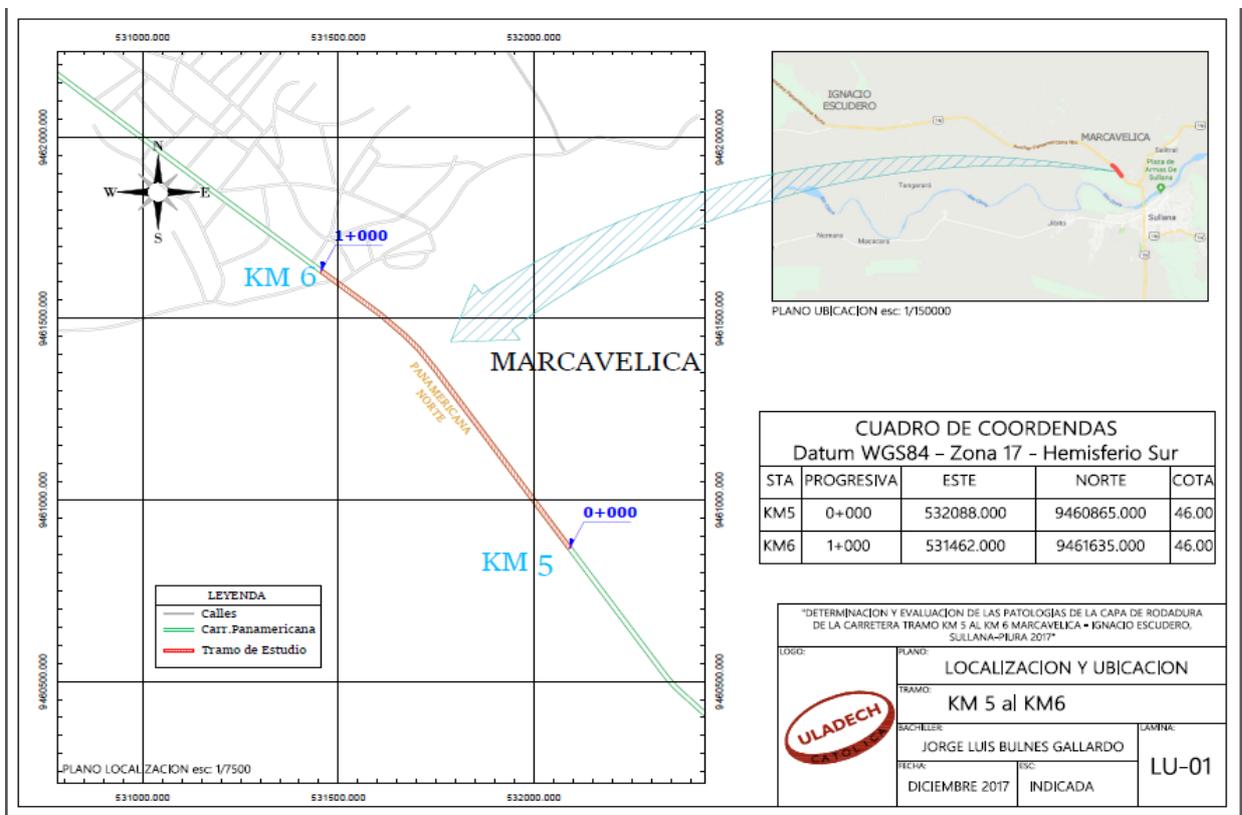
El muestreo se llevará a cabo siguiendo el procedimiento detallado a continuación:

- Identificar tramos o áreas en el pavimento con diferentes usos en el plano de distribución de la red, tales como caminos y estacionamientos. Para ello tiene que quedar completamente definido el sistema de pavimentos a ser analizados, es decir, la red de pavimento.

Se ha definido como red de pavimento, a 1000 metros lineales de pavimento flexible que forman parte de la carretera Marcavelica- Ignacio Escudero Sullana el cual se encuentra en la región Piura.

Como muestra la figura 4.1, el tramo Km5 se ubica al E con 532088 y al N con 9460865, mientras el Km 6 se encuentra al E con 531462 y al N con 9461635 cuyo tramo forma parte de la carretera Marcavelica-Ignacio Escudero-Sullana.

**Figura 4. 1:** Tramo Km5-Km6 de la Carretera Marcavelica-Ignacio Escudero



Fuente: Elaboración Propia

**Cuadro N°1:** Longitud de unidades de muestreo

Ancho de Calzada	Longitud de la unidad de Muestreo (m)
5.00	46.00
5.50	41.80
6.00	38.30
6.50	35.40
7.30 (max)	31.50

Fuente: Montejo (2002)<sup>12</sup>

El número mínimo de unidades a evaluar (N) será igual a la división entre la longitud total del tramo en estudio y la longitud de la unidad de muestreo: como el ancho de la vía es 7.30 metros corresponde una longitud de 31,5 metros.

$$N = \frac{1000}{31.5} = 31.75 = 31$$

Aplicamos la siguiente fórmula para obtener las unidades de muestra a estudiar

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

Reemplazando tenemos:

$$n = \frac{31 \times 10^2}{\frac{5^2}{4} \times (31 - 1) + 10^2} = 10.78 = 11$$

El tamaño de muestra es 11

El intervalo de separación será:

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

$$i = \frac{31}{11} = 2.81 = 3$$

Es decir el número de muestra se cogerá cada tres unidades.

### 4.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:**

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<p><b>Variable independiente:</b> determinación de las patologías en la capa de rodadura.</p> <p><b>Variable dependiente:</b> Índice de Condición del pavimento.</p>	<p>Las patologías es el estudio de las enfermedades en su amplio sentido, es decir, como procesos o estados anormales de causas conocidas o desconocidas.</p> <p>Vargas, F (2012)</p>	<p>Los tipos de patologías que presenta el pavimento en estudio para dicho proyecto son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños originados en la sub-base y en el terreno natural de la cimentación del pavimento.</li> <li>• También hay varias causas de estos daños, la más frecuentes es la presencia no prevista de agua</li> </ul>	Variabilidad	Tipo, Forma y falla.
			Grado de afectación o lesión	<p>-Leve</p> <p>-Moderado</p> <p>-Severo</p>

#### **4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS**

##### **Técnicas**

Las principales técnicas que se utilizarán en el desarrollo del proyecto son:

- Datos de campo del proyecto.
- Conocer los tipos de patologías del proyecto.
- Análisis de los resultados obtenidos en la investigación decampo.
- Análisis de los requisitos de los materiales que se empleó para la construcción de dicho pavimento.

##### **Instrumentos**

La evaluación del proyecto será de forma visual y la toma de datos como instrumento de recolección.

La evaluación de la condición incluirá los siguientes aspectos:

- Microsoft Word.
- Microsoft office Excel.
- Fotografías.
- Partes en forma de estadística.
- Calculadora

##### **Instrumentos auxiliares de medición como:**

- Wincha.
- Regla

- GPS
- Manual de daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

### **PLAN DE ANÁLISIS**

Se usará el siguiente plan:

- Determinación y Ubicación del área de estudio.
- Análisis del estado actual del pavimento flexible
- Cuadros estadísticos que contendrán:
  - Ubicación del Área de Estudio de cada uno de los pavimentos a estudiar.
  - Cuadro Estadístico de las patologías existentes en cada uno de los pavimento
  - Cuadro Estadístico de la condición global de cada uno de los pavimentos.
  - Interpretación de resultados finales

#### 4.5. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	VARIABLES	METODOLOGIA
<p><b>Enunciado del problema</b></p> <p>¿Cómo determinar las patologías existentes en la capa de rodadura del pavimento flexible del tramo Km 5 al Km 6 de la Carretera Marcavelica – Ignacio Escudero Sullana –Piura - Diciembre 2017?</p> <p><b>Caracterización del problema</b></p> <p>Se puede apreciar que el incremento vehicular urbano que se ha generado en los últimos años se encuentra afectando el pavimentos flexibles de las Avenidas, frecuentando daños como son agrietamientos, deformaciones plásticas ondulaciones longitudinales, las partículas se desintegran quedando la capa asfáltica como la piel de un cocodrilo o dividiéndose en pequeños cuadros de pavimento, Por lo tanto está determina las patologías existentes del pavimento flexible de la carretera tramo Marcavelica – Ignacio Escudero Sullana</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Determinar los tipos e incidencia, realizar la evaluación y reparación de los daños producidos por las patologías de la capa de rodadura del tramo Km 5 al Km 6 de la carretera Marcavelica – Ignacio Escudero Sullana –Piura..</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>-Determinar el tipo de patologías de la capa de rodadura que se presentan en las carreteras y en las diversas construcciones como son calles, playas de estacionamientos, etc.</p> <p>-Determinar el Nivel o Grado de daños que producen las patologías en la capa de rodadura de la carretera, calles y demás construcciones.</p> <p>-Proponer las medidas que conduzcan a la reparación de los daños producidos por las patologías en la capa de rodadura de la carretera.</p>	<p><b>Variable independiente:</b> determinación de las patologías en la capa de rodadura</p> <p><b>Variable dependiente:</b> Índice de Condición del pavimento</p>	<p>En general el estudio a realizarse, será del tipo descriptivo, porque describe la realidad, sin alterarla.</p> <p>Es No experimental porque se estudia el problema y se analiza sin recurrir a laboratorio.</p> <p>Se desarrollara siguiendo el método de observación directa.</p> <p>La evaluación a realizar será de tipo visual y personalizada.</p> <p>En cuanto a los instrumentos que se utilizarán para la recolección de datos serán las planillas de inspecciones de diferentes elementos para así saber el estado de cada uno de ellos, cámara fotográfica muy importante ya que gracias a esta podemos demostrar a través de una imagen las fallas que presenta la carretera Marcavelica-Ignacio Escudero.</p>

## 4.6. PRINCIPIOS ÉTICOS

Como estudiantes de ingeniería civil y futuros ingenieros, estaremos al servicio de la comunidad, teniendo como función primordial de contribuir al bienestar humano, dando importancia al desempeño de cada tarea profesional que nos sean asignados.

Debemos promover el honor y la integridad de nuestra profesión, sirviendo con firmeza y fidelidad a los demás, a nuestros empleadores, esforzándonos por incrementar el prestigio en la rama de la ingeniería, además de apoyar a las instituciones profesionales y académicas.

Así como principios éticos a considerar en el desarrollo de la investigación:

- **Manejos de fuente de consulta:**
  - Fichas bibliográficas con datos completos
  - Diferenciar las aportaciones de otros autores.
  - Referir las citas textuales y las no textuales
  
- **Claridad en los objetivos de investigación**
  - Plasmar los objetivos de la investigación.
  - Dar a conocer los objetivos antes de la entrada en el campo de investigación:
  
- **Transparencia de los datos obtenidos.**
  - En el informe de investigación como ocurrió los hechos de tu desarrollo de la investigación.
  - Determinar los límites de la investigación.

- **Profundidad en el desarrollo del tema:**

- Tener el dominio necesario sobre la temática que aborda la investigación.
- Estar seguidamente buscando información de fuentes de consultas actualizadas de otros autores.

## V. RESULTADOS

**Cuadro N1:** Patologías encontradas en las muestras seleccionadas y su nivel de severidad

PATOLGIAS SEGÚN PCI	LARGO (M)	ANCHO (M)	TOTAL M2	NIVEL DE SEVERIDAD
<b>Muestra 1</b>				
4-Abultamientos y Hundimientos	3.0	1.43	4.3	LEVE
10-Grietas Long. Y Transversal	8.0		8.0	LEVE
13-Huecos	0.9	0.7	0.63	ALTO
19-Desprendimiento de Agregados	35.4	5.8	200.1	ALTO
<b>Muestra 2</b>				
4-Abultamientos y Hundimientos	2.5	2.4	6.00	MODERADO
19-Desprendimiento de Agregados	35.4	3.5	123.90	ALTO
<b>Muestra 3</b>				
19-Desprendimiento de Agregados	22.0	3.2	70.4	MODERADO
<b>Muestra 4</b>				
19-Desprendimiento de Agregados	35.4	2.4	84.96	ALTO
	35.26	4	141.04	ALTO
<b>Muestra 5</b>				
13-Huecos	0.59	0.95	0.56	MODERADO
<b>Muestra 6</b>				
11-Parqueo	11.0	1.0	11.0	MODERADO
13-Huecos	0.95	0.95	0.9	ALTO
<b>Muestra 7</b>				
13-Huecos	0.95	0.75	0.71	ALTO
<b>Muestra 8</b>				
11-Parqueo	5.00	1.00	5.00	LEVE
13-Huecos	1.30	1.10	1.43	LEVE
<b>Muestra 9</b>				
10-Grietas Long. Y Transversal	9.0		9.0	LEVE
13-Huecos	0.3	0.45	0.14	LEVE
19-Desprendimiento de Agregados	10	1.05	10.5	LEVE
19-Desprendimiento de Agregados	29	1.016	29.5	LEVE
<b>Muestra 10</b>				
13-Huecos	0.9	0.3	0.27	MODERADO
19-Desprendimiento de Agregados	10.5	14.0	147.0	ALTO
19-Desprendimiento de Agregados	6.4	10.0	64.0	ALTO
<b>Muestra 11</b>				
13-Huecos	0.9	0.45	0.41	MODERADO
13-Huecos	0.85	0.3	0.26	ALTO
19-Desprendimiento de Agregados	23.5	4.0	94	ALTO
19-Desprendimiento de Agregados	32	2.5	80	ALTO

**Tabla N° 1:** Hoja de registro de la unidad de muestra U1

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - PCI																																																			
EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO																																																			
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>					<b>UNIDAD DE MUESTREO</b>			<b>ESQUEMA</b>																																											
KM 5- KM 6 DE CARRETERA MARCAVELICA-IGNACIO ESCUDERO- SULLANA					U-1																																														
<b>INSPECCIONADO PO</b>					<b>AREA DE MUESTREO</b>																																														
JORGE LUIS BULNES GALLARDO					229.95																																														
<b>FECHA</b>					<b>PROG INICIAL</b>		<b>PROG. FINAL</b>																																												
24/12/2017					0+31.5		0+31.5																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>DAÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Piel de Cocodrilo</td></tr> <tr><td>2</td><td>Exudación</td></tr> <tr><td>3</td><td>Agrietamiento en Bloque</td></tr> <tr><td>4</td><td>Abultamientos y Hundimientos</td></tr> <tr><td>5</td><td>Corrugación</td></tr> <tr><td>6</td><td>Depresión</td></tr> <tr><td>7</td><td>Grieta de Borde</td></tr> <tr><td>8</td><td>Grieta de Reflexión de Junta.</td></tr> <tr><td>9</td><td>Desnivel Carril / Berma</td></tr> <tr><td>10</td><td>Grietas Long. Y Transversal</td></tr> </tbody> </table>					Nº	DAÑO	1	Piel de Cocodrilo	2	Exudación	3	Agrietamiento en Bloque	4	Abultamientos y Hundimientos	5	Corrugación	6	Depresión	7	Grieta de Borde	8	Grieta de Reflexión de Junta.	9	Desnivel Carril / Berma	10	Grietas Long. Y Transversal	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>DAÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>11</td><td>Parqueo</td></tr> <tr><td>12</td><td>Pulimento de Agregados</td></tr> <tr><td>13</td><td>Huecos</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cruce de Vía Ferrea</td></tr> <tr><td>15</td><td>Ahuellamiento</td></tr> <tr><td>16</td><td>Desplazamiento</td></tr> <tr><td>17</td><td>Grieta Parabólica</td></tr> <tr><td>18</td><td>Hinchamiento</td></tr> <tr><td>19</td><td>Desprendimiento de Agregados</td></tr> </tbody> </table>					Nº	DAÑO	11	Parqueo	12	Pulimento de Agregados	13	Huecos	14	Cruce de Vía Ferrea	15	Ahuellamiento	16	Desplazamiento	17	Grieta Parabólica	18	Hinchamiento	19	Desprendimiento de Agregados
Nº	DAÑO																																																		
1	Piel de Cocodrilo																																																		
2	Exudación																																																		
3	Agrietamiento en Bloque																																																		
4	Abultamientos y Hundimientos																																																		
5	Corrugación																																																		
6	Depresión																																																		
7	Grieta de Borde																																																		
8	Grieta de Reflexión de Junta.																																																		
9	Desnivel Carril / Berma																																																		
10	Grietas Long. Y Transversal																																																		
Nº	DAÑO																																																		
11	Parqueo																																																		
12	Pulimento de Agregados																																																		
13	Huecos																																																		
14	Cruce de Vía Ferrea																																																		
15	Ahuellamiento																																																		
16	Desplazamiento																																																		
17	Grieta Parabólica																																																		
18	Hinchamiento																																																		
19	Desprendimiento de Agregados																																																		
DAÑO	VERIDA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO																																										
4	L	4.3					4.3	1.87	4.00																																										
10	L	8					8	3.48	38.00																																										
13	H	0.63					0.63	0.27	17.00																																										
19	H	200.1					200.1	87.02	52.00																																										

Fuente: Elaboración propia

La densidad es hallada a través de la división de la cantidad total de cada tipo de perjuicio de acuerdo con el nivel de gravedad entre el área total de la unidad de muestra y multiplicada por 100

$$D = \frac{4.3}{229.95} \times 100 = 1.87$$

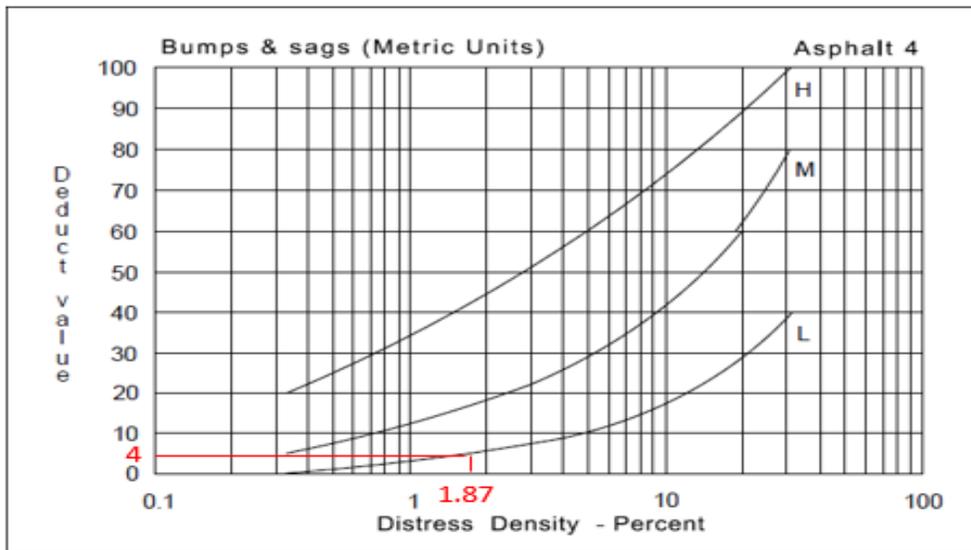
$$D = \frac{8}{229.95} \times 100 = 3.48$$

$$D = \frac{0.63}{229.95} \times 100 = 0.27$$

$$D = \frac{200.1}{229.95} \times 100 = 87.02$$

El valor deducido para cada tipo de daño se determina a través de las curvas denominadas “valor de daño deducido”

### Curva de valor reducido para Abultamiento y Hundimiento



Fuente: Elaboración propia

Para encontrar los CDV utilizamos la siguiente fórmula en donde se coge el mayor valor deducido

$$m = 1 + \frac{9}{98}(100 - 52) = 5.4$$

Los valores de q son tomados de acuerdo al número de patologías de mayor a menor

N°	VALORES DE DUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	52.00	38.00	17.00	4.00	0.00	0.00	0.00	111.00	4	62.00
2	52.00	38.00	17.00	2.00				109.00	3	66.00
3	52.00	38.00	2.00	2.00				94.00	2	65.00
4	52.00	2.00	2.00	2.00				58.00	1	56.00

Fuente: Elaboración propia

El valor deducido corregido se halla a través de las curvas de corrección para pavimentos o la tabla de valores.

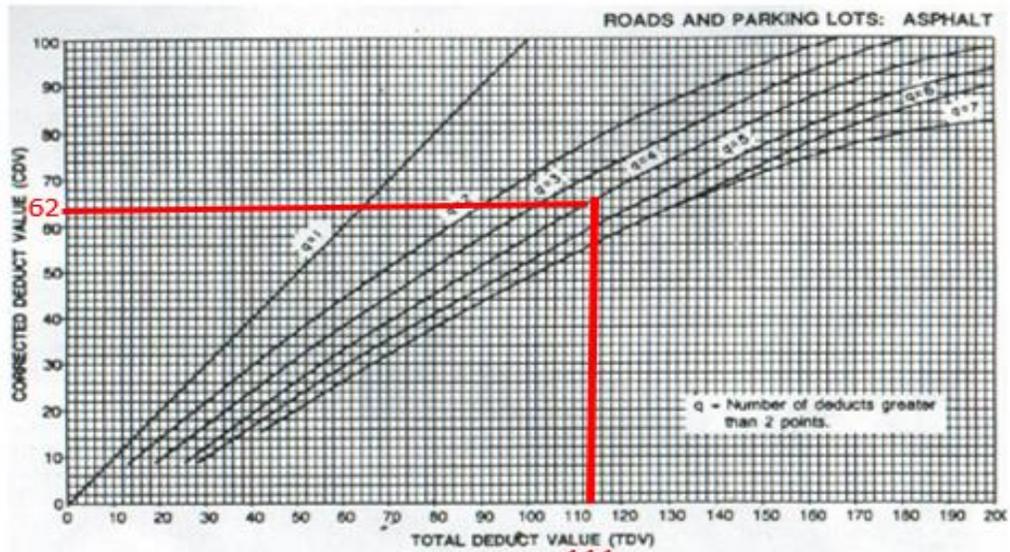
**VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES**

VDT	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO				
	q1	q2	q3	q4	q5
0.0	0.0				
10.0	10.0				
12.0	12.0	8.0			
18.0	18.0	12.5	8.0		
20.0	20.0	14.0	10.0		
25.0	25.0	18.0	13.5	8.0	
28.0	28.0	20.4	15.6	10.4	8.0
30.0	30.0	22.0	17.0	12.0	10.0
40.0	40.0	30.0	24.0	19.0	17.0
42.0	42.0	31.4	25.4	20.4	18.2
50.0	50.0	37.0	31.0	26.0	23.0
60.0	60.0	44.0	38.0	33.0	29.0
70.0	70.0	51.0	44.5	39.0	36.0
80.0	80.0	58.0	50.5	45.0	41.0
90.0	90.0	64.0	57.0	51.0	46.0
100.0	100.0	71.0	63.0	57.0	52.0
110.0		76.0	68.0	62.0	57.0
120.0		81.0	73.0	68.0	61.0
130.0		86.0	78.5	73.0	67.0
135.0		88.5	81.5	75.5	69.5
140.0		91.0	84.0	78.0	72.0
150.0		94.0	88.0	82.0	76.0
160.0		98.0	93.0	86.0	81.0
166.0		100.0	94.8	88.4	83.4
170.0			96.0	90.0	85.0
180.0			99.0	93.0	88.0
182.0			100.0	93.6	88.6
190.0				96.0	91.0
200.0				98.0	94.0

Fuente: método del PCI.

**CURVA DE VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS (VDC) – PCI**

**CURVA DE VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS (VDC) – PCI**



Fuente: método del PCI.

Para hallar el PCI escogemos el máximo CDV utilizando la siguiente formula

$$PCI = 100 - \text{max. CDV}$$

$$PCI = 100 - 66 = 34$$

MAX CDV	66
PCI	34
SEVERIDAD	Malo

RANGO	CLASIFICACIÓN
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

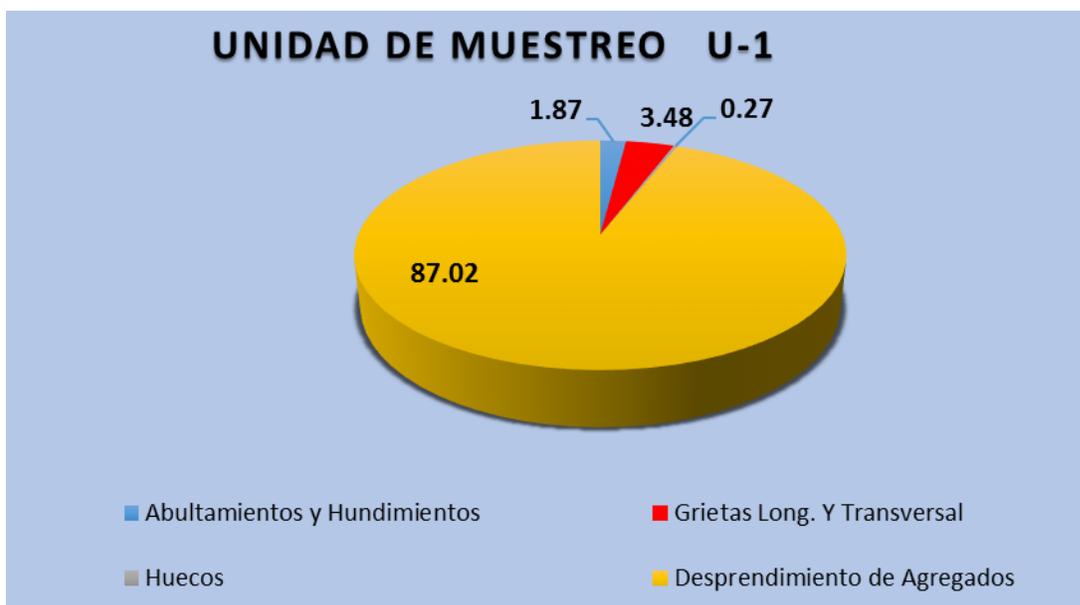
**Tabla N° 2:** Patologías encontradas en la unidad de muestra U1.

UNIDAD DE MUESTREO U-1		
Nº	DAÑO	
4	Abultamientos y Hundimientos	1.87
10	Grietas Long. Y Transversal	3.48
13	Huecos	0.27
19	Desprendimiento de Agregados	87.02
	Pavimento en buen estado	7.36

Fuente: Elaboración propia

El pavimento en buen estado es hallado a través de la suma de las densidades de las patologías restadas al 100% da como resultado 7.36.

**Gráfico N° 1:** Incidencia de las patologías en la muestra 1



Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 3: Hoja de registro de la unidad de muestra U2**

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - PCI																																																	
EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO																																																	
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>				<b>UNIDAD DE MUESTREO</b>			<b>ESQUEMA</b>																																										
KM 5- KM 6 DE CARRETERA MARCAVELICA-IGNACIO ESCUDERO- SULLANA				U-2																																													
<b>INSPECCIONADO POR</b>				<b>AREA DE MUESTREO</b>																																													
JORGE LUIS BULNES GALLARDO				229.95																																													
<b>FECHA</b>				<b>PROG. INICIAL</b>		<b>PROG. FINAL</b>																																											
24/12/2017				0+94.5		0+126																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>DAÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Piel de Cocodrilo</td></tr> <tr><td>2</td><td>Exudación</td></tr> <tr><td>3</td><td>Agrietamiento en Bloque</td></tr> <tr><td>4</td><td>Abultamientos y Hundimientos</td></tr> <tr><td>5</td><td>Corrugación</td></tr> <tr><td>6</td><td>Depresión</td></tr> <tr><td>7</td><td>Grieta de Borde</td></tr> <tr><td>8</td><td>Grieta de Reflexión de Junta.</td></tr> <tr><td>9</td><td>Desnivel Carril / Berma</td></tr> <tr><td>10</td><td>Grietas Long. Y Transversal</td></tr> </tbody> </table>				Nº	DAÑO	1	Piel de Cocodrilo	2	Exudación	3	Agrietamiento en Bloque	4	Abultamientos y Hundimientos	5	Corrugación	6	Depresión	7	Grieta de Borde	8	Grieta de Reflexión de Junta.	9	Desnivel Carril / Berma	10	Grietas Long. Y Transversal	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>DAÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>11</td><td>Parqueo</td></tr> <tr><td>12</td><td>Pulimento de Agregados</td></tr> <tr><td>13</td><td>Huecos</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cruce de Vía Ferrea</td></tr> <tr><td>15</td><td>Ahuellamiento</td></tr> <tr><td>16</td><td>Desplazamiento</td></tr> <tr><td>17</td><td>Grieta Parabólica</td></tr> <tr><td>18</td><td>Hinchamiento</td></tr> <tr><td>19</td><td>Desprendimiento de Agregados</td></tr> </tbody> </table>				Nº	DAÑO	11	Parqueo	12	Pulimento de Agregados	13	Huecos	14	Cruce de Vía Ferrea	15	Ahuellamiento	16	Desplazamiento	17	Grieta Parabólica	18	Hinchamiento	19	Desprendimiento de Agregados
Nº	DAÑO																																																
1	Piel de Cocodrilo																																																
2	Exudación																																																
3	Agrietamiento en Bloque																																																
4	Abultamientos y Hundimientos																																																
5	Corrugación																																																
6	Depresión																																																
7	Grieta de Borde																																																
8	Grieta de Reflexión de Junta.																																																
9	Desnivel Carril / Berma																																																
10	Grietas Long. Y Transversal																																																
Nº	DAÑO																																																
11	Parqueo																																																
12	Pulimento de Agregados																																																
13	Huecos																																																
14	Cruce de Vía Ferrea																																																
15	Ahuellamiento																																																
16	Desplazamiento																																																
17	Grieta Parabólica																																																
18	Hinchamiento																																																
19	Desprendimiento de Agregados																																																
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO																																								
4	M	6					6	2.61	21.00																																								
19	H	123.9					123.9	53.88	47.00																																								

Fuente: Elaboración propia

Para encontrar los CDV utilizamos la siguiente formula:

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - 47) = 5.87$$

Nº	VALORES DE DUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	47.00	21.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.00	2	45
2	47.00	2.00						49.00	1	52

MAX CDV	52
PCI	48
SEVERIDAD	REGULAR

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
RANGOS	CALIFICACIÓN
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 .. 0	Fallado

**Tabla N° 4:** Patologías encontradas en la unidad de muestra U2.

UNIDAD DE MUESTREO U-2		
4	Abultamientos y Hundimientos	2.61
19	Desprendimiento de Agregados	53.88
	Pavimento en buen estado	43.5
		100.00

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 2:** Incidencia de las patologías en la muestra 2



Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 5: Hoja de registro de la unidad de muestra U3**

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - PCI																																																			
EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO																																																			
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>					<b>UNIDAD DE MUESTREO</b>			<b>ESQUEMA</b>																																											
KM 5- KM 6 DE CARRETERA MARCAVELICA-IGNACIO ESCUDERO- SULLANA					U-3																																														
<b>INSPECCIONADO POR</b>					<b>AREA DE MUESTREO</b>																																														
JORGE LUIS BULNES GALLARDO					229.95																																														
<b>FECHA</b>					<b>PROG. INICIAL</b>						<b>PROG. FINAL</b>																																								
24/12/2017					0+189			0+220.5																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>DAÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Piel de Cocodrilo</td></tr> <tr><td>2</td><td>Exudación</td></tr> <tr><td>3</td><td>Agrietamiento en Bloque</td></tr> <tr><td>4</td><td>Abultamientos y Hundimientos</td></tr> <tr><td>5</td><td>Corrugación</td></tr> <tr><td>6</td><td>Depresión</td></tr> <tr><td>7</td><td>Grieta de Borde</td></tr> <tr><td>8</td><td>Grieta de Reflexión de Junta.</td></tr> <tr><td>9</td><td>Desnivel Carril / Berma</td></tr> <tr><td>10</td><td>Grietas Long. Y Transversal</td></tr> </tbody> </table>					Nº	DAÑO	1	Piel de Cocodrilo	2	Exudación	3	Agrietamiento en Bloque	4	Abultamientos y Hundimientos	5	Corrugación	6	Depresión	7	Grieta de Borde	8	Grieta de Reflexión de Junta.	9	Desnivel Carril / Berma	10	Grietas Long. Y Transversal	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>DAÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>11</td><td>Parcheo</td></tr> <tr><td>12</td><td>Pulimento de Agregados</td></tr> <tr><td>13</td><td>Huecos</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cruce de Vía Ferrea</td></tr> <tr><td>15</td><td>Ahuellamiento</td></tr> <tr><td>16</td><td>Desplazamiento</td></tr> <tr><td>17</td><td>Grieta Parabólica</td></tr> <tr><td>18</td><td>Hinchamiento</td></tr> <tr><td>19</td><td>Desprendimiento de Agregados</td></tr> </tbody> </table>					Nº	DAÑO	11	Parcheo	12	Pulimento de Agregados	13	Huecos	14	Cruce de Vía Ferrea	15	Ahuellamiento	16	Desplazamiento	17	Grieta Parabólica	18	Hinchamiento	19	Desprendimiento de Agregados
Nº	DAÑO																																																		
1	Piel de Cocodrilo																																																		
2	Exudación																																																		
3	Agrietamiento en Bloque																																																		
4	Abultamientos y Hundimientos																																																		
5	Corrugación																																																		
6	Depresión																																																		
7	Grieta de Borde																																																		
8	Grieta de Reflexión de Junta.																																																		
9	Desnivel Carril / Berma																																																		
10	Grietas Long. Y Transversal																																																		
Nº	DAÑO																																																		
11	Parcheo																																																		
12	Pulimento de Agregados																																																		
13	Huecos																																																		
14	Cruce de Vía Ferrea																																																		
15	Ahuellamiento																																																		
16	Desplazamiento																																																		
17	Grieta Parabólica																																																		
18	Hinchamiento																																																		
19	Desprendimiento de Agregados																																																		
<b>DAÑO</b>	<b>SEVERIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>					<b>TOTAL</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>VALOR DEDUCIDO</b>																																										
19	M	70.4					70.4	30.62	65.00																																										

Fuente: Elaboración propia

Para encontrar los CDV utilizamos la siguiente formula:

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - 65) = 4.21$$

Nº	VALORES DE DUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	65.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.00	1	66.00

MAX CDV	66
PCI	34
SEVERIDAD	MALO

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
RANGOS	CALIFICACIÓN
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 .. 0	Fallado

**Tabla N° 6:** Patologías encontradas en la unidad de muestra U3.

UNIDAD DE MUESTREO U-3		
19	Desprendimiento de Agregados	30.62
	Pavimento en buen estado	69.38
		100.00

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 3:** Incidencia de las patologías en la muestra 3



Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 7: Hoja de registro de la unidad de muestra U4**

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - PCI																																																			
EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO																																																			
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>					<b>UNIDAD DE MUESTREO</b>			<b>ESQUEMA</b>																																											
KM 5- KM 6 DE CARRETERA MARCAVELICA-IGNACIO ESCUDERO- SULLANA					U-4																																														
<b>INSPECCIONADO POR</b>					<b>AREA DE MUESTREO</b>																																														
JORGE LUIS BULNES GALLARDO					229.95																																														
<b>FECHA</b>					<b>PROG. INICIAL</b>					<b>PROG. FINAL</b>																																									
24/12/2017					0+283.5			0+315																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>DAÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Piel de Cocodrilo</td></tr> <tr><td>2</td><td>Exudación</td></tr> <tr><td>3</td><td>Agrietamiento en Bloque</td></tr> <tr><td>4</td><td>Abultamientos y Hundimientos</td></tr> <tr><td>5</td><td>Corrugación</td></tr> <tr><td>6</td><td>Depresión</td></tr> <tr><td>7</td><td>Grieta de Borde</td></tr> <tr><td>8</td><td>Grieta de Reflexión de Junta.</td></tr> <tr><td>9</td><td>Desnivel Carril / Berma</td></tr> <tr><td>10</td><td>Grietas Long. Y Transversal</td></tr> </tbody> </table>					Nº	DAÑO	1	Piel de Cocodrilo	2	Exudación	3	Agrietamiento en Bloque	4	Abultamientos y Hundimientos	5	Corrugación	6	Depresión	7	Grieta de Borde	8	Grieta de Reflexión de Junta.	9	Desnivel Carril / Berma	10	Grietas Long. Y Transversal	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>DAÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>11</td><td>Parqueo</td></tr> <tr><td>12</td><td>Pulimento de Agregados</td></tr> <tr><td>13</td><td>Huecos</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cruce de Vía Ferrea</td></tr> <tr><td>15</td><td>Ahuellamiento</td></tr> <tr><td>16</td><td>Desplazamiento</td></tr> <tr><td>17</td><td>Grieta Parabólica</td></tr> <tr><td>18</td><td>Hinchamiento</td></tr> <tr><td>19</td><td>Desprendimiento de Agregados</td></tr> </tbody> </table>					Nº	DAÑO	11	Parqueo	12	Pulimento de Agregados	13	Huecos	14	Cruce de Vía Ferrea	15	Ahuellamiento	16	Desplazamiento	17	Grieta Parabólica	18	Hinchamiento	19	Desprendimiento de Agregados
Nº	DAÑO																																																		
1	Piel de Cocodrilo																																																		
2	Exudación																																																		
3	Agrietamiento en Bloque																																																		
4	Abultamientos y Hundimientos																																																		
5	Corrugación																																																		
6	Depresión																																																		
7	Grieta de Borde																																																		
8	Grieta de Reflexión de Junta.																																																		
9	Desnivel Carril / Berma																																																		
10	Grietas Long. Y Transversal																																																		
Nº	DAÑO																																																		
11	Parqueo																																																		
12	Pulimento de Agregados																																																		
13	Huecos																																																		
14	Cruce de Vía Ferrea																																																		
15	Ahuellamiento																																																		
16	Desplazamiento																																																		
17	Grieta Parabólica																																																		
18	Hinchamiento																																																		
19	Desprendimiento de Agregados																																																		
<b>DAÑO</b>	<b>SEVERIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>					<b>TOTAL</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>VALOR DEDUCIDO</b>																																										
19	H	84.96	141.04				226	98.28	57.00																																										

Fuente: Elaboración propia

Para encontrar los CDV utilizamos la siguiente formula:

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - 57) = 4.95$$

Nº	VALORES DE DUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	57.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.00	1	59
2										

MAX CDV	59
PCI	41
SEVERIDAD	REGULAR

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
RANGOS	CALIFICACIÓN
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 .. 0	Fallado

**Tabla N° 8:** Patologías encontradas en la unidad de muestra U4.

UNIDAD DE MUESTREO U-4		
19	Desprendimiento de Agregados	98.28
	Pavimento en buen estado	1.72
		100.00

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 4:** Incidencia de las patologías en la muestra 4



Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 9:** Hoja de registro de la unidad de muestra U5

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - PCI																																																			
EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO																																																			
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>				<b>UNIDAD DE MUESTREO</b>			<b>ESQUEMA</b>																																												
KM 5- KM 6 DE CARRETERA MARCAVELICA-IGNACIO ESCUDERO- SULLANA				U-5																																															
<b>INSPECCIONADO POR</b>				<b>AREA DE MUESTREO</b>																																															
JORGE LUIS BULNES GALLARDO				229.95																																															
<b>FECHA</b>				<b>PROG. INICIAL</b>		<b>PROG. FINAL</b>																																													
24/12/2017				0+378		0+409.5																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>DAÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Piel de Cocodrilo</td></tr> <tr><td>2</td><td>Exudación</td></tr> <tr><td>3</td><td>Agrietamiento en Bloque</td></tr> <tr><td>4</td><td>Abultamientos y Hundimientos</td></tr> <tr><td>5</td><td>Corrugación</td></tr> <tr><td>6</td><td>Depresión</td></tr> <tr><td>7</td><td>Grieta de Borde</td></tr> <tr><td>8</td><td>Grieta de Reflexión de Junta.</td></tr> <tr><td>9</td><td>Desnivel Carril / Berma</td></tr> <tr><td>10</td><td>Grietas Long. Y Transversal</td></tr> </tbody> </table>					Nº	DAÑO	1	Piel de Cocodrilo	2	Exudación	3	Agrietamiento en Bloque	4	Abultamientos y Hundimientos	5	Corrugación	6	Depresión	7	Grieta de Borde	8	Grieta de Reflexión de Junta.	9	Desnivel Carril / Berma	10	Grietas Long. Y Transversal	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>DAÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>11</td><td>Parqueo</td></tr> <tr><td>12</td><td>Pulimento de Agregados</td></tr> <tr><td>13</td><td>Huecos</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cruce de Vía Ferrea</td></tr> <tr><td>15</td><td>Ahuellamiento</td></tr> <tr><td>16</td><td>Desplazamiento</td></tr> <tr><td>17</td><td>Grieta Parabólica</td></tr> <tr><td>18</td><td>Hinchamiento</td></tr> <tr><td>19</td><td>Desprendimiento de Agregados</td></tr> </tbody> </table>					Nº	DAÑO	11	Parqueo	12	Pulimento de Agregados	13	Huecos	14	Cruce de Vía Ferrea	15	Ahuellamiento	16	Desplazamiento	17	Grieta Parabólica	18	Hinchamiento	19	Desprendimiento de Agregados
Nº	DAÑO																																																		
1	Piel de Cocodrilo																																																		
2	Exudación																																																		
3	Agrietamiento en Bloque																																																		
4	Abultamientos y Hundimientos																																																		
5	Corrugación																																																		
6	Depresión																																																		
7	Grieta de Borde																																																		
8	Grieta de Reflexión de Junta.																																																		
9	Desnivel Carril / Berma																																																		
10	Grietas Long. Y Transversal																																																		
Nº	DAÑO																																																		
11	Parqueo																																																		
12	Pulimento de Agregados																																																		
13	Huecos																																																		
14	Cruce de Vía Ferrea																																																		
15	Ahuellamiento																																																		
16	Desplazamiento																																																		
17	Grieta Parabólica																																																		
18	Hinchamiento																																																		
19	Desprendimiento de Agregados																																																		
<b>DAÑO</b>	<b>SEVERIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>				<b>TOTAL</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>VALOR DEDUCIDO</b>																																											
13	M	0.56				0.56	0.24	29.00																																											

Fuente: Elaboración propia

Para encontrar los CDV utilizamos la siguiente formula:

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - 29) = 7.5$$

Nº	VALORES DE DUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	29.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.00	1	34.00	
2										

MAX CDV	34
PCI	66
SEVERIDAD	BUENO

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
RANGOS	CALIFICACIÓN
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 .. 0	Fallado

**Tabla N° 10:** Patologías encontradas en la unidad de muestra U5.

UNIDAD DE MUESTREO U-5		
13	Huecos	0.24
	Pavimento en buen estado	99.76
		100.00

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 5:** Incidencia de las patologías en la muestra 5



Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 11:** Hoja de registro de la unidad de muestra U6

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - PCI									
EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO									
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>				<b>UNIDAD DE MUESTREO</b>			<b>ESQUEMA</b>		
KM 5- KM 6 DE CARRETERA MARCAVELICA-IGNACIO ESCUDERO- SULLANA				U-6					
<b>INSPECCIONADO POR</b>				<b>AREA DE MUESTREO</b>					
JORGE LUIS BULNES GALLARDO				229.95					
<b>FECHA</b>				<b>PROG. INICIAL</b>		<b>PROG. FINAL</b>			
24/12/2017				0+472.5		0+504			
<b>N° DAÑO</b>					<b>N° DAÑO</b>				
1 Piel de Cocodrilo					11 Parcheo				
2 Exudación					12 Pulimento de Agregados				
3 Agrietamiento en Bloque					13 Huecos				
4 Abultamientos y Hundimientos					14 Cruce de Vía Ferrea				
5 Corrugación					15 Ahuellamiento				
6 Depresión					16 Desplazamiento				
7 Grieta de Borde					17 Grieta Parabólica				
8 Grieta de Reflexión de Junta.					18 Hinchamiento				
9 Desnivel Carril / Berma					19 Desprendimiento de Agregados				
10 Grietas Long. Y Transversal									
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
11	M	11					11	4.78	19.00
13	H	0.9					0.9	0.39	41.00

Fuente: Elaboración propia

Para encontrar los CDV utilizamos la siguiente formula:

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - 41) = 6.4$$

N°	VALORES DE DUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	41.00	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.00	2	52
2	41.00	2.00						43.00	1	43
3										

MAX CDV	52
PCI	48
SEVERIDAD	REGULAR

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
RANGOS	CALIFICACIÓN
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 .. 0	Fallado

**Tabla N° 12:** Patologías encontradas en la unidad de muestra U6.

UNIDAD DE MUESTREO U-6		
11	Parqueo	4.78
13	Huecos	0.39
	pavimento en buen estado	94.82
		100.00

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 6:** Incidencia de las patologías en la muestra 6



Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 13:** Hoja de registro de la unidad de muestra U7

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - PCI											
EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO											
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>				<b>UNIDAD DE MUESTREO</b>				<b>ESQUEMA</b>			
KM 5- KM 6 DE CARRETERA MARCAVELICA-IGNACIO ESCUDERO-				U-7							
<b>INSPECCIONADO PO</b>				<b>AREA DE MUESTREO</b>							
JORGE LUIS BULNES GALLARDO				229.95							
<b>FECHA</b>				<b>PROG. INICIAL</b>		<b>PROG. FINAL</b>					
24/12/2017				0+567		0+598.5					
<b>N°</b>			<b>DAÑO</b>			<b>N°</b>			<b>DAÑO</b>		
1			Piel de Cocodrilo			11			Parcheo		
2			Exudación			12			Pulimento de Agregados		
3			Agrietamiento en Bloque			13			Huecos		
4			Abultamientos y Hundimientos			14			Cruce de Vía Ferrea		
5			Corrugación			15			Ahuellamiento		
6			Depresión			16			Desplazamiento		
7			Grieta de Borde			17			Grieta Parabólica		
8			Grieta de Reflexión de Junta.			18			Hinchamiento		
9			Desnivel Carril / Berma			19			Desprendimiento de Agregados		
10			Grietas Long. Y Transversal								
<b>DAÑO</b>	<b>SEVERIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>						<b>TOTAL</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>VALOR DEDUCIDO</b>	
13	H	0.71					0.71	0.31	33.00		

Fuente: Elaboración propia

Para encontrar los CDV utilizamos la siguiente formula:

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - 33) = 7.2$$

N°	VALORES DE DUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	33.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.00	1	34

MAX CDV	34
PCI	66
SEVERIDAD	BUENO

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
RANGOS	CALIFICACIÓN
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 .. 0	Fallado

**Tabla N° 14:** Patologías encontradas en la unidad de muestra U7.

UNIDAD DE MUESTREO U-7		
19	Desprendimiento de Agregados	0.31
	Pavimento en buen estado	99.69
		100.00

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 7:** Incidencia de las patologías en la muestra 7



Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 15:** Hoja de registro de la unidad de muestra U8

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - PCI																																																	
EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO																																																	
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>				<b>UNIDAD DE MUESTREO</b>				<b>ESQUEMA</b>																																									
KM 5- KM 6 DE CARRETERA MARCAVELICA-IGNACIO ESCUDERO-				U-8																																													
<b>INSPECCIONADO PO</b>				<b>AREA DE MUESTREO</b>																																													
JORGE LUIS BULNES GALLARDO				229.95																																													
<b>FECHA</b>				<b>PROG INICIAL</b>		<b>PROG. FINAL</b>																																											
24/12/2017				0+661.5		0+693																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>DAÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Piel de Cocodrilo</td></tr> <tr><td>2</td><td>Exudación</td></tr> <tr><td>3</td><td>Agrietamiento en Bloque</td></tr> <tr><td>4</td><td>Abultamientos y Hundimientos</td></tr> <tr><td>5</td><td>Corrugación</td></tr> <tr><td>6</td><td>Depresión</td></tr> <tr><td>7</td><td>Grieta de Borde</td></tr> <tr><td>8</td><td>Grieta de Reflexión de Junta.</td></tr> <tr><td>9</td><td>Desnivel Carril / Berma</td></tr> <tr><td>10</td><td>Grietas Long. Y Transversal</td></tr> </tbody> </table>				N°	DAÑO	1	Piel de Cocodrilo	2	Exudación	3	Agrietamiento en Bloque	4	Abultamientos y Hundimientos	5	Corrugación	6	Depresión	7	Grieta de Borde	8	Grieta de Reflexión de Junta.	9	Desnivel Carril / Berma	10	Grietas Long. Y Transversal	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>DAÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>11</td><td>Parqueo</td></tr> <tr><td>12</td><td>Pulimento de Agregados</td></tr> <tr><td>13</td><td>Huecos</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cruce de Vía Ferrea</td></tr> <tr><td>15</td><td>Ahuellamiento</td></tr> <tr><td>16</td><td>Desplazamiento</td></tr> <tr><td>17</td><td>Grieta Parabólica</td></tr> <tr><td>18</td><td>Hinchamiento</td></tr> <tr><td>19</td><td>Desprendimiento de Agregados</td></tr> </tbody> </table>				N°	DAÑO	11	Parqueo	12	Pulimento de Agregados	13	Huecos	14	Cruce de Vía Ferrea	15	Ahuellamiento	16	Desplazamiento	17	Grieta Parabólica	18	Hinchamiento	19	Desprendimiento de Agregados
N°	DAÑO																																																
1	Piel de Cocodrilo																																																
2	Exudación																																																
3	Agrietamiento en Bloque																																																
4	Abultamientos y Hundimientos																																																
5	Corrugación																																																
6	Depresión																																																
7	Grieta de Borde																																																
8	Grieta de Reflexión de Junta.																																																
9	Desnivel Carril / Berma																																																
10	Grietas Long. Y Transversal																																																
N°	DAÑO																																																
11	Parqueo																																																
12	Pulimento de Agregados																																																
13	Huecos																																																
14	Cruce de Vía Ferrea																																																
15	Ahuellamiento																																																
16	Desplazamiento																																																
17	Grieta Parabólica																																																
18	Hinchamiento																																																
19	Desprendimiento de Agregados																																																
<b>DAÑO</b>	<b>SEVERIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>					<b>TOTAL</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>VALOR DEDUCIDO</b>																																								
11	L	5					5	2.17	2.10																																								
13	L	1.43					1.43	0.62	66.00																																								

Fuente: Elaboración propia

Para encontrar los CDV utilizamos la siguiente formula:

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - 66) = 4.1$$

N°	VALORES DE DUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	66.00	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.10	2	52.00
2	66.00	2.00	0.00					68.00	1	65.00

MAX CDV	65
PCI	35
SEVERIDAD	MALO

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
RANGOS	CALIFICACIÓN
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 .. 0	Fallado

**Tabla N° 16:** Patologías encontradas en la unidad de muestra U8.

UNIDAD DE MUESTREO U-8		
11	Parqueo	2.17
13	Huecos	0.62
	Pavimento en buen estado	97.20
		100.00

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 8:** Incidencia de las patologías en la muestra 8



Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 17:** Hoja de registro de la unidad de muestra U9

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - PCI										
EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO										
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>				<b>UNIDAD DE MUESTREO</b>				<b>ESQUEMA</b>		
KM 5- KM 6 DE CARRETERA MARCAVELICA-IGNACIO ESCUDERO-				U-9						
<b>INSPECCIONADO PO</b>				<b>AREA DE MUESTREO</b>						
JORGE LUIS BULNES GALLARDO				229.95						
<b>FECHA</b>				<b>PROG. FINAL</b>						
24/12/2017		<b>PROG. INICIAL</b>		0+756		<b>PROG. FINAL</b>		0+787.5		
<b>N°</b>	<b>DAÑO</b>							<b>N°</b>	<b>DAÑO</b>	
1	Piel de Cocodrilo							11	Parcheo	
2	Exudación							12	Pulimento de Agregados	
3	Agrietamiento en Bloque							13	Huecos	
4	Abultamientos y Hundimientos							14	Cruce de Vía Ferrea	
5	Corrugación							15	Ahuellamiento	
6	Depresión							16	Desplazamiento	
7	Grieta de Borde							17	Grieta Parabólica	
8	Grieta de Reflexión de Junta.							18	Hinchamiento	
9	Desnivel Carril / Berma							19	Desprendimiento de Agregados	
10	Grietas Long. Y Transversal									
<b>DAÑO</b>	<b>SEVERIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>						<b>TOTAL</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>VALOR DEDUCIDO</b>
10	L	9					9	3.91	2.00	
13	L	0.14					0.14	0.06	6.00	
19	L	10.5	29.5				40	17.40	27.00	

Para encontrar los CDV utilizamos la siguiente formula:

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - 27) = 7.7$$

N°	VALORES DE DUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	27.00	6.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.00	3	23
2	27.00	6.00	2.00					35.00	2	27
3	27.00	2.00	2.00					31.00	1	32

Fuente: Elaboración propia

MAX CDV	32
PCI	68
SEVERIDAD	BUENO

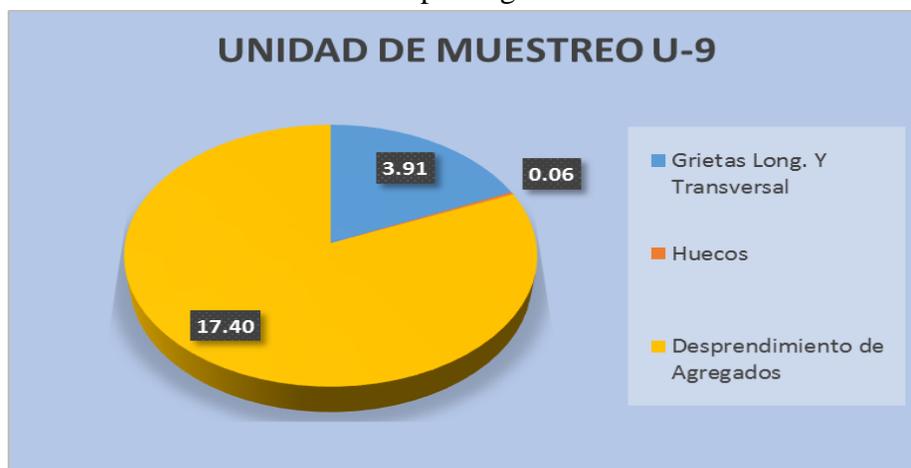
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
RANGOS	CALIFICACIÓN
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 .. 0	Fallado

**Tabla N° 18:** Patologías encontradas en la unidad de muestra U9.

UNIDAD DE MUESTREO U-9		
10	Grietas Long. Y Transversal	3.91
13	Huecos	0.06
19	Desprendimiento de Agregados	17.40
	Pavimento en buen estado	78.63
		100.00

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 9:** Incidencia de las patologías en la muestra 9



Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 19:** Hoja de registro de la unidad de muestra U10

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - PCI											
EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO											
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>				<b>UNIDAD DE MUESTREO</b>				<b>ESQUEMA</b>			
KM 5- KM 6 DE CARRETERA MARCAVELICA-IGNACIO ESCUDERO-				U-10							
<b>INSPECCIONADO PO</b>				<b>AREA DE MUESTREO</b>							
JORGE LUIS BULNES GALLARDO				229.95							
<b>FECHA</b>				<b>PROG INICIAL</b>		<b>PROG. FINAL</b>					
24/12/2017				0+850.5		0+882					
<b>N°</b>			<b>DAÑO</b>			<b>N°</b>			<b>DAÑO</b>		
1			Piel de Cocodrilo			11			Parcheo		
2			Exudación			12			Pulimento de Agregados		
3			Agrietamiento en Bloque			13			Huecos		
4			Abultamientos y Hundimientos			14			Cruce de Vía Ferrea		
5			Corrugación			15			Ahuellamiento		
6			Depresión			16			Desplazamiento		
7			Grieta de Borde			17			Grieta Parabólica		
8			Grieta de Reflexión de Junta.			18			Hincharamiento		
9			Desnivel Carril / Berma			19			Desprendimiento de Agregados		
10			Grietas Long. Y Transversal								
<b>DAÑO</b>	<b>SEVERIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>					<b>TOTAL</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>VALOR DEDUCIDO</b>		
13	M	0.27					0.27	0.12	5.00		
19	H	147	64				211	91.76	98.00		

Para encontrar los CDV utilizamos la siguiente formula:

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - 98) = 1.2$$

N°	VALORES DE DUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	98.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	103.00	2	75
2	98.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00		100.00	1	98

Fuente: Elaboración propia

MAX CDV	98
PCI	2
SEVERIDAD	FALLADO

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
RANGOS	CALIFICACIÓN
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 .. 0	Fallado

**Tabla N° 20:** Patologías encontradas en la unidad de muestra U10.

UNIDAD DE MUESTREO U-10		
13	Huecos	0.12
19	Desprendimiento de Agregados	91.76
	Pavimento en buen estado	8.12
		100.00

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 10:** Incidencia de las patologías en la muestra 10



Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 21:** Hoja de registro de la unidad de muestra U11

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - PCI																																																			
EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO																																																			
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>				<b>UNIDAD DE MUESTREO</b>				<b>ESQUEMA</b>																																											
KM 5- KM 6 DE CARRETERA MARCAVELICA-IGNACIO ESCUDERO-				U-11																																															
<b>INSPECCIONADO PO</b>				<b>AREA DE MUESTREO</b>																																															
JORGE LUIS BULNES GALLARDO				229.95																																															
<b>FECHA</b>				<b>PROG. FINAL</b>																																															
24/12/2017		<b>PROG. INICIAL</b>		1+945		<b>PROG. FINAL</b>		1+976.5																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>DAÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Piel de Cocodrilo</td></tr> <tr><td>2</td><td>Exudación</td></tr> <tr><td>3</td><td>Agrietamiento en Bloque</td></tr> <tr><td>4</td><td>Abultamientos y Hundimientos</td></tr> <tr><td>5</td><td>Corrugación</td></tr> <tr><td>6</td><td>Depresión</td></tr> <tr><td>7</td><td>Grieta de Borde</td></tr> <tr><td>8</td><td>Grieta de Reflexión de Junta.</td></tr> <tr><td>9</td><td>Desnivel Carril / Berma</td></tr> <tr><td>10</td><td>Grietas Long. Y Transversal</td></tr> </tbody> </table>					Nº	DAÑO	1	Piel de Cocodrilo	2	Exudación	3	Agrietamiento en Bloque	4	Abultamientos y Hundimientos	5	Corrugación	6	Depresión	7	Grieta de Borde	8	Grieta de Reflexión de Junta.	9	Desnivel Carril / Berma	10	Grietas Long. Y Transversal	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>DAÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>11</td><td>Parcheo</td></tr> <tr><td>12</td><td>Pulimento de Agregados</td></tr> <tr><td>13</td><td>Huecos</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cruce de Vía Ferrea</td></tr> <tr><td>15</td><td>Ahuellamiento</td></tr> <tr><td>16</td><td>Desplazamiento</td></tr> <tr><td>17</td><td>Grieta Parabólica</td></tr> <tr><td>18</td><td>Hinchamiento</td></tr> <tr><td>19</td><td>Desprendimiento de Agregados</td></tr> </tbody> </table>					Nº	DAÑO	11	Parcheo	12	Pulimento de Agregados	13	Huecos	14	Cruce de Vía Ferrea	15	Ahuellamiento	16	Desplazamiento	17	Grieta Parabólica	18	Hinchamiento	19	Desprendimiento de Agregados
Nº	DAÑO																																																		
1	Piel de Cocodrilo																																																		
2	Exudación																																																		
3	Agrietamiento en Bloque																																																		
4	Abultamientos y Hundimientos																																																		
5	Corrugación																																																		
6	Depresión																																																		
7	Grieta de Borde																																																		
8	Grieta de Reflexión de Junta.																																																		
9	Desnivel Carril / Berma																																																		
10	Grietas Long. Y Transversal																																																		
Nº	DAÑO																																																		
11	Parcheo																																																		
12	Pulimento de Agregados																																																		
13	Huecos																																																		
14	Cruce de Vía Ferrea																																																		
15	Ahuellamiento																																																		
16	Desplazamiento																																																		
17	Grieta Parabólica																																																		
18	Hinchamiento																																																		
19	Desprendimiento de Agregados																																																		
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO																																										
19	H	94	80				174	75.67	93.00																																										
13	M	0.41	0.26				0.67	0.29	11.00																																										

Para encontrar los CDV utilizamos la siguiente formula:

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - 93) = 1.6$$

Nº	VALORES DE DUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	93.00	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	104.00	2	96.00
2	93.00	2.00						95.00	1	94.00

Fuente: Elaboración propia

MAX CDV	96
PCI	4
SEVERIDAD	FALLADO

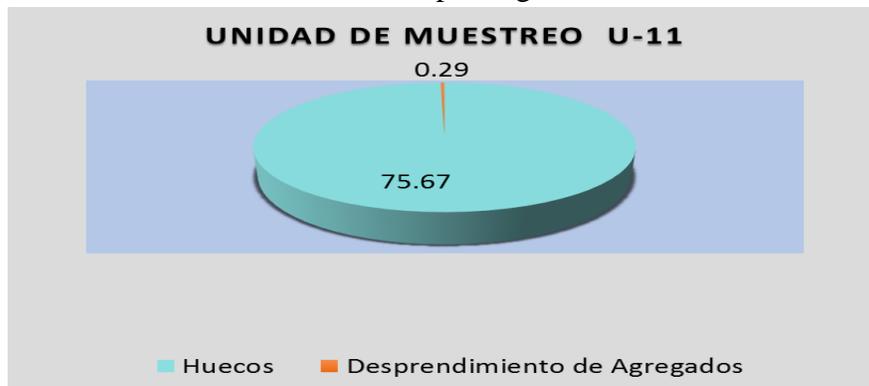
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
RANGOS	CALIFICACIÓN
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 .. 0	Fallado

**Tabla N° 22:** Patologías encontradas en la unidad de muestra U11.

UNIDAD DE MUESTREO U-11		
13	Huecos	75.67
19	Desprendimiento de Agregados	0.29
	Pavimento en buen estado	24.04
		100.00

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 11:** Incidencia de las patologías en la muestra 11



Fuente: Elaboración propia

## **5.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **Unidad de muestra U1**

Esta unidad presenta las siguientes fallas:

- Las patologías encontradas según el índice de condición fueron: Abultamiento y hundimiento, grietas longitudinales y transversales, huecos y desprendimiento de agregados.

### **Unidad de muestra U2**

Esta unidad presenta las siguientes fallas:

- Las patologías encontradas según el índice de condición fueron: Abultamiento y hundimiento y desprendimiento de agregados.

### **Unidad de muestra U3**

Se pudo apreciar las siguientes fallas:

- La patología encontrada según el índice de condición fue: desprendimiento de agregados.

### **Unidad de muestra U4**

Aquí encontramos la siguiente patología:

- La patología encontrada según el índice de condición fue: desprendimiento de agregados.

### **Unidad de muestra U5**

Podemos apreciar la siguiente patología:

- La patología encontrada según el índice de condición fue: Huecos

### **Unidad de muestra U6**

Se manifestaron las siguientes patologías:

- Las patologías encontradas según el índice de condición fueron: Parches y Huecos

### **Unidad de muestra U7**

Obtuvimos la siguiente patología:

- La patología encontrada según el índice de condición fue: huecos.

### **Unidad de muestra U8**

Alcanzamos las siguientes patologías:

- Las patologías encontradas según el índice de condición fueron: parcheo y huecos.

### **Unidad de muestra U9**

Nos muestra las siguientes patologías:

- Las patologías encontradas según el índice de condición fueron: grietas longitudinales y transversales, desprendimiento de agregados y huecos.

### **Unidad de muestra U10**

Apreciamos las siguientes fallas:

- Las patologías encontradas según el índice de condición fueron: huecos y desprendimiento de agregados.

### **Unidad de muestra U11**

- Las patologías encontradas según el índice de condición fueron: huecos y desprendimiento de agregados.

- **Tabla N° 23:** Patologías encontradas en las unidades de muestra

N°	PATOLOGÍAS	UNIDADES DE MUESTRA											TOTAL	%
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11		
4	Abultamientos y Hundimientos	1.87	2.61										4.48	0.41
10	Grietas long. Y Transversal	3.48								3.91			7.39	0.67
11	Parcheo						4.78						4.78	0.43
13	Huecos	0.27				0.24	0.39	0.31	0.62	0.06	0.12	75.67	77.68	7.06
19	Desprendimiento de Agregados	87.02	53.88	30.62	98.28					17.40	91.76	0.29	379.25	34.48

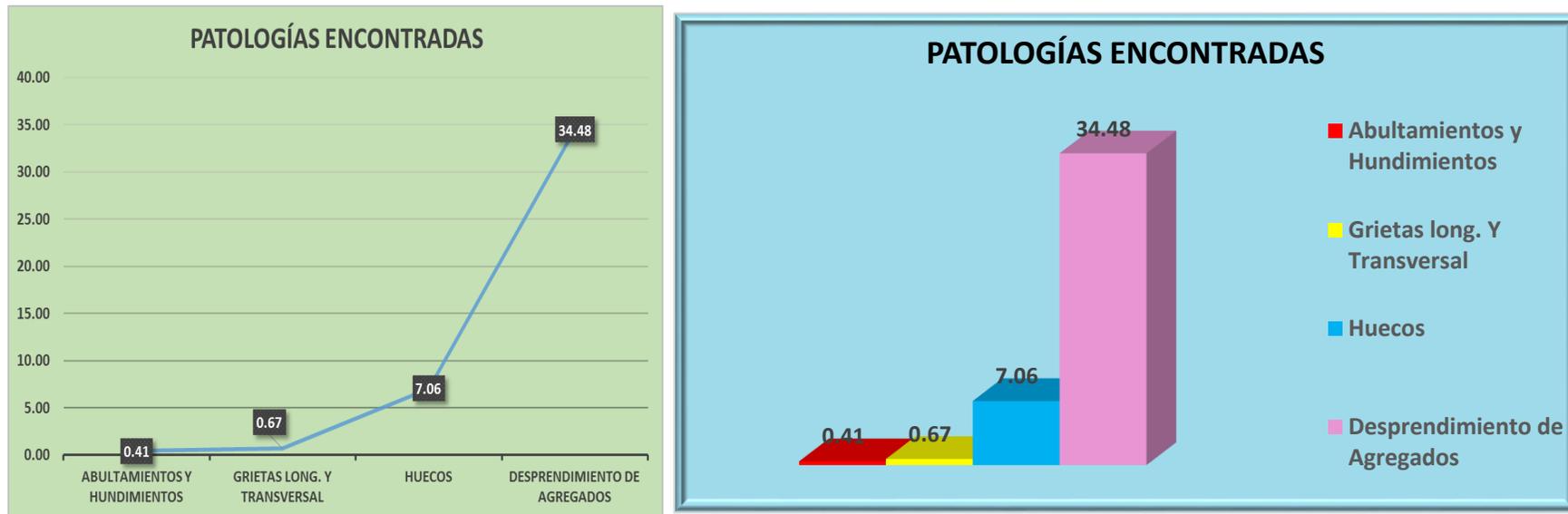
Fuente: elaboración propia

La Tabla N°23 muestra el total de patologías encontradas en las 11 muestras estudiadas.

El porcentaje es obtenido a través del total de la densidad de cada patología entre la cantidad de muestras

$$\frac{4.48}{11} = 0.41$$

**Gráfico N° 12:** Incidencia de las patologías del tramo Km5- Km6 de la Carretera Marcavelica-Ignacio Escudero



Fuente: Elaboración propia

### Interpretación:

En el grafico N°12 se observa los tipos de patologías que existen en el tramo Km5-Km6 de la carretera Marcavelica-Ignacio Escudero, donde el 34.48% son desprendimiento de agregados, el 7.06% son huecos, el 0.67% son grietas longitudinales y transversales y el 0.41% son abultamiento y hundimiento.

**Tabla N° 24:** Clasificaciones de las patologías según su condición

<b>Clasificaciones</b>	<b>Número de veces</b>	<b>%</b>
Bueno	3	27
Regular	3	27
Malo	3	27
Fallado	2	19
Total	11	100

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 13:** Calificación de la condición del pavimento Km5-Km6 de la carretera Marcavelica-Ignacio Escudero



Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:**

En la gráfica N°13 se observa las clasificaciones del cálculo del PCI en donde el estado del 27% es regular, un 27% es bueno, un 27% es malo y por último el 19% esta fallado.

**Tabla N° 25:** Promedio del PCI

UNIDAD DE MUESTREO	LONGITUD	AREA	PCI ENCONTRADO	CLASIFICACIÓN
U-1	31.5	229.95	34.00	MALO
U-2	31.5	229.95	48.00	REGULAR
U-3	31.5	229.95	34.00	MALO
U-4	31.5	229.95	41.00	REGULAR
U-5	31.5	229.95	66.00	BUENO
U-6	31.5	229.95	48.00	REGULAR
U-7	31.5	229.95	66.00	BUENO
U-8	31.5	229.95	35.00	MALO
U-9	31.5	229.95	68.00	BUENO
U-10	31.5	229.95	2.00	FALLADO
U-11	31.5	229.95	4.00	FALLADO
		PROMEDIO DEL PCI	40.55	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:**

En la tabla N° 25 se puede apreciar las 11 muestras estudiadas y su clasificación en donde se obtiene un PCI promedio igual a 40.55 y es clasificado como regular.

## **VI. CONCLUSIONES**

De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye

1. Las patologías encontradas en esta tesis de investigación son: el 34.48% desprendimiento de agregados, el 7.06% huecos, el 0.67% grietas longitudinales y transversales y el 0.41% abultamiento y hundimiento.
2. La patología predominante es la patología de desprendimiento de agregados con 34.48%.
3. El área estudiada presenta un PCI promedio igual a 40.55, siendo este regular.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Dado que el PCI es regular y el desprendimiento de agregados es la patología más frecuente se recomienda:

- Granulometrías continuas, que logren componer una mezcla asfáltica densa, la cual pueda mitigar los efectos de roderas en las capas de pavimento asfáltico. Estos concretos asfálticos al momento de su colocación deben de ser adecuadamente compactados y se debe diseñar con un bajo porcentaje de vacíos, para aumentar los puntos de contacto entre las partículas que componen la mezcla asfáltica y disminuir la propensión a que la mezcla se densifique por causas de sollicitación de tráfico.

- Las mezclas asfálticas se deben hacer con agregados angulares obtenidos principalmente de trituración, para hacer que la mezcla asfáltica sea más estable que las hechas con materiales de canto rodado.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

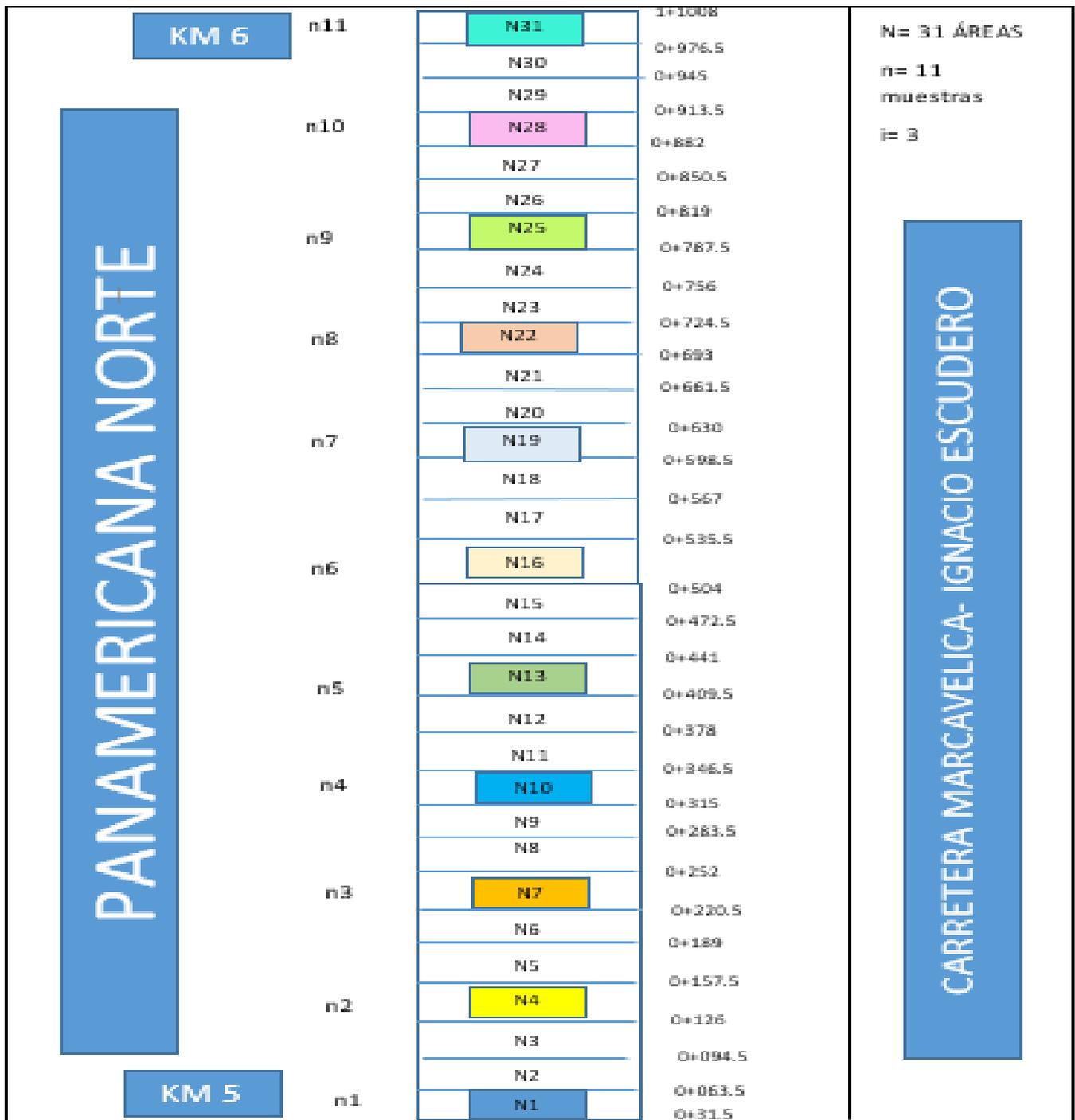
1. Osorio, D. Evaluación de la estructura del pavimento aplicando el método PCI, en el tramo Redomala Piña - Distribuidor de matanzas Puerto Ordaz Estado Bolívar. [Tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil]. Venezuela; 2014
2. Duque, C. Estudio de la Patología presente en el Pavimento Rígido del Segmento de Vía de la Carrera 14 entre calles 15 y 20 en el Municipio de Granada Departamento del Meta. [Tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil]. Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada; 2010.
3. Nauña, W. Modelo de Evaluación y Mantenimiento para la Rehabilitación de la Capa de Rodadura de la Vía Pelileo- Baños. [Tesis para la obtención de magister en vía terrestre].Ambato- Ecuador (2012).
4. Leguía y Pacheco. 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 la obtención del título de Ingeniero Civil]. Lima- Perú (2016).
5. Humpiri, k. Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de puno. [Tesis para la obtención del grado académico de magister en Ingeniería Civil]. Juliaca-Perú (2015).
6. Rodríguez, E. Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla. [Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil]. Piura; 2009.

7. Vargas, F. Determinación y evaluación de las patologías del concreto en las veredas de la urbanización José Lishner Tudela primera etapa- distrito de Tumbes, la provincia de Tumbes, departamento de Tumbes. [Tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil]. Ancash, Perú; 2012.
8. León, G. Determinación y evaluación de las patologías del concreto para obtener el índice de integridad estructural del pavimento y condición operacional de la superficie de las veredas del AA.HH. Alto Perú - Distrito de Chimbote, Provincia del Santa, departamento de Ancash, julio – 2013. [Tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil]. Chimbote; 2013.
9. Chang, C. Evaluación, diseño, construcción, gestión: pavimentos, un enfoque al futuro. Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima, Perú. (2005).
10. Mora, S. Pavimentos de concreto hidráulico. Lima 2008
11. Vivar, G. (1995). Diseño y construcción de pavimentos. 2da Edición. Perú: Colegio de Ingenieros del Perú.
12. Montejo, A. Pavimentos, constitución y conceptos generales. Bogotá; 2002.
13. Menéndez, J. Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas – Manual técnico, Lima – Perú. (2003).
14. Blas, J. Patologías y reparación de estructuras. Chimbote- Perú (2012).

15. Montejo, F. "Ingeniería de Pavimentos: Evaluación y nuevas tecnologías". 3° edición. Bogotá, Tomo I; 2006.
16. Rivera, C. Patologías en pavimentos flexibles.
17. De Solminihac, H. "Gestión de infraestructura vial". 3° edición. Alfaomega. Colombia; 2000
18. AASHTO. "AASHTO Guide for Design of Pavement Structures", American Association of State Highways and Transportation Officials, Washington D.C; 1993.
19. Espinoza, T. Determinación y evaluación del nivel de incidencia de las patologías del concreto en los pavimentos rígidos de la provincia de Huancabamba, Departamento de Piura. [Tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil]. Piura; 2010.
20. Álvarez, J. y Londoño, C. "Manual Para Diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de transito". Colombia, Invías; 1997.
21. Gutiérrez, W. Índice de Condición del Pavimento. Método de Evaluación de Pavimentos Asfálticos. Conferencia. (1994)
22. Shahin, M. "Pavement Management for Aiports Roads anad Parkink Lots". Springer Science + Bussiness Media. LL C. Segunda edición; 2005.

## ANEXOS

### ANEXO 1. NUMERO DE MUESTRAS SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO



**Fuente:** Elaboración propia

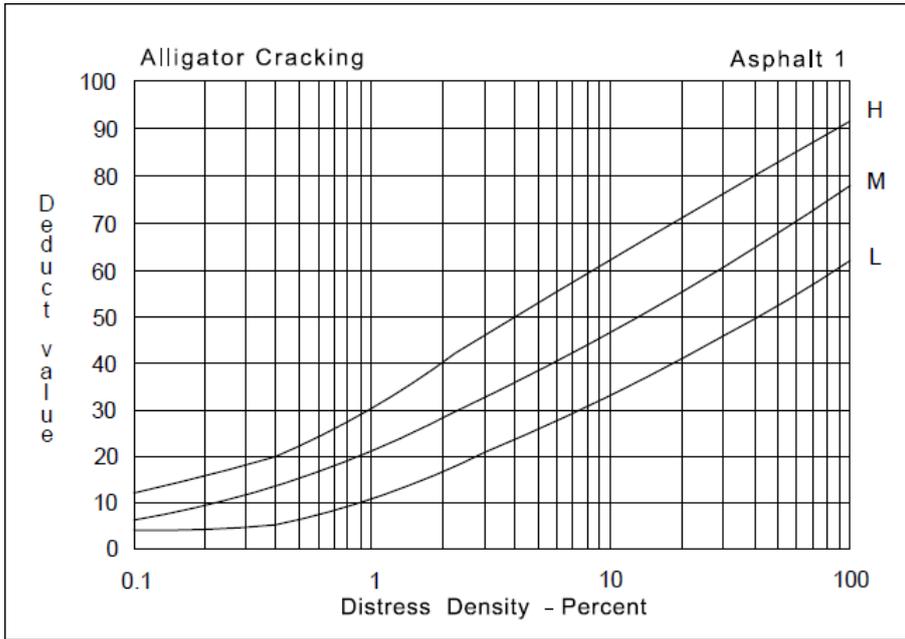
**ANEXO 2: HOJA DE REGISTRO**

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - PCI							
EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO							
NOMBRE DE LA VIA					ESQUEMA		
INSPECCIONADO POR							
FECHA							
SECCION							
UNIDAD DE MUESTREO							
AREA DE MUESTREO							
Nº	DAÑO	Nº	DAÑO				
1	Piel de Cocodrilo	11	Parqueo				
2	Exudación	12	Pulimento de Agregados				
3	Agrietamiento en Bloque	13	Huecos				
4	Abultamientos y Hundimientos	14	Cruce de Vía Férrea				
5	Corrugación	15	Ahuellamiento				
6	Depresión	16	Desplazamiento				
7	Grieta de Borde	17	Grieta Parabólica				
8	Grieta de Reflexión de Junta.	18	Hinchamiento				
9	Desnivel Carril / Berma	19	Desprendimiento de Agregado				
10	Grietas Long. Y Transversal						
FALLA	PATOLOGIA	SEVERIDAD	LARGO	ANCHO	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO

MAX CDV	
PCI	
SEVERIDAD	

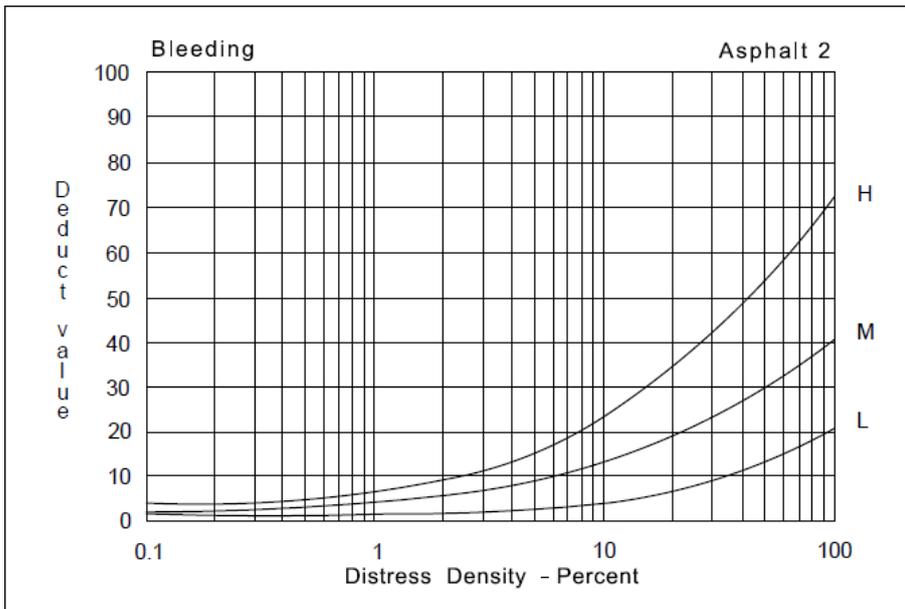
Nº	VALOR DEDUCIDO					TOTAL	q	CVR
1								
2								
3								
4								
5								

**ANEXO N° 03:** Curva de valor reducido para Piel de cocodrilo



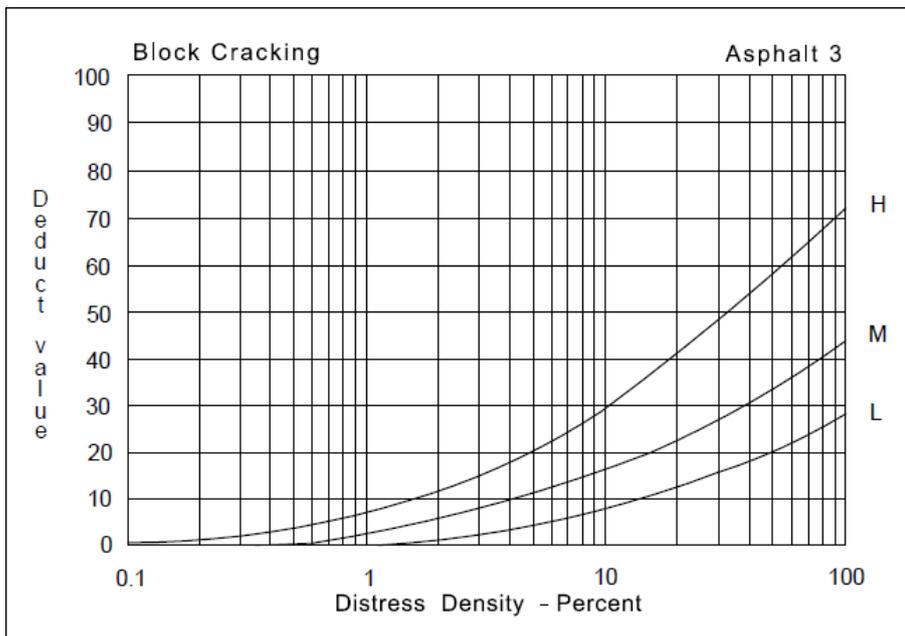
**Fuente:** Rabanal J (2014)

**ANEXO N° 04:** Curva de valor reducido para Exudación



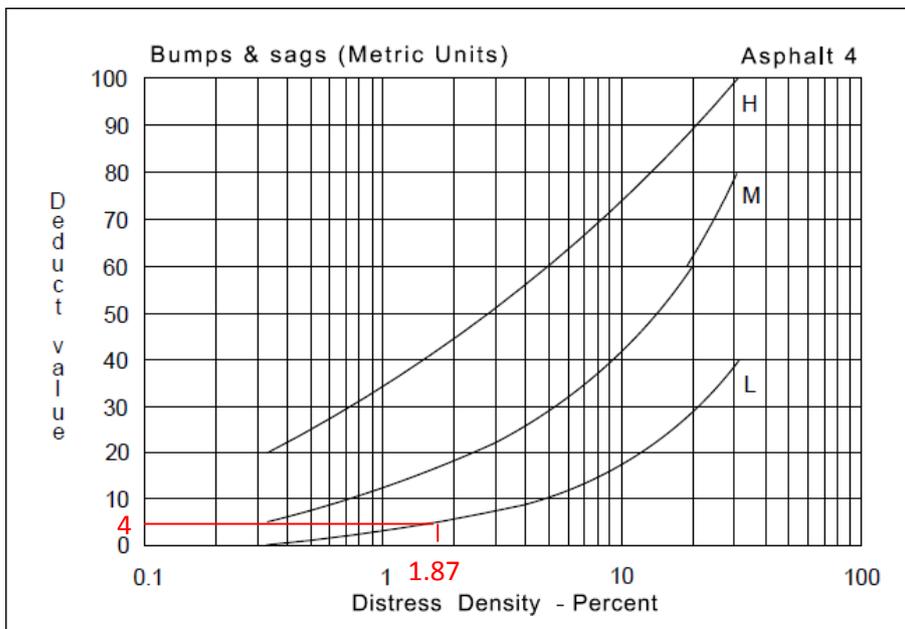
**Fuente:** Rabanal J (2014)

**ANEXO N° 05:** Curva de valor reducido para Agrietamiento en bloque



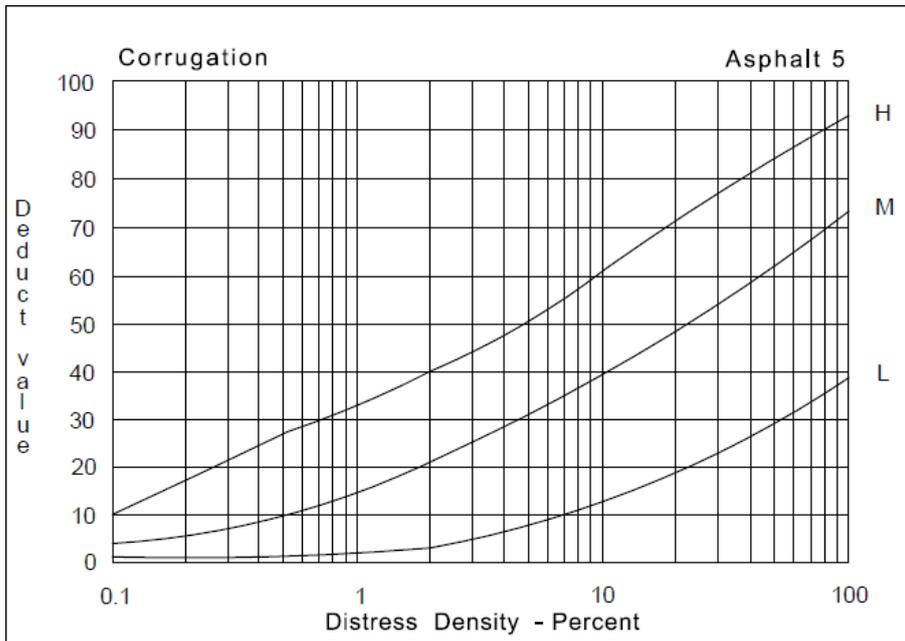
**Fuente:** Rabanal J (2014)

**ANEXO N° 06:** Curva de valor reducido para Abultamiento y Hundimiento



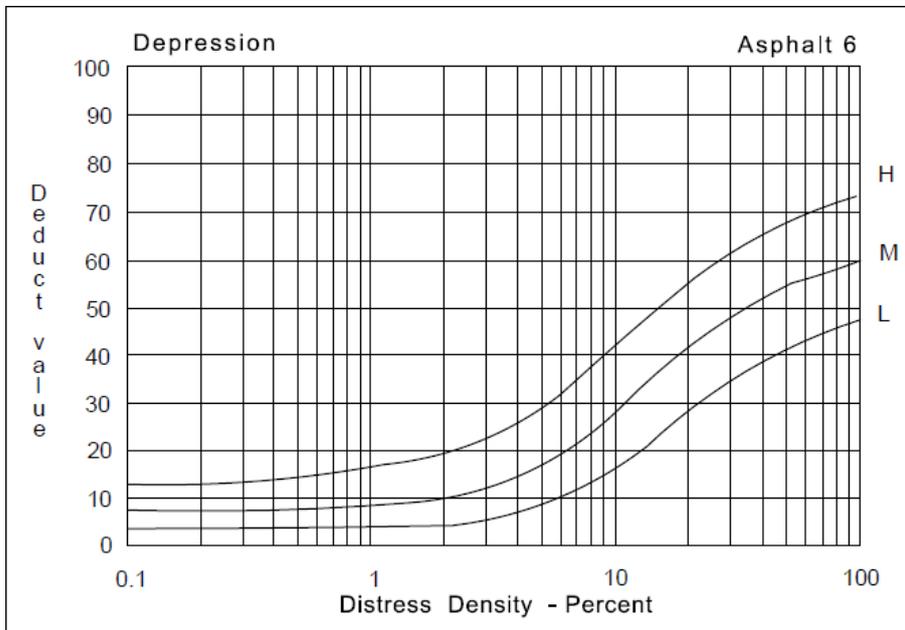
**Fuente:** Rodríguez E (2009)

**ANEXO N° 07: Curva de valor reducido para Corrugación**



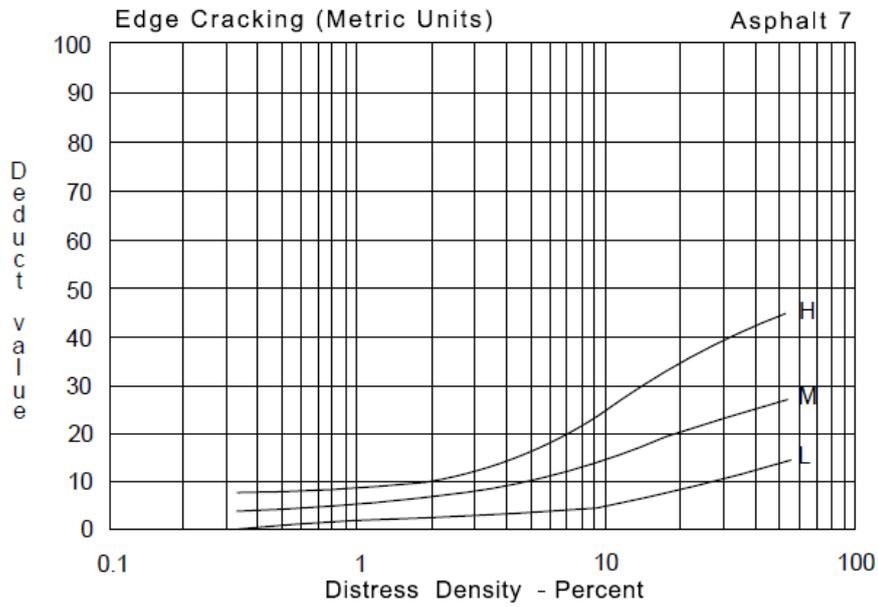
**Fuente:** Rabanal J (2014)

**ANEXO N° 08: Curva de valor reducido para Depresión**



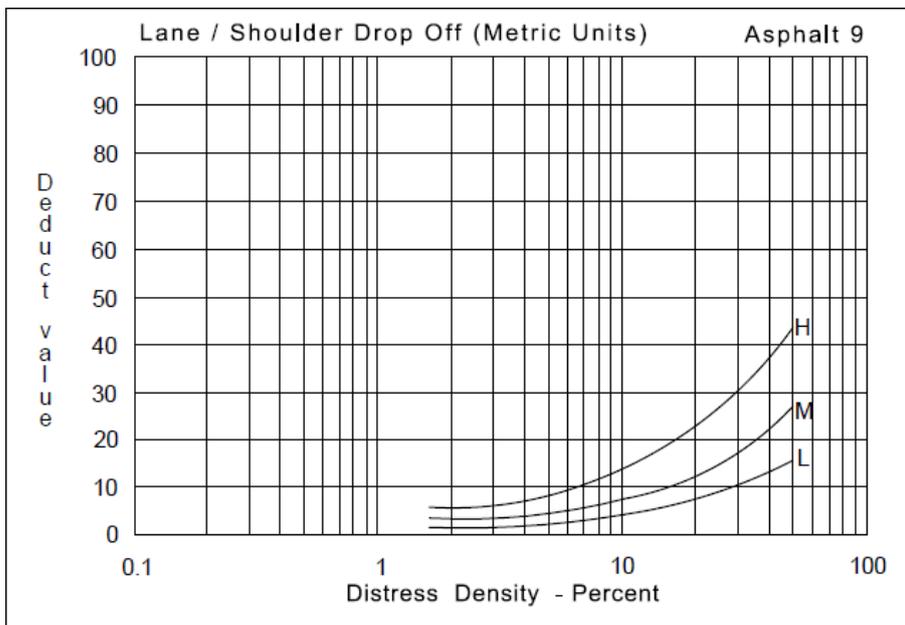
**Fuente:** Rodríguez E (2009)

**ANEXO N° 09:** Curva de valor reducido para Grietas de borde



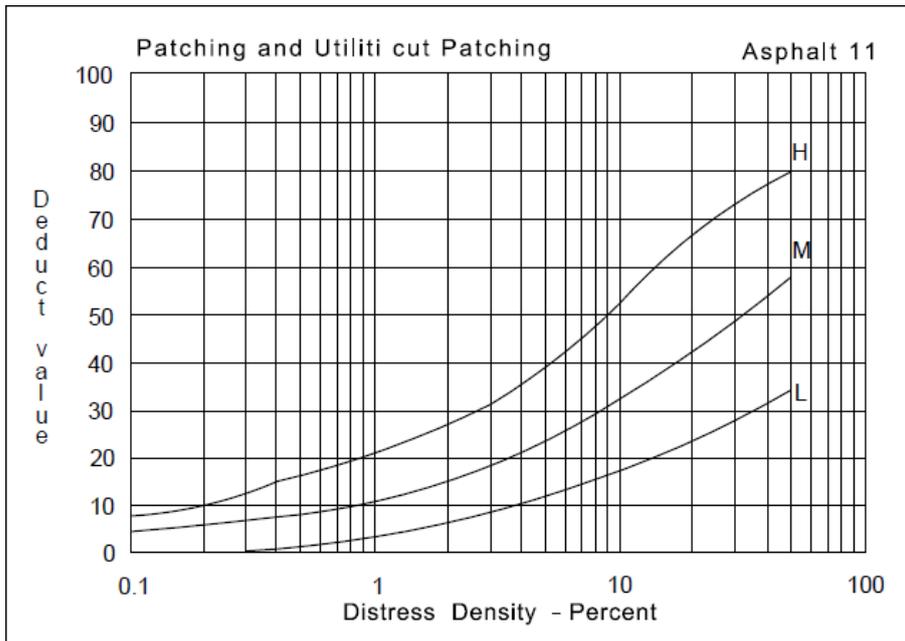
**Fuente:** Rabanal J (2014)

**ANEXO N° 10:** Curva de valor reducido para Desnivel carril-berma



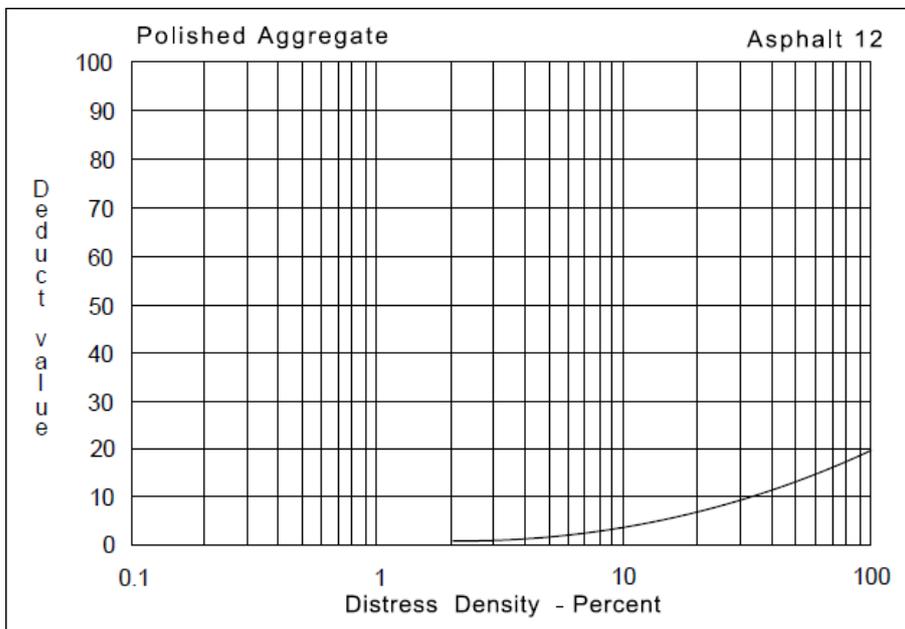
**Fuente:** Rodríguez E (2009)

**ANEXO N° 11: Curva de valor reducido para parcheo**



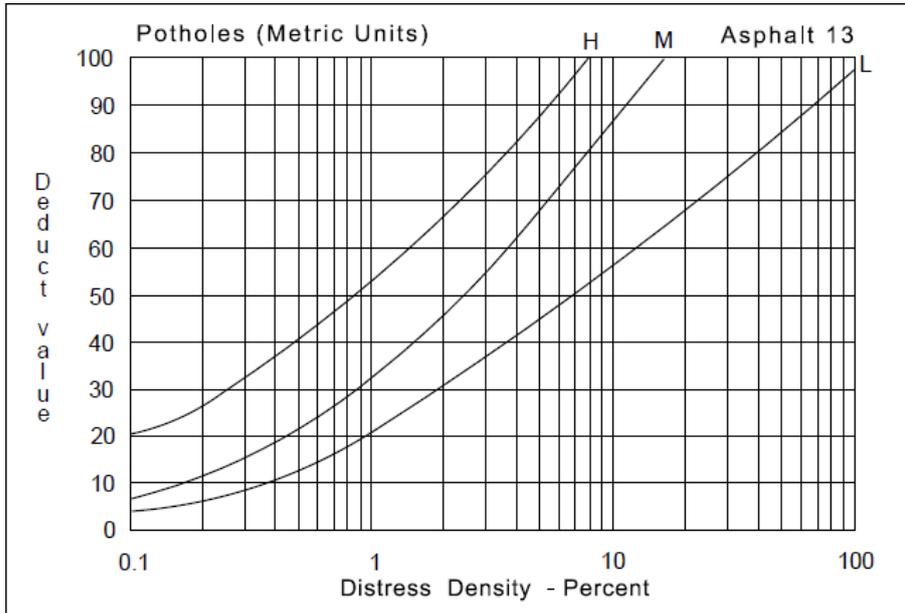
**Fuente:** Rabanal J (2014)

**ANEXO N° 12: Curva de valor reducido para Pulimento de agregados**



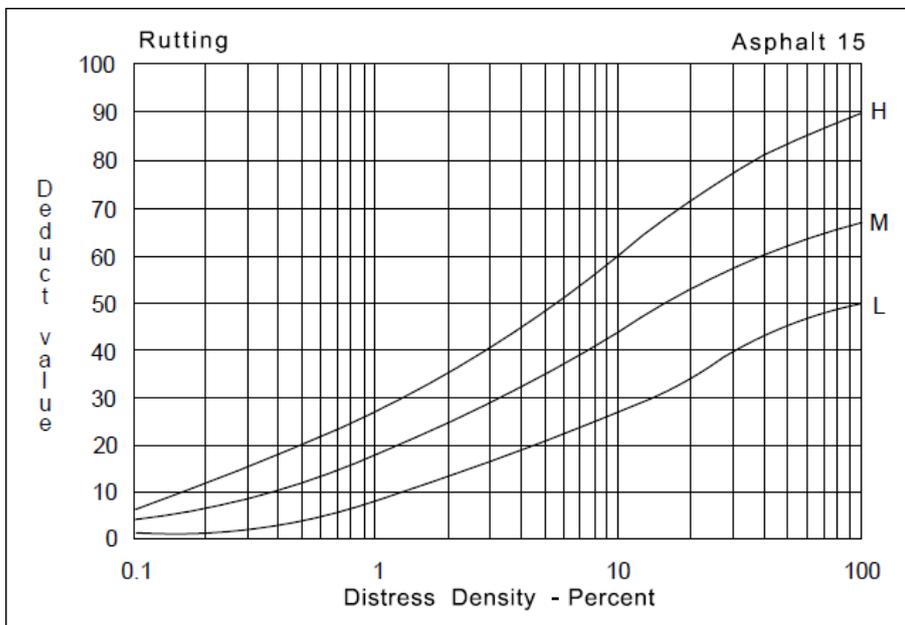
**Fuente:** Rodríguez E (2009)

**ANEXO N° 13: Curva de valor reducido para Huecos**



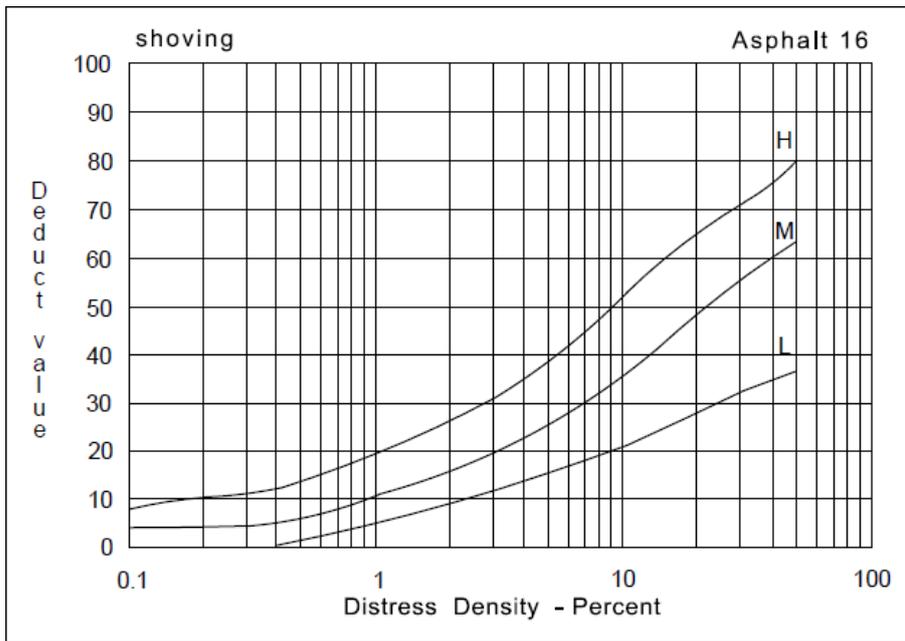
**Fuente:** Rabanal J (2014)

**ANEXO N° 14: Curva de valor reducido para Ahuellamiento**



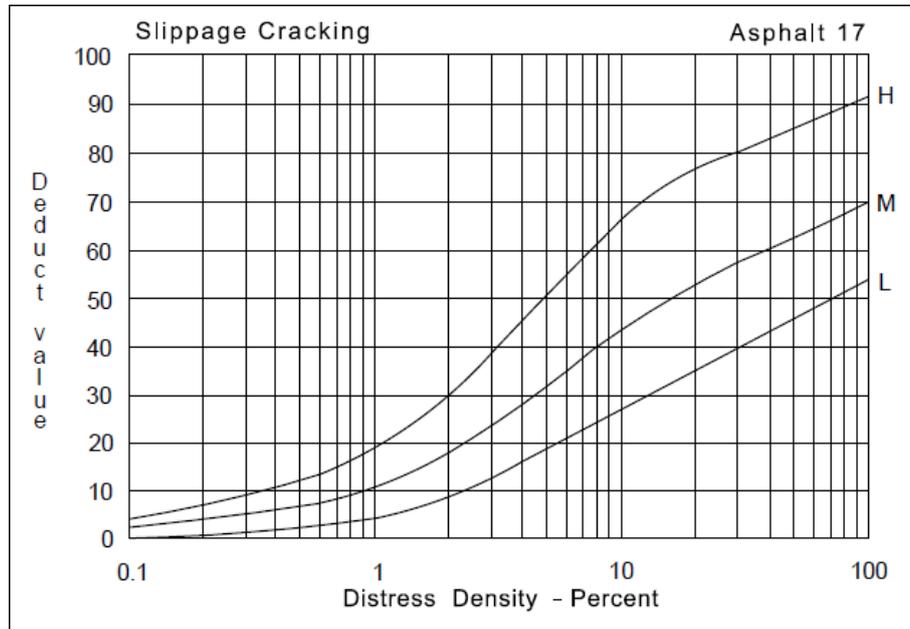
**Fuente:** Rodríguez E (2009)

**ANEXO N° 15:** Curva de valor reducido para Desplazamiento



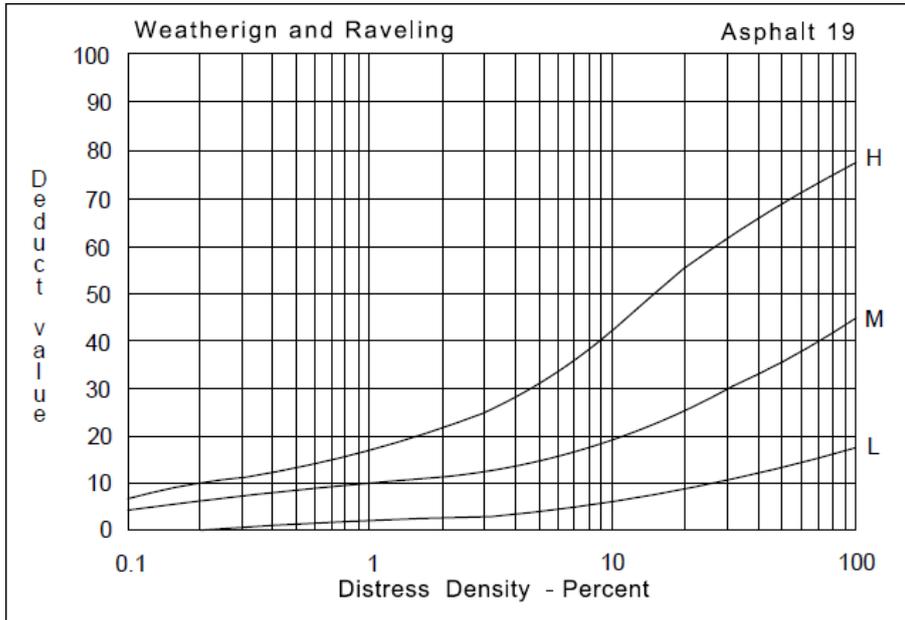
**Fuente:** Rodríguez E (2009)

**ANEXO N° 16:** Curva de valor reducido para Grieta parabólica



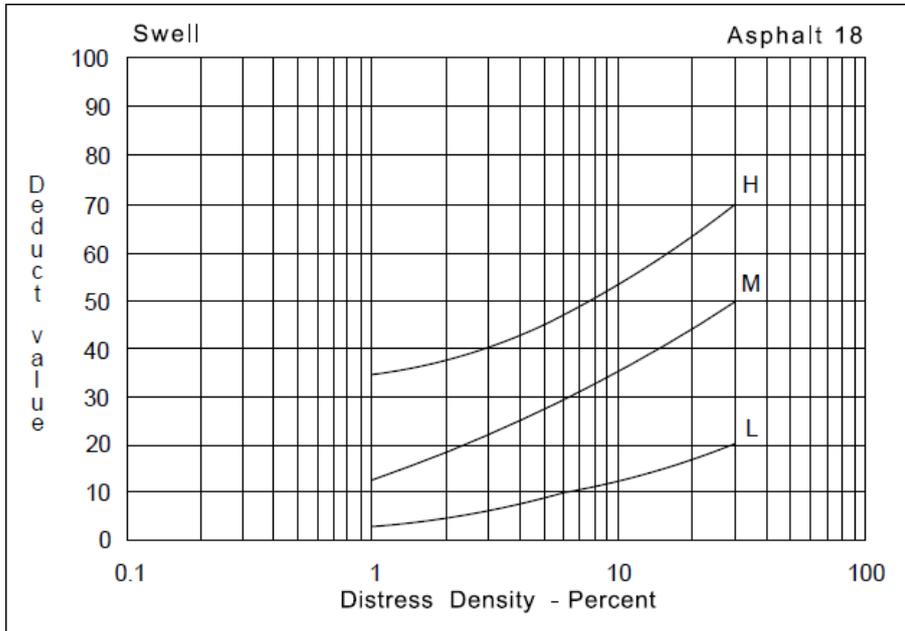
**Fuente:** Rodríguez E (2009)

**ANEXO N° 17:** Curva de valor reducido para Desprendimiento de agregados



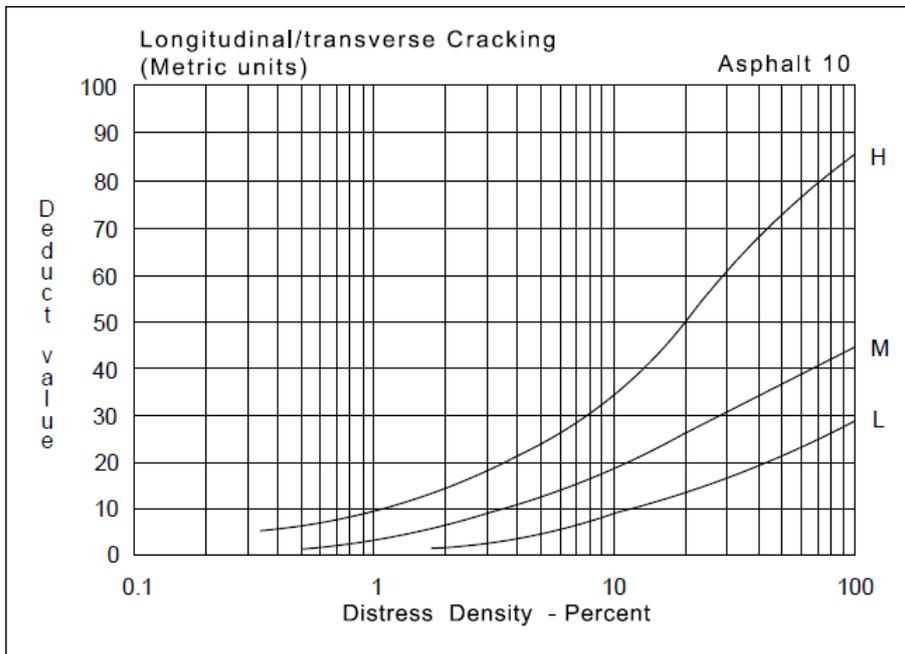
**Fuente:** Rodríguez E (2009)

**ANEXO N° 18:** Curva de valor reducido para Hinchamiento



**Fuente:** Rodríguez E (2009)

**ANEXO N° 19:** Curva de valor reducido para Grietas longitudinales y transversales



**Fuente:** Rabanal J (2014)

ANEXO N° 20: Curva de valor reducido corregido (DCV) - PCI

VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

VDT	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO						
	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7
0.0	0.0						
10.0	10.0						
12.0	12.0	8.0					
18.0	18.0	12.5	8.0				
20.0	20.0	14.0	10.0				
25.0	25.0	18.0	13.5	8.0			
28.0	28.0	20.4	15.6	10.4	8.0		
30.0	30.0	22.0	17.0	12.0	10.0		
40.0	40.0	30.0	24.0	19.0	17.0		
42.0	42.0	31.4	25.4	20.4	18.2	15.0	15.0
50.0	50.0	37.0	31.0	26.0	23.0	20.0	20.0
60.0	60.0	44.0	38.0	33.0	29.0	26.0	26.0
70.0	70.0	51.0	44.5	39.0	35.0	32.0	32.0
80.0	80.0	58.0	50.5	45.0	41.0	38.0	38.0
90.0	90.0	64.0	57.0	51.0	46.0	44.0	44.0
100.0	100.0	71.0	63.0	57.0	52.0	49.0	49.0
110.0		76.0	68.0	62.0	57.0	54.0	54.0
120.0		81.0	73.0	68.0	62.0	59.0	59.0
130.0		86.0	78.5	73.0	67.0	63.0	63.0
135.0		88.5	81.5	75.5	69.5	65.0	65.0
140.0		91.0	84.0	78.0	72.0	68.0	67.0
150.0		94.0	88.0	82.0	76.0	72.0	70.0
160.0		98.0	93.0	86.0	81.0	76.0	74.0
166.0		100.0	94.8	88.4	83.4	79.0	75.2
170.0			96.0	90.0	85.0	81.0	76.0
180.0			99.0	93.0	88.0	84.0	79.0
182.0			100.0	93.6	88.6	84.8	79.6
190.0				96.0	91.0	88.0	82.0
200.0				98.0	94.0	90.0	84.0

## FOTOGRAFÍAS DE PATOLOGÍAS

**ANEXO N° 21:** Km5- Km6 de la carretera Marcavelica-Ignacio Escudero



**Fuente:** Fotografía del tramo Km5-Km6 de la carretera Marcavelica - Ignacio escudero Sullana -Piura

**ANEXO N° 22:** Km5 de la carretera Marcavelica-Ignacio Escudero (Punto de inicio)



**Fuente:** Fotografía del tramo Km5-Km6 de la carretera Marcavelica - Ignacio escudero Sullana -Piura

**ANEXO N° 23:** Km6 de la carretera Marcavelica-Ignacio Escudero (Punto final)



**Fuente:** Fotografía del tramo Km5-Km6 de la carretera Marcavelica - Ignacio escudero Sullana -Piura

**ANEXO N° 24:** Presencia de pulimiento de agregados



**Fuente:** Fotografía del tramo Km5-Km6 de la carretera Marcavelica - Ignacio escudero Sullana -Piura

**ANEXO N° 25:** Presencia de pérdida de rodadura



**Fuente:** Fotografía del tramo Km5-Km6 de la carretera Marcavelica - Ignacio escudero Sullana -Piura

**ANEXO N° 26:** Presencia de huecos



**Fuente:** Fotografía del tramo Km5-Km6 de la carretera Marcavelica - Ignacio escudero Sullana -Piura

**ANEXO N° 27:** Presencia de piel de cocodrilo



**Fuente:** Fotografía del tramo Km5-Km6 de la carretera Marcavelica - Ignacio escudero Sullana -Piura

**ANEXO N° 28:** Presencia de desprendimiento de agregados



**Fuente:** Fotografía del tramo Km5-Km6 de la carretera Marcavelica - Ignacio escudero Sullana -Piura

**ANEXO N° 29:** Presencia de desprendimiento de agregados



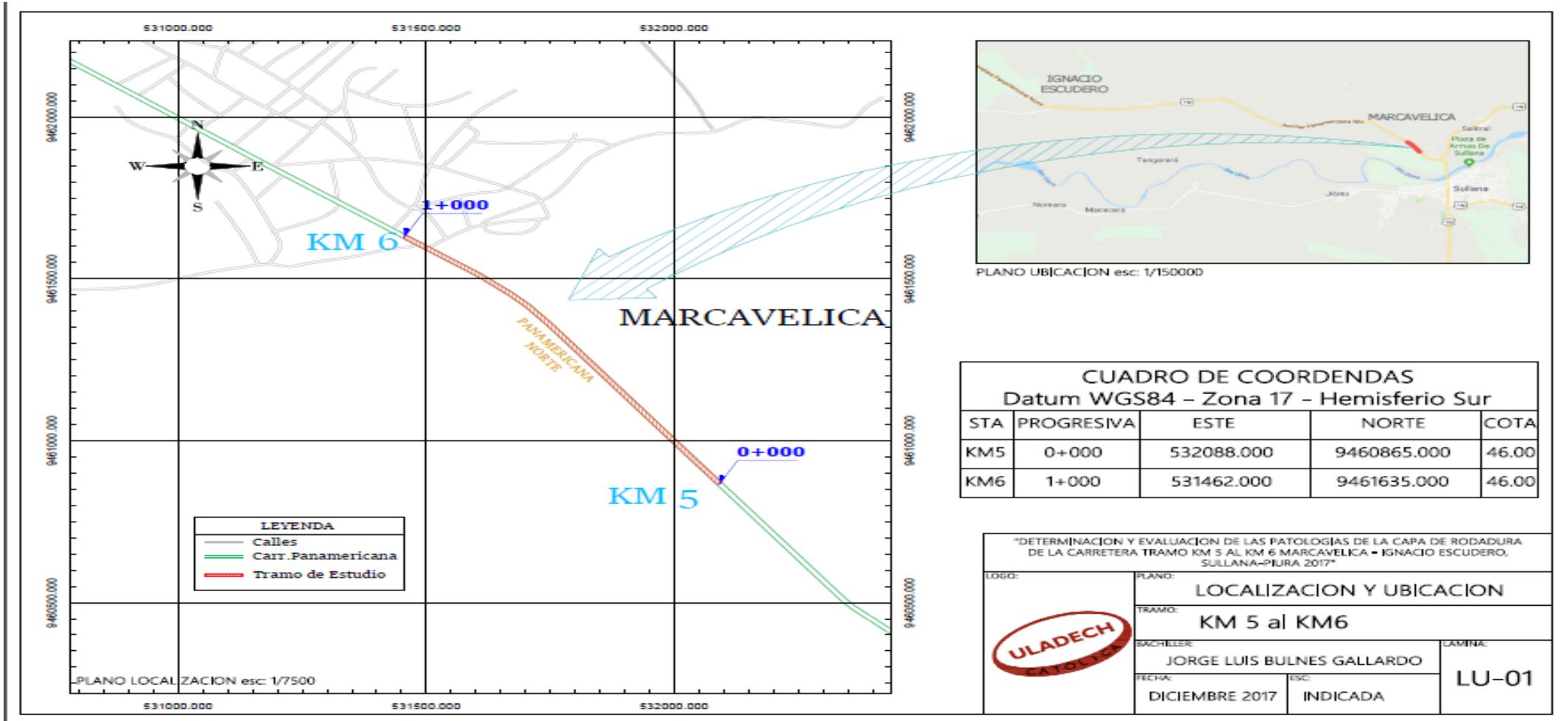
**Fuente:** Fotografía del tramo Km5-Km6 de la carretera Marcavelica - Ignacio escudero Sullana –Piura

**ANEXO N° 30:** Presencia de desprendimiento de agregados



**Fuente:** Fotografía del tramo Km5-Km6 de la carretera Marcavelica - Ignacio escudero Sullana –Piura

**ANEXO N° 31:** Plano del Km5-Km6 de la carretera Marcavelica- Ignacio Escudero



**Fuente:** Plano del tramo Km5-Km6 de la carretera Marcavelica - Ignacio escudero Sullana -Piura

**ANEXO N° 31: GPS**



**Fuente:** GPS marca Garmin, modelo Etrex 20