



UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES
CHIMBOTE

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

**“DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS
PATOLOGÍAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV.
MARCAVELICA CON PROLONGACIÓN MIGUEL GRAU Y
AV. CIRCUNVALACIÓN - PIURA, OCTUBRE 2017”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL

AUTOR:

BACH. DIOS NOÉ CHUMACERO PAZ

ASESOR:

Mgrt. CARMEN CHILÓN MUÑOZ

PIURA – PERÚ

2017

JURADO EVALUADOR

Mgrt. MIGUEL ÁNGEL CHAN HEREDIA

PRESIDENTE DEL JURADO

Mgrt. WILMER OSWALDO CÓRDOVA CÓRDOVA

SECRETARIO DEL JURADO

Ing. ORLANDO VALERIANO SUAREZ ELIAS

MIEMBRO DEL JURADO

3. HOJA DE AGRADECIMIENTO

3.1. AGRADECIMIENTO

Agradezco al Dios Padre por darme bendición grande para amar y fuerte para luchar ante toda circunstancia ahí está él para darme ánimo y seguir el camino del bien.

A Mis Padres: Otoniel y Cleotilde excelentes padres, buenos maestros y grandes amigos en todo la etapa mí existir forjándome como una persona útil a la sociedad.

3.2.DEDICATORIA

Con mucha reverencia a Dios
todopoderoso por derramar muchas
bendiciones sobre cada ser viviente y
con mucho respeto y aprecio a mis
docentes que con su paciencia hicieron
que lograra entrar en el camino del
conocimiento de la verdad.

4. RESUMEN Y ABSTRACT

4.1. RESUMEN

Hablar de patologías admite problemas en una obra, requiere un diagnóstico certero y una solución adecuada, el cual no podría ser definitiva sino temporal. Ciertas patologías no únicamente se encuentran afectando a las obras sino también la zona donde viven y a su economía, por tanto será más grande su reparación, que haber construido dicha obra. Las patologías que se muestran desde los inicios del mundo de la construcción son innumerables ya que las causas que las producen son de distintas índoles, nos enfocaremos en las fallas producidas en los pavimentos.

Pero el primordial radica en que no se lleva a cabo un mantenimiento apropiado, ni se observa cómo se comporta la vía con el pasar del tiempo y sólo se procede actuar cuando el deterioro del pavimento es grave y no hay solución alguna en una reparación.

Por este motivo, resulta preciso utilizar técnicas de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos; y para poder decidir con anticipación si se realizan estos trabajos es necesario saber en qué situación se encuentra el pavimento y las posibles causas que lo producen.

La Avenida Marcavelica, se encuentra situada al oeste de Piura, la mayor temperatura llega a 42° en verano y la mínima de 15° en el invierno, de tal manera que los procesos constructivos se modifican en función a dichas temperaturas y épocas, por el día el sol calienta la superficie y mientras por las noche rápidamente se enfría causando manifestaciones de temperaturas relativas, por ende demanda de un carácter técnico conveniente para su elaboración.

Así mismo se puede observar que la pista está en malas condiciones, las causas de los desgastes y deterioros en ellas son numerosas y de variados orígenes, químicos y físicos, presentando diferentes causas como errores de diseño, mal proceso durante la construcción o los malos efectos que trae el envejecimiento.

Las patologías más resaltantes en la Av. Marcavelica se muestran siempre en toda obra de pavimento flexible, en algunos casos con pocas presencias y en otros con mayor relevancia causando malestar en la sociedad, por este motivo se ha planteado el siguiente **objetivo general**: Determinar y evaluar las patologías existentes en el pavimento flexible de la Avenida. Marcavelica.

Para poder conseguir el objetivo general, nos hemos planteado los siguientes **objetivos específicos**:

- Determinar el tipo de patologías que existen en la pista la Av. Marcavelica.
- Evaluar la condición operacional de la superficie de la pista de la Avenida.

Marcavelica, distrito de Piura.

Finalmente, la investigación **se justifica** por la necesidad de enseñar y demostrar cual es la condición actual que presenta pavimento flexible en la avenida Marcavelica.

Según las diferentes patologías registradas, se mostrará la categoría de afectación por cada composición de la variedad de daño, nivel de severidad y densidad que se tiene sobre el actual nivel del pavimento presente en la Av. Marcavelica.

El aporte que ofrece el actual informe servirá para distintos proyectos que pudiera ejecutar la autoridad local, con la meta de corregir el tramo estudiado de la Av. Marcavelica.

Las conclusiones obtenidas fueron:

- Las patologías encontradas en la presente tesis de investigación son: el 33.66% desprendimiento de agregados, el 7.64% huecos, el 0.67% grietas longitudinales y transversales, el 0.43% parcheo, el 0.38% abultamiento y hundimiento, el 0.24% pulimiento de agregados y el 0.06% ahuellamiento.
- La patología predominante es la patología de desprendimiento de agregados con un 33.66%.
- El grado de severidad que presenta la zona estudiada es alta, con un PCI promedio igual a 42.

4.2. ABSTRACT

Talking about pathologies admits problems in a work, requires an accurate diagnosis and an adequate solution, which could not be definitive but temporary. Certain pathologies are not only affecting the works but also the area where they live and their economy, therefore its repair will be greater, than having built this work. The pathologies that appear from the beginnings of the world of the construction are innumerable since the causes that produce them are of different types, we will focus on the faults produced in the pavements.

But the main one is that it is not carried out an appropriate maintenance, nor is observed how the road behaves with the passage of time and only proceed when the deterioration of the pavement is serious and there is no solution in a repair.

For this reason, it is necessary to use pavement maintenance and rehabilitation techniques; and to be able to decide in advance if these works are carried out it is necessary to know in what situation the pavement is and the possible causes that produce it.

Avenida Marcavelica, is located west of Piura, the highest temperature reaches 42° in summer and the minimum of 15° in winter, so that the construction processes are modified according to these temperatures and times, by day the sun heats the surface and while at night it rapidly cools, causing relative temperature manifestations, thus demanding a suitable technical character for its elaboration.

Also it is possible to be observed that the track is in bad conditions, the causes of the damages and deteriorations in the them are numerous and of varied

origins, chemical and physical, presenting different causes like design errors, bad process during the construction or bad ones Effects that brings the aging.

The remarkable characteristics in the Marcavelica Av. Are always shown in all works of flexible pavement, in some cases with few presences and in others with greater relevance causing discomfort in society, for this reason the following general objective has been proposed: Determine and evaluate the pathologies existing in the flexible pavement of the Avenue. Marcavelica.

In order to achieve the general objective, we have set ourselves the following specific objectives:

- The most outstanding pathologies on the Av. Marcavelica track.
- Evaluate the operational condition of the runway surface of the Avenue.

Marcavelica, district of Piura.

Finally, the research is justified by the need to teach and demonstrate what is the current condition that has flexible pavement in the Avenida Marcavelica

According to the different registered pathologies, it will be shown the category of affectation for each composition of the variety of damage, level of hardness and density that is had on the current level of the asphalt present in the Avenue.

The contribution offered by the current report will serve for different projects that could be carried out by the local authority, with the goal of correcting the studied section of Av. Marcavelica.

The conclusions obtained were:

- The pathologies found in this research thesis are: 33.66% are detachment of aggregates, 7.64% are hollows, 0.67% are longitudinal and transverse cracks,

0.43% are patching, 0.38% are bulging and subsidence, 0.24% are polishing aggregates and 0.06% are rutting.

- The predominant pathology is the pathology of detachment of aggregates with 33.66%.
- The degree of severity that the studied area presents is alta, with a weighted PCI equal to 42.

CONTENIDO

1. TITULO	<i>i</i>
2. JURADO EVALUADOR	<i>v</i>
3. HOJA DE AGRADECIMIENTO	<i>vi</i>
3.1. AGRADECIMIENTO	<i>vi</i>
3.2. DEDICATORIA	<i>vii</i>
4. RESUMEN Y ABSTRACT	<i>v</i>
4.1. RESUMEN	<i>v</i>
4.2. ABSTRACT	<i>viii</i>
5. CONTENIDO	<i>xi</i>
6. ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y GRÁFICOS	<i>xiv</i>
6.1. ÍNDICE DE FIGURAS	<i>xiv</i>
6.2. ÍNDICE DE TABLAS	<i>xv</i>
6.3. ÍNDICE DE GRÁFICOS	<i>xvi</i>
I. INTRODUCCIÓN	<i>17</i>
II. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	<i>19</i>
2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	<i>19</i>
a) Caracterización del problema	<i>19</i>
b) Enunciado del problema	<i>19</i>
2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	<i>20</i>
2.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	<i>20</i>
III. REVISIÓN DE LA LITERATURA	<i>21</i>
3.1. ANTECEDENTES	<i>21</i>
3.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	<i>21</i>

3.1.2.	ANTECEDENTES NACIONALES	23
3.1.3.	ANTECEDENTES LOCALES	25
3.2.	BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN	28
3.2.1.	PATOLOGÍAS	28
3.2.1.1.	DEFINICIÓN	28
3.2.1.2.	CAUSAS DE LAS PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES	29
3.2.1.3.	PATOLOGÍAS EN PAVIMENTOS ASFALTICOS	29
3.2.2.	PAVIMENTO	31
3.2.2.1.	DEFINICIÓN	32
3.2.2.2.	CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS	32
3.2.2.3.	ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN PAVIMENTO FLEXIBLE	37
3.2.2.4.	FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	39
3.2.2.5.	EVALUACIÓN DE LOS PAVIMENTOS	56
3.2.2.6.	IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DE LOS PAVIMENTOS	56
3.2.2.7.	OBJETIVIDAD EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS	56
3.2.2.8.	PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE UN PAVIMENTO	57
3.2.2.9.	EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE UN PAVIMENTO	58
3.2.2.10.	ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI – PAVEMENT CONDITION INDEX)	59
3.2.2.11.	OBJETIVOS DEL PCI	60
3.2.2.12.	TERMINOLOGÍA	60
3.2.2.13.	MATERIALES E INSTRUMENTOS	61
3.2.2.14.	MUESTREO Y UNIDAD DE MUESTRA	63

3.2.2.15. PROCEDIMIENTO DE INSPECCION	67
3.2.2.16. CALCULO DEL PCI PARA PAVIMENTO FLEXIBLE	68
IV. METODOLOGÍA	72
4.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.	72
4.1.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	73
4.2. UNIVERSO Y MUESTRA	73
4.2.1. EL UNIVERSO	73
4.2.2. POBLACIÓN Ó MUESTRA	73
4.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	76
4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	78
4.5. PLAN DE ANÁLISIS	79
4.6. <i>MATRIZ DE CONSISTENCIA</i>	79
4.7. <i>PRINCIPIOS ÉTICOS</i>	81
V. RESULTADOS	83
VI. CONCLUSIONES	115
VII. RECOMENDACIONES	116
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	117
ANEXOS	120

6. ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y GRÁFICOS

6.1. ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2. 1: Estructura de un pavimento flexible</i>	34
<i>Figura 2. 2: Estructura de un pavimento rígido</i>	35
<i>Figura 2. 3: Estructura de un pavimento mixto</i>	36
<i>Figura 2. 4: Estructura de un pavimento flexible</i>	39
<i>Figura 2. 5: Fallas en pavimentos flexibles</i>	40
<i>Figura 2. 6: Piel de cocodrilo</i>	41
<i>Figura 2. 7: Exudación</i>	42
<i>Figura 2. 8: Grietas en bloque</i>	43
<i>Figura 2. 9: Abultamiento y hundimiento</i>	44
<i>Figura 2. 10: Corrugación</i>	45
<i>Figura 2. 11: Depresión</i>	46
<i>Figura 2. 12: Grieta de borde</i>	47
<i>Figura 2. 13: Desnivel carril-berma</i>	47
<i>Figura 2. 14: Grietas longitudinales y transversales</i>	48
<i>Figura 2. 15: Parcheo</i>	49
<i>Figura 2. 17: Pulimiento de agregados</i>	50
<i>Figura 2. 18: Huecos</i>	51
<i>Figura 2. 19: Ahuellamiento</i>	52
<i>Figura 2. 20: Desplazamiento</i>	53
<i>Figura 2. 21: Grieta parabólica</i>	54
<i>Figura 2. 22: Hinchamiento</i>	54
<i>Figura 2. 23: Desprendimiento de agregados</i>	55
<i>Figura 2. 24: Odómetro Manual</i>	62
<i>Figura 2. 25: Regla de aluminio</i>	62
<i>Figura 2. 26: Conos</i>	62
<i>Figura 2. 27: Ajuste del número de valores deducidos</i>	69
<i>Figura 2. 28: Curvas de corrección para pavimentos de asfaltos</i>	70

6.2. ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 2. 1: Hoja de registro de condición de pavimento</i>	63
<i>Tabla N° 1: Hoja de registro de la unidad de muestra U1</i>	84
<i>Tabla N° 2: Patologías encontradas en la unidad de muestra U1.</i>	87
<i>Tabla N° 3: Hoja de registro de la unidad de muestra U2</i>	88
<i>Tabla N° 4: Patologías encontradas en la unidad de muestra U2.</i>	89
<i>Tabla N° 5: Hoja de registro de la unidad de muestra U3</i>	90
<i>Tabla N° 6: Patologías encontradas en la unidad de muestra U3.</i>	91
<i>Tabla N° 7: Hoja de registro de la unidad de muestra U4</i>	92
<i>Tabla N° 8: Patologías encontradas en la unidad de muestra U4.</i>	93
<i>Tabla N° 9: Hoja de registro de la unidad de muestra U5</i>	94
<i>Tabla N° 10: Patologías encontradas en la unidad de muestra U5.</i>	95
<i>Tabla N° 11: Hoja de registro de la unidad de muestra U6</i>	96
<i>Tabla N° 12: Patologías encontradas en la unidad de muestra U6.</i>	97
<i>Tabla N° 13: Hoja de registro de la unidad de muestra U7</i>	98
<i>Tabla N° 14: Patologías encontradas en la unidad de muestra U7.</i>	98
<i>Tabla N° 15: Hoja de registro de la unidad de muestra U8</i>	100
<i>Tabla N° 16: Patologías encontradas en la unidad de muestra U8.</i>	101
<i>Tabla N° 17: Hoja de registro de la unidad de muestra U9</i>	102
<i>Tabla N° 18: Patologías encontradas en la unidad de muestra U9.</i>	103
<i>Tabla N° 19: Hoja de registro de la unidad de muestra U10</i>	104
<i>Tabla N° 20: Patologías encontradas en la unidad de muestra U10.</i>	105
<i>Tabla N° 21: Hoja de registro de la unidad de muestra U11</i>	106

<i>Tabla N° 22: Patologías encontradas en la unidad de muestra U11.</i>	107
<i>Tabla N° 23: Patologías encontradas en las unidades de muestra</i>	111
<i>Tabla N° 24: Calificaciones de las patologías según su condición</i>	113
<i>Tabla N° 25: Patologías encontradas en las unidades de muestra</i>	114

6.3. ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico N° 1: Incidencia de las patologías en la muestra 1</i>	87
<i>Gráfico N° 2: Incidencia de las patologías en la muestra 2</i>	89
<i>Gráfico N° 3: Incidencia de las patologías en la muestra 3</i>	91
<i>Gráfico N° 4: Incidencia de las patologías en la muestra 4</i>	93
<i>Gráfico N° 5: Incidencia de las patologías en la muestra 5</i>	95
<i>Gráfico N° 6: Incidencia de las patologías en la muestra 6</i>	97
<i>Gráfico N° 7: Incidencia de las patologías en la muestra 7</i>	99
<i>Gráfico N° 8: Incidencia de las patologías en la muestra 8</i>	101
<i>Gráfico N° 9: Incidencia de las patologías en la muestra 9</i>	103
<i>Gráfico N° 10: Incidencia de las patologías en la muestra 10</i>	105
<i>Gráfico N° 11: Incidencia de las patologías en la muestra 11</i>	107
<i>Gráfico N° 12: Incidencia de las patologías de la Av. Marcavelica</i>	112
<i>Gráfico N° 13: Calificación de la condición del pavimento de la Av. Marcavelica</i>	113

I. INTRODUCCIÓN

Según investigaciones, los pavimentos flexibles se construyeron a finales del siglo XIX, en un principio donde se usaba una capa asfáltica llamada pavimento flexible en algunas calles extensas de Europa, luego se realizó en Norteamérica donde se crearon inmediatamente métodos para construir una gran pavimentación.

En los países de Argentina y Chile, también se conserva una gran experiencia y numerosos trabajos en la construcción de pavimentos, adquiriendo un excelente comportamiento durante muchos años. Los pavimentos, tanto flexibles como rígidos, con el paso del tiempo pueden ya mostrarse deteriorados. Los pavimentos muestran sus características ya sea en construcciones recientes o en reparaciones que varían y se deterioran debido a muchos factores como: mala construcción, tráfico esperado es mayor de lo que se pensaba, mala maniobra de drenaje, no fue un buen mantenimiento del pavimento, entre otros. Esto hace que el pavimento falle y se encuentren diferentes anomalías que causan daños a las vías.

Para saber cuáles son las técnicas de mantenimiento y reparación que son apropiadas para mejorar la capacidad de servicio del pavimento; se debe verificar la vía y saber en qué situación real se encuentra. Por lo tanto, hay una infinidad de técnicas que nos permiten evaluar superficialmente los pavimentos, en mi investigación apliqué el método PCI.

Este método consiste en determinar la condición del pavimento mediante inspecciones visuales, identificando clase, severidad y cantidad de fallas que puedan ser encontradas. Obteniendo la investigación de campo por exploración vial, y siguiendo la metodología indicada en el PCI, se calcula un índice que mida el estado en que se

encuentra el pavimento estudiado, es decir, muestra si el pavimento está fallado, es malo, muy malo, regular, bueno, muy bueno o excelente.

Uno de las dificultades más graves que aqueja nuestro departamento Piurano, es el malísimo estado en que se encuentran los pavimentos. Ya sea este tipo de pavimento flexible, rígido o mixto, es común encontrar en ellos fisuras, depresiones y baches que obstaculizan el tránsito normal de los vehículos que circulan en esta ciudad.

La causa del deterioro de las pistas no es una sola sino muchas las cuales afectan al pavimento y estas se producen por muchos factores: podría ser la consecuencia de un deficiente proyecto del paquete estructural, los materia prima que se utiliza no es de buena calidad, asimismo puede ser por errores en la construcción, o por una incorrecta técnica de drenaje en cuestión de precipitaciones, porque los vehículos que circulan a veces son muy pesados o llevan cargamento fuera de lo permitido y a veces por agentes climáticos, entre otros.

Pero el principal problema es la falta de interés en dar un mantenimiento adecuado, ni siquiera en el cálculo del tiempo prolongado con respecto a la vía, es decir, no se evalúa el procedimiento con el transcurso del tiempo y sólo se actúa cuando el deterioro del pavimento ya no tiene solución.

II. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

a) Caracterización del problema

La Avenida Marcavelica, se encuentra situada al oeste de Piura, la mayor temperatura llega a 42° en verano y la mínima de 15° en el invierno, de tal manera que los procesos constructivos se modifican en función a dichas temperaturas y épocas, por el día el sol calienta la superficie y mientras por las noche rápidamente se enfría causando manifestaciones de temperaturas relativas, por ende demanda de un carácter técnico conveniente para su elaboración.

Así mismo se puede apreciar que la pista se encuentra en malas condiciones, los orígenes de los perjuicios y deterioros en ella son numerosas y de variados orígenes, químicos y físicos, presentando otros inconvenientes como errores de diseño, mal proceso durante la construcción o los malos efectos que trae el envejecimiento.

Las patologías que más resaltan en la Avenida Marcavelica se presentan siempre en toda obra de pavimento flexible, en algunos casos con pocas presencias y en otros con mayor relevancia causando malestar en la sociedad.

b) Enunciado del problema

¿En qué medida la determinación y evaluación de las patologías en pavimentos nos permitirá obtener el índice de integridad estructural del pavimento flexible y condición operacional de la Av. Marcavelica con prolongación Miguel Grau y Av. Circunvalación - Piura, octubre 2017?

2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVO GENERAL

Determinar y evaluar las patologías existentes en el pavimento flexible de la Avenida. Marcavelica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el tipo de patologías que existen en la pista la Av. Marcavelica.
- Evaluar la condición operacional de la superficie de la pista de la Avenida. Marcavelica, distrito de Piura

2.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Finalmente, la investigación se justifica por la necesidad de enseñar y demostrar cual es la condición actual que presenta el pavimento flexible en la avenida Marcavelica.

Según las patologías registradas, mostraremos el porcentaje de afectación por cada clase de daño, nivel de severidad que se obtiene sobre el estado del pavimento flexible de la Av. Marcavelica.

El aporte que ofrece el actual informe servirá para nuevos proyectos que pudieran ejecutar las autoridades locales de Piura, y así poder subsanar o mejorar el pavimento.

III. REVISIÓN DE LA LITERATURA

3.1. ANTECEDENTES

3.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Osorio¹, 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 la necesidad de los investigadores con el fin de saber las diferentes fallas existentes en la vía, para posteriormente realizar una descripción del método utilizado para tales fines, cabe subrayar que al instante de la aplicación del método en la vía, se fraccionó en 22 tramos para hacer más fácil su evaluación.

Los resultados logrados a través de la ficha de trabajo aplicada a la ruta 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 vinculan formando ángulos agudos que desarrollan un patrón en el cual se imponen en diferentes largos por anchos causando un detrimento estructural significativo 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 margen del camino, la falla de baches reparados se encuentran moderadamente deteriorado, en lo que respecta a la exudación de asfalto abarca un área de 1279,9 m², los huecos en el método no son medidos si no contados en este caso se encontraron 20 y por últimos las hendeduras de reflexión de juntas.

Mientras MBA y Tabares², quienes realizaron una investigación titulada “Diagnostico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva mediante parámetros obtenidos del estudio en fase I de la vía acceso al barrio ciudadela del Café-vía la Badea”, esta investigación efectuó una apreciación de los disímiles métodos colocados para el diseño de estructuras de pavimento según criterios y parámetros empíricos, semi-impiricos y racionales, para instaurar las distintas alternativas orgánicas que se tienen en esa área.

Dicha investigación asumió como objetivo dos soluciones dos soluciones específicas, ampliar la vía existente o diseñar una nueva vía alterna de acceso, según el efecto que arroje los estudios topográficos, suelos, tráfico, etc.

Los resultados logrados observando los conteos realizados por la firma consultora en el sector Pedregales – ciudadela del Café entre el 26 de Febrero y el 2 de Enero del 2005 se obtuvo por los autores del proyecto un TPD igual a 6.096 vehículos por día. Con relación al diagnóstico vial realizado mediante el procedimiento de Índice de condición de pavimento- PCI, a la zona en estudio se consuma que la senda presenta en la actualidad una excelente condición de su estructura de pavimento y en su superficie de rodadura de acuerdo con los criterios rangos de clasificación planteados en este.

En reconocimiento visual y diagnostico vial realizado al tramo en estudio, mediante el procedimiento PCI, se probaron una cadena de fallas en la faja de rodadura, los cuales fueron:

- Distancia parcial o general del basto de sello en alguna de las juntas.
- Fosa de esquina posiblemente incitada por el fenómeno del bombeo.

- Fracturas y grietas en el pavimento.
- Ausencia de órdenes de aliento para la impresión pluvial.
- Aparente insuficiencia en la colocación del refuerzo evidenciada en una mala transmisión de cargas a losas adyacentes.
- Superficie con abrasión severa.

3.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Saenz³, realizó una investigación titulada: “Determinación y evaluación de patologías del concreto para obtener el Índice de Integridad Estructural del pavimento y condición operacional en las principales pistas de la urbanización Casuarinas Primera etapa – Distrito de nuevo Chimbote, provincia de Santa, Departamento de Ancash ”.

La investigación tuvo como objetivo indicar el arquetipo de patologías de ceñido que existen en las vitales pistas, obtener el PCI para dichas pistas y evaluar la unidad estructural del pavimento y la condición operacional de la superficie.

Finalmente la conclusión de esta investigación muestra que las patologías más frecuentes encontradas son el pulimiento de agregados y el desnivel carril/berma con un nivel de severidad tanto baja como media. Casi todos los equipos de modelo presentaron estos dos tipos de falla, pero con densidades variables, lo cual evidencia que la circunstancia táctica de la extensión de las pistas provoca un tránsito incómodo para el tráfico de los autos.

Rabanal⁴, en su tesis titulada “Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de Evitamiento Norte, utilizando el método del índice de condición

del pavimento. Cajamarca - 2014”, el tipo de estudio fue Descriptivo / No Experimental, tuvo como objetivo cumplir observaciones del estado de subsistencia del pavimento dúctil de la Vía de Evitamiento Norte, utilizando el método índice de condición del pavimento.

Se concluyó que el pavimento flexible de la vía de Evitamiento Norte entre el Jr. San Ginez y la Antigua Vía de Evitamiento Norte de la ciudad de Cajamarca en el año 2014, según la evaluación mediante el método del Índice del condición del Pavimento (PCI) tiene un valor de $PCI = 49$ y en proporción con la progresión de apreciación del PCI, se concluye que el estado actual de dicho pavimento es Regular, así mismo que las fallas con mayor nivel de severidad que se presentan en el pavimento flexible son: baches en mal estado, Piel de Cocodrilo y agrietamientos Longitudinales, Transversales y Agrietamiento en bloque.

Mientras Huamán y Huamán⁵, en su tesis titulada “Determinación y evaluación de las patologías en el concreto de pavimentos rígidos, Distrito San Juan Bautista Provincia de Huamanga – Ayacucho”, la investigación fue de tipo cualitativo y se desarrolló siguiendo el método PCI Índice de Condición de Pavimentos, la evaluación realizada fue de tipo visual y personalizada. Tuvo como objetivo la determinación y evaluación la incidencia de las patologías del concreto en pavimentos rígidos del Distrito de San Juan Bautista.

Concluyó así que no existe un correcto y adecuado control de calidad en su construcción, debido a que se deja de lado ciertos parámetros necesarios para que un pavimento rígido, cumpla eficientemente con su vida útil.

Entre la falta de conocimientos por las constructoras y fiscalizadoras, que más perturbaron a la estructura del pavimento rígido se puede nombrar a los siguientes:

- 1) Defectuoso control de materiales.
- 2) Temperaturas inadecuadas.
- 3) Términos de sanado deficiente.
- 4) Tajos de acopios en lapsos no idóneos.
- 5) Manejo de maquinaria inconveniente.
- 6) Estimación de losas fuera de las categorías sin cumplir lo específico en normas establecidas.

3.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Serrano⁶, en su tesis titulada “Determinación y evaluación de las patologías del concreto para obtener el índice de integridad estructural del pavimento flexible y condición operacional de la pista de aeropuerto del aeródromo “MANUEL PRADO” - distrito de Mazamari, provincia de Satipo, región Junín, Agosto - 2015”, su objetivo fue decretar y ajustar las patologías del concreto para alcanzar el relación de integridad ordenada del pavimento flexible y condición estratégica de la Pista de Aeropuerto del Aeródromo “Manuel Prado” del distrito de Mazamari Provincia de Satipo región Junín, con esta investigación y mediante el Método Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) que se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, se diagnosticó el nivel de afectación de las patologías de pavimento flexible, que presenta esta infraestructura aeroportuaria.

Donde se concluyó que el Índice de Condición de Pavimento del Aeródromo “Manuel Prado” del distrito de Mazamari Provincia de Satipo región Junín es 32.90 que correspondió a la clasificación de MALO y los niveles de Incidencia de Patologías del Pavimento Flexible fueron:

- Piel de Cocodrilo (Low/Bajo) 34.70%
- Piel de Cocodrilo (Medium/Medio) 9.43%
- Agrietamiento en Bloque (Low/Bajo) 25.14%
- Agrietamiento en Bloque (Medium/Medio) 9.46%
- Grieta Longitudinal y Transversal (Low/Bajo) 19.37%
- Grieta Longitudinal y Transversal (Medium/Medio) 23.36%
- Pulimento de Agregado (Low/bajo) 4.36%
- Hinchamiento (Low/Bajo) 0.98%
- Hinchamiento (Medium/Medio) 0.05%
- Ahuellamiento (Low/Bajo) 0.12%
- Depresión (Low/Bajo) 0.115%

Mientras Medina⁷, en su tesis titulada “Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI”, el cual tuvo como objetivo principal determinar el índice de condición del pavimento del Jr. José Gálvez, con lo cual se pudo determinar si la vía estuvo apta para brindar adecuadas condiciones para los usuarios.

Llegando así la conclusión de que el estado del pavimento flexible del Jr. José Gálvez es regular para las secciones identificadas. El pavimento flexible del Jr. José Gálvez actualmente está apto para brindar adecuadas condiciones para los usuarios.

Así como las fallas que se identificaron en la vía evaluada fueron las siguientes: Piel de cocodrilo, fisura en bloque, fisuras longitudinal y transversal, parches y corte utilitario, agregado pulido, huecos o baches, ahuellamiento y por último peladura por interperismo y desprendimiento de agregados.

Por otro lado Rodríguez⁸, 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 emplear el método PCI para estipular el Índice de Condición de Pavimento en la Av. Luis Montero. Mil doscientos metros lineales de pista estuvieron asimilados a detalle para asemejar las fallas históricas y ponderar 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

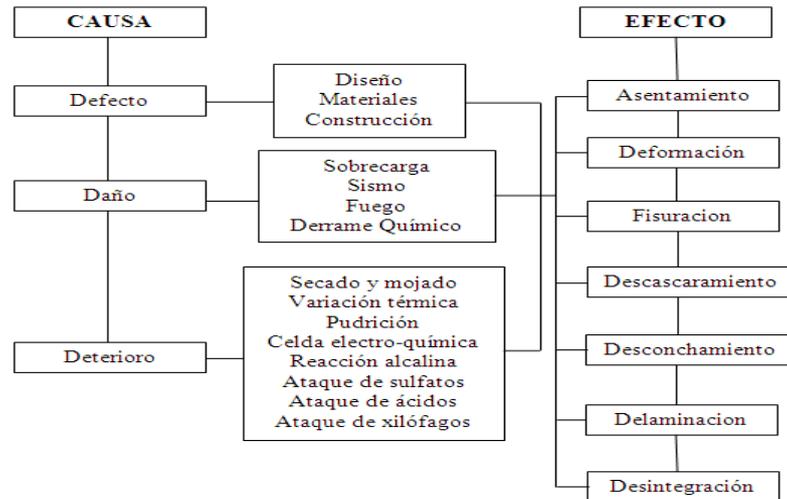
3.2.1. PATOLOGÍAS

3.2.1.1. DEFINICIÓN

Para Vargas⁹ las patologías son el estudio de las enfermedades en su sentido amplio, como procesos o estados anormales de causas conocidas o desconocidas. La palabra deriva del pathos, expresión de muchos significados, entre los que se encuentran: "todo lo que se aprecia o se distingue, estado del alma, angustia, ardor, sufrimiento, enfermedad".

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

3.2.1.2. CAUSAS DE LAS PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES



Fuente: León¹⁵

3.2.1.3. PATOLOGÍAS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

(Norma ASTM D 5340. 2005)⁷

Según la norma ASTM D 5340 Índice de Condición de Pavimentos en Aeropuertos PCI – sujeta que ha desarrollado un listado de patologías para pavimentos asfálticos. Durante las observaciones de campo y la obtención del PCI, a menudo se han expresado numerosas preguntas con respecto a la identificación y el cálculo de las patologías. A continuación se encuentran algunas formas de cómo identificar patologías que son:

- El desgranamiento es el paso posterior a la rotura del pavimento o la pérdida de material cerca de las fallas o uniones.
- Un sellado de fisura se encuentra en situaciones satisfactorias si es seguro. Un sello intacto advierte que el agua y los materiales densos entran en la fisura.
- Si una fractura no tiene el mismo valor de insensibilidad en todo su ancho, cada

parte de la fisura con diferentes grados de severidad debe registrarse por separado. Sin apropiación, si los diferentes grados de inclemencia en una porción no pueden eliminarse rápidamente, esa porción se considera el rango de la mayor insensibilidad que está presente.

- Si se exhiben en la misma área, "piel de cocodrilo" y "ahuellamiento" cada uno debe ser explorado con sus respectivos niveles de severidad.

- Si se busca la "exudación", los "pulimento de agregados" no se cuentan para el área en sí.

- El "agrietamiento en bloque" encierra todas las "grietas longitudinales y transversales" en el sitio; sin embargo, la "reflexión de juntas" se registra de forma aislada.

- No se debe reconocer ninguna patología que involucre grietas ubicadas en un área con baches; sin embargo, los artículos en el parche son apreciados por la audacia del nivel de severidad de los mismos.

- Para pensar el "pulimento de agregado" se debe demostrar un número significativo.

- Realizar una intervención para determinar el PCI inmediatamente de que haya formado un tratamiento superficial no sería relevante, ya que dicho tratamiento encubre las patologías existentes.

- Un proceso de tipo superficial que se está despegando o desarmando debe registrarse como "desprendimiento de agregados".

- Se dice que un impedimento constituye un "objeto extraño que puede causar daño" (FOD) cuando existe un riesgo potencial de que el material suelto o roto pueda ser ingerido por los motores o cuando hay un evento en el que el material se cae debido al tráfico.

3.2.2. PAVIMENTO

Rodríguez⁸ menciona que de acuerdo a la Norma AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), existen dos puntos de vista para definir un pavimento: el de la Ingeniería y el del usuario.

Según la ingeniería, el pavimento es un mecanismo estructural que está armado en toda su superficie en el terreno de la fundación llamado subrasante. Esta capa debe estar dispuesta para soportar un sistema de capas de diferentes paquetes, llamado volumen estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un período de tiempo explícito.

Desde el punto de vista del usuario, el pavimento es una franja que debe proporcionar bienestar y seguridad cuando pasa sobre él. Debe aportar un servicio de calidad, de una forma que influya efectivamente en el estilo de vivir de las personas. Otros contextos necesarios para responder al trabajo apropiado de un pavimento son el espaciado del camino; la característica horizontal y vertical determinada por el bosquejo geométrico; y el vínculo apropiado entre el vehículo y el pavimento, incluso en condiciones húmedas.

Para Montejo¹⁰, un pavimento es una estructura diseñada con la capacidad de absorber las fuerzas causadas por la acción de la circulación de vehículos, o cualquier otra carga en movimiento, durante el período de tiempo para el cual ha sido diseñado. Cuando hay un aumento en el tráfico o el curso de diseño de un pavimento ha prevalecido, es cuando se produce el deterioro que puede ser muy variado, que generalmente se manifiesta por la pérdida de tonicidad del pavimento. De esta calidad, es necesario tener una idea clara del conocimiento del pavimento, que se mencionará a continuación.

3.2.2.1. DEFINICIÓN

Mora¹¹: Menciona que el pavimento es una estructura concisa o combinada que tiene una superficie normalmente lisa, predestinada al transporte de personas, animales y / o vehículos. Su disposición es una mezcla de cimientos, firmes y recubrimientos, ubicada en un terreno resistente a las cargas, a los agentes climatológicos y a los efectos abrasivos del tráfico.

Zagaceta y Romero¹²: Se conoce como pavimento para el conjunto de capas de materiales seleccionados que reciben directamente las cargas de tráfico y las transfieren a las capas inferiores, distribuyéndolas con similitud para tener una operación rápida y cómoda.

3.2.2.2. CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS

La ausencia o sustitución de una o varias de estas capas se debe a diversos componentes, como, por ejemplo, el sustento de la subrasante, la diversidad del material que se utilizará, la intensidad de tráfico, entre otros.

Por esta razón, pueden identificarse 3 tipos de pavimentos, que se diferencian principalmente por el paquete estructural que presentan⁸:

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

a) Pavimento flexible

También llamado pavimento asfáltico, el pavimento flexible está conformado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que la estructura falle. Luego, debajo de la carpeta, se encuentran la base granular y la capa de subbase, destinadas a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito. Finalmente está la subrasante que sirve de soporte a las capas antes mencionadas.

Para Montejo¹⁰, es el pavimento que tiene en su parte superior una carpeta bituminosa, apoyada sobre dos capas granulares, denominadas base y sub base.

Para Garcés¹³, los pavimentos flexibles están formados por una carpeta de asfalto soportada sobre una o varias capas de gran flexibilidad (admiten grandes deformaciones sin romperse bajo la aplicación de la carga) que transmite las tensiones al terreno de apoyo distribuyéndolas por medio de un mecanismo de disipación de tensiones, que gradualmente disminuyen con la profundidad.

El pavimento flexible es más barato en su construcción inicial, cuenta con un período de vida de entre 10 y 15 años, pero requiere mantenimiento periódico para consumarse con su vida útil.

Figura 2. 1: Estructura de un pavimento flexible



Fuente: Portillo G (2015)

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 la resistencia de las losas, por

lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejercen poca influencia en el diseño del espesor del pavimento¹⁴.

Figura 2. 2: Estructura de un pavimento rígido



Fuente: Portillo G (2015)

Estructura conformada por capas (multicapa) destinada a:

- Resistir y distribuir los esfuerzos verticales producidos por el tráfico hacia la capa de cimentación (subrasante).
- Mejorar las condiciones de rodadura en términos de comodidad y seguridad.
- Resistir tensiones horizontales haciendo que la superficie de rodadura sea más duradera.

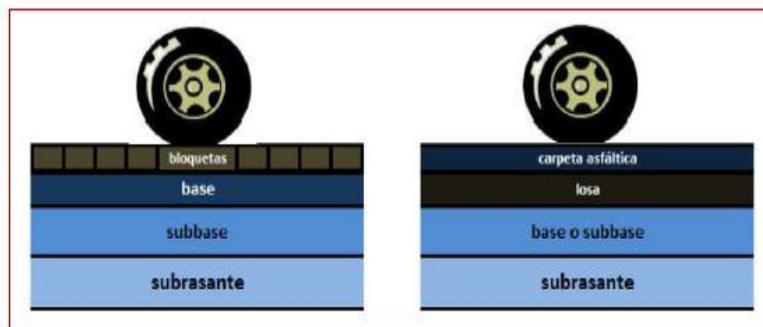
c) Pavimento híbrido

El pavimento híbrido también se conoce como pavimento mixto, y es una mezcla de flexible y rígida. Por ejemplo, cuando se colocan bloquetas de concreto en lugar de carpeta asfáltica, existe un tipo de pavimento híbrido.

El objetivo de este tipo de pavimento es reducir la velocidad límite de los vehículos, ya que los bloques provocan una ligera vibración en los automóviles al conducir sobre ellos, lo que requiere que el conductor mantenga una velocidad máxima de 60 km / h. Es ideal para zonas urbanas, ya que garantiza seguridad y bienestar a los usuarios.

Otro ejemplo de pavimento mixto, son aquellos pavimentos de extensión de asfalto cimentados sobre pavimento rígido.

Figura 2. 3: Estructura de un pavimento mixto



Fuente: Rodríguez E (2009)

3.2.2.3. ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN PAVIMENTO FLEXIBLE

Coronado⁶, los pavimentos flexibles son aquellos que están integrados por una superficie de rodadura generalmente soportada en capas no rígidas, la base, la sub-base y el sub-grado que se describen a continuación:

a) **Sub-rasante**

Es la cobertura del suelo de una vía que se superpone a la estructura del pavimento y se ensancha a una profundidad que no afecta la carga de diseño que corresponde al tráfico esperado.

El grosor del pavimento dependerá en gran medida de la característica del subsuelo, por lo que debe desempeñar con los requisitos de severidad, impenetrabilidad e inmunidad a la expansión y contracción debido a los factores de 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

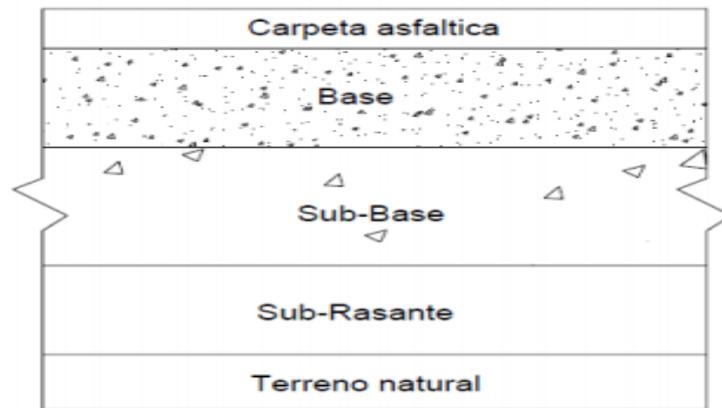
Es la capa de pavimento que tiene como función primordial distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la sub-base y a través de ésta a la sub-rasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura.

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. 4: Estructura de un pavimento flexible



Fuente: Humpiri Pineda Katia (2015)

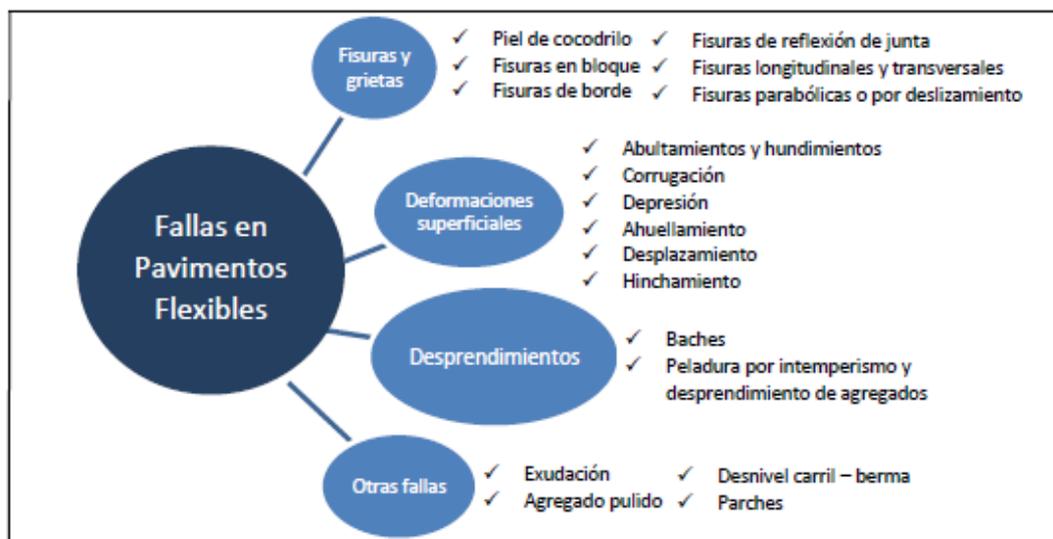
3.2.2.4. FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

Las fallas son el resultado de interacciones complejas de diseño, materiales, construcción, tráfico vehicular y el medio ambiente. Estos factores combinados son la causa del deterioro progresivo del pavimento, situación que se ve agravada por la falta de mantenimiento adecuado de la carretera.

Hay dos tipos de fallas: estructurales y funcionales. Los primeros son aquellos que causan un deterioro en el paquete de pavimento estructural, disminuyendo la cohesión de las capas y afectando su comportamiento frente a cargas externas. Las fallas funcionales, por otro lado, afectan la transitabilidad, es decir, la calidad aceptable de la superficie de la carretera, la estética de la pista y la seguridad que proporciona al usuario.

A continuación se detallan algunas de las fallas más comunes que afectan a los pavimentos urbanos flexibles, que también se consideran dentro del método PCI.¹¹

Figura 2. 5: Fallas en pavimentos flexibles



Fuente: Rodríguez E (2009)

a) Piel de cocodrilo

La piel de cocodrilo es un conjunto de fisuras interconectadas que forman polígonos irregulares, de hasta 0.5 m de longitud en el lado más largo. El patrón es parecido a la piel de un cocodrilo, de ahí el nombre de esta falla.

También llamada agrietamiento por fatiga, la piel de cocodrilo se produce en áreas sujetas a repeticiones de carga de tráfico, tales como las huellas de las llantas de los vehículos.

El agrietamiento se origina en el fondo del paquete asfáltico, en la base, donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son elevados. De ahí, las grietas se propagan hacia la superficie como una serie de fisuras longitudinales paralelas, que luego se conectan formando varias piezas.

Otra causa que contribuye a que se produzca este tipo de patología, es el envejecimiento del ligante asfáltico, que trae consigo la pérdida de flexibilidad del pavimento.

Figura 2. 6: Piel de cocodrilo



Fuente: Rodríguez E (2009)

b) Exudación

La exudación es una película de material bituminoso que se extiende sobre un área determinada del pavimento, creando una superficie brillante, resbaladiza y reflectante que generalmente se vuelve pegajosa (durante el clima cálido).

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

La exudación ocurre durante el clima 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 clima frío, el asfalto se acumulará en la superficie⁸.

Figura 2. 7: Exudación



Fuente: Rodríguez E (2009)

c) Agrietamiento en bloque

Este tipo de patología puede ocurrir en partes largas del área del pavimento o sobre aquellas áreas donde no hay tráfico; es por eso que las fisuras de bloques no están asociadas con cargas externas de carga vehicular.

El agrietamiento en bloque es causado principalmente por la contracción del concreto asfáltico y por la variación de temperatura, que causa ciclos diarios de tensión / tensión. Esta falla indica que el asfalto se ha endurecido significativamente⁸.

Figura 2. 8: Agrietamiento en bloque



Fuente: Rodríguez E (2009)

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 vía.

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

- Losas levantadas del 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 acaparamiento de material en una falla en combinación con cargas de tráfico.
- Expansión de la base del suelo.
- Deficiencias en el drenaje del paquete de pavimento estructural.

Si las protuberancias aparecen en un patrón perpendicular al flujo de tráfico y están separadas entre sí a menos de 3,00 m, la falla se denomina corrugación. Por otro lado, si aparecen en grandes áreas de la superficie del pavimento, causando depresiones grandes y largas, la falla se llama hinchamiento⁸.

Figura 2. 9: Abultamiento y hundimiento



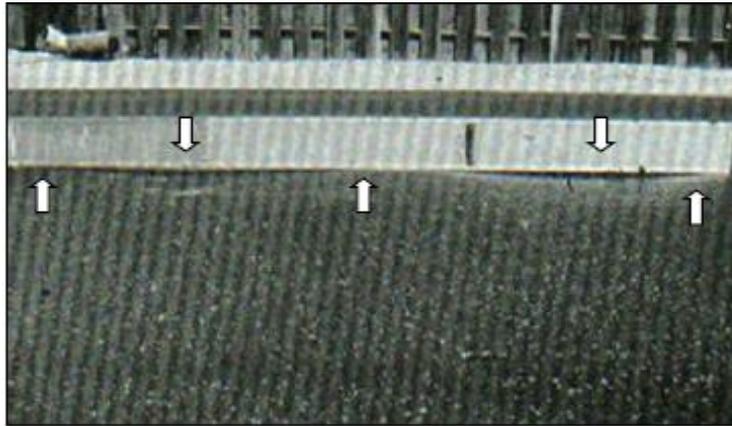
Fuente: Rodríguez E (2009)

e) Corrugación

La corrugación es una serie de ondulaciones formadas por picos y depresiones muy cercanas entre sí y espaciadas a intervalos bastante regulares (generalmente menos de 3,00 m) a lo largo del pavimento. Los picos son perpendiculares a la dirección del tráfico.

Este tipo de falla es causada por la acción del tráfico vehicular combinado con la inestabilidad de las capas superficiales o la base del pavimento⁸.

Figura 2. 10: Corrugación



Fuente: Rodríguez E (2009)

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)⁸.

Figura 2. 11: Depresión



Fuente: Rodríguez E (2009)

g) Grieta de borde

Las grietas 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 grieta y el borde del pavimento se encuentra agrietada, entonces pueden producirse desprendimientos, llegando al punto en que los fragmentos pueden removerse⁸.

Figura 2. 12: Grieta de borde



Fuente: Rodríguez E (2009)

h) Desnivel carril – Berma

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

Esta patología 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.

Figura 2. 13: Desnivel carril-berma



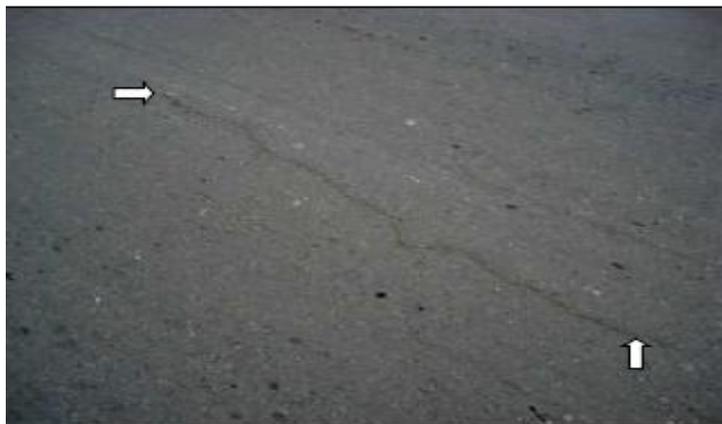
Fuente: Rodríguez E (2009)

i) Grietas longitudinales y transversales

Las grietas 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.
- Grietas 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 deteriorados.
- Gradiente térmico superior a los 30° C que produce ciclos de expansión - contracción de la mezcla asfáltica.

Figura 2. 14: Grietas longitudinales y transversales



Fuente: Rodríguez E (2009)

j) Parcheo

Un parcheo 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 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.

Figura 2. 15: Parcheo



Fuente: Rodríguez E (2009)

k) Pulimento de agregados

El pulimento de agregados 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.

Figura 2. 16: Pulimento de agregados



Fuente: Rodríguez E (2009)

1) Huecos

Los huecos son pequeños agujeros (depressiones) en la superficie del pavimento de menor diámetro a 750 mm. Tienen bordes agudos y lados verticales cerca de la parte superior de la falla.

Los huecos pueden ser causados por un conjunto de factores:

- Grietas en la piel del cocodrilo de alta severidad, lo que causa fatiga y causa la desintegración de la superficie de rodadura.
- Defectos constructivos.
- Sub-drenaje inadecuado.
- Mal diseño del paquete estructural.

Figura 2. 17: Huecos



Fuente: Rodríguez E (2009)

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.

Figura 2. 18: Ahuellamiento



Fuente: Rodríguez E (2009)

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

Figura 2. 19: Desplazamiento



Fuente: Rodríguez E (2009)

o) Grieta parabólica

Las grietas parabólicas 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 grietas 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.

Figura 2. 20: Grieta parabólica



Fuente: Rodríguez E (2009)

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.

Figura 2. 21: Hinchamiento



Fuente: Rodríguez E (2009)

q) Desprendimiento de agregados

El desprendimiento del agregado pétreo, hace referencia a partículas de agregado sueltas o removidas.

Indica que el ligante asfáltico ha sufrido un endurecimiento considerable o que la mezcla es de baja 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.

Figura 2. 22: Desprendimiento de agregados



Fuente: Rodríguez E (2009)

3.2.2.5. 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 encuentre¹⁵.

3.2.2.6. 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 proyecto¹⁵.

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 mayores¹⁵.

3.2.2.7. 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 objetiva¹⁵.

3.2.2.8. 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 corrección¹⁶. De esta manera, se deberá valorar la calidad funcional, 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 tránsito:

- **Leve, (L):** 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 incomodidad¹⁷.
- **Moderado, (M):** las vibraciones del vehículo son significativas y se requiere una reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; los baches individuales o hundimientos causan un rebote

significativo creando incomodidad¹⁷.

- **Alto, (H):** las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que la velocidad debe reducirse considerablemente en aras de la comodidad y la seguridad; Las protuberancias o las combaduras individuales provocan un rebote excesivo del vehículo, lo que crea una incomodidad considerable o un alto riesgo de peligro o daños graves en el vehículo. ¹⁷.

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

Las secciones del pavimento cerca de las señales de parada deben clasificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal.

3.2.2.9. 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.

3.2.2.10.ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI – PAVEMENT CONDITION INDEX)

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.

Tabla 1.2. Rangos de Clasificación del PCI

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

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de una encuesta visual de la condición de pavimento en el cual se establecen su tipo, severidad y cantidad que presenta cada daño.

3.2.2.11. OBJETIVOS DEL PCI

Los objetivos que se persiguen con la aplicación del Método PCI son¹⁵:

- 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.

3.2.2.12. TERMINOLOGÍA

A continuación se definen los principales términos utilizados en el método, que son de vital importancia para la comprensión y correcta aplicación del mismo⁸.

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 m², 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.

3.2.2.13. 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. 23: Odómetro Manual



Fuente: Rodríguez 2009

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

Figura 2. 24: Regla de aluminio



Fuente: Rodríguez 2009

Conos de seguridad vial. Para encerrar el área de calle en estudio, ya que el tráfico significa un peligro para los inspectores que tienen que recorrer sobre el pavimento.

Figura 2. 25: Conos



Fuente: Rodríguez 2009

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

Tabla 2. 1: Hoja de registro de condición de pavimento

METODO PCI		Nivel de Severidad:		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE		Alto =H		
HOJA DE REGISTRO		Medio =M		
		Bajo =L		
Nombre de la vía:	Sección:	Unidad muestra		
Ejecutor:	Fecha:	Área:		
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	18. Fisura parabólica	
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 intemp. desprendimiento de	
4. Abultamientos y hundimientos agregados	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento		
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento		
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO

Fuente: Rodríguez 2009

3.2.2.14. 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.

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

Donde:

e = Error admisible en el cálculo del PCI de la sección ($e = \pm 5$ puntos del PCI)

σ = 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:

$$PCI_S = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N}$$

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 evaluadas debe ser calculado mediante la siguiente fórmula 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.

3.2.2.15. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN

- a) Inspeccionar individualmente cada unidad de muestra seleccionada.
- b) Registrar la sección y el número de sección, así como el número y tipo de unidad de muestra (aleatorio o adicional).
- c) Registrar el tamaño de la unidad de muestra.
- d) Realizar la inspección de las fallas, cuantifique cada nivel de severidad y registre la información obtenida.
- e) El método de medición se detalla en la descripción de cada patología.
- f) Repetir este procedimiento para cada unidad de muestra que se inspeccionará.

3.2.2.16. CÁLCULO DEL PCI PARA PAVIMENTO FLEXIBLE

Etapa 1. Cálculo de los valores deducidos (DV)

- Sumar la cantidad total de cada tipo de patología para cada nivel de severidad. La patología puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.
- Dividir la cantidad total de cada tipo de patología 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 la patología.
- Determinar el valor deducido para cada tipo de patología y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” para pavimento flexible.

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:

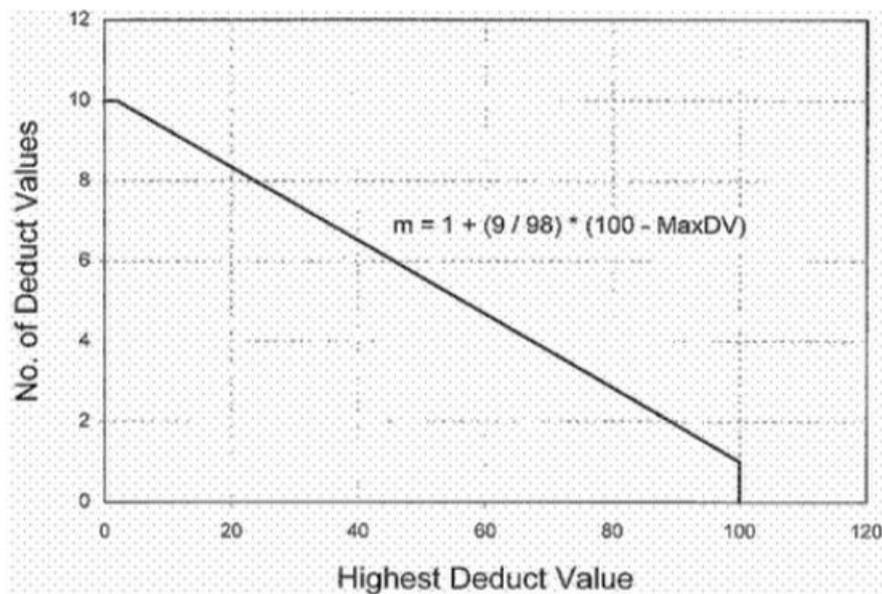
$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100.00 - HDV_i)$$

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. 26: Ajuste del número de valores deducidos



Fuente: Rodríguez 2009

Etap 3. Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV)

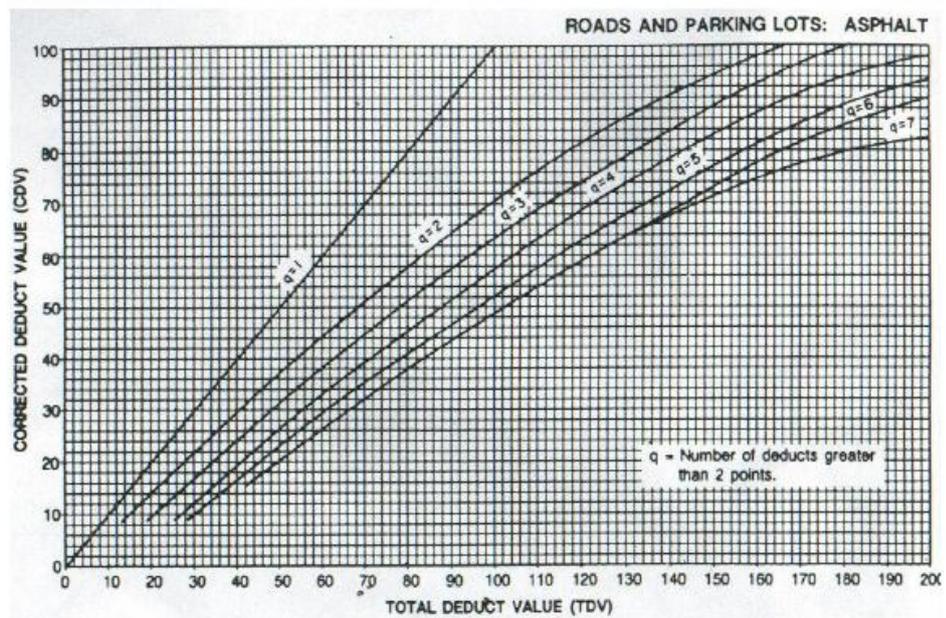
- Si ninguno o solo un valor individual deducido es mayor que 2%, el valor total deducido se usa en lugar del valor deducible máximo corregido (CDV) para

determinar el PCI; de lo contrario, el CDV máximo debe determinarse utilizando los pasos:

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

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

Figura 2. 27: Curvas de corrección para pavimentos de asfaltos



Fuente: Rodríguez 2009

- 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:

$$PCI = 100 - \text{máx. } CDV$$

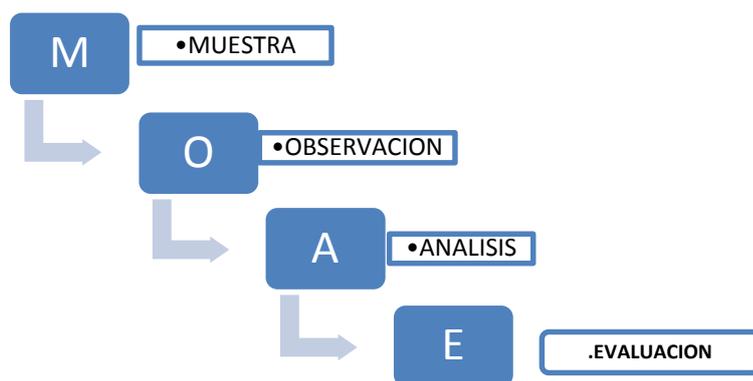
IV. METODOLOGÍA

4.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

- a) Se estudiará la forma de aplicar la evaluación y seguimiento de pavimentos empleando el método PCI. Para el cálculo de los resultados se utilizará una planilla de cálculo Excel.
- b) La valoración se elaborará de forma visual y personalizada. Todo lo investigado se ejecutará de modo manual, no se hará uso de software.
- c) La metodología que se utilizará, para el proceso del proyecto serán: Selección de antecedentes preliminares:
 - En esta etapa se ejecutará la búsqueda, la clasificación, estudio y conformidad de las fichas existentes de dicha investigación, los cuales serán ventajosos para demostrar dicho plan.

El muestreo se determinará tomando la A.V Marcavelica con Prolongación Miguel Grau y Avenida Circunvalación.

El diseño se ejecutó de la siguiente manera:



4.1.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El estudio a realizarse, es de tipo descriptivo, porque representa el escenario sin modificarlo.

Es No experimental ya que para desarrollar el problema no se hace uso de laboratorio.

Es de corte transversal porque se analiza en un período único, Octubre 2017.

4.2. UNIVERSO Y MUESTRA

4.2.1. EL UNIVERSO

En el siguiente informe, el Universo estará comprendido por los pavimentos existentes en Piura.

4.2.2. POBLACIÓN O MUESTRA

-Se seleccionará toda la A.V Marcavelica con Prolongación Miguel Grau y AV. Circunvalación - Piura, para ser evaluadas.

El muestreo se realizará como se menciona a continuación:

- Identificar tramos o áreas en el pavimento flexible con distintos usos de división de la red, tales como vías y estacionamientos.

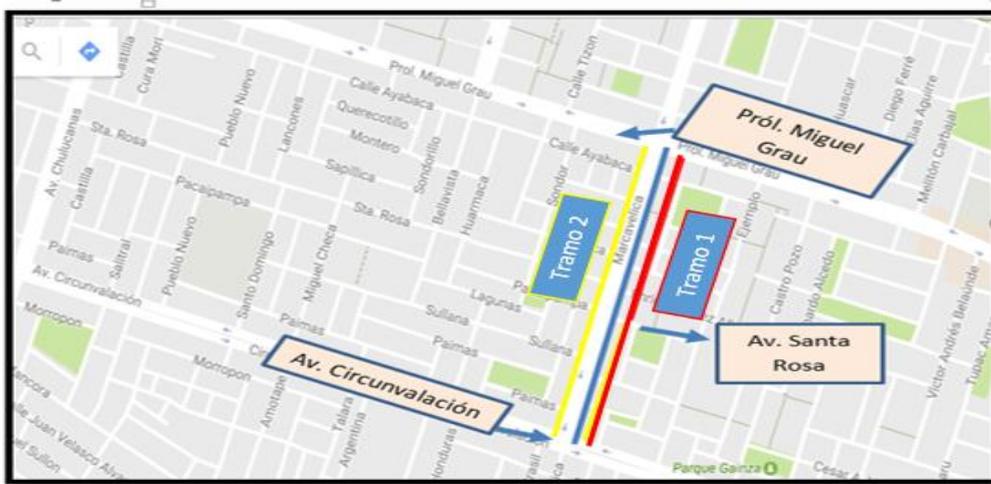
Se ha definido como red de pavimento, a 1097.4 metros de pavimento flexible que pertenecen a la Av. Marcavelica.

Dentro de ese sistema, se encuentran dos trayectos de pavimento, que son los 548.7 metros de pista correspondiente desde la Av. Prolongación Miguel Grau hasta Av. Circunvalación.

Como muestra la figura 4.1, se ha llamado tramo 1 al carril derecho de la

pista que empieza desde la Av. Circunvalación hasta la Prolongación Av. Miguel Grau, señalado de color rojo; y como tramo 2 al carril izquierdo que empieza desde la Prolongación Av. Miguel Grau hasta Av. Circunvalación señalado de amarillo.

Figura 4. 1: Avenida Marcavelica



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: manual del PCI

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 6.5 metros corresponde una longitud de 35.4 metros.

$$N = \frac{1097.4}{35.4} = 31$$

Aplicando la siguiente fórmula obtenemos 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 se cogerán cada tres unidades hasta completar la muestra a estudiar.

4.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>“Determinación y estimación de las patologías en Pavimento flexible de la Avenida Marcavelica Con Prolongación Miguel Grau Y Av. Circunvalación - Piura, Octubre 2017”</p>	<p>Patología procede según la Real Academia Española (1983) del griego “pathos” enfermedad y “logos” estudio, al trasladar el término “patología” al campo del conocimiento de la ingeniería civil se conserva la dependencia semántica, de forma equivalente como se manifiestan los malestares en los seres vivos se observan deterioros en las edificaciones, frente a estos inconvenientes se aprenden los síntomas, componentes, los fundamentos y los orígenes de los</p>	<p>Tipo patologías que presenta la Av. Marcavelica como:</p> <ul style="list-style-type: none"> *Piel de cocodrilo *Exudación *Agrietamiento en bloque *Abultamiento y hundimiento *Corrugación *Depresión *Grieta de borde *Grieta de reflexión de junta *Desnivel carril/berma *Grietas long. Y Transversales *Parcheo 	Variabilidad	Tipo de presencia de las patologías.
			Clase de falla	Nivel de severidad
			Grado de afectación	-Bajo -Medio -Alto

	<p>desperfectos para crear un análisis. En general, la patología de la arquitectura es la disciplina que estudia e identifica las molestias que demuestran los sistemas benéficos en su exterior y funcionalidad. Díaz, P(2014)</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Pulimiento de agregados *Huecos *Cruce de vía férrea *Ahuellamiento *Desplazamiento *Grieta parabólica *Hinchamiento *Desprendimiento de agregados 		
--	---	--	--	--

4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

La estimación fue visual y como herramienta de recolección fue la recopilación de datos.

La apreciación de la condición incluyó los siguientes aspectos:

Instrumento

- Hoja de registro de datos

Equipo:

- _ Cámara fotográfica
- Regla de aluminio
- wincha para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- Conos de seguridad vial: Para cercar el área de calle en estudio, dado que el tránsito de vehículos significa peligro para los inspectores que tienen que trasladarse sobre el pavimento.
- Plano de distribución: Plano donde se esquematiza el tramo de pavimento que será evaluada.

También se utilizó los siguientes programas.

-Excel

-Word

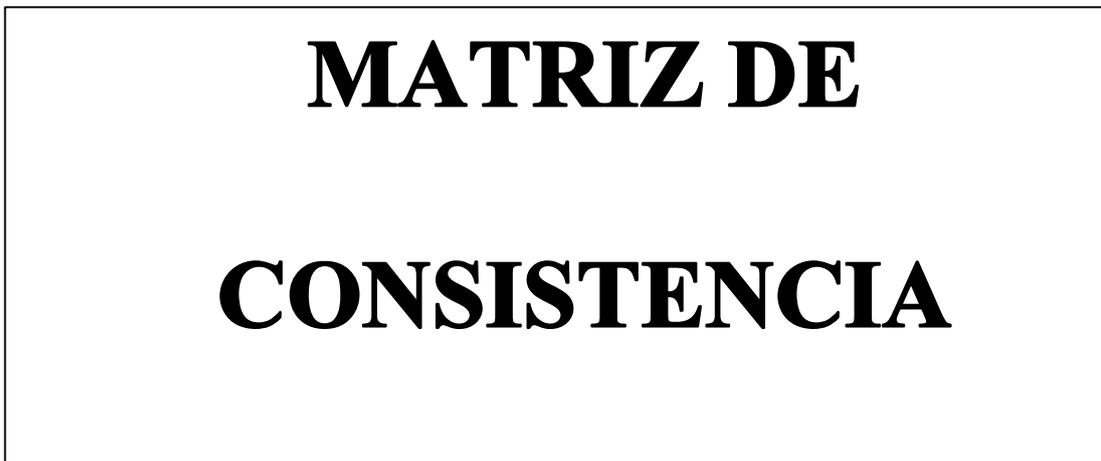
-Estadística

4.5. PLAN DE ANÁLISIS

Los resultados estarán dados por lo siguiente:

- La Ubicación del plano de estudio.
- Inspeccionar cada componente de muestra seleccionada.
- Registrar el trayecto, número de sección y unidades representantes de la muestra.
- Realizar la inspección de los tipos de patologías, cuantificando cada nivel de severidad y llenando la información adquirida en las fichas de registro.
- Nivel de PCI.

4.6. MATRIZ DE CONSISTENCIA



PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>Enunciado del problema</p> <p>¿En qué medida la determinación y evaluación de las patologías en pavimentos nos permitirá obtener el índice de integridad estructural del pavimento flexible y condición operacional de la av. Marcavelica con prolongación Miguel Grau y Avenida Circunvalación - Piura, Octubre 2017?</p> <p>Caracterización del problema</p> <p>Se puede apreciar que la pista se encuentra en malas condiciones, las orígenes de los perjuicios y deterioros en ella son numerosas y de variados orígenes, químicos y físicos, presentando otros inconvenientes como errores de diseño, mal proceso durante la construcción o los malos efectos que trae el envejecimiento.</p> <p>Las patologías que más resaltan en la Av. Marcavelica se presentan siempre en toda obra de pavimento flexible, en algunos casos con pocas presencias y en otros con mayor relevancia causando malestar en la sociedad, por tal motivo es inevitable establecer las patologías en los pavimentos asfálticos.</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar y evaluar las patologías existentes en el pavimento flexible de la Avenida. Marcavelica.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar el tipo de patologías que existen en la pista de la Av. Marcavelica. • Evaluar la condición operacional de la superficie de la pista de la Avenida. Marcavelica, distrito de Piura. 	<p>Variable independiente: determinación y evaluación del pavimento.</p> <p>Variable dependiente: Índice de condición del pavimento.</p>	<p>En general la investigación a realizarse, será del tipo descriptivo, porque representa el escenario sin alterarlo.</p> <p>Es No experimental dado que para desarrollar el problema no se necesita laboratorio.</p> <p>Se desarrollara siguiendo la técnica de observación directa.</p> <p>La evaluación a realizar será de tipo visual y personalizada.</p> <p>Las herramientas que se manejarán para la recopilación de datos serán las hojas de inspecciones de diferentes elementos, cámara fotográfica muy importante ya que mediante ésta podemos demostrar imágenes de las anomalías presentes en la Av. Marcavelica.</p>

4.7. PRINCIPIOS ÉTICOS

Como Ingenieros Civiles, estaremos para servir a la sociedad, asumiendo como compromiso el brindar apoyo al bienestar humano, dando principal importancia a la seguridad y adecuado uso de patrimonios en cada labor profesional que nos sean asignadas.

❖ Como Ingenieros Civiles, debemos promover y proteger la integridad, la honestidad y la seriedad de nuestra profesión, ofreciendo con lealtad al público, a nuestros empleadores y clientes, esforzándonos por aumentar el prestigio y la eficacia de la ingeniería, además de brindar nuestro apoyo a las organismos profesionales y académicas.

❖ Así mismo como principios éticos, debemos cumplir con:

a) La Reciprocidad con la humanidad:

Mostraremos todo el esfuerzo por ampliar y transformar con propósitos que favorezcan a la sociedad, así como garantizar o autorizar planos, memorias, investigaciones.

b) La Relación con la población:

Los informes que se presenten serán sencillos y prácticos de entender, teniendo justificación sensata de las medidas que se adopten, así mismo capacitarse seguidamente con el fin de desarrollar proyectos transformadores y rentables para la sociedad.

c) La Competencia y Perfeccionamiento:

Podremos desarrollar trabajos de ingeniería cuando se tenga la noción y la experiencia necesaria, caso contrario debemos actualizarnos constantemente de las cuestiones según nuestro ámbito de estudio, asistiendo a cursos, seminarios, congresos, diplomados, etc.

d) El ejercicio profesional:

Podremos dar a demostrar nuestros servicios de manera original, dando a conocer los trabajos que estuvimos o estamos realizando.

El trato con los colegas:

Los profesionales que laboren para la zona pública pueden dar su opinión si lo consideran necesario, sin perjudicar la imagen del autor del proyecto ni siquiera de querer apoderarse del mismo.

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
Muestra 1				
4-Abultamientos y Hundimientos	3.0	1.5	4.5	LEVE
10-Grietas Long. Y Transversal	7.0		7.0	LEVE
13-Huecos	0.99	0.69	0.7	ALTO
19-Desprendimiento de Agregados	35.4	5.8	200.1	ALTO
Muestra 2				
4-Abultamientos y Hundimientos	2.5	2.0	5.00	ALTO
19-Desprendimiento de Agregados	35.4	3.5	123.90	ALTO
Muestra 3				
19-Desprendimiento de Agregados	22.0	3.2	70.4	MODERADO
Muestra 4				
19-Desprendimiento de Agregados	35.4 35.26	2.4 4	84.96 141.04	ALTO ALTO
Muestra 5				
13-Huecos	0.6	0.9	0.54	MODERADO
Muestra 6				
11-Parqueo	11.0	1.0	11.0	MODERADO
13-Huecos	0.85	0.9	0.765	ALTO
Muestra 7				
13-Huecos	0.9	0.7	0.63	ALTO
Muestra 8				
11-Parqueo	6.00	1.00	6.00	LEVE
13-Huecos	1.40	1.10	1.54	LEVE
Muestra 9				
10-Grietas Long. Y Transversal	10.0		10.0	LEVE
13-Huecos	0.3	0.5	0.15	LEVE
19-Desprendimiento de Agregados	10	1.05	10.5	LEVE
19-Desprendimiento de Agregados	29	1.016	29.5	LEVE
Muestra 10				
13-Huecos	0.9	0.4	0.36	MODERADO
19-Desprendimiento de Agregados	10.5	12.0	126.0	ALTO
19-Desprendimiento de Agregados	6.5	10.0	65.0	ALTO
Muestra 11				
13-Huecos	0.9	0.5	0.45	MODERADO
13-Huecos	0.85	0.2	0.17	ALTO
19-Desprendimiento de Agregados	25.4	4.0	101.6	ALTO
19-Desprendimiento de Agregados	35.4	2.5	88.5	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									
NOMBRE DE LA VIA					UNIDAD DE MUESTREO			ESQUEMA	
AV.MARCAVELICA ENTRE PROLONGACION MIGUEL GRAU Y AV. CIRCUNVALACIÓN					U-1				
INSPECCIONADO POR					AREA DE MUESTREO				
DIOS NOE CHUMACERO PAZ					230.1				
FECHA					PROG. FINAL				
15/10/2017		PROG. INICIAL		0+35.4	PROG. FINAL		0+35.4		
Nº	DAÑO					Nº	DAÑO		
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	SEÑAL	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
4	L	4.5					4.5	1.96	5.00
10	L	7					7	3.04	37.00
13	H	0.7					0.7	0.30	19.00
19	H	200.1					200.1	86.96	50.00

Para encontrar los CDV utilizamos la siguiente formula:

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - 50) = 5.6$$

Nº	VALORES DE DUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	50.00	37.00	19.00	5.00	0.00	0.00	0.00	111.00	4	63.00
2	50.00	37.00	19.00	2.00				108.00	3	67.00
3	50.00	37.00	2.00	2.00				91.00	2	65.00
4	50.00	2.00	2.00	2.00				56.00	1	56.00
									MAXIMO CDV	67.00
									PCI	33.00
									ESTADO	MALO

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

$$D = \frac{4.5}{230.1} \times 100 = 1.9556 = 1.96$$

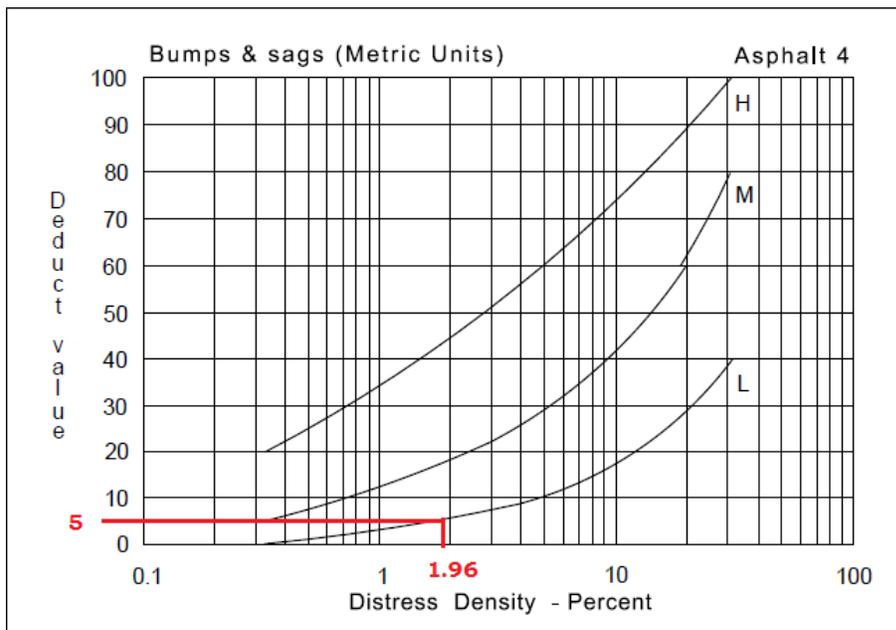
$$D = \frac{7}{230.1} \times 100 = 3.04$$

$$D = \frac{0.7}{230.1} \times 100 = 0.30$$

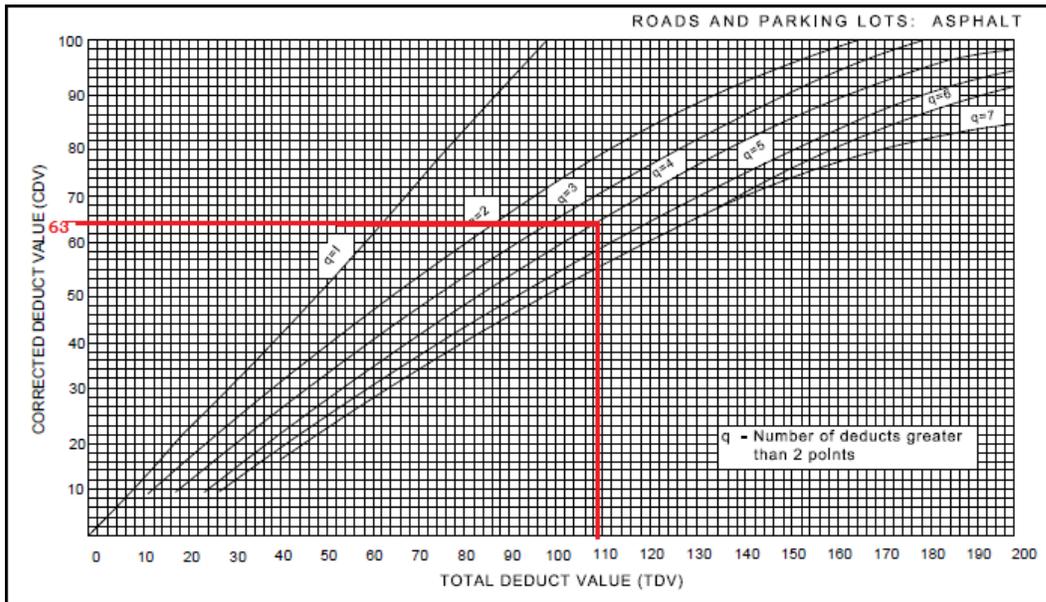
$$D = \frac{200.1}{230.1} \times 100 = 86.96$$

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

Valor deducido para Abultamiento y Hundimiento



El valor deducido corregido se halla a través de las curvas de corrección para pavimentos



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

$$PCI = 100 - \max. CDV$$

$$PCI = 100 - 65 = 35$$

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

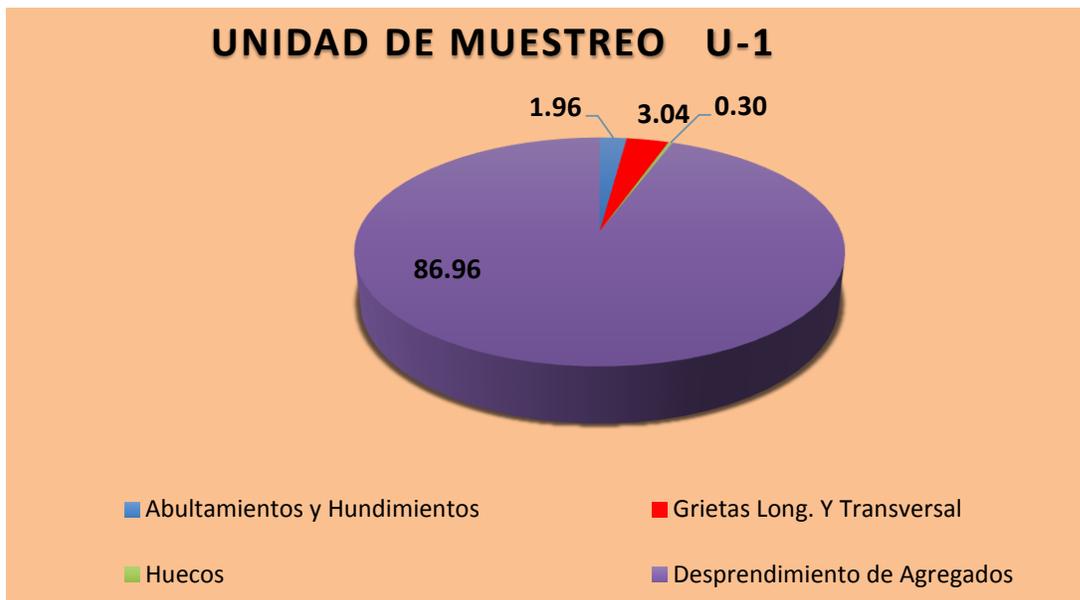
Se puede observar que el PCI se ubica en estado malo.

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

UNIDAD DE MUESTREO U-1		
Nº	DAÑO	
4	Abultamientos y Hundimientos	1.96
10	Grietas Long. Y Transversal	3.04
13	Huecos	0.30
19	Desprendimiento de Agregados	86.96
	Pavimento en buen estado	7.74
		100.00

Fuente: Elaboración propia

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																																																			
NOMBRE DE LA VIA					UNIDAD DE MUESTREO			ESQUEMA																																											
AV.MARCAVELICA ENTRE PROLONGACION MIGUEL GRAU Y AV. CIRCUNVALACIÓN					U-2																																														
INSPECCIONADO POR					AREA DE MUESTREO																																														
DIOS NOE CHUMACERO PAZ					230.1																																														
FECHA					PROG. INICIAL					PROG. FINAL																																									
15/10/2017					0+106.2			0+141.6																																											
<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																																										
4	H	5					5	2.17	8.30																																										
19	H	123.9					123.9	53.85	42.00																																										

Para encontrar los CDV utilizamos la siguiente formula:

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - 42) = 6.3$$

Nº	VALORES DE DUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	42.00	8.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.30	2	37
2	42.00	2.00						44.00	1	49
									MAXIMO CDV	49.00
									PCI	51.00
									ESTADO	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

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

UNIDAD DE MUESTREO U-2		
4	Abultamientos y Hundimientos	2.17
19	Desprendimiento de Agregados	53.85
	Pavimento en buen estado	44.0
		100.00

Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

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

UNIDAD DE MUESTREO U-3		
19	Desprendimiento de Agregados	30.60
	Pavimento en buen estado	69.40
		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																																																			
NOMBRE DE LA VIA					UNIDAD DE MUESTREO			ESQUEMA																																											
AV.MARCAVELICA ENTRE PROLONGACION MIGUEL GRAU Y AV. CIRCUNVALACIÓN					U-4																																														
INSPECCIONADO POR					AREA DE MUESTREO																																														
DIOS NOE CHUMACERO PAZ					230.1																																														
FECHA					PROG. INICIAL					PROG. FINAL																																									
15/10/2017					0+318.6			0+354																																											
<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	84.96	141.04				226	98.22	53.00																																										

Para encontrar los CDV utilizamos la siguiente formula:

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - 53) = 5.3$$

Nº	VALORES DE DUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	53.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	53.00	1	54
2										
									MAXIMO CDV	54.00
									PCI	46.00
									ESTADO	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

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

UNIDAD DE MUESTREO U-4		
19	Desprendimiento de Agregados	98.22
	Pavimento en buen estado	1.78
		100

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																																																			
NOMBRE DE LA VIA					UNIDAD DE MUESTREO			ESQUEMA																																											
AV.MARCAVELICA ENTRE PROLONGACION MIGUEL GRAU Y AV. CIRCUNVALACIÓN					U-5																																														
INSPECCIONADO POR					AREA DE MUESTREO																																														
DIOS NOE CHUMACERO PAZ					230.1																																														
FECHA					PROG. FINAL																																														
15/10/2017		PROG INICIAL			0+424.8		0+460.2																																												
<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																																										
13	M	0.54					0.54	0.23	28.00																																										

Para encontrar los CDV utilizamos la siguiente formula:

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - 28) = 7.6$$

Nº	VALORES DE DUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	28.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.00	1	33.00
2										
									MAXIMO CDV	33.00
									PCI	67.00
									ESTADO	EXCELENTE

Fuente: Elaboración propia

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

UNIDAD DE MUESTREO U-5		
13	Huecos	0.23
	Pavimento en buen estado	99.77
		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																																																			
NOMBRE DE LA VIA					UNIDAD DE MUESTREO			ESQUEMA																																											
AV.MARCAVELICA ENTRE PROLONGACION MIGUEL GRAU Y AV. CIRCUNVALACIÓN					U-6																																														
INSPECCIONADO POR					AREA DE MUESTREO																																														
DIOS NOE CHUMACERO PAZ					230.1																																														
FECHA					PROG. INICIAL		PROG. FINAL																																												
15/10/2017					0+531		0+566.4																																												
<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																																										
11	M	11					11	4.78	19.00																																										
13	H	0.765					0.765	0.33	34.00																																										

Para encontrar los CDV utilizamos la siguiente formula:

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - 34) = 7.1$$

Nº	VALORES DE DUCIDOS								TOTAL	q	CDV
1	34.00	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	53.00	2	47	
2	34.00	2.00						36.00	1	38	
3											
4											
									MAXIMO CDV	47.00	
									PCI	53.00	
									ESTADO	REGULAR	

Fuente: Elaboración propia

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

UNIDAD DE MUESTREO U-6		
11	Parqueo	4.78
13	Huecos	0.33
	pavimento en buen estado	94.89
		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																																																			
NOMBRE DE LA VIA					UNIDAD DE MUESTREO			ESQUEMA																																											
AV.MARCAVELICA ENTRE PROLONGACION MIGUEL GRAU Y AV. CIRCUNVALACIÓN					U-7																																														
INSPECCIONADO POR					AREA DE MUESTREO																																														
DIOS NOE CHUMACERO PAZ					230.1																																														
FECHA					PROG. INICIAL		PROG. FINAL																																												
15/10/2017					0+637.2		0+672.6																																												
<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																																										
13	H	0.63					0.63	0.27	29.00																																										

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	0.00	29.00	1	30
									MAXIMO CDV	30.00
									PCI	70.00
									ESTADO	BUENO

Fuente: Elaboración propia

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

UNIDAD DE MUESTREO U-7		
19	Desprendimiento de Agregados	0.27
	Pavimento en buen estado	99.73
		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									
NOMBRE DE LA VIA					UNIDAD DE MUESTREO			ESQUEMA	
AV.MARCAVELICA ENTRE PROLONGACION MIGUEL GRAU Y AV. CIRCUNVALACIÓN					U-8				
INSPECCIONADO POR					AREA DE MUESTREO				
DIOS NOE CHUMACERO PAZ					230.1				
FECHA					PROG. FINAL				
15/10/2017		PROG INICIAL		0+743.4	PROG. FINAL		0+778.8		
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 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	L	6					6	2.61	2.50
13	L	1.54					1.54	0.67	68.00

Para encontrar los CDV utilizamos la siguiente formula:

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - 68) = 3.9$$

Nº	VALORES DE DUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	68.00	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	70.50	2	53.00
2	68.00	2.00	0.00					70.00	1	66.00
									MAXIMO CDV	66.00
									PCI	34.00
									ESTADO	MALO

Fuente: Elaboración propia

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

UNIDAD DE MUESTREO U-8		
11	Parcheo	2.61
13	Huecos	0.67
	Pavimento en buen estado	96.72
		100.00

Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

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

UNIDAD DE MUESTREO U-9		
10	Grietas Long. Y Transversal	4.35
13	Huecos	0.07
19	Desprendimiento de Agregados	17.38
	Pavimento en buen estado	78.21
		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																																																			
NOMBRE DE LA VIA					UNIDAD DE MUESTREO		ESQUEMA																																												
AV.MARCAVELICA ENTRE PROLONGACION MIGUEL GRAU Y AV. CIRCUNVALACIÓN					U-10																																														
INSPECCIONADO POR					AREA DE MUESTREO																																														
DIOS NOE CHUMACERO PAZ					230.1																																														
FECHA					PROG. INICIAL					PROG. FINAL																																									
15/10/2017					0+920.4		0+955.8																																												
<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																																										
13	M	0.36					0.36	0.16	7.00																																										
19	H	126	65				191	83.01	92.00																																										

Para encontrar los CDV utilizamos la siguiente formula:

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - 92) = 1.7$$

Nº	VALORES DE DUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	92.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	99.00	2	71
2	92.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00		94.00	1	97
									MAXIMO CDV	97.00
									PCI	3.00
									ESTADO	FALLADO

Fuente: Elaboración propia

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

UNIDAD DE MUESTREO U-10		
13	Huecos	0.16
19	Desprendimiento de Agregados	83.01
	Pavimento en buen estado	16.84
		100.00

Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

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

UNIDAD DE MUESTREO U-11		
13	Huecos	85.15
19	Desprendimiento de Agregados	0.28
	Pavimento en buen estado	14.57
		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 con nivel de severidad **leve** fueron: Abultamiento y hundimiento y grietas longitudinales y transversales.
- Las fallas más influyentes con nivel de severidad **alto** fueron: Huecos y desprendimiento de agregados.

U2

Esta unidad presenta las siguientes fallas:

- Las fallas de nivel de severidad **alto** fueron: Abultamiento y hundimiento.
- Las fallas de nivel de severidad **alto** fueron: desprendimiento de agregados.

U3

Se pudo apreciar las siguientes fallas:

- Las fallas presentes con nivel de severidad **moderado** fueron: desprendimiento de agregados.

U4

Aquí encontramos la siguiente patología:

- La patología de nivel de severidad **alto** fue: desprendimiento de agregados.

U5

Podemos apreciar la siguiente patología:

- La patología con nivel de severidad **moderado** fue: Huecos

U6

Se manifestaron las siguientes patologías:

- La patología con nivel de severidad **moderado** fue: Parches
- La patología con nivel de severidad **alto** fue: Huecos

U7

Obtuvimos la siguiente patología:

- Las patologías de nivel de severidad **alto** fueron: huecos.

U8

Alcanzamos las siguientes patologías:

- Con nivel de severidad **leve** el parcheo
- Con nivel de severidad leve fue huecos.

U9

Nos muestra las siguientes patologías:

- Las fallas con nivel **leve** fueron: grietas longitudinales y transversales, desprendimiento de agregados y huecos.

U10

Apreciamos las siguientes fallas:

- Las patologías con nivel de severidad **moderado** fue: huecos
- Las patologías con nivel de severidad **alto** fue: desprendimiento de agregados.

U11

- Las patologías fueron: huecos con nivel de severidad **moderado** y desprendimiento de agregados con nivel de severidad **alto**.

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

Nº	PATOLOGÍAS	UNIDADES DE MUESTRA											TOTAL	%
		U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11		
4	Abultamientos y Hundimientos	1.96	2.17										4.13	0.38
10	Grietas long. Y Transversal	3.04								4.35			7.39	0.67
11	Parqueo						4.78						4.78	0.43
12	Pulimiento de agregados								2.61				2.61	0.24
13	Huecos	0.39				0.23	0.33	0.27		0.07	0.16	82.62	84.07	7.64
15	Ahuellamiento								0.67				0.67	0.06
19	Desprendimiento de Agregados	86.92	53.85	30.60	98.22					17.38	83.01	0.27	370.26	33.66

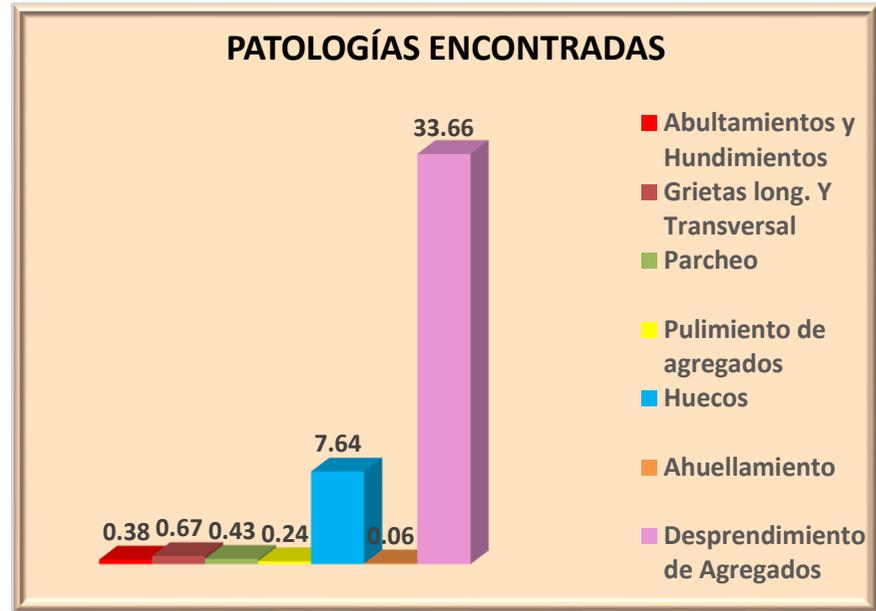
Fuente: elaboración propia

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

$$\frac{4.13}{11} = 0.38$$

Gráfico N° 12: Incidencia de las patologías de la Av. Marcavelica



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En el gráfico N°12 se observa los tipos de patologías que existen en la Av. Marcavelica, el 33.66% son desprendimiento de agregados, el 7.64% son huecos, el 0.67% son grietas longitudinales y transversales, el 0.43% son parcheo, el 0.38% son abultamiento y hundimiento, el 0.24% son pulimiento de agregados y el 0.06% es ahuellamiento.

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

Clasificaciones	Número de veces	%
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 de la Av.

Marcavelica



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 17% es malo y por último el 19% esta fallado.

Tabla N° 25: Patologías encontradas en las unidades de muestra

CÁLCULO PROMEDIO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI) AV. MARCAVELICA				
UNIDAD DE MUESTRA	PCI ENCONTRADO	CLASIFICACIÓN	PCI PONDERADO	CLASIFICACIÓN
M1	33	Malo	42	REGULAR
M2	51	Regular		
M3	35	Malo		
M4	46	Regular		
M5	67	Bueno		
M6	53	Regular		
M7	70	Bueno		
M8	34	Malo		
M9	68	Bueno		
M10	3	Fallado		
M11	0	Fallado		
TOTAL	460			

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 42 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: 33.66% desprendimiento de agregados, 7.64% huecos, 0.67% grietas longitudinales y transversales, 0.43% parches, 0.38% abultamientos y hundimientos, 0.24% pulimiento de agregados y 0.06% ahuellamiento.
2. La patología predominante es la patología de desprendimiento de agregados con 33.66%.
3. El grado de severidad que presenta el área estudiada es alto, con una PCI promedio igual a 42.

VII. RECOMENDACIONES

- Al obtener un Índice de Condición de Pavimento Regular como resultado, se recomienda llevar a cabo una Restitución Integral de la vía en estudio, ya que se requiere para que la carretera tenga condiciones de servicio similar o mejor que cuando comenzó su vida útil.
- Se recomienda una evaluación continua del PCI, que sirve para establecer el ritmo de deterioro del pavimento.

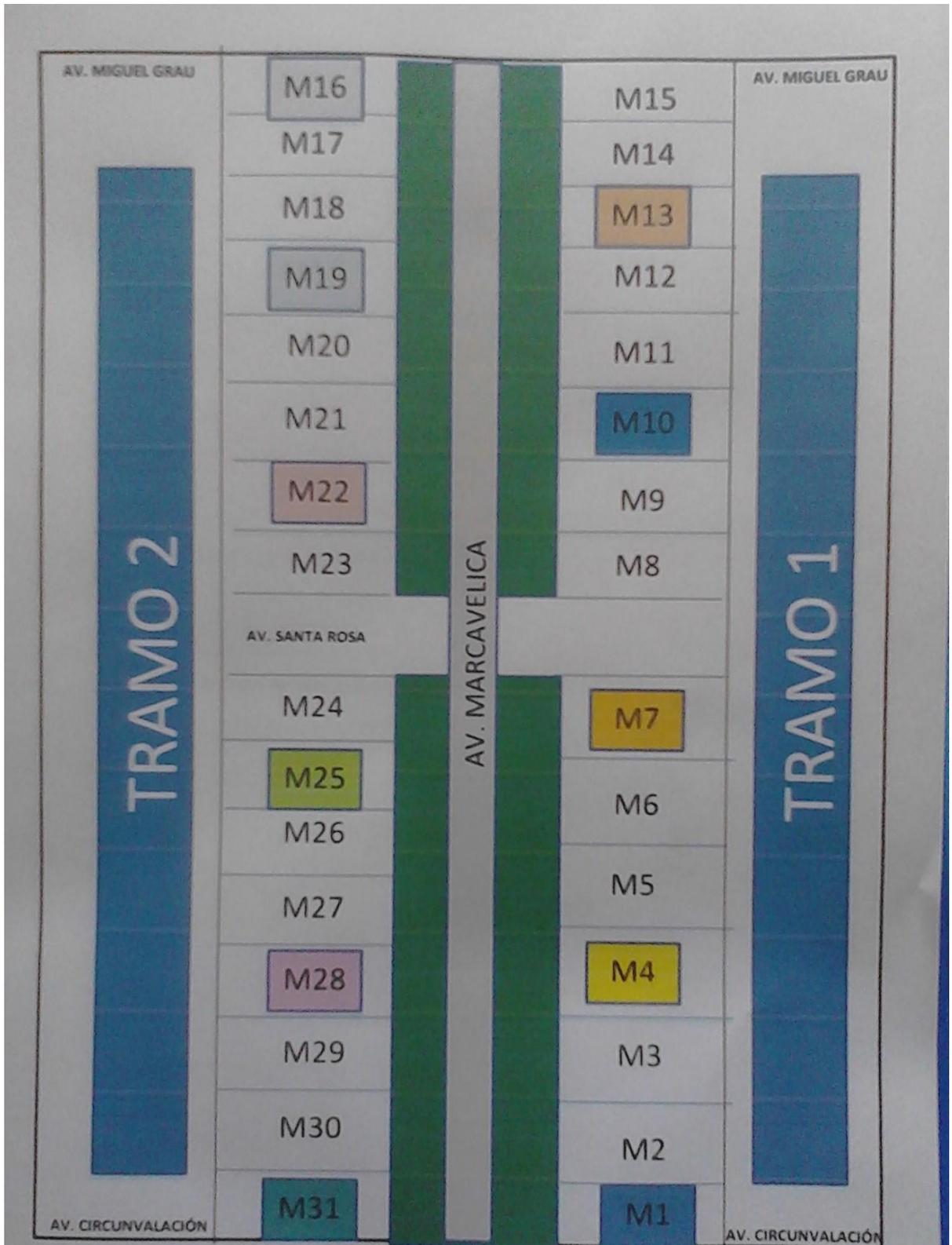
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

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. MBA y Tabares. Diagnóstico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva mediante parámetros obtenidos del estudio en fase I de la vía acceso al barrio ciudadela del Café- vía la Badea. [Tesis para la obtención del título en especialista en vías y transporte]. Mazinales; (2005)
3. Saenz, B. Determinación y evaluación de patologías del concreto para obtener el Índice de Integridad Estructural del pavimento y condición operacional en las principales pistas de la urbanización Casuarinas Primera etapa – Distrito de nuevo Chimbote, provincia de Santa, Departamento de Ancash. [Tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil]. Ancash-Perú.
4. Rabanal, J. Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de Evitamiento Norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento. Cajamarca – 2014. [Tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil]. Cajamarca- Perú.
5. Huaman y Huaman. Determinación y evaluación de las patologías en el concreto de pavimentos rígidos, Distrito San Juan Bautista Provincia de Huamanga – Ayacucho. [Tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil]. Huancavelica- Perú.

6. Serrano, M. Determinación y evaluación de las patologías del concreto para obtener el índice de integridad estructural del pavimento flexible y condición operacional de la pista de aeropuerto del aeródromo “MANUEL PRADO” - distrito de Mazamari, provincia de Satipo, región Junín, Agosto –2015. [Tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil]. Satipo- Perú.
7. Medina, A. Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI. [Tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil]. Lima Perú.
8. Rodríguez, E. cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla. [Tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil]. Piura; 2009.
9. 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.
10. Montejo, A. Pavimentos, constitución y conceptos generales. Bogotá; 2002.
11. Mora, S. Pavimentos de concreto hidráulico. Lima 2008.
12. Zagaceta I, Romero R. El pavimento de concreto hidráulico premezclado en la modernización y rehabilitación de la avenida Arboledas. [Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil]. México, D.F: Instituto Politécnico Nacional; 2008.
13. Garcés, C.; Garro, O.; Arias, L. Pavimentos. Universidad de Medellín. Medellín; 1997.

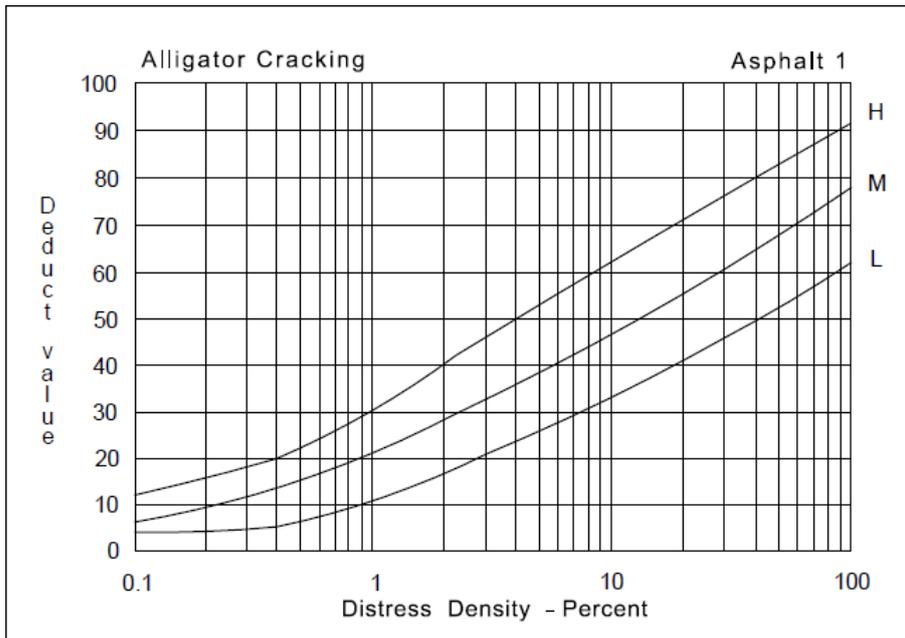
14. Montejo, A. Ingeniería de pavimentos para carreteras. Universidad Católica de Colombia. Santa fe de Bogotá; 1998.
15. León, G. Determinación y evaluación de las patologías del concreto para obtener el índice de integridad estructural del pavimento y condición operacional de la superficie de las veredas 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.
16. Montejo, F. "Ingeniería de Pavimentos: Evaluación y nuevas tecnologías". 3° edición. Bogotá, Tomo I; 2006.
17. Shahin, M. "Pavement Management for Aiports Roads anad Parkink Lots". Springer Science + Bussiness Media. LL C. Segunda edición; 2005.

ANEXO N° 02 Distribución de las muestras evaluadas



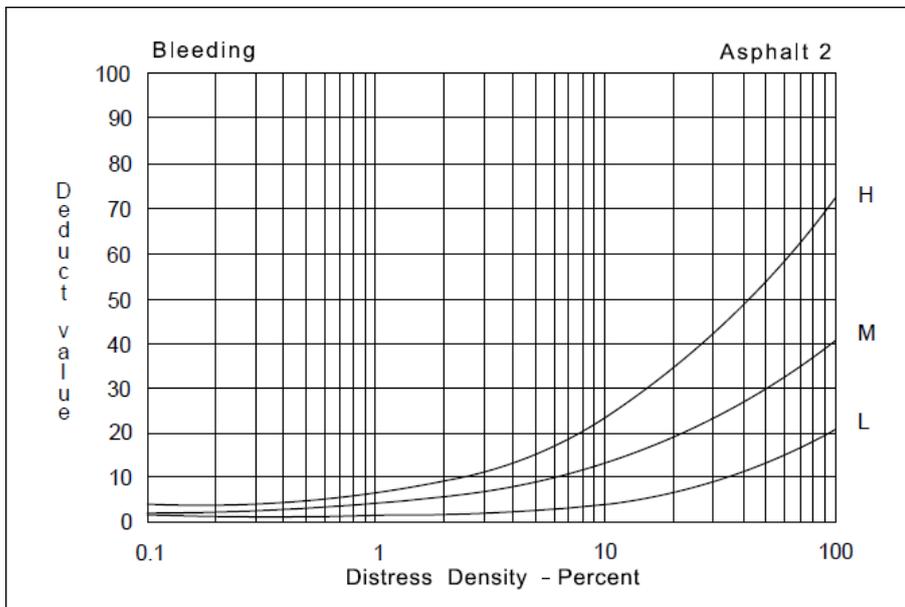
Fuente: Elaboración propia

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



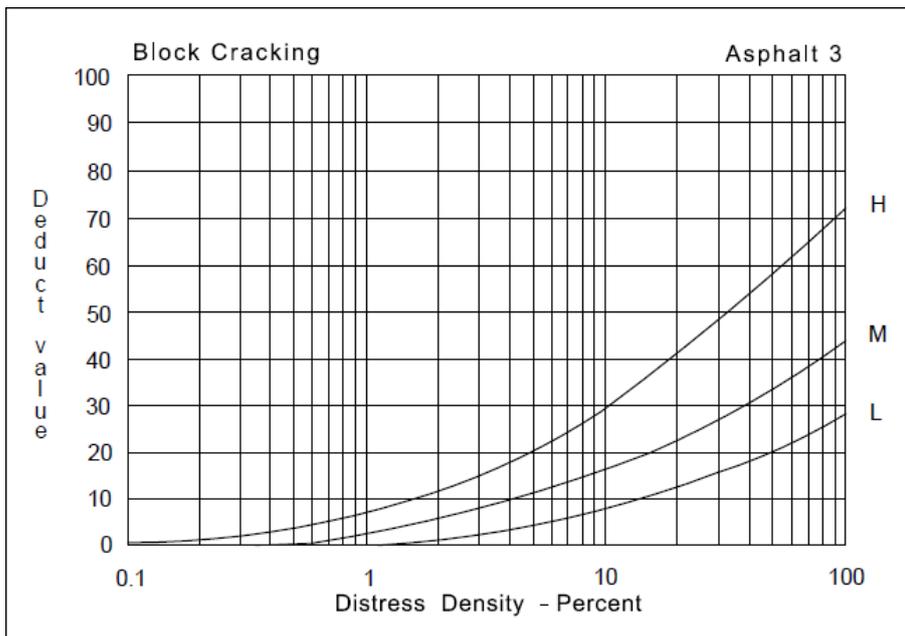
Fuente: Rabanal J (2014)

ANEXO N° 04: Curva de valor reducido para Exudación



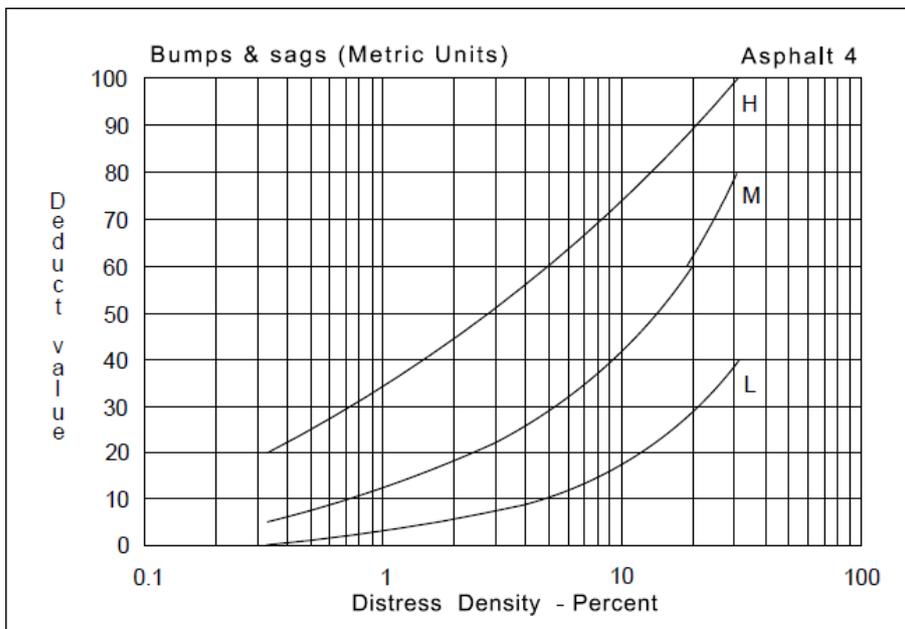
Fuente: Rabanal J (2014)

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



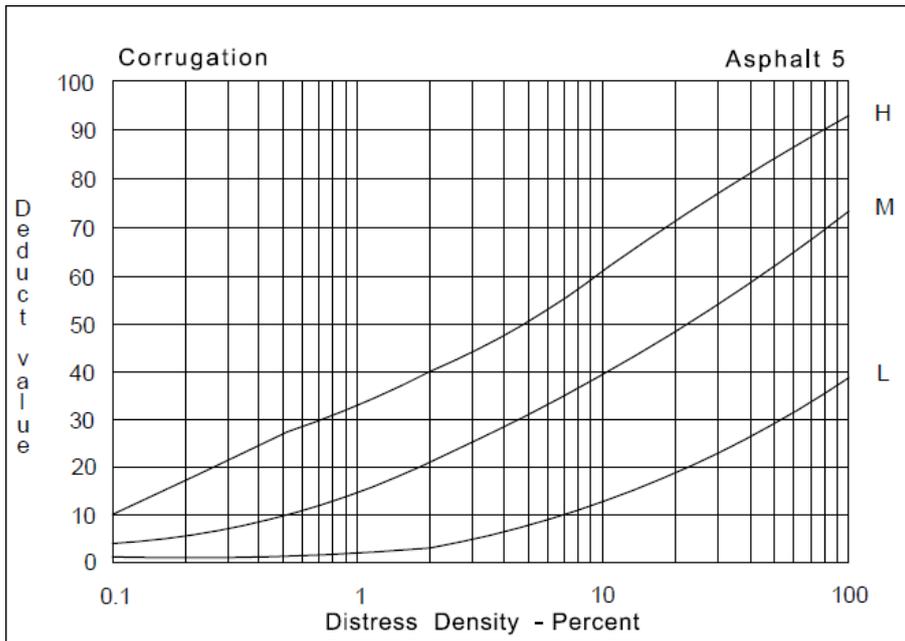
Fuente: Rabanal J (2014)

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



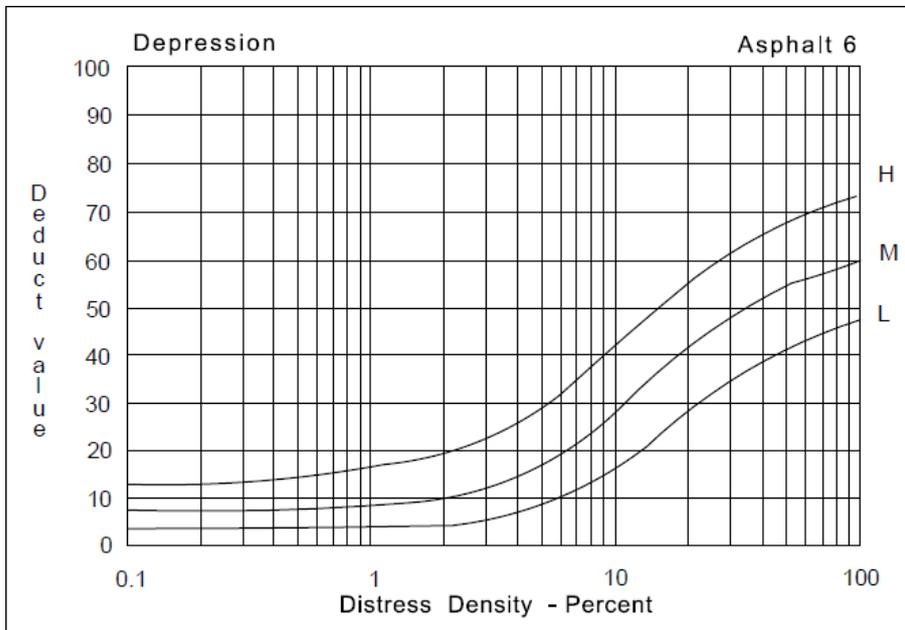
Fuente: Rodríguez E (2009)

ANEXO N° 07: Curva de valor reducido para Corrugación



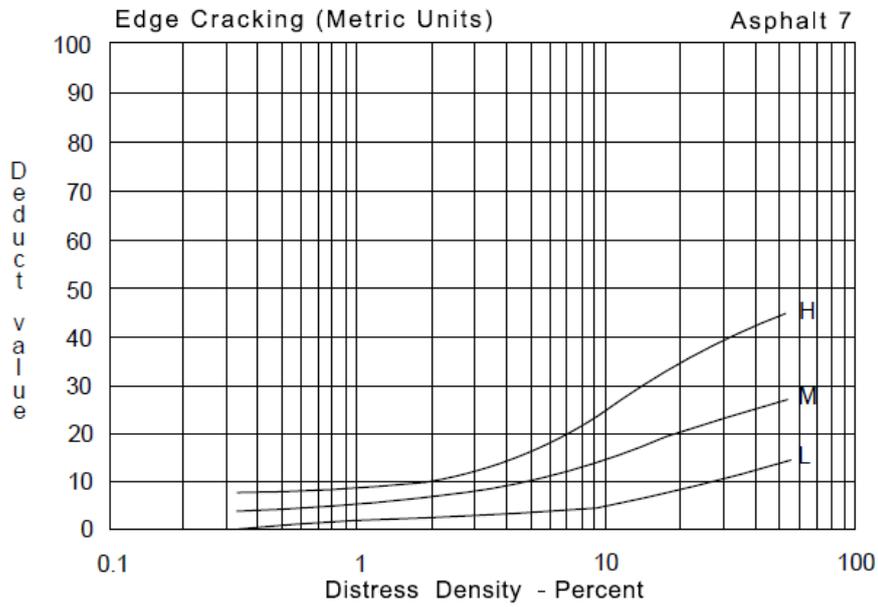
Fuente: Rabanal J (2014)

ANEXO N° 08: Curva de valor reducido para Depresión



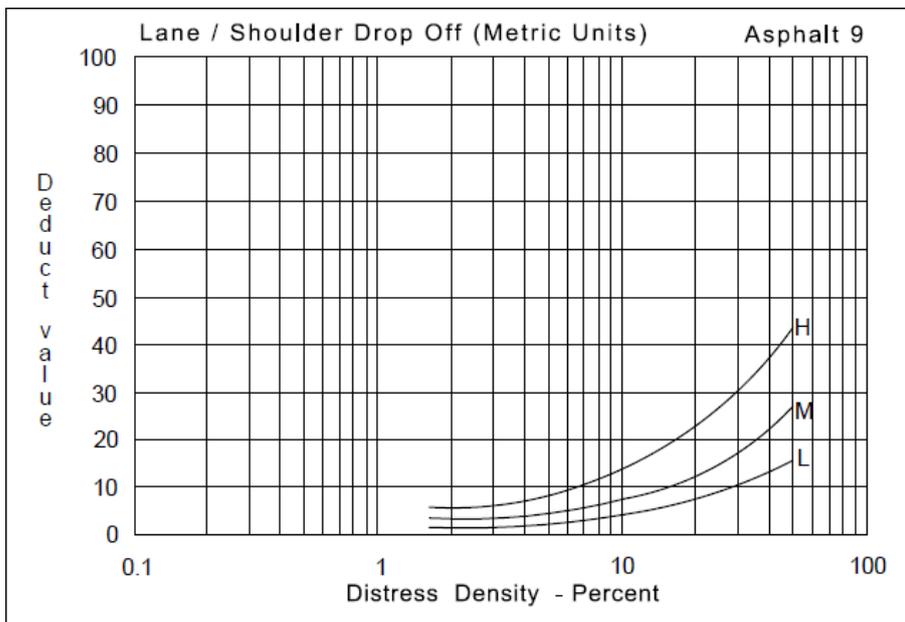
Fuente: Rodríguez E (2009)

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



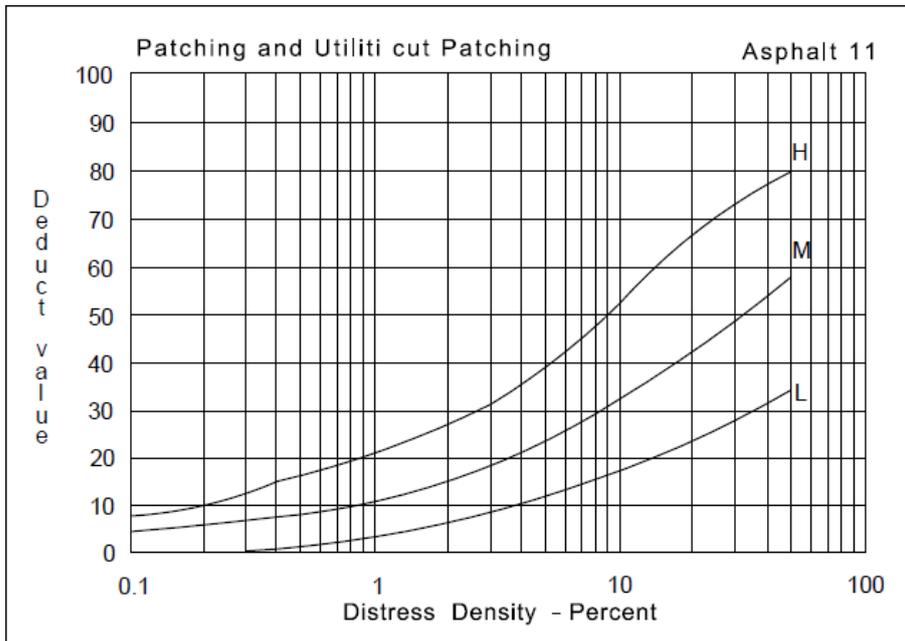
Fuente: Rabanal J (2014)

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



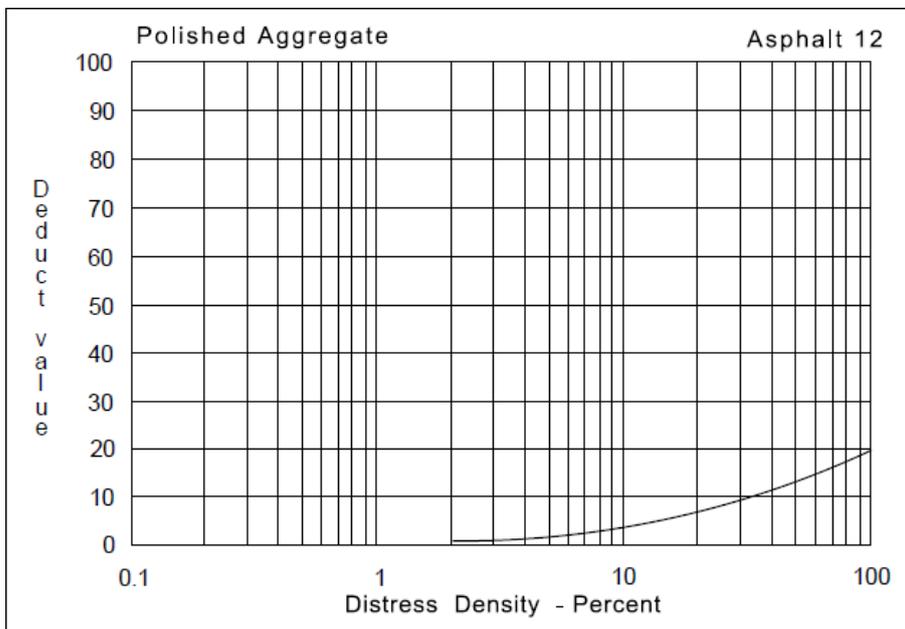
Fuente: Rodríguez E (2009)

ANEXO N° 11: Curva de valor reducido para parcheo



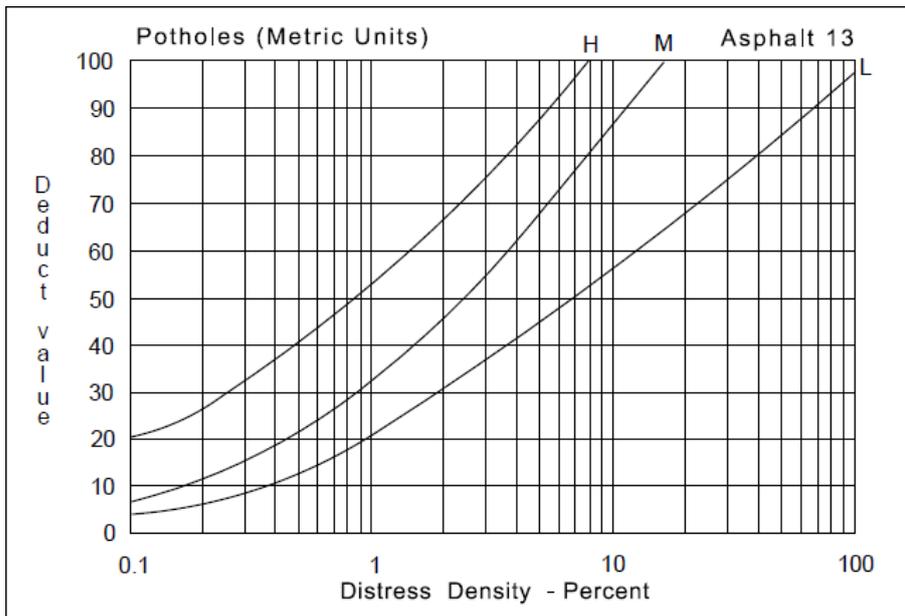
Fuente: Rabanal J (2014)

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



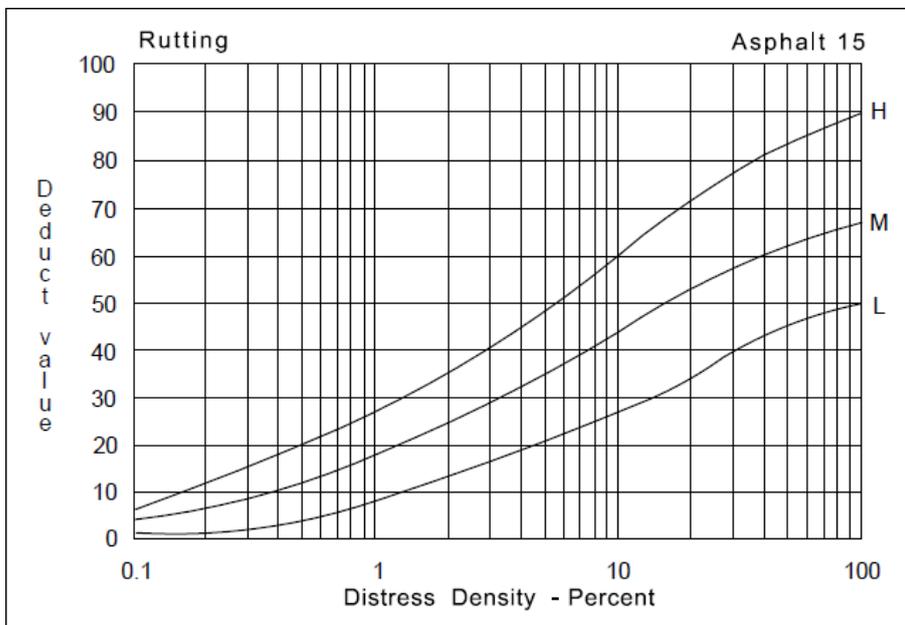
Fuente: Rodríguez E (2009)

ANEXO N° 13: Curva de valor reducido para Huecos



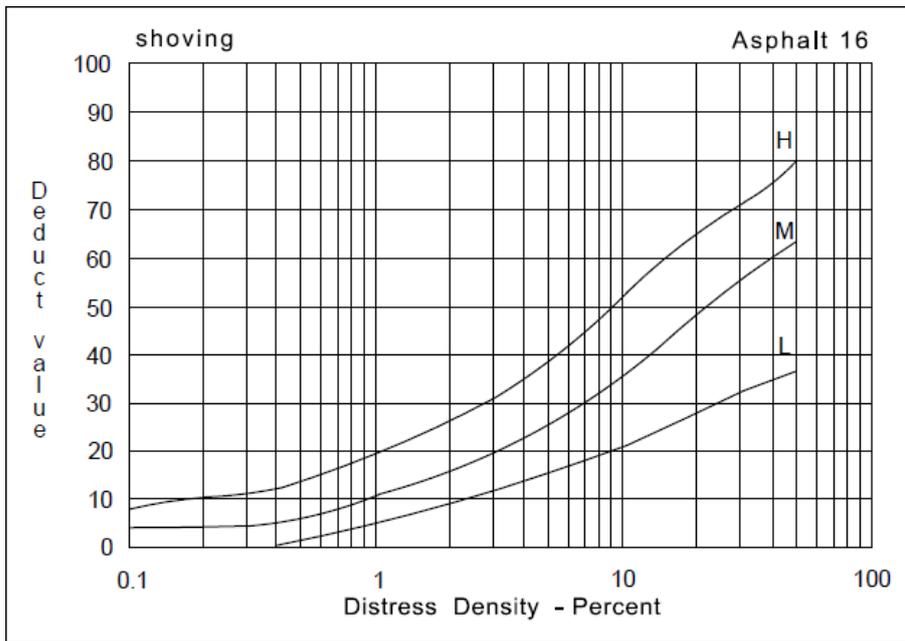
Fuente: Rabanal J (2014)

ANEXO N° 14: Curva de valor reducido para Ahuellamiento



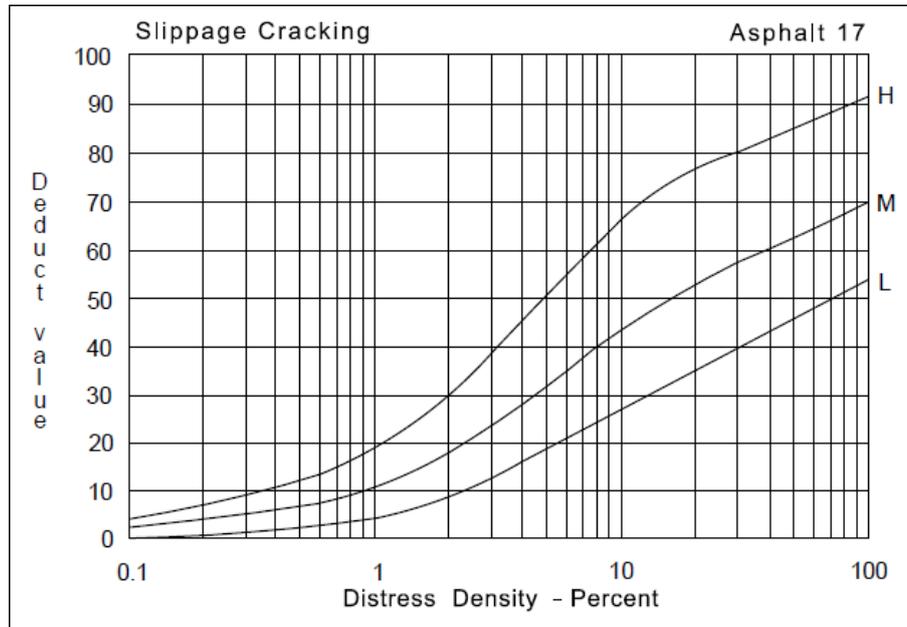
Fuente: Rodríguez E (2009)

ANEXO N° 15: Curva de valor reducido para Desplazamiento



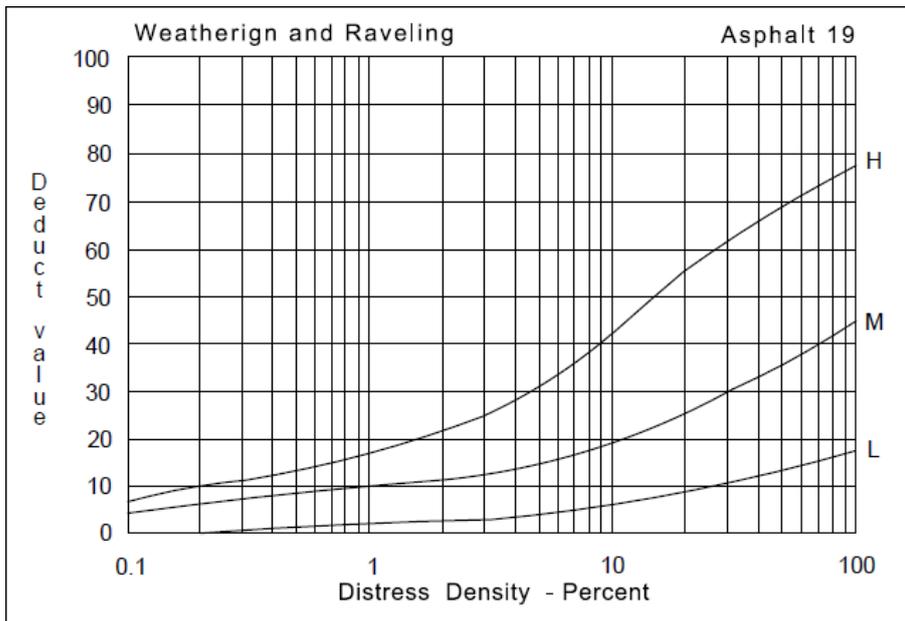
Fuente: Rodríguez E (2009)

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



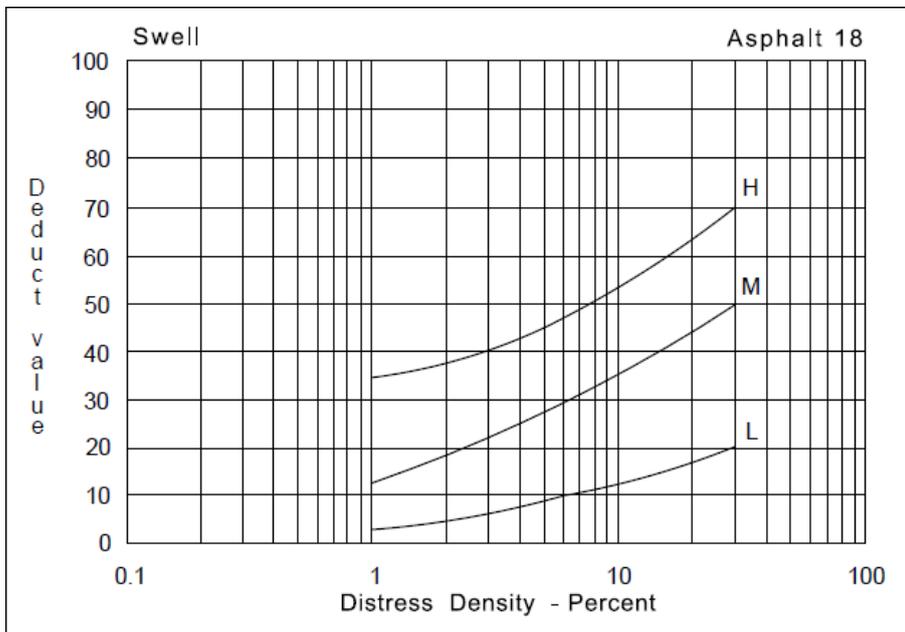
Fuente: Rodríguez E (2009)

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



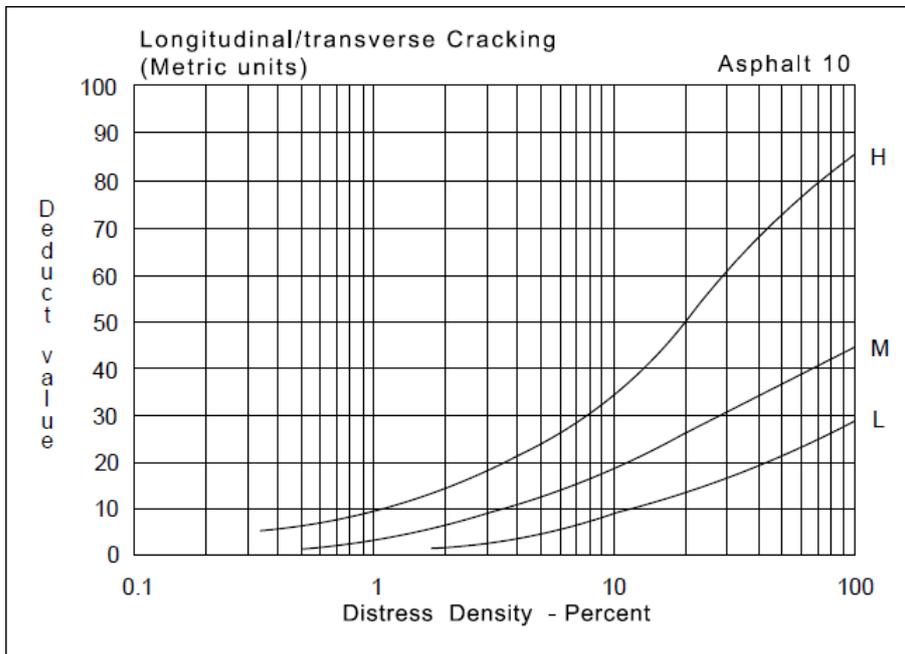
Fuente: Rodríguez E (2009)

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)

FOTOGRAFÍAS DE PATOLOGÍAS

FOTOGRAFÍA N° 01. Presencia de desprendimiento de agregados del pavimento



Fuente: Fotografías de la Avenida Marcavelica

FOTOGRAFÍA N° 02. Medida de hundimiento y desprendimiento de agregados en el pavimento



Fuente: Fotografías de la Avenida Marcavelica

FOTOGRAFÍA N° 03. Presencia de huecos encontrados en medio del pavimento



Fuente: Fotografías de la Avenida Marcavelica

FOTOGRAFÍA N° 04. Presencia de huecos, hundimientos en el pavimento



Fuente: Fotografías de la Avenida Marcavelica

FOTOGRAFÍA N° 05. Presencia de parches en el pavimento



Fuente: Fotografías de la Avenida Marcavelica

FOTOGRAFÍA N° 06. Medida de huecos en el pavimento



Fuente: Fotografías de la Avenida Marcavelica

FOTOGRAFÍA N° 07. Presencia de desplazamiento en el pavimento



Fuente: Fotografías de la Avenida Marcavelica

