



**“UNIVERSIDAD CATÒLICA LOS ÁNGELES DE
CHIMBOTE”**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL**

**“DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS
PATOLOGÍAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE
LAS CUADRAS N°1 A LA N°5 DE LA CALLE CHEPA
SANTOS, DISTRITO DE LA UNIÓN, PIURA, FEBRERO
DEL 2018.”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

BACH. JERALD DANILO HUACO CHERO

ASESOR:

Mgrt. CARMEN CHILON MUÑOZ

PIURA, PERU

2018

2. HOJA FIRMA DEL JURADO EVALUADOR Y ASESOR.

Mgrt. MIGUEL ANGEL CHAN HEREDIA
PRESIDENTE DEL JURADO.

Mgrt. WILMER OSWALDO CORDOVA CORDOVA
SECRETARIO DEL JURADO.

ING. ORLANDO VALERIANO SUAREZ ELIAS
MIEMBRO DEL JURADO

Mgrt. CARMEN CHILON MUÑOZ
ASESOR

3. HOJA DE AGRADECIMIENTO Y DEDICATORIA.

3.1 AGRADECIMIENTOS:

A nuestro Padre Todopoderoso, Señor Cautivo

Por darme salud y capacidad de estudio

Para lograr mis metas; a la Universidad Católica

Los Ángeles de Chimbote,

A todos los catedráticos que me formaron como

Buen Profesional;

Y a toda mi familia por haberme

Dado ese apoyo incondicional

Para el desarrollo de esta Tesis.

Agradecerle también a nuestro asesor

Que nos brindó todo el apoyo necesario

Para el desarrollo de esta tesis.

3.2 DEDICATORIA:

A mis padres que, con mucho esfuerzo, dedicación

Y sacrificio hicieron posible

Mi anhelo de ser un profesional;

A mis 4 hermanos por el inmenso apoyo

Durante toda mi carrera.

A toda mi familia y a toda mi gente querida

Del pueblo de Canizal chico.

4. RESUMEN Y ABSTRACT.

4.1 RESUMEN.

La presente tesis lleva como título “Determinación Y Evaluación De Las Patologías En El Pavimento Flexible De Las Cuadras N° 1 A La N° 5 De La Calle Chepa Santos, Distrito De La Unión, Piura Febrero Del 2018. Y tiene como objetivo general analizar las fallas e identificar el grado de incidencia de las patologías de la capa de rodadura del pavimento flexible de la cuadra N° 1 a la N° 5 de la calle Chepa Santos del distrito de La Unión; donde se evaluará el nivel de incidencia de las patologías del concreto, para obtener un índice de integridad estructural de pavimento y de la condición operacional de la superficie en beneficio al usuario. Donde se tomará también implementar las posibles soluciones para obtener y recuperar la condición operacional de la superficie de la pista de las cuadras señaladas anteriormente. La presente investigación se realizó con la finalidad de determinar las diferentes patologías de la capa de rodadura del pavimento flexible de las cuadras N° 1 a la N° 5 de la calle Chepa Santos, Distrito de la Unión, Provincia Piura, Región Piura, febrero del 2018.

El cual para justificar la presente investigación es por el desorden y molestar a los transeúntes en la actualidad y por la necesidad de conocer el Índice de Condición de Pavimento a las cuadras señaladas. Recurrimos a informaciones internacionales, nacionales y locales para esta investigación como antecedentes.

El estudio que hemos realizado para esta investigación es de tipo descriptivo, no experimental y de corte transversal; describe la realidad sin alterarla, es no

experimental por que se estudia el problema y se analiza sin recurrir al laboratorio y es de corte transversal por que se analiza las muestras durante el año 2018.

Se llegó a la conclusión que dentro del pavimento flexible en las cuadras N° 1 a la N° 5 de la calle Chepa Santos del distrito de la Unión se encontraron las siguientes patologías con su valor porcentual:

- ü El 29.41% es desprendimiento de agregados.
- ü El 1.86 % es exudación.
- ü El 1.82 es piel de cocodrilo.
- ü El 1.1 % es huecos.
- ü El 0.71% es grieta de borde.
- ü El 0.32% desnivel de carril /berma.
- ü El 0.32% es abultamiento y hundimiento.
- ü El 0.26 % es Ahuellamiento.

Dado los siguientes resultados es notorio resaltar que la patología con más incidencia en el área de investigación es desprendimiento de agregados con un porcentaje 29.41%. Se llegó a determinar que el estado actual del pavimento flexible en el área de investigación es: muy malo.

4.2 ABSTRACT.

This thesis is titled "Determination And Evaluation Of The Pathologies In The Flexible Pavement Of Blocks N° 1 To N° 5 Of Chepa Santos Street, La Union District, Piura February - 2018. And its general objective is to analyze the faults and to identify the degree of incidence of the road surface pathologies of the flexible pavement of block No. 1 to No. 5 of Chepa Santos street in the district of La Unión; where the level of incidence of concrete pathologies will be evaluated, to obtain an index of pavement structural integrity and the operational condition of the surface for the benefit of the user. Where it will be taken also implement the possible solutions to obtain and recover the operational condition of the surface of the track of the blocks indicated above. The present investigation was carried out in order to determine the different pathologies of the flexible pavement layer of blocks No. 1 to No. 5 of Chepa Santos Street, Union District, Piura Province, Piura Region, February 2018.

Which to justify the present investigation is for the disorder and bother the bystanders at present and for the need to know the Condition Index of Pavement to the indicated blocks. We use international, national and local information for this investigation as background information

The study we have done for this research is of a descriptive, non-experimental and cross-sectional type; describes the reality without altering it, it is not experimental because the problem is studied and analyzed without resorting to the laboratory and it is cross-sectional by which the samples are analyzed during the year 2018.

It was concluded that within the flexible pavement in blocks N ° 1 to N ° 5 of Chepa Santos street of the Union district the following pathologies were found with their percentage value:

- ü 29.41% is detachment of aggregates.**
- ü 1.86% is exudation.**
- ü The 1.82 is crocodile skin.**
- ü 1.1% is hollow.**

- ü **0.71% is edge crack.**
- ü **The 0.32% rail / berm level difference.**
- ü **0.32% is bulge and collapse.**
- ü **0.26% is Strike.**

Given the following results, it is noteworthy to highlight that the pathology with the highest incidence in the research area is detachment of aggregates with a percentage of 29.41%. It was determined that the current state of the flexible pavement in the research area is: very bad.

5. CONTENIDO

2. HOJA FIRMA DEL JURADO EVALUADOR.....	ii
3. HOJA DE AGRADECIMIENTO Y DEDICATORIA.....	iii
3.1 AGRADECIMIENTOS:.....	iii
3.2 DEDICATORIA:.....	iv
4. RESUMEN Y ABSTRACT.....	v
4.1 RESUMEN.....	v
4.2 ABSTRACT.....	vii
5. CONTENIDO.....	ix
6. ÍNDICE DE IMÁGENES, GRÁFICOS, TABLAS Y CUADROS... .	xiii
6.1. <u>ÍNDICE DE IMAGENES</u>	<u>xiii</u>
6.2. <u>ÍNDICE DE GRAFICOS</u>	<u>xiv</u>
6.3. <u>INDICE DE TABLAS</u>	<u>xv</u>
6.4. <u>INDICE DE CUADROS</u>	<u>xvi</u>
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>1</u>
II. <u>PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN</u>	<u>3</u>
2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
a) Caracterización del problema.....	3
b). Enunciado del problema.....	3
2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
2.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
2.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
2.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	4

III. REVISION DE LITERATURA.....	5
3.1. ANTECEDENTES.....	5
3.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	6
3.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	13
3.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	16
3.2. BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
De ingeniería:.....	20
3.2.2.1. CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS.....	23
3.2.2.2. EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS.....	29
3.2.2.3. IMPORTANCIA DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS.....	29
3.2.2.4. OBJETIVIDAD EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS	29
3.2.2.6. TIPOS DE FALLAS EN LOS PAVIMENTOS.....	42
<u>3.2.2.7. TIPOS DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS.....</u>	<u>43</u>
<u>3.2.2.8. EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE UN PAVIMENTO</u>	<u>45</u>
<u>3.2.2.9. ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI – PAVEMENT</u>	
<u>CONDITION INDEX).....</u>	<u>46</u>
3.2.2.10. PATOLOGÍA, CAUSAS Y SOLUCIONES DEL CONCRETO .	48
RESUMEN:.....	48
3.2.2.11. MÉTODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX) PARA	
PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	49
3.2.2.12. INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI).....	50
<u>3.2.2.13. OBJETIVOS DEL PCI.....</u>	<u>51</u>
3.2.2.14. DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO PARA	
<u>53</u>	
<u>EVALUACIÓN.....</u>	<u>53</u>
<u>3.2.2.15. SELECCIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO PARA</u>	

	INSPECCIÓN	55
3.2.2.16. SELECCIÓN DE UNIDADES DE MUESTREO ADICIONALES		56
EVALUACIÓN <u>DE LA CONDICIÓN</u>		<u>56</u>
3.2.2.17. CÁLCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO.		59
3.2.2.18. CÁLCULO DEL PCI DE UNA SECCIÓN DE PAVIMENTO.		62
MANUAL DE DAÑOS.....		63
3.2.2.19. DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS.....		64
Niveles de Severidad.....		65
Medida		65
Opciones de reparación.....		65
GRIETAS LINEALES (Grietas longitudinales, transversales y diagonales)		67
PULIMENTO DE AGREGADOS.....		69
<u>DESCONCHAMIENTO, MAPA DE GRIETAS, CRAQUELADO</u>		<u>70</u>
<u>DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA</u>		<u>71</u>
IV. <u>METODOLOGÍA</u>		<u>73</u>
<u>4.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</u>		<u>73</u>
4.1.1. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN DE LA TESIS.		74
4.2. UNIVERSO O POBLACIÓN Y MUESTRA.....		75
4.2.1. UNIVERSO O POBLACIÓN.....		75
4.2.2. MUESTRA.....		75
4.2.3. MUESTREO.....		75
4.3. TECNICAS E INSTRUMENTOS.....		79
4.3.1. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES ..		80

4.4. PLAN DE ANALISIS.....	81
4.5. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	82
4.6. PRINCIPIOS ÉTICOS.....	84
V. RESULTADOS.....	85
5.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	110
VI. CONCLUSIONES.....	116
VII. RECOMENDACIONES.....	117
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:.....	118
ANEXOS:.....	120

6. ÍNDICE DE IMÁGENES, GRÁFICOS, TABLAS Y CUADROS

6.1. ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen N° 1: Aeropuerto de Barranquilla	8
	10
Imagen N° 2: Primeros Pavimentos en México	
	10
Imagen N° 3: Pavimentos en carreteras españolas del siglo XX	
Imagen N° 4: Av. Las Esmeraldas, Urb. Bello Horizonte - Piura	15
Imagen N° 5: Cuadra N° 3	17
Imagen N° 6: Cuadra N° 1	18
Imagen N° 7: Cuadro N° 2	18
Imagen N° 8: Paquete	20
Estructural del Pavimento Flexible	
Imagen N° 9: Pavimento Flexible, Rígido e Híbrido	24
Imagen N° 10: Distribución de Cargas en Pavimentos Flexibles y Rígidos	27
Imagen N° 11: Ubicación de las 5 Cuadras	76

6.2. ÍNDICE DE GRAFICOS

Grafico N° 1: Curva de Comportamiento de un Pavimento	31
Grafico N° 2: Fallas en Pavimento Flexible	33
Grafico N° 3: Diagrama de Flujo del Método del PCI	47
	60
Grafico N° 4: Ajuste del Número de Valores Deducidos	
Grafico N° 5: Curvas de Corrección para Pavimentos de Asfaltos	61
Grafico N° 6: Valor Deducido por Curvas de Corrección	88
Grafico N° 7: Incidencia de las Patologías en Muestra 1	91
Grafico N° 8: Incidencia de las Patologías en Muestra 2	94
Grafico N° 9: Incidencia de las Patologías en Muestra 3	97
Grafico N° 10: Incidencia de las Patologías en Muestra 4	100
Grafico N° 11: Incidencia de las Patologías en Muestra 5	103
Grafico N° 12: Incidencia de las Patologías en Muestra 6	106
Grafico N° 13: Incidencia de las Patologías en Muestra 7	109
	112
Grafico N° 14: Patologías Encontradas en las Cuadras Investigadas	
Grafico N° 15: Estados del Pavimento	114

6.3. INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Evaluación de los Pavimentos	28
Tabla N° 2: Catalogo de fallas para el Método del PCI	32
Tabla N° 3: Rango de Calificación del PCI	45
Tabla N° 4: Rango de Calificación del PCI	52
Tabla N° 5: Niveles de Severidad para Escala	66
Tabla N° 6: Longitud de Unidades de Muestras	77
Tabla N° 7: Resumen de las Patologías Existentes en la Muestra 1	86
Tabla N° 8: Valor Deducido Corregido	89
Tabla N° 9: Índice de Condición del Pavimento	115

6.4. INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Causa Principal de las Fallas de acuerdo al PCI	43
Cuadro N° 2: Hoja de Registro en Vías de Pavimento Flexible	58
<hr/>	
Cuadro N° 3: Hoja de Registro de la Unidad de Muestra	85
<hr/>	
Cuadro N° 4: Patologías Encontradas en Unidad de Muestra U1	91
<hr/>	
Cuadro N° 5: Hoja de Registro de la Unidad de Muestra U2	92
<hr/>	
Cuadro N° 6: Patologías Encontradas en Unidad de Muestra U2	93
Cuadro N° 7: Hoja de Registro de la Unidad de Muestra U3	95
<hr/>	
Cuadro N° 8: Patologías Encontradas en Unidad de Muestra U3	96
<hr/>	
Cuadro N° 9: Hoja de Registro de la Unidad de Muestra U4	98
Cuadro N° 10: Patologías Encontradas en Unidad de Muestra U4	99
<hr/>	
Cuadro N° 11: Hoja de Registro de la Unidad de Muestra U5	101
<hr/>	
Cuadro N° 12: Patologías Encontradas en Unidad de Muestra U5	102
<hr/>	
Cuadro N° 13: Hoja de Registro de la Unidad de Muestra U6	104
<hr/>	
Cuadro N° 14: Patologías Encontradas en Unidad de Muestra U6	105
Cuadro N° 15: Hoja de Registro de la Unidad de Muestra U7	107
<hr/>	

Cuadro N° 16: Patologías Encontradas en Unidad de Muestra U7	108
Cuadro N° 17: Resumen de Patologías	111
Cuadro N° 18: Patologías Existentes en las Muestras	112
Cuadro N° 19: Calificación de Patologías	113

I. INTRODUCCIÓN.

La presente investigación se realizó con la finalidad de determinar las diferentes patologías en el pavimento flexible de las cuadras N° 1 a la N° 5 de la calle Chepa Santos, Distrito de la Unión, Provincia Piura, Región Piura, febrero del 2018.

El desarrollo en los últimos años de la Ciudad de Piura entre ellas el distrito de La Unión, nos conlleva a tomar en cuenta la gran cantidad de construcción de pavimentos de diferentes tipos y tantos otros proyectos de diversa índole, los cuales se han construido con materiales de la zona, de las canteras más cercanas a dichas obras a construir. En el periodo de vida de los pavimentos flexibles se presenta problemas de fallas, los cuales pueden ser: asentamientos diferenciales, deformaciones plásticas, factores climáticos, la intensidad del tránsito circulante, sus deformaciones, las condiciones de drenaje y sub-drenaje, etc. El pavimento requiere de conservación y mantenimiento, eficiente, rápida y económica.

Dado la necesidad de lograr que nuestras construcciones de toda índole tanto como pavimentación en el distrito de La Unión se desarrollen con la calidad correspondiente, puesto que los procesos constructivos varían en función a las temperaturas y épocas, es necesario evaluar el estado de las construcciones actuales de los pavimentos flexibles, y la determinación del número de pistas afectadas por alguna patología del concreto y conociendo cual es la patología que más incide es que podremos evaluar y proponer las recomendaciones correspondientes en el transcurso de la investigación.

Hay que tomar en cuenta diversos factores para el diseño de los pavimentos flexibles, por ejemplo cuando el material local no tiene las características para cumplir tal función, por presentar problemas de

expansión, bajo valor relativo de soporte, se recurre a la utilización de materiales seleccionados de mejor calidad, o bien a su tratamiento con productos tales como cemento portland, cal, asfaltos; dependiendo su selección de aspectos prácticos y económicos.

Los problemas de naturaleza como son los sismos y las lluvias a los cuales estamos ligados son variables que también nos hacen ver y especular sobre la necesidad de poder supervisar y evaluar las construcciones de pavimentos flexibles en el distrito de La Unión.

En este sentido el presente trabajo se desarrollará aplicando la metodología del PCI (Índice de Condición de Pavimento), para determinar un valor (de 0 a 100), el mismo que indicará su estado. La metodología de trabajo será del tipo evaluativo visual y a través de un formato de evaluación. Para el presente trabajo, se tomarán en cuenta patologías que se desprenden de factores como son calidad de agregados, procedimiento constructivo, efecto temperatura y que son grietas, descascaramiento, ahuellamientos, alabeos.

En la siguiente investigación desarrollada de determinaran y evaluaran las patologías encontradas en el pavimento flexible de la cuadra N°1 a la N°5 de la calle Chepa Santos del distrito de La Unión, Piura.

II. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

a) Caracterización del problema

En el distrito de La Unión es un distrito de la provincia y departamento de Piura, donde hemos desarrollado la presente investigación exactamente en la calle Chepa Santos de la N° 1 a la N°5. Realizando nuestra investigación hemos podido visualizar que gran parte del pavimento flexible existente en estas cuadras se encuentran en un pésimo estado el cual puede producir accidentes u otro tipo de problemas. Hemos podido visualizar y concluir que estos pavimentos flexibles se encuentra así producto de la falta de mantenimiento y limpieza. De acuerdo van pasando los años estos pavimentos se van deteriorando y más aún si no cuenta con un proceso de mantenimiento y rehabilitación. Se debe de tener en cuenta también que hay otros factores que también influyen en la pérdida de la vida útil del pavimento flexible como puede ser: tránsito pesado, lluvias, o utilización de materiales/materiales con características no aplicadas.

De acuerdo a nuestra investigación podremos obtener resultados que nos detallaran el estado actual del pavimento flexible y las condiciones de servicio en que se encuentra el pavimento de acuerdo a las diferentes patologías encontradas en el área de investigación. Se tomó la decisión de elegir este pavimento como base de estudio para la realización de la tesis; proyectada en este pavimento por lo que se requiere necesariamente una inspección general, pudiendo determinar y evaluar los diferentes tipos de patologías que se presentan.

b). Enunciado del problema

¿En qué medida la determinación y la evaluación de las patologías del pavimento flexible en la cuadra N° 1 a la N° 5 de la Calle Chepa Santos del Distrito de La Unión, nos permite obtener el estado actual y las condiciones de servicio de dicha infraestructura en funcionamiento?

2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.2.1. OBJETIVO GENERAL

- ü **Determinar y evaluar las patologías existentes en el pavimento flexible de las cuadras N° 1 a la N° 5 de la calle Chepa Santos del distrito de La Unión, Provincia y departamento de Piura.**

2.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ü **Determinar e Identificar las diferentes patologías que se encontraron en los pavimentos flexibles de la cuadra N°1 a la N° 5 de la calle Chepa Santos del distrito de La Unión, provincia y departamento Piura.**
- ü **Determinar el nivel o grado de afectación de las mismas que se encontraron en el pavimento flexible de las cuadras N°1 a la N° 5 de la calle Chepa Santos del distrito de La Unión, provincia y departamento de Piura.**
- ü **Determinar el estado actual y la condición de servicio del pavimento flexible de las cuadras investigadas, de acuerdo con las diferentes patologías presentadas**

2.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Conociendo el problema expuesto anteriormente, la investigación se justifica por la necesidad de conocer cuál es el estado actual y la condición del servicio de la infraestructura de pavimento flexible de las cuadras N°1 a la N° 5 de la calle Chepa Santos del distrito de La Unión , conocer los diferentes tipos de patologías encontradas e identificadas por ello se empezó el proceso de identificación de patologías, señalando las áreas afectadas en el pavimento para obtener el porcentaje

total de daños presentados y el estado actual del pavimento flexible. Se propone soluciones para dicho pavimento y asegúrese de que el daño no continúe extendiéndose.

Además, mi proyecto de investigación quiere hacer de conocimiento general de los resultados obtenidos en el estudio del pavimento, esto permite conocer su estado actual. Para esto, se evaluaron algunas muestras que permitieron llegar a resultados seguros, se pretende tomar las decisiones adecuadas en el diagnóstico de las patologías y el tratamiento adecuado para que la patología no continúe afectando la vida útil en este pavimento. No olvidarse que los pavimentos y todo el trabajo en general deben durar un tiempo mínimo de vida útil para la función que han sido creados. También buscamos establecer el nivel de vulnerabilidad de las diversas construcciones en el país y facilitar mecanismos para la seguridad de la población y los elementos de la construcción. La investigación que hay realizado va ser de gran aporte en referencia a las cuadras escogidas de la calle Chepa Santos del distrito de La Unión para poder llegar a tomar medidas preventivas contra eventos probables como fenómenos del niño, terremotos y otros desastres naturales.

III. REVISION DE

LITERATURA. 3.1. ANTECEDENTES.

En mi presente investigación lo hay complementado con información de diferentes bibliografías y personajes que han estudiado a fondo el tema de pavimento flexible.

3.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.

En todos los países existen Pavimentos Asfálticos para tener una mejor transmisibilidad, una mejor orden en la calle y evitar los accidentes inesperados. Todos los países, han ido incrementando el proceso constructivo de los Pavimentos Asfálticos para obtener las mejores características de servicio a la sociedad. También les dan la mayor importancia a las pistas (Pavimento Flexible), el cual cumple una función muy importante para nuestra sociedad.

Ricardo Javier Miranda Rebolledo ⁽¹⁾

Este trabajo de investigación incluye una descripción de los tipos de pavimentos existentes para construcción de caminos, muestra los diferentes de deterioros que se presentan en un pavimento, sus diferentes causas a través de su construcción a lo largo de los años, se plantea además los tipos de técnicas de reparación aplicadas en obras de pavimentación, mostrando sus procesos constructivos acompañado de un registro fotográfico para la mayor comprensión del proceso.

Como caso práctico se muestra la conservación de pavimentos aplicada a los sectores 1 y 2 de Valdivia, destacando las causas que produjeron estos deterioros, y las reparaciones aplicadas, destacando los procesos constructivos en la reconstrucción de calzadas de pavimentos y carpetas asfálticas.

COLOMBIA

Estudiosos de este tema tal como: el Ing. Civil Alejandro Gómez Vélez de

la ciudad de Medellín; Colombia. ⁽²⁾

La historia de los pavimentos en Colombia se remonta a la dictadura de Rafael Reyes, quien crea el Ministerio de Obras Públicas -MOP- el 7 de enero de 1905 para direccionar las vías nacionales, las líneas férreas y la canalización de los ríos. Desde esa época se clasifican las vías en nacionales, departamentales y municipales, se crean las juntas de caminos, se establecen formas de financiación y se construyen carreteritas para conectar las capitales departamentales con las poblaciones vecinas. Durante el gobierno de Reyes (1904-1909), se construyeron 207 km de “carreteras” y 572 km de caminos de herradura.

La primera carretera fue la carretera Central del Norte que comunicaba a Bogotá con Santa Rosa de Viterbo (Boyacá): en veinte años de construcción no llegó a Sopó, pero por ella transitó el primer carro importado a Colombia.

Barranquilla, 15 de septiembre de 2017. - Finalizó la repavimentación de los 3.000 metros lineales de la pista del Aeropuerto Internacional Ernesto Cortissoz, que sirve a la ciudad de Barranquilla, concesionado por la Agencia Nacional de Infraestructura al Grupo Aeroportuario del Caribe S.A.S.

La nueva superficie de la pista del Cortissoz es una estructura de pavimento asfáltico, que le proporciona mejores características de rugosidad, capacidad de resistencia y visibilidad, manteniendo una óptima superficie para el eficiente despegue y aterrizaje de las aeronaves, garantizando la seguridad de las operaciones y mejorando la competitividad del aeródromo.

La pista original del aeropuerto Internacional Ernesto Cortissoz fue terminada en el año 1968 en pavimento rígido, es decir con losas de concreto hidráulico, completando casi 50 años desde su inauguración, registrando solo en el 2013 una

reconstrucción parcial de la cabecera, que consistió en la demolición y reconstrucción de las losas de un tramo aproximado de 700 metros de longitud. Cerca de 22.000 m² de pintura para señalización y 25.000 metros cúbicos de mezcla asfáltica fueron utilizados en la repavimentación de los 180.000 m² de pista y márgenes de pista, trabajos que fueron iniciados en agosto de 2016, ejecutados con la autorización de la Aeronáutica Civil y en coordinación con las aerolíneas que operan en el Cortissoz. La nueva superficie de 15 centímetros de espesor, está compuesta por 3 capas de concreto asfáltico más una geomalla.

Para la renovación de la superficie del campo de vuelo fueron necesarias labores previas de reparcho de baches, grietas, sello de juntas y la reconstrucción de losas defectuosas del pavimento existente, para luego iniciar con los trabajos de repavimentación.

Imagen N°1: Aeropuerto de Barranquilla Ernesto Cortizoss



Fuente: Pavimento Flexible en Colombia.

Pero este país no es ajeno a las patologías o fallas que son el resultado de interacciones complejas de diseño, materiales, construcción, tránsito vehicular y medio ambiente. En todos los países estos factores combinados, son la causa del

deterioro progresivo del pavimento, situación que se agrava, al no darle un mantenimiento adecuado a la vía.

MEXICO ⁽³⁾

En su investigación se observa que los métodos empíricos de diseño para pavimentos flexibles analizados, requieren de revisión y actualización, involucrando condiciones reales y actuales del transporte y una mayor investigación en la caracterización de materiales que componen los pavimentos, pues se estima que, en el caso particular de México, los parámetros de diseño originales han sido rebasados por las condiciones del transporte carretero, en cuanto a volúmenes, pesos y composición del tránsito actuales y futuras. Adicionalmente, se estima que no basta considerar para diseño vehículos vacíos y cargados, sino que deben tomarse en cuenta los vehículos vacíos, los parcialmente cargados con sus respectivos porcentajes de carga, los cargados conforme a reglamento y los sobrecargados con sus porcentajes de exceso. Esto es ahora posible en México gracias al Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte que realiza la SCT.

FERNANDO OLIVERA BUSTAMANTE ⁽⁴⁾

Por necesidad, los primeros caminos fueron vías de tipo peatonal (veredas) que las tribus nómadas formaban al deambular por las regiones en busca de alimentos; posteriormente, cuando esos grupos se volvieron sedentarios, los caminos peatonales tuvieron finalidades religiosas, comerciales y de conquista. En América, y en México en particular, hubo este tipo de caminos durante el florecimiento de las civilizaciones maya y azteca.

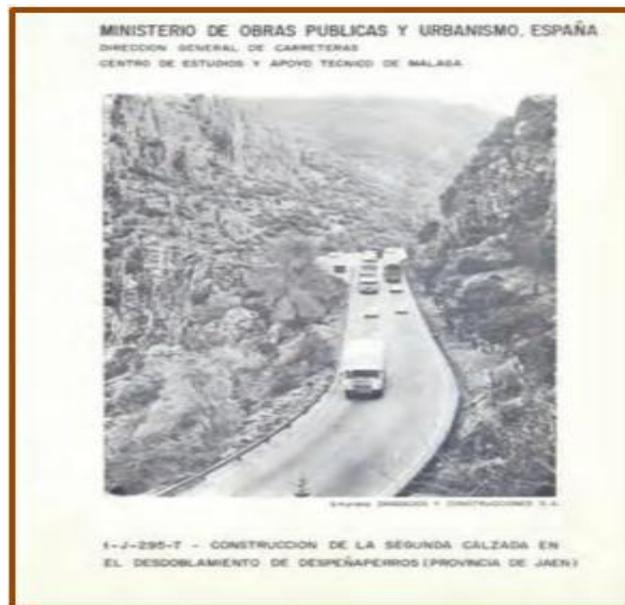
Imagen N°2: Primeros pavimentos construidos en México.



Fuente: Pavimentos Flexible México.

ESPAÑA

Imagen N°3: Los pavimentos en las carreteras españolas del siglo XX.



Fuente: Pavimentos Flexible en España

Miguel Ángel del Val Melús.⁽⁵⁾

Resumen: Este artículo describe brevemente cómo han ido evolucionando los criterios de diseño de los pavimentos de las carreteras españolas a lo largo del siglo XX. Se destacan algunos hitos fundamentales. Se pretende acercar al lector no especializado a un elemento de las infraestructuras de transporte de gran importancia

técnica y económica, pero que sólo es valorado cuando su estado es deficiente. Se recuerda también a algunos de los ingenieros que hicieron posible la citada evolución.

ESTUDIO DEFINITIVO PARA EL MANTENIMIENTO PERIÓDICO DE LA CARRETERA PANAMERICANA SUR TRAMO: PUENTE SANTA ROSA – PUENTE MONTALVO ⁽⁶⁾

Este documento contiene el método utilizado para la evaluación del deterioro del pavimento, y los resultados del mismo realizado al pavimento de la Carretera Panamericana Sur, entre los Km. 1041+600 (Puente Santa Rosa) y el Km. 1139+795 (Puente Montalvo), como parte de la contraprestación de los servicios para los Estudios de Mantenimiento Periódico del pavimento, a cargo del Consorcio Montalvo.

Los trabajos se han realizado de acuerdo a los Términos de Referencia del estudio y forman parte del capítulo de Inspección y Evaluación de la Zona del Proyecto.

Este método permite la determinación de la condición del pavimento a través de una evaluación visual, usando el índice de condición del pavimento (PCI) que es un índice numérico de la condición del pavimento cuyos rangos varían desde 0 hasta 100 siendo esta última la mejor condición posible.

La metodología PCI está descrita en la norma ASTM 5340-98, la cual nos da los lineamientos para determinar el índice de condición del pavimento, que ayuda a calcular un índice de deterioración y se utiliza a menudo para proyectar la condición futura.

A continuación, pasamos a detallar el método empleado, de acuerdo con la norma ASTM 5340 –98.

ESTUDIOS DEFINITIVOS DE INGENIERIA PARA LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS ECONOMICOS DE CARRETERAS DE BAJO TRAFICO DE LA RED VIAL NACIONAL – PROYECTO PILOTO CARRETERA PATAHUASI – YAURI – SICUANI. TRAMO: YAURI – SAN GENARO L = 11.36 KM ⁽⁷⁾

PROVIAS NACIONAL en el Plan Anual de Adquisiciones para el año 2005, considero efectuar diversos Estudios Definitivos de Ingeniería para la Evaluación de Pavimentos Económicos de Carreteras de Bajo Tráfico de la Red Vial Nacional - proyecto Piloto Carretera Patahuasi Yauri –Sicuani, ramo Yauri –San Genaro L=11.36 Km.

PROVIAS NACIONAL encargado por el MTC de la Administración y Gerenciamiento de la Red Vial Nacional (RVN), miembro de la Comisión Técnica antes mencionada busca la promoción del uso de diversos materiales y tecnologías que contribuyan al mejoramiento de las condiciones estructurales de los suelos de la red vial, principal factor a trabajar para garantizar transitabilidad.

Con la finalidad de profundizar la investigación en la aplicabilidad de estabilizadores de suelos se formó una Comisión Técnica en enero del 2003 (RM N° 062-2003 MTC/02) y posteriormente aprobó la Directiva N° 05-203-MTC/14 (04-06-2003) que señala aspectos básicos a ser empleados para la aplicabilidad de los estabilizadores por parte de los Proyectos Especiales del MTC.

3.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.

En el Perú el pavimento flexible se introduce con el proceso de urbanización de Lima en la década del 20', las calzadas de las avenidas Alfonso Ugarte y las urbanizaciones Santa Beatriz y Lobatòn, entre otras, fueron construidas con las técnicas más avanzadas de la época. Para una determinación precisa del estado del pavimento debe realizarse una inspección visual cuidadosa a fin de determinar los tipos de deterioros, su cantidad y severidad, los cuales serán reflejados en un croquis. (ALFONSO RICO RODRÍGUEZ). El pavimento permite lograr una superficie de rodamiento con alto grado de planicidad y por su rigidez esta superficie permanece plana durante toda su vida útil, evitando las deformaciones que disminuyen el área de contacto entre llanta y pavimento. Los pavimentos de concreto pueden ser construidos con altos índices de servicio, por su grado de seguridad, adicionalmente se puede dar al pavimento una superficie altamente antiderrapante. La utilización de conectores permite mantener estos índices de servicio, evitando la presencia de escalonamientos en las losas, sobretodo en tramos donde el tráfico es más pesado. Para un mismo nivel de iluminación el concreto requiere menor inversión en equipos y menor consumo de energía (RODOLFO TELLEZ GUTIERREZ).

KATIA HUMPIRI PINEDA. ⁽⁸⁾

En su tesis presento estudio que define un diagnóstico detallado de los daños sufridos por varios proyectos de pavimentos flexibles en la región de Puno, fue necesario realizar una inspección minuciosa de las vías a evaluar, en la que se evidencia deterioros en la superficie de rodadura de nivel de severidad baja, media y alta en algunos casos, lo que justifico elaborar la identificación, clasificación y monitoreo de

las fallas superficiales encontradas. La mayoría de las carreteras mantenidas y rehabilitadas, se han deteriorado

Prematuramente disminuyendo la condición y el nivel de serviciabilidad del pavimento, demandando trabajos correctivos y complementarios antes de lo previsto. Las causas están referidas al tráfico proyectado de forma inadecuada, mala valoración de la sub-rasante, condiciones de drenaje, condiciones ambientales no consideradas, entre otras.

RAÚL ROBLES BUSTIOS⁽⁹⁾

Donde su presente tesis analiza el tipo de daños, la severidad y cantidad o densidad del pavimento en la Av. Pedro de Osma de la cuadra N°1 a la cuadra N°8 en el distrito de Barranco y la Av. Prolongación de La Castellana de la cuadra N°10 a la cuadra N°11 en el distrito de Surco. Por ello, su tesis aplico la metodología del Índice de Condición de Pavimento (PCI) con el cual se permite calificar al pavimento en un rango de valores que van de 0 a 100, mediante una inspección visual del tipo de daños, identificándolos, cuantificándolos y evaluando su nivel de incidencia sobre el pavimento.

PIURA

Piura está considerada en los proyectos de inversión en el aspecto vial de nuestra localidad, en el proyecto vial que interconectada la ciudad de Piura distrito de La Unión donde se efectuó un estudio preliminar para la construcción de una vía de pavimento de asfalto en caliente en la calle Chepa santos (cuadra 1-2-3-4-5) la cual se realizó hace varios años atrás donde se registra datos en cuanto al tipo de suelos y el material asfáltico utilizado. Asimismo, a la flecha se visualiza el estado de la

estructura asfáltica, como también al nivel de nuestro distrito los daños visibles y la falta de mantenimiento que se viene dando a nivel de incidencia, por la falta de un programa de correctiva y preventivo.

Imagen N° 4: Av. Las Esmeraldas, Urb. Bello Horizonte.

Pavimentación en un mal estado de serviciabilidad.



Fuente: Pavimento Flexible en Piura.

En la ciudad de Piura también presenta algunos problemas en sus pistas como es la señalización, drenaje en obras viales, deterioración de veredas, y otras más. Somos una ciudad que hemos sido afectados en el año 2017 por las lluvias dejándonos como resultados la mayor parte de nuestro pavimento en un pésimo estado de servicio, siendo muchos los factores que influenciaron para deteriorar los pavimentos a nivel de Piura y dar origen a las patologías.

3.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.

LA ARENA

Existen pavimentos flexibles modernos en el distrito de la arena que hacen un mejor servicio para el tránsito local. El distrito de La Arena ha sido uno de los pueblos que ha ido evolucionando en su infraestructura y en ámbito socioeconómico. Aunque no existe un antecedente referido a un ítem bibliográfico podemos definir que los parámetros de suelo son semejantes al del distrito de la unión, teniendo en cuenta la función que puede ser construida un pavimento en estos lugares. Aunque hace pocos hemos sido azotados por los cambios climáticos de nuestra naturaleza – lluvias- se está empezando con los trabajos de reconstrucción para recuperar y mejorar el tráfico en los pavimentos flexibles de estos distritos.

LA UNION – CORAZÓN DEL BAJO PIURA.

Hace más de 10 años atrás que La Unión empezó con su modernización y en algunos pavimentos se sigue viendo un abandono, estando en condiciones de deterioro por lo que necesita una modernización, mejoramiento y rehabilitación para obtener un mejor tránsito. Como se muestran en las siguientes fotos el deterioro para realizar la investigación y determinar la condición en que se encuentra para luego tomar las decisiones posteriores. El distrito de la Unión en estos últimos tiempos está afrontando una crisis en todos los aspectos como puede ser: pavimentación, agua y alcantarillado, seguridad ciudadana como mucha más. En este estudio que se realizó se trató con lo que es las patologías en los pavimentos flexibles de la Calle Chepa Santos desde la Cuadra N°1 hasta la cuadra N°5; para posteriormente encontrar los resultados de dicho estudio.

Fotografías tomadas en el Pavimento Flexible donde se realizó la investigación:

Imagen N°5: Cuadra N° 3, Pavimento sin mantenimiento.



Fuente: Elaboración Propia

Imagen N° 6: Cuadra N°1 se logra ver el deterioro del pavimento.



Fuente: Elaboración Propia

Imagen N° 7: En la cuadra N° 2: Estas son las causas de un mal mantenimiento en una pavimentación.



Fuente: Elaboración Propia

3.2. BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. DEFINICIÓN DE PAVIMENTO. ⁽¹⁰⁾

Estructura de las vías de comunicación terrestre, formada por una o más capas de materiales elaborados o no, colocados sobre el terreno acondicionado, que tiene como función el permitir el tránsito de vehículos:

- ü Con seguridad**
- ü Con comodidad**
- ü Con el costo óptimo de operación**
- ü Con superficie uniforme**
- ü Con superficie impermeable**
- ü Color y textura adecuados**
- ü Resistencia a la repetición de cargas**
- ü Resistencia a la acción del medio ambiente**
- ü Que no transmita a las capas inferiores esfuerzos**
- ü Mayores a su resistencia.**

Es importante tener en cuenta que el pavimento puede revestirse con diferentes materiales, como piedras o maderas. El término, sin embargo, suele asociarse en algunos países al asfalto, el material utilizado para construir calles, rutas y otras vías de comunicación. Las denominadas mezclas asfálticas y el hormigón son los materiales más habituales para crear el pavimento urbano, ya que tienen un buen rendimiento de soporte y permiten el paso constante de vehículos sin sufrir grandes daños. En los últimos años se ha promovido el desarrollo de pavimento que sea sostenible y que respete el medio ambiente. En este sentido cabe mencionar la

creación de pavimento que combina el asfalto con el polvo de caucho que se obtiene a partir de neumáticos reciclados y la utilización del producto conocido como noxer, que tiene la capacidad de absorber la contaminación que producen los tubos de escape de los vehículos.

De acuerdo a la Norma AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), ⁽¹¹⁾ existen dos puntos de vista para definir un pavimento: De ingeniería:

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

Imagen Nª 8: Paquete Estructural Pavimento Flexible.



Fuente: Portillo G (2015)

De Usuario:

Desde el punto de vista del usuario, el pavimento es una superficie que debe brindar comodidad y seguridad cuando se transite sobre ella. Debe proporcionar un servicio de calidad, de manera que influya positivamente en el estilo de vida de las personas. Las diferentes capas de material seleccionado que conforman el paquete estructural, reciben directamente las cargas de tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada. Es por ello que todo pavimento deberá presentar la resistencia adecuada para soportar los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua, así como abrasiones y punzonamientos (esfuerzos cortantes) producidos por el paso de personas o vehículos, la caída de objetos o la compresión de elementos que se apoyan sobre él.

Otras condiciones necesarias para garantizar el apropiado funcionamiento de un pavimento son el ancho de la vía; el trazo horizontal y vertical definido por el diseño geométrico; y la adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento, aún en condiciones húmedas.

Pavimento

Se domina pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directas las cargas del tránsito y los transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

Concepto de Pavimento

Se adoptará, un par de definiciones de autores que explican de muy buena manera la definición de pavimento:

“Es una estructura que se encuentra constituida por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y se construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados.

Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la sub rasante de la vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de restringir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento”.

Se entiende por pavimento al conjunto de los elementos estructurales de un camino (o de otras superficies como las pistas de aterrizaje de los aeropuertos, losas deportivas, etc.), es decir, son todas las capas que lo conforman y las que se denominan comúnmente capa superficial, base, sub base.

Es importante conocer la clasificación de los pavimentos, para poderlos distinguir entre ellos y lograr llevar a cabo un proceso de evaluación adecuado.

3.2.2.1. CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS.

Se tiene:

PAVIMENTOS FLEXIBLES:

Es el pavimento que tienen en su parte superior una carpeta bituminosa, apoyada sobre dos capas granulares, denominadas base y sub base. En la siguiente figura se presenta un corte de la sección típica de un pavimento flexible.

PAVIMENTOS SEMIRRÍGIDO:

Contiene la misma estructura de un pavimento flexible, con la variación que una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con algún aditivo que puede ser: asfalto, cal, cemento, emulsión o químicos; los cuales permitan incrementar la capacidad portante del suelo.

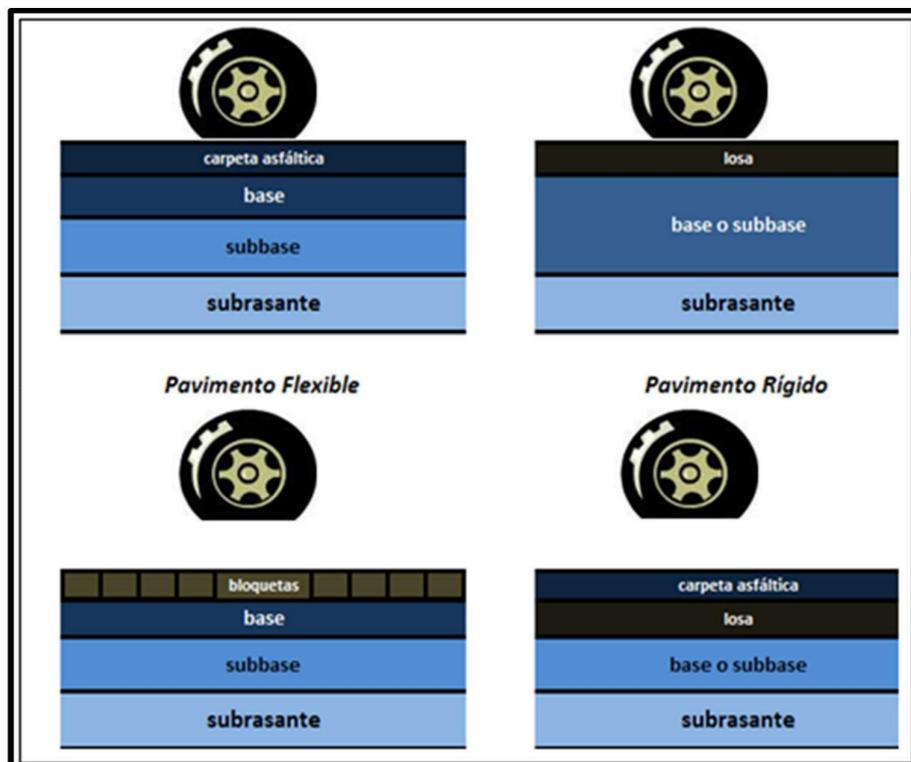
PAVIMENTOS RÍGIDOS:

Son pavimentos en los cuales su capa superior está compuesta por una losa de cemento hidráulico, la cual se encuentra apoyada sobre una capa de material denominada base o sobre la sub rasante. En este tipo de pavimentos se pueden distinguir algunos tipos que son: hormigón simple con juntas con o sin barras de transferencia de carga, hormigón reforzado con juntas y barras de traspaso de cargas y hormigón continuamente reforzado.

PAVIMENTOS ARTICULADOS:

Son pavimentos cuyas capas de rodadura se encuentran conformadas por bloques de concretos prefabricados, que se denominan adoquines, son iguales entre si y de un espesor uniforme; y que se colocan sobre una capa delgada de arena, la cual se encuentra sobre una capa granular o la sub rasante.

Imagen N° 9: Pavimento flexible, rígido e híbrido.



Fuente: Pavimento Flexible.

El trabajo de la presente tesis está referido a pavimentos urbanos flexibles, por lo que se explicará a detalle las capas que lo constituyen y su comportamiento frente a sollicitaciones externas. Los pavimentos flexibles están constituidos por las siguientes capas: carpeta asfáltica, base, sub base y sub rasante. A continuación, se

explica a detalle cada uno de estos elementos. Gracias a los aportes teóricos por grandes personajes se puede definir los siguientes temas: a). Carpeta

Asfáltica

La carpeta asfáltica es la capa que se coloca en la parte superior del paquete estructural, sobre la base, y es la que le proporciona la superficie de rodamiento a la vía.

Cumple la función de impermeabilizar la superficie evitando el ingreso de agua que podría saturar las capas inferiores. También evita la desintegración de las capas subyacentes y contribuye al resto de capas a soportar las cargas y distribuir los esfuerzos (cuando se construye con espesores mayores a 2.5 cm.).

La carpeta es elaborada con material pétreo seleccionado y un aglomerante que es el asfalto. Es de gran importancia conocer el contenido óptimo de asfalto a emplear, para garantizar que la carpeta resista las cargas a la que será sometida.

Un exceso de asfalto en la mezcla puede provocar pérdida de estabilidad, e incluso hacer resbalosa la superficie. Esta capa es la más expuesta al intemperismo y a los efectos abrasivos de los vehículos, por lo que necesita de mantenimientos periódicos para garantizar su adecuada performance.

b). Base

Es la capa de pavimento ubicada debajo de la superficie de rodadura y tiene como función primordial soportar, distribuir y transmitir las cargas a la subbase, que se encuentra en la parte inferior.

La base puede estar constituida principalmente por material granular, como piedra triturada y mezcla natural de agregado y suelo; pero también puede estar conformada con cemento Portland, cal o materiales bituminosos, recibiendo el

nombre de base estabilizada. Éstas deben tener la suficiente resistencia para recibir la carga de la superficie y transmitirla hacia los niveles inferiores del paquete estructural.

c). SubBase

La sub base se localiza en la parte inferior de la base, por encima de la subrasante. Es la capa de la estructura de pavimento destinada a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas en la carpeta asfáltica. Está conformada por materiales granulares, que le permiten trabajar como una capa de drenaje y controlador de ascensión capilar de agua, evitando fallas producidas por el hinchamiento del agua, causadas por el congelamiento, cuando se tienen bajas temperaturas. Además, la sub base controla los cambios de volumen y elasticidad del material del terreno de fundación, que serían dañinos para el pavimento.

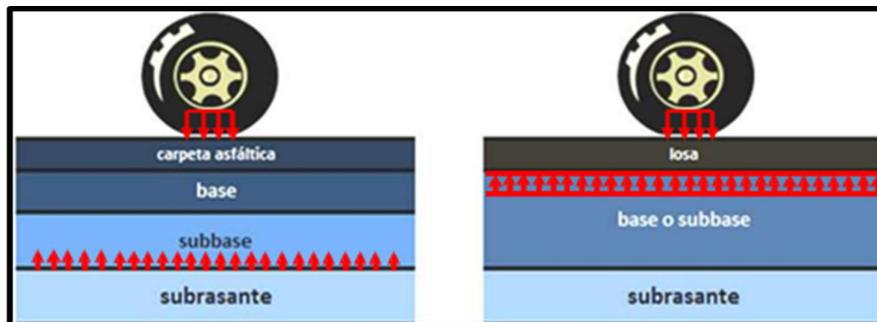
d). Sub Rasante

La sub rasante es la capa de terreno que soporta el paquete estructural y que se extiende hasta una profundidad en la cual no influyen las cargas de tránsito.

Esta capa puede estar formada en corte o relleno, dependiendo de las características del suelo encontrado. Una vez compactada, debe tener las propiedades, secciones transversales y pendientes especificadas de la vía. El espesor del pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la sub rasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de estabilidad, incompresibilidad y resistencia a la expansión y contracción por efectos de la humedad. El comportamiento estructural de un pavimento frente a cargas externas, varía de acuerdo a las capas que lo constituyen. La principal diferencia entre el comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos es la forma cómo se reparten las cargas.

En un pavimento flexible, la distribución de la carga está determinada por las características del sistema de capas que lo conforman. Las capas de mejor calidad están cerca de la superficie donde las tensiones son mayores, y estas cargas se distribuyen de mayor a menor a medida que se va profundizando hacia los niveles inferiores. En el caso de pavimentos rígidos, la losa es la capa que asume casi toda la carga. Las capas inferiores a la losa, en términos de resistencia, son despreciables. En los pavimentos rígidos, las cargas se distribuyen uniformemente debido a la rigidez del concreto, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. En cambio, los pavimentos flexibles tienen menor rigidez, por eso se deforma más que el rígido y se producen tensiones mayores en la subrasante.

Imagen N°10: Distribución de la carga en pavimentos flexibles (izquierda) y rígidos (derecha).



Fuente: Portillo G (2015).

e). Serviciabilidad de Pavimentos

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

pavimentos, también puede ser considerada como una evaluación de la superficie, pero hay que tener presente que esta no es una evaluación completa. La serviciabilidad de los pavimentos ha sido representada en un índice, derivado de los resultados de la prueba AASHO, en la cual se realiza la evaluación mediante una escala que varía de 0 a 5, siendo 5 el valor para pavimentos con una superficie perfecta y 0 para un pavimento con una superficie en malas condiciones. En la siguiente tabla se presenta la escala de calificación de la serviciabilidad según la norma AASHO.

TABLA N°1: Evaluación de los pavimentos.

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

Fuente: Pavimento Flexible.

3.2.2.2. EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

Los pavimentos son estructuras diseñadas para entregar al usuario seguridad y comodidad al transitar, esto significa que la plataforma debe entregar un nivel de servicio acorde a la demanda solicitada. La evaluación de pavimentos consiste en un informe, en el cual se presenta el estado en el que se halla la superficie del mismo, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de reparación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil de los pavimentos, es así, que es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre.

3.2.2.3. IMPORTANCIA DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

La evaluación de pavimentos es importante, pues permitirá conocer a tiempo los deterioros presentes en la superficie, y de esta manera realizar las correcciones, consiguiendo con ello brindar al usuario una serviciabilidad óptima. Con la realización de una evaluación periódica del pavimento se podrá predecir el nivel de vida de una red o un proyecto. La evaluación de pavimentos, también permitirá optimizar los costos de rehabilitación, pues si se trata un deterioro de forma temprana se prolonga su vida de servicio ahorrando de esta manera gastos mayores.

3.2.2.4. OBJETIVIDAD EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

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

encuentre estandarizado para poder decir que se ha realizado una evaluación verdaderamente objetiva. No siempre se pueden obtener mediciones o índices que cumplan con la condición para comparar dos proyectos debido al sesgo intrínseco de la toma de decisiones, produciéndose una desviación entre la realidad y lo expresado por las muestras. La desviación que ocurre puede deberse a dos causas principales.

a) Variabilidad de las unidades, debido a que las unidades son la base para los análisis que se realizaran.

b) Diversidad de la respuesta dentro de cada unidad, esto porque se relaciona a la fiabilidad de la eventual rehabilitación.

3.2.2.5. CURVA DE COMPORTAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS

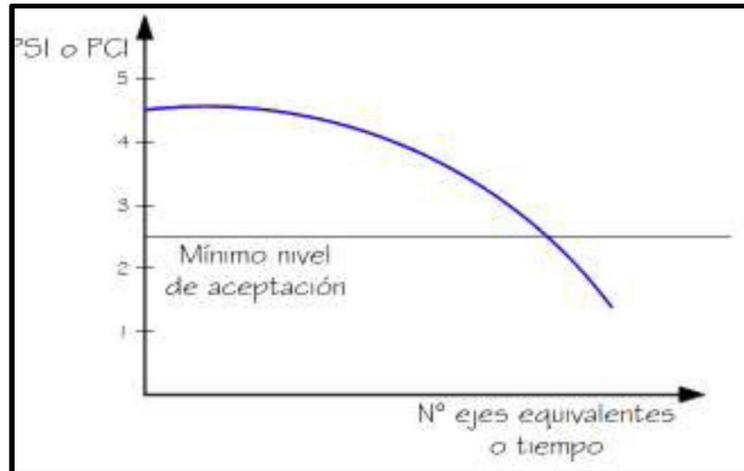
La curva de comportamiento de los pavimentos es la representación histórica de la calidad del pavimento.

Para analizar el comportamiento funcional del pavimento se necesita información de calidad de rodadura durante el periodo de estudio y de los datos históricos del tránsito que se han solicitado al pavimento durante ese periodo.

Con la ayuda del índice de serviciabilidad o el índice de condición de un pavimento versus el tiempo o el número de ejes equivalentes, se puede graficar la degradación del pavimento, consiguiendo de esta manera visualizar el tiempo en el que un pavimento necesitara una rehabilitación, consiguiendo con esto incrementar la vida útil del pavimento. Se representa el comportamiento de un pavimento en función del tiempo o del número de ejes equivalentes al cual está expuesto; mediante esta

representación se podrá adoptar medidas adecuadas, las cuales permitan aumentar la vida útil de un pavimento.

Gráfico N° 1: Curva de comportamiento de un pavimento.



Fuente: Pavimento Flexible.

3.2.2.6. FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Las fallas son el resultado de interacciones complejas de diseño, materiales, construcción, tránsito vehicular y medio ambiente. Estos factores combinados, son la causa del deterioro progresivo del pavimento, situación que se agrava, al no darle un mantenimiento adecuado a la vía. Existen dos tipos de fallas: estructurales y funcionales. Las primeras, son las que originan un deterioro en el paquete estructural del pavimento, disminuyendo la cohesión de las capas y afectando su comportamiento frente a cargas externas. Las fallas funcionales, en cambio, afectan la transitabilidad, es decir, la calidad aceptable de la superficie de rodadura, la estética de la pista y la seguridad que brinda al usuario. Para pavimentos flexibles los daños pueden ser agrupados en 4 categorías:

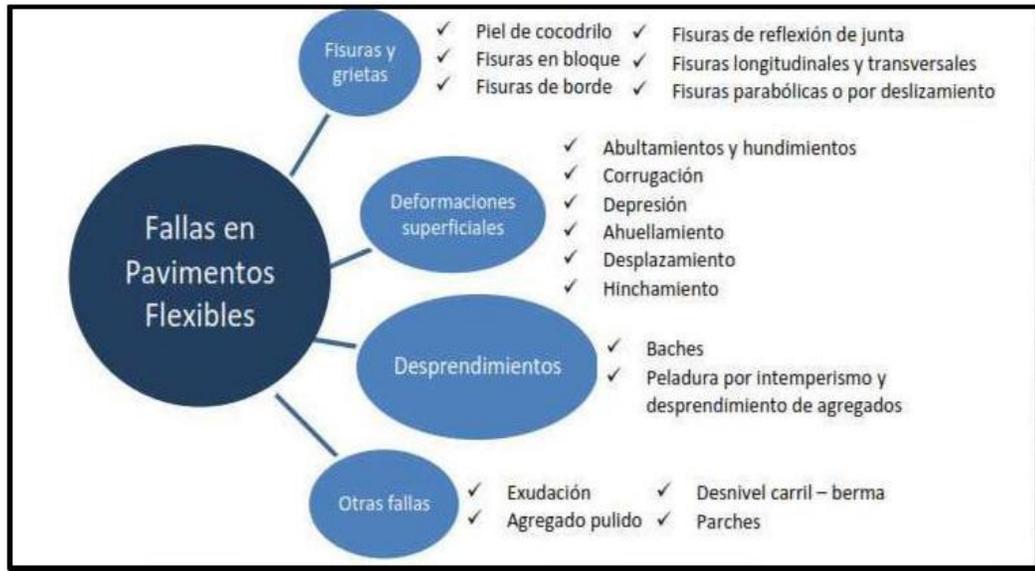
- 1) Fisuras y grietas;
- 2) Deformaciones superficiales;
- 3) Desintegración de pavimentos o desprendimientos;
- 4) Afloramientos y otras fallas.

Tabla N° 2: Catálogo de fallas para el método del PCI.

FALLA N°	DESCRIPCION	UNID.
1	Grieta piel de cocodrilo	m ²
2	Exudación de asfalto	m ²
3	Grietas de contracción (bloque)	m ²
4	Elevaciones – Hundimiento	m
5	Corrugaciones	m ²
6	Depresiones	m ²
7	Grietas de borde	m
8	Grietas de reflexión de juntas	m
9	Desnivel calzada – berma	m
10	Grietas longitudinal y transversal	m
11	Baches y zanjas reparadas	m ²
12	Agregados pulidos	m ²
13	Huecos	N°
14	Cruce de rieles *	m ²
15	Ahuellamiento	m ²
16	Deformación por empuje	m ²
17	Grietas de deslizamiento	m ²
18	Hinchamiento	m ²
19	Disgregación y desintegración	m ²

Fuente: Maestría Gutiérrez Lazares.

Gráfico N° 2: Fallas en Pavimentos Flexibles.



Fuente: Fuente: Rodríguez E (2009)

Se explican 18 de las fallas más comunes que afectan a los pavimentos urbanos flexibles, y que están también consideradas dentro del método PCI.

1. 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 falla, es el envejecimiento del ligante asfáltico, que trae consigo la pérdida de flexibilidad del pavimento.

La piel de cocodrilo indica la pérdida de la capacidad estructural del pavimento, pues disminuye su capacidad de resistencia frente a sollicitaciones externas. Es por ello que, sin el mantenimiento adecuado, el comportamiento del pavimento podría empeorar y podría pasar de una fisura a un desprendimiento (como, por ejemplo, un bache), dañando significativamente la superficie de la vía.

2. Exudación

La exudación es una película de material bituminoso que se extiende sobre una determinada área del pavimento, creando una superficie brillante, resbaladiza y reflectante que generalmente llega a ser pegajosa (durante tiempo cálido). Esta falla puede ser causada por diversos factores, como: el exceso de ligante asfáltico en la dosificación (mezcla), el uso de un ligante asfáltico muy blando, la aplicación excesiva de un sello bituminoso, un deficiente porcentaje de vacíos, etc. La exudación ocurre durante tiempo cálido, cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla y luego se expande en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie.

3. Fisuras de bloque.

Las fisuras en bloque son grietas interconectadas que forman piezas rectangulares de tamaño variable, desde aproximadamente 0.30 x 0.30 m hasta 3.00 x 3.00 m. Este tipo de falla puede ocurrir sobre porciones largas del área del pavimento o sobre

aquellas áreas donde no hay tráfico; es por ello que las fisuras en bloque no están asociadas a sollicitaciones externas de carga vehicular. Las grietas en bloque son causadas principalmente por la contracción del concreto asfáltico y por la variación de temperatura, que origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria. Esta falla indica que el asfalto se ha endurecido significativamente.

4. Abultamiento y hundimientos.

Los abultamientos y hundimientos son desplazamientos pequeños, bruscos, hacia arriba y hacia abajo de la superficie del pavimento, que distorsionan el perfil de la carretera. No son causados por inestabilidad del pavimento, sino que pueden ser producto de varios factores, tales como:

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

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

5. Corrugación.

La corrugación es una serie de ondulaciones constituidas por cimas y depresiones muy cercanas entre sí y espaciadas a intervalos bastante regulares (generalmente menores a 3.00 m) a lo largo del pavimento. Las cimas son perpendiculares al sentido del tránsito. Este tipo de falla es causada por la acción del tránsito vehicular combinada con la inestabilidad de las capas superficiales o de la base del pavimento.

6. 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 hidroplaneo (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).

7. Fisuras de borde.

Las fisuras de borde son grietas paralelas al borde externo del pavimento, que se encuentran a una distancia de 0.30 a 0.50 m de éste. Ese tipo de falla se incrementa por la carga de tránsito y se origina debido al debilitamiento de la base o de la subrasante en áreas muy próximas al borde del pavimento, a causa de condiciones climáticas o por efecto abrasivo de arena suelta en el borde, que provoca peladuras que conducen a la desintegración. Si el área entre la fisura y el borde del pavimento se encuentra agrietada, entonces pueden producirse desprendimientos, llegando al

punto en que los fragmentos pueden removerse.

8. Fisuras de reflexión de junta (de losas longitudinales o transversales).

Las fisuras de reflexión de junta ocurren solamente en pavimentos mixtos: pavimentos de superficie asfáltica (flexible) construidos sobre una losa de concreto (rígido). No se consideran fisuras de reflexión de otros tipos de base como bases estabilizadas con cemento o cal. Estas grietas son causadas por el movimiento de la losa de concreto, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de pavimento flexible. No están relacionadas a efectos de carga; sin embargo, las cargas de tráfico pueden causar la rotura de la superficie de concreto asfáltico cerca de las fisuras. El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico, ayuda a identificar estas fallas.

9. Desnivel carril-berma.

El desnivel carril-berma es la diferencia de elevación (niveles) entre el borde del pavimento y la berma. Esta falla es causada por la erosión de la berma; el asentamiento de la berma; o por la colocación de nuevas capas (sobre carpetas) en la pista, sin el debido ajuste del nivel de la berma.

10. Fisuras longitudinales y transversales.

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

- Juntas de construcción pobremente construidas, o ausencia de ellas.
- Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas, al endurecimiento del asfalto o a la variación diaria de

temperatura.

- **Fisuras de reflexión causadas por agrietamientos bajo la capa superficial, incluyendo grietas en losas de concreto, pero no juntas de pavimento rígido.**
- **Uso de ligante (asfaltos) muy duros o envejecidos.**
- **Gradiente térmico superior a los 30° C que produce ciclos de expansión - contracción de la mezcla asfáltica.**

11. Parches y parches utilitarios.

Un parche es un área del pavimento, que, por encontrarse en mal estado, ha sido reemplazada con material nuevo con el fin de reparar el pavimento existente. Los parches de cortes utilitarios hacen referencia a aquellos parches colocados cuando se efectúan cortes para la reparación de tuberías de agua o desagüe, instalación del cableado eléctrico, teléfonos, entre otros trabajos similares. Los parches disminuyen el nivel de servicio de la vía, pues el comportamiento del área parchada es inferior a la del pavimento original, incluso el área adyacente al parche no se comporta tan bien como la sección original de pavimento.

12. Agregado pulido.

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

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

adherencia del pavimento con las llantas de los vehículos.

13. Baches.

Los baches son pequeños hoyos (depressiones) en la superficie del pavimento de diámetro menor a 750 mm. Presentan bordes agudos y lados verticales cerca de la zona superior de la falla. Los baches pueden ser ocasionados por un conjunto de factores:

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

14. 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, sub bases) 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.

15. Desplazamiento.

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.

16. Fisura parabólica o por deslizamiento.

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

Estas fallas ocurren generalmente en mezclas asfálticas de baja estabilidad o en capas superpuestas, cuando existe una adherencia pobre (liga pobre) entre la capa superficial y la capa subyacente de la estructura del pavimento. Las fisuras parabólicas pueden ser causadas por los siguientes factores:

- **Frenado de las ruedas de los vehículos o giro debido a un cambio de dirección, originando el deslizamiento y deformación de la superficie del pavimento.**
- **Deficiente adherencia en capas superpuestas o presencia de polvo.**
- **Exceso de ligante o falta de riego de liga.**
- **Alto contenido de arena fina en la mezcla.**

17. 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.

18. Peladura por Intemperismo y Desprendimientos de Agregados.

La peladura por intemperismo es la desintegración superficial del pavimento por pérdida de ligante asfáltico; mientras que el desprendimiento del agregado pétreo, hace referencia a partículas de agregado sueltas o removidas. Ambas fallas indican que el ligante asfáltico ha sufrido un endurecimiento considerable o que la mezcla es de pobre calidad. Las principales causas de este tipo de fallas son:

- **Cargas de tráfico especiales como es el caso de vehículos de orugas.**
- **Ablandamiento de la superficie y pérdida de agregados debido al derramamiento de aceite de vehículos.**
- **Mezcla de baja calidad con ligante insuficiente.**

- **Uso de agregados sucios o muy absorbentes.**
- **Falla de adherencia agregado**
- **Asfalto debido al efecto de agentes externos.**

3.2.2.6. TIPOS DE FALLAS EN LOS PAVIMENTOS

Las fallas en los pavimentos pueden ser divididas en dos grandes grupos que son fallas de superficie y fallas en la estructura. En el siguiente texto podemos ver los tipos de fallas que puede darse en un pavimento flexible y que en nuestra investigación hemos podido experimentar encontrándolos en nuestra área de trabajo de la calle Chepa Santos.

1. Fallas de Superficie

Son las fallas en la superficie de rodamiento, debidos a las fallas en la capa de rodadura y que no guardan relación con la estructura de la calzada. La corrección de estas se fallas se efectúa con solo regularizar su superficie y conferirle la necesaria impermeabilidad y rugosidad.

2. Fallas Estructurales

Comprende los defectos de la superficie de rodamiento, cuyo origen es una falla en la estructura del pavimento, es decir, de una o más capas constitutivas que deben resistir el complejo juego de sollicitaciones que imponen el tránsito y el conjunto de factores climáticos. Para corregir este tipo de fallas es necesario un refuerzo sobre el pavimento existente para que el paquete estructural responda a las exigencias del tránsito presente y futuro estimado.

Cuadro N° 1: Causa principal de las fallas en la determinación del PCI.

N° de Falla	Descripción	Unidad	Causa Principal		
			Tráfico	Clima	Materiales
1	Grieta Piel de Cocodrilo	m2	√		
2	Exudación de Asfalto	m2		√	√
3	Grietas de Contracción (bloque)	m2		√	√
4	Elevación - Hundimiento	m		√	√
5	Corrugaciones	m2		√	√
6	Depresiones	m2		√	√
7	Grietas de Borde	m		√	√
8	Grietas de Reflexión de Juntas	m		√	√
9	Desnivel Calzada - Hombrillo	m		√	√
10	Grietas Longitudinal - Transversal	m		√	√
11	Baches y Zanjas Reparadas	m2	√		
12	Agregados Pulidos	m2	√		
13	Huecos	No	√		
14	Cruces de Rieles, Puentes, Pontones, Rejillas de	m2		√	√
15	Ahuellamiento	m2		√	√
16	Deformación por Empuje	m2			√
17	Grieta de Deslizamiento	m2			√
18	Hinchamiento	m2			√
19	Disgregación y Desintegración	m2			√

Fuente: Maestría Gutiérrez Lazares

La alternativa más completa corresponde a determinar el PCI de una manera ingenieril y coherente. Esta tabla presenta las causas de la generación de fallas en la estructura del pavimento y que el profesional evaluador podrá diseminar sectores.

3.2.2.7. TIPOS DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

Para la siguiente investigación hemos podido ver que para la Evaluación de pavimentos existen diversas metodologías, donde para siguiente investigación se ha aplicado el método del PCI. También existen diversos métodos de evaluación de

pavimentos, que son aplicables a calles y carreteras, entre los aplicables al presente estudio están:

ING. CAMILO ENRIQUE MARRUGO MARTÍNEZ. ⁽¹²⁾

VIZIR

Es un índice que representa la degradación superficial de un pavimento, representando una condición global que permitirá tomar algunas medidas de mantenimiento y rehabilitación. Este índice ha sido desarrollado por el Laboratorio Central des Pans et Causes – France o por sus siglas en ingles LCPC. El sistema VIZIR, es un sistema de simple comprensión y aplicación que establece una distinción clara entre las fallas estructurales y las fallas funcionales y que ha sido adoptado en países en vía de desarrollo y en especial en zonas tropicales.

FHWA / OH99 / 004

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

ASTM D 6433-99

También conocido como Present Condition Index, o por sus siglas PCI. Este índice sirve para representar las degradaciones superficiales que se presentan en los pavimentos flexibles y de hormigón. Este método ha sido aplicado en la presente investigación, debido a que se la adoptado mundialmente por algunas entidades

encargadas de realizar la cuantificación de los deterioros en la superficie de pavimentos. Esta es la metodología que se utilizó en el presente estudio.

3.2.2.8. EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE UN PAVIMENTO

Como ya se ha indicado anteriormente, en la presente investigación se utilizó 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. Esta es una de las más completas metodologías de evaluación debido a que involucra a los dos tipos de pavimentos más utilizados en la ciudad de La Unión que son los pavimentos asfálticos y los pavimentos de concreto.

TABLA N°3: Rango de calificación.

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

Fuente: Velásquez Varela Luis (2002)

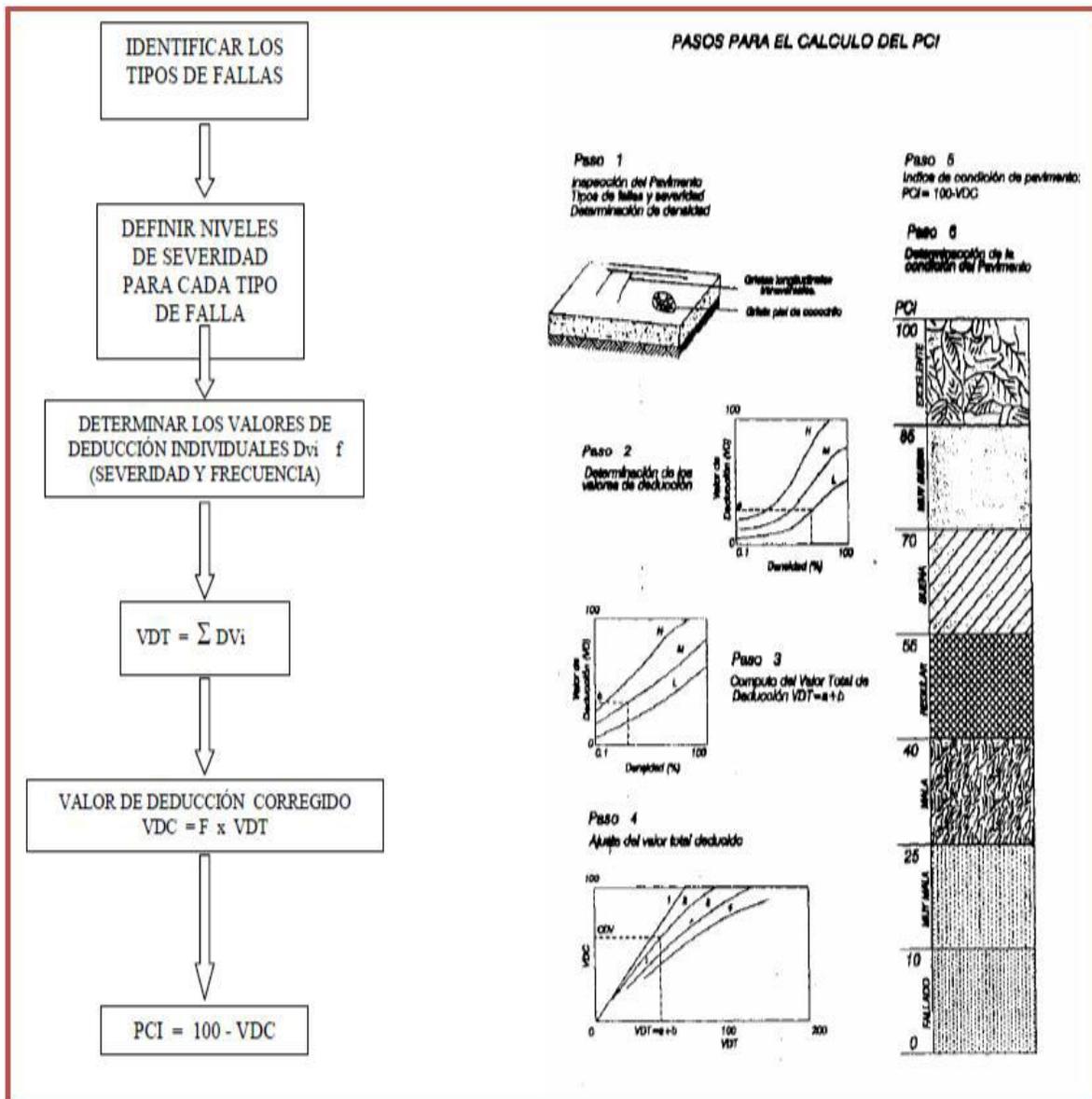
PCI	Significado
100	Pavimento en "perfecto" estado.
70	Punto en que el pavimento comienza a mostrar pequeñas fallas localizadas, es decir el punto en que deben iniciarse acciones de mantenimiento rutinario y/o preventivo menor.
55	Punto en que el pavimento requiere acciones de mantenimiento localizado para corregir fallas más fuertes. Su condición de rodaje sigue siendo "buena" pero su deterioro o reducción de calidad de rodaje (rata de deterioro) comienza a aumentar.
40	Punto en el que el pavimento muestra fallas más acentuadas y su condición de rodaje puede calificarse como regular o "aceptable", su rata de deterioro aumenta rápidamente. Este punto es cercano al definido como punto "óptimo" de rehabilitación.
0	El pavimento está fuertemente deteriorado, presenta diversas fallas avanzadas y el tráfico no puede circular a velocidad normal. El pavimento se considera "fallado" y requiere acciones de mantenimiento mayor y eventualmente reconstrucción parcial y/o bacheo de un alto porcentaje de su área.

3.2.2.9. 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.

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.

Gráfico N° 3: Diagrama de Flujo del Método del PCI.



Fuente: Maestría Gutiérrez Lazares.

En este grafico se muestra esquemáticamente los pasos necesarios para determinar el PCI. El grafico de la derecha representa la escala de valores asociados a comportamiento del pavimento.

3.2.2.10. PATOLOGÍA, CAUSAS Y SOLUCIONES DEL CONCRETO

RESUMEN:

Todas las estructuras acumulan daño gradualmente durante su vida útil. Un aspecto importante desde el punto de vista de la funcionalidad y seguridad de estas estructuras es la detección del daño, que, con los avances recientes, coloca al seguimiento del estado físico de un sistema estructural al alcance de la tecnología actual. Si el daño en una estructura puede ser localizado, y observarse su evolución, se estaría en posibilidad de contar con una historia de su ocurrencia, tanto en localización como en magnitud y extensión; así, los componentes pueden ser reparados o reemplazados antes de que se alcance algún estado peligroso y una falla costosa ocurra. En ingeniería existen muchos procedimientos disponibles para detectar daño en estructuras; cada uno de ellos tiene sus ventajas y desventajas, haciendo que no exista una técnica en particular, mejor que otra.

El deterioro de la estructura de un pavimento es una función de la CLASE DE DAÑO, SU SEVERIDAD Y CANTIDAD O DENSIDAD DEL MISMO. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

3.2.2.11. MÉTODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX) PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES.

INTRODUCCIÓN ⁽¹³⁾

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

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

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

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla presente. Dada la gran cantidad de combinaciones posibles, el método introduce un factor de ponderación, llamado “valor deducido”, para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad (cantidad). Este método no pretende solucionar aspectos de

seguridad si alguno estuviera asociado con su práctica. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, un valor que cuantifique el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento.

3.2.2.12. INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)

BREVE RESEÑA SOBRE EL MÉTODO P.C.I.

PROGRAMA DE DIAGNÓSTICO Y SEGUIMIENTO DE PAVIMENTO.

Fue desarrollado entre los años 1974 a 1976 por encargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los EE UU y ejecutado por los ingenieros Srs. Mohamed Y. Shahin, Michael I. Darter y Starr D. Kohn, con el objetivo de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles, a través del índice Pavement Condition Index P.C.I. El método P.C.I. para pavimentos de aeropuertos, carreteras y estacionamientos ha sido ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado, por diversas agencias como, por ejemplo: la Federal Aviation Administration (FAA 1982), el U.S. Department of Defence (U.S. Air Force 1981 y U.S Army 1982), la American Public Work Association (APWA 1984), etc. Además, el PCI para aeropuertos ha sido publicado por la ASTM como método de análisis (ASTM 1983).

En 1982 la Federal Aviation Administration FAA, a través de su Circular AC 150/5380-6 de 03/12/1982, denominada “Guidelines and Procedures for Maintenance for Airport Pavement”, recomendó este método, teniendo amplio uso en los aeropuertos de EE UU.

3.2.2.13. OBJETIVOS DEL PCI

Los objetivos que se esperan con la aplicación del Método PCI son:

Determinar el estado en que se encuentra el pavimento en términos de su integridad estructural y del nivel de servicio que ofrece al usuario. El método permite la cuantificación de la integridad estructural de manera indirecta, a través del índice de condición del pavimento (ya que no se realizan mediciones que permiten calcular directamente esta integridad).

Cuando se habla de integridad estructural, se hace referencia a la capacidad que tiene el paquete estructural de soportar solicitaciones externas, como cargas de tránsito o condiciones ambientales. En cambio, el nivel de servicio es la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro al conductor.

Obtener un indicador que permita comparar, con un criterio uniforme, la condición y comportamiento del pavimento y de esta manera justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación, seleccionando la técnica de reparación más adecuada al estado del pavimento en estudio.

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.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En el Cuadro

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

TABLA N°4: Rango de calificación del PCI.

Rangos de calificación del PCI	
Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy malo
10 - 0	Fallado

Fuente: Velásquez Varela Luis (2002)

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD que cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima. La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. Las figuras son

ilustrativas y en la práctica debe proveerse el espacio necesario para consignar toda la información pertinente.

3.2.2.14. DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO PARA EVALUACIÓN

En la “Evaluación De Una Red” puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo. En la “Evaluación de un Proyecto” se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

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

Dónde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

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

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial, se asume que la desviación estándar es 10. Esta suposición debe verificarse como se describe después de haber determinado los

valores de PCI. Para inspecciones posteriores, se debe usar la desviación estándar de la inspección anterior para determinar el valor. Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco ($n < 5$), todas las unidades deberán evaluarse. Obtenga una confiabilidad del 95% en crítico, se debe verificar la conveniencia de la cantidad de unidades inspeccionadas. El número de unidades de muestra se estimó en función de un valor de desviación estándar asumido. Calcule el valor real de la desviación estándar de la siguiente manera:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n 1 (PCI_i - PCI_f)^2}{n-1}}$$

Dónde:

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

PCI_f = PCI promedio de las unidades de muestra analizadas.

n = Número total de unidades de muestra analizadas.

s = Desviación estándar.

Calcular el número mínimo de unidades de muestra que se inspeccionarán utilizando el valor real de la desviación estándar. Si el número de unidades inspeccionadas a inspeccionar es mayor que el número de muestras, seleccione e inspeccione las unidades de la muestra al azar. Estas unidades de muestra deben estar espaciadas uniformemente en toda la sección. Repita este proceso para verificar el número de unidades de muestra revisadas e inspeccione aleatoriamente las unidades de muestra adicionales hasta el número total de unidades de la muestra de mar inspeccionada

igual o mayor que el número mínimo de unidades de muestra "n", use el total de la desviación estándar de muestras reales.

3.2.2.15. SELECCIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera:

El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la Ecuación.

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

Dónde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3)

El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i.

Así, si $i = 3$, la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S + 1), (S + 2), etc.

Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, etc.

3.2.2.16. SELECCIÓN DE UNIDADES DE MUESTREO ADICIONALES

Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición de los daños de este manual para obtener un valor del PCI confiable.

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

Equipo.

- ü **Odómetro para medir las longitudes y las áreas de los daños.**
- ü **Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.**
- ü **Conos de seguridad vial. Para aislar el área de calle en estudio, ya que el tráfico representa un peligro para los inspectores que tienen que caminar sobre el pavimento.**
- ü **Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.**

Procedimiento.

Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida de los daños. Se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

Inspeccionar individualmente cada unidad de muestra seleccionada.

Registrar el tamaño de unidad de muestra medido con el odómetro manual.

El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la plataforma inspeccionada y para el personal en la plataforma.

Cuadro N°2: Hoja de Registro en vías de Pavimento Flexible.

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - PCI							
EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO							
NOMBRE DE LA VIA						ESQUEMA	
INSPECCIONADO POR							
FECHA							
SECCION							
UNIDAD DE MUESTREO							
AREA DE MUESTREO							
N°	DAÑO	N°	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 Férrea				
5	Corrugación	15	Ahuellamiento				
6	Depresión	16	Desplazamiento				
7	Grieta de Borde	17	Grieta Parabólica				
8	Grieta de Reflexión de Junta.	18	Hinchamiento				
9	Desnivel Carril / Berma	19	Desprendimiento de Agregado				
10	Grietas Long. Y Transversal						
FALLA	PATOLOGIA	SEVERIDAD	LARGO	ANCHO	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.2.17. CÁLCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “Valores Deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

Primera parte. Cálculo de los valores deducidos (DV)

Se añade la cantidad total de cada tipo de patología para cada nivel de gravedad.

La patología se puede medir en área, longitud o número de acuerdo con su tipo.

Divida la cantidad total de cada tipo de patología según el nivel de gravedad entre el área total de la unidad de muestra y multiplique el resultado por 100 para la densidad porcentual para cada tipo y gravedad de la patología.

Se determina el valor deducido para cada tipo de patología y su nivel de gravedad mediante las curvas llamadas "Valor de daño deducido" para el pavimento flexible.

Segunda parte. Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m) Si ninguno o solo un valor individual deducido es mayor al 2%, el valor total deducido se usa en lugar del valor máximo deducible corregido (CDV) para determinar el ICP; de lo contrario, el CDV máximo debe determinarse por los pasos: Crear una lista de los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.

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

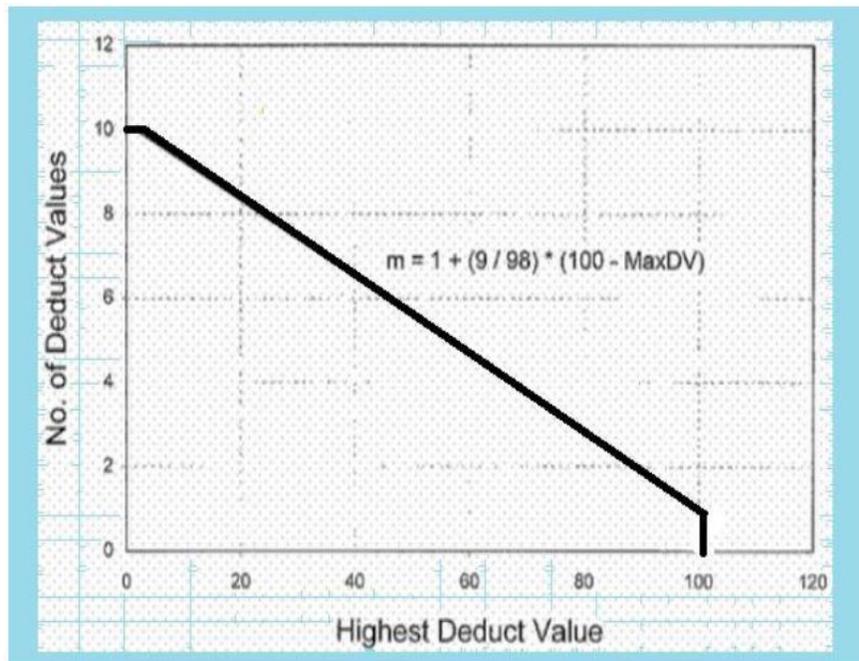
$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100.00 - HDV_i)$$

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.**

Gráfico N° 4: Ajuste del número de valores deducidos.



Fuente: Rodríguez 2009.

Tercera parte. Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV).

- Ø En tal sentido, Si ninguno o solo un valor individual deducido es mayor al 2%, se usa el valor total deducido en lugar del valor máximo deducible corregido (CDV) para determinar el PCI; de lo contrario, el CDV máximo debe determinarse utilizando los pasos:
- Ø Se Crea una lista de los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.
- Ø El número máximo admisible de valores deducidos (m) se determina utilizando la tabla de ajuste del número de valores reducidos o la siguiente fórmula:

Gráfico N° 5: Curvas de corrección para pavimentos de asfaltos.



Fuente: Rodríguez 2009.

- Ø En la siguiente iteración, se cambia el valor más bajo deducido por 2% para luego sumar y encontrar un nuevo valor deducido total, en este caso el valor es igual a "m - 1". El mismo procedimiento se repite hasta que q = 1.
- Ø El CDV máximo es el más alto de CDV obtenido en este proceso, un valor que podemos encontrar en el PCI usando la siguiente fórmula:

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

3.2.2.18. CÁLCULO DEL PCI DE UNA SECCIÓN DE PAVIMENTO

Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo.

Si se utilizó la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas. Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma:

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

Dónde:

PCIS: PCI de la sección del pavimento.

PCIR: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias
o Representativas.

PCIA: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección.

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

MANUAL DE DAÑOS

RIDE QUALITY

CALIDAD DE TRÁNSITO

Cuando se realiza la inspección de daños, debe evaluarse la calidad de tránsito para determinar el nivel de severidad de daños tales como las corrugaciones, para la presente investigación. A continuación, se presenta una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito.

L: (Low: Bajo): Se perciben las vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones) pero no es necesaria una reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo, pero creando poca incomodidad. Para el caso de la presente investigación esta será recorrida a pie y se observará el grado de abultamientos o hundimientos.

M: (Medium: Medio): Las vibraciones en el vehículo son significativas y se requiere alguna reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo, creando incomodidad. Para el caso de la presente investigación esta será recorrida a pie y se observará el grado de abultamientos o hundimientos.

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

vehículo. Para el caso de la presente investigación esta será recorrida a pie y se observará el grado de abultamientos o hundimientos.

La calidad de tránsito se determina recorriendo la sección de pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad establecida por el límite legal. Las secciones de pavimento cercanas a señales de detención deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal. Siendo la presente investigación para plataformas deportivas, no se analizarán patologías cuya causa es debida al tránsito.

3.2.2.19. DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS

GRIETA DE ESQUINA

Descripción: Una grieta de esquina es una grieta que intercepta las juntas de una losa a una distancia menor o igual que la mitad de la longitud de la misma en ambos lados, medida desde la esquina. Por ejemplo, una losa con dimensiones de 3.70 m por 6.10 m presenta una grieta a 1.50 m en un lado y a 3.70 m en el otro lado, esta grieta no se considera grieta de esquina sino grieta diagonal; sin embargo, una grieta que intercepta un lado a 1.20 m y el otro lado a 2.40 m si es una grieta de esquina. Una grieta de esquina se diferencia de un descascaramiento de esquina en que aquella se extiende verticalmente a través de todo el espesor de la losa, mientras que el otro intercepta la junta en un ángulo. Generalmente, la repetición de cargas combinada con la pérdida de soporte y los esfuerzos de alabeo originan las grietas de esquina.

Niveles de Severidad

L: La grieta está definida por una grieta de baja severidad y el área entre la grieta y las juntas está ligeramente agrietada o no presenta grieta alguna.

M: Se define por una grieta de severidad media o el área entre la grieta y las juntas presenta una grieta de severidad media (M)

H: Se define por una grieta de severidad alta o el área entre la junta y las grietas esta muy agrietada.

Medida

La losa dañada se registra como una (1) losa si:

- 1. Sólo tiene una grieta de esquina.**
- 2. Contiene más de una grieta de una severidad particular.**
- 3. Contiene dos o más grietas de severidades diferentes.**

Para dos o más grietas se registrará el mayor nivel de severidad. Por ejemplo, una losa tiene una grieta de esquina de severidad baja y una de severidad media, deberá contabilizarse como una losa con una grieta de esquina media.

Opciones de reparación

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

M:Sellado de grietas. Parcheo profundo.

H: Parcheo profundo.

ESCALA

Descripción:

Escala es la diferencia de nivel a través de la junta. Algunas causas comunes que la originan son:

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

Se definen por la diferencia de niveles a través de la grieta o junta como se indica en el Cuadro

Tabla N°5: Niveles de Severidad para

Escala. Rangos de calificación del

PCI	
<i>Rango</i>	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy malo
10 - 0	Fallado

Medida

La escala a través de una junta se cuenta como una losa. Se cuentan únicamente las losas afectadas. Las escalas a través de una grieta no se cuentan como daño, pero se consideran para definir la severidad de las grietas.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Fresado.

M: Fresado.

H: Fresado.

GRIETAS LINEALES (Grietas longitudinales, transversales y diagonales)

Descripción:

Estas grietas, que dividen la losa en dos o tres pedazos, son causadas usualmente por una combinación de la repetición de las cargas de tránsito y el alabeo por gradiente térmico o de humedad. Las losas divididas en cuatro o más pedazos se contabilizan como losas divididas. Comúnmente, las grietas de baja severidad están relacionadas con el alabeo o la fricción y no se consideran daños estructurales importantes. Las grietas capilares, de pocos pies de longitud y que no se propagan en toda la extensión de la losa, se contabilizan como grietas de retracción.

Niveles de severidad

Losas sin refuerzo

L: Grietas no selladas (incluye llenante inadecuado) con ancho menor que 12.0 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escala.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

- 1. Grieta no sellada con ancho entre 12.0 mm y 51.0 mm.**
- 2. Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 51.0 mm con escala menor que 10.0 mm.**
- 3. Grieta sellada de cualquier ancho con escala menor que 10.0 mm.**

H: Existe una de las siguientes condiciones:

- 1. Grieta no sellada con ancho mayor que 51.0 mm.**
- 2. Grieta sellada o no de cualquier ancho con escala mayor que 10.0**

mm. Medida

Una vez se ha establecido la severidad, el daño se registra como una losa. Si dos grietas de severidad media se presentan en una losa, se cuenta dicha losa como una poseedora de grieta de alta severidad.

Las losas divididas en cuatro o más pedazos se cuentan como losas divididas.

Las losas de longitud mayor que 9.10 m se dividen en “losas” de aproximadamente igual longitud y que tienen juntas imaginarias, las cuales se asumen están en perfecta condición.

Opciones de reparación

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

M: Sellado de grietas.

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

PULIMENTO DE AGREGADOS

Descripción:

Este daño se causa por aplicaciones repetidas de cargas del tránsito. Cuando los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto, se reduce considerablemente la adherencia con las llantas. Cuando la porción del agregado que se extiende sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye significativamente a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados que se extiende sobre el concreto es despreciable y suave al tacto. Este tipo de daño se reporta cuando el resultado de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha disminuido significativamente respecto a evaluaciones previas.

Niveles de Severidad

No se definen grados de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de incluirlo en un inventario de la condición y calificarlo como un defecto.

Medida

Una losa con agregado pulido se cuenta como una losa.

Opciones de reparación

L, M y H: Ranurado de la superficie. Sobre carpeta.

DESCONCHAMIENTO, MAPA DE GRIETAS,

CRAQUELADO Descripción:

El mapa de grietas o craquelado (crazing) se refiere a una red de grietas superficiales, finas o capilares, que se extienden únicamente en la parte superior de la superficie del concreto. Las grietas tienden a interceptarse en ángulos de 120 grados. Generalmente, este daño ocurre por exceso de manipulación en el terminado y puede producir el descamado, que es la rotura de la superficie de la losa a una profundidad aproximada de 6.0 mm a 13.0 mm. El descamado también puede ser causado por incorrecta construcción y por agregados de mala calidad.

Niveles de Severidad

L: El craquelado se presenta en la mayor parte del área de la losa; la superficie esta en buena condición con solo un descamado menor presente.

M: La losa está descamada, pero menos del 15% de la losa está afectada.

H: La losa esta descamada en más del 15% de su

área. Medida

Una losa descamada se contabiliza como una losa. El craquelado de baja severidad debe contabilizarse únicamente si el descamado potencial es inminente, o unas pocas piezas pequeñas se han salido.

Opciones para Reparación

L: No se hace nada.

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

H: Parcheo profundo o parcial. Reemplazo de la losa. Sobre carpeta.

DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA

Descripción:

Es la rotura de la losa a 0.6 m de la esquina aproximadamente. Un Descascaramiento de esquina difiere de la grieta de esquina en que el Descascaramiento usualmente buza hacia abajo para interceptar la junta, mientras que la grieta se extiende verticalmente a través de la esquina de losa. Un Descascaramiento menor que 127 mm medidos en ambos lados desde la grieta hasta la esquina no deberá registrarse.

Niveles de severidad

En el Cuadro se listan los niveles de severidad para el Descascaramiento de esquina.

El Descascaramiento de esquina con un área menor que 6452 mm² desde la grieta hasta la esquina en ambos lados no deberá contarse.

Tabla N°5: Niveles de Severidad para Descascaramiento de Esquina.

Rangos de calificación del PCI	
<i>Rango</i>	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular

Medida

Si en una losa hay una o más grietas con Descascaramiento con el mismo nivel de severidad, la losa se registra como una losa con Descascaramiento de esquina. Si ocurre más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad.

Opciones de reparación

L:No se hace nada.

M:Parqueo parcial.

H: Parqueo parcial.

Criterio de inspección:

A continuación, se detallan algunos criterios importantes a tomar en cuenta durante la inspección visual que permitirán minimizar errores y aclarar interrogantes acerca de la identificación y medición de algunos tipos de fallas. Podemos encontrar varios casos en el área de investigación el cual debemos saber definirla e identificarla para poder obtener resultados centrados a la investigación.

- 1. Si el agrietamiento tipo piel de cocodrilo y Ahuellamiento ocurren en la misma área, cada falla es registrada por separado en su correspondiente nivel de severidad.**
- 2. Si la exudación es considerada, entonces el agregado pulido no será tomado en cuenta en la misma área.**
- 3. El agregado pulido debe ser encontrado en cantidades considerables para que la falla sea registrada.**

4. Si una fisura no tiene un mismo nivel de severidad en toda su longitud, cada porción de la fisura con diferente nivel de severidad debe ser registrada en forma separada. Sin embargo, si los diferentes niveles de severidad en una porción de fisura no pueden ser fácilmente separados, dicha porción debe ser registrada con el mayor nivel de severidad presente.
5. Si alguna falla, incluyendo fisuras o baches, es encontrada en un área parchada, ésta no debe ser registrada; sin embargo, su efecto en el parchado debe ser considerado en determinar el nivel de severidad de dicho parche.
6. Se dice que una falla está desintegrada si el área que la rodea se encuentra fragmentada (algunas veces hasta el punto de desprendimiento de fragmentos).

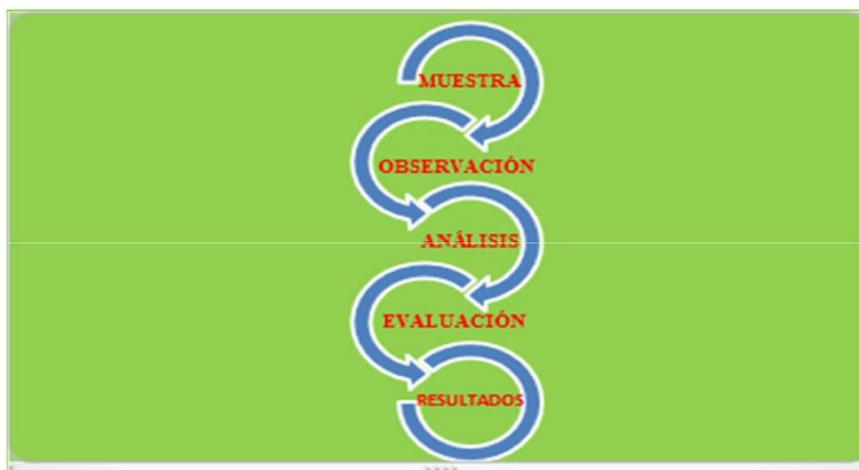
IV. METODOLOGÍA

4.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

Para la presente investigación se aplicó la siguiente metodología, que nos logró dar los resultados respectivamente dichos:

- Se desarrolló siguiendo el método PCI Índice de Condición de Pavimentos, para el desarrollo de la siguiente investigación es posible utilizar software para el procesamiento de los datos, estos son:
- La evaluación realizada fue de tipo visual y personalizada. El procesamiento de la información se hizo de manera manual, también se utilizó software.
- La metodología utilizada, para el desarrollo del proyecto fue:

- **Recopilación de antecedentes preliminares:** En esta etapa se realizó la búsqueda el ordenamiento, análisis y validación de los datos existentes y de toda la información necesaria que ayudo a cumplir con los objetivos de este proyecto.
- **Estudio de la aplicación del programa de diagnóstico y seguimiento de pavimentos enfocado al método PCI.**
- Para la determinación de las muestras se tomaron las cuadras №1ª la №5 de la calle Chepa Santos de distrito de La Unión, este diseño se gráfica de la siguiente manera:



4.1.1. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN DE LA TESIS.

En general el estudio realizado es del tipo descriptivo, no experimental y de corte transversal - 2018. Para la siguiente investigación se realizó una inspección visual y detallada llevando un orden para la toma de las muestras y haciendo los trabajos respectivos y ordenados para obtener los resultados.

- Ø Es descriptivo porque describe la realidad, sin alterarla en cada una de las patologías encontradas en el área de investigación.

- Ø **Es No experimental porque se estudia el problema y se analiza sin recurrir a laboratorio.**
- Ø **Es de corte transversal porque se está analizando las patologías en el campo, tomando muestras, durante el año 2018, tomándolas tal y como se encuentran en su estado actual.**

4.2. UNIVERSO O POBLACIÓN Y MUESTRA

4.2.1. UNIVERSO O POBLACIÓN

Para la presente Investigación el Universo está dado por todos los pavimentos existentes en el distrito de La Unión, provincia de Piura Departamento de Piura.

4.2.2. MUESTRA

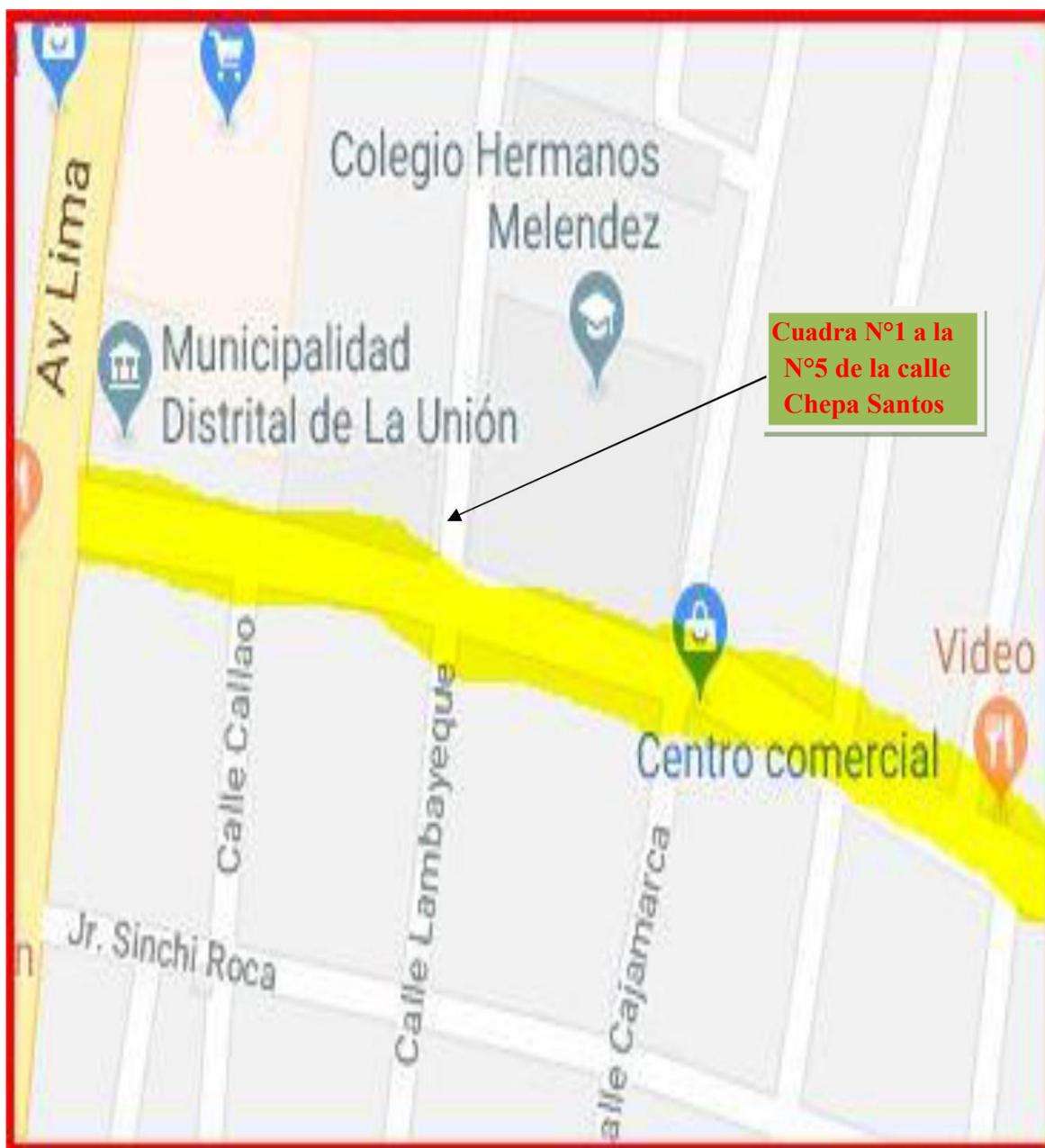
Se seleccionaron desde la cuadra N°1 a la N°5 de calle Chepa Santos, del distrito de La Unión, para realizar nuestra investigación.

4.2.3. MUESTREO

Se seleccionaron de acuerdo a la metodología del PCI (explicado en el tema Patología de la Investigación). Desde la cuadra N°1 a la N°5 de calle Chepa Santos, del distrito de La Unión. 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 paraderos - estacionamientos.

Se ha tomado como red de pavimento, a 500.5 metros lineales de pavimento flexible que abarcan las 5 cuadras desde la N° 1 a la N° 5 de la calle Chepa Santos del Distrito de La Unión –Piura.

Imagen N° 11: Ubicación de las 5 cuadras.



Fuente: Ubicación Google Earth.

Tabla N°6: 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:

$$\begin{aligned}
 & 500.5 \\
 & \underline{\quad\quad\quad} \\
 & = 35.4 = 14
 \end{aligned}$$

Aplicando la siguiente formula obtenemos las unidades de muestra a estudiar:

$$\begin{aligned}
 & N_x \infty \\
 & = \frac{\quad\quad\quad}{4 - 1 +}
 \end{aligned}$$

Reemplazando tenemos:

$$= \frac{\quad}{\quad} = 7$$

El intervalo de separación será:

$$\underline{14}$$

$$= 7 = 2$$

Esto quiere decir que se tomaran cada dos unidades hasta completar la muestra que se está investigando.

4.3. TECNICAS E INSTRUMENTOS.

La técnica que se empleó en esta investigación es: Se utilizó la Evaluación Visual y toma de datos a través de formulario como instrumento de recolección de datos en la muestra según el muestreo establecido.

EQUIPO

- Ø Odómetro para medir las longitudes y las áreas de los daños.**
- Ø Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.**
- Ø Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la tesis.**
- Ø Cámara fotográfica para la toma de evidencias y los anexos de la tesis.**
- Ø También se recurrió a programas como Microsoft Word y Excel y algunos cuadros estadísticos donde lo requiera el caso.**

4.3.1. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>“Determinación y evaluación de las patologías en el Pavimento Flexible de la Cuadra N° 1 a la N° 5 de la Calle Chepa Santos de La Unión, provincia de Piura, departamento Piura, febrero 2018”</p>	<p>Las fallas son el resultado de interacciones complejas de diseño, materiales, construcción, tráfico vehicular y el medio ambiente. Estos factores combinados influyen a la causa del deterioro progresivo del pavimento, situación que se ve agravada por la falta de mantenimiento adecuado de la Pavimentación.</p>	<p>Las diferentes Patologías que Presenta la Cuadra N°1 a la N° 5 de la calle Chepa Santos distrito de La Unión – Piura. como:</p> <p>*Piel de cocodrilo *Abultamiento y hundimiento *Corrugación *Desnivel carril/berma *Huecos *Desprendimiento de agregados.</p>	Variabilidad	Tipo de presencia de las patologías.
			Grado de afectación	Clase de falla Nivel de Severidad. -Bajo -Medio -Alto

4.4. PLAN DE ANALISIS

Se tuvo como plan de análisis lo siguiente:

Dado los resultados comprende lo siguiente: Ubicación del área de estudio de las cinco cuadras de la calle Chepa Santos del distrito de La Unión – Piura.

Tipos de patologías existentes en las cuadras señaladas del pavimento flexible en estudio de la calle Chepa Santos del distrito de La Unión.

Nivel de Índice de Condición de Pavimento, para las cinco cuadras de la calle Chepa Santos del distrito de La Unión.

- **Cuadros del ámbito de la investigación.**
- **Cuadros estadísticos de las Patologías existentes.**
- **Cuadros del estado en que se encuentran las cinco cuadras del pavimento de la calle Chepa Santos del distrito de la Unión.**

El análisis se realizó, teniendo el conocimiento general de la ubicación del área que se está haciendo la investigación por tramos para un mejor estudio.

Evaluando de manera general, toda el área tomada con su estado actual, toda la infraestructura, se determinará los diferentes tipos de patologías que existen y poder realizar la evolución y seguir con la investigación.

4.5. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Enunciado del problema de acuerdo a la investigación seria: ¿En qué medida la determinación y la evaluación de las diferentes patologías encontradas en el pavimento flexible de la Cuadra N°1 a la N°2 de la calle Chepa Santos, del distrito de La Unión, Piura, febrero del 2017, nos permite obtener el estado actual y las condiciones de servicio de dicha infraestructura pavimentada en funcionamiento?</p> <p>Caracterización del problema</p> <p>Dentro de la Cuadra N°1 a la N°5 de la Calle Chepa Santos, del distrito de La unión, se ha observado que en gran</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar y evaluar las patologías existentes en el pavimento flexible de las cuadras N° 1 a la N° 5 de la calle Chepa Santos del distrito de La Unión, Provincia y departamento de Piura.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <p>Determinar las diferentes patologías que se encontraron en los pavimentos flexibles de la cuadra N°1 a la N° 5 de la calle Chepa Santos del distrito de La Unión, provincia y departamento Piura.</p> <p>Identificadas las patologías, Determinar el nivel o grado de afectación de las mismas que se</p>	<p>Variable independiente: determinación y evaluación de las patologías en el pavimento flexible de Cuadra N°1 a la N°5 de la calle Chepa Santos del distrito de La Unión, Piura</p> <p>Variable dependiente: Índice de condición del pavimento Flexible en el área de investigación.</p>	<p>De acuerdo con tipo de investigación que se ha aplicado, esta investigación cumple con las condiciones metodológicas de una investigación aplicada, ya que es necesario comprender los fenómenos o aspectos de la realidad con la condición actual sin modificarlos.</p> <p>La metodología radica en una inspección visual y ordenada que cumple con las condiciones metodológicas de tipo aplicado no experimental, de corte transversal, cuantitativo y cualitativo.</p> <p>Descriptiva: Ya que describe cada una de las patologías presentes en el pavimento flexible, sus causas y</p>

mayoría del pavimento en el lugar de investigación está en pésimas condiciones y esto puede producir accidentes.

Los avances tecnológicos y el incremento de vehículos motorizados y de carga pesada son el factor principal para el deterioro del Pavimento Flexible. Teniendo en cuenta estos aspectos hizo que realicemos la respectiva inspección y así sacando un resultado para determinar y evaluar las diferentes patologías encontradas en el área de investigación.

encontraron en el pavimento flexible de las cuadras N°1 a la N° 5 de la calle Chepa Santos del distrito de La Unión, provincia y departamento de Piura.

Determinar el estado actual y la condición de servicio del pavimento flexible de las cuadras investigadas, de acuerdo con las diferentes patologías presentadas.

posibles soluciones, describe la realidad encontrada sin alterarla.

No experimental: ya porque se estudia las patologías y se evaluara sin recurrir a ensayos de laboratorio.

Con la finalidad que se realiza también es para contrarrestar las posibles causas que afecten en el futuro a la ejecución de los pavimentos flexibles.

4.6. PRINCIPIOS ÉTICOS

Para desarrollar una investigación debemos de tener en cuenta principios éticos ya sea para una recolección de datos, para una cuando inicies una investigación, desarrolles una evolución, cuando analices los resultados. La investigación tiene principios que deben cumplirse con aspectos morales y científicos que ayuden a ir incrementando el conocimiento y autenticidad de cualquier materia. La presente investigación se llevó a cabo para dar una clara y precisa información, el cual recurrimos a antecedentes conservando su originalidad de donde vienen.

Como ingenieros para la presente investigación se consultará y tomará artículos, autores de tesis, trabajos de investigación, ponencias, textos y otros documentos relacionados al tema respetando la autoría de cada uno de ellos y guardando el derecho de autor con la finalidad de brindar una información más precisa a la investigación.

V. RESULTADOS

Muestra N° 01: Ubicada en la cuadra N° 1.

Cuadro N° 3: 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		Calle Chepa Santos distrito de la Union					
INSPECCIONADO POR		Bach. Jerald Danilo HuacoChero					
FECHA		10/01/2018					
SECCION		1					
UNIDAD DE MUESTREO		01					
AREA DE MUESTREO		230.10 m2					
N°		DAÑO		N°			
1	Piel de Cocodrilo	11	Parcheo	12	Pulimento de Agregados	13	Huecos
2	Exudación	14	Cruce de Vía Férrea	15	Aluellamiento	16	Desplazamiento
3	Agrietamiento en Bloque	17	Grieta Parabólica	18	Hinchamiento	19	Desprendimiento de Agregados
4	Abultamientos y Hundimientos	19	Desprendimiento de Agregados				
5	Corrugación						
6	Depresión						
7	Grieta de Borde						
8	Grieta de Reflexión de Junta.						
9	Desnivel Carril / Berma						
10	Grietas Long. Y Transversal						
FALLA	PATOLOGIA	SEVERIDAD (*)	LARGO	ANCHO	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Piel de Cocodrilo	BAJO	4.80 m2	1.45 m2	6.96 m2	3.02	20.76
9	Desnivel Carril / Berma	MEDIO	6.50 m2	0.80 m2	5.20 m2	2.26	4.03
13	Huecos	ALTO	4.80 m2	0.60 m2	2.88 m2	1.25	55.12
19	Desprendimiento de Agregados	ALTO	15.00 m2	4.00 m2	60.00 m2	26.08	95.73

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°7: Resumen de las patologías Existentes en la Unidad N°1.

PATOLGÍAS SEGÚN PCI	LARGO (m)	ANCHO (m)	TOTAL m
1-Piel de Cocodrilo	4.80	1.45	6.96
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	6.50	0.80	5.20
10-Grietas Long. Y Transversal			
11-Parcheo			
12-Pulimento de Agregados			
13-Huecos	4.80	0.60	2.88
14-Cruce de Vía Férrea			
15-Ahuellamiento			
16-Desplazamiento			
17-Grieta Parabólica			
18-Hinchamiento			
19-Desprendimiento de Agregados	15.00	4.00	60.00
Fuente: Elaboración Propia			

Ø Luego se calcula la densidad siendo hallada entre la división de la cantidad total de cada tipo de patologías de acuerdo con el nivel de gravedad entre el área total de la unidad de muestra, multiplicado por 100.

$$D = \frac{.}{.} * 100 = 3.02$$

$$D = \frac{.}{.} * 100 = 2.26$$

$$D = \frac{.}{.} * 100 = 1.25$$

$$D = \frac{.}{.} * 100 = 26.08$$

Ø Luego para encontrar los CDV utilizamos la siguiente formula:

Nº	VALOR DEDUCIDO					TOTAL	q	CDV
1	95.73	55.12	20.76	4.03		175.64	4	91.52
2	95.73	55.12	20.76	2		173.61	3	97.08
3	95.73	55.12	2	2		154.85	2	95.94
4	95.73	2	2	2		101.73	1	93.21
5								

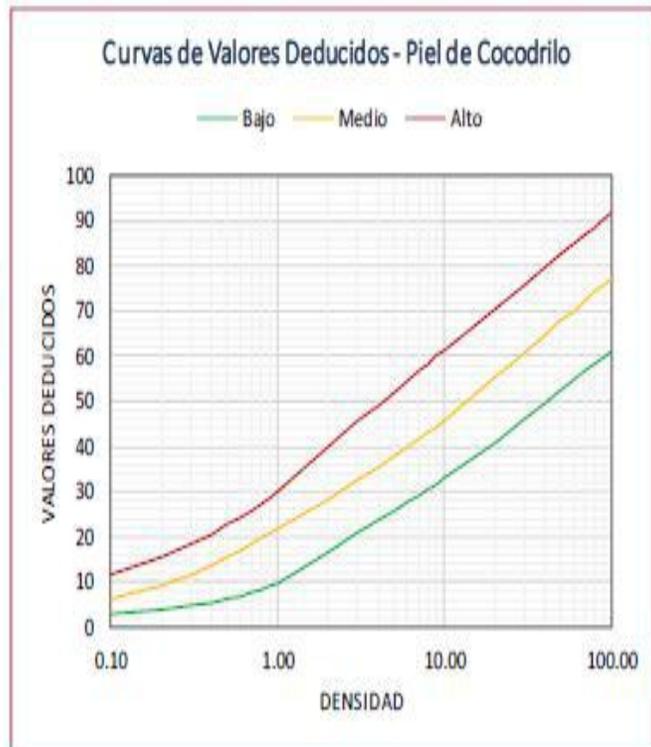
Fuente: Elaboración Propia.

Ø Para hallar el valor deducido para cada tipo de patología de encuentra a través de las curvas denominadas “Valor de daño Deducido”

Gráfico N° 6: Valor Deducido por Curvas de Corrección.

1. PIEL DE COCODRILO

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	3.10	6.40	11.80
0.20	3.80	9.30	15.60
0.30	4.60	11.60	18.40
0.40	5.30	13.50	20.60
0.50	6.10	15.30	22.60
0.60	6.90	16.80	24.30
0.70	7.60	18.30	25.90
0.80	8.40	19.70	27.30
0.90	9.10	20.90	28.60
1.00	9.90	22.00	29.90
2.00	16.70	28.20	40.05
3.00	20.70	32.50	45.50
4.00	23.60	35.60	49.30
5.00	25.80	38.00	52.20
6.00	27.60	39.90	54.60
7.00	29.10	41.60	56.70
8.00	30.50	43.00	58.40
9.00	31.60	44.30	60.00
10.00	33.00	45.60	61.30
20.00	40.80	55.40	70.40
30.00	45.90	60.90	75.80
40.00	49.50	64.80	79.50
50.00	52.40	67.80	82.50
60.00	54.70	70.20	84.90
70.00	56.60	72.30	86.90
80.00	58.30	74.10	88.60
90.00	59.80	75.70	90.20
100.00	61.10	77.10	91.60



Fuente: Manual del PCI.

Tabla N° 8: Valor Deducido Corregido.

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

Fuente: Manual del PCI.

Ø Para hallar el PCI se coge el máximo CDV aplicando la siguiente formula:

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

Entonces esto queda así:

$$\text{PCI} = 100 - 97.08 = 2.92$$

MAX CDV	97.08
PCI	2.92
SEVERIDAD	Fallado

Por lo tanto se observa:

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

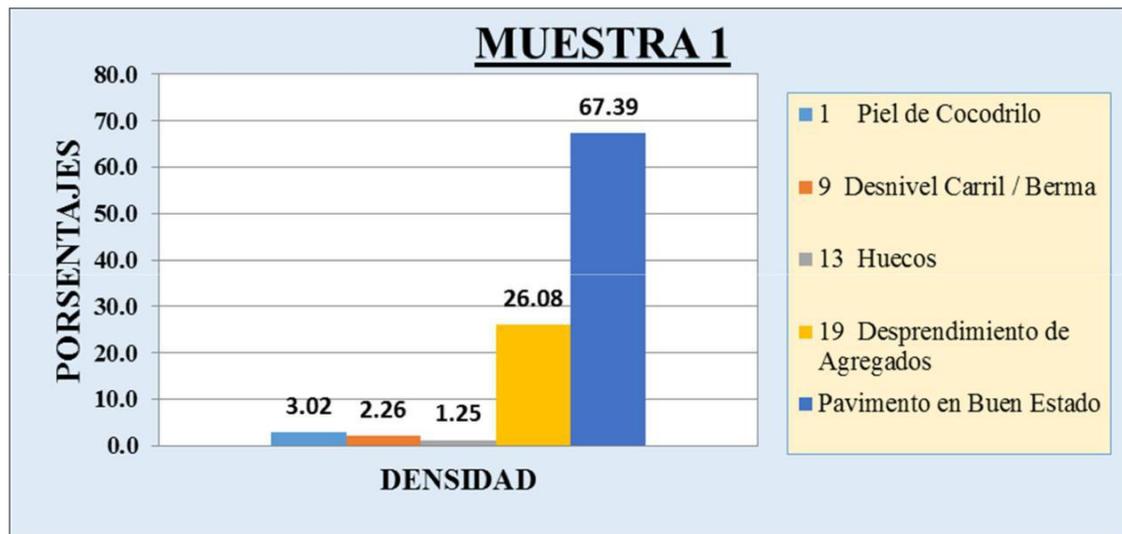
Por lo tanto se observa que el valor del PCI se ubica en el rango de estado fallado.

Cuadro N° 4: Patologías encontradas en la unidad de muestra U1.

MUESTRA U1	
PATOLOGÍAS	TOTAL
1 Piel de Cocodrilo	3.02
9 Desnivel Carril / Berma	2.26
13 Huecos	1.25
19 Desprendimiento de Agregados	26.08
Pavimento en Buen Estado	67.39
	100.00

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico N° 7: Incidencia de las patologías en la muestra 1.



Fuente: Elaboración propia.

Muestra N° 02:

Cuadro N° 5: 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		Calle Chepa Santos distrito de la Union			ESQUEMA			
INSPECCIONADO POR		Bach. Jerald Danilo HuacoChero						
FECHA		10/01/2018						
SECCION		2						
UNIDAD DE MUESTREO		02						
AREA DE MUESTREO		230.10 m ²						
N°		DAÑO						N°
1	Piel de Cocodrilo	11	Parqueo					
2	Exudación	12	Pulimento de Agregados					
3	Agrietamiento en Bloque	13	Huecos					
4	Abultamientos y Hundimientos	14	Cruce de Vía Férrea					
5	Corrugación	15	Ahuellamiento					
6	Depresión	16	Desplazamiento					
7	Grieta de Borde	17	Grieta Parabólica					
8	Grieta de Reflexión de Junta.	18	Hinchamiento					
9	Desnivel Carril/ Berma	19	Desprendimiento de Agregado					
10	Grietas Long. Y Transversal							
FALLA	PATOLOGIA	SEVERIDAD (*)	LARGO	ANCHO	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1	Piel de Cocodrilo	MEDIO	2.00 m ²	6.00 m ²	12.00 m ²	5.22	38.42	
7	Grieta de Borde	MEDIO	2.00 m ²	0.80 m ²	1.60 m ²	0.70	2.30	
13	Huecos	BAJO	2.40 m ²	0.60 m ²	1.44 m ²	0.63	0.63	
19	Desprendimiento de Agregado	BAJO	35.40 m ²	2.40 m ²	84.96 m ²	36.92	46.20	
-	-							

Fuente: Elaboración propia

N°	VALOR DEDUCIDO				TOTAL	q	CDV
1	46.20	0.63	38.42	0.63	85.88	4	28.98
2	46.20	0.63	38.42	2	87.25	3	39.37
3	46.20	0.63	2	2	50.83	2	45.48
4	46.20	2	2	2	52.20	1	48.42
5							
MAX CDV						48.42	
PCI						51.58	
SEVERIDAD						Regular	

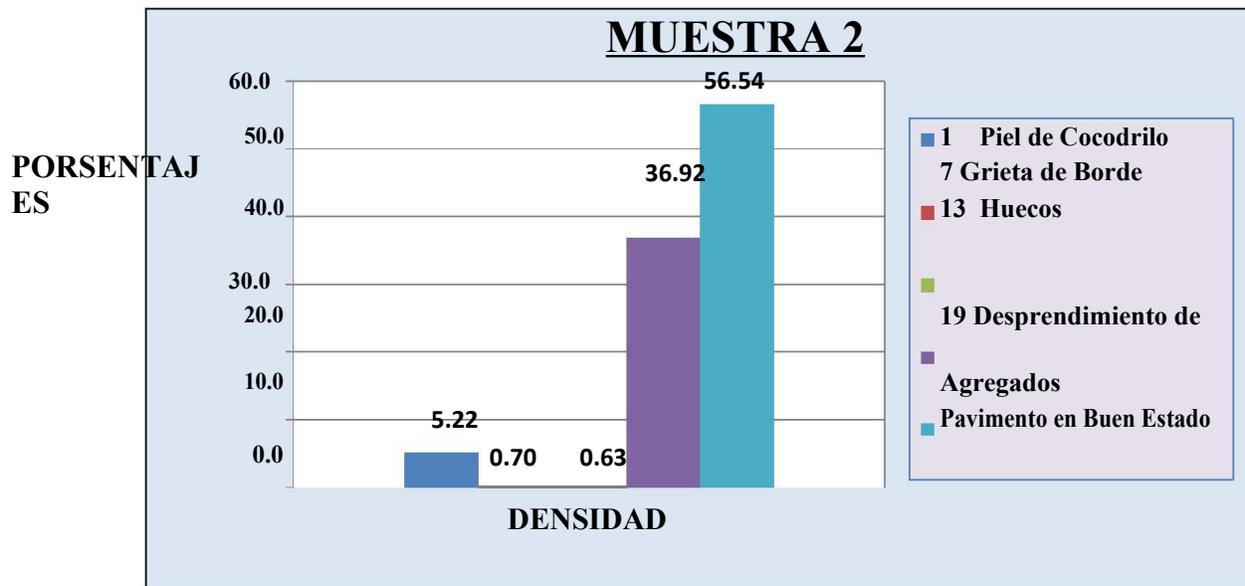
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 6: Patologías encontradas en la unidad de muestra U2.

MUESTRA U2	
PATOLOGÍAS	TOTAL
1 Piel de Cocodrilo	5.22
7 Grieta de Borde	0.70
13 Huecos	0.63
19 Desprendimiento de Agregados	36.92
Pavimento en Buen Estado	56.54
	100.00

Fuente: Elaboración propia.

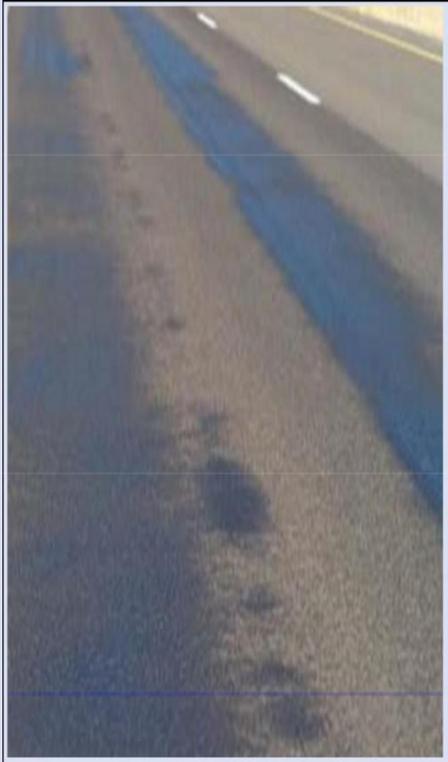
Gráfico N° 8: Incidencia de las patologías en la muestra 2.



Fuente: Elaboración Propia.

Muestra N°03:

Cuadro N° 7: Hoja de registro de la unidad de muestra U3

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - PCI							
EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO							
NOMBRE DE LA VIA		Calle Chepa Santos distrito de la Union					
INSPECCIONADO POR		Bach. Jerald Danilo HuacoChero					
FECHA		10/01/2018					
SECCION		3					
UNIDAD DE MUESTREO		03					
AREA DE MUESTREO		230.10 m2					
N°	DAÑO	N°	DAÑO				
1	Piel de Cocodrilo	11	Parqueo				
2	Exudación	12	Pulimento de Agregados				
3	Agrietamiento en Bloque	13	Huecos				
4	Abultamientos y Hundimientos	14	Cruce de Vía Férrea				
5	Corrugación	15	Ahuellamiento				
6	Depresión	16	Desplazamiento				
7	Grieta de Borde	17	Grieta Parabólica				
8	Grieta de Reflexión de Junta.	18	Hinchamiento				
9	Desnivel Carril/ Berma	19	Desprendimiento de Agregado				
10	Grietas Long. Y Transversal						
FALLA	PATOLOGIA	SEVERIDAD (*)	LARGO	ANCHO	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
2	Exudación	BAJO	5.00 m2	6.00 m2	30.00 m2	13.04	4.16
7	Grieta de Borde	MEDIO	4.00 m2	1.00 m2	4.00 m2	1.74	10.63
13	Huecos	ALTO	2.40 m2	0.80 m2	1.92 m2	0.83	48.75
19	Desprendimiento de Agregado	MEDIO	24.80 m2	2.40 m2	59.52 m2	25.87	68.77
	-						

Fuente: Elaboración Propia.

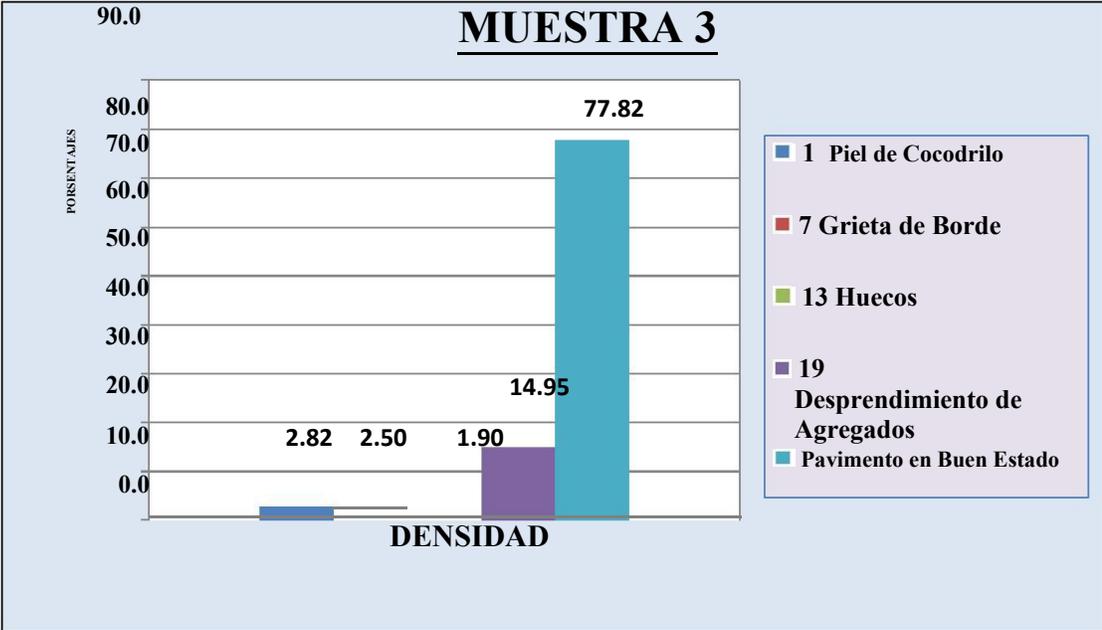
N°	VALOR DEDUCIDO				TOTAL	q	CDV
1	68.77	48.75	4.16	4.16	125.84	4	70.92
2	68.77	48.75	4.16	2	123.68	3	75.08
3	68.77	48.75	2	2	121.52	2	81.76
4	68.77	2	2	2	74.77	1	74.77
5							
MAX CDV						81.76	
PCI						18.24	
SEVERIDAD						Muy Malo	

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro N° 8: Patologías encontradas en la unidad de muestra U3.

MUESTRA U3	
PATOLOGÍAS	TOTAL
2 Exudación	13.04
7 Grieta de Borde	1.74
13 Huecos	0.83
19 Desprendimiento de Agregados	25.87
Pavimento en Buen Estado	58.52
Fuente: Elaboración Propia	100.00

Gráfico N° 9: Incidencia de las patologías en la muestra 3.



Fuente: Elaboración Propia

Muestra N° 04:

Cuadro N° 9: 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		Calle Chepa Santos distrito de la Union			ESQUEMA		
INSPECCIONADO POR		Bach. Jerald Danilo HuacoChero					
FECHA		10/01/2018					
SECCION		4					
UNIDAD DE MUESTREO		04					
AREA DE MUESTREO		230.10 m2					
N°	DAÑO	N°	DAÑO				
1	Piel de Cocodrilo	11	Parqueo				
2	Exudación	12	Pulimento de Agregados				
3	Agrietamiento en Bloque	13	Huecos				
4	Abultamientos y Hundimientos	14	Cruce de Vía Férrea				
5	Corrugación	15	Ahuelamiento				
6	Depresión	16	Desplazamiento				
7	Grieta de Borde	17	Grieta Parabólica				
8	Grieta de Reflexión de Junta.	18	Hinchamiento				
9	Desnivel Carril / Berma	19	Desprendimiento de Agregado				
10	Grietas Long. Y Transversal						
FALLA	PATOLOGIA	SEVERIDAD (*)	LARGO	ANCHO	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Piel de Cocodrilo	MEDIO	1.00 m2	6.50 m2	6.50 m2	2.82	31.73
7	Grieta de Borde	MEDIO	4.80 m2	1.20 m2	5.76 m2	2.50	5.75
13	Huecos	ALTO	7.30 m2	0.60 m2	4.38 m2	1.90	65.35
19	Desprendimiento de Agregado	ALTO	17.20 m2	2.00 m2	34.40 m2	14.95	80.47
	-						

Fuente: Elaboración Propia.

N°	VALOR DEDUCIDO					TOTAL	q	CDV
1	80.47	65.35	31.73	5.75		183.30	4	98
2	80.47	65.35	31.73	2		179.55	3	97.87
3	80.47	65.35	2	2		149.82	2	93.95
4	80.47	2	2	2		86.47	1	86.47
5								

MAX CDV	98
PCI	2
SEVERIDAD	Fallado

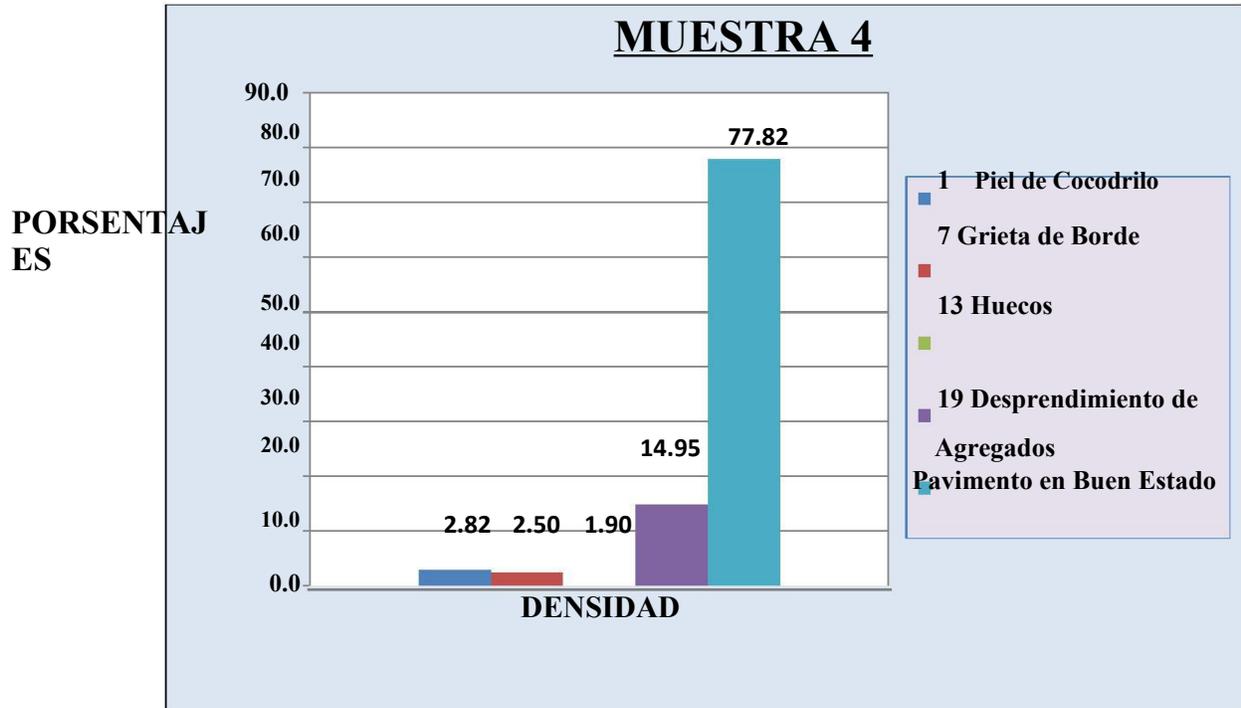
Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro N° 10: Patologías encontradas en la unidad de muestra U4.

MUESTRA U4	
PATOLOGÍAS	TOTAL
1 Piel de Cocodrilo	2.82
7 Grieta de Borde	2.50
13 Huecos	1.90
19 Desprendimiento de Agregados	14.95
Pavimento en Buen Estado	77.82
	100.00

Fuente: Elaboración Propia.

Grafico N° 10: Incidencia de las patologías en la muestra 4.



Fuente: Elaboración Propia.

Muestra N° 05:

Cuadro N° 11: 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		Calle Chepa Santos distrito de la Union					
INSPECCIONADO POR		Bach. Jerald Danilo HuacoChero					
FECHA		10/01/2018					
SECCION		5					
UNIDAD DE MUESTREO		05					
AREA DE MUESTREO		230.10 m2					
N°	DAÑO	N°	DAÑO				
1	Piel de Cocodrilo	11	Parqueo				
2	Exudación	12	Pulimento de Agregados				
3	Agrietamiento en Bloque	13	Huecos				
4	Abultamientos y Hundimientos	14	Cruce de Vía Férrea				
5	Corrugación	15	Ahuellamiento				
6	Depresión	16	Desplazamiento				
7	Grieta de Borde	17	Grieta Parabólica				
8	Grieta de Reflexión de Junta.	18	Hinchamiento				
9	Desnivel Carril / Berma	19	Desprendimiento de Agregado				
10	Grietas Long. Y Transversal						
FALLA	PATOLOGIA	SEVERIDAD (*)	LARGO	ANCHO	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Piel de Cocodrilo	MEDIO	3.20 m2	1.20 m2	3.84 m2	1.67	26.15
4	Abultamientos y Hundimientos	MEDIO	6.50 m2	0.80 m2	5.20 m2	2.26	18.70
13	Huecos	ALTO	4.80 m2	0.70 m2	3.36 m2	1.46	58.53
19	Desprendimiento de Agregado	ALTO	25.40 m2	2.00 m2	50.80 m2	22.08	91.17
-							

Fuente: Elaboración Propia.

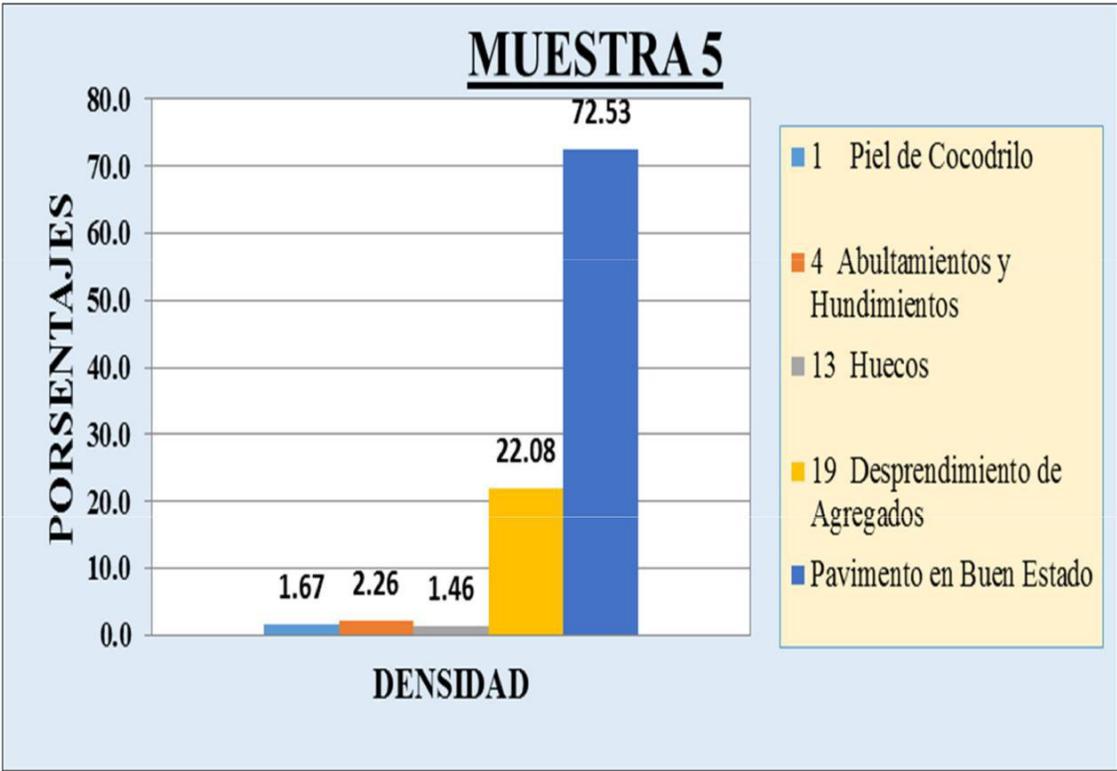
N°	VALOR DEDUCIDO				TOTAL	q	CDV
1	91.17	58.53	26.15	18.70	194.55	4	95.2
2	91.17	58.53	26.15	2	177.85	3	92.1
3	91.17	58.53	2	2	153.70	2	92.85
4	91.17	2	2	2	97.17	1	91.17
5							
MAX CDV						95.2	
PCI						4.8	
SEVERIDAD						Fallado	

Cuadro N° 12: Patologías encontradas en la unidad de muestra U5.

MUESTRA U5	
PATOLOGÍAS	TOTAL
1 Piel de Cocodrilo	1.67
4 Abultamientos y Hundimientos	2.26
13 Huecos	1.46
19 Desprendimiento de Agregados	22.08
Pavimento en Buen Estado	72.53
	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 11: Incidencia de las patologías en la muestra 5



Fuente: Elaboración Propia

Muestra N° 06:

Cuadro N° 13: 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		Calle Chepa Santos distrito de la Union					
INSPECCIONADO POR		Bach. Jerald Danilo HuacoChero					
FECHA		10/01/2018					
SECCION		6					
UNIDAD DE MUESTREO		06					
AREA DE MUESTREO		230.10 m2					
N°	DAÑO	N°	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 Férrea				
5	Corrugación	15	Ahuellamiento				
6	Depresión	16	Desplazamiento				
7	Grieta de Borde	17	Grieta Parabólica				
8	Grieta de Reflexión de Junta.	18	Hinchamiento				
9	Desnivel Carril / Berma	19	Desprendimiento de Agregado				
10	Grietas Long. Y Transversal						
FALLA	PATOLOGIA	SEVERIDAD (*)	LARGO	ANCHO	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
13	Huecos	BAJO	3.20 m2	0.60 m2	1.92 m2	0.83	17.04
19	Desprendimiento de Agregado	BAJO	35.40 m2	2.60 m2	92.04 m2	40.00	75.00

Fuente: Elaboración Propia.

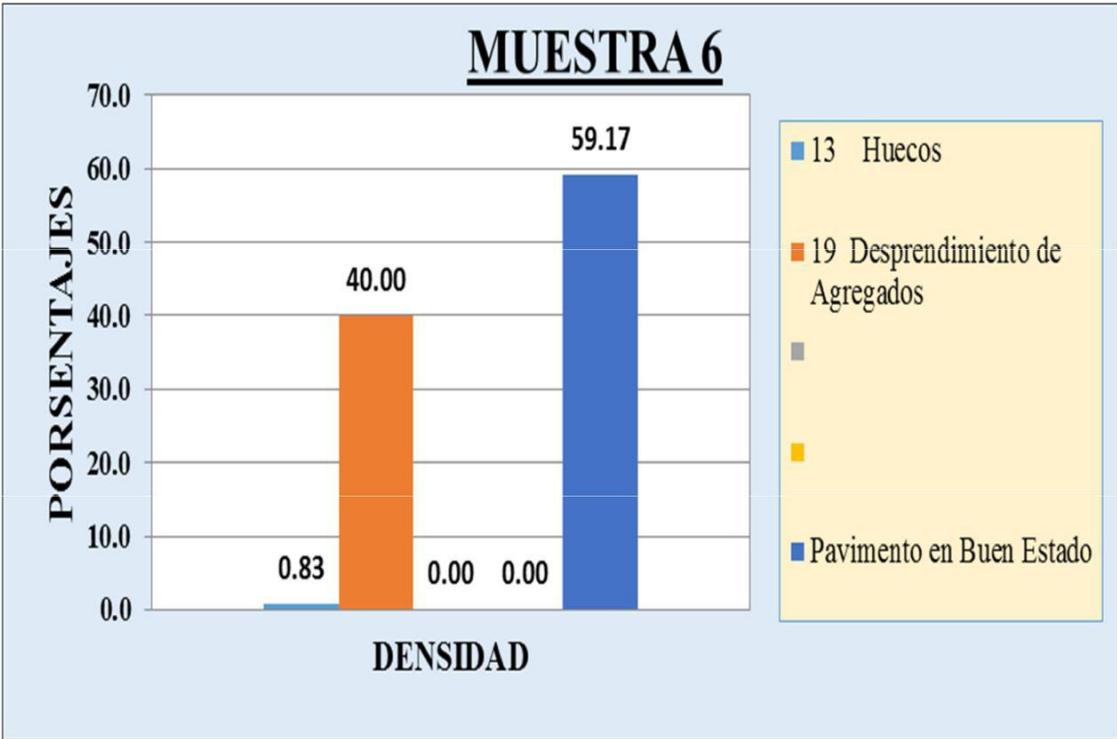
N°	VALOR DEDUCIDO				TOTAL	q	CDV
1	75.00	17.04			92.04	2	67.64
2	75.00	2.00			77.00	1	77
3					MAX CDV		77
						PCI	23
						SEVERIDAD	Muy Malo

Cuadro N° 14: Patologías encontradas en la unidad de muestra U6.

MUESTRA U6	
PATOLOGÍAS	TOTAL
13 Huecos	0.83
19 Desprendimiento de Agregados	40.00
Pavimento en Buen Estado	59.17
	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 12: Incidencia de las patologías en la muestra 6



Fuente: Elaboración propia.

Muestra N° 07:

Cuadro N° 15: 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		Calle Chepa Santos distrito de la Union		ESQUEMA			
INSPECCIONADO POR		Bach. Jerald Danilo HuacoChero					
FECHA		10/01/2018					
SECCION		7					
UNIDAD DE MUESTREO		07					
AREA DE MUESTREO		230.10 m2					
N°		DAÑO					
1		Piel de Cocodrilo					
2		Exudación					
3		Agrietamiento en Bloque					
4		Abultamientos y Hundimientos					
5		Corrugación					
6		Depresión					
7		Grieta de Borde					
8		Grieta de Reflexión de Junta.					
9		Desnivel Carril / Berma					
10		Grietas Long. Y Transversal					
N°		DAÑO					
11		Parcheo					
12		Pulimento de Agregados					
13		Huecos					
14		Cruce de Vía Férrea					
15		Ahuellamiento					
16		Desplazamiento					
17		Grieta Parabólica					
18		Hinchamiento					
19		Desprendimiento de Agregado					
FALLA	PATOLOGIA	SEVERIDAD (*)	LARGO	ANCHO	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
13	Huecos	MEDIO	3.20 m2	0.60 m2	1.92 m2	0.83	28.48
15	Ahuellamiento	MEDIO	4.20 m2	1.00 m2	4.20 m2	1.83	0.70
19	Desprendimiento de Agregado	MEDIO	35.40 m2	2.60 m2	92.04 m2	40.00	75.00

Fuente: Elaboración propia.

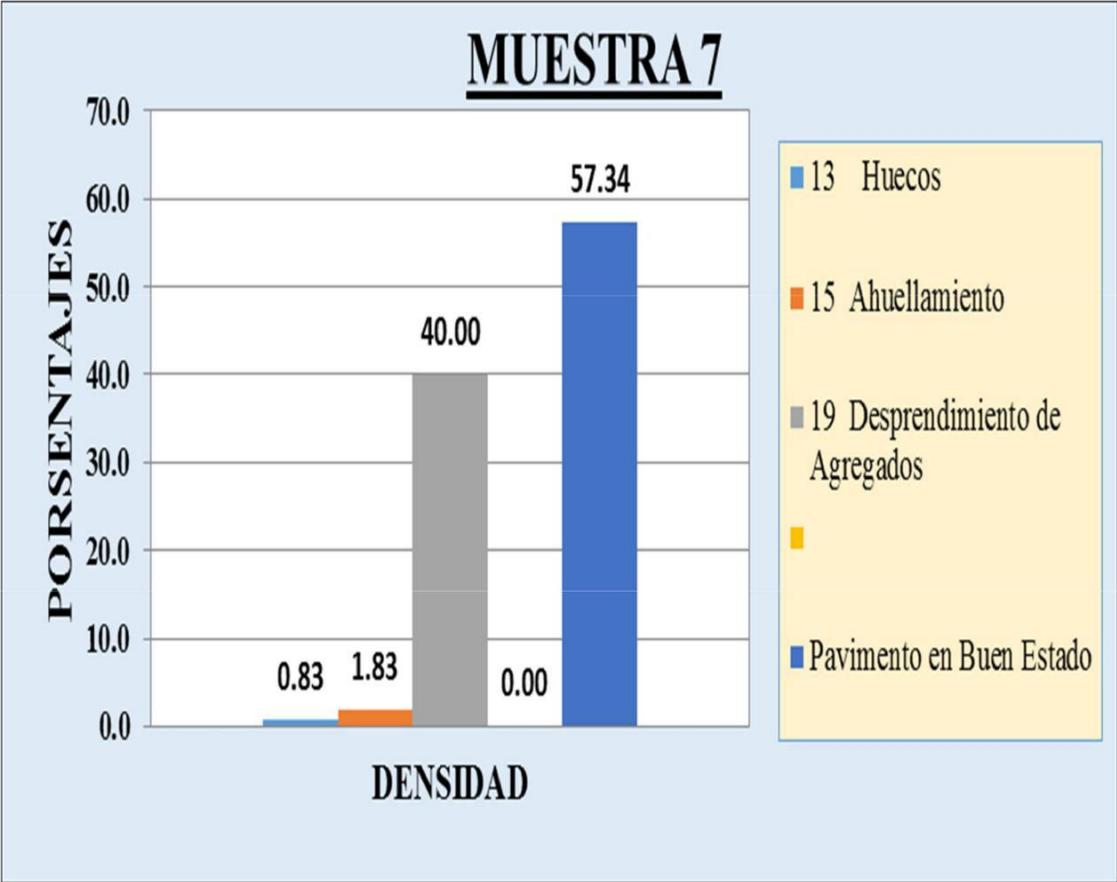
VALOR DEDUCIDO					TOTAL	q	CDV
75.00	28.48	0.70			104.18	3	65.09
75.00	28.48	0.70			104.18	2	73.09
75.00	2.00	2			79.00	1	79.00
					MAX CDV	79	
					PCI	21	
					SEVERIDAD	Muy Malo	

Cuadro N° 16: Patologías encontradas en la unidad de muestra U7.

MUESTRA U7	
PATOLOGÍAS	TOTAL
13 Huecos	0.83
15 Ahuellamiento	1.83
19 Desprendimiento de Agregados	40.00
Pavimento en Buen Estado	57.34
	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 13: Incidencia de las patologías en la muestra 7



Fuente: Elaboración Propia.

5.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Unidad de muestra U1

Se encontraron las siguientes fallas con un grado de severidad.

- **Fallas de nivel de severidad bajo: piel de cocodrilo.**
- **Fallas de nivel de severidad medio: Desnivel Carril / Berma.**
- **Fallas de nivel de severidad alto: huecos y desprendimiento de agregados.**

Unidad de muestra U2

Se encontraron las siguientes fallas con un grado de severidad.

- **Las fallas de nivel de severidad medio: piel de cocodrilo, grieta de borde.**
- **Fallas de nivel de severidad bajo: huecos y desprendimiento de agregados.**

Unidad de muestra U3

Se encontraron las siguientes fallas con un grado de severidad.

- **Fallas de nivel de severidad baja: exudación.**
- **Las fallas de nivel de severidad medio: grietas de borde, desprendimiento de agregados.**
- **Las fallas de nivel de severidad alto: huecos.**

Unidad de muestra U4

Se encontraron las siguientes fallas con un grado de severidad.

- **Las fallas de nivel de severidad medio: piel de cocodrilo y grietas de borde.**
- **Fallas de nivel de severidad alto: huecos, desprendimiento de agregados.**

Unidad de muestra U5

Se encontraron las siguientes fallas con un grado de severidad.

- **Fallas de nivel de severidad medio: piel de cocodrilo, abultamiento y hundimiento.**
- **Fallas de nivel de severidad alto: huecos y desprendimiento de agregados.**

Unidad de muestra U6

Se encontraron las siguientes fallas con un grado de severidad.

- **Las fallas de nivel de severidad bajo: huecos y desprendimiento de agregados.**

Unidad de muestra U7

Se encontraron las siguientes fallas con un grado de severidad.

Fallas de nivel de severidad medio: Ahuellamiento, huecos y desprendimiento de agregados.

Cuadro N° 17: Resumen de Patologías

PATOLOGIAS SEGÚN EL PCI		N° VECES	LARGO	ANCHO	TOTAL	NIVEL DE SEVERIDAD
M1	1 Piel de Cocodrilo	1.00	4.80	1.45	6.96	BAJO
	9 Desnivel Carril / Be	1.00	6.50	0.80	5.2	MEDIO
	13 Huecos	1.00	4.80	0.60	2.88	MEDIO
	19 Desprendimiento e	1.00	15.00	4.00	60.00	BAJO
M2	1 Piel de Cocodrilo	1.00	2.00	6.00	12.00	MEDIO
	7 Grieta de Borde	1.00	2.00	0.80	1.60	BAJO
	13 Huecos	1.00	2.40	0.60	1.44	BAJO
	19 Desprendimiento e	1.00	35.40	2.40	84.96	BAJO
M3	2 Exudación	1.00	5.00	6.00	30.00	MEDIO
	7 Grieta de Borde	1.00	4.00	1.00	4.00	BAJO
	13 Huecos	1.00	2.40	0.80	1.92	ALTO
	19 Desprendimiento e	1.00	24.80	2.40	59.52	BAJO
M4	1 Piel de Cocodrilo	1.00	1.00	6.50	6.50	BAJO
	7 Grieta de Borde	1.00	4.80	1.20	5.76	MEDIO
	13 Huecos	1.00	7.30	0.60	4.38	MEDIO
	19 Desprendimiento e	1.00	17.20	2.00	34.40	BAJO
M5	1 Piel de Cocodrilo	1.00	3.20	1.20	3.84	BAJO
	4 abultamiento y hund	1.00	6.50	0.80	5.20	MEDIO
	13 Huecos	1.00	4.80	0.70	3.36	MEDIO
	19 Desprendimiento e	1.00	25.40	2.00	50.80	BAJO
M6	13 Huecos	1.00	3.20	0.60	1.92	MEDIO
	19 Desprendimiento e	1.00	35.40	2.60	92.04	BAJO
M7	13 Huecos	1.00	3.20	0.60	1.92	MEDIO
	15 Ahuellamiento	1.00	4.20	1.00	4.20	MEDIO
	13 Huecos	1.00	35.40	2.60	92.04	BAJO

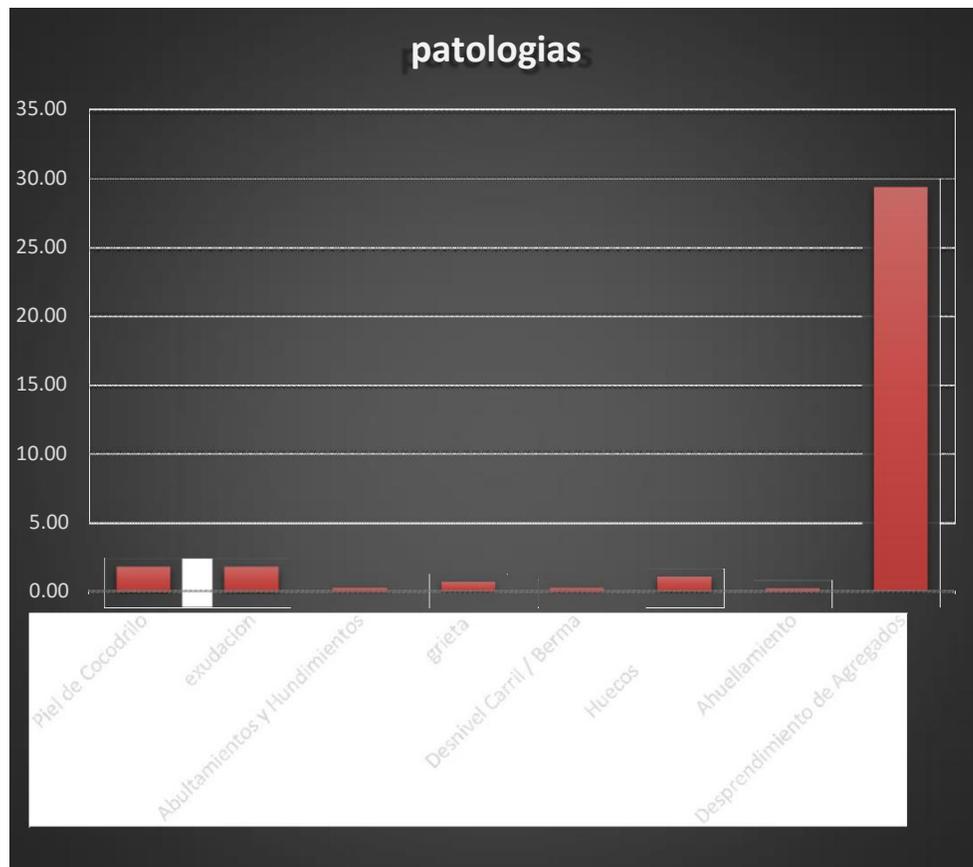
Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro N° 18: Patologías Existentes en las Muestras.

Nº	PATOLOGIAS	UNIDADES DE MUESTRA							TOTAL	%PM
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7		
1	Piel de Cocodrilo	3.02	5.22		2.82	1.67			12.73	1.82
2	exudacion			13.04					13.04	1.86
4	Abultamientos y Hundimientos					2.26			2.26	0.32
7	grieta		0.7	1.74	2.5				4.94	0.71
9	Desnivel Carril / Berma	2.26							2.26	0.32
13	Huecos	1.25	0.63	0.83	1.9	1.46	0.83	0.83	7.73	1.10
15	Ahuellamiento							1.83	1.83	0.26
14	Desprendimiento de Agregados	26.08	36.92	25.87	14.95	22.08	40	40	205.9	29.41

Fuente: Elaboración Propia.

Grafico N° 14: Patologías Encontradas en las Cuadras Investigadas.



Fuente: Elaboración Propia.

En el grafico N° 14 se puede observar las patologías encontradas en el pavimento de estudio donde:

El 29.41% es desprendimiento de agregados.

El 1.86 % es exudación.

El 1.82 es piel de cocodrilo.

El 1.1 % es huecos.

El 0.71% es grieta de borde.

El 0.32% desnivel de carril /berma.

El 0.32% es abultamiento y hundimiento.

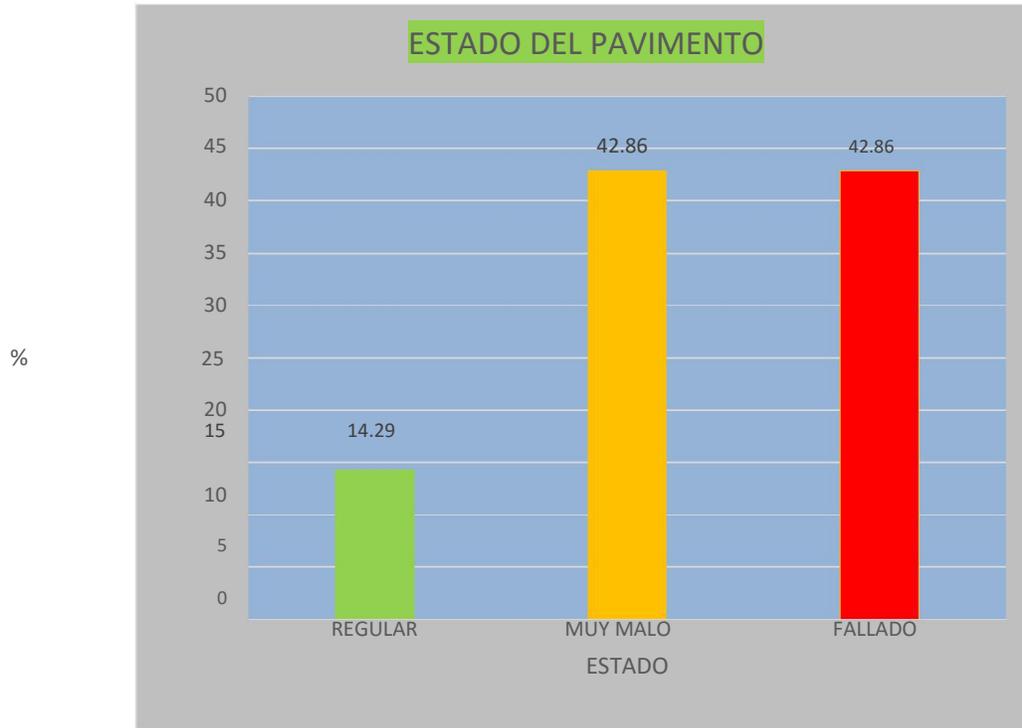
El 0.26 % es Ahuellamiento.

Cuadro N° 19: Calificación de Patologías.

CLASIFICACION DEL PAVIMENTO	Nº DE VECES	%
REGULAR	1	14.29
MUY MALO	3	42.86
FALLADO	3	42.86
TOTAL	7	100.00

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico N° 25: Estado del Pavimento.



Fuente: Elaboración Propia.

En la gráfica se observa según el PCI el estado en el que se encuentra el pavimento donde:

El 42.86 % se encuentra fallado; el 42.86% se encuentra en muy mal estado y el 14.29 % se encuentra en estado regular.

Tabla N° 9: Índice de Condición de Pavimento.

CÁLCULO PROMEDIO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI) Calle Chepa Santos Cuadra N° 1 a la N° 5.				
UNIDAD DE MUESTRA	PCI ENCONTRADO	CLASIFICACIÓN	PCI PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
M1	2.92	fallado	17.64	MUY MALO
M2	51.58	Regular		
M3	18.24	Muy malo		
M4	2	fallado		
M5	4.8	fallado		
M6	23	Muy malo		
M7	21	Muy malo		
TOTAL	123.54			
Fuente: Elaboración propia.				

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye:

- 1. Las patologías encontradas en esta tesis de investigación son: El 29.41% es desprendimiento de agregados, el 1.86 % es exudación, el 1.82 es piel de cocodrilo, el 1.1 % es huecos, el 0.71% es grieta de borde, el 0.32% desnivel de carril /berma, el 0.32% es abultamiento y hundimiento, el 0.26 % es Ahuellamiento.**
- 2. La patología predominante es: de desprendimiento de agregados con 29.41%.**
- 3. El grado de severidad que presenta el área estudiada es alto, con un PCI promedio es igual a 17.64 % ubicando al pavimento en un estado MUY MALO.**

VII. RECOMENDACIONES.

- **De acuerdo con el análisis aplicado, se recomienda llevar a cabo una inspección periódica de las cuadras donde hemos realizado la investigación, con un periodo de cada 3 años, para hacer un diagnóstico de las patologías que se pueden generar y para la búsqueda de soluciones oportunas y también lograr mantener en un buen estado el pavimento.**
- **Es recomendable también para evitar las patologías como desprendimiento de agregados se debe evitar en un pavimento el exceso de carga, un mantenimiento y limpieza adecuada en la capa de rodadura; donde se logró observar áreas pavimentadas llenas de arena escasas de un mantenimiento y limpieza. Se requiere de un buen diseño y del uso de los materiales adecuados, para su tratamiento se recomienda, tratamiento superficial, reciclaje o reconstrucción.**
- **Se deben desarrollar investigaciones donde se vea la evaluación de que efectos producen los factores de influencia en la estructura de los pavimentos flexibles, en los materiales constituyentes o en la carpeta asfáltica sensible al intemperismo.**

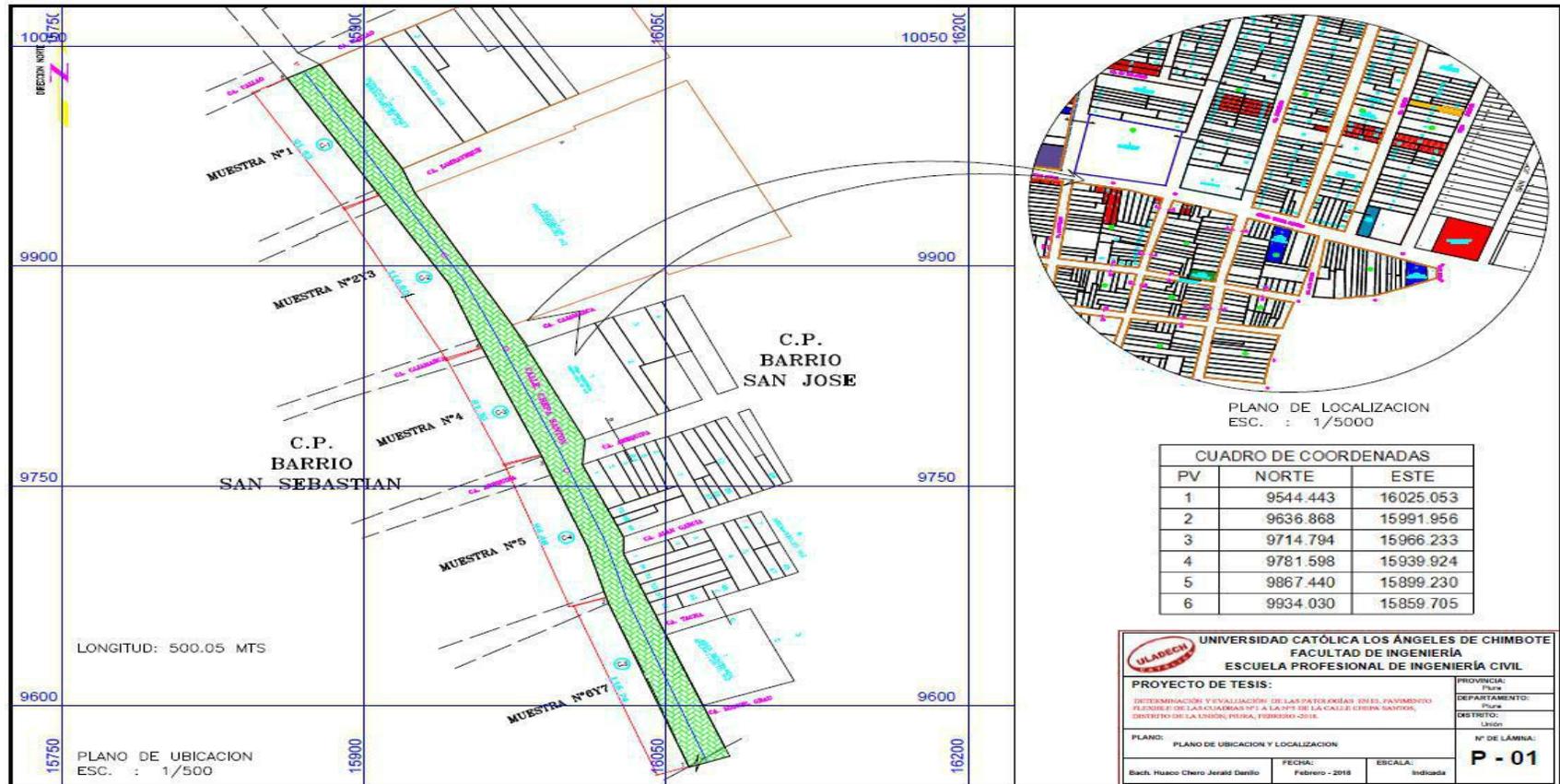
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

1. **Miranda Rebolledo, Ricardo. “Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos-Valdivia”–Chile-2010. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcim672d/doc/bmfcim672d.pdf>**
2. **Disponible en: <http://www.ani.gov.co/termino-la-repavimentacion-de-la-pista-del-aeropuerto-de-barranquilla> - Colombia.**
3. **Alfonso Rico Rodríguez Rodolfo Téllez Gutiérrez Paul Garnica Anguas - <Http://Www.Imt.Mx/Archivos/Publicaciones/Publicaciontecnica/Pt104.Pdf>- México.**
4. **[Fernando Olivera Bustamante](https://es.scribd.com/document/81656243/Historia-de-Los-Pavimentos-en-Mexico) -
[-https://es.scribd.com/document/81656243/Historia-de-Los-Pavimentos-en-Mexico](https://es.scribd.com/document/81656243/Historia-de-Los-Pavimentos-en-Mexico).**
5. **Miguel Ángel del Val Melús. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos Catedrático de Caminos y Aeropuertos. Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Upm). Miguel.Delval@Upm.Es**
6. **Estudio Definitivo Para El Mantenimiento Periódico De La Carretera Panamericana Sur Tramo: Puente Santa Rosa – Puente Montalvo**
7. **Estudios Definitivos De Ingeniería Para La Evaluación De Pavimentos Economicos De Carreteras De Bajo Trafico De La Red Vial Nacional – Proyecto Piloto Carretera Patahuasi – Yauri – Sicuani. Tramo: Yauri – San Genaro L = 11.36 Km**
8. **Katia Humpiri Pineda - Tesis "Análisis Superficial De Pavimentos Flexibles Para El Mantenimiento De Vías En La Región De Puno"**
9. **Raúl Robles Bustios - Cálculo Del Índice De Condición Del Pavimento (Pci) Barranco - Surco – Lima 2015.**
10. **Docentes: Ing. Claudio Giordani Ing. Diego Leone - https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_ano/civil1/files/IC%20I-Pavimentos.pdf**
11. **De acuerdo a la Norma AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).**

- 12. Ing. Camilo Enrique Marrugo Martínez. ⁽¹²⁾ En Su Investigación “Evaluación De Las Metodología Vizir Como Herramienta Para La Toma De Decisiones En Las Intervenciones A Realizar En Los Pavimentos Flexibles” – Bogotá Junio Del 2014.**
- 13. Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela ⁽¹³⁾ Febrero – 2002. Manual del PCI.doc.**
Disponible en : <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>
- 14. Maestría Gutierrez Lazares**
http://repositorio.uni.edu.pe/bitstream/uni/809/1/gutierrez_lj.pdf

ANEXOS:

Anexo N° 1: Plano de ubicación.

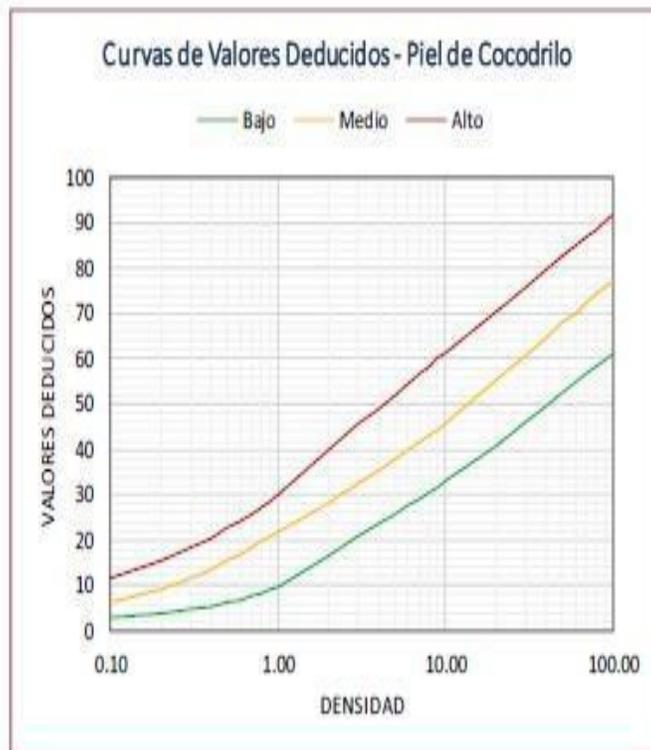


Fuente: Municipalidad Distrital de la Unión.

Anexo N° 2: Curva de valor deducido para piel de cocodrilo.

1. PIEL DE COCODRILLO

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	3.10	6.40	11.80
0.20	3.80	9.30	15.60
0.30	4.60	11.60	18.40
0.40	5.30	13.50	20.60
0.50	6.10	15.30	22.60
0.60	6.90	16.80	24.30
0.70	7.60	18.30	25.90
0.80	8.40	19.70	27.30
0.90	9.10	20.90	28.60
1.00	9.90	22.00	29.90
2.00	16.70	28.20	40.05
3.00	20.70	32.50	45.50
4.00	23.60	35.60	49.30
5.00	25.80	38.00	52.20
6.00	27.60	39.90	54.60
7.00	29.10	41.60	56.70
8.00	30.50	43.00	58.40
9.00	31.60	44.30	60.00
10.00	33.00	45.60	61.30
20.00	40.80	55.40	70.40
30.00	45.90	60.90	75.80
40.00	49.50	64.80	79.50
50.00	52.40	67.80	82.50
60.00	54.70	70.20	84.90
70.00	56.60	72.30	86.90
80.00	58.30	74.10	88.60
90.00	59.80	75.70	90.20
100.00	61.10	77.10	91.60

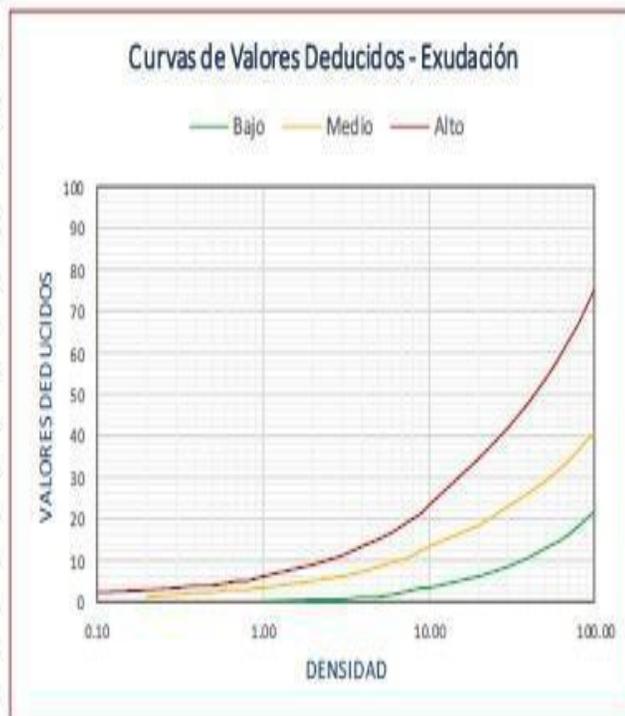


Fuente: Manual de PCI.

Anexo 3: Curva de valor deducido para exudación

2. EXUDACIÓN

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			2.20
0.20		0.80	2.70
0.30		1.40	3.10
0.40		1.80	3.50
0.50		2.10	3.90
0.60		2.40	4.30
0.70		2.60	4.70
0.80		2.80	5.10
0.90		2.95	5.50
1.00	0.10	3.30	5.80
2.00	0.30	5.00	8.70
3.00	0.60	6.00	11.00
4.00	0.90	7.00	13.10
5.00	1.20	8.10	14.90
6.00	1.70	9.10	16.60
7.00	2.10	10.10	18.20
8.00	2.60	11.20	19.70
9.00	3.10	12.20	21.10
10.00	3.40	13.00	23.00
20.00	5.90	18.30	34.10
30.00	8.20	22.40	41.60
40.00	10.30	25.80	47.90
50.00	12.40	28.80	53.40
60.00	14.30	31.50	58.40
70.00	16.20	34.00	63.00
80.00	18.10	36.40	67.30
90.00	19.90	38.60	71.30
100.00	21.60	40.60	75.10

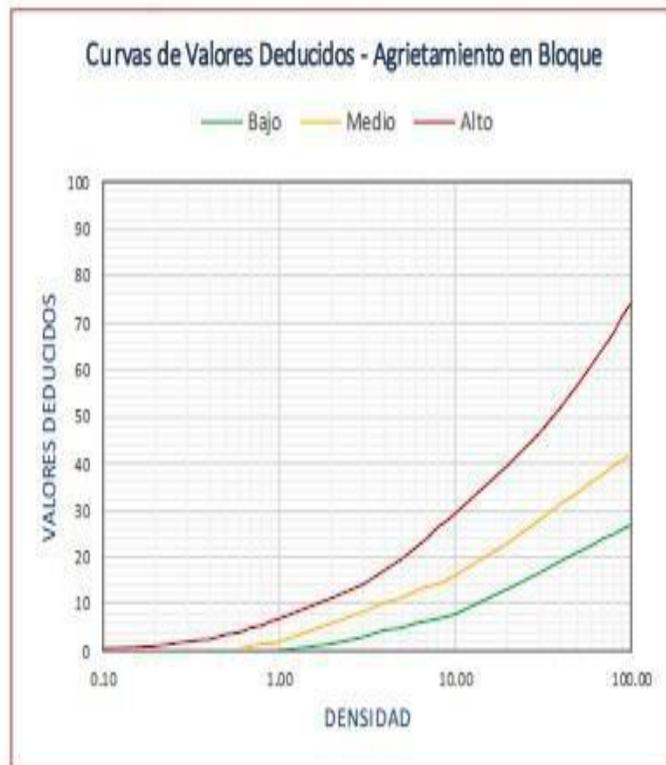


Fuente: Manual de PCI.

Anexo 4: Curva de valor deducido para agrietamiento en bloque.

3. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			0.20
0.20			0.90
0.30			1.70
0.40			2.40
0.50			3.20
0.60		0.40	3.90
0.70		0.80	4.70
0.80		1.20	5.40
0.90		1.50	6.20
1.00	0.00	1.70	7.00
2.00	1.30	5.80	11.10
3.00	2.90	8.20	14.30
4.00	4.10	10.00	17.00
5.00	5.00	11.30	19.50
6.00	5.70	12.50	21.90
7.00	6.30	13.40	24.00
8.00	6.90	14.20	26.10
9.00	7.40	14.90	28.00
10.00	8.00	16.00	29.50
20.00	13.10	22.90	39.60
30.00	16.50	28.00	46.40
40.00	19.00	31.10	51.90
50.00	20.90	33.80	56.60
60.00	22.40	35.90	60.80
70.00	23.70	37.70	64.60
80.00	24.80	39.30	68.00
90.00	25.80	40.70	71.20
100.00	26.70	42.00	74.20

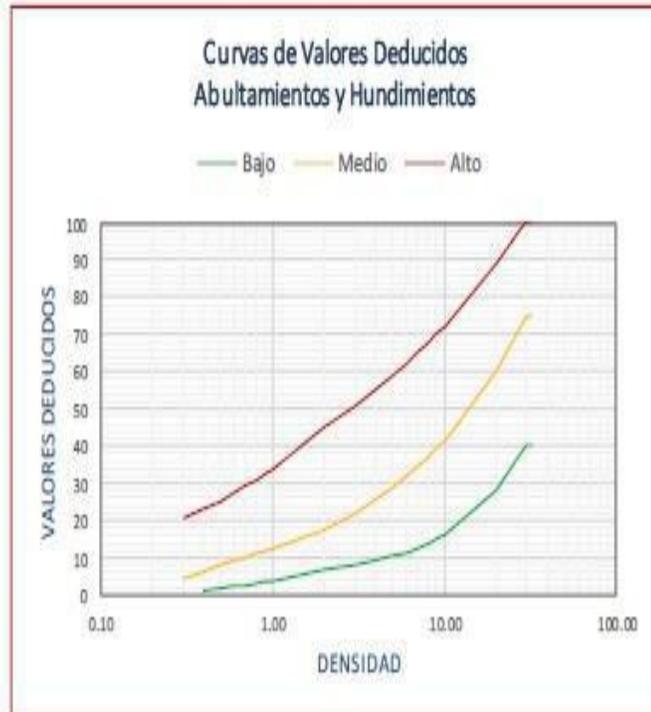


Fuente: Manual del PCI.

Anexo 5: Curva de valor deducido para abultamientos y hundimientos.

4. ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30		4.40	20.50
0.40	0.90	6.40	23.10
0.50	1.60	7.90	25.30
0.60	2.20	9.20	27.30
0.70	2.70	10.20	29.10
0.80	3.20	11.20	30.80
0.90	3.60	12.00	32.30
1.00	3.90	12.70	33.70
2.00	6.80	17.60	44.80
3.00	8.00	21.90	50.50
4.00	9.20	25.50	55.00
5.00	10.40	28.70	58.80
6.00	11.50	31.70	62.10
7.00	12.70	34.40	65.00
8.00	13.90	36.90	67.60
9.00	15.10	39.30	70.00
10.00	16.30	41.60	72.30
20.00	28.10	60.20	88.80
30.00	39.90	74.80	100.20
32.00	40.00	75.00	100.30
50.00			
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			

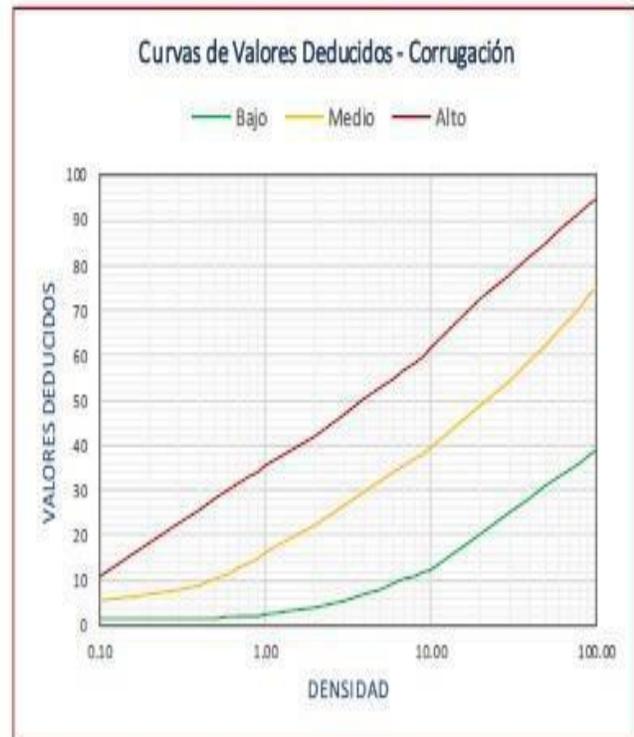


Fuente: Manual del PCI.

Anexo 6: Curva de valor deducido para corrugación.

5. CORRUGACION

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	1.40	5.50	10.90
0.20	1.50	6.70	18.30
0.30	1.60	7.90	22.60
0.40	1.60	9.00	25.70
0.50	1.70	10.20	28.00
0.60	1.80	11.40	30.00
0.70	1.80	12.60	31.60
0.80	1.90	13.80	33.00
0.90	2.00	15.00	34.30
1.00	2.40	16.20	35.50
2.00	4.20	22.40	41.90
3.00	5.60	26.70	46.70
4.00	6.90	29.70	50.10
5.00	8.10	32.00	52.80
6.00	9.20	33.90	55.00
7.00	10.30	35.50	56.80
8.00	11.10	36.90	58.40
9.00	11.80	38.10	59.80
10.00	12.50	39.50	61.60
20.00	20.40	48.80	72.30
30.00	25.00	54.40	78.00
40.00	28.30	58.80	82.00
50.00	30.90	62.40	85.10
60.00	32.90	65.50	87.60
70.00	34.70	68.30	89.80
80.00	36.20	70.80	91.70
90.00	37.60	73.00	93.30
100.00	38.80	75.10	94.80

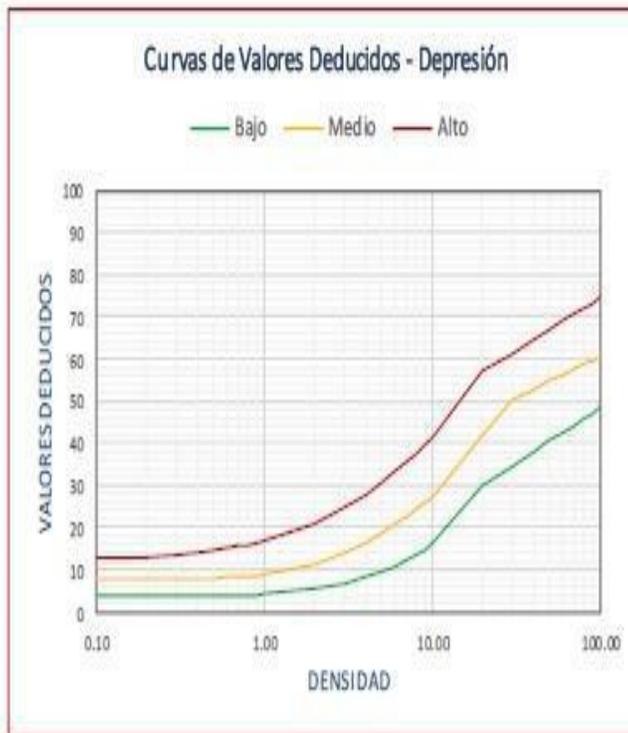


Fuente: Manual del PCI.

Anexo 7: Curva de valor deducido para depresión.

6. DEPRESION

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	3.80	7.80	12.60
0.20	3.90	7.80	13.00
0.30	3.90	7.80	13.50
0.40	3.90	7.90	14.00
0.50	3.90	8.00	14.50
0.60	3.90	8.10	15.00
0.70	4.00	8.10	15.50
0.80	4.00	8.20	15.90
0.90	4.00	8.30	16.40
1.00	4.10	9.00	17.00
2.00	5.40	11.20	20.70
3.00	6.80	14.00	24.60
4.00	8.10	16.40	27.80
5.00	9.40	18.60	30.60
6.00	10.80	20.60	33.10
7.00	12.10	22.40	35.40
8.00	13.50	24.10	37.50
9.00	14.80	25.70	39.40
10.00	16.20	27.30	41.30
20.00	29.80	42.00	56.90
30.00	34.50	50.30	61.30
40.00	37.80	52.70	64.50
50.00	40.40	54.60	66.90
60.00	42.50	56.20	68.90
70.00	44.30	57.50	70.60
80.00	45.90	58.60	72.00
90.00	47.20	59.60	73.30
100.00	48.40	60.50	74.50

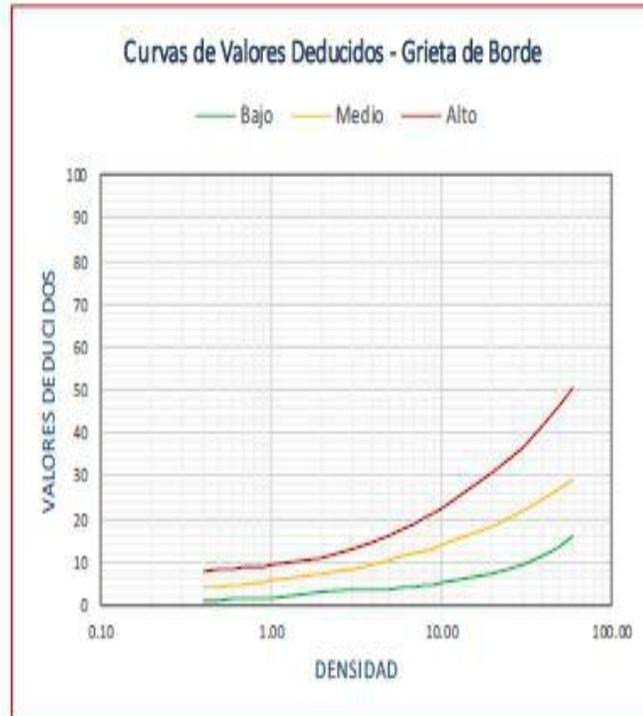


Fuente: Manual del PCI.

Anexo 8: Curva de valor deducido para grieta de borde.

7. GRIETA DE BORDE

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40	1.20	3.90	7.90
0.50	1.20	4.30	8.20
0.60	1.30	4.60	8.40
0.70	1.40	4.80	8.60
0.80	1.50	5.10	8.80
0.90	1.60	5.30	9.00
1.00	1.70	5.50	9.20
2.00	3.20	7.10	10.70
3.00	3.40	8.40	12.90
4.00	3.60	9.50	14.70
5.00	3.80	10.40	16.20
6.00	4.00	11.20	17.60
7.00	4.30	11.90	18.90
8.00	4.50	12.60	20.10
9.00	4.70	13.20	21.20
10.00	4.90	13.80	22.30
20.00	7.10	18.40	30.50
30.00	9.30	21.80	36.70
40.00	11.50	24.60	41.90
50.00	13.70	26.90	46.40
60.00	15.90	29.10	50.40
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			

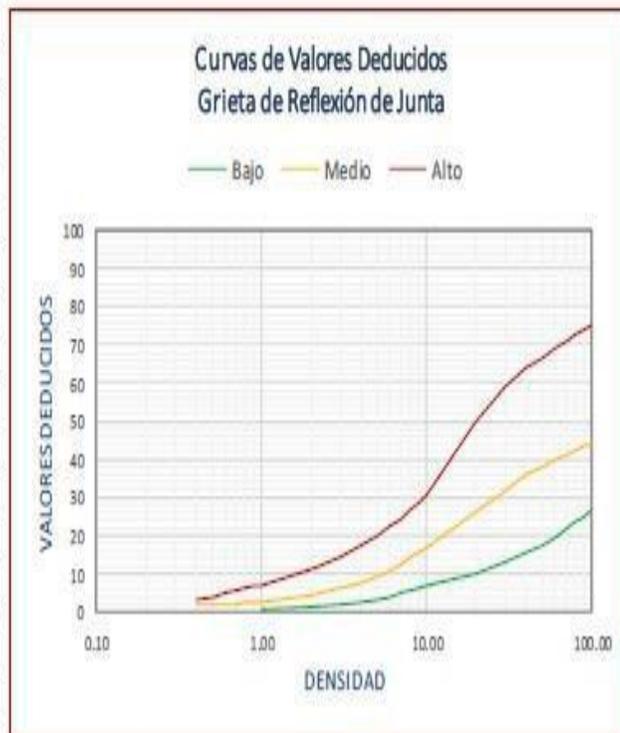


Fuente: Manual del PCI.

Anexo 9: Curva de valor deducido para grieta de reflexión de junta.

8. GRIETA DE REFLEXION DE JUNTA

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40		1.60	2.80
0.50		1.80	4.00
0.60		2.00	5.00
0.70		2.10	5.80
0.80		2.30	6.50
0.90		2.50	7.10
1.00	0.40	2.60	7.10
2.00	1.10	4.30	11.20
3.00	1.90	5.90	14.40
4.00	2.60	7.50	17.30
5.00	3.30	9.20	19.90
6.00	4.00	10.80	22.30
7.00	4.70	12.50	24.50
8.00	5.40	14.10	26.70
9.00	6.10	15.70	28.70
10.00	6.60	16.60	30.70
20.00	10.10	26.20	49.50
30.00	12.90	31.80	59.00
40.00	15.30	36.10	63.80
50.00	17.50	38.10	66.60
60.00	19.50	39.80	68.90
70.00	21.50	41.20	70.80
80.00	23.30	42.20	72.50
90.00	25.00	43.50	73.90
100.00	26.60	44.40	75.30

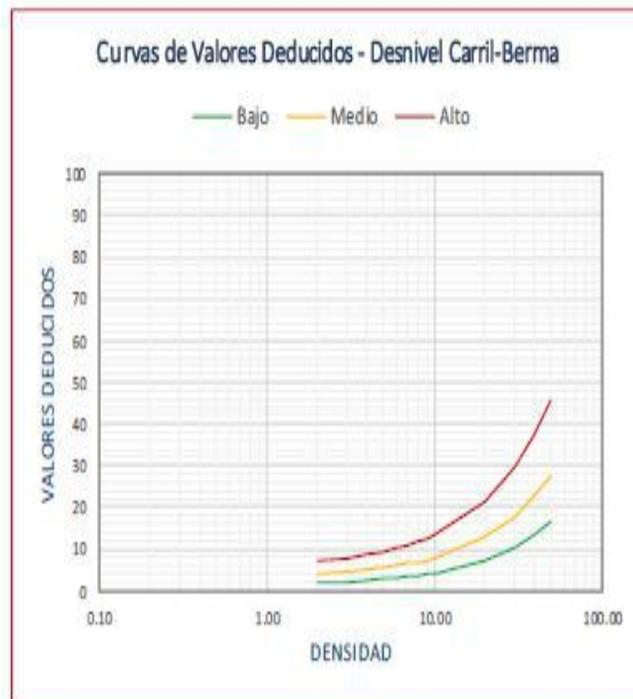


Fuente: Manual del PCI.

Anexo 10: Curva de valor deducido para desnivel de carril /berma.

9. DESNIVEL CARRIL-BERMA

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
2.00	1.90	3.90	7.00
3.00	2.20	4.40	7.80
4.00	2.50	4.90	8.60
5.00	2.80	5.40	9.40
6.00	3.10	5.90	10.20
7.00	3.40	6.40	11.00
8.00	3.70	6.90	11.80
9.00	4.00	7.40	12.60
10.00	4.30	7.90	13.40
20.00	7.30	12.80	21.50
30.00	10.30	17.80	29.60
40.00	13.40	22.70	37.60
50.00	16.40	27.70	45.70
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			

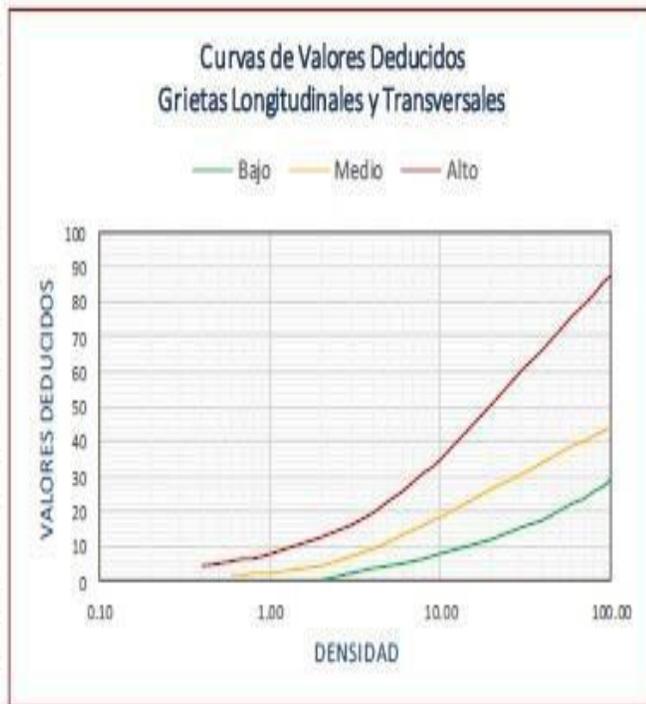


Fuente: Manual del PCI.

Anexo 11: Curva de valor deducido para grietas longitudinales y transversales.

10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			4.30
0.50			4.90
0.60		1.40	5.60
0.70		1.70	6.20
0.80		1.90	6.70
0.90		2.10	7.30
1.00		2.40	7.80
2.00	0.10	4.60	12.30
3.00	2.00	6.90	16.10
4.00	3.30	9.20	19.50
5.00	4.30	11.50	22.60
6.00	5.10	13.00	25.50
7.00	5.80	14.30	28.20
8.00	6.40	15.80	30.80
9.00	7.00	17.10	32.50
10.00	8.00	18.30	34.30
20.00	12.20	26.10	50.30
30.00	15.10	30.60	59.70
40.00	17.70	33.90	66.30
50.00	19.90	36.40	71.50
60.00	22.00	38.40	75.70
70.00	23.90	40.10	79.30
80.00	25.60	41.60	82.30
90.00	27.30	43.00	85.10
100.00	28.90	44.20	87.50

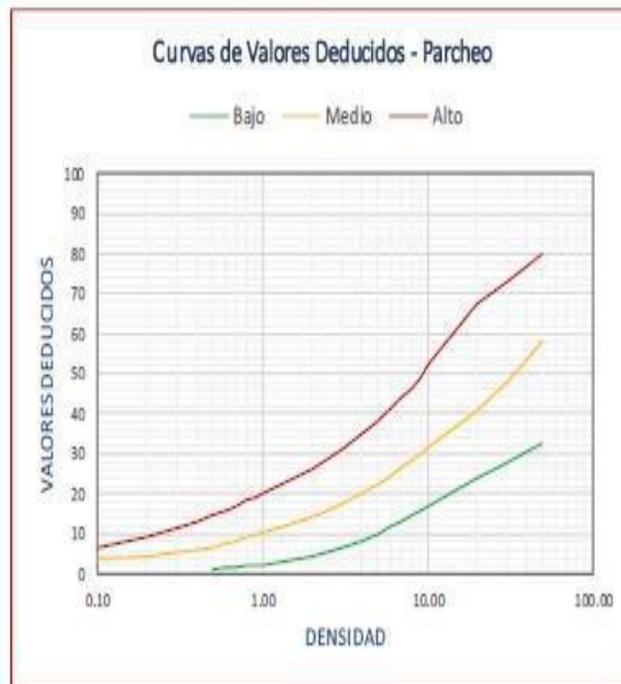


Fuente: Manual del PCI.

Anexo 12: Curva de valor deducido para parcheo.

11. PARCHEO

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10		3.70	6.50
0.20		4.50	9.20
0.30		5.20	11.20
0.40		6.00	12.90
0.50	1.20	6.70	14.40
0.60	1.40	7.50	15.80
0.70	1.60	8.20	17.10
0.80	1.90	9.00	18.30
0.90	2.10	9.70	19.00
1.00	2.30	10.10	20.00
2.00	4.40	14.30	26.00
3.00	6.60	17.40	30.80
4.00	8.00	20.10	34.80
5.00	9.90	22.40	38.20
6.00	11.70	24.60	41.20
7.00	13.20	26.50	44.00
8.00	14.60	28.30	46.50
9.00	15.70	30.00	48.90
10.00	16.80	31.50	52.00
20.00	23.70	41.00	67.50
30.00	27.80	47.90	73.10
40.00	30.70	53.40	77.00
50.00	32.90	58.20	80.10
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			

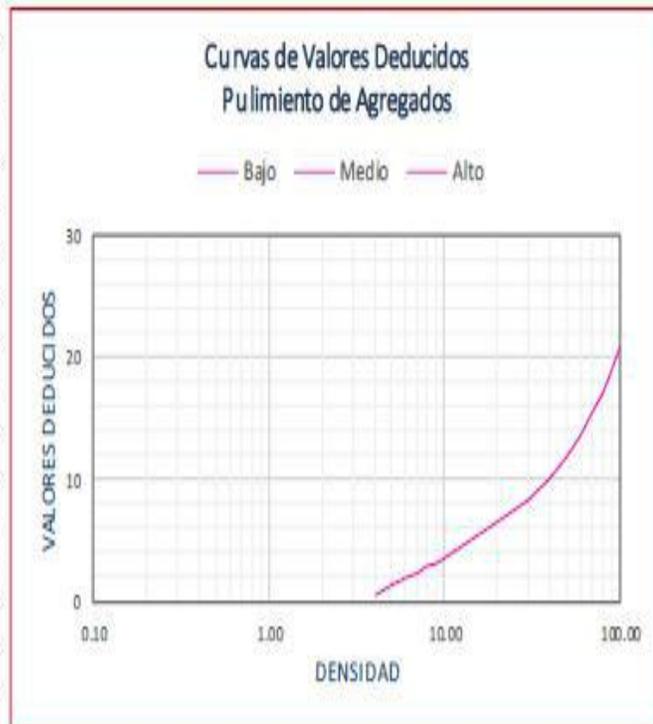


Fuente: Manual del PCI.

Anexo 13: Curva de valor deducido para pulimiento de agregados.

12. PULIMIENTO DE AGREGADOS

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
2.00			
3.00			
4.00		0.50	
5.00		1.20	
6.00		1.80	
7.00		2.30	
8.00		2.80	
9.00		3.10	
10.00		3.50	
20.00		6.50	
30.00		8.30	
40.00		10.10	
50.00		11.80	
60.00		13.60	
70.00		15.40	
80.00		17.10	
90.00		18.90	
100.00		20.70	

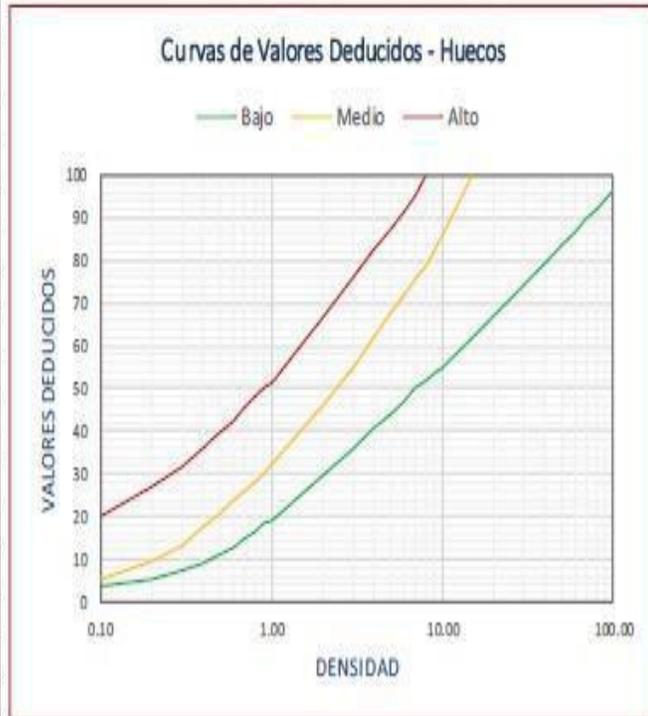


Fuente: Manual del PCI.

Anexo 14: Curva de valor deducido para huecos.

13. HUECOS

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	3.50	5.20	19.90
0.20	5.30	9.40	26.70
0.30	7.20	13.40	31.70
0.40	9.10	17.20	35.80
0.50	10.90	20.50	39.40
0.60	12.80	23.90	42.50
0.70	14.60	25.90	45.40
0.80	16.50	27.80	48.00
0.90	18.30	30.00	50.50
1.00	18.80	32.00	51.40
2.00	29.70	46.00	66.90
3.00	36.10	55.00	76.00
4.00	40.60	62.10	82.40
5.00	44.10	67.60	87.40
6.00	46.90	72.10	91.50
7.00	50.00	75.50	95.00
8.00	52.00	79.10	100.0
9.00	53.30	82.00	
10.00	55.00	86.50	
15.00	62.00	100.00	
30.00	74.30		
40.00	79.50		
50.00	83.60		
60.00	87.00		
70.00	89.80		
80.00	92.20		
90.00	94.40		
100.00	96.30		

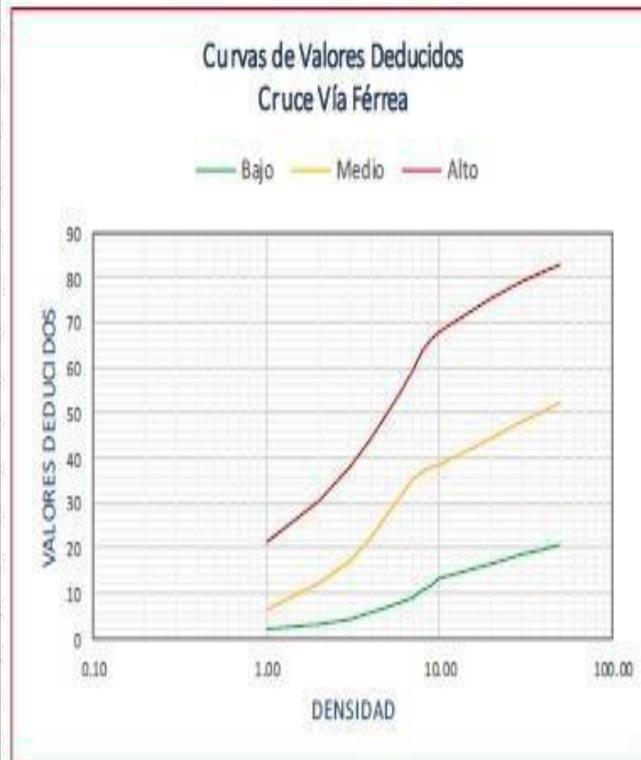


Fuente: Manual del PCI.

Anexo 15: Curva de valor deducido para cruce de vía férrea.

14. CRUCE DE VÍA FÉRREA

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00	2.00	6.50	21.20
2.00	3.20	12.10	30.60
3.00	4.40	17.20	37.90
4.00	5.60	22.20	44.20
5.00	6.80	27.00	49.70
6.00	8.00	31.70	54.70
7.00	9.20	35.00	59.40
8.00	10.50	36.80	63.80
9.00	11.70	37.70	66.00
10.00	13.10	38.60	68.00
20.00	16.50	44.50	75.60
30.00	18.50	48.00	78.90
40.00	19.90	50.40	81.20
50.00	20.90	52.30	83.10
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			

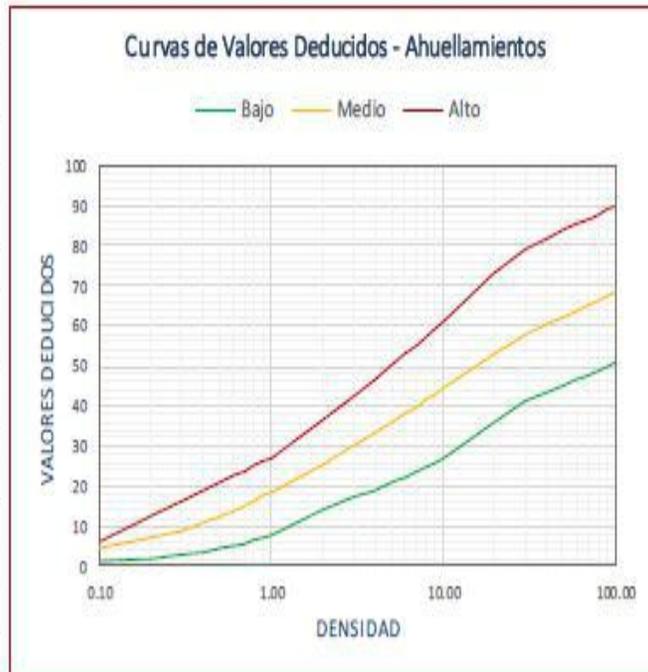


Fuente: Manual del PCI.

Anexo 16: Curva de valor deducido para Ahuellamiento.

15. AHUELLAMIENTO

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	1.10	4.60	6.00
0.20	2.00	7.10	12.40
0.30	2.80	9.00	16.10
0.40	3.60	10.80	18.80
0.50	4.30	12.30	20.80
0.60	5.10	13.80	22.50
0.70	5.80	15.10	23.90
0.80	6.50	16.40	25.20
0.90	7.20	17.60	26.20
1.00	7.90	18.20	26.70
2.00	14.00	25.30	36.20
3.00	17.10	30.10	42.40
4.00	19.10	33.40	46.80
5.00	20.80	36.10	50.20
6.00	22.30	38.20	53.00
7.00	23.60	39.80	55.30
8.00	24.90	41.60	57.40
9.00	26.00	42.90	59.20
10.00	27.10	44.20	60.80
20.00	35.90	53.00	73.00
30.00	41.40	57.90	79.30
40.00	43.40	60.30	81.80
50.00	45.10	62.10	83.80
60.00	46.50	63.70	85.40
70.00	47.70	65.10	86.80
80.00	48.80	66.30	87.90
90.00	49.70	67.40	89.00
100.00	50.60	68.40	89.90

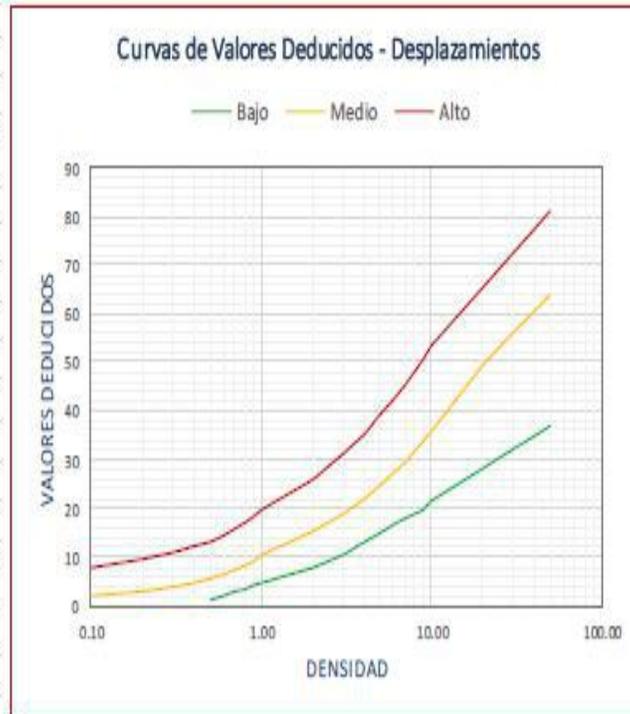


Fuente: manual del PCI.

Anexo 17: Curva de valor deducido para desplazamiento.

16. DESPLAZAMIENTO

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10		2.20	8.00
0.20		3.10	9.63
0.30		4.00	10.70
0.40		4.80	12.00
0.50	1.10	5.70	13.30
0.60	2.00	6.60	14.60
0.70	2.80	7.50	15.90
0.80	3.50	8.30	17.20
0.90	4.10	9.20	18.60
1.00	4.60	10.50	19.50
2.00	7.70	15.40	26.10
3.00	10.60	19.00	31.20
4.00	13.00	22.10	35.40
5.00	14.90	24.80	39.00
6.00	16.50	27.30	42.30
7.00	17.80	29.60	45.20
8.00	18.90	31.70	48.00
9.00	19.90	33.70	50.50
10.00	21.30	35.60	53.10
20.00	28.00	49.30	65.20
30.00	31.90	55.90	72.30
40.00	34.60	60.50	77.30
50.00	36.80	64.10	81.20
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			

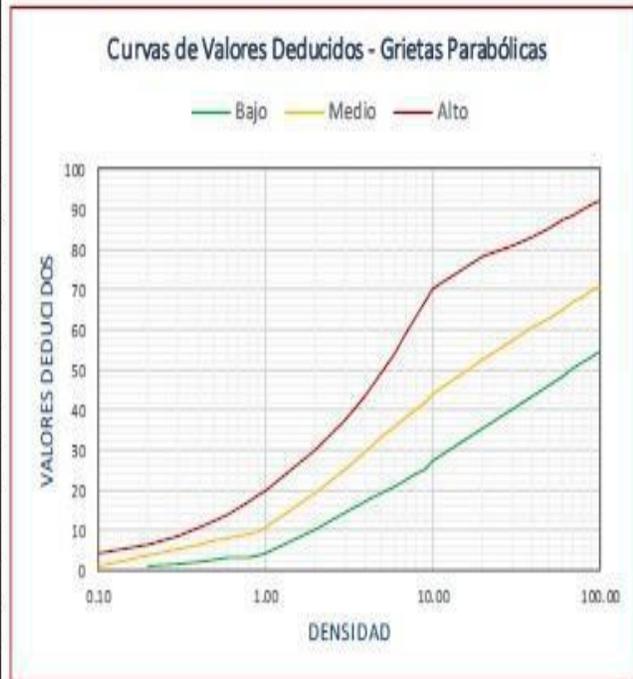


Fuente: Manual del PCI.

Anexo 17: Curva de valor deducido para grietas parabólicas.

17. GRIETAS PARABÓLICAS

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10		1.00	4.00
0.20	0.80	3.60	6.50
0.30	1.60	5.20	8.60
0.40	2.10	6.30	10.60
0.50	2.50	7.20	12.40
0.60	2.90	7.90	14.00
0.70	3.20	8.50	15.60
0.80	3.40	9.00	17.20
0.90	3.70	9.50	18.70
1.00	4.30	10.60	20.00
2.00	10.20	19.30	30.20
3.00	14.20	25.30	37.50
4.00	17.10	29.60	43.60
5.00	19.30	32.90	49.10
6.00	21.10	35.60	54.10
7.00	22.60	37.80	58.80
8.00	24.00	40.00	63.10
9.00	25.10	42.00	67.20
10.00	27.20	44.00	69.90
20.00	35.40	52.70	78.00
30.00	40.20	57.20	81.00
40.00	43.60	60.40	83.20
50.00	46.20	62.90	85.40
60.00	48.40	64.90	87.10
70.00	50.20	66.70	88.60
80.00	51.80	68.20	89.90
90.00	53.20	69.50	91.10
100.00	54.40	70.60	92.10



Fuente: Manual del PCI.

Anexo 18: Curva de valor deducido para grietas parabólicas.

17. GRIETAS PARABÓLICAS

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10		1.00	4.00
0.20	0.80	3.60	6.50
0.30	1.60	5.20	8.60
0.40	2.10	6.30	10.60
0.50	2.50	7.20	12.40
0.60	2.90	7.90	14.00
0.70	3.20	8.50	15.60
0.80	3.40	9.00	17.20
0.90	3.70	9.50	18.70
1.00	4.30	10.60	20.00
2.00	10.20	19.30	30.20
3.00	14.20	25.30	37.50
4.00	17.10	29.60	43.60
5.00	19.30	32.90	49.10
6.00	21.10	35.60	54.10
7.00	22.60	37.80	58.80
8.00	24.00	40.00	63.10
9.00	25.10	42.00	67.20
10.00	27.20	44.00	69.90
20.00	35.40	52.70	78.00
30.00	40.20	57.20	81.00
40.00	43.60	60.40	83.20
50.00	46.20	62.90	85.40
60.00	48.40	64.90	87.10
70.00	50.20	66.70	88.60
80.00	51.80	68.20	89.90
90.00	53.20	69.50	91.10
100.00	54.40	70.60	92.10

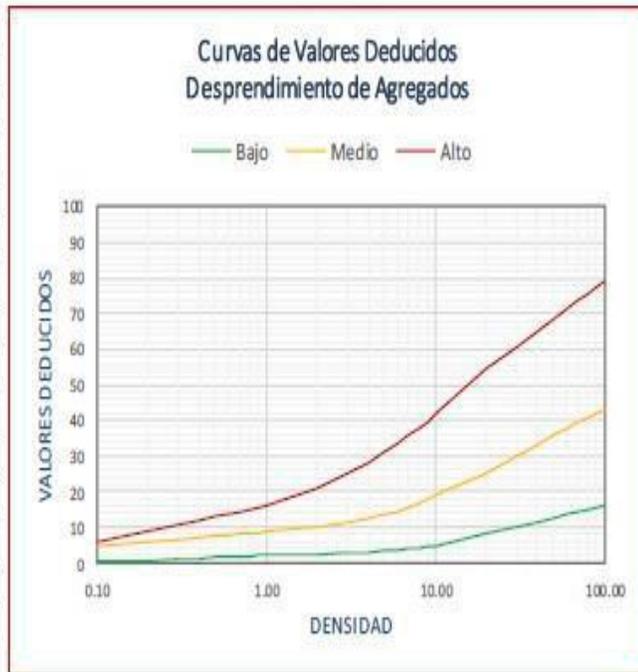


Fuente: Manual del PCI.

Anexo 19: Curva de valor deducido para desprendimiento de agregados.

19. DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	0.30	4.40	5.70
0.20	0.40	5.70	8.80
0.30	0.80	6.50	10.60
0.40	1.20	7.00	11.90
0.50	1.40	7.40	12.90
0.60	1.60	7.80	13.70
0.70	1.70	8.10	14.40
0.80	1.90	8.30	15.00
0.90	2.00	8.50	15.50
1.00	2.00	8.90	16.00
2.00	2.30	10.00	21.00
3.00	2.70	11.20	24.90
4.00	3.00	12.30	28.20
5.00	3.30	13.40	30.90
6.00	3.70	14.50	33.40
7.00	4.00	15.70	35.60
8.00	4.30	16.80	37.70
9.00	4.60	17.90	39.60
10.00	4.60	19.00	42.00
20.00	8.00	25.30	54.50
30.00	10.00	29.90	60.60
40.00	11.40	33.10	65.00
50.00	12.50	35.60	68.40
60.00	13.40	37.60	71.10
70.00	14.10	39.30	73.50
80.00	14.80	40.80	75.50
90.00	15.30	42.10	77.30
100.00	15.80	43.30	78.90



Fuente: Manual del PCI.

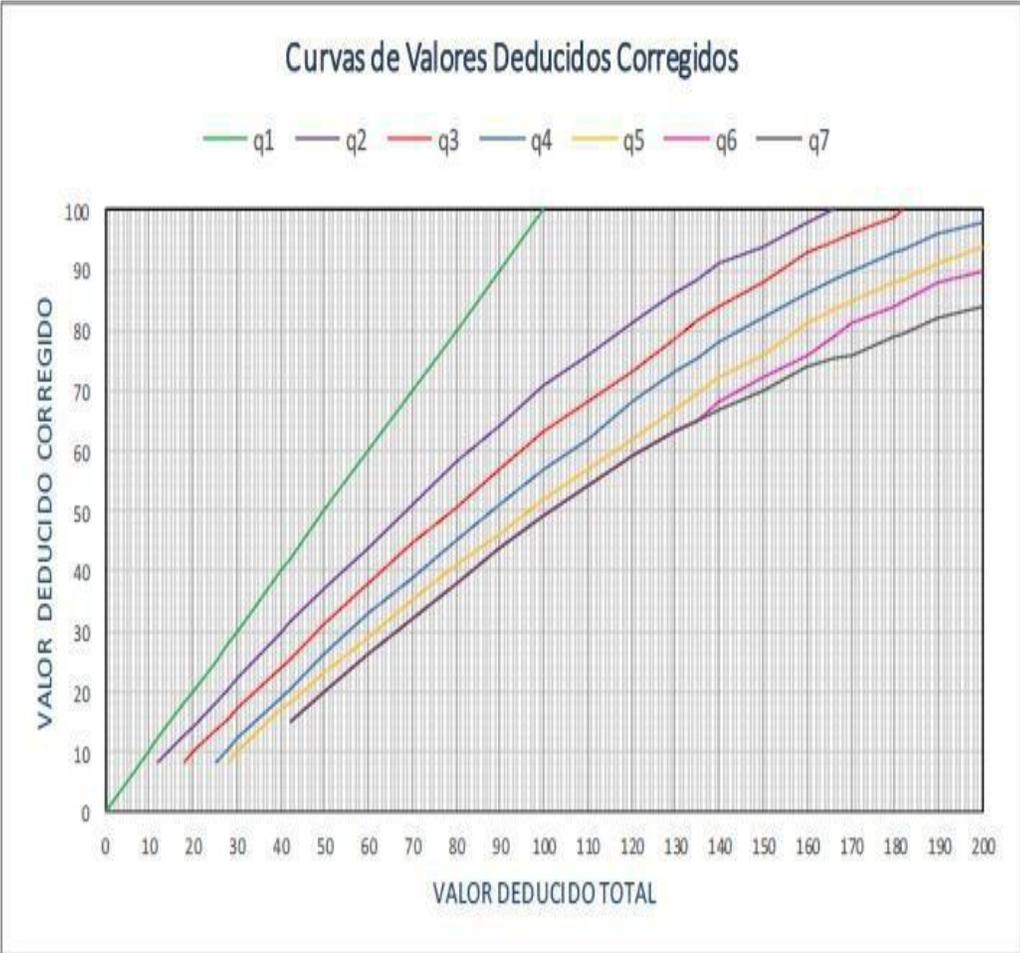
Anexo 20: Curva de valores deducidos corregidos

VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

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

Fuente: Manual del PCI.

Curva de valores deducidos.



Fuente: Manual del PCI.

Anexo N°21: Fotografías de las patologías encontradas.

Pulimiento de agregados



Descascaramiento



Fuente: Elaboración Propia.

Fisura: Falla existente en el pavimento.



Fuente: Elaboración Propia.

Patología encontrada en el pavimento: Exudación.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo N° 22: Evidencias de patologías existentes.



Toma de la calle.



Señalando las patologías.

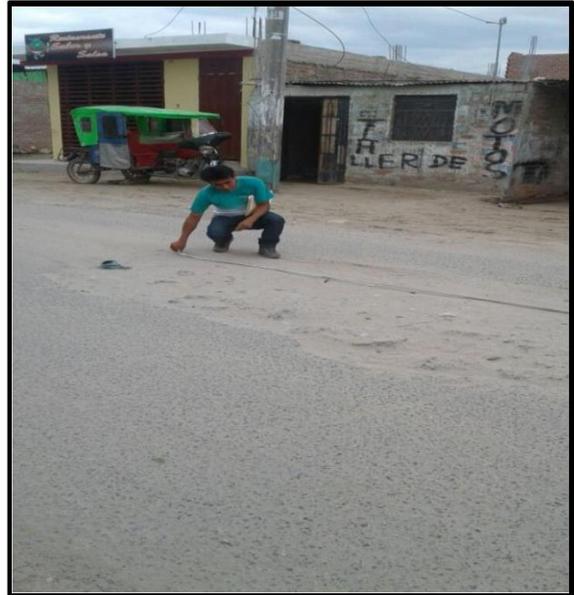
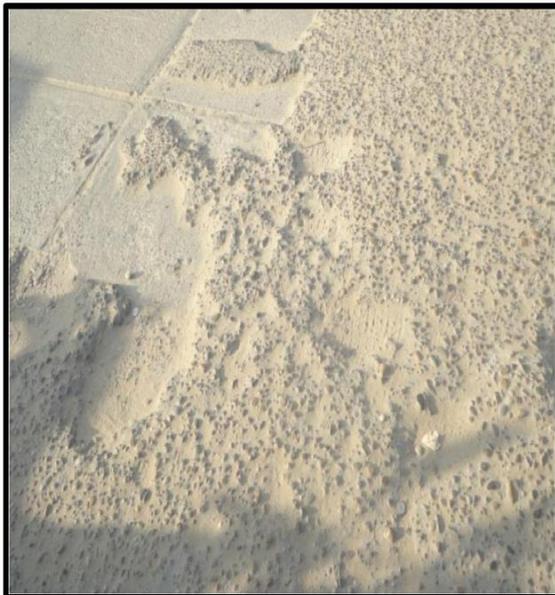


Estado Muy Malo de las cuadras.



Patología existente.

Evidencias mostrando la condición en que se encuentra el pavimento.



Estudio visual toma de medidas.