

**UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES DE  
CHIMBOTE**



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

**“ANÁLISIS PATOLÓGICO DE LA SUPERFICIE DEL  
PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CALLE LORETO  
CUADRA 4 A LA 6- PIURA, 2015”**

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

**AUTORA:**

**YULY MARICEL DOMINGUEZ SILUPU**

**ASESOR:**

**DR. JUAN ASALDE VIVES**

**PIURA- PERÚ**

**2015**

**JURADO EVALUADOR DE TESIS**

Mgtr .MIGUEL ANGEL CHAN HEREDIA

PRESIDENTE

ING.WILMER OSWALDO CORDOVA CORDOVA

MIEMBRO

ING.GILBERTO REGULO SANCHEZ GAMARRA

SECRETARIO

**Agradecimiento:**

A Dios, por darme el conocimiento, la sabiduría y la fortaleza para seguir adelante.

A la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote por haberme formado profesionalmente.

A los docentes y al asesor de esta tesis, por su destacada labor educativa.

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a mis padres que me han apoyado siempre,  
a mis hermanos a quienes quiero mucho y a mi hija Ariana Antonella ,por ser todos ellos fuente de mi inspiración para ser cada día mejor.

## Resumen

La presente investigación tiene como objetivo analizar las patologías de la superficie del pavimento flexible en la calle Loreto cuadra 4 a la 6 del distrito de Piura, provincia de Piura, departamento de Piura. En esta tesis se aplicará el método del PCI para determinar el Índice de Condición de Pavimento en la calle Loreto. Así mismo para poder identificar las fallas existentes y cuantificar el estado de la vía, han sido estudiados a detalle un área de 4,672 metros cuadrados.

Dentro de la investigación se muestra primeramente, el marco teórico, donde se define el concepto de pavimento, su clasificación y se explica la problemática que se vive en Piura. También se detallan las fallas más comunes que afectan a los pavimentos urbanos flexibles, Seguidamente se explica el procedimiento del método PCI como el criterio para la inspección, la toma de los tramos, secciones y unidades de muestra, el cálculo del PCI, así mismo se muestran las hojas de registro de las unidades de muestra, y los cuadros con los cálculos respectivos del índice de condición del pavimento para cada unidad de muestra analizada y para cada sección.

Finalmente, se concluye que la calle Loreto cuadra 4 a la 6 tiene un pavimento de estado bueno, con un PCI ponderado igual a 63. Esta condición del pavimento se debe gracias a las obras de reparación realizadas el año 2008 que han aminorado la formación de fallas estructurales. La mayoría de ellas son fallas de tipo funcional, que no afectan el tránsito normal de vehículos, por lo que no es necesario disminuir la velocidad libre y no son percibidas por el conductor.

**Palabras clave:** patologías de superficie, pavimento flexible, PCI.

## **Abstract**

The present investigation has as objective to analyze the pathologies of the surface of the flexible pavement in the street Loreto blocks 4 at the 6 of the district of Piura, county of Piura, department of Piura. In this thesis the method of the PCI will be applied to determine the Index of Condition of Pavement in the street Loreto.

Likewise to be able to identify the existent flaws and to quantify the state of the road, they have been studied to detail an area of 4,672 square meters.

Inside the investigation it is shown firstly, the theoretical mark, where he/she is defined the concept of pavement, their classification and the problem is explained that one lives in Piura. The most common flaws are also detailed that affect to the flexible urban pavements, Subsequently the procedure of the method is explained PCI like the approach for the inspection, the taking of the tracts, sections and sample units, the calculation of the PCI, likewise the leaves of registration of the sample units, and the squares are shown with the respective calculations of the index of condition of the pavement for each unit of analyzed sample and for each section.

Finally, you concludes that the street Loreto blocks 4 at 6 o'clock have a pavement of good state, with a pondered PCI similar to 63. This condition of the pavement is owed thanks to the carried out repair works the year 2008 that have reduced the formation of structural flaws. Most of they are flaws of functional type that don't affect the normal traffic of vehicles, for what is not necessary to diminish the free speed and they are not perceived by the driver.

**Keywords:** Pathologies of surface, flexible pavement, PCI

## Contenido

<b>1. TÍTULO</b> .....	i
<b>2.FIRMA DEL JURADO Y ASESOR</b> .....	ii
<b>3. AGRADECIMIENTO Y DECICATORIA</b> .....	iii
3.1 Agradecimiento.....	iii
3.2 Dedicatoria .....	iv
<b>4. RESUMEN Y ABSTRACT</b> .....	
4.1 Resumen.....	v
4.2 Abstract.....	vi
<b>5.CONTENIDO</b> .....	vii
<b>6. ÍNDICE DE GRÁFICOS, TABLAS Y CUADROS</b> .....	vi i i
<b>6.1 ÍNDICE DE GRÁFICOS</b>	
Gráfico 1. Paquete estructural .....	10
Gráfico 2. Pavimento flexible, rígido y mixto.....	13
Gráfico 3. Pavimento flexible (izquierda), rígido (centro) y mixto (derecha) .....	13
Gráfico 4. Comportamiento del pavimento frente a cargas de tránsito.....	18
Gráfico 5. Fallas en pavimentos flexibles .....	20
Gráfico 6. Piel de cocodrilo .....	22
Gráfico 7. Exudación .....	23
Gráfico 8. Fisuras en bloque .....	24
Gráfico 9. Abultamientos y hundimientos .....	25
Gráfico 10. Corrugación .....	26

Gráfico 11. Depresión.....	27
Gráfico 12. Fisuras de borde .....	28
Gráfico 13. Fisura de reflexión de junta .....	29
Gráfico 14. Desnivel carril – berma.....	30
Gráfico 15. Fisuras longitudinales y transversales.....	31
Gráfico 16. Parche.....	32
Gráfico 17. Parche de cortes utilitarios.....	32
Gráfico 18. Agregado pulido.....	33
Gráfico 19. Baches.....	34
Gráfico 20. Ahuellamiento.....	35
Gráfico 21. Desplazamiento.....	36
Gráfico 22. Fisura parabólica.....	37
Gráfico 23. Hinchamiento.....	38
Gráfico 24. Peladura .....	39
Gráfico 25. Índice PCI .....	44
Gráfico 26. Odómetro .....	46
Gráfico 27. Ajuste del número de valores deducidos “m” .....	54
Gráfico 28. Curvas de corrección .....	55
Gráfico 29. Piel de cocodrilo .....	59
Gráfico 30. Exudación .....	60
Gráfico 31. Fisuras en bloque .....	60
Gráfico 32. Abultamientos y hundimientos .....	62
Gráfico 33. Corrugación .....	63
Gráfico 34. Depresión.....	63



Gráfico 35. Fisura de borde.....	64
Gráfico 36. Fisura de reflexión de junta .....	65
Gráfico 37. Desnivel carril – berma.....	65
Gráfico 38. Fisuras longitudinales y transversales.....	66
Gráfico 39. Parches y parches de cortes utilitarios .....	67
Gráfico 40. Agregado pulido .....	68
Gráfico 41. Baches.....	69
Gráfico 42. Ahuellamiento.....	70
Gráfico 43. Desplazamiento.....	70
Gráfico 44. Fisura parabólica.....	71
Gráfico 45. Hinchamiento.....	72
Gráfico 46. Peladura .....	73
Gráfico 47. Diseño de investigación.....	74
Gráfico 48. Pavimento Flexible en estudio. Av. Loreto: Cuadras 4 hasta la 6.....	79
Gráfico 49. Intersección de la Av. Loreto con la Av. Sánchez Cerro.....	80
Gráfico 50. Intersección de la Av. Loreto con la Calle Ica.....	81
Gráfico 51. Red de Pavimento en dos tramos: rojo y celeste .....	82
Gráfico 52. Tramos, secciones y unidades de muestra de la red de pavimento.....	84

## 6.2 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Hoja de registro en vías de pavimento flexible.....	46
Tabla 2. Ejemplo de hoja de registro en una vía de pavimento flexible.....	53
Tabla 3. Cálculo del PCI en un pavimento flexible .....	54
Tabla 4. Niveles de severidad para baches menores a 750 mm de diámetro.....	68

Tabla 5. Hoja de registro de la unidad de muestra U1, tramo 1, sección 1.....	85
Tabla 6. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U1 .....	86
Tabla 7. Hoja de registro de la unidad de muestra U2, tramo 1, sección 1.....	87
Tabla 8. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U2, Sección 1.....	88
Tabla 9. Hoja de registro de la unidad de muestra U2, tramo 1, sección 2.....	89
Tabla 10. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U2, Sección 2.....	90
Tabla 11. Hoja de registro de la unidad de muestra U3, tramo 1, sección 2.....	91
Tabla 12. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U3 .....	92
Tabla 13. Hoja de registro de la unidad de muestra U4, tramo 1, sección 2.....	93
Tabla 14. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U4 .....	94
Tabla 15. Hoja de registro de la unidad de muestra U5, tramo 1, sección 2.....	95
Tabla 16. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U5 .....	96
Tabla 17. Hoja de registro de la unidad de muestra U6, tramo 1, sección 2.....	97
Tabla 18. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U6, Sección 2.....	98
Tabla 19. Hoja de registro de la unidad de muestra U6, tramo 1, sección 3.....	99
Tabla 20. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U6, Sección 3.....	100
Tabla 21. Hoja de registro de la unidad de muestra U7, tramo 1, sección 3.....	101
Tabla 22. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U7 .....	102
Tabla 23. Hoja de registro de la unidad de muestra U8, tramo 1, sección 3.....	103
Tabla 24. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U8 .....	104
Tabla 25. Hoja de registro de la unidad de muestra U9, tramo 2, sección 4 .....	105
Tabla 26. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U9 .....	106
Tabla 27. Hoja de registro de la unidad de muestra U10, tramo 2, sección 4.....	107
Tabla 28. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U10 .....	108

Tabla 29. Hoja de registro de la unidad de muestra U11, tramo 2, sección 4.....	109
Tabla 30. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U11, Sección 4.....	110
Tabla 31. Hoja de registro de la unidad de muestra U11, tramo 2, sección 5.....	111
Tabla 32. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U11, Sección 5.....	112
Tabla 33. Hoja de registro de la unidad de muestra U12, tramo 2, sección 5.....	113
Tabla 34. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U12 .....	114
Tabla 35. Hoja de registro de la unidad de muestra U13, tramo 2, sección 5.....	115
Tabla 36. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U13 .....	116
Tabla 37. Hoja de registro de la unidad de muestra U14, tramo 2, sección 5.....	117
Tabla 38. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U14.....	118
Tabla 39. Hoja de registro de la unidad de muestra U15, tramo 2, sección 5.....	119
Tabla 40. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U15, Sección 5.....	120
Tabla 41. Hoja de registro de la unidad de muestra U15, tramo 2, sección 6.....	121
Tabla 42. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U15, Sección 6.....	122
Tabla 43. Hoja de registro de la unidad de muestra U16, tramo 2, sección 6.....	123
Tabla 44. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U16 .....	124
Tabla 45. Resumen de Resultados .....	125
Tabla 46. PCI Ponderado de la Red del Pavimento. . . . .	126

### **6.3 ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro 1. Operacionalización de las variables .....	75
Cuadro 2. Matriz de consistencia.....	77

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	74
31 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	74
32 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	75
33 DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES .....	75
34 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	76
35 PLAN DE ANÁLISIS .....	76
36 MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	77
37 PRINCIPIOS ÉTICOS.....	78
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	79
4.1 RESULTADOS .....	79
4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	130
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	130
5.1 ASPECTOS COMPLEMENTARIOS.....	131
5.2 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	133
5.3 ANEXOS .....	135

## I. INTRODUCCIÓN

En Piura y en general en todo el Perú, es práctica común que los pavimentos, una vez contruidos son olvidados y abandonados a su suerte. Uno de los problemas más serios que viven los habitantes de la ciudad de Piura, es el pésimo estado en que se encuentran la gran mayoría de pavimentos urbanos. Cualquiera que sea el tipo de pavimento; flexible, rígido o mixto, es frecuente encontrar en ellos fisuras, depresiones, baches y otras patologías, que dificultan el tránsito normal de los vehículos que circulan en esta ciudad.

No se puede hablar de una causa única del deterioro de las pistas. Las fallas que afectan al pavimento se producen por múltiples factores: podría ser el resultado de un mal diseño del paquete estructural, de la mala calidad de los materiales, de errores constructivos, de un inexistente o deficiente sistema de drenaje en caso de precipitaciones pluviales, de un sobre exceso de carga vehicular, agentes climáticos, entre otros.

Pero el principal problema consiste en que no se lleva a cabo un mantenimiento adecuado ni se toma en cuenta el plan de vida de la vía, es decir, no se evalúa el comportamiento del pavimento con el paso del tiempo y sólo se interviene cuando el deterioro del pavimento es grave.

Lo ideal es detectar y evaluar los daños de los pavimentos con la suficiente anticipación, de manera que las reparaciones resultantes correspondan a trabajos de conservación o reparación menor, y no de reconstrucción. De esta forma, se ahorra dinero y recursos, ya que el costo por reparar un pavimento es mucho más elevado que el costo por mantenimiento.

Para identificar qué técnicas de mantenimiento y reparación son las adecuadas para mejorar la serviciabilidad del pavimento; se debe en primer lugar, evaluar la vía y conocer el estado real en que se encuentra, es decir, realizar un análisis patológico de la superficie del pavimento. Para ello, existen varios métodos de evaluación superficial de pavimentos, uno de ellos es el Método PCI (*Pavement Condition Index*), que va a ser estudiado y aplicado en la presente tesis.

El Método PCI consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando clase, severidad y cantidad de fallas encontradas. Con la información de campo obtenida durante la auscultación vial, y siguiendo la metodología indicada en el PCI, se calcula un índice que cuantifica el estado en que se encuentra el pavimento analizado, es decir, señala si el pavimento está fallado, si es malo, muy malo, regular, si es bueno, muy bueno o excelente (American Society for Testing and Materials, 2004, p.81)

Se hará referencia en esta investigación a la estimación de la condición en que se encuentra el pavimento flexible de la Avenida Loreto, aplicando la metodología del PCI. El lugar exacto donde se llevó a cabo el estudio de esta investigación, es en las cuadras 4 hasta la 6 de la calle Loreto, tramo ubicado entre la Av. Grau y la Av. Sánchez Cerro de la ciudad de Piura: Esta ciudad se encuentra ubicada en el norte de Perú, a  $5^{\circ}12'03''\text{S}$   $80^{\circ}37'31''\text{O}$ , a una altitud de 29 msnm, a una distancia de 1000 km de la Capital Lima, fundada en el año 1532, con una población estimada de 430,319 hab., según estimaciones del Instituto Nacional de Estadística - INEI para el año 2014. El clima es desértico y semidesértico en la costa, las temperaturas oscilan entre  $22^{\circ}$  y  $38^{\circ}\text{C}$  en verano, valores que varían cuando se presenta el fenómeno del niño y las temperaturas pueden superar los  $40^{\circ}\text{C}$ .

Las precipitaciones son escasas salvo cuando se produce el fenómeno del niño, adquiriendo un clima tropical, y las precipitaciones pluviales son abundantes, originando inundaciones y acciones morfológicas de gran dinamismo (Wikipedia, 2015)

Asimismo cabe recalcar que para llevar a cabo esta investigación, se han realizado inspecciones visuales a las zonas afectadas en el pavimento flexible de la calle Loreto cuadra 4 hasta la 6; se hicieron mediciones, se tomaron datos y fotografías, de las patologías existentes, para posteriormente procesarlos en gabinete y determinar el índice de condición del pavimento, esta vía de doble sentido es de mucha importancia por la gran fluidez del tránsito vehicular que se tiene hacia el centro de la ciudad. Actualmente se puede apreciar a simple vista que existen varios tipos de fallas como: fisuras de borde, longitudinales y transversales; parches y baches, sobre todo en las periferias (laterales) del pavimento.

Por lo anteriormente expresado, el enunciado del problema de investigación es: *¿En qué medida las anomalías patológicas que existen en la superficie del pavimento flexible de la calle Loreto cuadra 4 a la 6 de Piura, afectan a los usuarios?*

Para dar respuesta al problema, se planteó que el objetivo general de esta investigación es analizar las patologías de la superficie del pavimento flexible en la calle Loreto cuadra 4 a la 6 de Piura, 2015.

Para lograr llegar al objetivo general, se planteó los siguientes objetivos específicos:

- a) Identificar y evaluar los tipos de patologías que se presentan en el pavimento flexible en la calle Loreto cuadra 4 a la 6 de Piura.
- b) Determinar y analizar el Índice de Condición del pavimento flexible en la

calle Loreto cuadra 4 a la 6 de Piura.

- c) Proponer soluciones técnicas a las patologías encontradas para mejorar la calidad del pavimento.

La presente investigación se justifica por la necesidad de conocer el estado actual de los pavimentos de la ciudad, específicamente el de la calle Loreto comprendido en el tramo: cuadra 4 a la 6.

Asimismo, conocer cada tipo de patología presente, su nivel de severidad y de densidad que tiene sobre la superficie del pavimento flexible de la calle Loreto del tramo antes indicado.

La investigación se justifica también porque servirá de base para la toma de decisiones que pudiera realizar la Municipalidad Provincial o el Gobierno Regional de Piura porque con esta información, podrá definirse el estado real del pavimento, que podrá servir luego para identificar y recomendar la técnica adecuada para su recuperación o para darle el respectivo mantenimiento. Es decir, servirá para la toma de decisiones: mejorar o rehabilitar los tramos de pavimentos afectados de la calle Loreto, de acuerdo a la condición de la superficie de pavimentos existentes, integridad estructural y la condición operacional de dichos pavimentos obtenidas como resultado del desarrollo de la presente investigación.



## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1 ANTECEDENTES**

Los estudios de evaluaciones sobre patologías o deterioros de pavimentos flexibles, son temas que tienen poca literatura; en este proyecto de investigación, se pudo encontrar algunos temas con distintas autorías, que tratan sobre las anomalías patológicas en los pavimentos flexibles. A continuación se presentan los siguientes antecedentes internacionales, nacionales y regionales y locales.

#### **2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Avila, E. & Albarracín, F. (2014). Estos investigadores plantearon entre sus objetivos de investigación realizar un análisis conciso del estado de arte de métodos no destructivos para la evaluación de pavimentos, así como realizar una evaluación funcional del pavimento enfocada a la determinación del Índice de Condición del Pavimento.

Recomienda luego de la determinación del PCI la necesidad de realizar mantenimientos rutinarios que van desde el sellado de grietas longitudinales y transversales, parcheo como también a la colocación de capas delgadas de pavimento, micropavimento debido al alto desgaste de los áridos de la capa asfáltica presente en la vía. Plantean algunos tramos como prioridad para ser rehabilitados funcionalmente, permitiendo así que el índice de servicio sea el adecuado para los transeúntes, garantizando de tal modo la seguridad y el confort de los mismos.

Miranda, R. (2011) en su investigación plantea como objetivo general identificar las fallas que sufren los pavimentos flexibles y rígidos, y otorgar soluciones para la conservación y rehabilitación de los mismos, al mínimo costo y con el más eficiente resultado posible. Entre sus conclusiones más importantes concluye que aún no se toma verdadera conciencia de que hacer mantenimiento o conservación de pavimentación es mucho más barato que reparar el mismo pavimento, además de ahorrarnos millones, se puede ofrecer más serviciabilidad y confortabilidad a los conductores. De la misma manera concluye que es necesario determinar primero la causa que produjo el daño en el pavimento, para poder realizar una reparación correcta, pudiendo así evitar una recurrencia. Finalmente concluye que con respecto a los trabajos realizados en los sectores 1 y 2 de Valdivia algunas de las técnicas empleadas en la reparación de pavimentos no fue la adecuada ya que no emplearon los criterios adecuados al tipo de falla con su solución respectiva.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Rabanal, J. (2014) en su investigación realiza el análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la Vía de Evitamiento Norte, utilizando el método índice de condición del pavimento. En los resultados encuentra que las fallas con mayor nivel de severidad que se presentan en el pavimento flexible de la Vía de Evitamiento Norte son baches en mal estado, piel de cocodrilo y agrietamientos Longitudinales, Transversales y Agrietamiento en bloque. Asimismo, determina que el 42% del total de unidades de muestra inspeccionadas presentan un estado de pavimento regular (PCI entre 40 y 54); después le sigue un 33% de unidades en mal

estado (PCI igual a 39); un 15%, en buen estado (PCI entre 56 y 65). No se encontraron pavimentos fallados (PCI entre 0 y 10) ni excelentes (PCI entre 85 y 100). Agrupando los resultados en los tramo 1 (U7 – U32) presenta un PCI de 54, pavimento Regular; y el tramo 2 (U32-U64), un PCI de 44, pavimento regular.

Finalmente, tomando todas las unidades de muestra sin distinción del tramo analizado, se calcula el PCI ponderado de 49 por lo tanto el pavimento flexible de la vía de Evitamiento Norte entre el Jr. San Ginez y la Antigua Vía de Evitamiento Norte de la ciudad de Cajamarca en el año 2014 es Regular cumpliendo con la hipótesis.

Camposano, J & García, K. (2012) presentan una investigación para identificar en qué estado situacional se encuentra la vía ingreso a la Ciudad de Chupaca – Huancayo utilizando el método PCI - índice de condición de pavimentos.

En la inspección visual y diagnóstico vial realizado al tramo en estudio, mediante el procedimiento PCI, se concluyó que el estado del pavimento en la Entrada a la Ciudad de Chupaca, Av. Argentina, Av.24 de Junio, se encuentra en un estado regular debido a un valor de PCI de 51, indicándose que el pavimento se encuentra en condiciones de circulación normal, pero que perjudican el tránsito de los vehículos, y no brinda un adecuado confort a los mismos y a los conductores y pasajeros. Por lo que se recomienda realizar una Rehabilitación Integral de la Vía en estudio, un ensanche de vía de 2m. aproximadamente a cada lado correspondiente a la berma o un mejoramiento de las bermas, para así evitar la presencia de grietas de borde y obras de drenaje, para evitar la colmatación y sedimentación a lo largo de la vía como son cunetas, badenes, alcantarillas.

### **2.1.3. ANTECEDENTES REGIONALES Y LOCALES**

Huaman, N. (2011) en su investigación, efectúa un estudio bibliográfico extensivo sobre los mecanismos que originan la deformación permanente en los pavimentos asfálticos, discutiendo las causas que las producen, y presentando los equipos de laboratorio y de campo especializados utilizados para evaluar este problema.

Presenta las características geográficas y climatológicas del territorio peruano y su influencia en la presencia de fallas por deformación permanente en los pavimentos asfálticos en el Perú. Asimismo, efectúa un estudio bibliográfico extensivo sobre los factores relevantes y mecanismos que originan la deformación permanente como es la reología del asfalto, las características de la mezcla asfáltica y agregados; el comportamiento estructural global del pavimento, procesos constructivos, entre otros.

Recomienda hacer una correcta elección del tipo de ligante asfáltico de acuerdo a la zona donde será colocada la mezcla asfáltica, para evitar que la temperatura que en verano llega a los 40°C influya en gran medida en la deformabilidad de la mezcla, así como la utilización de un tipo de asfalto que se comporte más como un sólido elástico a altas temperaturas del pavimento y así tenga una mejor recuperación elástica que evite la acumulación de deformaciones plásticas permanentes.

Rodríguez, E. D. (2009) desarrolló su investigación para determinar el estado en que se encuentra el pavimento flexible de la Av. Luis Montero, distrito de Castilla en términos de su integridad estructural y del nivel de servicio que ofrece al usuario. El método utilizado por este investigador permite la cuantificación de la integridad estructural de manera indirecta, a través del índice de condición del pavimento.

Asimismo, el autor de la investigación obtuvo un indicador que le permitió 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.

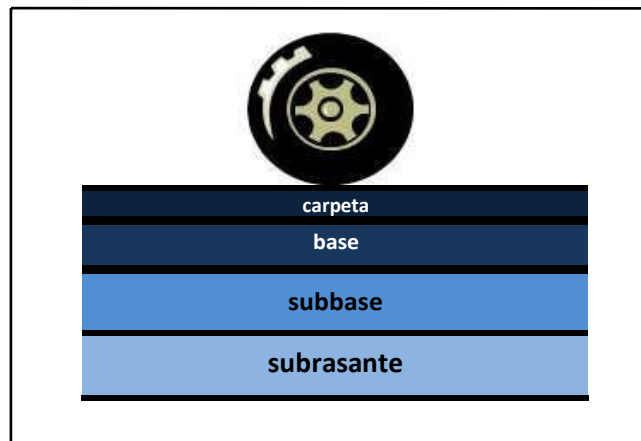
Concluyó que el PCI ponderado de los 1200 metros de la Av. Luis Montero, es 49. Es decir, que el estado real del pavimento de la vía analizada, es regular. Recomendó incrementar el PCI individual de las unidades de muestra en peor estado a través de determinadas técnicas de reparación como bacheo para los baches profundos y depresiones, y un reemplazo de los parches deteriorados. Si se desea mejorar aún más la condición de la avenida planteó aplicar un riego de liga para reparar el problema de la corrugación y peladura, que son las fallas más frecuentes.

## **2.2. BASES TEORICAS**

### **2.2.1. Definición de pavimento**

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

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. Ver Gráfico1.



**Gráfico 1. Esquema típico del paquete estructural de un pavimento flexible.**

**Fuente: Norma AASHTO**

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.

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

No siempre un pavimento se compone de las capas señaladas en la Gráfico 1. La ausencia o reemplazo de una o varias de esas capas depende de diversos factores, como por ejemplo del soporte de la subrasante, de la clase de material a usarse, de la intensidad de tránsito, entre otros.

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

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

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

También llamado pavimento asfáltico, el pavimento flexible está conformado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que la estructura falle. Luego, debajo de la carpeta, se encuentran la base granular y la capa de subbase, destinadas a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito. Finalmente está la subrasante que sirve de soporte a las capas antes mencionadas. Ver Gráfico 2.

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida de entre 10 y 15 años, pero tiene la desventaja de requerir mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil.

### **b) Pavimento rígido**

El pavimento rígido o pavimento hidráulico, se compone de losas de concreto hidráulico que algunas veces presentan acero de refuerzo. Esta losa va sobre la base (o subbase) y ésta sobre la subrasante. Este tipo de pavimentos no permite deformaciones de las capas inferiores. Ver Gráfico 2.

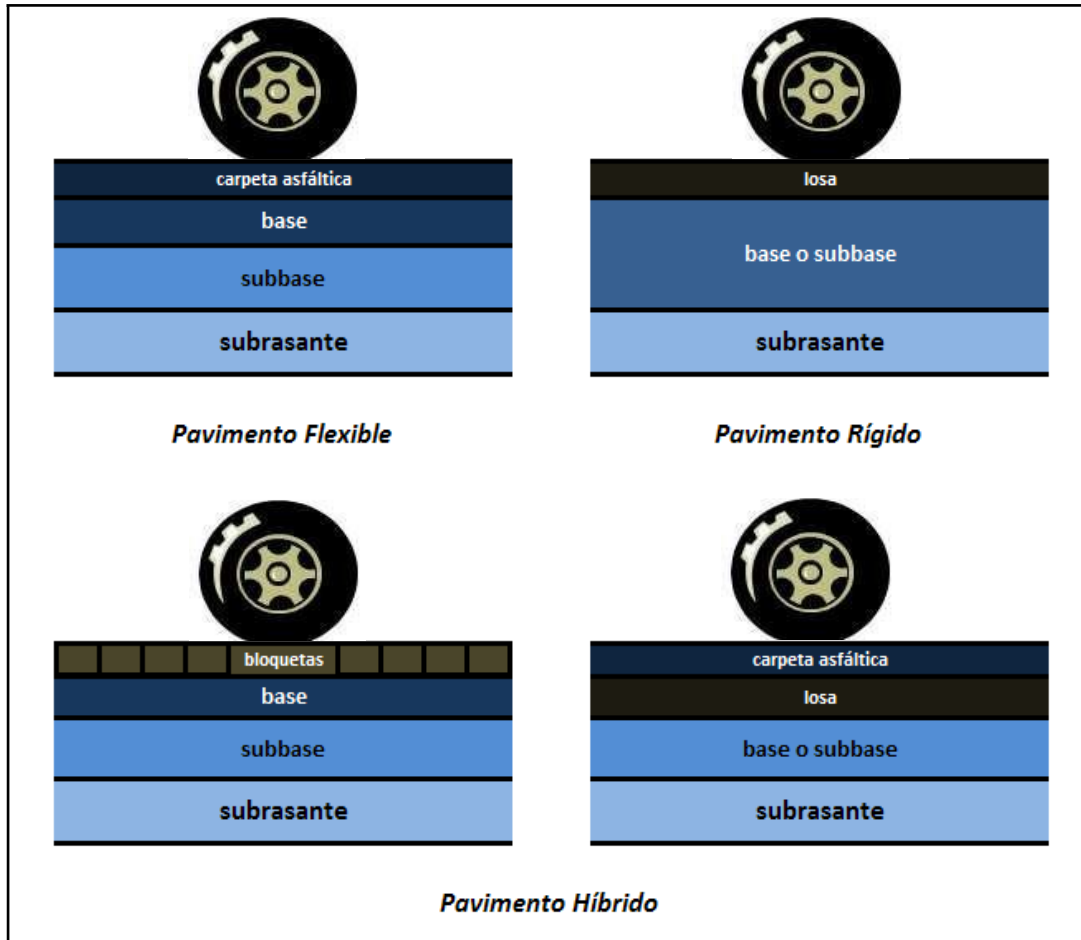
El pavimento rígido tiene un costo inicial más elevado que el pavimento flexible y su período de vida varía entre 20 y 40 años. El mantenimiento que requiere es mínimo y se orienta generalmente al tratamiento de juntas de las losas.

### **c) Pavimento mixto o híbrido**

Al pavimento mixto se le conoce también como pavimento híbrido, y es una combinación de flexible y rígido. Por ejemplo, cuando se colocan bloquetas de concreto en lugar de la carpeta asfáltica, se tiene un tipo de pavimento híbrido. Ver Gráfico 2. El objetivo de este tipo de pavimento es disminuir la velocidad límite de los vehículos, ya que las bloquetas producen una ligera vibración en los autos al circular sobre ellas, lo que obliga al conductor a mantener una velocidad máxima de 60 km/h. Es ideal para zonas urbanas, pues garantiza seguridad y comodidad para los usuarios.

Otro ejemplo de pavimento mixto, son aquellos pavimentos de superficie asfáltica contruidos sobre pavimento rígido. Ver Gráfico 2. Este pavimento, trae consigo un tipo particular de falla, llamada fisura de reflexión de junta, de la que se hablará en el más adelante, al tocar el tema de Fallas en pavimentos urbanos flexibles.





**Gráfico 2. Esquema de paquete estructural: Pavimento flexible, rígido y mixto.**

**Fuente: Norma AASHTO**

En el Gráfico 3 se visualizan los tres principales tipos de pavimentos descritos anteriormente: pavimento flexible, rígido y mixto.



**Gráfico 3. Clasificación de Pavimento flexible (izq.), rígido (centro) y mixto (der)**

**Fuente: Elaboración propia.**

## **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.

### **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.

### **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 solicitaciones 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.

#### **2.2.3. Pavimentos urbanos flexibles**

El trabajo de la presente investigación está referido a pavimentos urbanos flexibles, por lo que se explicará a detalle las capas que lo constituyen y su comportamiento frente a solicitaciones externas.

Como se indicó en el ítem 2.2.2 Clasificación de pavimentos, los pavimentos flexibles están constituidos por las siguientes capas: carpeta asfáltica, base, subbase y subrasante. A continuación se explica a detalle cada uno de estos elementos:

## **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.

## **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.

### **Subbase**

La subbase 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 subbase controla los cambios de volumen y elasticidad del material del terreno de fundación, que serían dañinos para el pavimento.

### **Subrasante**

La subrasante 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.

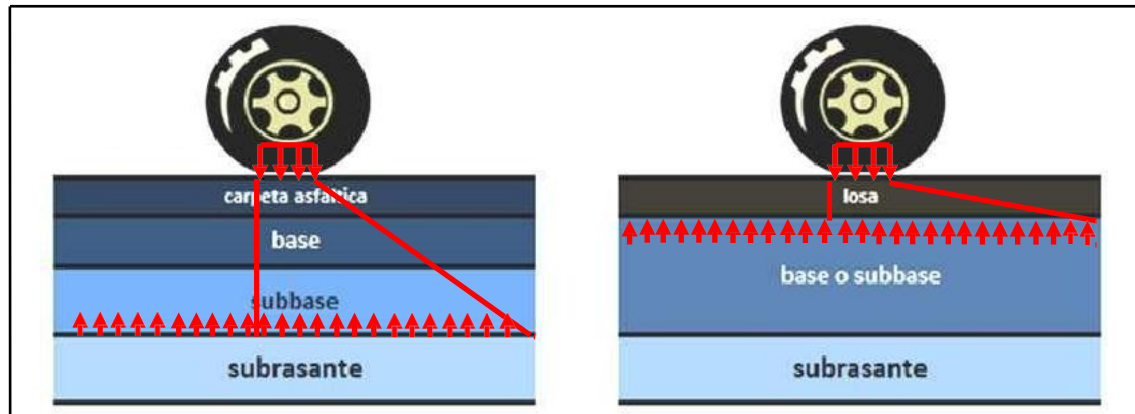
El espesor del pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de estabilidad, incompresibilidad y resistencia a la expansión y contracción por efectos de la humedad.

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. Ver Gráfico 4.

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 a 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.



**Gráfico 4. Distribución de la carga en pavimentos flexibles (izq.) y rígidos (der).**

**Fuente: Norma AASHTO**

#### **2.2.4. Análisis de la problemática en Piura**

El mal estado en que se encuentran las vías en la ciudad de Piura, es un serio problema que afecta a todo el departamento. La mayor parte de las calles de Piura no tienen pavimento y las que lo tuvieron, lo han perdido. Las pistas están en pésimas condiciones y los vehículos se deterioran con más frecuencia debido a la gran cantidad de baches existentes.

Una de las razones por las que el pavimento se deteriora, es por deficiencias en el sistema de alcantarillado. Muy a menudo se ve que los desagües revientan y para arreglar las tuberías, no queda otra opción que romper el pavimento.

Algunas veces las calles se reparan, pero quedando con menor calidad que el pavimento inicial y propensas a fallar nuevamente. Otras veces, ni siquiera se repone el pavimento.

Al no tener un plan de mantenimiento, la condición de las pistas se agrava. Esto origina que los mismos ciudadanos, cansados de esperar alguna solución, realicen la “reparación” de sus calles rellenando las fallas (baches, por ejemplo) con cualquier material que encuentran a la mano, con tal de permitir la circulación

normal de los vehículos.

También, un mal estado del pavimento, puede ser el principal causante de accidentes de tránsito. Por ejemplo, las pistas de doble sentido se reducen sólo a uno, pues los vehículos circulan por el carril que se encuentra libre de fallas. Esto ocasiona desorden y tarde o temprano, algún tipo de accidente.

Los intentos por mejorar la condición de los pavimentos han sido insuficientes a pesar que se han realizado algunos trabajos de reparación de baches, de colocación de bloquetas de concreto, entre otras. No basta con intervenir cuando la pista se vuelve intransitable, sino que se tiene que evaluar el comportamiento de las pistas, para saber el momento oportuno en darle mantenimiento, y no tener que llegar a una reparación que necesariamente acarrea un costo mayor.

### **2.2.5. Fallas en pavimentos urbanos flexibles**

Se entiende por patología del pavimento o falla al conjunto de daños que presenta un pavimento y que disminuyen la serviciabilidad y funcionalidad del mismo, frecuentemente estas fallas se presentan debido a un mal diseño o defectos constructivos.

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.

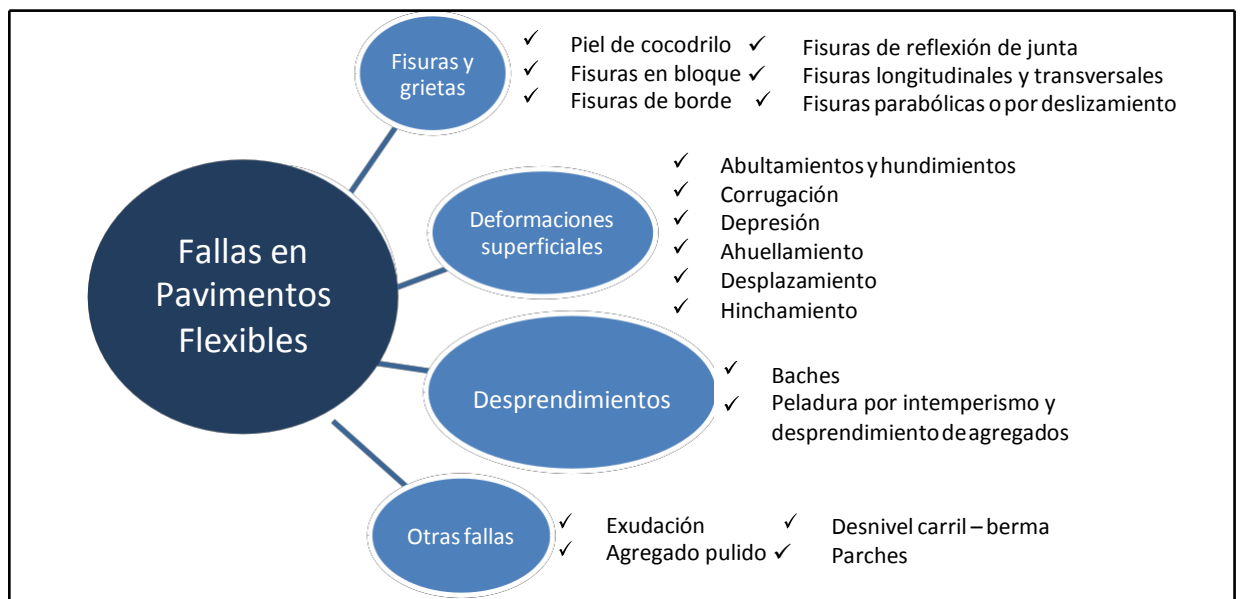
Existen dos tipos de fallas: estructurales y funcionales.

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. Estas fallas pueden detectarse por simple inspección visual, aunque en algunos casos se hace necesario realizar ensayos destructivos y/o ensayos no destructivos.

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. Se pueden detectar por simple inspección visual.

Para pavimentos flexibles los daños pueden ser agrupados en 4 categorías: 1) Fisuras y grietas; 2) Deformaciones superficiales; 3) Desprendimientos o desprendimientos; 4) Afloramientos y otras fallas. Ver Gráfico 5.



**Gráfico 5. Fallas en pavimentos flexibles.**

**Resumen de fallas en pavimentos flexibles.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03: Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos - 2004**



A continuación 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. Ver Gráfico 6.



**Gráfico 6. Piel de cocodrilo.**

**Falla tipo piel de cocodrilo: las fisuras se conectan unas con otras formando polígonos irregulares.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

## **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. Ver Gráfico 7.



**Gráfico 7. Exudación.**

**La exudación se evidencia a través de una película de asfalto que se extienden sobre la superficie de la pista.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

### **3. Fisuras en 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. Ver Gráfico 8.



**Gráfico 8. Fisuras en bloque.**

**En la Gráfico se aprecian grietas interconectadas que forman bloques rectangulares de dimensiones variables.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

#### **4. Abultamientos y hundimientos**

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

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

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

- iv. Expansión del suelo de fundación
- v. 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.

Ver Gráfico 9.



**Gráfico 9. Abultamientos y hundimientos.**

**Se señala el desplazamiento hacia arriba de la superficie del pavimento.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

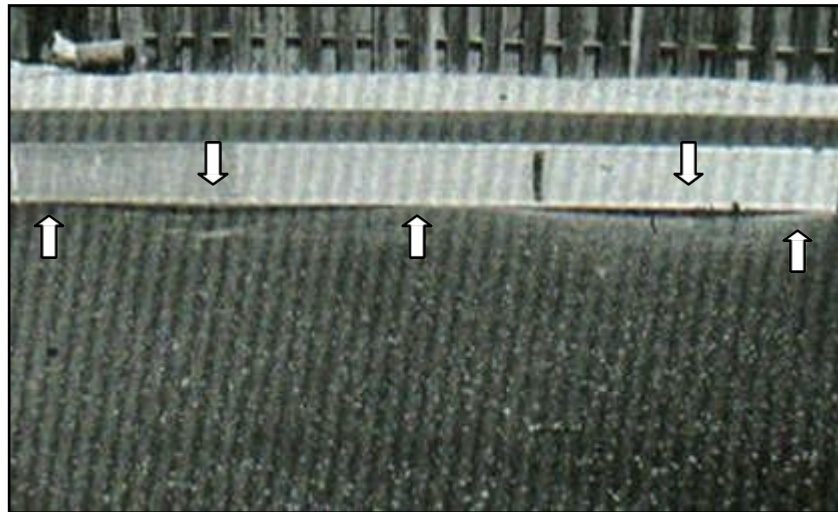
## **5. Corrugación**

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. Ver

Gráfico 10.



**Gráfico 10. Corrugación.**

**Se indican las cimas y depresiones que deforman al pavimento.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

## **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). Ver Gráfico 11.



**Gráfico 11. Depresión.**

**El nivel del pavimento indicado, es menor al nivel del resto de la pista. Se aprecia un asentamiento considerable en la vía.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

## **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. Ver Gráfico 12.

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.



**Gráfico 12. Fisuras de borde.**

**Se aprecia que la grieta de borde que ha dañado severamente el borde de la vía.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

#### **8. Fisuras de reflexión de junta (de losas de concreto 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 a las fisuras.



El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico, ayuda a identificar estas fallas. Ver Gráfico 13.



**Gráfico 13. Fisura de reflexión de junta.**

**Fisura de reflexión de junta de losas de concreto: se observa una fisura transversal que atraviesa todo el ancho del carril.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

## **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 (sobrecarpetas) en la pista, sin el debido ajuste del nivel de la berma. Ver Gráfico 14.



**Gráfico 14. Desnivel carril – berma.**

**Se muestra el desnivel existente entre la berma y el carril de la pista.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

#### **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. Ver Gráfico 15.

Estos daños no están asociados con la carga vehicular, pueden ser causados por:

- i. Juntas de construcción pobremente construidas, o ausencia de ellas.
- ii. Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas, al endurecimiento del asfalto o a la variación diaria de temperatura.
- iii. Fisuras de reflexión causadas por agrietamientos bajo la capa superficial, incluyendo grietas en losas de concreto, pero no juntas de

pavimento rígido.

iv. Uso de ligantes (asfaltos) muy duros o envejecidos.

v. Gradiente térmico superior a los 30° C que produce ciclos de expansión - contracción de la mezcla asfáltica.



**Gráfico 15. Fisuras longitudinales y transversales**

**Se señala el punto de inicio y término de la grieta longitudinal.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

## **11. Parches y parches de cortes utilitarios**

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

Los parches disminuyen el nivel de servicio de la vía, pues el comportamiento del área parchada es inferior a la del pavimento original, incluso el área adyacente al parche no se comporta tan bien como la sección original de pavimento. Ver Gráficos 16 y 17.



**Gráfico 16. Parche.**

**El área del pavimento es reemplazada por bloquetas de concreto.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**



**Gráfico 17. Parche de cortes utilitarios.**

**Los buzones del sistema de alcantarillado, son considerados parches de cortes utilitarios.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

## **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. Ver Gráfico 18.

Esta falla es causada por:

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



**Gráfico 18. Agregado pulido.**

**Agregado pulido: los agregados de la superficie, se vuelven suaves al tacto.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

### **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. Ver Gráfico 19.

Los baches pueden ser ocasionados por un conjunto de factores:

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



**Gráfico 19. Baches.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

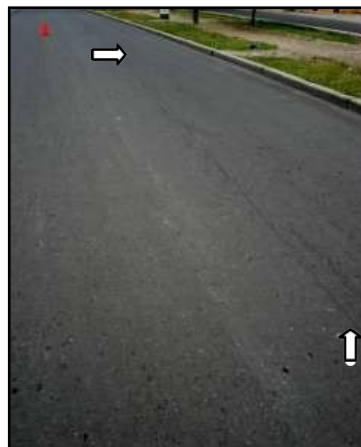
#### **14. Ahuellamiento**

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. Ver Gráfico 20.

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

Otras causas son:

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



**Gráfico 20. Ahuellamiento. Flechas señalan trayectoria dejada por vehículos.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

## 15. Desplazamientos

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

Ver Gráfico 21.

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.



**Gráfico 21. Desplazamiento.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**



## **16. Fisura parabólica o por deslizamiento**

Las fisuras parabólicas o 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.

Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica del suelo de fundación. Ver Gráfico 22.



**Gráfico 22. Fisura parabólica**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

## **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. Ver Gráfico 23.

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.



**Gráfico 23. Hinchamiento**

**La superficie del pavimento sufre levantamiento, deformando el perfil de la vía**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

## **18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados**

La peladura por intemperismo es la desintegración superficial del pavimento por pérdida de ligante asfáltico; mientras que el desprendimiento del agregado pétreo, hace referencia a partículas de agregado sueltas o removidas. Ver Gráfico 24.

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.



**Gráfico 24. Peladura**

**Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

## **2.2.6 Método PCI (*Pavement Condition Index* – *Índice de Condición de Pavimento*) para pavimentos flexibles.**

### **Introducción**

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.

### **Objetivos**

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

- 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.

## **Terminología**

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

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

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

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

**Unidad de muestra del pavimento.** Es una subdivisión de una sección de pavimento que tiene un tamaño estándar que varía de  $225 \pm 90 \text{ m}^2$ , si el pavimento no es exactamente divisible entre 2500 o para acomodar condiciones de campo específicas.

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

**Muestra adicional.** Es una unidad de muestra inspeccionada adicionalmente a las

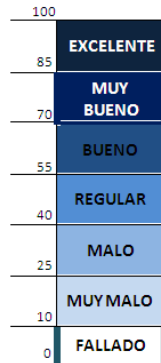
unidades de muestra seleccionadas al azar con el fin de incluir unidades de muestra no representativas en la determinación de la condición del pavimento. Deben ser consideradas como muestras adicionales aquellas muestras muy pobres o excelentes que no son típicas en la sección ni entre las unidades de muestra, que contienen deterioros poco comunes tales como cortes utilitarios (ejemplo: corte para instalación de tuberías de agua o desagüe, electricidad, teléfonos, etc.).

Si una unidad de muestra que contiene una falla poco común es escogida al azar como unidad de muestra, ésta deberá ser considerada como unidad de muestra adicional y otra unidad de muestra al azar deberá ser escogida. Si todas las unidades de muestra son inspeccionadas, entonces no habrá unidades de muestra adicionales.

**Fallas del pavimento.** Indicadores externos del deterioro del pavimento causado por las cargas de tráfico, factores ambientales, deficiencias constructivas, o una combinación de estas causas.

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

**Grado de la condición del pavimento.** Es una descripción cualitativa de la condición del pavimento, como una función del valor de PCI que varía entre “fallado” hasta “excelente”, como se aprecia en el Gráfico 25.



**Gráfico 25. Índice PCI**

### **Índice de Condición del Pavimento (PCI) y Escala de Graduación**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

#### **Materiales e instrumentos**

**Hoja de datos de campo.** Documento donde se registrará toda la información obtenida durante la inspección visual: fecha, ubicación, tramo, sección, tamaño de la unidad de muestra, tipos de fallas, niveles de severidad, cantidades, y nombres del personal encargado de la inspección. En la tabla 1 se aprecia un modelo utilizado como hoja de registro.

**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.

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



**Odómetro Manual.** Instrumento utilizado para medir distancias en calles, carreteras, caminos, etc. Ver Gráfico 26.



**Gráfico 26. Odómetro**

**Odómetro manual**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

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

**Tabla 1. Hoja de registro en vías de pavimento flexible**

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

**Fuente: Norma ASTM D643303: Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos.**

## **Muestreo y unidades de muestra**

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

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

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

5.2.El número mínimo de unidades de muestra “n” a ser inspeccionadas en una sección dada, para obtener un valor estadísticamente adecuado (95% de confiabilidad), es calculado empleando la Ec. 1 y redondeando el valor obtenido de “n” al próximo número entero mayor.

$$n = Ns^2 / [(e^2/4) (N - 1) + s^2] \dots (\text{Ec. 1})$$

Donde:

e = error admisible en el cálculo del PCI de la sección, comúnmente,

e=+/- 5 puntos del PCI.

s = desviación estándar del PCI de una unidad de muestra a otra en la misma sección.

Al realizar la inspección se asume que la desviación estándar es 10.

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

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

5.2.1. Si obtener el 95% de confiabilidad es crítico, la conveniencia del número de unidades inspeccionadas debe ser verificada. El número de unidades de muestra fue estimado en base a un valor de desviación estándar asumido. Calcular el valor actual de la desviación (es) estándar de la siguiente manera (ver Ec.2):

$$s = \left[ \sum_{i=1}^n (PCI_i - PCI_s)^2 / (n - 1) \right]^{1/2} \dots \text{(Ec. 2)}$$

Donde:

$PCI_i$  = valor PCI de las unidades de muestra inspeccionadas  $i$ .

$PCI_s$  = valor PCI de la sección.

$n$  = número total de unidades de muestra inspeccionadas.

5.2.2. Calcular el número revisado mínimo de unidades de muestra (Ec.1) a ser inspeccionadas utilizando la desviación estándar calculada (Ec.2). Si el número de unidades de muestra revisado a ser inspeccionadas es mayor que el número de muestras ya inspeccionadas, seleccionar e inspeccionar unidades de muestra adicionales al azar. Estas unidades de muestra deben ser espaciadas uniformemente a través de la sección. Repetir este proceso de chequeo del número de unidades de muestra revisado, e inspeccionar las unidades de muestra adicionales al azar hasta que el número total de unidades de muestra inspeccionadas sea igual o mayor al número mínimo requerido de unidades de muestra “ $n$ ” obtenido de la Ec.1, usando la desviación estándar total de muestras real.

5.3. Una vez que el número de unidades de muestra a ser inspeccionadas esté definido, calcular el intervalo de espaciamiento de las unidades utilizando el muestreo sistemático al azar. Las muestras deben ser igualmente espaciadas a través de toda la sección seleccionando la

primera muestra al azar. El intervalo del espaciamiento “i” de las unidades a ser muestreadas debe ser calculado mediante la siguiente fórmula (Ec. 3) redondeando el resultado al próximo número entero menor:

$$i = N / n \quad \dots \text{(Ec. 3)}$$

Donde:

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

n = número de unidades de muestra a ser inspeccionadas.

5.4. La primera unidad de muestra a ser inspeccionada es seleccionada al azar entre las unidades de muestra 1 hasta “i”. Las unidades de muestra en la sección que son incrementos sucesivos del intervalo “i” después de la primera unidad seleccionada al azar también son inspeccionadas.

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

### **Procedimiento de inspección**

1. Inspeccionar individualmente cada unidad de muestra seleccionada.
2. Registrar el tramo y número de sección así como el número y tipo de unidad de muestra (al azar o adicional).
3. Registrar el tamaño de unidad de muestra medido con el odómetro manual.
4. Realizar la inspección de las fallas, cuantificando cada nivel de severidad y registrando la información obtenida de acuerdo a los tipos de fallas y el grado

de severidad descritos anteriormente.

5. El método de medición se encuentra incluido en la descripción de cada falla.
6. Repetir este procedimiento para cada unidad de muestra a ser inspeccionada.

## **Cálculo del PCI**

### **Determinación del PCI de la unidad de muestra**

1. Sumar la cantidad total de cada tipo de falla para cada nivel de severidad, y registrar esta información en la columna “Total de Severidades”. Por ejemplo, en la tabla 2 se muestra que la falla fisura de borde tiene 0.26 m<sup>2</sup> de pavimento de severidad alta. Las unidades para las cantidades deben ser en metro cuadrado, metro lineal, o número de ocurrencia, dependiendo del tipo de falla.
2. Dividir la cantidad total de cada tipo de falla en cada nivel de severidad (columna total de severidades) entre el área total de la unidad de muestra y multiplicar el resultado por 100 para obtener la densidad porcentual, como se aprecia en la tabla 2.
3. Determinar el valor deducido (DV) para cada combinación de tipo de falla y nivel de severidad utilizando las curvas de valor deducido de fallas que se encuentran en el anexo A.
4. Determinar el máximo valor deducido corregido (CDV), mediante los siguientes pasos:
  - 4.1. Si ninguno o solamente un valor deducido individual es mayor que dos. El valor total es usado en lugar del máximo CDV para determinar el PCI; de otro modo, el máximo CDV debe ser

determinado usando el procedimiento descrito en 4.2. – 4.5.

4.2. Crear una lista de valores deducidos individuales en orden

descendente. Por ejemplo, en la tabla 2 esta lista será 58.5; 18.9; 13.5 11 y 5.6.

4.3. Determinar el número de deducciones permisibles, “m”, del gráfico

27, o empleando la siguiente fórmula (ver Ec. 4):

... (Ec. 4)

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - HDV) \leq 10$$

Donde:

m = número máximo admisible de valores deducidos incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a diez).

HDV = el mayor valor deducido individual para la unidad de muestra. (Por ejemplo en la tabla 2,  $m = 1 + (9/98) (100-58.5) = 4.8$ ).

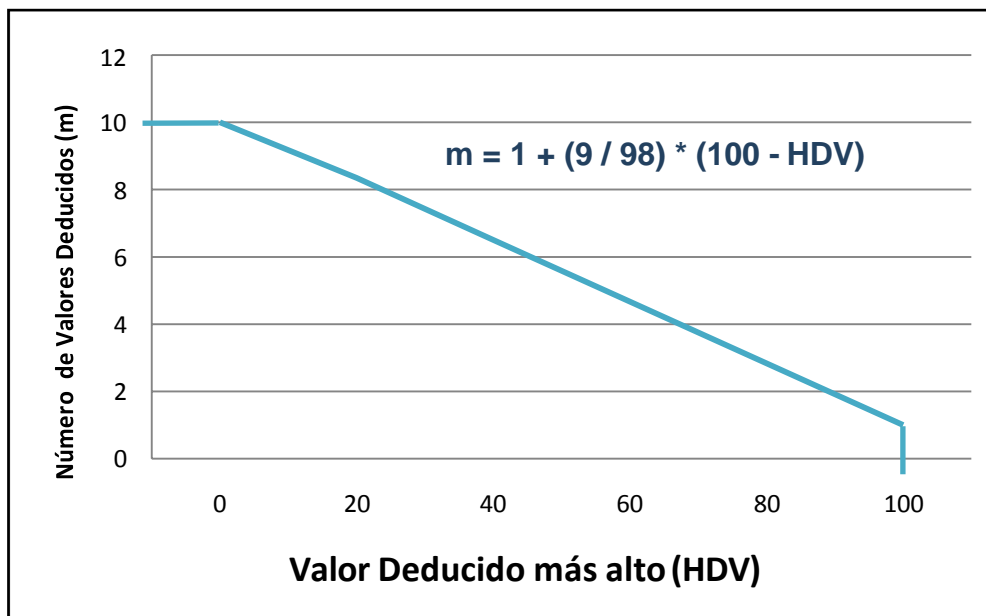
4.4. El número de valores deducidos individuales es reducido al máximo admisible de valores deducidos “m”, incluyendo su parte fraccionaria. Por ejemplo en la tabla 3., los valores son 58.5; 18.9; 13.5 11 y 5.6 (el valor 5.6 es obtenido multiplicando 7 por 0.8). Si contamos con un número de valores deducidos menor a “m”, todos los valores deducidos deben ser usados.



**Tabla 2. Ejemplo de hoja de registro en una vía de pavimento flexible.**

METODO PCI						ESQUEMA			
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Calle Loreto de Piura			Ejecutor: Br. Yuly Maricel Dominguez Silupu			Sección: 4		Unidad de muestra: U9	
						Fecha: 10/12/20015		Area: 292	
1. Piel de cocodrillo		6. Depresión		11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Fisura parabolica o por deslizamiento			
2. Exudación		7. Fisura de borde		12. Agregado pulido		17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque		8. Fisura de reflexión de junta		13. Baches		18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados			
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril-berma		14. Ahuellamiento					
5. Corrugación		10. Fisuras longitudinales y transversales		15. Desplazamiento					
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
7H	0.40	0.35				0.75	0.26	7	
10H	4.00	2.00				6	2.05	13.5	
11L	13.00	28.50				41.5	14.21	18.9	
13H	4.00					4	1.37	58.5	
18M	1.20	0.86				2.06	0.71	11	

**Fuente: Elaboración propia.**



**Gráfico 27. Ajuste del número de valores deducidos “m”**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03: Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos.**

**Tabla 3. Cálculo del PCI en un pavimento flexible.**

Nº	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	58.5	18.9	13.5	11	5.6	107.5	5	57
2	58.5	18.9	13.5	11	2	103.9	4	60
3	58.5	18.9	13.5	2	2	94.9	3	61
4	58.5	18.9	2	2	2	83.4	2	61
5	58.5	2	2	2	2	66.5	1	67

**Fuente: Elaboración propia.**

Max CDV = 67

PCI = 100 - 67 = 33

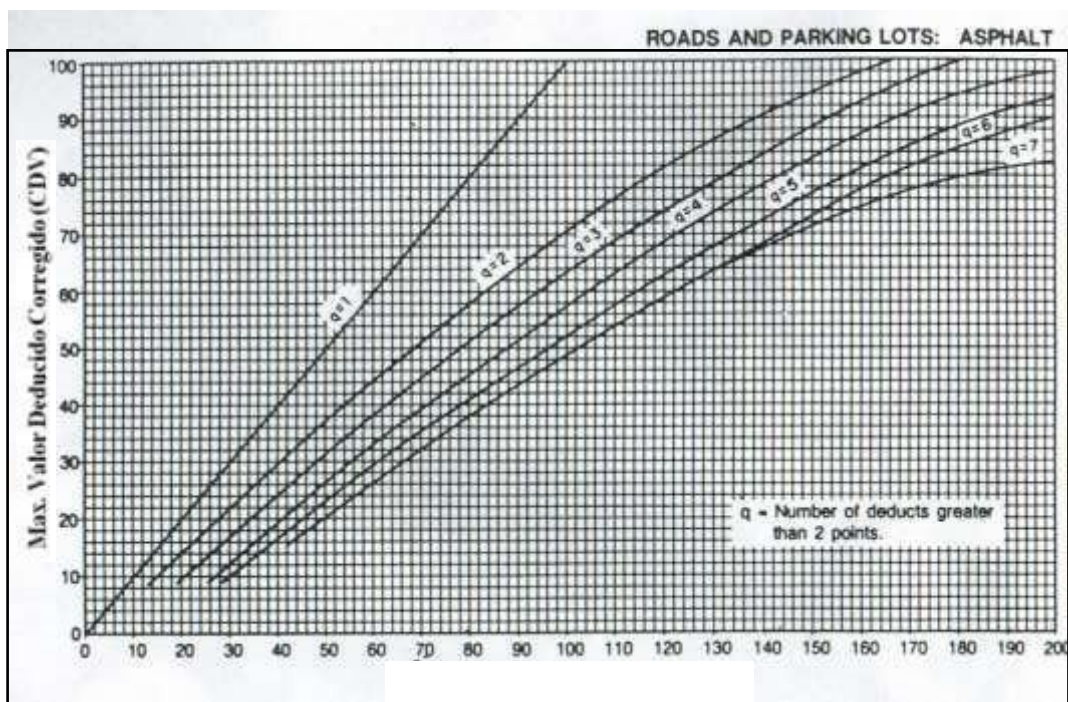
Rating = Malo

4.5. Determinar el máximo valor deducido corregido (CDV) en forma iterativa como se muestra en la tabla 3.

4.5.1. Determinar el valor deducido total (CDT) mediante la suma de los valores deducidos individuales. El valor deducido total que se obtiene de la suma en 4.4 es 107.5

4.5.2. Determinar q como el número de valores deducidos mayores a 2. Por ejemplo en la tabla 3,  $q = 5$

4.5.3. Determinar el valor de CDV a partir del valor deducido total (CDT) y del valor de “q” utilizando las curvas apropiadas de corrección para pavimentos flexibles del Gráfico 28.



**Gráfico 28. Curvas de corrección**

**Corrección del Valor Deducido para pavimentos asfálticos.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

4.5.4. Reducir a 2 el menor valor deducido individual mayor que 2 y repetir el procedimiento de 4.5.1 – 4.5.3 hasta que “q” sea igual a 1.

4.5.5. El máximo CDV es el mayor de todos los CDVs.

4.6. Calcular el PCI restándole a 100 el máximo CDV.

### Determinación del PCI de la sección.

Si todas las unidades de muestra inspeccionadas son escogidas en forma aleatoria, entonces el PCI de la sección (PCIs) es calculado como el PCI ponderado del área en que se encuentran las unidades de muestra inspeccionadas en forma aleatoria (PCIr) usando la

Ec. 5:

$$PCI_s \quad PCI_r = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{ri} \times A_{ri})}{\sum_{i=1}^n A_{ri}} \quad \dots \text{ (Ec. 5)}$$

Donde:

PCI<sub>r</sub> = PCI ponderado del área de las unidades de muestra inspeccionadas en forma aleatoria.

PCI<sub>ri</sub> = PCI de la unidad de muestra aleatoria “i”.

A<sub>ri</sub> = área de la unidad de muestra aleatoria “i”.

n = número de unidades de muestra aleatoria inspeccionadas.

Si hay unidades de muestra adicionales que han sido inspeccionadas, el PCI ponderado de área de las unidades adicionales inspeccionadas (PCIa) es calculado empleando la Ec. 6.

$$PCI_a = \frac{\sum_{i=1}^m (PCI_{ai} \times A_{ai})}{\sum_{i=1}^m A_{ai}} \quad \dots \text{ (Ec. 6)}$$

El PCI de la sección de pavimento es calculado empleando la Ec. 7

$$PCI_s = \frac{PCI_r (A - \sum_{i=1}^m A_{ai}) + PCI_a (\sum_{i=1}^m A_{ai})}{A} \dots \text{(Ec. 7)}$$

Donde:

$PCI_a$  = PCI ponderado del área de las unidades de muestra adicionales.

$PCI_{ai}$  = PCI de la unidad de muestra adicional “i”.

$A_{ai}$  = área de la unidad de muestra adicional “i”.

$A$  = área de la sección.

$m$  = número de unidades de muestra adicionales inspeccionadas.

$PCI_s$  = PCI ponderado del área de la sección de pavimento.

Determinar el grado de condición de la sección en conjunto utilizando el PCI de la sección y la escala del grado de condición que se muestra en el Gráfico 25.

### **Criterios 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.

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).

### **Fallas, niveles de severidad y unidad de medida**

A continuación se describen los tres niveles de severidad: Low (**L**), Medium (**M**) y High (**H**); correspondiente a cada tipo de falla y que representan los efectos que éstas tienen sobre la calidad del tránsito. Es decir, los niveles son: Bajo (L - Low), Medio (M - Medium) y Alto (H – High).

Además, se indica la unidad de medida con la que las fallas deben ser evaluadas durante la inspección visual.

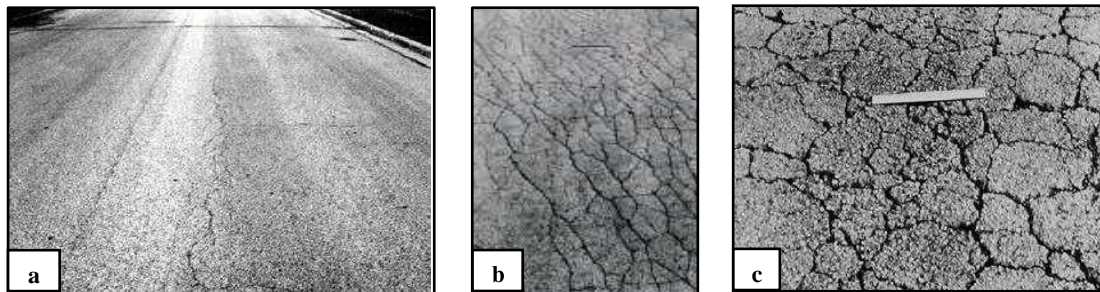
#### **1. Piel de cocodrilo**

**L** – Finas fisuras longitudinales del espesor de un cabello, con recorrido paralelo entre ellas y con algunas o ninguna fisura de interconexión. Las fisuras no están desintegradas. Ver Gráfico 29a.

**M** – Continuación del desarrollo de las fisuras de piel de cocodrilo, finas, en un patrón o red de fisuras que podrían estar ligeramente desintegradas. Ver Gráfico 29b.

**H** – El patrón o red de fisuras muestra un progreso tal que las piezas que conforman la piel de cocodrilo están bien definidas y descascaradas en los bordes. Algunas de las piezas podrían oscilar o moverse bajo tráfico. Ver Gráfico 29c.

**Unidad de medida** – La piel de cocodrilo es medida en metros cuadrados. Si hay presencia de dos o tres niveles de severidad en una misma área de falla éstas porciones deben ser medidas y registradas por separado; sin embargo, si los diferentes niveles de severidad no pueden ser divididos fácilmente, la totalidad del área debe ser calificada con el mayor nivel de severidad presente.



**Gráfico 29. Piel de cocodrilo de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).**

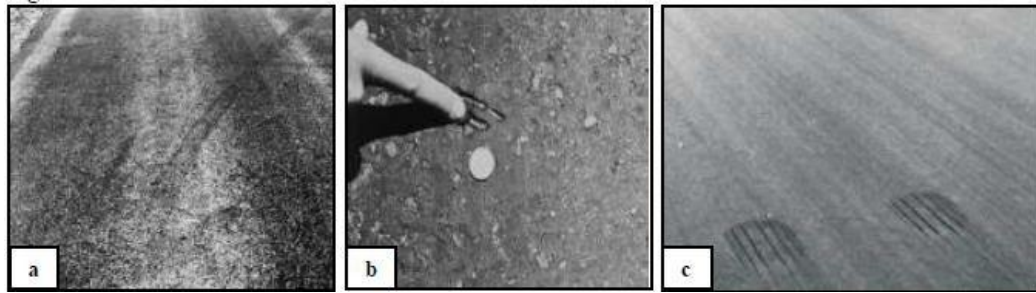
**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

## 2. Exudación

**L** – La exudación sólo ha ocurrido a un nivel muy ligero y es percibida sólo durante algunos días al año. El asfalto no se pega a los zapatos o llantas de los vehículos. Ver Gráfico 30a.

**M** – La exudación ha ocurrido llegando al punto en que el asfalto se pega a los zapatos o a las llantas de los vehículos sólo durante algunas semanas en el año. Ver Gráfico 30b.

**H** – La exudación ha ocurrido en forma extensiva y una cantidad considerable de asfalto se pega a los zapatos y llantas de los vehículos al menos durante varias semanas al año. Ver Gráfico 30c.



**Gráfico 30. Exudación de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

**Unidad de medida.** La exudación es medida en metros cuadrados.

### **3. Fisuras en bloque**

**L** – Los bloques están definidos por fisuras de baja severidad. Ver Gráfico 31a.

**M** – Los bloques están definidos por fisuras de mediana severidad. Ver Gráfico 31b.

**H** – Los bloques están definidos por fisuras de alta severidad. Ver Gráfico 31c.

**Unidad de medida** – Las fisuras en bloque son medidas en metros cuadrados. Esta falla generalmente ocurre en un sólo nivel de severidad por sección de pavimento; sin embargo, si áreas con distintos niveles de severidad pueden ser distinguidas fácilmente, entonces dichas áreas deben ser medidas y registradas en forma separada.



**Gráfico 31. Fisuras en bloque de niveles de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**



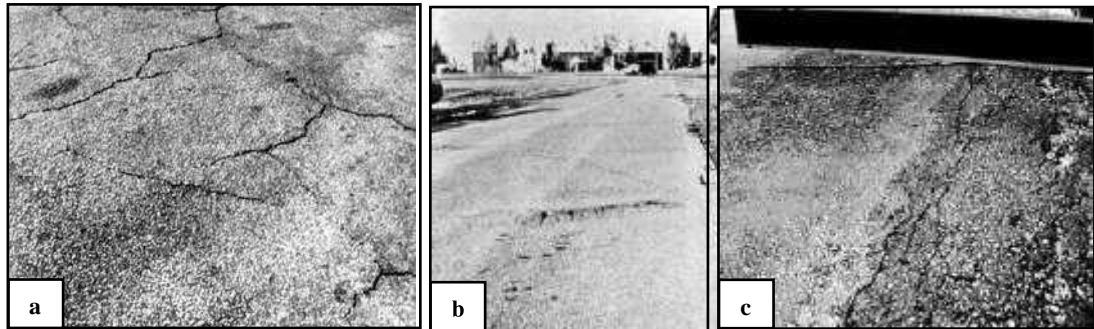
#### **4. Abultamientos y hundimientos**

**L** – Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de baja severidad, es decir, que se perciben ciertas vibraciones dentro del vehículo al pasar sobre el área fallada, pero no es necesario reducir la velocidad por seguridad o comodidad. Los abultamientos o hundimientos individualmente, o ambos, hacen que el vehículo rebote ligeramente, pero causa poca incomodidad. Ver Gráfico 32a

**M** – Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de mediana severidad, es decir, que se perciben vibraciones significativas dentro del vehículo al pasar sobre la zona afectada y es necesario reducir la velocidad por seguridad y comodidad. Los abultamientos hundimientos individualmente, o ambos, hacen que el vehículo rebote significativamente, creando algo de incomodidad. Ver Gráfico 32b.

**H** – Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de alta severidad. Las vibraciones del vehículo son tan excesivas que es necesario reducir la velocidad considerablemente por seguridad y comodidad. Los abultamientos o hundimientos individualmente, o ambos, hacen que el vehículo rebote excesivamente, creando mucha incomodidad, peligrando la seguridad o un alto potencial de daño severo en el vehículo. Ver Gráfico 32c.

**Unidad de medida** – Los abultamientos y hundimientos son medidos en metros lineales. Si un abultamiento ocurre en combinación con una fisura, la fisura también es registrada.



**Gráfico 32. Abultamientos y hundimientos. Severidad baja (a), media (b) y alta(c).**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

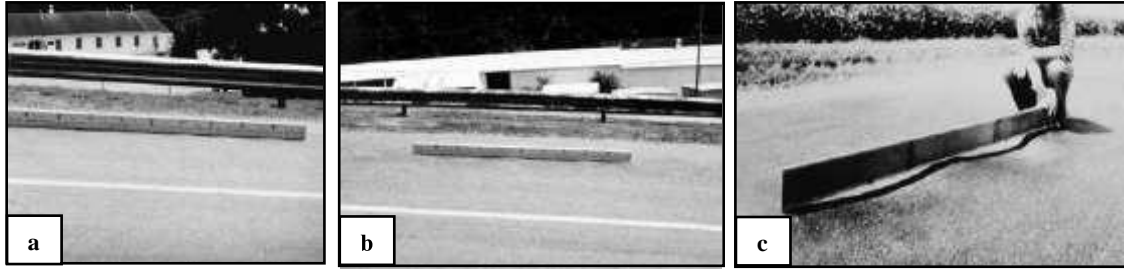
## **5. Corrugación**

**L** – Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad, como ya se vio en la falla anterior, se perciben ciertas vibraciones dentro del vehículo de inspección, pero no es necesario reducir la velocidad por seguridad o comodidad. Ver Gráfico 33a.

**M** – Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad, es decir, se perciben vibraciones significativas dentro del vehículo y es necesario reducir la velocidad por seguridad y comodidad. Ver Gráfico 33b.

**H** – Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad. Se perciben vibraciones excesivas dentro del vehículo, por lo que es necesario reducir la velocidad considerablemente por seguridad y comodidad. Ver Gráfico 33c.

**Unidad de medida** – La corrugación es medida en metros cuadrados.



**Gráfico 33. Corrugación de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

## 6. Depresión

**L** – La depresión tiene una altura que varía de 13 a 25 mm. Ver Gráfico 34.a.

**M** – La depresión tiene una altura de 25 a 50 mm. Ver Gráfico 34b.

**H** – La depresión tiene más de 50 mm. Ver Gráfico 34c.

**Unidad de medida** – Las depresiones son medidas en metros cuadrados.



**Gráfico 34. Depresión de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

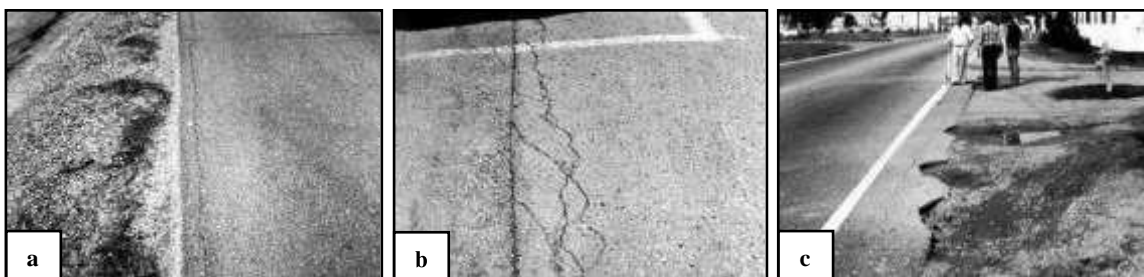
## 7. Fisura de borde

**L** – Se da un bajo o mediano fisuramiento sin fragmentación o desprendimiento. Ver Gráfico 35a.

**M** – Se aprecia un mediano fisuramiento con alguna fragmentación o desprendimiento. Ver Gráfico 35b.

**H** – Existe una desintegración considerable a lo largo del borde. Ver Gráfico 35c.

**Unidad de medida** – Las fisuras de borde son medidas en metros lineales.



**Gráfico 35. Fisura de borde de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

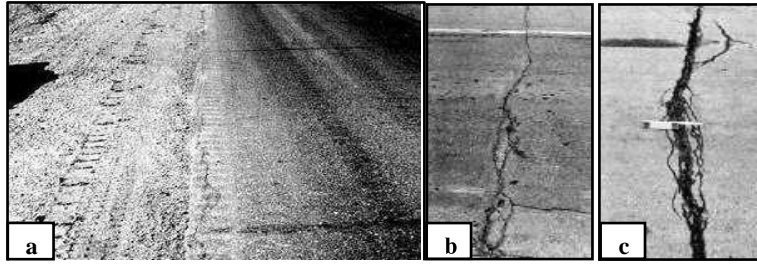
#### **8. Fisura de reflexión de junta (de losas de concreto longitudinales o transversales)**

**L** – Se cumple una de las siguientes condiciones: a) fisura sin relleno de ancho menor a 10 mm; b) fisura con relleno de cualquier ancho (el material de relleno se encuentra en buenas condiciones). Ver Gráfico 36a.

**M** – Se cumple una de las siguientes condiciones: a) fisura sin relleno de ancho mayor o igual a 10 mm y menor a 75mm; b) fisura sin relleno menor o igual a 75 mm rodeada de fisuras de baja severidad; c) fisura con relleno de cualquier ancho rodeada de fisuras de baja severidad. Ver Gráfico 36b.

**H** – Se cumple una de las siguientes condiciones: a) fisura con o sin relleno rodeada de fisuras de mediana o alta severidad; b) fisura sin relleno de ancho mayor a 75 mm; c) fisura de cualquier ancho donde aproximadamente 100 mm del pavimento que la rodea está desprendido o fracturado. Ver Gráfico 36c.

**Unidad de medida** – Las fisuras de reflexión de junta son medidas en metros lineales. La longitud y nivel de severidad de cada fisura debe ser identificada y registrada por separado. Si se presenta un abultamiento en la fisura de reflexión, éste también debe ser registrado.



**Gráfico 36. Fisura de reflexión de junta. Severidad baja (a), media (b) y alta (c).**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

### **9. Desnivel carril - berma**

**L** – La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 25mm y menor a 50 mm. Ver Gráfico 37a.

**M** – La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 50mm y menor a 100 mm. Ver Gráfico 37b.

**H** – La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 100 mm. Ver Gráfico 37c.

**Unidad de medida** – El desnivel carril-berma es medido en metros lineales.



**Gráfico 37. Desnivel carril – berma.**

**Desnivel carril - berma de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

## 10. Fisuras longitudinales y transversales

**L** – Se cumple una de las siguientes condiciones: a) fisura sin relleno de ancho menor a 10 mm; b) fisura con relleno de cualquier ancho (el material de relleno está en buenas condiciones). Ver Gráfico 38a.

**M** – Se cumple una de las siguientes condiciones: a) fisura sin relleno de ancho mayor o igual a 10 mm y menor a 75 mm; b) fisura sin relleno menor o igual a 75 mm rodeada de fisuras en forma aleatoria, de baja severidad; c) fisura con relleno de cualquier ancho rodeada de fisuras de baja severidad y en forma aleatoria. Ver Gráfico 38b.

**H** – Se cumple una de las siguientes condiciones: a) fisura con o sin relleno, rodeada de fisuras en forma aleatoria, de mediana o alta severidad; b) fisura sin relleno de ancho mayor a 75 mm; c) fisura de cualquier ancho donde aproximadamente 100 mm del pavimento que la rodea está severamente fracturado. Ver Gráfico 38c.

**Unidad de medida** – Las fisuras longitudinales y transversales son medidas en metros lineales. Si la fisura no tiene el mismo nivel de severidad en toda su longitud, cada porción de la fisura con distinto nivel de severidad debe ser registrada por separado.



**Gráfico 38. Fisuras longitudinales y transversales.**

**Fisuras de niveles de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

## 11. Parches y parches de cortes utilitarios

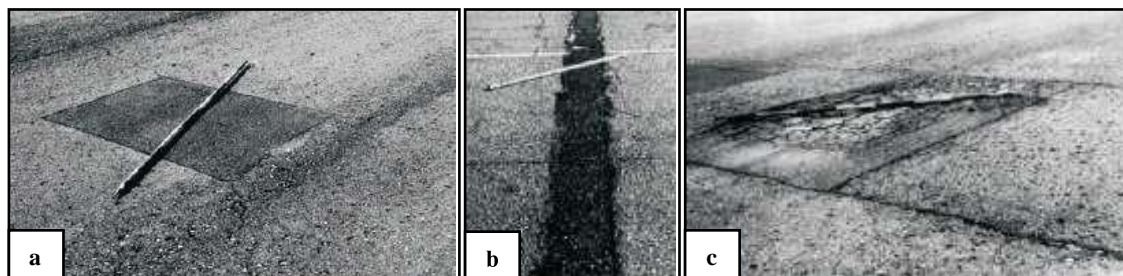
**L** – El parche se encuentra en buenas condiciones y la calidad de tránsito es de baja severidad. Ver Gráfico 39a.

**M** – El parche está deteriorado en forma moderada, la calidad de tránsito es calificada como de mediana severidad. Ver Gráfico 39b.

**H** – El parche se encuentra muy deteriorado y la calidad de tránsito es de alta severidad. Ver Gráfico 39c.

**Unidad de medida** – Los parches son medidos en metros cuadrados. Si un mismo parche tiene áreas con diferentes niveles de severidad, éstas áreas deben ser medidas y registradas por separado.

Cualquier tipo de falla encontrada en el parche no debe ser registrada; sin embargo, su efecto en el parche será considerado para determinar su nivel de severidad.



**Gráfico 39. Parches y parches de cortes utilitarios.**

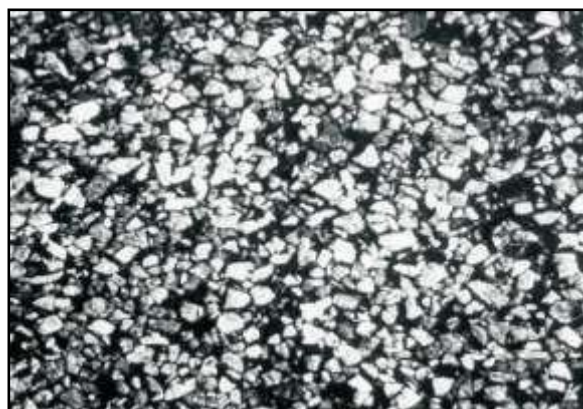
**Parches de niveles de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

## 12. Agregado pulido

No hay niveles de severidad definidos para este tipo de falla. El agregado pulido debe ser claramente notable en la unidad de muestra, y la superficie de agregado debe ser suave al tacto. Ver Gráfico 40.

**Unidad de medida** – El agregado pulido es medido en metros cuadrados. Si se registra exudación, entonces el agregado pulido ya no debe ser registrado.



**Gráfico 40. Agregado pulido.**

**El agregado pulido no tiene niveles de severidad definidos.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

### **13. Baches**

Los niveles de severidad para baches menores a 750 mm de diámetro están determinados de acuerdo a la tabla 4. En el Gráfico 41a se puede apreciar un bache de severidad baja.

**Tabla 4. Niveles de severidad para baches menores a 750 mm de diámetro**

Máxima profundidad	Diámetro Promedio (mm)		
	100 a 200	200 a 450	450 a 750
$\geq 13$ y $\leq 25$ mm	L	L	M
$> 25$ y $\leq 50$ mm	L	M	H
$> 50$ mm	M	M	H

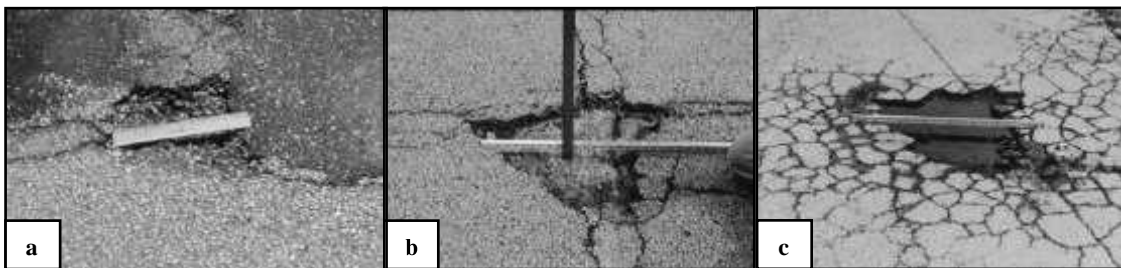
**Niveles de severidad para baches de diámetro menor a 750 mm.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**



Si el bache tiene un diámetro mayor a 750 mm, el área debe ser determinada en metros cuadrados y dividida entre 0.5 m<sup>2</sup> para hallar el número equivalente de baches. Si la profundidad es menor o igual a 25 mm los baches son considerados de mediana severidad (ver Gráfico 41b); en cambio, si la profundidad es mayor a 25 mm, los baches son de alta severidad (ver Gráfico 41c).

**Unidad de medida** – Los baches no son medidos sino contados y registrados por separado de acuerdo a su nivel de severidad bajo, mediano o alto.



**Gráfico 41. Baches.**

**Baches de niveles de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

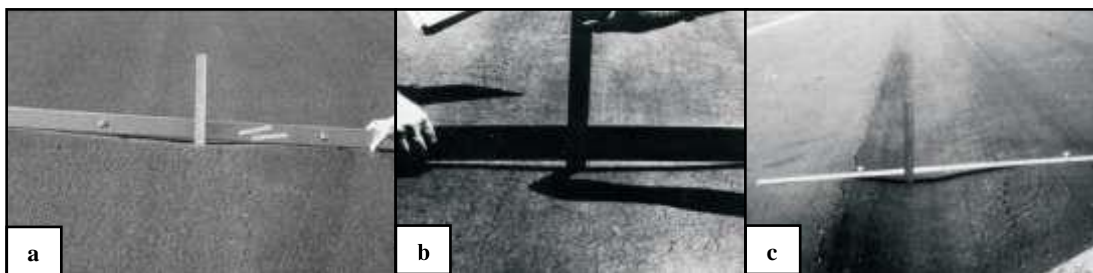
#### **14. Ahuellamiento**

**L** – La depresión superficial, causada por las ruedas de los vehículos, varía entre 6 y 13 mm. Ver Gráfico 42a.

**M** – La depresión va entre 13 y 25 mm. Ver Gráfico 42b.

**H** – La depresión es mayor a 25 mm. Ver Gráfico 42c.

**Unidad de medida** – El ahuellamiento es medido en metros cuadrados.



**Gráfico 42. Ahuellamiento.**

**Ahuellamiento de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

## **15. Desplazamiento**

**L** – El desplazamiento genera una calidad de tránsito de baja severidad. Ver Gráfico 43a.

**M** – El desplazamiento genera una calidad de tránsito de mediana severidad. Ver Gráfico 43b.

**H** – El desplazamiento genera una calidad de tránsito de alta severidad. Ver Gráfico 43c.

**Unidad de medida** – Los desplazamientos son medidos en metros cuadrados que ocurren en parches son considerados para calificar los mismos y no se toman en cuenta como fallas por separado.



**Gráfico 43. Desplazamiento**

**Desplazamiento de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

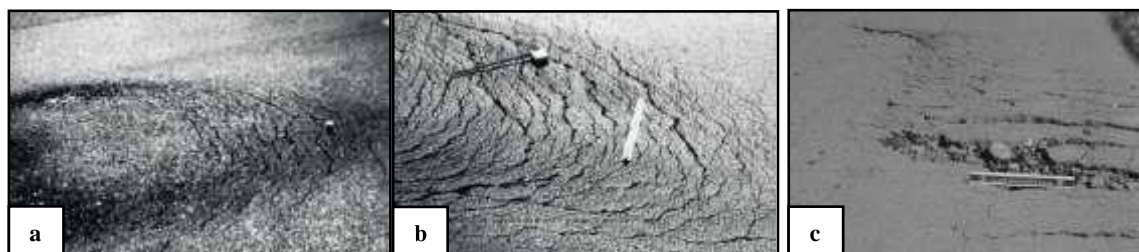
## 16. Fisura parabólica o por deslizamiento

**L** – El ancho promedio de la fisura es menor a 10 mm. Ver Gráfico 44a.

**M** – Se cumple una de las siguientes condiciones: a) el ancho promedio de la fisura es  $\geq 10$  y  $< 40$  mm; b) el área que rodea la fisura está descascarada en forma moderada, o rodeada de otras fisuras. Ver Gráfico 44b.

**H** – Se cumple una de las siguientes condiciones: a) el ancho promedio de la fisura es  $> 40$  mm; b) el área que rodea la fisura está fracturada en pequeñas piezas removidas. Ver Gráfico 44c.

**Unidad de medida** – Las fisuras parabólicas o por deslizamiento son medidas en metros cuadrados y calificadas de acuerdo al mayor nivel de severidad presente en el área.



**Gráfico 44. Fisura parabólica.**

**Fisura parabólica de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

## 17. Hinchamiento

**L** – Cuando el hinchamiento causa una calidad de tránsito de severidad baja.

**M** – Cuando el hinchamiento causa una calidad de tránsito de severidad mediana.

**H** – Cuando el hinchamiento causa una calidad de tránsito de severidad alta. Ver Gráfico 45.

**Unidad de medida** –El área de hinchamiento es medido en metros cuadrados.



**Gráfico 45. Hinchamiento.**

**Hinchamiento de alta severidad.**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

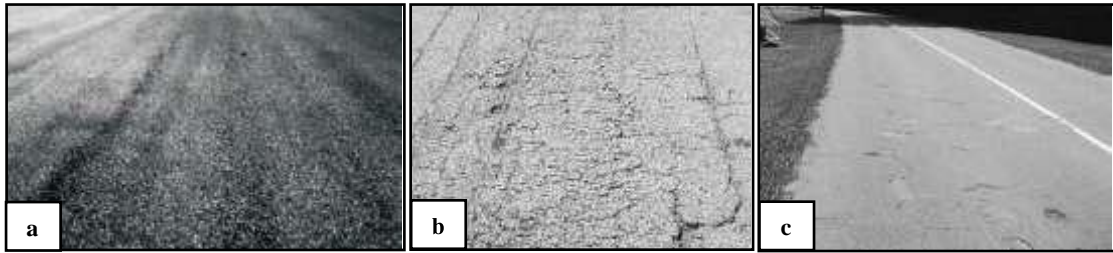
### **18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados**

**L** – El agregado o el ligante ha comenzado a desprenderse. En algunas áreas de la pista se aprecian huecos. En el caso de derrames, las manchas de aceite son visibles, pero la superficie está dura y no puede ser penetrada con una moneda. Ver Gráfico 46a

**M** – Se han desprendido los agregados o el ligante. La textura en la superficie es moderadamente rugosa y presenta pequeños huecos. En el caso de derrames de aceite, la superficie es suave y puede ser penetrada con una moneda. Ver Gráfico 46b.

**H** – El desprendimiento del ligante y el agregado es considerable. La textura de la superficie es muy rugosa y está severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas son menores a 10 mm en diámetro y menores a 13mm en profundidad; las áreas ahuecadas mayores que éstas son consideradas como fallas tipo baches. Para el caso de los derrames de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto de liga y el agregado ha comenzado a perderse. Ver Gráfico 46c.

**Unidad de medida** –Las peladuras y desprendimientos son medidos en metros cuadrados.



**Gráfico 46. Peladura.**

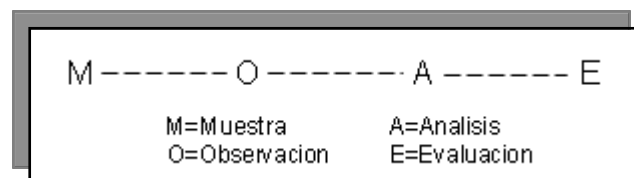
**Peladura de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).**

**Fuente: Norma ASTM D6433-03**

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Diseño de la Investigación

- a) Se desarrollara 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.
- b) La evaluación a realizar será de tipo visual y personalizada. El procesamiento de la información se hará de manera manual, no se utilizara software.
- c) La metodología a utilizar, para el desarrollo del proyecto será:
- Recopilación de antecedentes preliminares: En esta etapa se realizara la búsqueda el ordenamiento, análisis y validación de los datos existentes 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 tomara el tramo de pavimento en estudio de la calle Loreto cuadras 4 a la cuadra 6, de la ciudad de Piura.
  - Este diseño se gráfica de la siguiente manera:



**Gráfico 47. Diseño de investigación**

**Fuente: Metodología de la Investigación**

### 3.2 El universo o población

Para la presente investigación el Universo estará conformado por el pavimento flexible de la calle Loreto y será delimitado al tramo comprendido entre la Av. Sánchez Cerro y Calle Ica de la ciudad de Piura: calles 4 hasta la 6.

#### Muestra

La muestra estará conformada por 16 unidades de muestra determinadas de acuerdo al método CPI.

### 3.3 Definición y Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
Patología de Pavimentos flexibles	Es la identificación de las causas que afectan directa e indirectamente la duración o buen estado de la carpeta asfáltica de los pavimentos flexibles.	Agrietamientos o roturas. Deformaciones. Desprendimientos. Afloramientos o movimientos de material	Es la determinación y evaluación de las patologías en el tramo de pavimento de la calle Loreto comprendido entre Av. Sánchez Cerro y la Calle Ica de la ciudad de Piura.	Tipo, forma de falla.
				Clase de falla Nivel de severidad bajo, medio, alto
				CPI

**Cuadro 1. Operacionalización de las variables**

**Operacionalización de la variable Patología de Pavimentos flexibles**

**Fuente: Elaboración propia**

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se utilizara la Evaluación Visual y toma de datos como instrumento de recolección de datos en la muestra según el muestreo.

La evaluación de la condición incluirá los siguientes aspectos:

Equipo:

- Wincha para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Cámara fotográfica para las tomas respectivas de las patologías presentes.
- Regla, una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

### **3.5 Plan de análisis**

Los resultados estarán comprendidos en lo siguiente:

- La Ubicación del área de estudio.
- Los Tipos de patologías existentes.
- Nivel de Índice de Condición de Pavimento.
- Cuadros del ámbito de la investigación.
- Cuadros estadísticos de las Patologías existentes



### 3.6 Matriz de consistencia

**Cuadro 2: Matriz de consistencia**

PROBLEMA	OBJETIVO	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>¿Cómo mejorar la calidad del pavimento flexible en la calle Loreto cuadra 4 a la 6 de Piura, teniendo como base, un adecuado análisis patológico de la superficie del pavimento flexible?</p>	<p><b>Objetivo General</b>                      Analizar las patologías de la superficie del pavimento flexible en la calle Loreto cuadra 4 a la 6 de Piura, 2015.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>a) Identificar y evaluar los tipos de patologías que se presentan en el pavimento flexible en la calle Loreto cuadra 4 a la 6 de Piura.</p> <p>b) Determinar y analizar el Índice de Condición del pavimento flexible en la calle Loreto cuadra 4 a la 6 de Piura.</p> <p>c) Proponer soluciones técnicas a las patologías encontradas para mejorar la calidad del pavimento.</p>	<p>Patología de Pavimentos flexibles</p>	<p><b>TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>Tipo descriptivo, no experimental y de corte transversal.</p> <p><b>DISEÑO</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p>M-----O-----A-----E</p> <p style="font-size: small;">M=Muestra      A=Análisis O=Observación      E=Evaluación</p> </div> <p><b>UNIVERSO O POBLACIÓN</b></p> <p>El Universo estará conformado por el pavimento flexible de la calle Loreto y será delimitado al tramo comprendido entre la Av. Sánchez Cerro y Calle Ica de la ciudad de Piura: cuadra 4 hasta la 6</p> <p><b>MUESTRA</b></p> <p>16 unidades de muestra determinadas de acuerdo al método CPI.</p>

**Fuente: Elaboración propia.**

### **3.7 Principios éticos**

La investigación se realizó teniendo en cuenta la propiedad intelectual, por consiguiente, se consultaron y se tomaron todos los artículos, trabajos de investigación, ponencias, textos y otros documentos relacionados al tema, respetándose la autoría de cada uno de ellos, es decir, se ha respetado la propiedad del autor.

“En cualquier clase de publicación, hay que considerar diversos principios jurídicos y éticos. Las principales esferas de interés, a menudo relacionadas entre sí, son la originalidad y la propiedad intelectual (derechos de autor)” (Day, 1995: 148)

Se respetó la veracidad de los resultados.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Resultados

Antes de mostrar los resultados, se explica en forma general la zona de estudio donde se llevó a cabo la inspección visual, con la finalidad de que se tenga una idea del lugar analizado y las características del tránsito de la avenida.

El análisis patológico realizado del pavimento flexible es el que está ubicado en la calle Loreto Cuadra 4 hasta la 6, ubicado en el distrito de Piura, Provincia de Piura, delimitados entre la Calle Ica y la Avenida Sánchez Cerro, con una longitud de 292 metro lineales y un ancho de vía de 14 metros lineales, lo que equivale a un área total de 4,088 metros cuadrados.

Esta calle es utilizada en doble sentido. Un sentido va de la Calle Ica hacia la Avenida Sánchez Cerro y el otro de la Avenida Sánchez Cerro hacia la Calle Ica.



**Gráfico 48. Pavimento Flexible en estudio Calle Loreto: Cuadra 4 hasta la 6 Fuente: Google maps**

El siguiente gráfico muestra una de las delimitaciones del área de estudio en calle. Loreto.



**Gráfico 49. Intersección de la Av. Loreto con la Av. Sánchez Cerro**

**Fuente: Google maps**

El gráfico siguiente muestra la otra delimitación del área de estudio en calle Loreto.



**Gráfico 50. Intersección de la calle Loreto con la Calle**

**Ica Fuente: Google maps**

Por la calle Loreto circulan autos, camionetas, combis y ómnibus. Éstos últimos son los que van a ejercer mayor influencia en el deterioro del pavimento.

El flujo vehicular que circula en la red de 292 metros de pavimento es el mismo y es constante, es decir, no hay variaciones significativas del tránsito entre los dos tramos existentes.

El ancho de la vía de la calle Loreto es de 14 metros lineales.

### **Aplicación del método PCI y resultados**

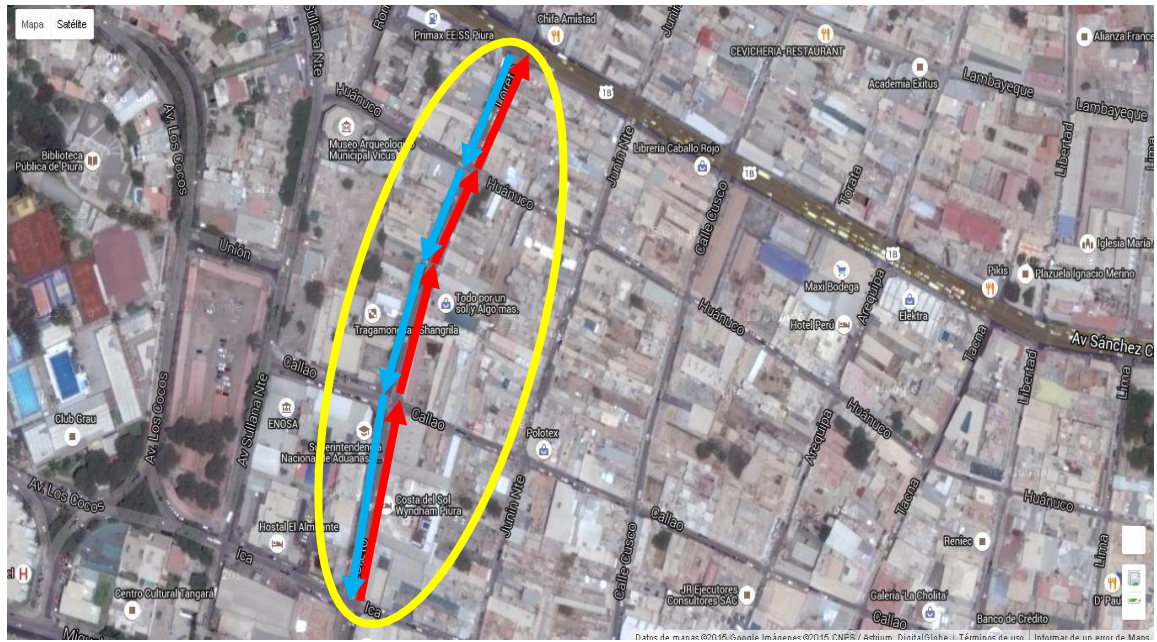
Se aplica el método PCI, siguiendo los lineamientos definidos por el ASTM D6433-03: Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos.

Se ha definido como red de pavimento, a los 292 metros lineales de pavimento flexible que forman parte de la calle Loreto Cuadra 4 hasta la 6.

Dentro de ese sistema, se encuentran dos tramos de pavimento, que son los 292 metros lineales de pista correspondiente a cada sentido de vía.

Como se aprecia en el gráfico siguiente, se ha llamado tramo 1 al que va en sentido de la Av. Sánchez Cerro a la Calle Ica señalado de color celeste; y como tramo 2 a la calle de sentido opuesto señalado de color rojo.

Cada tramo de la vía tiene un ancho de 7 metros lineales y un área de 2,044 metros cuadrados.



**Gráfico 51. Red de Pavimento en dos tramos: celeste y rojo.**

**Fuente: Google maps**

Para hacer la división de cada tramo se tomó en cuenta las calles de la avenida ya que los otros criterios de división no pudieron ser considerados.

Cada tramo se ha dividido en secciones tomando como referencia la longitud de cada calle. Por lo que ambos tramos han sido divididos en 3 secciones cada uno.

Estas secciones, a su vez, han sido divididas en unidades de muestra teniendo en cuenta que cada unidad de muestra debe tener un área comprendida entre  $225 \text{ m}^2 \pm 90 \text{ m}^2$ . Es decir el área de la unidad de muestra debe estar entre  $135 \text{ m}^2$  y  $315 \text{ m}^2$ .

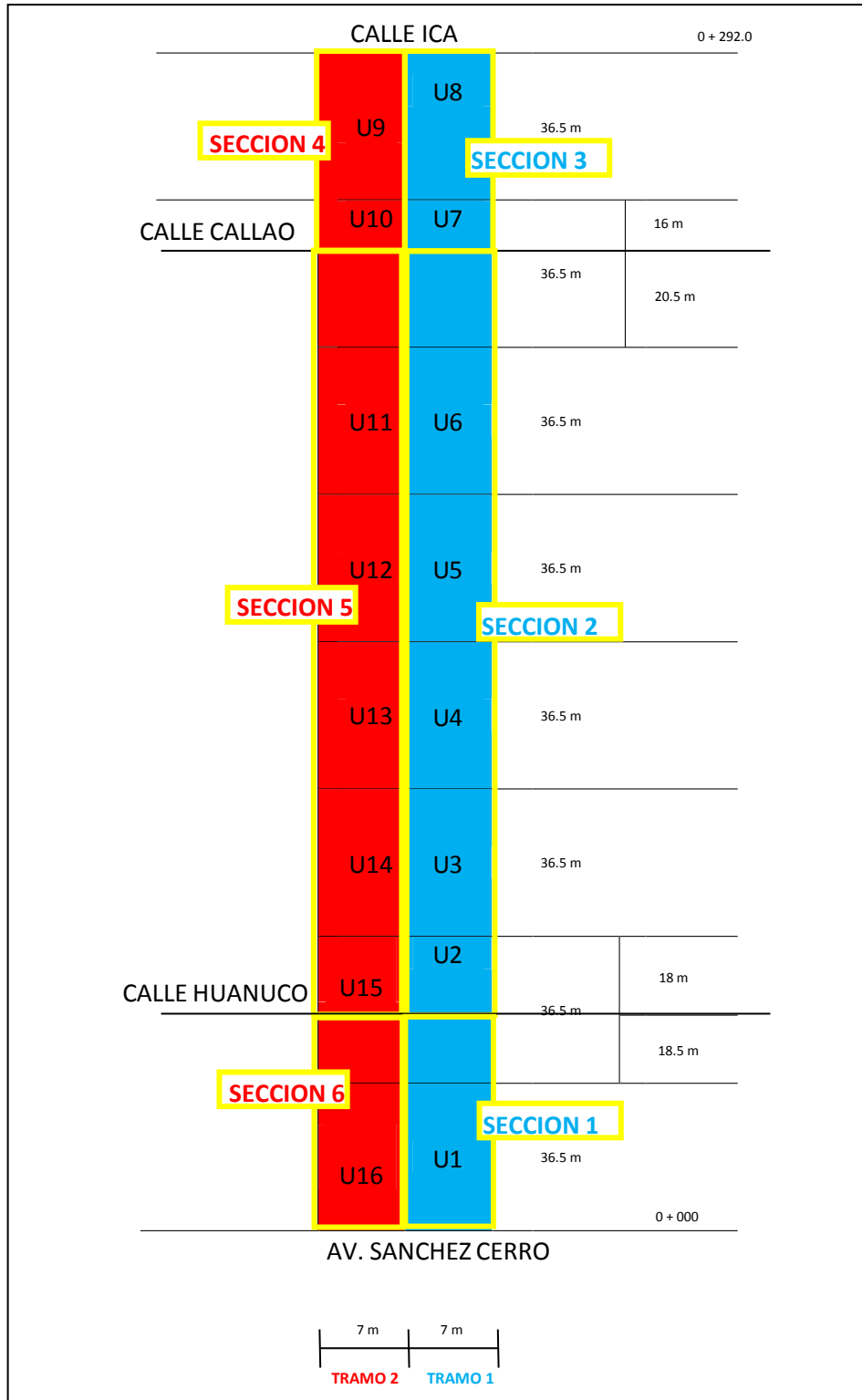
Para este caso en que el ancho de cada tramo es de 7 m y su longitud es de 292 m, ósea su área  $2,044 \text{ m}^2$ , se ha tomado como dimensiones para las unidades de muestra:

7 m x 36.5 m abarcando un área de 255.5 m<sup>2</sup>.

En cada tramo se analizarán 8 unidades de muestra haciendo un total de 16 unidades a ser evaluadas en toda la red de pavimento.

Las unidades de muestra a ser inspeccionadas son la totalidad de muestras existentes dentro de la red de pavimento, para obtener una mejor estimación del estado en que se encuentran y por ser un número relativamente pequeño.

Cada tramo, sección y unidad de muestra es señalada en el gráfico siguiente, tal como se puede apreciar.



**Gráfico 52. Tramos, secciones y unidades de muestra de la red de pavimento.**

**Fuente: Elaboración propia.**



## Determinación del Índice de Pavimento

A continuación se explican los datos de campo obtenidos durante la inspección visual de fallas en la calle Loreto, cuadra 4 hasta la 6; así como el cálculo del índice de condición de pavimento de cada unidad de muestra analizada. Las fotografías de las principales fallas de las unidades de muestra se encuentran detalladas en los anexos.

### 4.1.1 Resultados del tramo 1

#### Unidad de muestra 1

**Tabla 5. Hoja de registro de la unidad de muestra U1, tramo 1, sección 1 de la calle Loreto de Piura**

METODO PCI						ESQUEMA			
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Calle Loreto de Piura					Sección: 1		Unidad de muestra: U1		
Ejecutor: Br. Yuly Maricel Dominguez Silupu					Fecha: 9/12/20015		Área: 255.5		
1. Piel de cocodrillo		6. Depresión		11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Fisura parabolica o por deslizamiento			
2. Exudación		7. Fisura de borde		12. Agregado pulido		17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque		8. Fisura de reflexión de junta		13. Baches		18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados			
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril-berma		14. Ahuellamiento					
5. Corrugación		10. Fisuras longitudinales y transversales		15. Desplazamiento					
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
7H	0.40	0.70	0.35	0.38	0.44	2.27	0.89	8.7	
10H	4.00	2.00				6	2.35	14.3	
11L	2.50	0.60	5.00	15.00		23.1	9.04	16.2	

**Fuente: Elaboración propia.**

### Determinación del número de deducciones permisibles, “m”

Se emplea la Ecuación 4:

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - HDV) \leq 10$$

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 16.2)$$

$$m = 8.7$$

**Tabla 6. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U1**

N°	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	16.2	14.3	8.7			39.2	3	24
2	16.2	14.3	2			32.5	2	24
3	16.2	2	2			20.2	1	20

**Fuente: Elaboración propia.**

Max CDV = 24

PCI = 76

Rating = Muy Bueno

**Tabla 7. Hoja de registro de la unidad de muestra U2, tramo 1, sección 1 de la calle Loreto de Piura**

METODO PCI						ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE										
HOJA DE REGISTRO										
Nombre de la vía: Calle Loreto de Piura			Ejecutor: Br. Yuly Maricel Dominguez Silupu			Sección: 1	Unidad de muestra: U2			
						Fecha: 9/12/20015	Area: 129.50			
1. Piel de cocodrillo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por deslizamiento							
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento							
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo							
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento	y desprendimiento de agregados							
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento								
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
7H	0.58	0.25	0.30	0.40		1.53	1.18	9.2		
10H	1.50	3.00	3.00	2.30		9.8	7.57	28		
11L	4.50	6.50	6.30	4.00		21.3	16.45	20.6		

**Fuente: Elaboración propia.**

### Determinación del número de deducciones permisibles, “m”

Se emplea la Ecuación 4:

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - HDV) \leq 10$$

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 28)$$

$$m = 7.6$$

**Tabla 8. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U2, Sección 1**

Nº	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	28	20.6	9.2			57.8	3	37
2	28	20.6	2			50.6	2	38
3	28	2	2			32	1	32

**Fuente: Elaboración propia.**

Max CDV = 38

PCI = 62

Rating = Bueno

**Tabla 9. Hoja de registro de la unidad de muestra U2, tramo 1, sección 2 de la calle Loreto de Piura**

METODO PCI						ESQUEMA							
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE													
HOJA DE REGISTRO													
Nombre de la vía:		Calle Loreto de Piura				Sección:		2		Unidad de muestra:		U2	
Ejecutor:		Br. Yuly Maricel Dominguez Silupu				Fecha:		9/12/20015		Área:		126	
1. Piel de cocodrillo			6. Depresión			11. Parches y parches de cortes utilitarios			16. Fisura parabolica o por deslizamiento				
2. Exudación			7. Fisura de borde			12. Agregado pulido			17. Hinchamiento				
3. Fisuras en bloque			8. Fisura de reflexión de junta			13. Baches			18. Peladura por intemperismo				
4. Abultamientos y hundimientos			9. Desnivel carril-berma			14. Ahuellamiento			y desprendimiento de agregados				
5. Corrugación			10. Fisuras longitudinales y transversales			15. Desplazamiento							
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO					
7H	0.35	0.15	0.20	0.18		0.88	0.70	8.5					
10H	0.50	3.50	4.00	2.50		10.5	8.33	30					
11L	5.00	7.00	6.00	4.30		22.3	17.70	22					

**Fuente: Elaboración propia.**

### Determinación del número de deducciones permisibles, “m”

Se emplea la Ecuación 4:

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - HDV) \leq 10$$

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 30)$$

$$m = 7.4$$

**Tabla 10. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U2, Sección 2**

Nº	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	30	22	8.5			60.5	3	39
2	30	22	2			54	2	40
3	30	2	2			34	1	34

**Fuente: Elaboración propia.**

Max CDV = 40

PCI = 60

Rating = Bueno

**Tabla 11. Hoja de registro de la unidad de muestra U3, tramo 1, sección 2 de la calle Loreto de Piura**

METODO PCI						ESQUEMA			
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Calle Loreto de Piura					Sección: 2		Unidad de muestra: U3		
Ejecutor: Br. Yuly Maricel Dominguez Silupu					Fecha: 9/12/20015		Area: 255.50		
1. Piel de cocodrillo		6. Depresión			11. Parches y parches de cortes utilitarios			16. Fisura parabolica o por deslizamiento	
2. Exudación		7. Fisura de borde			12. Agregado pulido			17. Hinchamiento	
3. Fisuras en bloque		8. Fisura de reflexión de junta			13. Baches			18. Peladura por intemperismo	
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril-berma			14. Ahuellamiento			y desprendimiento de agregados	
5. Corrugación		10. Fisuras longitudinales y transversales			15. Desplazamiento				
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
7H	0.50	0.20	0.30	0.65	0.70	0.55	2.9	1.14	9.1
10H	4.80	3.20	2.70	2.80			13.5	5.28	24
11L	7.28	5.50	6.50				19.28	7.55	13.5

**Fuente: Elaboración propia.**

### Determinación del número de deducciones permisibles, “m”

Se emplea la Ecuación 4:

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - HDV) \leq 10$$

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 24)$$

$$m = 8$$

**Tabla 12. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U3**

N°	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	24	13.5	9.1			46.6	3	29
2	24	13.5	2			39.5	2	30
3	24	2	2			28	1	28

**Fuente: Elaboración propia.**

Max CDV = 30

PCI = 70

Rating = Bueno



**Tabla 13. Hoja de registro de la unidad de muestra U4, tramo 1, sección 2 de la calle Loreto de Piura**

METODO PCI						ESQUEMA			
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Calle Loreto de Piura					Sección: 2		Unidad de muestra: U4		
Ejecutor: Br. Yuly Maricel Dominguez Silupu					Fecha: 9/12/20015		Area: 255.50		
1. Piel de cocodrillo		6. Depresión			11. Parches y parches de cortes utilitarios			16. Fisura parabolica o por deslizamiento	
2. Exudación		7. Fisura de borde			12. Agregado pulido			17. Hinchamiento	
3. Fisuras en bloque		8. Fisura de reflexión de junta			13. Baches			18. Peladura por intemperismo	
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril-berma			14. Ahuellamiento			y desprendimiento de agregados	
5. Corrugación		10. Fisuras longitudinales y transversales			15. Desplazamiento				
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
7H	0.40	0.25	0.20	0.60	0.45	0.50	2.4	0.94	8.8
10H	4.00	3.50	2.80	2.60			12.9	5.05	23
11L	7.10	5.30	5.35				17.75	6.95	12.8

**Fuente: Elaboración propia.**

### Determinación del número de deducciones permisibles, “m”

Se emplea la Ecuación 4:

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - HDV) \leq 10$$

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 23)$$

$$m = 8$$

**Tabla 14. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U4**

Nº	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	23	12.8	8.8			44.6	3	28
2	23	12.8	2			37.8	2	28
3	23	2	2			27	1	27

**Fuente: Elaboración propia.**

Max CDV = 28

PCI = 72

Rating = Muy Bueno

**Tabla 15. Hoja de registro de la unidad de muestra U5, tramo 1, sección 2 de la calle Loreto de Piura**

METODO PCI						ESQUEMA			
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Calle Loreto de Piura					Sección: 2		Unidad de muestra: U5		
Ejecutor: Br. Yuly Maricel Dominguez Silupu					Fecha: 9/12/20015		Area: 255.50		
1. Piel de cocodrillo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por deslizamiento						
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento						
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo						
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento	y desprendimiento de agregados						
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento							
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
7H	1.00	0.30	0.26	0.25	0.70	2.51	0.98	8.9	
10H	4.50	2.00	3.00	1.20		10.7	4.19	21.5	
11L	5.00	5.00	10.50			20.5	8.02	14.6	
13H	1.00					1	0.39	32.8	

Fuente: Elaboración propia.

### Determinación del número de deducciones permisibles, “m”

Se emplea la Ecuación 4:

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - HDV) \leq 10$$

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 32.8)$$

$$m = 7.2$$

**Tabla 16. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U5**

Nº	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	32.8	21.5	14.6	8.9		77.8	4	44
2	32.8	21.5	14.6	2		70.9	3	46
3	32.8	21.5	2	2		58.3	2	43
4	32.8	2	2	2		38.8	1	39

**Fuente: Elaboración propia.**

Max CDV = 46

PCI = 54

Rating = Regular

**Tabla 17. Hoja de registro de la unidad de muestra U6, tramo 1, sección 2 de la calle Loreto de Piura**

METODO PCI					ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Calle Loreto de Piura					Sección: 2		Unidad de muestra: U6		
Ejecutor: Br. Yuly Maricel Dominguez Silupu					Fecha: 9/12/20015		Area: 143.50		
1. Piel de cocodrillo		6. Depresión			11. Parches y parches de cortes utilitarios			16. Fisura parabolica o por deslizamiento	
2. Exudación		7. Fisura de borde			12. Agregado pulido			17. Hinchamiento	
3. Fisuras en bloque		8. Fisura de reflexión de junta			13. Baches			18. Peladura por intemperismo	
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril-berma			14. Ahuellamiento			y desprendimiento de agregados	
5. Corrugación		10. Fisuras longitudinales y transversales			15. Desplazamiento				
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
7H	0.80	0.25	0.30	0.50		1.85	1.29	9.4	
10H	3.00	1.60	2.50	1.00		8.1	5.64	24.8	
11L	4.00	3.50	8.00			15.5	10.80	16.8	

**Fuente: Elaboración propia.**

### Determinación del número de deducciones permisibles, “m”

Se emplea la Ecuación 4:

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - HDV) \leq 10$$

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 24.8)$$

$$m = 7.9$$

**Tabla 18. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U6, Sección 2**

N°	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	24.8	16.8	9.4			51	3	32
2	24.8	16.8	2			43.6	2	32
3	24.8	2	2			28.8	1	29

**Fuente: Elaboración propia.**

Max CDV = 32

PCI = 68

Rating = Bueno

**Tabla 19. Hoja de registro de la unidad de muestra U6, tramo 1, sección 3 de la calle Loreto de Piura**

METODO PCI						ESQUEMA			
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Calle Loreto de Piura					Sección: 3		Unidad de muestra: U6		
Ejecutor: Br. Yuly Maricel Dominguez Silupu					Fecha: 9/12/20015		Area: 112		
1. Piel de cocodrillo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por deslizamiento						
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento						
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo						
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento	y desprendimiento de agregados						
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento							
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
7H	0.30	0.40	0.60	0.33	0.76	0.50	2.89	2.58	12
10H	5.00	2.00	4.00	4.30			15.3	13.66	67.5
10M	3.00	1.00					4	3.57	8.5
11L	9.00	2.50	5.00	12.50	5.00		34	30.36	27.5

Fuente: Elaboración propia.

### Determinación del número de deducciones permisibles, “m”

Se emplea la Ecuación 4:

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - HDV) \leq 10$$

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 67.5)$$

$$m = 4$$

**Tabla 20. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U6, Sección 3**

N°	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	67.5	27.5	12	8.5		115.5	4	66
2	67.5	27.5	12	2		109	3	68
3	67.5	27.5	2	2		99	2	70
4	67.5	2	2	2		73.5	1	74

**Fuente: Elaboración propia.**

Max CDV = 74

PCI = 26

Rating = Malo



**Tabla 21. Hoja de registro de la unidad de muestra U7, tramo 1, sección 3 de la calle Loreto de Piura**

METODO PCI						ESQUEMA			
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Calle Loreto de Piura					Sección: 3		Unidad de muestra: U7		
Ejecutor: Br. Yuly Maricel Dominguez Silupu					Fecha: 9/12/20015		Area: 255.50		
1. Piel de cocodrillo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabólica o por deslizamiento						
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento						
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo						
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento	y desprendimiento de agregados						
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento							
FALLA	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
7H	0.25	0.40	0.55	0.28	0.70	0.48	2.66	1.04	9
10H	4.00	1.50	3.00	3.80			12.3	4.81	22.8
10M	2.00	1.00					3	1.17	3.3
11L	7.00	1.50	4.00	10.50	5.00		28	10.96	17

**Fuente: Elaboración propia.**

### Determinación del número de deducciones permisibles, “m”

Se emplea la Ecuación 4:

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - HDV) \leq 10$$

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 22.8)$$

$$m = 8.1$$

**Tabla 22. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U7**

Nº	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	22.8	17	9	3.3		52.1	4	28
2	22.8	17	9	2		50.8	3	32
3	22.8	17	2	2		43.8	2	33
4	22.8	2	2	2		28.8	1	29

**Fuente: Elaboración propia.**

Max CDV = 33

PCI = 67

Rating = Bueno

**Tabla 23. Hoja de registro de la unidad de muestra U8, tramo 1, sección 3 de la calle Loreto de Piura**

METODO PCI					ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Calle Loreto de Piura					Sección: 3		Unidad de muestra: U8		
Ejecutor: Br. Yuly Maricel Dominguez Silupu					Fecha: 9/12/20015		Area: 255.50		
1. Piel de cocodrillo		6. Depresión			11. Parches y parches de cortes utilitarios			16. Fisura parabolica o por deslizamiento	
2. Exudación		7. Fisura de borde			12. Agregado pulido			17. Hinchamiento	
3. Fisuras en bloque		8. Fisura de reflexión de junta			13. Baches			18. Peladura por intemperismo	
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril-berma			14. Ahuellamiento			y desprendimiento de agregados	
5. Corrugación		10. Fisuras longitudinales y transversales			15. Desplazamiento				
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
7H	0.20	0.30	0.40	0.60		1.5	0.59	8.3	
10L	3.00	2.00				5	1.96	13.4	
10M	1.50					1.5	0.59	0.4	
11L	28.50	13.00				41.5	16.24	20.3	

**Fuente: Elaboración propia.**

### Determinación del número de deducciones permisibles, “m”

Se emplea la Ecuación 4:

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - HDV) \leq 10$$

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 20.3)$$

$$m = 8.3$$

**Tabla 24. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U8**

N°	Valor Deducido					Total	q	CDV
	20.3	13.4	8.3	0.4				
1	20.3	13.4	8.3	0.4		42.4	4	21
2	20.3	13.4	8.3	0.4		42.4	3	26
3	20.3	13.4	2	0.4		36.1	2	27
4	20.3	2	2	0.4		24.7	1	25

**Fuente: Elaboración propia.**

Max CDV = 27

PCI = 73

Rating = Muy Bueno

**Tabla 25. Hoja de registro de la unidad de muestra U9, tramo 2, sección 4 de la calle Loreto de Piura**

METODO PCI						ESQUEMA							
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE													
HOJA DE REGISTRO													
Nombre de la vía:		Calle Loreto de Piura				Sección:		4		Unidad de muestra:		U9	
Ejecutor:		Br. Yuly Maricel Dominguez Silupu				Fecha:		10/12/20015		Area:		255.50	
1. Piel de cocodrillo		6. Depresión				11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Fisura parabólica o por deslizamiento					
2. Exudación		7. Fisura de borde				12. Agregado pulido		17. Hinchamiento					
3. Fisuras en bloque		8. Fisura de reflexión de junta				13. Baches		18. Peladura por intemperismo					
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril-berma				14. Ahuellamiento		y desprendimiento de agregados					
5. Corrugación		10. Fisuras longitudinales y transversales				15. Desplazamiento							
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO					
7H	0.40	0.35				0.75	0.29	7.8					
10H	4.00	2.00				6	2.35	14.3					
11L	13.00	28.50				41.5	14.87	19.5					
13H	4.00					4	1.57	60.2					
18M	1.20	0.86				2.06	0.81	8					

**Fuente: Elaboración propia.**

### Determinación del número de deducciones permisibles, “m”

Se emplea la Ecuación 4:

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - HDV) \leq 10$$

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 60.2)$$

$$m = 4.7$$

**Tabla 26. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U9**

Nº	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	60.2	19.5	14.3	8	5.5	107.5	5	56
2	60.2	19.5	14.3	8	2	104	4	60
3	60.2	19.5	14.3	2	2	98	3	62
4	60.2	19.5	2	2	2	85.7	2	62
5	60.2	2	2	2	2	68.2	1	68

**Fuente: Elaboración propia.**

El valor deducido 5.5 se determinó del cálculo de la fracción de m (0.7) por el menor valor deducido 7.8

$$5.5 = 0.7 * 7.8$$

Max CDV = 68

PCI = 32

Rating = Malo

**Tabla 27. Hoja de registro de la unidad de muestra U10, tramo 2, sección 4 de la calle Loreto de Piura**

METODO PCI					ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Calle Loreto de Piura					Sección: 4		Unidad de muestra: U10		
Ejecutor: Br. Yuly Maricel Dominguez Silupu					Fecha: 10/12/20015		Area: 255.50		
1. Piel de cocodrillo		6. Depresión			11. Parches y parches de cortes utilitarios			16. Fisura parabólica o por deslizamiento	
2. Exudación		7. Fisura de borde			12. Agregado pulido			17. Hinchamiento	
3. Fisuras en bloque		8. Fisura de reflexión de junta			13. Baches			18. Peladura por intemperismo	
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril-berma			14. Ahuellamiento			y desprendimiento de agregados	
5. Corrugación		10. Fisuras longitudinales y transversales			15. Desplazamiento				
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
7H	0.70	0.38	0.50	0.60		2.18	0.85	8.6	
10L	3.50	3.00	2.00	3.00		11.5	4.50	22	
10M	1.00					1	0.39	0	
11L	2.50	0.60	5.00	15.00		23.1	8.96	16	
13H	3.00					3	1.17	52.3	

**Fuente: Elaboración propia.**

### Determinación del número de deducciones permisibles, “m”

Se emplea la Ecuación 4:

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - HDV) \leq 10$$

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 52.3)$$

$$m = 5.4$$

**Tabla 28. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U10**

N°	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	52.3	22	16	8.6		98.9	4	57
2	52.3	22	16	2		92.3	3	59
3	52.3	22	2	2		78.3	2	57
4	52.3	2	2	2		58.3	1	58

**Fuente: Elaboración propia.**

Max CDV = 59

PCI = 41

Rating = Regular



**Tabla 29. Hoja de registro de la unidad de muestra U11, tramo 2, sección 4 de la calle Loreto de Piura**

METODO PCI					ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Calle Loreto de Piura					Sección: 4		Unidad de muestra: U11		
Ejecutor: Br. Yuly Maricel Dominguez Silupu					Fecha: 10/12/20015		Area: 112		
1. Piel de cocodrillo		6. Depresión			11. Parches y parches de cortes utilitarios			16. Fisura parabólica o por deslizamiento	
2. Exudación		7. Fisura de borde			12. Agregado pulido			17. Hinchamiento	
3. Fisuras en bloque		8. Fisura de reflexión de junta			13. Baches			18. Peladura por intemperismo	
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril-berma			14. Ahuellamiento			y desprendimiento de agregados	
5. Corrugación		10. Fisuras longitudinales y transversales			15. Desplazamiento				
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
7H	0.40	0.30	0.50	0.35		1.55	1.38	9.8	
10H	3.00	2.00	2.50			7.5	6.70	27.5	
11L	2.00	0.50	3.00			5.5	4.91	10.2	
13H	1.00					1	0.89	50.4	

**Fuente: Elaboración propia.**

### Determinación del número de deducciones permisibles, “m”

Se emplea la Ecuación 4:

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - HDV) \leq 10$$

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 50.4)$$

$$m = 5.6$$

**Tabla 30. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U11, Sección 4**

N°	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	50.4	27.5	10.2	9.8		97.9	4	56
2	50.4	27.5	10.2	2		90.1	3	58
3	50.4	27.5	2	2		81.9	2	60
4	50.4	2	2	2		56.4	1	56

**Fuente: Elaboración propia.**

Max CDV = 60  
PCI = 40  
Rating = Malo

**Tabla 31. Hoja de registro de la unidad de muestra U11, tramo 2, sección 5 de la calle Loreto de Piura**

METODO PCI						ESQUEMA							
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE													
HOJA DE REGISTRO													
Nombre de la vía:		Calle Loreto de Piura				Sección:		5		Unidad de muestra:		U11	
Ejecutor:		Br. Yuly Maricel Dominguez Silupu				Fecha:		10/12/20015		Area:		143.50	
1. Piel de cocodrillo			6. Depresión			11. Parches y parches de cortes utilitarios			16. Fisura parabólica o por deslizamiento				
2. Exudación			7. Fisura de borde			12. Agregado pulido			17. Hinchamiento				
3. Fisuras en bloque			8. Fisura de reflexión de junta			13. Baches			18. Peladura por intemperismo				
4. Abultamientos y hundimientos			9. Desnivel carril-berma			14. Ahuellamiento			y desprendimiento de agregados				
5. Corrugación			10. Fisuras longitudinales y transversales			15. Desplazamiento							
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO					
7H	0.20	0.35	0.18	0.19	0.22	1.14	0.79	8.6					
10H	1.00	0.90	1.50	0.80		4.2	2.93	17.5					
11L	5.00	2.00	3.00			10	6.97	12.9					

**Fuente: Elaboración propia.**

### Determinación del número de deducciones permisibles, “m”

Se emplea la Ecuación 4:

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - HDV) \leq 10$$

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 17.5)$$

$$m = 8.6$$

**Tabla 32. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U11, Sección 5**

Nº	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	17.5	12.9	8.6			39	3	24
2	17.5	12.9	2			32.4	2	24
3	17.5	2	2			21.5	1	22

**Fuente: Elaboración propia.**

Max CDV = 24

PCI = 76

Rating = Muy Bueno

**Tabla 33. Hoja de registro de la unidad de muestra U12, tramo 2, sección 5 de la calle Loreto de Piura**

METODO PCI						ESQUEMA			
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Calle Loreto de Piura					Sección: 5		Unidad de muestra: U12		
Ejecutor: Br. Yuly Maricel Dominguez Silupu					Fecha: 10/12/20015		Area: 255.50		
1. Piel de cocodrillo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por deslizamiento						
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento						
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo						
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento	y desprendimiento de agregados						
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento							
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
7H	0.25	0.40	0.20	0.20	0.25	1.3	0.51	8.2	
10H	1.50	0.90	1.50	0.80		4.7	1.84	13	
11L	5.00	3.00	4.00			12	4.70	10	

**Fuente: Elaboración propia.**

### Determinación del número de deducciones permisibles, “m”

Se emplea la Ecuación 4:

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - HDV) \leq 10$$

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 13)$$

$$m = 9$$

**Tabla 34. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U12**

Nº	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	13	10	8.2			31.2	3	18
2	13	10	2			25	2	18
3	13	2	2			17	1	17

**Fuente: Elaboración propia.**

Max CDV = 18

PCI = 82

Rating = Muy Bueno

**Tabla 35. Hoja de registro de la unidad de muestra U13, tramo 2, sección 5 de la calle Loreto de Piura**

METODO PCI						ESQUEMA			
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Calle Loreto de Piura			Sección: 5		Unidad de muestra: U13				
Ejecutor: Br. Yuly Maricel Dominguez Silupu			Fecha: 10/12/20015		Area: 255.50				
1. Piel de cocodrillo		6. Depresión		11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Fisura parabólica o por deslizamiento			
2. Exudación		7. Fisura de borde		12. Agregado pulido		17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque		8. Fisura de reflexión de junta		13. Baches		18. Peladura por intemperismo			
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril-berma		14. Ahuellamiento		y desprendimiento de agregados			
5. Corrugación		10. Fisuras longitudinales y transversales		15. Desplazamiento					
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
7H	0.50	0.76	0.30	0.40	0.60	2.56	1.00	9	
10H	4.30	2.00	2.70	4.00		13	5.09	23.3	
11L	5.00	3.00	3.00			11	4.31	8.7	
13H	1.00					1	0.39	32.8	

**Fuente: Elaboración propia.**

### Determinación del número de deducciones permisibles, “m”

Se emplea la Ecuación 4:

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - HDV) \leq 10$$

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 32.8)$$

$$m = 7.2$$

**Tabla 36. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U13**

N°	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	32.8	23.3	9	8.7		73.8	4	42
2	32.8	23.3	9	2		67.1	3	43
3	32.8	23.3	2	2		60.1	2	44
4	32.8	2	2	2		38.8	1	39

**Fuente: Elaboración propia.**

Max CDV = 44

PCI = 56

Rating = Bueno



**Tabla 37. Hoja de registro de la unidad de muestra U14, tramo 2, sección 5 de la calle Loreto de Piura**

METODO PCI						ESQUEMA							
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE													
HOJA DE REGISTRO													
Nombre de la vía:		Calle Loreto de Piura				Sección:		5		Unidad de muestra:		U14	
Ejecutor:		Br. Yuly Maricel Dominguez Silupu				Fecha:		10/12/20015		Area:		255.50	
1. Piel de cocodrillo			6. Depresión			11. Parches y parches de cortes utilitarios			16. Fisura parabólica o por deslizamiento				
2. Exudación			7. Fisura de borde			12. Agregado pulido			17. Hinchamiento				
3. Fisuras en bloque			8. Fisura de reflexión de junta			13. Baches			18. Peladura por intemperismo				
4. Abultamientos y hundimientos			9. Desnivel carril-berma			14. Ahuellamiento			y desprendimiento de agregados				
5. Corrugación			10. Fisuras longitudinales y transversales			15. Desplazamiento							
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO					
7H	0.40	0.80	0.30	0.25	0.50	2.25	0.88	8.7					
10H	4.00	2.00	2.50	3.00		11.5	4.50	22					
11L	4.00	2.00	2.00			8	3.13	7.2					
13H	2.00					2	0.78	46.5					

**Fuente: Elaboración propia.**

### Determinación del número de deducciones permisibles, “m”

Se emplea la Ecuación 4:

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - HDV) \leq 10$$

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 46.5)$$

$$m = 5.9$$

**Tabla 38. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U14**

N°	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	46.5	22	8.7	7.2		84.4	4	48
2	46.5	22	8.7	2		79.2	3	50
3	46.5	22	2	2		72.5	2	53
4	46.5	2	2	2		52.5	1	52

**Fuente: Elaboración propia.**

Max CDV = 53

PCI = 47

Rating = Regular

**Tabla 39. Hoja de registro de la unidad de muestra U15, tramo 2, sección 5 de la calle Loreto de Piura**

METODO PCI					ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Calle Loreto de Piura					Sección: 5		Unidad de muestra: U15		
Ejecutor: Br. Yuly Maricel Dominguez Silupu					Fecha: 10/12/20015		Area: 126		
1. Piel de cocodrillo		6. Depresión			11. Parches y parches de cortes utilitarios			16. Fisura parabólica o por deslizamiento	
2. Exudación		7. Fisura de borde			12. Agregado pulido			17. Hinchamiento	
3. Fisuras en bloque		8. Fisura de reflexión de junta			13. Baches			18. Peladura por intemperismo	
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril-berma			14. Ahuellamiento			y desprendimiento de agregados	
5. Corrugación		10. Fisuras longitudinales y transversales			15. Desplazamiento				
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
7H	0.30	0.15	0.18	0.20		0.83	0.66	8.4	
10H	0.80	1.30	1.50	1.50		5.1	4.05	21.3	
11L	2.00	2.00	3.20			7.2	5.71	11.6	

**Fuente: Elaboración propia.**

### Determinación del número de deducciones permisibles, “m”

Se emplea la Ecuación 4:

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - HDV) \leq 10$$

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 21.3)$$

$$m = 8.2$$

**Tabla 40. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U15, Sección 5**

Nº	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	21.3	11.6	8.4			41.3	3	25
2	21.3	11.6	2			34.9	2	26
3	21.3	2	2			25.3	1	25

**Fuente: Elaboración propia.**

Max CDV = 26

PCI = 74

Rating = Muy Bueno

**Tabla 41. Hoja de registro de la unidad de muestra U15, tramo 2, sección 6 de la calle Loreto de Piura**

METODO PCI					ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Calle Loreto de Piura					Sección: 6		Unidad de muestra: U15		
Ejecutor: Br. Yuly Maricel Dominguez Silupu					Fecha: 10/12/20015		Area: 129.50		
1. Piel de cocodrillo		6. Depresión			11. Parches y parches de cortes utilitarios			16. Fisura parabólica o por deslizamiento	
2. Exudación		7. Fisura de borde			12. Agregado pulido			17. Hinchamiento	
3. Fisuras en bloque		8. Fisura de reflexión de junta			13. Baches			18. Peladura por intemperismo	
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril-berma			14. Ahuellamiento			y desprendimiento de agregados	
5. Corrugación		10. Fisuras longitudinales y transversales			15. Desplazamiento				
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
7H	0.30	0.20	0.20	0.25		0.95	0.73	8.5	
10H	1.00	2.00	1.50			4.5	3.47	18.5	
11L	2.50	2.00	3.00			7.5	5.79	11.7	

Fuente: Elaboración propia.

### Determinación del número de deducciones permisibles, “m”

Se emplea la Ecuación 4:

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - HDV) \leq 10$$

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 18.5)$$

$$m = 8.5$$

**Tabla 42. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U15, Sección 6**

Nº	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	18.5	11.7	8.5			38.7	3	23
2	18.5	11.7	2			32.2	2	23
3	18.5	2	2			22.5	1	22

**Fuente: Elaboración propia.**

Max CDV = 23

PCI = 77

Rating = Muy Bueno

**Tabla 43. Hoja de registro de la unidad de muestra U16, tramo 2, sección 6 de la Calle Loreto de Piura**

METODO PCI					ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Calle Loreto de Piura					Sección: 6		Unidad de muestra: U16		
Ejecutor: Br. Yuly Maricel Dominguez Silupu					Fecha: 10/12/20015		Area: 255.50		
1. Piel de cocodrillo		6. Depresión			11. Parches y parches de cortes utilitarios			16. Fisura parabólica o por deslizamiento	
2. Exudación		7. Fisura de borde			12. Agregado pulido			17. Hinchamiento	
3. Fisuras en bloque		8. Fisura de reflexión de junta			13. Baches			18. Peladura por intemperismo	
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril-berma			14. Ahuellamiento			y desprendimiento de agregados	
5. Corrugación		10. Fisuras longitudinales y transversales			15. Desplazamiento				
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
7H	0.40	0.37	0.35	0.70	0.40	2.22	0.87	8.7	
10H	4.00	2.50	2.00	5.00		13.5	5.28	24	
11L	0.60	4.20	6.00			10.8	4.23	8.5	

**Fuente: Elaboración propia.**

### Determinación del número de deducciones permisibles, “m”

Se emplea la Ecuación 4:

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - HDV) \leq 10$$

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 24)$$

$$m = 8$$

**Tabla 44. Cálculo del PCI de la Unidad de muestra U16**

Nº	Valor Deducido				Total	q	CDV
1	24	8.7	8.5		41.2	3	25
2	24	8.7	2		34.7	2	26
3	24	2	2		28	1	28

**Fuente: Elaboración propia.**

Max CDV = 28

PCI = 72

Rating = Muy Bueno



**Tabla 45. Resumen de Resultados**

RESUMEN DE RESULTADOS								
Unidad de muestra	Abscisa inicial	Abscisa final	Sección	Área	PCI unidad de muestra	Descripción Unidad de muestra	PCI Sección	Descripción de Sección
U1	0 + 000	0 + 36.5	1	255.50	76	Muy Bueno	73	Muy Bueno
U2	0 + 36.5	0 + 55.0		129.50	62	Bueno		
U2	0 + 55.0	0 + 73.0	2	126.00	60	Bueno	67	Bueno
U3	0 + 73.0	0 + 109.5		255.50	70	Muy Bueno		
U4	0 + 109.5	0 + 146.0		255.50	72	Bueno		
U5	0 + 146.0	0 + 182.5		255.50	54	Regular		
U6	0 + 182.5	0 + 203.0		143.50	68	Bueno		
U6	0 + 203.0	0 + 219.0	3	112.00	26	Malo	65	Bueno
U7	0 + 219.0	0 + 255.5		255.50	67	Bueno		
U8	0 + 255.5	0 + 292.0		255.50	73	Muy Bueno		
U9	0 + 292.0	0 + 255.5	4	255.50	32	Malo	38	Malo
U10	0 + 255.5	0 + 219.0		255.50	41	Regular		
U11	0 + 219.0	0 + 203.0		112.00	40	Malo		
U11	0 + 203.0	0 + 182.5	5	143.50	76	Muy Bueno	66	Bueno
U12	0 + 182.5	0 + 146.0		255.50	82	Muy Bueno		
U13	0 + 146.0	0 + 109.5		255.50	56	Bueno		
U14	0 + 109.5	0 + 73.0		255.50	47	Regular		
U15	0 + 73.0	0 + 55.0		126.00	74	Muy Bueno		
U15	0 + 55.0	0 + 36.5	6	129.50	77	Muy Bueno	75	Muy Bueno
U16	0 + 36.5	0 + 000		255.50	72	Muy Bueno		

**Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla 46. PCI Ponderado de la Red del Pavimento**

Sección	Área Sección	PCI Sección	Tramo	Área Tramo	PCI Tramo	Descripción Tramo	PCI Pavimento	Descripción Pavimento
1	385	71	1	2044	65	Bueno	61	Bueno
2	1036	65						
3	623	62						
4	623	37	2	2044	57	Bueno		
5	1036	65						
6	385	73						

**Fuente: Elaboración propia.**

## 4.2 Análisis de Resultados

En el Gráfico 52 se muestran los tramos, secciones y unidades de muestra de la red de pavimento (292 metros de longitud por 14 metros de ancho).

En este gráfico se muestra la red de pavimento dividida en dos tramos (292 metros de longitud por 7 metros de ancho). El tramo 1 de color celeste y el tramo 2 de color rojo.

Agrupando los resultados en tramos, el tramo 1 comprende las secciones 1, 2 y 3 y está conformado desde la unidad de muestra U1 hasta la unidad de muestra U8 presentando un PCI promedio de 65, lo que corresponde a un pavimento bueno. El tramo 2 comprende las secciones 4, 5 y 6 y está conformado desde la unidad de muestra U9 hasta la unidad de muestra U16 presentando un PCI promedio de 57, lo que corresponde a un pavimento bueno.

Se puede afirmar, por lo tanto, que la calle Loreto Cuadras 4 hasta la 6, en los 292 metros lineales analizados, tiene un pavimento bueno (PCI ponderado igual a 61, incluyendo a todas las 16 unidades de muestra) y que la pista del tramo 1 está en mejores condiciones que la del tramo 2.

En el tramo 1, la sección 1 muestra una calidad de pavimento muy bueno, de PCI igual a 71, pues sus unidades de muestra U1 y U2 (una parte de su área 129.50 m<sup>2</sup>) presentan la calificación de muy bueno y bueno.

La sección 2, constituida por las unidades de muestra U2 (una parte de su área 126 m<sup>2</sup>), U3, U4, U5 y parte de la U6 (una parte de su área 143.50 m<sup>2</sup>), presenta un pavimento con calificación de bueno, pues su PCI es de 65.

La sección 3, al igual que la sección anterior, sigue teniendo una calidad de pavimento bueno, pero con un PCI igual a 62. De las tres unidades de muestra que

forman parte de esta sección, tan sólo U6 una es de calidad mala, la U7 presenta calificación de buena y U8 de muy buena.

En el tramo 2, la sección 4 posee un pavimento de condición mala, con un PCI de 37. Del total de tres unidades de muestra inspeccionadas, U9 se encuentra con mala calificación al igual que parte del área analizada de U11 (112 m<sup>2</sup>) y U10 presenta un estado regular.

La sección 5 posee un pavimento con calificación de bueno al tener un PCI de 65. Esta sección está conformada por parte de la U11 (área de 143.50 m<sup>2</sup>), U12, U13, U14 y parte de U15 (área de 126 m<sup>2</sup>). Del total de las unidades de muestra inspeccionadas, tres unidades (U11, U12 y U15) tienen la calificación de muy buenas, U13 buena y U14 regular.

Finalmente, la sección 6 posee un pavimento con calificación de muy bueno al tener un PCI de 73. Está conformada por parte de la unidad de muestra U15 (área de 129.50 m<sup>2</sup>) y U16. Estas dos unidades de muestra inspeccionadas tienen calificación de muy buenas. El CPI de la Sección 6 es el mayor de todos los valores obtenidos en una sección.

El mayor valor de PCI lo tiene la unidad de muestra U12, igual a 82 y de condición muy buena. El menor PCI, de 32, corresponde a la unidad de muestra U9 de calificación mala.

Siguiendo con el análisis de resultados, se hablará de las fallas más frecuentes encontradas en las distintas unidades de muestra. Éstas son la fisura de borde (7H), las fisuras longitudinales y transversales (10H) y los parches (11L). Las dos primeras con un nivel de severidad alto y la última con un nivel de severidad bajo.

Estos tres tipos de deterioro del pavimento, se localizaron en todas las unidades de

muestra inspeccionadas.

Haciendo un análisis de los resultados por las cuadras de la Avenida Loreto que han sido objeto de estudio, tenemos:

La Cuadra 4 está conformada por las secciones 3 y 4. El PCI de la Sección 3 es 62 con un estado de la sección de bueno y El PCI de la Sección 4 es 37 con un estado de la sección de malo. Por lo que el PCI ponderado de la Cuadra 4 es 49 con una calificación de su estado del pavimento de Regular.

La Cuadra 5 está conformada por las secciones 2 y 5. El PCI de las Secciones 2 y 5 es 65 con un estado de la sección de bueno. Por lo que el PCI ponderado de la Cuadra 5 es 65 con una calificación de su estado del pavimento de Bueno.

La Cuadra 6 está conformada por las secciones 1 y 6. El PCI de la Sección 1 es 71 con un estado de la sección de muy bueno y El PCI de la Sección 6 es 73 con un estado de la sección también de muy bueno. Por lo que el PCI ponderado de la Cuadra 6 es 72 con una calificación de su estado del pavimento de Muy Bueno.

En consecuencia, la Cuadra 4 tiene un estado regular, la Cuadra 5 tiene un estado bueno y la Cuadra 6 es la que en mejores condiciones se encuentra al tener un estado del pavimento de Muy Bueno.

## V. CONCLUSIONES

- Se ha determinado que el estado en que se encuentra la red de pavimento flexible de la calle Loreto Cuadra 4 hasta la 6 es bueno con un PCI de 61.
- Se concluye que ambos tramos del pavimento se encuentran en buen estado. Sin embargo, el tramo 1 está en mejores condiciones al tener PCI igual a 65 mayor al obtenido para el tramo 2 cuyo PCI es de 57.
- Las patologías que se encontraron en todas las unidades de muestra son la fisura de borde (7H), las fisuras longitudinales y transversales (10H) y los parches (11L). Las dos primeras con un nivel de severidad alto y la última con un nivel de severidad bajo.
- Se concluye que el pavimento flexible de la Cuadra 4 tiene un estado regular con un PCI de 49, la Cuadra 5 tiene un pavimento con estado bueno con un PCI de 65 y la Cuadra 6 es la que en mejores condiciones se encuentra el pavimento al tener un estado de Muy Bueno con un PCI de 72.
- Se ha determinado que si bien la red de pavimento tiene un estado bueno, hay dos unidades de muestra (U6 y U9) que corresponden a la calle 5, cuyo estado es malo y representan casi el 9% del total del área analizada. Asimismo, parte de la unidad de muestra U11 que se encuentra en la Sección, correspondiente a la calle 4 se encuentra en mal estado al tener un PCI de 40.

## **ASPECTOS COMPLEMENTARIOS**

- Se recomienda aplicar un mantenimiento de rehabilitación de las zonas afectadas del pavimento flexible de la calle Loreto, cuadra 4 hasta la 6, sobre todo y especialmente en fisuras de borde, longitudinales y transversales y parches, ya que estas fallas se encuentran en un estado crítico, y merecen ser rehabilitadas, para mantener el nivel de bueno que actualmente posee con respecto al resto de la pavimentación.
- Se sugiere para mejorar el estado de la unidades de muestra analizadas y mitigar los efectos que producen las fallas mencionadas que se presentan principalmente en el pavimento en estudio, realizar las siguientes acciones: aplicar un riego asfáltico (riego de liga) para eliminar las fallas de peladura con nivel de severidad medio, un bacheo o parcheo profundo para los huecos o baches con nivel de severidad alto, para los parches y parches de cortes utilitarios realizar la sustitución de los mismos; para las fisuras de borde con nivel de severidad alto, un parcheo parcial o profundo; y para las fisuras longitudinales y transversales con nivel de severidad alto, un parcheo parcial o sellado de las grietas.
- Se recomienda desarrollar un mantenimiento correctivo y preventivo periódicamente en el pavimento de la calle Loreto, cuadra 4 hasta la, desde la Calle Ica hasta la Avenida Sánchez Cerro, para elevar su nivel a muy bueno.
- Se recomienda hacer un estudio a las capas de que están por debajo de la capa de rodadura, y si fuese necesario verificar la capacidad portante del suelo, para analizar porque la presencia de las fallas más concurrentes.

- Aplicar investigaciones similares posteriores al presente estudio, para conocer el comportamiento del deterioro superficial de estas estructuras en el tiempo o evaluaciones que incluyan el tiempo, la antigüedad de construcción de las estructuras, temperatura, humedad, precipitaciones pluviales y el tráfico de los vehículos.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

American Society for Testing and Materials. (2004). Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (ASTM D6433-03). Estados Unidos. 81 pp.

American Association of State Highway and Transportation Officials (2003). Norma AASHTO: Guía para el diseño de estructuras de pavimentos.

Avila Redrovan, E. & Albarracín Llivisaca, F. (2014). Tesis “Evaluación de Pavimentos en base a Métodos No Destructivos y Análisis Inverso. Caso de Estudio: Vía Chiti – Sevilla de Oro. Universidad de Cuenca – Ecuador.

Camposano Olivera, J. E. & García Cardenas, K. V. (2012). Tesis “Diagnóstico del Estado Situacional de la Via: Av. Argentina – Av. 24 de Junio por el Método: Índice de Condición de Pavimentos-2012”. Universidad Peruana Los Andes. Huancayo.

Chang Albitres, C. M. (2005). Evaluación, diseño, construcción, gestión: pavimentos, un enfoque al futuro. Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima, Perú. 150 pp

Huaman Guerrero, N. W. (2011). Tesis Magistral “La Deformación Permanente en las Mezclas Asfálticas y el Consecuente Deterioro de los Pavimentos Asfálticos en el Perú”. Universidad Nacional de Ingeniería – UNI. Lima – Perú.

Hernández R.; Fernández, C. y Baptista, P (2010). "Metodología de la investigación"

- Miranda Rebolledo, R. J. (2011). Tesis “Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos”. Universidad Austral de Chile. Valdivia – Chile.
- Rabanal Pajares, J. E. (2014). Tesis “Análisis del Estado de Conservación del Pavimento Flexible de la Vía de Evitamiento Norte, utilizando el Método del Índice de Condición del Pavimento. Cajamarca - 2014”. Universidad Privada del Norte.
- Rodríguez Velásquez, E. D. (2009). Tesis “Cálculo del Índice de Condición de Pavimento en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”. Universidad de Piura – UDEP.
- Timaná Rojas, J. (2003). Concepto de performance o comportamiento. Tecnología de pavimentos. Universidad de Piura. 49 pp.

### **Webgrafía**

- <https://www.yumpu.com/es/document/view/14306673/metodo-de-evaluacion-estandar-del-indice-para-condicion-alacpa>
- <http://es.scribd.com/doc/71598188/FALLAS-Y-TRATAMIENTOS#scribd>

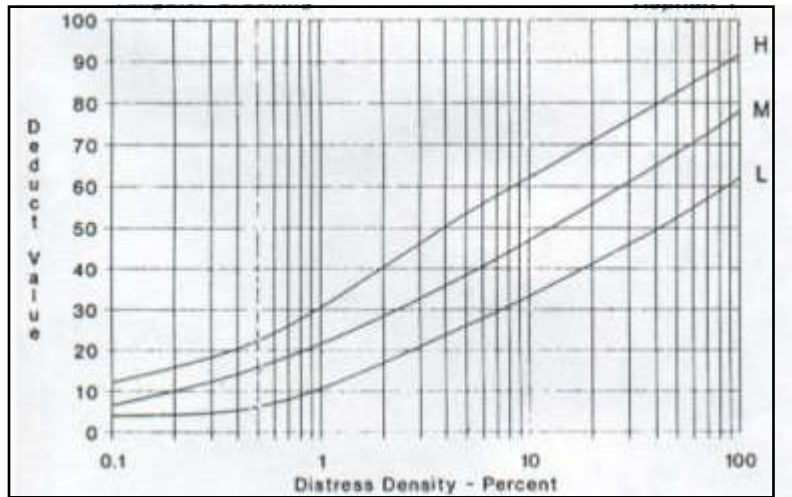


## **ANEXOS**

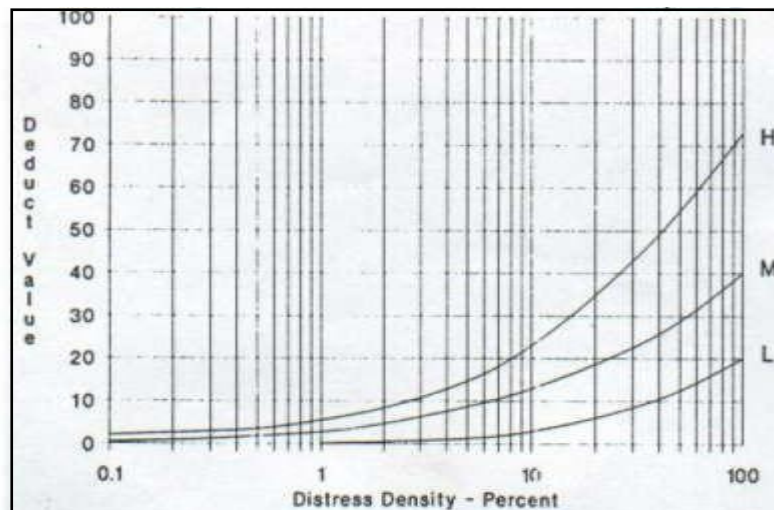
## ANEXO A

### Curvas de Valor Deducido

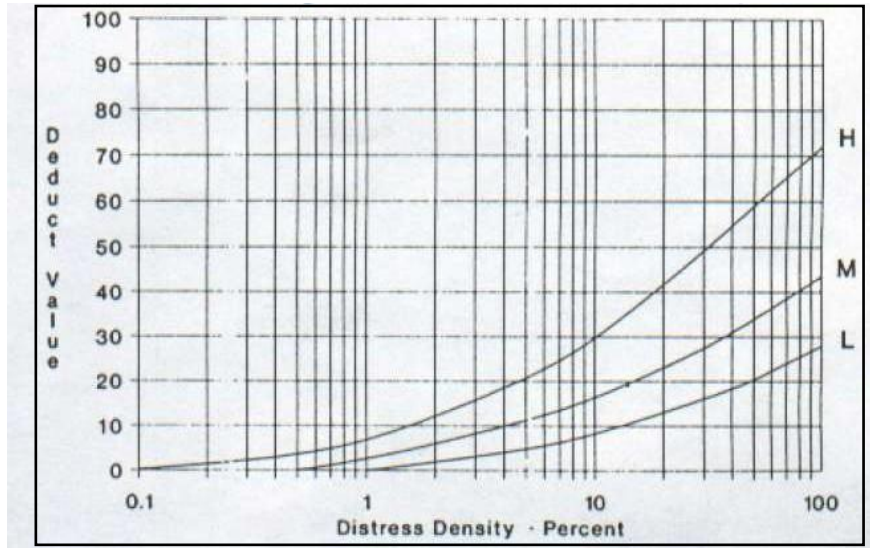
#### 1. Piel de Cocodrilo



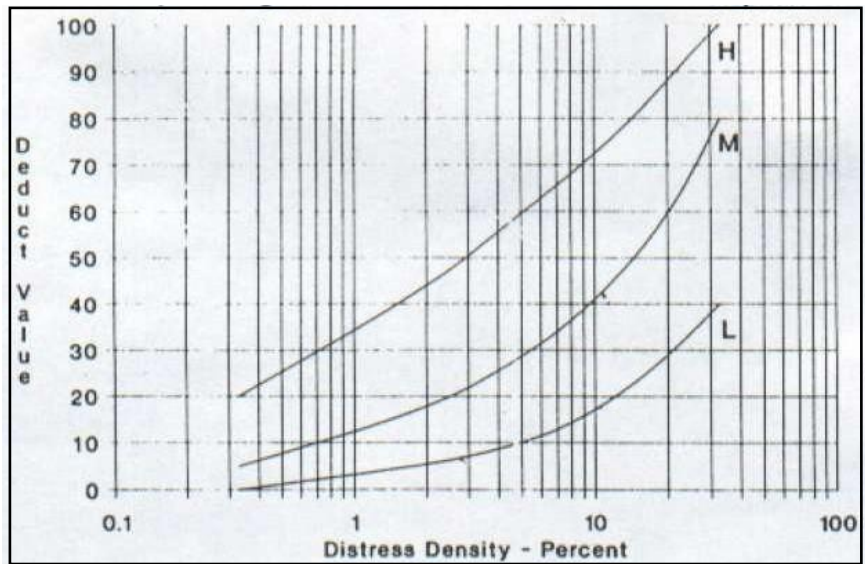
#### 2. Exudación



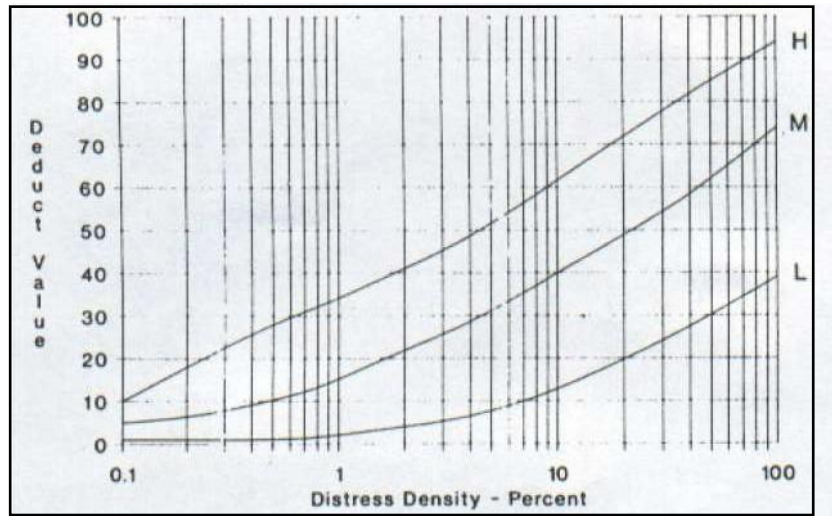
### 3. Fisuras en bloque



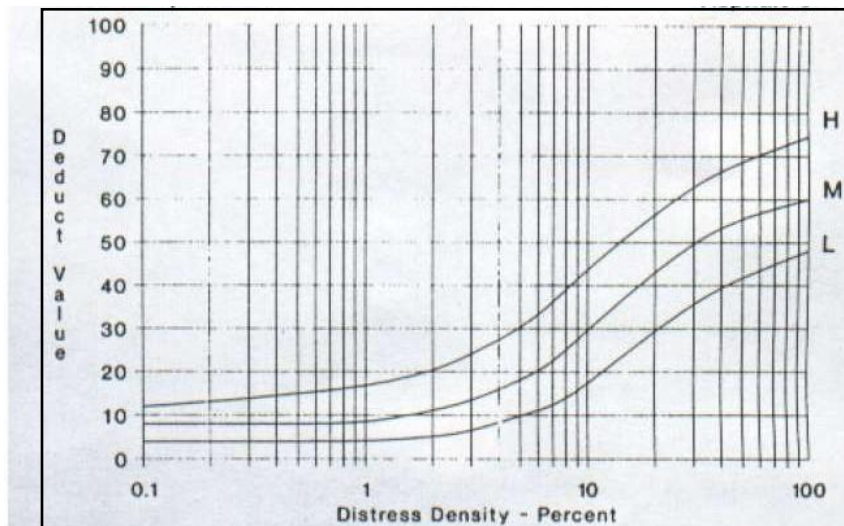
### 4. Abultamientos y hundimientos



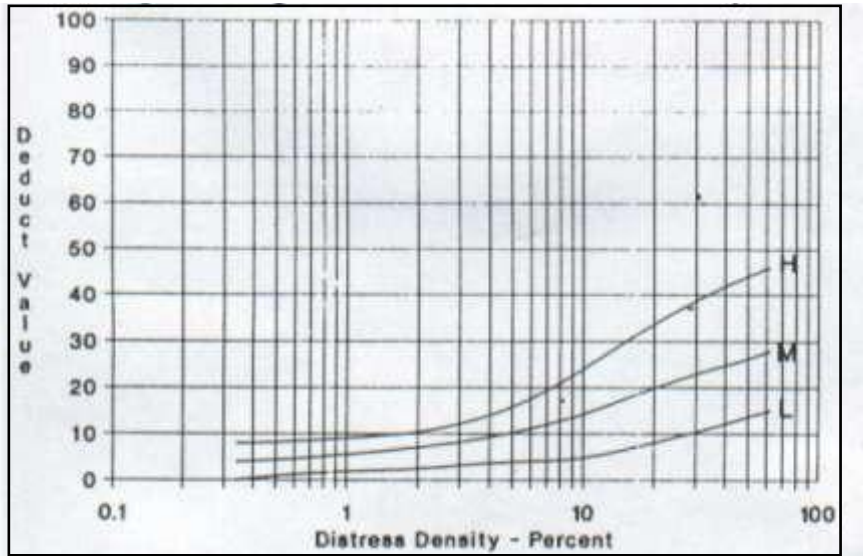
## 5. Corrugación



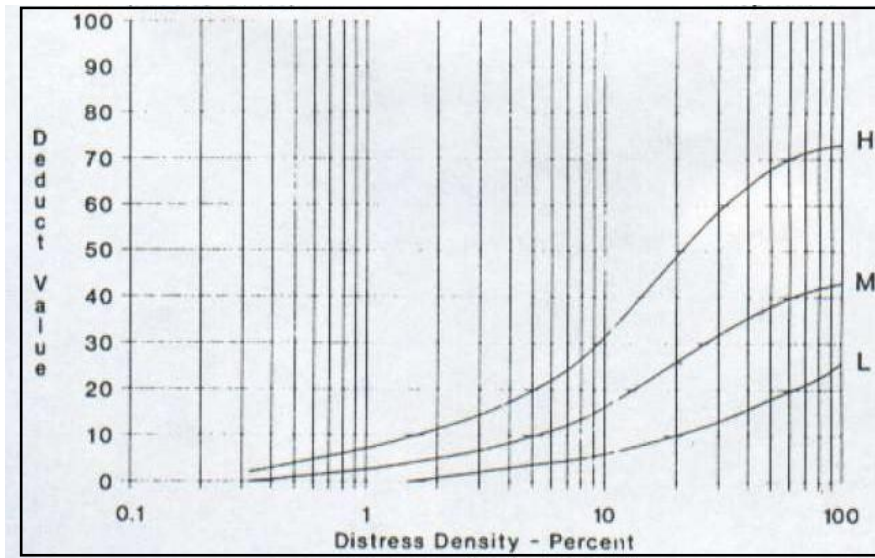
## 6. Depresión



## 7. Fisuras de borde

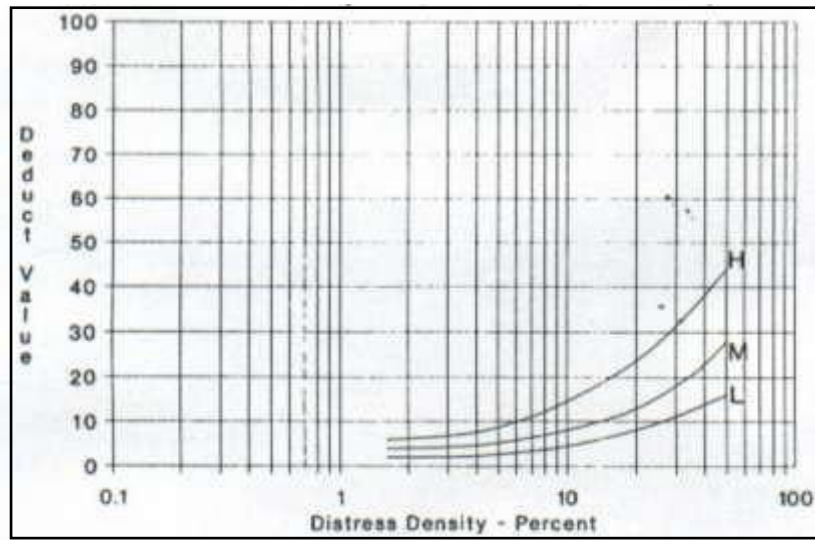


## 8. Fisuras de reflexión de junta

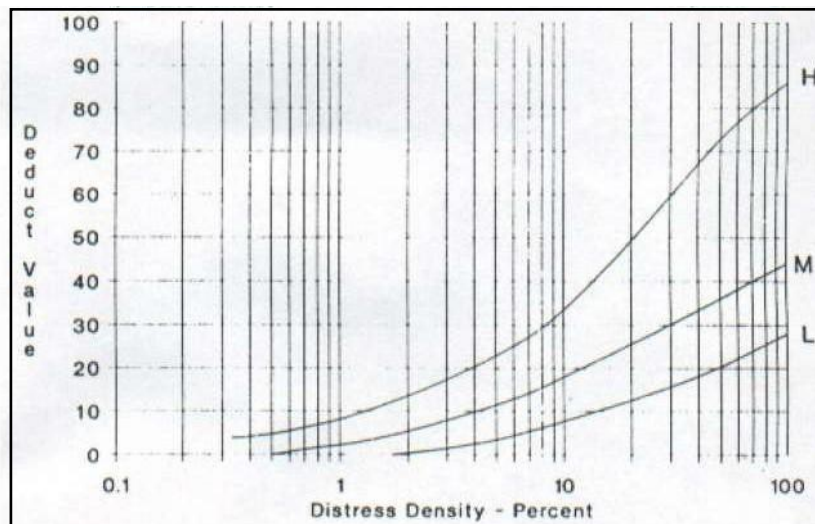




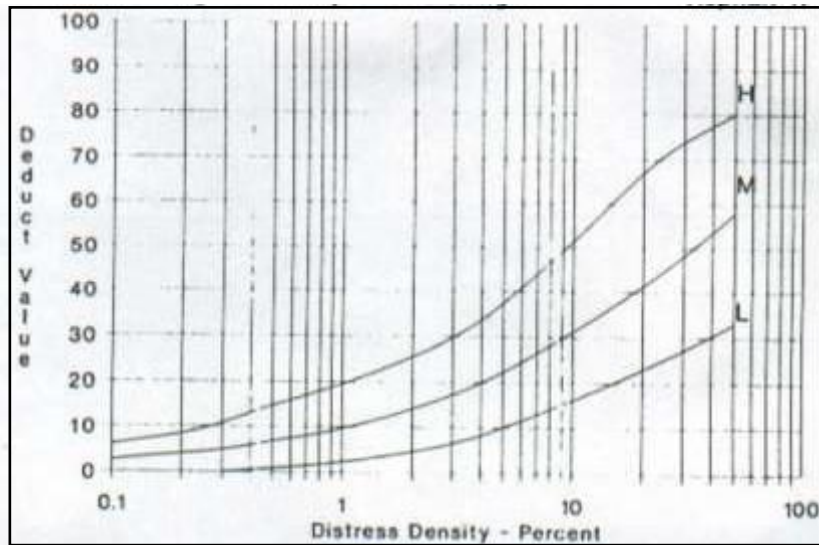
## 9. Desnivel carril – berma



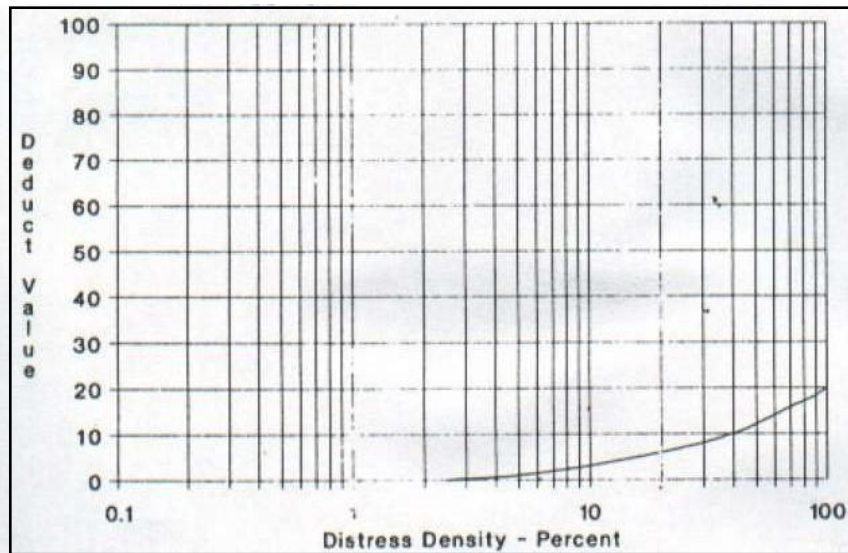
## 10. Fisuras longitudinales y transversales



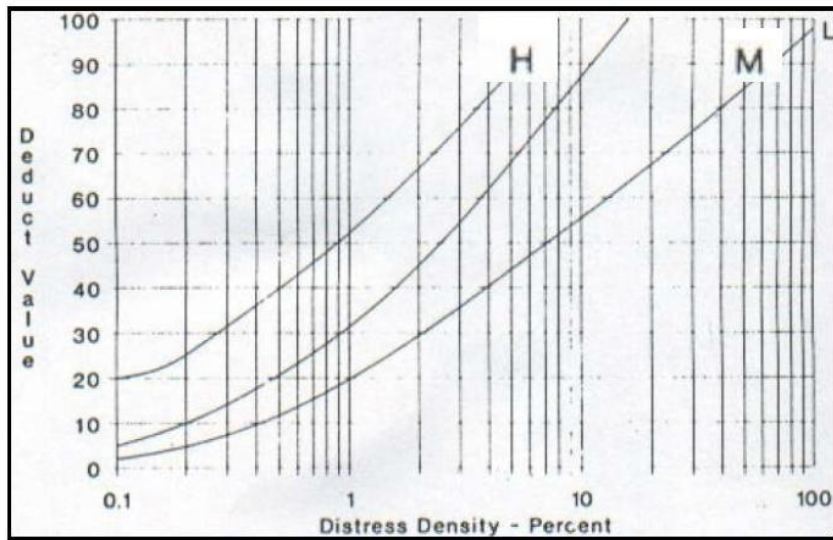
## 11. Parches y parches de cortes utilitarios



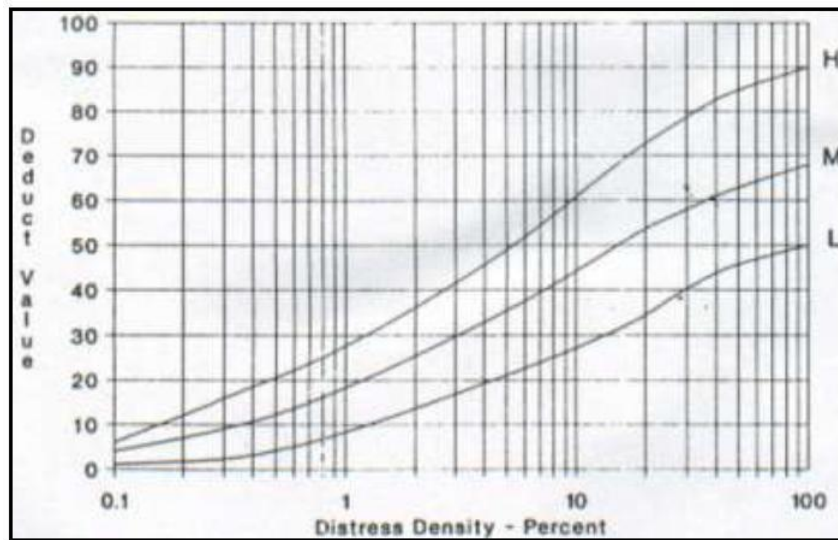
## 12. Pulimiento de agregados



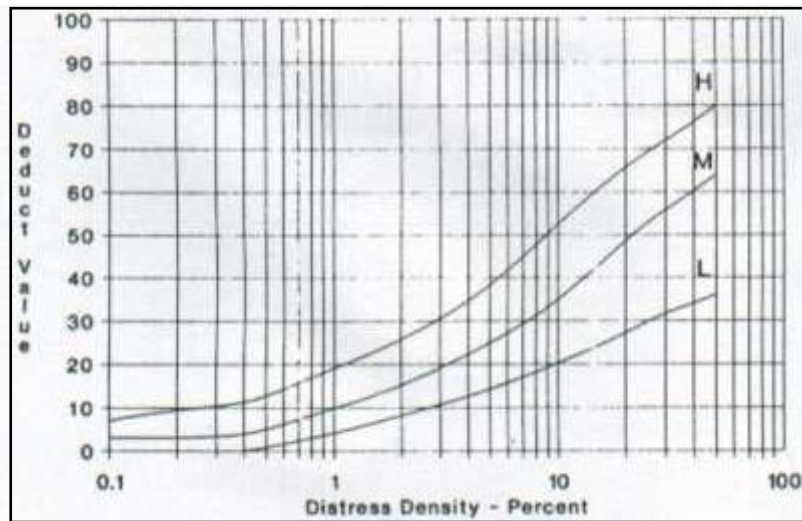
### 13. Baches



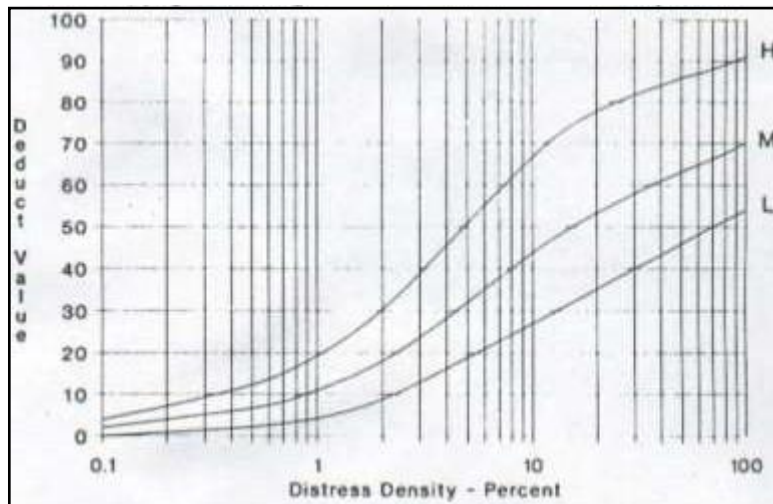
### 14. Ahuellamiento



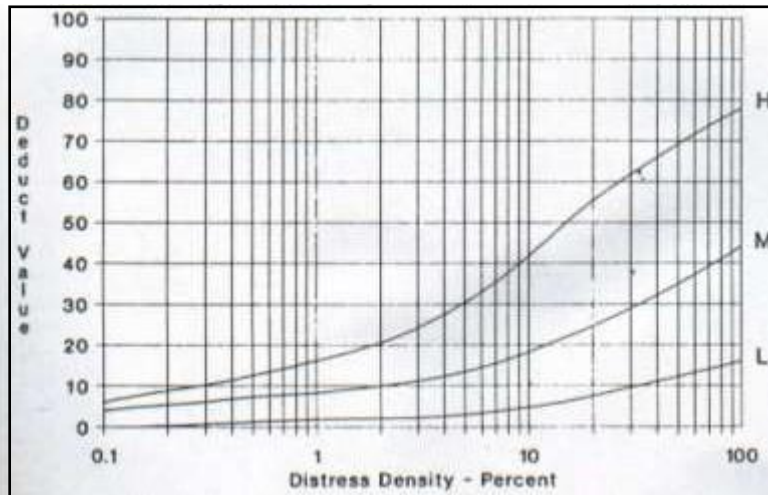
## 15. Desplazamiento



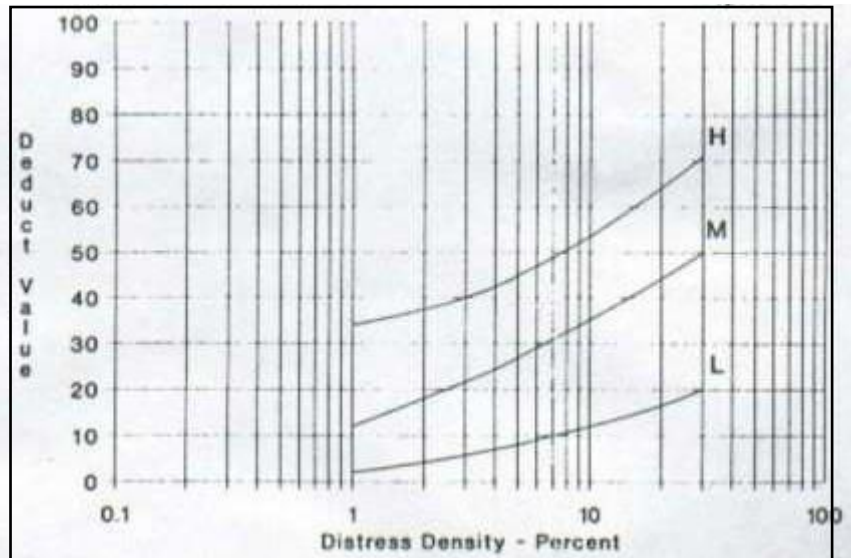
## 16. Fisura parabólica



## 17. Hinchamiento



## 18. Peladura y desprendimiento



## ANEXO B

### Fotografías digitales de fallas en la Red de Pavimento



Pavimento flexible la patología que se puede apreciar es Hundimiento tanto como fisura con abertura de 0.5-1.50 cm corte trasversal al pavimento



Fisura transversal de 2 cm en el pavimento flexible.



Parche y Hundimiento de buzón.



Parche y Hundimiento de buzón.



Fisura por sobre carga vehicular fisura transversal y longitudinal frente al Hotel Costa del Sol.



Fisura por sobre carga vehicular fisura transversal y longitudinal frente al Hotel Costa del Sol.





Parche de corte utilitario



En la parte inferior se observa el pavimento rígido con losa de concreto simple con su respectiva junta de dilatación y por encima una capa de pavimento flexible de 2 plg de espesor.  
Pavimento de asfalto en frío. Ubicado frente a la iglesia adventista N° 675



Fig.09 Deterioro de pavimento flexible por exceso de agua y humedad



Erosión y desgaste del pavimento



Fisura longitudinal y transversal separadas por 1 a 1.50 cm frente botica felicidad



Abultamiento



Bache