

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**

**ESCUELA DE POSTGRADO**



**Determinación del índice de integridad estructural y condición operacional superficial de las vías PE1N N y PI-103; aplicando la metodología PCI, Sullana Piura**

**Determination of structural integrity and surface operational condition of the roads PE1N N and PI- 103; applying PCI methodology, Sullana Piura**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN TRANSPORTES Y CONSERVACION VIAL**

**AUTOR(A):**

**Br. Luis Enrique Ordinola Enriquez**

**ASESOR(A):**

**Mg. Diómedes Marcos Martín Oyola Zapata**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2015**

## **DEDICATORIA**

A Jehová Dios grande y todopoderoso por darme la salud y la provisión económica, para lograr ser Magister en Transportes y conservación Vial.

A mi amada esposa, Rosa por su amor, paciencia, comprensión, motivación y apoyo incondicional

A mis hijos Luis, Mario, Silvana, a mi Mama Mercedes y a mi tía Victoria por Su amor y constante apoyo

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Mg. Diómedes Marcos Martín Oyola Zapata, por su asesoramiento y apoyo constante durante el proceso de elaboración para poder culminar y presentar esta tesis y optar el Grado de Magister en transportes y conservación vial.

## RESUMEN

Esta metodología fue desarrollada entre los años 1974 a 1976 por el Cuerpo de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos y ejecutado por los Ingenieros Sres. Mohamed Y. Shahin, Michael L. Darter y Starr D. Kohn, con el objeto de obtener un Sistema de Administración del Mantenimiento de Pavimentos Rígidos y Flexibles a través del PCI. y en la actualidad se encuentra normada. (ASTM, 2004).

Como antecedente podemos mencionar que esta metodología se ha aplicado en la ciudad de Piura, con el título “Cálculo del índice de Condición aplicado en el Pavimento flexible en la av. Las Palmeras de Piura.”(2008); también en la localidad de Huancabamba, denominándose “Determinación y Evaluación del Nivel de Incidencia de las Patologías del Concreto en Los Pavimentos Rígidos de La Provincia de Huancabamba, Departamento de Piura “(2010).

Preservar el patrimonio vial existente en la Ciudad de Sullana, para sus habitantes es de suma importancia y más que eso, es responsabilidad de los Ingenieros brindar métodos que permitan cumplir con esta misión; (MPS, 2008) es de esta manera que la presente investigación, pretende mostrar un método de cuantificación de los deterioros (AASHTO, 1993), aplicando la metodología PCI, lo que nos permitirá conocer y aplicar las técnicas de evaluación que esta usa; para así determinar el índice de integridad estructural y condición operacional de las vías antes mencionadas.

En consecuencia analizamos si la aplicación de la metodología PCI; en los pavimentos asfálticos de las vías antes mencionadas de la provincia de Sullana, nos permitirá la determinación de manera objetiva, del Índice de Integridad Estructural y Condición Operacional Superficial de estas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en nuestra investigación concluimos que; la metodología propuesta nos permitió determinar de manera objetiva el Índice de Integridad Estructural y Condición Operacional Superficial de las vías en estudio, lo cual nos dirá como invertir acertadamente en el mantenimiento de las vías de acuerdo a sus necesidades.

Palabras Claves: PCI, Índice de Condición de Pavimentos, Índice de Integridad Estructural, Índice de Condición Operacional, Patologías en Pavimentos.

## ABSTRACT

This methodology was developed between 1974 a 1976 for the Engineering Corps of the United States Air Force and executed by engineers Messrs. Mohamed Y. Shahin, Darter and Michael L. Starr D. Kohn, in order to obtain Management System Pavement Maintenance rigid and flexible through the PCI. And today is rationed. (ASTM, 2004)

As history can mention that this methodology has been applied in the city of Piura, entitled "Condition index calculation applied in the flexible pavement in av. Piura Palms "(2008).; Also in the town of Huancabamba, denominating "Determination and Evaluation Level Pathology Incidence of Concrete in Rigid Pavements in the province of Huancabamba, Piura" (2010).

Preserve the existing road assets in the city of Sullana, for its inhabitants it is paramount and that it is the responsibility of engineers to provide methods to accomplish this mission; (MPS, 2008) is in this way that the present investigation aims to show a method of quantifying the damage (AASHTO, 1993), applying PCI methodology, allowing us to understand and apply evaluation techniques it uses; to determine the rate of structural integrity and operational condition of the above pathways.

Consequently analyze whether the application of the PCI methodology; in asphalt pavements of the above routes of the province of Sullana, allow us to determine objectively, Structural Integrity Index and Operational Condition Surface these.

According to the results of our investigation we conclude that; the proposed methodology allowed us to objectively determine the Index of Structural Integrity and Operational Surface Condition of the roads under consideration, which tell us how to invest correctly in the maintenance of roads according to their needs.

Keywords: PCI, Pavement Condition Index, Structural Integrity Index, Operational Condition Index, pathologies in pavements.

## Contenido

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>ii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1. Problema.....	2
2. Análisis del problema.....	2
3. Formulación del Problema.....	4
4. Hipótesis de Investigación.....	4
4.1 Variables.....	4
4.2 Indicadores.....	4
5. Objetivos de Investigación .....	5
5.1 Objetivo General .....	5
5.2 Objetivos Específicos .....	5
<b>II. MARCO TEORICO</b> .....	<b>6</b>
1. Concepto de Pavimento.....	6
2. Clasificación de los Pavimentos .....	6
2.2 Pavimento Rígido.....	6
2.3 Pavimento Articulado .....	6
2. Falla en un Pavimento .....	7
3. Fallas en los Pavimentos Flexibles. (Fonseca, 2006).....	7
3.1 Falla Estructural.....	7
3.2 Fallas funcional o de Superficie.....	8
4. Tipos de Evaluación de Pavimentos.....	8
4.1 Método VIZIR. (Vasquez L. , 2008) .....	8
4.2 ASTM D 6433-99.....	9
5. Las Vías Asfaltadas en la Provincia de Sullana. (MPS, 2008) .....	9
5.1 Características Viales .....	9
5.2 Sistema vial .....	10
6. Situación actual de la Infraestructura Vial en Sullana (MPS, 2008).....	11
6.1 Descripción de los ejes viales que atraviesan o cruzan la Provincia.....	12
6.2 Análisis del Sistema Vial de la Provincia .....	14
6.3 Participación de los Caminos en el Sistema Vial. ....	14

8. Importancia de la Identificación y Evaluación de las Patologías en los Pavimentos Asfálticos. (AASHTO, 1993) .....	14
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>16</b>
1. Metodología.....	16
2. Universo o Población Muestral.....	16
2.1 Muestras .....	16
3. Diseño de la Investigación.....	16
4. Técnicas e Instrumentos de recolección y procesamiento de datos .....	17
4.1. Manual de Daños. (Vasquez L. , 2002).....	17
4.2 Equipos a utilizar .....	17
5. Técnica visual comparativa que usa la metodología PCI.....	17
5.1 Cálculo del PCI de las unidades inspeccionadas.....	42
5.2 Calculo del PCI de la Vía.....	43
6. Evaluación de la Condición del Pavimento. ....	44
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>45</b>
1. Conocer la técnica de evaluación visual comparativa que usa la metodología PCI. .....	45
1.1 Objetividad en la evaluación de los pavimentos (AASHTO, 1993) .....	47
2. Aplicación de la metodología PCI a las Vías Analizadas. ....	47
3. Vía Nacional PE 1N N Determinación del PCI .....	47
3.1 Trabajo de campo.....	47
3.2 Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación. ....	48
3.3 Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección. ....	48
3.4 Intervalo de Muestreo. ....	49
3.5 Selección de Unidades de Muestreo Adicionales.....	49
3.6 Calculo del PCI de las unidades Inspeccionadas.....	49
3.6.1 Patologías o daños que presenta la Vía .....	49
3.6.2 Primera patología: Grietas longitudinales y transversales. ....	49
3.6.3 Segunda Patología Grietas de Borde .....	49
3.7 Calculo del PCI y determinación de la Condición operacional Superficial de la Vía nacional PE1N N.....	54
4. Vía Departamental PI-103 Determinación del PCI.....	56
4.1 Trabajo de campo.....	56
4.2 Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación. ....	57
4.3 Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección.....	57
4.4 Intervalo de Muestreo. ....	57

4.5 Selección de Unidades de Muestreo Adicionales.....	58
4.6 Calculo del PCI de las unidades Inspeccionadas.....	58
4.6.1 Patologías o daños que presenta la Vía .....	58
4.6.2 Primera Patología .Grietas Longitudinales y Transversales.- .....	58
4.6.3 Segunda Patología Desnivel Carril Berma.-.....	60
4.6.4 Tercera Patología Parcheo.- .....	62
4.6.5 Cuarta Patología Pulimento de Agregados.- .....	64
4.6.6 Quinta Patología Agrietamiento en Bloque .....	66
4.7 Cálculo del PCI y determinación de la condición operacional Superficial de la Vía Departamental PI-103 .....	68
<b>V.DISCUSION .....</b>	<b>70</b>
1. Análisis de resultados en la Via PE1N N .....	70
1.1 Primera Patología. Grietas longitudinales y transversales .....	70
1.2 Segunda Patología Grietas de Borde. ....	73
2. Análisis de resultados en la Via PI-103.....	77
2.1 Primera Patología Grietas Longitudinales y Transversales.- .....	77
2.2 Segunda patología Desnivel Carril Berma .....	80
2.3 Tercera Patología Parcheo .....	83
2.4 Cuarta Patología Pulimentos de Agregados.....	86
2.5 Quinta Patología Agrietamiento en bloque .....	87
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>90</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>91</b>
<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>94</b>
<b>IX ANEXOS .....</b>	<b>95</b>

## Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación de Sullana .....	11
Figura 2 . Red Vial de la Provincia de Sullana.....	14
Figura 3: Piel de Colodrillo .....	19
Figura 4: Exudación.....	20
Figura 5 : Agrietamiento en Bloque.....	22
Figura 6 : Hundimientos.....	23
Figura 7 : Corrugación .....	24
Figura 8 : Depresión.....	25
Figura 9: Grieta de Borde.....	26
Figura 10: Grieta de Reflexión de Junta .....	28
Figura 11: Desnivel Carril Brema.....	29
Figura 12 : Grietas Longitudinales .....	30
Figura 13: Parcheo .....	32
Figura 14: Pulimento de Agregados .....	33
Figura 15 : Huecos .....	34
Figura 16 : Cruce de Via Férrea .....	35
Figura 17 : Ahuellamiento.....	36
Figura 18 : Desplazamiento.....	37
Figura 19: Grietas Parabólicas.....	38
Figura 20 : Hinchamiento.....	39
Figura 21.Meteorizacion .....	41
Figura 22: Inicio de tramo de Muestreo en el hito km 19+000 .....	47
Figura 23 : Grietas longitudinales.....	50
Figura 24 : Grietas de Borde .....	52
Figura 25 : <b>Inicio de tramo de Muestreo en el hito km 12+000</b> .....	56
Figura 26: Desnivel Carril Berma.....	60
Figura 27: Pulimento de Agregados .....	64
Figura 28 : Agrietamiento en Bloque.....	66
Figura 29 : Severidad media en grietas longitudinales y transversales .....	70
Figura 30 : Severidad alta grietas longitudinales y transversales .....	71
Figura 31: composición porcentual de grietas longitudinales y transversales en la vía PE 1N N .....	72

Figura 32 : Severidad baja grietas de borde .....	73
Figura 33: Severidad media grietas de borde .....	74
Figura 34: Severidad alta grietas de borde .....	75
Figura 35 : Composición porcentual de las grietas de borde en la vía PE 1N N.....	76
Figura 36 : Severidad baja grietas longitudinales y transversales .....	77
Figura 37: Severidad media grietas longitudinales y transversales .....	78
Figura 38 : Severidad alta grietas longitudinales y transversales .....	79
Figura 39: Severidad baja desnivel carril berma .....	80
Figura 40: Severidad media desnivel carril berma .....	81
Figura 41: Severidad alta desnivel carril berma .....	82
Figura 42: Severidad baja Parcheo .....	83
Figura 43: Severidad media Parcheo .....	84
Figura 44: Severidad alta Parcheo .....	85
Figura 45: Pulimento de agregados .....	86

## Índice de Tablas

Tabla 1 : Variable Independiente Indicadores según el tipo de falla .....	4
Tabla 2: Condición operacional superficial.....	41
Tabla 3 : Tabla de características de la técnica de evaluación visual comparativa que usa la Metodología PCI.....	45
Tabla 4 : Longitud de unidades de muestreo.....	48
Tabla 5 :-Grietas Longitudinales y Transversales presentadas por Unidad de Muestreo: Primera Patología hallada en la vía Nacional PE 1N N.....	51
Tabla 6: Grietas de Borde que se presentan por unidad de Muestreo: Segunda Patología hallada en la vía Nacional PE 1N N.....	53
Tabla 7: Cálculo del PCI de la Sección del Pávido Vía Nacional PE 1N N .....	54
Tabla 8 : Longitud de unidades de muestreo.....	56
Tabla 9 : Grietas Longitudinales y Transversales: Primera Patología hallada en la Vía Departamental P1-103 - .....	59
Tabla 10 : Desnivel Carril Berma: Segunda Patología hallada en la Vía Departamental PI-103.....	61
Tabla 11: Parcheo: Tercera Patología hallada en la Vía Departamental PI-103.: Tercera .....	63
Tabla 12 : Pulimento de Agregados: Cuarta Patología hallada en la Vía Departamental P1-103 .....	65
Tabla 13 : Agrietamiento en Bloque: Quinta Patología hallada en la Vía Departamental PI-103.....	67
Tabla 14 : Cálculo del PCI de la Sección del Pávido Vía Departamental PI-103 ....	68

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años los pavimentos han sido una solución al desarrollo económico y social de la Ciudad de Sullana, debido a que el nivel de articulación y conectividad de la Provincia chireNSE, con respecto a la región es bueno ya que se encuentra ubicada geográficamente en la parte central del Departamento de Piura, complementándose esta ubicación con el discurso de importantes vías de diferente categoría, que longitudinal y transversalmente la articulan con sus ocho distritos.

Sin embargo, el desarrollo económico social de la provincia de Sullana, con una visión de desarrollo sostenible, de estos Nodos Potenciales de los Distritos de la Provincia de Sullana, no serán logrados en su totalidad, debido a la carencia de una infraestructura vial adecuada al interior de los mismos distritos que dificulta un mayor aprovechamiento de los recursos naturales y humanos para lograr el desarrollo en términos equitativos.

Si no se cuenta con una Infraestructura Vial en buenas condiciones que permita esta accesibilidad hacia y desde los centros poblados integrando al área rural, no será posible reducir los costos logísticos, promover la movilidad de bienes y personas, favorecer accesos a servicios públicos, oportunidades económicas, desarrollar ciudades intermedias y apoyar el desarrollo de actividades productivas y sociales que redundarán en la aparición de economías de escala y aglomeración, es decir la creación y desarrollo de mercados.

De allí la importancia de la evaluación y determinación de las patologías que se presentan en los pavimentos para efectuar de manera oportuna el nivel de intervención que se requiera; es así que la solución a esta problemática se viene dando a través de diferentes acciones, cómo las siguientes:

A nivel provincial. (MPS, 2008)

Se ha elaborado El Plan Vial Provincial Participativo de Sullana, es un documento que presenta de manera ordenada y sistemática la caracterización de la problemática vial provincial y una propuesta de solución para enfrentarla, incluyendo la programación priorizada de la intervención vial, elaborado el 2008 y que abarca un horizonte de mediano plazo de 10 años.

A nivel del gobierno central. (MTC, 2005)

Con fecha 27 de enero de 1999 El Gobierno del Perú suscribió con el Banco Interamericano de Desarrollo – BID el Contrato de Préstamo 1150/OC-PE, para el

Financiamiento del programa de Rehabilitación y Mejoramiento de Carreteras, Tercera Etapa, que busca entre otros aspectos:

Mejorar la eficiencia del sistema de transporte vial nacional, este programa fue objeto de una nueva reestructuración en sus metas y plazos, a fin de incluir dentro de los componentes de Desarrollo Institucional y Estudios, recursos destinados al desarrollo organizativo del sector vial y la preparación del PE 0236- Programa de Caminos Departamentales que lleva a cabo el Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través del Proyecto Especial de infraestructura de transporte Departamental –Provias Departamental.

Así mismo cooperar con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC en la ejecución de la tercera etapa del proyecto de rehabilitación y mejoramiento de caminos.

### 1. Problema

Preservar el patrimonio vial existente en la Ciudad de Sullana, para sus habitantes es de suma importancia y más que eso, es responsabilidad de los Ingenieros brindar métodos que permitan cumplir con esta misión.

Existe un sin número de métodos que permiten realizar una proyección a futuro del estado de un pavimento, unos más precisos que otros, pero todos estos coinciden en que si se cuenta con una cuantificación precisa de la condición actual no se conseguirá una proyección exacta.

Conocer el estado de deterioro que tiene una vía es un componente vital en el sistema de mantenimiento de pavimentos, de modo que, mediante la cuantificación de este parámetro; se puede conseguir una proyección a futuro del estado del pavimento, y así determinar el nivel de intervención que demanda o necesita una vía. (MPS, 2008)

### 2. Análisis del problema

En los últimos años los pavimentos han sido una solución al desarrollo económico y social de la Ciudad de Sullana, debido a que el nivel de articulación y conectividad de la Provincia chirens, con respecto a la región es bueno ya que se encuentra ubicada geográficamente en la parte central del Departamento de Piura, complementándose esta ubicación con el discurso de importantes vías de diferente categoría, que longitudinal y transversalmente la articulan con sus ocho distritos.; sin embargo, el desarrollo económico social de la provincia de Sullana, con una visión de desarrollo sostenible, de estos Nodos Potenciales de los Distritos de la Provincia de Sullana, no serán logrados en su totalidad, debido a la carencia de una infraestructura vial adecuada al interior de los

mismos distritos que dificulta un mayor aprovechamiento de los recursos naturales y humanos para lograr el desarrollo en términos equitativos. (MPS, 2008)

Si no se cuenta con una Infraestructura Vial en buenas condiciones que permita esta accesibilidad hacia y desde los centros poblados integrando al área rural, no será posible reducir los costos logísticos, promover la movilidad de bienes y personas, favorecer accesos a servicios públicos, oportunidades económicas, desarrollar ciudades intermedias y apoyar el desarrollo de actividades productivas y sociales que redundarán en la aparición de economías de escala y aglomeración, es decir la creación y desarrollo de mercados.

Bajo esta perspectiva se escogió las vías PE-1N N y PI-103 para la aplicación de la metodología PCI debido a su importancia en el desarrollo social y económico de la Provincia.

La Vía PE-1N N se inicia en la ciudad de Sullana, distrito de Marcavelica, articulando 04 distritos Marcavelica, Salitral, Querecotillo y Lancones, finalizando en el Centro Poblado de El Amor (Lancones) que es límite fronterizo con Ecuador.

Se desarrolla totalmente dentro de ámbito provincial y cuenta con una longitud de 67.355 kilómetros, comprendidos desde el empalme con la ruta PE – 1N en Marcavelica hasta el Centro Poblado de El Amor en el distrito de Lancones.

Esta vía ha cobrado mucha importancia por ser el eje a lo largo del cual se han desarrollado los cuatro distritos que une, y por el cual salen al mercado local, nacional e internacional, los productos agrícolas y pecuarios de la margen derecha del valle del Chira. Así mismo constituye el principal acceso a la Represa de Poechos, en la cual se encuentran las más importantes obras hidráulicas que abastecen del recurso hídrico a los valles del Chira y Piura con fines de consumo humano, agrícola, hidroenergético e industrial.

La Vía PI-103 se inicia en la ciudad de Sullana, se dirige a la Provincia de Paita, desarrollándose dentro del ámbito provincial una longitud de 58.Km, comprendidos desde el empalme con la ruta PE –1N en Sullana hasta el Centro Poblado de Macacará.

Esta vía tiene una gran importancia en la actividad industrial, agrícola y comercial de la Provincia de Sullana, y de otros centros de Producción como Tambogrande, puesto que es el acceso hacia el Puerto de Paita donde los productos se exportan por trayectoria marítima hacia el mercado mundial

### 3. Formulación del Problema

¿De qué manera la aplicación de la metodología PCI, en los pavimentos asfálticos de las vías PE-1N N y PI-103 de la provincia de Sullana nos permitirá la determinación del índice de integridad estructural y condición operacional superficial de las vías antes citadas?

### 4. Hipótesis de Investigación

La aplicación de la metodología PCI; en los pavimentos asfálticos de las vías PE-1N N y PI-103 de la provincia de Sullana, nos permitirá la determinación de manera objetiva, del Índice de Integridad Estructural y Condición Operacional Superficial de las vías antes citadas.

#### 4.1 Variables

INDEPENDIENTE: Metodología PCI

DEPENDIENTE: Índice de Integridad Estructural y Condición Operacional Superficial.

#### 4.2 Indicadores

Variable Independiente:

Tabla 1 : Variable Independiente Indicadores según el tipo de falla

Tipo de falla	Indicador
Piel de cocodrilo	Área afectada en m <sup>2</sup>
Exudación	Área afectada en m <sup>2</sup>
Agrietamiento en bloque	Área afectada en m <sup>2</sup>
Corrugación	Área afectada en m <sup>2</sup>
Depresión	Área afectada en m <sup>2</sup>
Parcheo	Área afectada en m <sup>2</sup>
Pulimentos de agregados	Área afectada en m <sup>2</sup>
Cruce de vía férrea	Área afectada en m <sup>2</sup>
Ahuellamiento	Área afectada en m <sup>2</sup>
Desplazamiento	Área afectada en m <sup>2</sup>
Grietas parabólicas	Área afectada en m <sup>2</sup>
Hinchamiento	Área afectada en m <sup>2</sup>
Meteorización	Área afectada en m <sup>2</sup>
Abultamientos	Longitud afectada en ml

Grieta de borde	Longitud afectada en ml
Grieta de reflexión de junta	Longitud afectada en ml
Desnivel carril berma	Longitud afectada en ml
Grietas longitudinales y transversales	Longitud afectada en ml
Huecos	Longitud afectada en ml

Variable Dependiente:

Indicadores:

b) Severidad de la falla

Baja (low)

Media (Médium)

Alta (high)

c) Cantidad o densidad de la falla.

## 5. Objetivos de Investigación

### 5.1 Objetivo General

Determinar el Índice de Integridad Estructural y Condición Operacional Superficial; de las vías PE-1N N y PI-103 de la provincia de Sullana, aplicando la metodología PCI.

### 5.2 Objetivos Específicos

a) Conocer la técnica de evaluación visual comparativa que usa la metodología PCI.

b) Aplicar la técnica de evaluación siguiendo la metodología PCI; a los pavimentos asfálticos de las vías PE-1N N y PI-103. Para:

b1) Determinar el índice de integridad estructural de los pavimentos asfálticos de las vías PE-1N N y PI-103 utilizando la metodología PCI.

b2) Determinar la condición operacional de la superficie de los pavimentos asfálticos de las vías PE-1N N y PI-103, utilizando la metodología PCI.

## II. MARCO TEORICO

### 1. Concepto de Pavimento.

Se llama pavimento al conjunto de capas denominadas base, subbase y superficie de rodadura hechas de material seleccionado, según los requerimientos particulares de la subrasante, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

Dichas capas reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada.

### 2. Clasificación de los Pavimentos. (Fonseca, 2006)

#### 2.1 Pavimento Flexible

El pavimento flexible, es una estructura compuesta por capas granulares (subbase, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica a las sobrecapas granulares: slurry seal (lechada asfáltica), tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente.

#### 2.2 Pavimento Rígido

El pavimento rígido, es una estructura compuesta específicamente por una capa de subbase granular, la cual puede ser estabilizada con cal o cemento, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento Pórtland con aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos, cuya resistencia a la compresión debe ser mayor o igual a 280 kg/cm<sup>2</sup>. Dentro de los pavimentos rígidos existen tres categorías:

- Pavimento de concreto simple con juntas
- Pavimento de concreto con juntas y barras transversales
- Pavimento de concreto continuo reforzado

#### 2.3 Pavimento Articulado

Los pavimentos articulados son aquellos en los cuales la capa superior o acabado del pavimento está constituida por elementos prefabricados de concreto, piezas de arcilla cocida, o piedras duras en su forma natural o cortadas, que empalman entre sí sin emplear materiales cementantes para fijarlos, son iguales y de un espesor uniforme se colocan sobre una capa delgada de arena, la cual se encuentra sobre una capa granular o sobre la subrasante.

## 2. Falla en un Pavimento

Definiremos como falla a las condiciones que se presentan en un pavimento cuando este pierde las características de servicio para las que fue diseñado.

## 3. Fallas en los Pavimentos Flexibles. (Fonseca, 2006)

### 3.1 Falla Estructural

Es una deficiencia del pavimento que ocasiona de inmediato o posteriormente, una reducción en la capacidad de carga de este. En su etapa más avanzada, la falla estructural se manifiesta en la obstrucción generalizada del pavimento, a la que se asocia precisamente el índice de servicio, no necesariamente implica una falla estructural inmediata, ya que lo primero es consecuencia de su incapacidad para soportar las cargas de proyecto.

La identificación de una falla es definir su tipo y la causa que lo ha provocado, a veces es una cosa relativamente sencilla y obvia para personas experimentadas en el ramo de la construcción de carreteras. En otros casos es necesario llevar a cabo un reconocimiento completo de la zona fallada, que abarque las distintas partes que forman la estructura de la obra y hacer una serie de estudios y sondeos, recabar antecedentes de la construcción, etc. para así poder definir el origen de los deterioros y corregirlos oportunamente.

Es muy importante recalcar que se trata siempre de subsanar completamente la deficiencia que está ocasionando las fallas, corrigiendo el problema de raíz y, que no se vuelva a presentar; pues es muy común que se arregle de manera provisional o superficial en el tramo fallado y se deje sin resolver el problema ya que si no es atacado desde sus orígenes los desperfectos progresan rápidamente y después será mucho más costosa su reparación.

Las fallas estructurales las podemos clasificar tomando en cuenta el elemento estructural donde se originan así tenemos:

- Fallas atribuibles a la carpeta.
- Fallas originadas en la interfase, carpeta-base como consecuencia de la interacción inadecuada, esto es, un mal acoplamiento entre el material de base y la carpeta.
- Fallas originadas en la base, sub-base o terraplenes, como consecuencia de a inestabilidad de una o varias de estas capas.
- Fallas originadas por la repetición de cargas.

➤ Fallas asociadas a los agentes climatológicos.

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.

### 3.2 Fallas funcional o de Superficie.

La falla funcional en sí, consiste en deficiencias superficiales del pavimento a las que se asocia precisamente el índice de servicio, que afectan en mayor o menor grado la capacidad del camino en proporcionar al usuario un tránsito cómodo y seguro.

Los dos tipos de fallas estructurales y funcionales no están necesariamente relacionadas, pero puede establecerse que cuando se presenta una falla estructural, también ocurrirá en un plazo más o menos corto la falla funcional.

En ocasiones una falla funcional que no se atiende a su debido tiempo, puede también degenerar en una falla estructural. La corrección de estas fallas se efectúa con solo regularizar su superficie y conferirle la necesaria rugosidad e impermeabilidad.

## 4. Tipos de Evaluación de Pavimentos

Existen diversos métodos de evaluación de pavimentos, que son aplicables a calles y carreteras, entre estos tenemos:

### 4.1 Método VIZIR. (Vasquez L. , 2008)

Es un índice que representa la degradación superficial de un pavimento, representando una condición global que permitirá tomar algunas medidas de mantenimiento y rehabilitación. Este índice ha sido desarrollado por el Laboratoire Central des Ponts et Chaussées – France o por sus siglas en Francés LCPC.

Es un sistema, de evaluación solo para pavimentos asfálticos, que establece una distinción clara entre fallas estructurales y funcionales. El método clasifica los deterioros de los pavimentos en dos grandes categorías, A y B.

Los daños del tipo A caracterizan una condición estructural del pavimento, que está ligada a las condiciones de las diversas capas del paquete estructural, subrasante o simplemente a las capas asfálticas, Se trata de daños debido a insuficiencia en la capacidad estructural de la calzada cuyo remedio suele requerir el conocimiento de otros criterios de valoración (ensayos de resistencia,

deflexiones, etc.), estos daños comprenden las deformaciones y los agrietamientos ligados a la fatiga del pavimento.

Los daños del tipo B, dan lugar a reparaciones que generalmente no están ligadas a la capacidad estructural de la calzada. Su origen se encuentra más bien en deficiencias constructivas y condiciones locales particulares que el tránsito ayuda a poner en evidencia. Entre los deterioros del tipo B se pueden citar los agrietamientos motivados por asuntos distintos a la fatiga, los ojos de pescado, los desprendimientos, los afloramientos.

Los daños del tipo A y B se enfrentan de diferente manera. En el caso de los tipo B, la solución de mantenimiento se deriva del simple reconocimiento de su existencia, en cambio la solución a los problemas que se manifiestan por medio de daños del tipo A depende de múltiples factores y, por lo tanto, el diagnóstico exigirá la consideración de aspectos tales como la capacidad portante, la calidad de los materiales existentes, el tránsito futuro, etc.

Los daños de tipo A suelen generar trabajos importantes de rehabilitación del pavimento, los cuales traen implícito el paliativo para los daños del tipo B. Por lo tanto, el índice visual global que califica el estado del pavimento solo tiene en cuenta los daños del tipo A.

#### 4.2 ASTM D 6433-99

También conocido como Present Condition Index, o por sus siglas en inglés PCI. Este índice sirve para representar las degradaciones superficiales que se presentan en los pavimentos. (ASTM, 2004)

Este método ha sido aplicado en la presente investigación, debido a que se ha estandarizado y adoptado mundialmente por algunas entidades encargadas de Realizar la cuantificación de los deterioros en la superficie de los pavimentos La razón de aceptación mayoritaria de este sistema es que se puede aplicar tanto a pavimentos asfálticos como de concreto.

## 5. Las Vías Asfaltadas en la Provincia de Sullana. (MPS, 2008)

### 5.1 Características Viales

La Provincia de Sullana representa un importante eje vial del departamento de Piura porque permite vincularnos con las provincias de Piura, Paita, Talara, con el Departamento de Tumbes y con el País vecino el Ecuador.

A nivel distrital, el Distrito de Sullana se vincula a los demás distritos de la Provincia por vía terrestre a través de la carretera Panamericana y la carretera Paita – Tambogrande. Al interior de la ciudad el canal vía, funciona en épocas de precipitaciones como un sistema de evacuación pluvial y cuando no es así se utiliza como vía principal de enlace entre el casco urbano y los asentamientos humanos.

La problemática del sector vial en la provincia de Sullana hacia los Distritos y estos hacia sus Centros Poblados está orientada a lo siguiente:

- Falta de mantenimiento de los caminos vecinales o vías rurales
- Inexistencia de obras de arte
- Deficiente mantenimiento de las obras existentes
- Deficiente equipamiento y recursos de los gobiernos locales.
- Limitaciones presupuestales de cada uno de los distritos
- Durante la época de lluvias los caminos hacia los centros poblados se ponen intransitables,

## 5.2 Sistema vial

El objetivo de este acápite, es analizar el sistema vial de la Provincia de Sullana, desde una perspectiva regional y nacional, considerando su nivel de accesibilidad conectividad y articulación. Del mismo modo, identificar la situación actual de la infraestructura vial existente en la provincia comparando mediante indicadores viales (longitud, número de rutas y densidad vial) respecto a la región y a nivel nacional.

Preliminarmente, se puede visualizar que la articulación vial de la provincia de Sullana, por su estratégica ubicación geográfica en la parte central del Departamento de Piura, presenta una favorable conectividad y accesibilidad respecto a las vías nacionales y departamentales, articulando las provincias de Ayabaca, Paita, Talara y otras importantes localidades como Tambogrande, Las Lomas.

La oferta de infraestructura vial en la provincia de Sullana, está contenida en el Inventario Vial Provincial, documento que presenta de manera gráfica, con mapas viales y cuadros informativos, la red vial en el espacio provincial, e identifica tramos de caminos nacionales, departamentales, vecinales y de herradura.

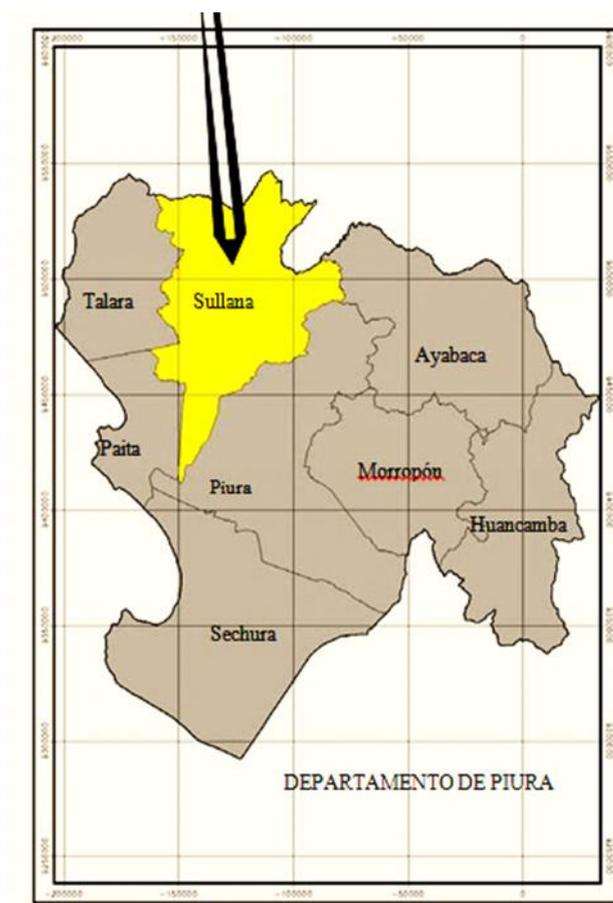


Figura 1: Ubicación de Sullana  
Fuente: (MPS, 2008)

## 6. Situación actual de la Infraestructura Vial en Sullana (MPS, 2008)

La red vial de la Provincia de Sullana, cumple con la función de soporte de las actividades sociales y económicas, e interconecta los centros poblados de todos los distritos que la conforman con los de las provincias vecinas mencionadas anteriormente.

Sullana, es una provincia de creciente actividad económica, cuya base económica es agrícola y pecuaria, cuenta con una población de 287,680 habitantes según el censo efectuado en el año 2007, la cual va en aumento.

Sullana se conecta con la capital del departamento de Piura mediante la carretera nacional PE-1N, con Talara y Tumbes mediante la misma carretera Nacional PE -1N, con Tambogrande y Las Lomas con la carretera Nacional PE - 1NM, que es una variante de la PE -1N, y se conecta con Paita mediante la ruta departamental PI-103

## 6.1 Descripción de los ejes viales que atraviesan o cruzan la Provincia.

La red vial provincial de Sullana, tiene un total de 956.61 Km. distribuidos en tres vías Nacionales, dos vías Departamentales y 117 vías Vecinales.

El nivel de articulación y conectividad de la Provincia de Sullana con respecto a la región es bueno debido a que la provincia de Sullana se encuentra ubicada geográficamente en la parte central del Departamento de Piura, complementándose esta ubicación con el discurso de importantes vías de diferente categoría que longitudinal y transversalmente articulan la provincia de Sullana con sus ocho distritos.

### Caminos Nacionales

Las vías nacionales que articulan a la Provincia de Sullana son las siguientes:

#### PE – 1N

Ruta nacional que forma parte del Eje Longitudinal de la Costa con inicio en la ciudad de Lima. La longitud que recorre la Provincia de Sullana, viene desde Piura, atraviesa Sullana y se dirige a Talara, desarrollándose en el ámbito provincial 51.913 kilómetros contabilizados desde el Centro Poblado Las Vegas hasta el Centro Poblado de Pampa Larga en el distrito de Ignacio Escudero.

Esta vía se constituye en la más importante para la ciudad de Sullana pues le permite acceso al Norte y Sur del Perú, conduce a la capital departamental y hacia la ciudad de Lima, siendo la vía por la que salen los productos que provienen de los diversos sectores de producción de la provincia de Sullana, Ayabaca, Talara, Tambogrande, Las Lomas, y abastecen al mercado nacional, y viceversa.

#### PE – 1NM

Ruta nacional, variante de la ruta nacional PE – 1N, se inicia en la ciudad de Sullana y se dirige a las ciudades de Tambogrande, Las Lomas, Macará, hasta el límite con Ecuador, desarrollándose dentro del ámbito provincial una longitud de 10.405 Kilómetros comprendidos desde el empalme con la ruta PE – 1N hasta el Puente del canal El Tablazo.

#### PE – 1N N

Ruta departamental que se inicia en la ciudad de Sullana, distrito de Marcavelica, articulando 04 distritos de la Provincia de Sullana: Marcavelica, Salitral, Querecotillo y Lancones, finalizando en el Centro Poblado de El Amor

(Lancones) que ya es límite fronterizo con Ecuador. Se desarrolla totalmente dentro de ámbito provincial y cuenta con una longitud de 67.355 kilómetros, comprendidos desde el empalme con la ruta PE – 1N en Marcavelica hasta el Centro Poblado de El Alamor en el distrito de Lancones.

Esta vía ha cobrado mucha importancia por ser el eje a lo largo del cual se han desarrollado los cuatro distritos que une, y por el cual salen al mercado local, nacional e internacional, los productos agrícolas y pecuarios de la margen derecha del valle del Chira. Así mismo constituye el principal acceso a la Represa de Poechos, en la cual se encuentran las más importantes obras hidráulicas que abastecen del recurso hídrico a los valles del Chira y Piura con fines de consumo humano, agrícola, hidroenergético e industrial.

#### Caminos Departamentales

##### PI – 103

Ruta departamental que se inicia en la ciudad de Sullana, se dirige a la Provincia de Paita, desarrollándose dentro del ámbito provincial una longitud de 58.Km, comprendidos desde el empalme con la ruta PE –1N en Sullana hasta el Centro Poblado de Macacará.

Esta vía tiene una gran importancia en la actividad industrial, agrícola y comercial de la Provincia de Sullana, y de otros centros de Producción como Tambogrande, puesto que es el acceso hacia el Puerto de Paita donde los productos se exportan por trayectoria marítima hacia el mercado mundial.

##### PI – 105

La vía departamental PI – 105 se inicia en el empalme con la vía nacional PE – 1N en el Centro Poblado de Mallares. Transcurre a lo largo de importantes caseríos y centros de producción como Samán, La Noria y Cañas, punto en el que se desvía a centros poblados más alejados como Pocitas, Chapangos y Angelitos a partir del cual la vía por falta de todo tipo de mantenimiento, escasez de tránsito, entre otros factores de tipo climatológico se ha convertido en un camino inaccesible, interrumpido y totalmente cubierto de maleza.

Esta problemática se ha visto favorecida con el desuso de la vía por parte de los centros poblados que se encuentran al final de la misma como El Angolo 2, quienes acceden a la ruta PE–1N cruzando la Quebrada Fernández límite departamental natural entre Piura y Tumbes .

## 6.2 Análisis del Sistema Vial de la Provincia

La red vial de la provincia cumple con la función de actividades sociales y económicas, e interconecta los centros poblados de los distritos de Sullana con las provincias vecinas como son Piura, Paíta, Ayabaca, Talara y distritos importantes como Las Lomas y Tambogrande

### 6.3 Participación de los Caminos en el Sistema Vial.

El siguiente cuadro permite analizar la participación por tipo de red vial según su jerarquía se puede observar que la red vial provincial de Sullana cuenta con 956.61 km de vías de las cuales 154.54 Km (15.73%) pertenecen a las vías nacionales, 60.33 km (6.30%) a las vías departamentales y 745.76 km (77.95%) son vías vecinales (entre registradas y no registradas), adicionalmente se puede observar el tipo de superficie que tiene el sistema vial de la provincia. También se puede notar el número de rutas existentes que recorren en toda la provincia es de 123, de las cuales 107 tramos no son registrados en el Sistema vial.

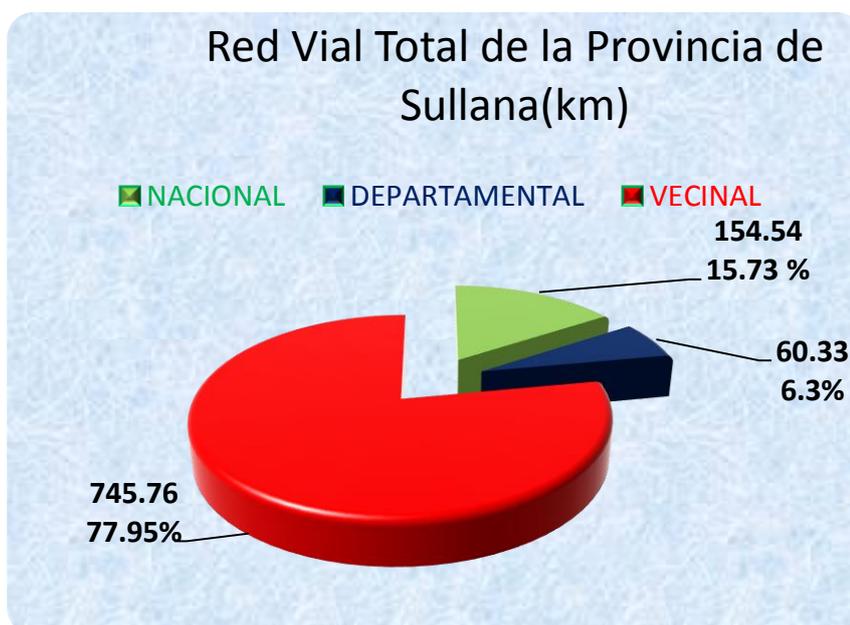


Figura 2 . Red Vial de la Provincia de Sullana  
Fuente: (MPS, 2008)

## 8. Importancia de la Identificación y Evaluación de las Patologías en los Pavimentos Asfálticos. (AASHTO, 1993)

La determinación y evaluación de las patologías en los pavimentos asfálticos es importante, pues permitirá conocer a tiempo los deterioros presentes en la superficie del

pavimento, y de esta manera realizar las correcciones, consiguiendo con ello brindar al usuario una serviciabilidad óptima.

La evaluación de pavimentos también permitirá optimizar los costos de rehabilitación, pues si se trata un deterioro incipiente, el corregirlo a tiempo prolongará la vida de servicio del pavimento ahorrando de esta manera gastos mayores.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 1. Metodología.

La metodología a realizarse será del tipo, analítico, descriptivo, de corte transversal y cuasi experimental; es descriptivo porque describe la realidad, sin alterarla, es así que la primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos.

Se establece que la metodología es analítica porque estudia los detalles de cada patología y establece las posibles causas, es cuasi experimental ya que no existe ningún tipo de aleatorización, para la selección de la muestra en estudio y es de corte transversal porque se está analizando en un periodo de tiempo determinado.

#### 2. Universo o Población Muestral

Para la presente Investigación el Universo está dado por la Vía Departamental PI-103 y la Vía Nacional PE 1N N

##### 2.1 Muestras

- De la Vía Departamental PI-103 se tomó una longitud de análisis de 3 km empezando en el km 12+0.00; en el hito ubicado cerca del Distrito de Sojo.
- De la Vía Nacional PE 1N N se tomó una longitud de análisis de 3 km empezando en el km 19+0.00; en el hito ubicado cerca del Centro Poblado Puente de los Serranos

#### 3. Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación para la cuantificación del estado actual de los pavimentos a estudiar, se encuentra estandarizado por medio de la norma ASTM D 6433, "Standart Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys", o más conocido por sus siglas en ingles PCI (Present Condition Index).

La primera etapa corresponde al trabajo de campo, en el cual se identifican los daños de manera visual teniendo en cuenta la clase, severidad, y extensión de los mismos, de acuerdo al manual de daños que nos proporciona el método.

A continuación se determina las unidades de muestreo a evaluar, esta información se registra en formatos adecuados para tal fin (los mismos que se muestran en el anexo A) se procesan los datos obtenidos de manera manual y se determina el Índice de Integridad Estructural y la Condición Operacional de la Superficie de los pavimentos evaluados.

## 4. Técnicas e Instrumentos de recolección y procesamiento de datos

### 4.1. Manual de Daños. (Vasquez L. , 2002)

Cuando se realiza la inspección de daños, debe evaluarse la calidad de tránsito para determinar el nivel de severidad de daños tales como las corrugaciones, exudación, etc.

A continuación se presenta una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito

L: (Low: Bajo): Se perciben las vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones) pero no es necesaria una reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo pero creando poca incomodidad.

M: (Medium: Medio): Las vibraciones en el vehículo son significativas y se requiere alguna reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo, creando incomodidad.

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

### 4.2 Equipos a utilizar

- Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y 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.

## 5. Técnica visual comparativa que usa la metodología PCI.

La metodología PCI usa una técnica visual comparativa para la descripción detallada de cada tipo de daño que se presenta en las vías de pavimento asfáltico, indicando el nivel de severidad con que se les cataloga, la magnitud o medida del daño según corresponda a cada caso y las opciones de reparación que se deberán implementar

### 1) Piel de Cocodrilo.

Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito.

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

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

#### Niveles de severidad

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

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

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

#### Medida

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

### Opciones de reparación

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

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

H: Parcheo parcial o Full Depth. Sobrecarpeta. Reconstrucción.



Figura 3: Piel de Colodrillo  
Fuente: (Shahin, 2005)

### 2) Exudación

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

### Niveles de severidad

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

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

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

### Medida

Se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza la exudación no deberá contabilizarse el pulimento de agregados.

### Opciones de reparación

L: No se hace nada

M: Se aplica arena / agregados y cilindrado.

H: Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentando si fuera necesario).



Figura 4: Exudación  
Fuente: (Shahin, 2005)

### 3) Agrietamiento en Bloque

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

#### Niveles de severidad

L (Low: Bajo): Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para grietas longitudinales y transversales

.M (Medium: Medio): Bloques definidos por grietas de severidad media.

H (High: Alto): Bloques definidos por grietas de alta severidad

#### Medida

Se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada generalmente, se presenta un sólo nivel de severidad en una sección de pavimento; sin embargo, cualquier área de la sección de pavimento que tenga diferente nivel de severidad deberá medirse y anotarse separadamente.

#### Opciones de reparación

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

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

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



Figura 5 : Agrietamiento en Bloque  
Fuente: (Shahin, 2005)

#### 4) Abultamientos (Bumps) y Hundimientos (Sags)

Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Los abultamientos, por otra parte, pueden ser causados por varios factores, que incluyen:

- a. Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento Pórtland con una sobrecarpeta de concreto asfáltico.
- b. Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo).
- c. Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito (algunas veces denominado “tenting”).

Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento. Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman “ondulaciones” (hinchamiento: swelling).

##### Niveles de severidad

L (Low: Bajo): Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de baja severidad.

M (Medium: Medio): Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad media.

H (High: Alto): Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad alta.

Medida

Se miden en pies lineales (ó metros lineales). Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0 m, el daño se llama corrugación. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra

.Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial.

H: Reciclado (fresado) en frío. Parcheo profundo o parcial. Sobrecarpeta



Figura 6 : Hundimientos  
Fuente: (Shahin, 2005)

## 5) Corrugación

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

### Niveles de severidad

L (Low: Bajo): Corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad.

M (Medium: Medio): Corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad.

H (High: Alto): Corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad.

### Medida

Se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada

### Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Reconstrucción.

H: Reconstrucción



Figura 7 : Corrugación  
Fuente: (Shahin, 2005)

## 6) Depresión

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

Niveles de severidad

Máxima profundidad de la depresión:

L (Low: Bajo): 13.0 a 25.0 mm.

M (Medium: Medio): 25.0 a 51.0 mm.

H (High: Alto): Más de 51.0 mm.

Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) del área afectada.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Parcheo superficial, parcial o profundo.

H: Parcheo superficial, parcial o profundo



Figura 8 : Depresión  
Fuente: (Shahin, 2005)

### 7) Grieta de Borde

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

#### Niveles de severidad

L (Low: Bajo): Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.

M (Medium: Medio): Grietas medias con algo de fragmentación desprendimiento

.H (High: Alto): Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.

#### Medida

La grieta de borde se mide en pies lineales (o metros lineales).

#### Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm.

M: Sellado de grietas. Parcheo parcial - profundo.

H: Parcheo parcial – profundo.



Figura 9: Grieta de Borde  
Fuente: (Shahin, 2005)

### 8) Grieta de Reflexión de Junta (de Losas de Concreto de Cemento Pórtland).

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

#### Niveles de Severidad

L (Low: Bajo): Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm, o
2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).

M (Medium: Medio): Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno con ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.
3. Grieta rellena de cualquier ancho rodeado de un ligero agrietamiento aleatorio.

H (High: Alto): Existe una de las siguientes condiciones:

1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad.
2. Grietas sin relleno de más de 76.0 mm.
3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas (la grieta está severamente fracturada).

#### Medida

La grieta de reflexión de junta se mide en pies lineales (o metros lineales). La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado. Por ejemplo, una grieta de 15.0 m puede tener 3.0 m de grietas de alta severidad; estas deben registrarse de forma separada. Si se presenta un abultamiento en la grieta de reflexión este también debe registrarse.

### Opciones de Reparación

L: Sellado para anchos superiores a 3.00 mm.

M: Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial.

H: Parcheo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta.



Figura 10: Grieta de Reflexión de Junta  
Fuente: (Shahin, 2005)

### 9) Desnivel Carril / Berma.

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

Niveles de severidad

L (Low: Bajo): La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0 mm.

M (Medium: Medio): La diferencia está entre 51.0 mm y 102.0 mm.

H (High: Alto): La diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm.

Medida

El desnivel carril / berma se miden en pies lineales (o metros lineales).

Opciones de reparación

L, M, H: Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.



Figura 11: Desnivel Carril Brema  
Fuente: (Shahin, 2005)

10) Grietas Longitudinales y Transversales (no son de Reflexión de Losas de Concreto de Cemento Pórtland).

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

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

Niveles de Severidad

L (Low: Bajo): Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm.
2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).

M (Medium: Medio): Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas.

3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas.

H (High: Alto): Existe una de las siguientes condiciones:

1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta.
2. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.
3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.

Medida

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

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm.

M: Sellado de grietas

H: Sellado de grietas. Parcheo parcial.



Figura 12 : Grietas Longitudinales  
Fuente: (Shahin, 2005)

## 11) Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos

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

### Niveles de Severidad

L (Low: Bajo): El parche está en buena condición buena y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.

M (Medium: Medio): El parche está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media.

H (High: Alto): El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.

### Medida

Los parches se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Sin embargo, si un sólo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Por ejemplo, un parche de 2.32 m<sup>2</sup> puede tener 0.9 m<sup>2</sup> de severidad media y 1.35 m<sup>2</sup> de baja severidad.

Estas áreas deben registrarse separadamente. Ningún otro daño (por ejemplo, desprendimiento y agrietamiento) se registra dentro de un parche; aún si el material del parche se está desprendiendo o agrietando, el área se califica únicamente como parche. Si una cantidad importante de pavimento ha sido reemplazada, no se debe registrar como un parche sino como un nuevo pavimento (por ejemplo, la sustitución de una intersección completa).

### Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Sustitución del parche.

H: Sustitución del parche.



Figura 13: Parcheo  
Fuente: (Shahin, 2005)

## 12) Pulimento de Agregados

Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados debe contarse cuando un examen revela que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que la superficie del mismo es suave al tacto.

Este tipo de daño se indica cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa.

### Niveles de severidad

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

### Medida

Se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza exudación, no se tendrá en cuenta el pulimento de agregados.

### Opciones de reparación

L, M, H: No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Fresado y sobrecarpeta.



Figura 14: Pulimento de Agregados  
Fuente: Shahin

### 13) Huecos

Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo.

Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento o meteorización. Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos, no como meteorización.

#### Niveles de severidad

Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con el Cuadro siguiente. Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en pies cuadrados (o metros cuadrados) y dividirla entre 5 pies<sup>2</sup> (0.47 m<sup>2</sup>) para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm los huecos se consideran como de severidad media.

Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta.

Medida

Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Parcheo parcial o profundo.

M: Parcheo parcial o profundo.

H: Parcheo profundo.

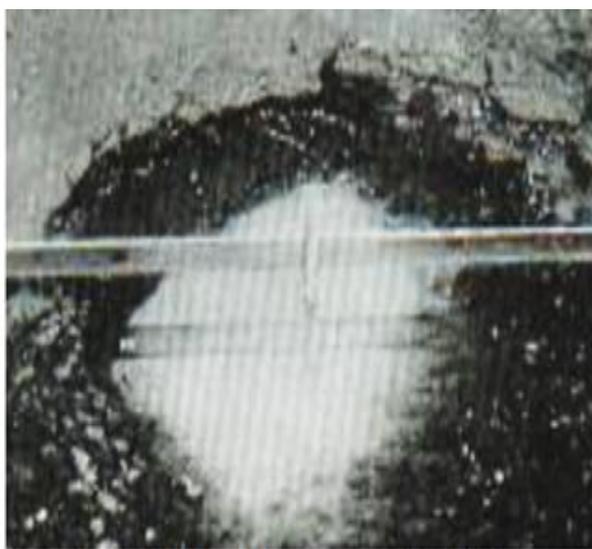


Figura 15 : Huecos  
Fuente: (Shahin, 2005)

14) Cruce de Vía Férrea.

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

Niveles de severidad

L (Low: Bajo): El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.

M (Medium: Medio): El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media

H (High: Alto): El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad alta.

Medida

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

### Opciones de reparación

L: No se hace nada: Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce: Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.



Figura 16 : Cruce de Via Férrea  
Fuente: (Shahin, 2005)

### 15) Ahuellamiento

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

#### Niveles de severidad

Profundidad media del ahuellamiento:

L (Low: Bajo): 6.0 a 13.0 mm.

M (Medium: Medio): >13.0 mm a 25.0 mm.

H (High: Alto): > 25.0 mm.

### Medida

El ahuellamiento se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada y su severidad está definida por la profundidad media de la huella. La profundidad media del ahuellamiento se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad, y usando las medidas tomadas a lo largo de aquel para calcular su profundidad media.

### Opciones de reparación

L: No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta

M: Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta

H: Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.



Figura 17 : Ahuellamiento  
Fuente: (Shahin, 2005)

### 16) Desplazamiento

El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión). Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Portland. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento Portland se incrementa causando el desplazamiento.

### Niveles de severidad

L (Low: Bajo): El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.

M (Medium: Medio): El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media.

H (High: Alto): El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

### Medida

Los desplazamientos se miden en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

Los desplazamientos que ocurren en parches se consideran para el inventario de daños como parches, no como un daño separado.

### Opciones de reparación

L: No se hace nada. Fresado.

M: Fresado. Parcheo parcial o profundo.

H:- Fresado. Parcheo parcial o profundo.



Figura 18 : Desplazamiento  
Fuente: (Shahin, 2005)

### 17) Grietas Parabólicas (Slippage).

Las grietas parabólicas por deslizamiento (slippage) son grietas en forma de media luna creciente. Son producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento.

Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento. Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada.

Nivel de severidad

L (Low: Bajo): Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm.

M (Medium: Medio): Existe una de las siguientes condiciones:

1. Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm.
2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados.

H (High: Alto): Existe una de las siguientes condiciones:

1. Ancho promedio de la grieta mayor que 38.0 mm.
2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.

Medida

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

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Parcheo parcial.

M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial.



Figura 19: Grietas Parabólicas  
Fuente: (Shahin, 2005)

### 18) Hinchamiento

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

#### Nivel de severidad

L (Low: Bajo): El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad. El hinchamiento de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.

M (Medium: Medio): El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.

H (High: Alto): El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

#### Medida

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

#### Opciones de reparación

B - No se hace nada.

M - No se hace nada. Reconstrucción.

A - Reconstrucción.



Figura 20 : Hinchamiento  
Fuente: (Shahin, 2005)

### 19) Meteorización / Desprendimiento de Agregados

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

#### Niveles de severidad

L (Low: Bajo): Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.

M (Medium: Medio): Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.

H (High: Alto): Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran huecos. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.

#### Medida

La meteorización y el desprendimiento se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada.

#### Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.

M:- Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.

H: Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción.

Para los niveles M y A, si el daño es localizado, por ejemplo, por derramamiento de aceite, se hace parcheo parcial.



Figura 21. Meteorización  
Fuente: (Shahin, 2005)

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de una encuesta visual de la condición de pavimento en el cual se establecen su tipo, severidad y cantidad que presenta cada daño, es un índice numérico, desarrollado para obtener el valor de la irregularidad de la superficie del pavimento y la condición operacional de este; varía entre 0 para pavimentos fallados y un valor de 100 para pavimentos en excelente condición.

**Tabla 2: Condición operacional superficial**

Fuente: ASTM

Rango	Clasificación
100-85	Excelente
85-70	Muy Bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy Malo
10-0	Fallado

## 5.1 Cálculo del PCI de las unidades inspeccionadas

### PASO 1: Determinación de los Valores Deducidos (VD)

1a) Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna de “Total” del formato A.1. El daño puede medirse en área, longitud o por su número según sea el tipo.

1b).Divida la “Cantidad total” de cada tipo de daño, en cada nivel de severidad, entre el “área muestra” de la unidad de muestreo y exprese el resultado en porcentaje. Esta es la “densidad” del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio

1c).Determine el “Valor Deducido” para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas o tablas denominadas “valor deducido del daño”, que se adjuntan al final de esta documento.

### PASO 2: Calculo del número máximo admisible de valores deducidos (m):

2a).Si ninguno o tan solo uno de los “valores deducidos” es mayor que 2, se usa el “valor deducido total” en lugar del “valor deducido corregido” (CDV), obtenido en el Paso 4; de lo contrario, deben seguirse los pasos 2b y 2c.

2b).Liste los valores deducidos individuales en orden descendente.

2c) Determine el “Número Máximo de Valores Deducidos” (m), utilizando la Ecuación 3,

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100.00 - HDV_i) \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$m_i$  -Número máximo admisible de “valores deducidos, incluyendo la fracción para la unidad de muestreo  $i$ . ( $m_i \leq 10$ ).

$HDV_i$  -El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo  $i$

2d).El número de valores individuales deducidos se reduce a  $m$ , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que  $m$  se utilizan los que se tengan.

### PASO 3: Calculo del máximo valor deducido corregido (CDV):

Este paso se realiza mediante un proceso iterativo que se describe así:

3a).Determine el número de valores deducidos ( $q$ ) mayores que 2

3b).Determine del “valor deducido total” sumando todos los valores deducidos individuales.

3c).Determine el CDV con el q y el “valor deducido total” en la curva de corrección, que se adjunta al final de esta documento

3d).Reduzca a 2 el menor de los valores deducidos individuales, que sea mayor a 2 y repita las etapas 3a hasta 3c. Este proceso se repite hasta que se cumpla la condición que “q” sea igual a 1.

3e).El “máximo CDV” es el mayor valor de los CDV obtenidos en el proceso de iteración indicado.

PASO 4: Calcule el PCI de la unidad de muestra. Restando de 100 el máximo CDV obtenido en el Paso 3

$$PCI=100-\text{máx.}CDV$$

## 5.2 Calculo del PCI de la Vía.

PCI de la vía es el promedio de todos los PCI de cada unidad de muestra, y si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa la Ecuación n°4

$$PCI_s = \frac{[(N - A)(PCI_R)] + [(A)(PCI_A)]}{N} \quad \text{Ecuación n°4}$$

Donde:

PCIS: PCI de la sección del pavimento.

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

PCIA: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

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

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

## 6. Evaluación de la Condición del Pavimento.

.El procedimiento de evaluación es el siguiente:

- 1) Trabajo de campo
- 2) Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación.
- 3) Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección
- 4) Intervalo de muestra
- 5) Selección de Unidades de Muestreo Adicionales
- 6) Cálculo del PCI de las unidades inspeccionadas
- 7) Calculo del PCI de la Vía.

#### IV. RESULTADOS

##### 1. Conocer la técnica de evaluación visual comparativa que usa la metodología PCI.

El presente apartado muestra los resultados obtenidos al desarrollar cada objetivo específico, teniendo como primer resultado la siguiente tabla:

Tabla 3 : Tabla de características de la técnica de evaluación visual comparativa que usa la Metodología PCI

Patología (daño)	Medición de la patología	Niveles de severidad	Opciones de reparación
Piel de cocodrilo	Área afectada en m2	Bajo (low) Medio (Medium) Alto (high)	Sello superficial Parcheo parcial Sobrecarpeta
Exudación	Área afectada en m2	Bajo (low) Medio (Medium) Alto (high)	No se hace nada Se aplica arena Se aplica arena
Agrietamiento en bloque	Área afectada en m2	Bajo (low) Medio (Medium) Alto (high)	Sellado de grietas Reciclado superficial Escarificado
Corrugación	Área afectada en m2	Bajo (low) Medio (Medium) Alto (high)	No se hace nada Reconstrucción Reconstrucción
Depresión	Área afectada en m2	Bajo (low) Medio (Medium) Alto (high)	No se hace nada Parcheo superficial Parcheo profundo
Parcheo	Área afectada en m2	Bajo (low) Medio (Medium) Alto (high)	No se hace nada Sustitución del parche Sustitución del parche
Pulimentos de agregados	Área afectada en m2	Bajo (low) Medio (Medium) Alto (high)	No se hace nada Tratamiento superficial Fresado y sobrecarpeta
Cruce de vía férrea	Área afectada en m2	Bajo (low) Medio (Medium) Alto (high)	No se hace nada Parcheo superficial Reconstrucción del cruce
Ahuellamiento	Área afectada en m2	Bajo (low) Medio (Medium) Alto (high)	No se hace nada Parcheo superficial Fresado y sobrecarpeta

Desplazamiento	Área afectada en m2	Bajo (low) Medio (Medium) Alto (high)	No se hace nada Parcheo parcial Parcheo profundo
Grietas parabólicas	Área afectada en m2	Bajo (low) Medio (Medium) Alto (high)	No se hace nada Parcheo parcial Parcheo parcial
Hinchamiento	Área afectada en m2	Bajo (low) Medio (Medium) Alto (high)	Sello superficial Sello superficial Sobrecarpeta
Meteorización	Área afectada en m2	Bajo (low) Medio (Medium) Alto (high)	No se hace nada Sello superficial Sobrecarpeta
Abultamientos	Longitud afectada en ml	Bajo (low) Medio (Medium) Alto (high)	No se hace nada Parcheo superficial Parcheo profundo
Grieta de borde	Longitud afectada en ml	Bajo (low) Medio (Medium) Alto (high)	No se hace nada Parcheo parcial Parcheo profundo
Grieta de reflexión de junta	Longitud afectada en ml	Bajo (low) Medio (Medium) Alto (high)	Sellado Parcheo parcial Parcheo profundo
Desnivel carril berma	Longitud afectada en ml	Bajo (low) Medio (Medium) Alto (high)	Renivelación Renivelación Renivelación
Grietas longitudinales transversales	Longitud afectada en ml	Bajo (low) Medio (Medium) Alto (high)	No se hace nada Sellado de grietas Parcheo parcial
Huecos	Longitud afectada en ml	Bajo (low) Medio (Medium) Alto (high)	No se hace nada Parcheo parcial Parcheo profundo

### 1.1 Objetividad en la evaluación de los pavimentos (AASHTO, 1993)

La objetividad en la evaluación de pavimentos juega un papel primordial, pues se necesita personas verdaderamente capacitadas para que realicen las evaluaciones, de tal manera que sean capaces de reconocer cada una de las patologías y los niveles de severidad que presentan de no ser así, dichas pruebas pueden perder credibilidad con el tiempo y no podrán ser comparadas, además, es importante que se escoja un método de evaluación que se encuentre estandarizado para poder decir que se ha realizado una evaluación verdaderamente objetiva

## 2. Aplicación de la metodología PCI a las Vías Analizadas.

Se seleccionaron para el presente estudio dos rutas del sistema vial de la Provincia de Sullana una Departamental PI-103 y una Nacional PE 1N N.

### 3. Vía Nacional PE 1N N Determinación del PCI

#### 3.1 Trabajo de campo

Se tomó una longitud de análisis de 3 km empezando en el km 19+0.00; en el hito ubicado cerca del Centro Poblado Puente de los Serranos. Las unidades de muestreo serán de 35.4 metros según la tabla proporcionada por el método y tomando en cuenta el ancho de la vía que es de 6.50 m.



Figura 22: Inicio de tramo de Muestreo en el hito km 19+000

Tabla 4 : Longitud de unidades de muestreo

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

### 3.2 Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación.

El número mínimo de unidades a evaluar (N) será igual a la división entre la longitud total del tramo en estudio y la longitud de la unidad de muestreo:

$$N = \frac{3000}{35.4} = 84.75 \cong 85$$

Por lo tanto se obtendrá 84 unidades a evaluar con una longitud de 35.40 metros cada una, y una unidad restante de 26.4 metros.

### 3.3 Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección.

Con las 85 unidades obtenidas, hacemos ahora el cálculo del número de unidades de muestreo, aplicando la ecuación N° 1

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

$$n = \frac{(85)(10^2)}{\frac{5^2}{4}(85-1) + (10^2)} = 13.6 \cong 13$$

Por lo tanto se tendrá 13 unidades de muestra que deberán ser inspeccionadas; durante la inspección inicial se asume una desviación estándar de 10 y un error admisible del 5%

### 3.4 Intervalo de Muestreo.

Intervalo de muestreo: Se calcula aplicando la ecuación N° 2

$$i = \frac{N}{n} \quad \text{Ecuación N°2}$$

$$i = \frac{N}{n} = \frac{85}{14} = 6.07$$

Ya que se trata de un intervalo de muestreo, tiene que optarse necesariamente por un número entero; se puede elegir entre 6 o 7, en ambos casos se cumple que las unidades de muestreo serán 13; optamos por 7.

Entonces se elige la primera unidad de muestra al azar, en este caso se ha adoptado 1, por lo tanto las unidades de muestreo a ser evaluadas serán 1, 8, 15, etc.,

### 3.5 Selección de Unidades de Muestreo Adicionales.

A lo largo de la Sección se encontraron algunas unidades en muy mal estado, las cuales se incluyeron como "unidades adicionales"

### 3.6 Cálculo del PCI de las unidades Inspeccionadas

Se calculó el PCI de cada una de las unidades inspeccionadas según el procedimiento descrito en el acápite 4.4

#### 3.6.1 Patologías o daños que presenta la Vía

Las Patologías que se han encontrado en el pavimento de la Vía Nacional PE 1N N son de dos tipos:

- Grietas Longitudinales Transversales
- Grietas de Borde tal como se muestran a continuación:

#### 3.6.2 Primera patología: Grietas longitudinales y transversales.

Los resultados obtenidos se han tabulado para su mejor evaluación y comprensión, tal como se muestra en la tabla 5

#### 3.6.3 Segunda Patología Grietas de Borde

Los resultados obtenidos se han tabulado para su mejor evaluación y comprensión, tal como se muestra en la tabla 6



Figura 23 : Grietas longitudinales

Tabla 5 :-Grietas Longitudinales y Transversales presentadas por Unidad de Muestreo: Primera Patología hallada en la vía Nacional PE 1N N

N° de Unidad de Muestreo	Tipo de Unidad	Tramo			Grietas Longitudinales y Transversales				
		Abscisa Inicial(km)	Abscisa Final(km)	Área de muestra	Baja	Media	Alta	Total(m)	Densidad (%)
1	Representativa	19+000.00	19+034.50	230.1			X	15.00	6.51
2	Representativa	19+247.8	19+283.2	230.1			X	33.84	14.70
3	Adicional	19+384.4	19+420.2	230.1			X	69.9	30.3
4	Adicional	19+424.8	19+460.2	230.1			X	18.50	8.00
5	Adicional	19+460.2	19+495.6	230.1			X	12.60	5.47
6	Representativa	19+495.6	19+531.0	230.1		X		21.70	9.43
7	Adicional	19+531.0	19+566.40	230.1		X		30.90	13.42
8	Representativa	19+743.4	19+778.8	230.1			X	22.8	9.90
9	Adicional	19+849.6	19+885.0	230.1			X	37.9	16.47
10	Representativa	19+991.2	20+026.6	230.1			X	24.00	10.43
11	Representativa	20+239.00	20+274.4	230.1			X	32.00	13.90
12	Representativa	20+486.8	20+522.2	230.1			X	10.00	4.34
13	Representativa	20+734.6	20+770.0	230.1			X	16.2	7.04
14	Representativa	20+982.4	21+017.8	230.1			X	25.7	11.16
15	Representativa	21+230.2	21+265.6	230.1		X		11.5	4.99
16	Representativa	21+478	21+513.4	230.1			X	42.00	18.25
17	Representativa	21+725.8	21+761.2	230.1					
18	Adicional	21+938.2	21+973.6	230.1			X	40.5	17.60
19	Representativa	21+973.6	22+000.0	171.6			X	8.25	4.80



Figura 24 : Grietas de Borde

Tabla 6: Grietas de Borde que se presentan por unidad de Muestreo: Segunda Patología hallada en la vía Nacional PE 1N N

Tramo					Grietas de Borde Severidad				
N° de Unidades	Tipo de Unidad	Abscisa Inicial(km)	Abscisa Final(km)	Área de muestra	Baja	Media	Alta	Total(m)	Densidad (%)
1	Representativa	19+000.0	19+034.50	230.1	X			7.63	3.31
2	Representativa	19+247.8	19+283.2	230.1					
3	Adicional	19+384.4	19+420.2	230.1			X	52.90	22.99
						X		12.4	5.38
4	Adicional	19+424.8	19+460.2	230.1			X	4.20	1.82
5	Adicional	19+460.2	19+495.6	230.1			X	18.6	8.08
6	Representativa	19+495.6	19+531.0	230.1		X		36.5	15.86
7	Adicional	19+531.0	19+566.40	230.1	X			20.7	8.99
8	Representativa	19+743.4	19+778.8	230.1			X	33.0	14.34
9	Adicional	19+849.6	19+885.0	230.1	X			4.9	2.12
10	Representativa	19+991.2	20+026.6	230.1			X	13.8	5.99
11	Representativa	20+239.0	20+274.4	230.1			X	32.0	13.90
12	Representativa	20+486.8	20+522.2	230.1			X	10.0	4.34
13	Representativa	20+734.6	20+770.0	230.1					
14	Representativa	20+982.4	21+017.8	230.1			X	3.0	1.3
15	Representativa	21+230.2	21+265.6	230.1	X			5.3	2.30
16	Representativa	21+478.0	21+513.4	230.1	X			6.0	2.60
17	Representativa	21+725.8	21+761.2	230.1	X			11.0	4.78
18	Adicional	21+938.2	21+973.6	230.1			X	11.10	4.82
19	Representativa	21+973.6	22+000.00	171.6					

### 3.7 Calculo del PCI y determinación de la Condición operacional Superficial de la Vía nacional PE1N N

Tabla 7: Cálculo del PCI de la Sección del Pávido Vía Nacional PE 1N N

Datos de la Vía: Nacional de Primer orden		Ubicación: km 19+000 al km 22+000		
Nombre de la Vía: PE 1N N				
Fecha del muestreo: 12/08/2015				
Responsable: Luis Enrique Ordinola E				
Tramo				
Tipo de Unidad	Abscisa Inicial(km)	Abscisa Final(km)	Área de muestra	PCI
Representativa	19+000.00	19+034.50	230.1	73.27
Representativa	19+247.8	19+283.2	230.1	32.76
Adicional	19+384.4	19+420.2	230.1	18.7
Adicional	19+424.8	19+460.2	230.1	57.33
Adicional	19+460.2	19+495.6	230.1	67.16
Representativa	19+495.6	19+531.0	230.1	74.72
Adicional	19+531.0	19+566.40	230.1	74.34
Representativa	19+743.4	19+778.8	230.1	55.9
Adicional	19+849.6	19+885.0	230.1	48.77
Representativa	19+991.2	20+026.6	230.1	61.2
Representativa	20+239.00	20+274.4	230.1	59.46
Representativa	20+486.8	20+522.2	230.1	79.45
Representativa	20+734.6	20+770.0	230.1	71.8
Representativa	20+982.4	21+017.8	230.1	63.85
Representativa	21+230.2	21+265.6	230.1	93.7
Representativa	21+478.0	21+513.4	230.1	50.5
Representativa	21+725.8	21+761.2	230.1	96.25
Adicional	21+938.2	21+973.6	230.1	51.54
Representativa	21+973.6	22+000.00	171.6	39.48

$$PCI_s = \frac{[(N - A)(PCI_R)] + [(A)(PCI_A)]}{N} \quad \text{Ecuación N°4}$$

**Donde:**

PCIS: PCI de la sección del pavimento.

PCIR: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias.=65.56

PCIA: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.=52.97

N: Número total de unidades de muestreo en la sección.=13

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas=6

$$PCI_s = \frac{[(13 - 6)(65.56)] + [(6)(52.97)]}{13} = 59.74$$

El Índice de integridad estructural de la Via Nacional PE 1N N es = 59.74

La condición operacional superficial de la Via Nacional PE 1N N es BUENA  
(Según Tabla 2)

#### 4. Vía Departamental PI-103 Determinación del PCI

##### 4.1 Trabajo de campo

Se tomó una longitud de análisis de 3 km empezando en el km 12+0.00; en el hito ubicado cerca del Distrito de Sojo. Las unidades de muestreo serán de 35.4 metros según la tabla proporcionada por el método y tomando en cuenta el ancho de la vía que es de 6.50 m.



Figura 25 : Inicio de tramo de Muestreo en el hito km 12+000

Tabla 8 : Longitud de unidades de muestreo

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

## 4.2 Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación.

El número mínimo de unidades a evaluar (N) será igual a la división entre la longitud total del tramo en estudio y la longitud de la unidad de muestreo:

$$N = \frac{3000}{35.4} = 84.75 \cong 85$$

Por lo tanto se obtendrá 84 unidades a evaluar con una longitud de 35.40 metros cada una, y una unidad restante de 26.4 metros.

## 4.3 Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección

Con las 85 unidades obtenidas, hacemos ahora el cálculo del número de unidades de muestreo, aplicando la ecuación N° 1

$$n = \frac{(85)(10^2)}{\frac{5^2}{4}(85-1) + (10^2)} = 13.6 \cong 13$$

Por lo tanto se tendrá 13 unidades de muestra que deberán ser inspeccionadas; durante la inspección inicial se asume una desviación estándar de 10 y un error admisible del 5%

## 4.4 Intervalo de Muestreo.

Intervalo de muestreo: Se calcula aplicando la ecuación N° 2

$$i = \frac{N}{n} = \frac{85}{14} = 6.07 \cong 7$$

Ya que se trata de un intervalo de muestreo, tiene que optarse necesariamente por un número entero; se puede elegir entre 6 o 7, en ambos casos se cumple que las unidades de muestreo serán 13; optamos por 7. Por lo tanto el intervalo de muestreo será igual a 7. Entonces se elige la primera unidad de muestra al azar, en este caso se ha adoptado 1, por lo tanto las unidades de muestreo a ser evaluadas serán 1, 8, 15, etc.,

#### 4.5 Selección de Unidades de Muestreo Adicionales.

A lo largo de la Sección se encontraron algunas unidades en muy mal estado, las cuales se incluyeron como "unidades adicionales"

#### 4.6 Calculo del PCI de las unidades Inspeccionadas

Se calculó el PCI de cada una de las unidades inspeccionadas según el procedimiento descrito en el acápite 4.4

##### 4.6.1 Patologías o daños que presenta la Vía

Las Patologías que se han encontrado en la Vía Departamental PI-103 son de 5 tipos:

- ◆ Desnivel Carril Berma,
- ◆ Grietas longitudinales y Transversales
- ◆ Parcheo
- ◆ Pulimento de Agregados
- ◆ Agrietamiento en Bloque;

##### 4.6.2 Primera Patología .Grietas Longitudinales y Transversales.-

Los resultados obtenidos se han tabulado para su mejor evaluación y comprensión, tal como se muestra en la tabla 9

Tabla 9 : Grietas Longitudinales y Transversales: Primera Patología hallada en la Vía Departamental P1-103

N° de Unidad de Muestreo	Tipo de Unidad	Tramo			Grietas Longitudinales y Transversales				
		Abscisa Inicial(km)	Abscisa Final(km)	Área de muestra	Baja	Media	Alta	Total(m)	Densidad (%)
1	Representativa	12+000.00	12+035.4	230.1	X			19.2	8.34
2	Representativa	12+247.8	12+283.2	230.1					
3	Representativa	12+495.6	12+531.0	230.1					
4	Representativa	12+743.4	12+778.8	230.1					
5	Representativa	12+991.2	12+026.6	230.1					
6	Representativa	13+239.0	13+274.4	230.1		X		32.0	13.90
7	Representativa	13+486.8	13+522.2	230.1		X		12.9	
8	Representativa	13+734.6	13+770.0	230.1					5.60
9	Representativa	13+982.4	14+017.8	230.1					
10	Representativa	14+230.2	14+265.6	230.1					
11	Adicional		14+336.4	230.1					
12	Representativa	14+478.0	14+513.4	230.1					
13	Adicional	14+513.4	14+548.8	230.1			X	35	15.21
14	Representativa	14+725.8	14+761.2	230.1	X			30	13.03
15	Adicional	14+832.0	14+867.4	230.1			X	37	16.07
16	Adicional	14+832.0	14+867.4	230.1	X			41.25	17.92
17	Adicional	14+902.8	14+938.2	230.1		X		22.0	9.56
18	Representativa	14+973.6	15+00.0	171.6			X	35.4	20.62

#### 4.6.3 Segunda Patología Desnivel Carril Berma.-

Los resultados obtenidos se han tabulado para su mejor evaluación y comprensión, tal como se muestra en la tabla 10



Figura 26: Desnivel Carril Berma

Tabla 10 : Desnivel Carril Berma: Segunda Patología hallada en la Vía Departamental PI-103

N° de Unidad de Muestreo	Tramo Tipo de Unidad	Abscisa Inicial(km)	Abscisa Final(km)	Área de muestra	Desnivel Carril Berma				Densidad (%)
					Baja	Media	Alta	Total(m)	
1	Representativa	12+000.00	12+035.4	230.1	x			15.0	6.51
2	Representativa	12+247.8	12+283.2	230.1			x	54.2	23.55
3	Representativa	12+495.6	12+531.0	230.1			x	70.8	30.76
4	Representativa	12+743.4	12+778.8	230.1			x	35.4	15.38
5	Representativa	12+991.2	12+026.6	230.1		x		35.4	15.38
6	Representativa	13+239.0	13+274.4	230.1		x		70.8	30.76
7	Representativa	13+486.8	13+522.2	230.1			x	20.0	8.69
8	Representativa	13+734.6	13+770.0	230.1					
9	Representativa	13+982.4	14+017.8	230.1					
10	Representativa	14+230.2	14+265.6	230.1					
11	Adicional		14+336.4	230.1					
12	Representativa	14+478.0	14+513.4	230.1			x	70.8	30.76
13	Adicional	14+513.4	14+548.8	230.1			x	70.8	30.76
14	Representativa	14+725.8	14+761.2	230.1			x	70.8	30.76
15	Adicional	14+832.0	14+867.4	230.1			x	70.8	30.76
16	Adicional	14+832.0	14+867.4	230.1			x	70.8	30.76
17	Adicional	14+902.8	14+938.2	230.1			x	35.4	15.38
18	Representativa	14+973.6	15+00.0	171.6					

#### 4.6.4 Tercera Patología Parcheo.-

Un parche es un área de pavimento la cual ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente; un parche se considera como un defecto no importa que tan bien de comporte, usualmente un área parchada o el área adyacente no se comporta tan bien como la sección original del pavimento.

Los resultados obtenidos con relación a esta patología, en la evaluación de la vía Departamental P1-103; se han tabulado para su mejor evaluación y comprensión, tal como se muestra en la tabla 11

Tabla 11: Parcheo: Tercera Patología hallada en la Vía Departamental PI-103.:

N° de Unidad de Muestreo	Tipo de Unidad	Tramo			Área de muestra	Baja	Parcheo Severidad			Densidad (%)
		Abscisa Inicial(km)	Abscisa Final(km)	Media			Alta	Total(m)		
1	Representativa	12+000.00	12+035.4	230.1	x			9.0	3.91	
2	Representativa	12+247.8	12+283.2	230.1						
3	Representativa	12+495.6	12+531.0	230.1						
4	Representativa	12+743.4	12+778.8	230.1		x		21.24	9.23	
5	Representativa	12+991.2	12+026.6	230.1		x		15.8	6.86	
6	Representativa	13+239.0	13+274.4	230.1		x		20.0	8.69	
7	Representativa	13+486.8	13+522.2	230.1	x			5.0	2.17	
8	Representativa	13+734.6	13+770.0	230.1	x			28.2	12.25	
9	Representativa	13+982.4	14+017.8	230.1			x	88.5	38.46	
10	Representativa	14+230.2	14+265.6	230.1			x	10.62	4.61	
11	Adicional	14+301.0	14+336.4	230.1			x	59.7	25.94	
12	Representativa	14+478.0	14+513.4	230.1	x			10.62	4.61	
13	Adicional	14+513.4	14+548.8	230.1						
14	Representativa	14+725.8	14+761.2	230.1						
15	Adicional	14+832.0	14+867.4	230.1						
16	Adicional	14+832.0	14+867.4	230.1		x		36.0	15.64	
17	Adicional	14+902.8	14+938.2	230.1		x		58.5	25.42	
18	Representativa	14+973.6	15+00.0	171.6			x	1.5	0.87	

#### 4.6.5 Cuarta Patología Pulimento de Agregados.-

Los resultados obtenidos se han tabulado para su mejor evaluación y comprensión, tal como se muestra en la tabla 12



Figura 27: Pulimento de Agregados

Tabla 12 : Pulimento de Agregados: Cuarta Patología hallada en la Vía Departamental P1-103

N° de Unidad de Muestreo	Tipo de Unidad	Tramo			Pulimento de Agregados		
		Abscisa Inicial(km)	Abscisa Final(km)	Área de muestra	Baja	Total(m)	Densidad (%)
1	Representativa	12+000.00	12+035.4	230.1			
2	Representativa	12+247.8	12+283.2	230.1			
3	Representativa	12+495.6	12+531.0	230.1			
4	Representativa	12+743.4	12+778.8	230.1	x	4.36	1.89
5	Representativa	12+991.2	12+026.6	230.1			
6	Representativa	13+239.0	13+274.4	230.1			
7	Representativa	13+486.8	13+522.2	230.1			
8	Representativa	13+734.6	13+770.0	230.1	x	6.48	2.81
9	Representativa	13+982.4	14+017.8	230.1			
10	Representativa	14+230.2	14+265.6	230.1			
11	Adicional	14+301.0	14+336.4	230.1			
12	Representativa	14+478.0	14+513.4	230.1			
13	Adicional	14+513.4	14+548.8	230.1			
14	Representativa	14+725.8	14+761.2	230.1			
15	Adicional	14+832.0	14+867.4	230.1			
16	Adicional	14+832.0	14+867.4	230.1			
17	Adicional	14+902.8	14+938.2	230.1			
18	Representativa	14+973.6	15+00.0	171.6			

#### 4.6.6 Quinta Patología Agrietamiento en Bloque

Los resultados obtenidos se han tabulado para su mejor evaluación y comprensión, tal como se muestra en la tabla 13



Figura 28 : Agrietamiento en Bloque

Tabla 13 : Agrietamiento en Bloque: Quinta Patología hallada en la Vía Departamental PI-103

N° de Unidad de Muestreo	Tipo de Unidad	Tramo			Agrietamiento en Bloque				
		Abscisa Inicial(km)	Abscisa Final(km)	Área de muestra	Baja	Media	Alta	Total(m)	Densidad (%)
1	Representativa	12+000.00	12+035.4	230.1					
2	Representativa	12+247.8	12+283.2	230.1					
3	Representativa	12+495.6	12+531.0	230.1		x		31.24	13.57
4	Representativa	12+743.4	12+778.8	230.1	x			6.0	2.60
5	Representativa	12+991.2	12+026.6	230.1					
6	Representativa	13+239.0	13+274.4	230.1					
7	Representativa	13+486.8	13+522.2	230.1					
8	Representativa	13+734.6	13+770.0	230.1		x		35.4	15.38
9	Representativa	13+982.4	14+017.8	230.1	x			13.0	5.64
10	Representativa	14+230.2	14+265.6	230.1					
11	Adicional	14+301.0	14+336.4	230.1			x	4.6	1.99
12	Representativa	14+478.0	14+513.4	230.1			x	30.0	13.03
13	Adicional	14+513.4	14+548.8	230.1			x	30.0	13.03
14	Representativa	14+725.8	14+761.2	230.1					
15	Adicional	14+832.0	14+867.4	230.1					
16	Adicional	14+832.0	14+867.4	230.1					
17	Adicional	14+902.8	14+938.2	230.1					
18	Representativa	14+973.6	15+00.0	171.6					

## 4.7 Cálculo del PCI y determinación de la condición operacional Superficial de la Vía Departamental PI-103

Tabla 14 : Cálculo del PCI de la Sección del Pávimeto Vía Departamental PI-103

<b>Datos de la Vía: Departamental</b>		<b>Ubicación: km 12+000 al km 15+000</b>		
<b>Nombre de la Vía: PI-103</b>				
<b>Fecha del muestreo: 20/08/2015</b>				
<b>Responsable: Luis Enrique Ordinola Enríquez</b>				
		<b>Tramo</b>		
<b>Tipo de Unidad</b>	Abscisa Inicial(km)	Abscisa Final(km)	Área de muestra	PCI
<b>Representativa</b>	12+000.00	12+035.4	230.1	70.6
<b>Representativa</b>	12+247.8	12+283.2	230.1	75.63
<b>Representativa</b>	12+495.6	12+531.0	230.1	63.94
<b>Representativa</b>	12+743.4	12+778.8	230.1	63.00
<b>Representativa</b>	12+991.2	12+026.6	230.1	71.74
<b>Representativa</b>	13+239.0	13+274.4	230.1	56.17
<b>Representativa</b>	13+486.8	13+522.2	230.1	79.6
<b>Representativa</b>	13+734.6	13+770.0	230.1	69.00
<b>Representativa</b>	13+982.4	14+017.8	230.1	40.91
<b>Representativa</b>	14+230.2	14+265.6	230.1	63.13
<b>Adicional</b>	14+301.0	14+336.4	230.1	27.18
<b>Representativa</b>	14+478.0	14+513.4	230.1	49.50
<b>Adicional</b>	14+513.4	14+548.8	230.1	34.31
<b>Representativa</b>	14+725.8	14+761.2	230.1	67.80
<b>Adicional</b>	14+832.0	14+867.4	230.1	46.06
<b>Adicional</b>	14+902.8	14+938.2	230.1	49.30
<b>Adicional</b>	14+938.2	14+973.6	230.1	50.48
<b>Representativa</b>	14+973.6	15+00.0	171.6	47.12

$$PCI_s = \frac{[(N - A)(PCI_R)] + [(A)(PCI_A)]}{N} \quad \text{Ecuación N° 4}$$

Donde:

PCIS: PCI de la sección del pavimento.

PCIR: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias.=62.94

PCIA: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.=41.46

N: Número total de unidades de muestreo en la sección.=13

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas=5

$$PCI = \frac{\{[(13 - 5)(62.94)] + [(5)(41.46)]\}}{13} = 54.67$$

El Índice de integridad estructural de la Via Nacional PI-103 es = 54.67

La condición operacional superficial de la Via Nacional PE 1N N es REGULAR  
(Según Tabla 2)

## V.DISCUSION

En el presente capítulo se discuten los resultados obtenidos, así: la metodología PCI clasifica los daños que se presentan en los pavimentos flexibles en 19 clases; y la manera de cuantificar el daño o patología que presentan; es través de la medición del área o de la longitud que muestran; de las cuales la moda de las mediciones es el área afectada.

Los niveles de severidad que presentan son los siguientes: Bajo (low), Medio (Médium), High (Alto); cuando el nivel de daño es bajo usualmente no se hace ninguna reparación, cuando se presenta nivel de severidad medio se hace un sellado de grietas, un sellado parcial o un parcheo parcial y si el nivel de severidad es alto La recomendación es escarificar, parcheo profundo o sobrecarpeta

### 1. Análisis de resultados en la Via PE1N N

#### 1.1 Primera Patología. Grietas longitudinales y transversales

De la información visualizada en la tabla 5 graficamos los datos para Severidad Media, para hacer un análisis puntual de la data

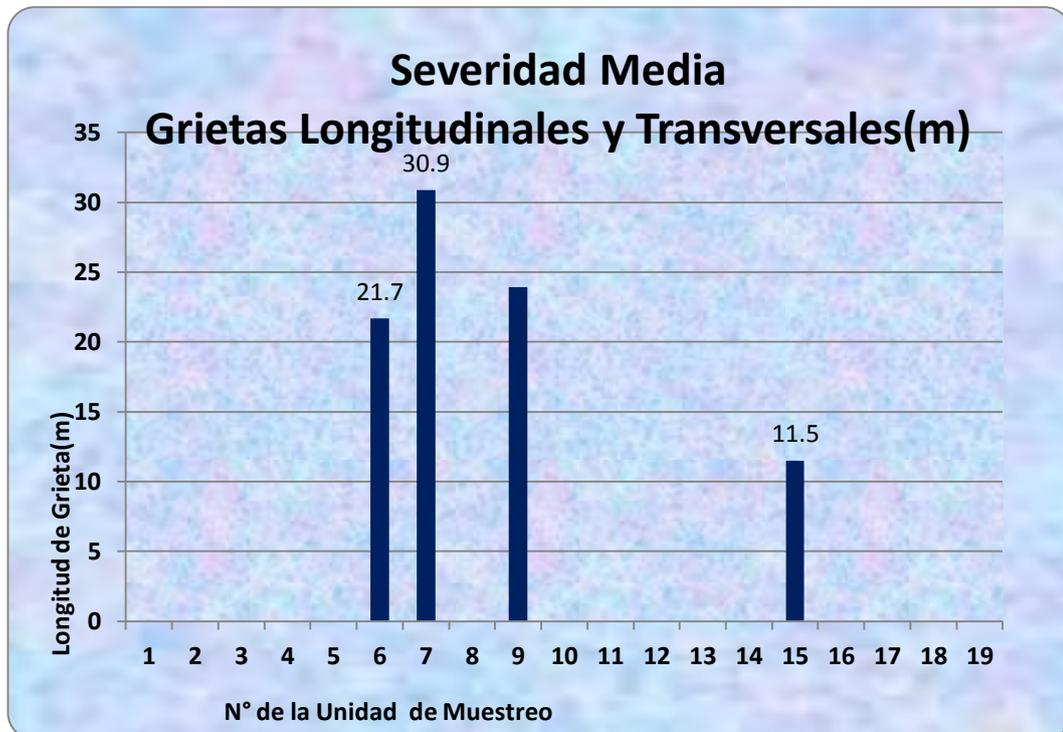


Figura 29 : Severidad media en grietas longitudinales y transversales

De las 19 unidades de muestreo inspeccionadas sólo 4 presentan severidad media, no hay grietas de severidad baja, lo cual nos indica que no se están creando nuevas grietas la máxima longitud es de 30.9 m y la mínima es de 11.5 m. Como podemos visualizar no hay severidades medias inferiores a 11.5m y si observamos la Tabla 5 notaremos que primero una grieta pasa por ser de severidad baja, luego media y finalmente alta; pero sabemos que si se presenta un periodo lluvioso el Agua ingresara por las grietas y se ha demostrado que el agua libre al interior un pavimento puede deteriorar de 20 a 50 veces su capacidad estructural (Robertson, 1998); la recomendación sería un sellado de grietas.

De la información que nos proporciona la Tabla 5 graficamos los datos para Severidad Alta, para hacer un análisis puntual dela data

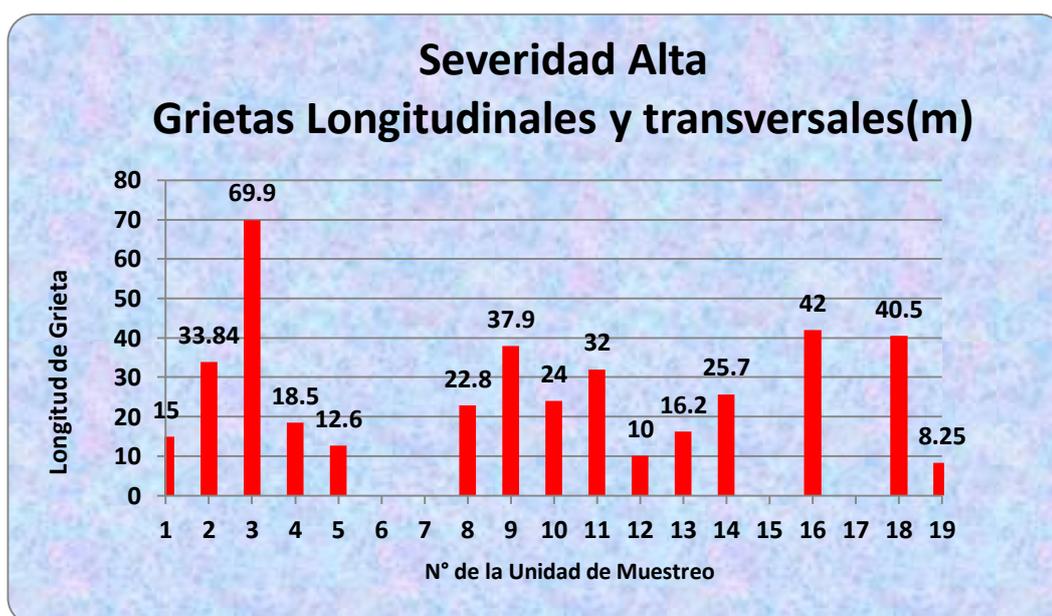


Figura 30 : Severidad alta grietas longitudinales y transversales

De las 19 unidades de muestreo 15 presentan Severidad Alta; lo cual nos indica que un 78.94% de las unidades están severamente afectadas, y sólo un 21.05% no presentan ninguna clase de severidad.; por otro lado sabemos que las grietas de severidad media empeorarán y se convertirán en grietas de severidad alta.

Como se ha producido una "consolidación" del paquete estructural de la pista por las cargas de tráfico; entonces ¿cómo es que las grietas de severidad media se convertirán en grietas de severidad alta?; porque usualmente este tipo de grietas de severidad media una vez que se han presentado seguirán deteriorándose ya no necesitarán necesariamente estar asociadas con cargas (Vasquez L. , 2002) Esto sumado a un periodo lluvioso como ya se mencionó anteriormente sería catastrófico; por lo que la recomendación sería un Parchado parcial.

De la información que nos proporciona la Tabla 5 graficamos los datos para todos los tipos de Severidad que se presentan en Grietas Longitudinales y Transversales.

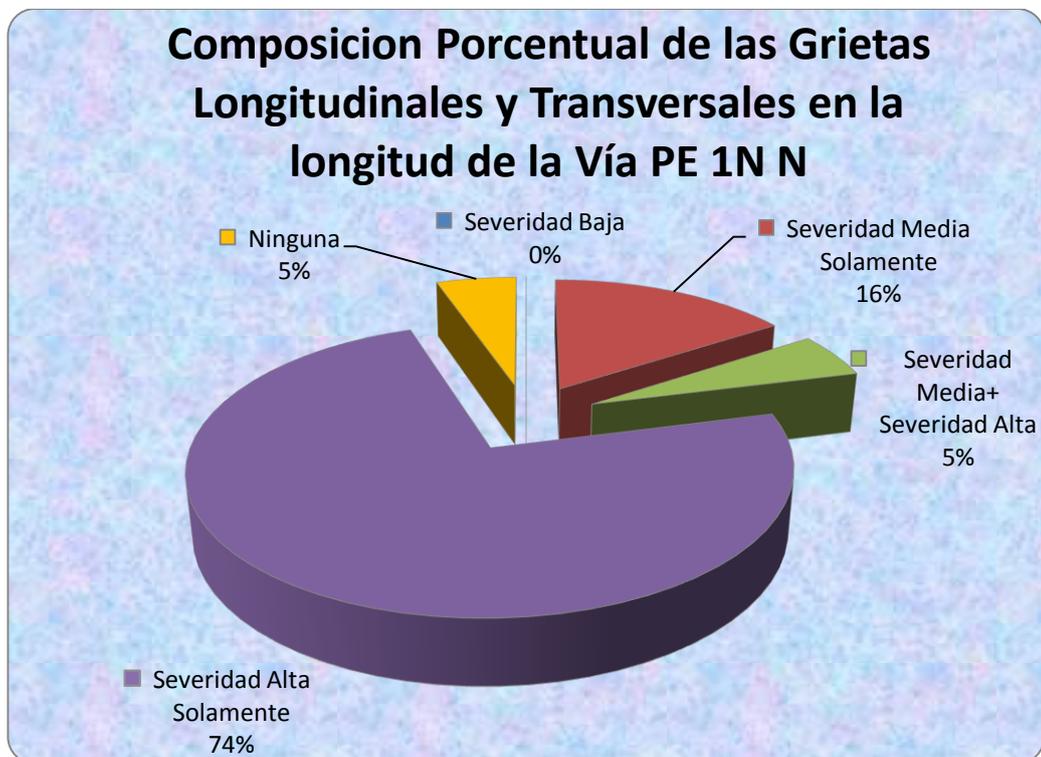


Figura 31: composición porcentual de grietas longitudinales y transversales en la vía PE 1N N

En la fig. 31 Podemos observar que no hay grietas longitudinales y transversales de severidad baja, existe un 16% de severidad media que está empeorando muy lentamente a severidad alta, este cambio se acentuara rápidamente ante la presencia de un periodo lluvioso, entonces tendríamos 74% de severidad alta+16% de severidad media que empeorarán a severidad alta =90% de grietas con severidad

alta; lo cual afectaría al pavimento; pues tendríamos un paquete estructural totalmente vulnerable ante un periodo lluvioso. La recomendación sería un sellado de grietas o un parchado parcial.

### 1.2 Segunda Patología Grietas de Borde.

Los resultados obtenidos se han tabulado para su mejor evaluación y comprensión, tal como se muestra en la tabla 6

De la información que nos proporciona la Tabla 6 graficamos los datos para Severidad Baja, en Grietas de Borde; para hacer un análisis de la data.

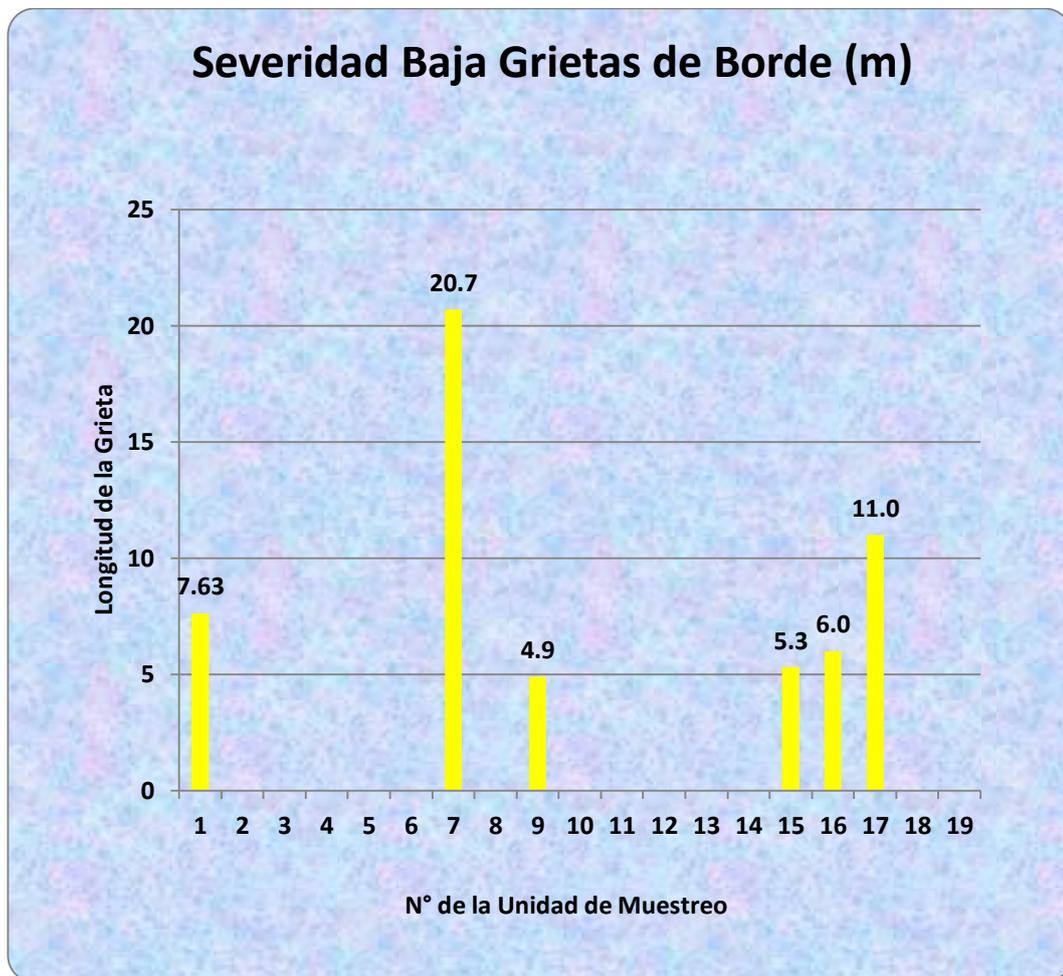
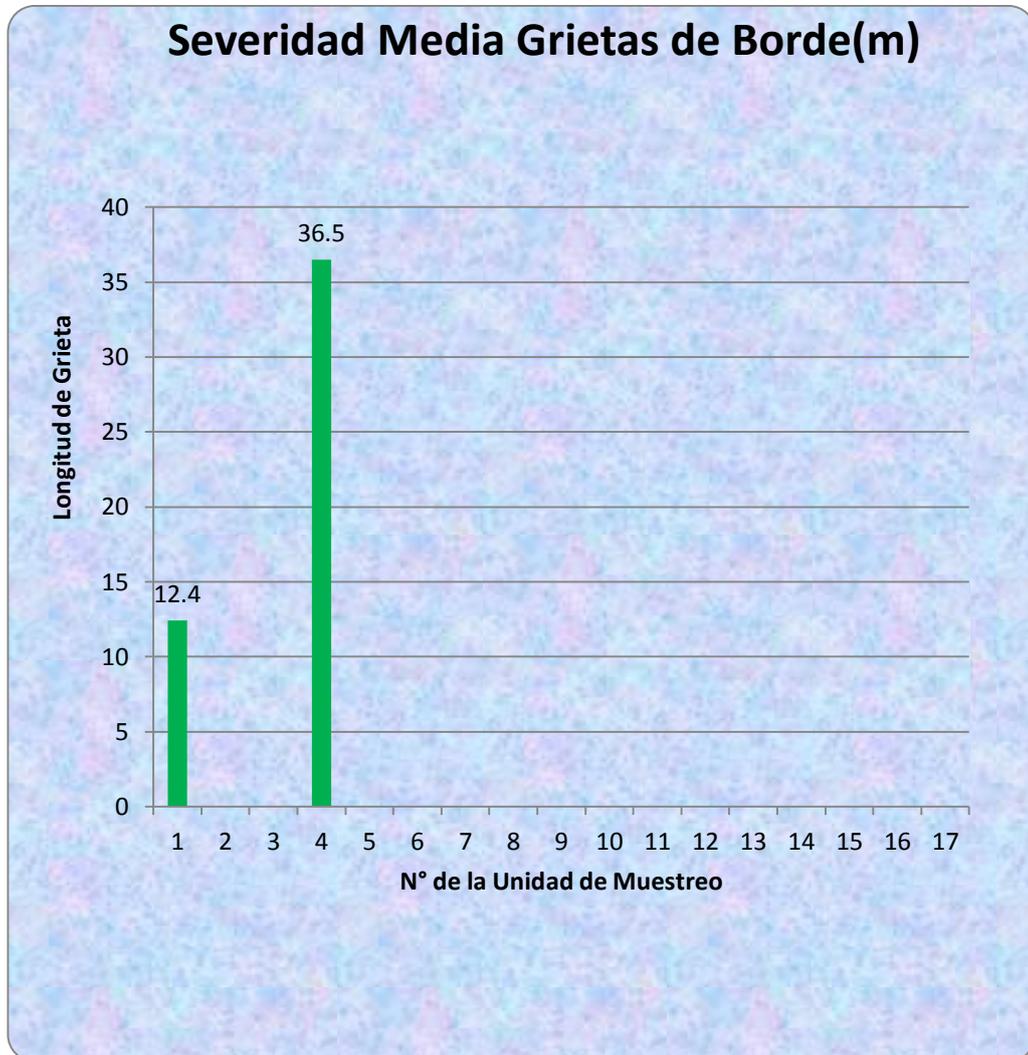


Figura 32 : Severidad baja grietas de borde

Las grietas de Borde de Severidad Baja se presentan en 6 de las 19 unidades de muestreo, lo cual significa que esta falla se presenta en un 31.5% de las muestras. La recomendación del manual de daños es un sellado de las grietas.

De la información que nos proporciona la Tabla 6 graficamos los datos para Severidad Media, en Grietas de Borde; para hacer un análisis de la data



**Figura 33: Severidad media grietas de borde**

De las 19 unidades de muestreo solo 2 presentan Severidad Media, o sea el 10.52% de las muestras presentan esta falla.

Podemos apreciar que las fallas de Severidad Baja no están empeorando a Severidad Media este proceso se ha detenido, debido a que se ha producido una consolidación del paquete estructural debido a las cargas del tráfico; la recomendación es un sellado de grietas.

De la información que nos proporciona la Tabla 6 graficamos los datos para Severidad Alta, en Grietas de Borde; para hacer un análisis puntual de la data

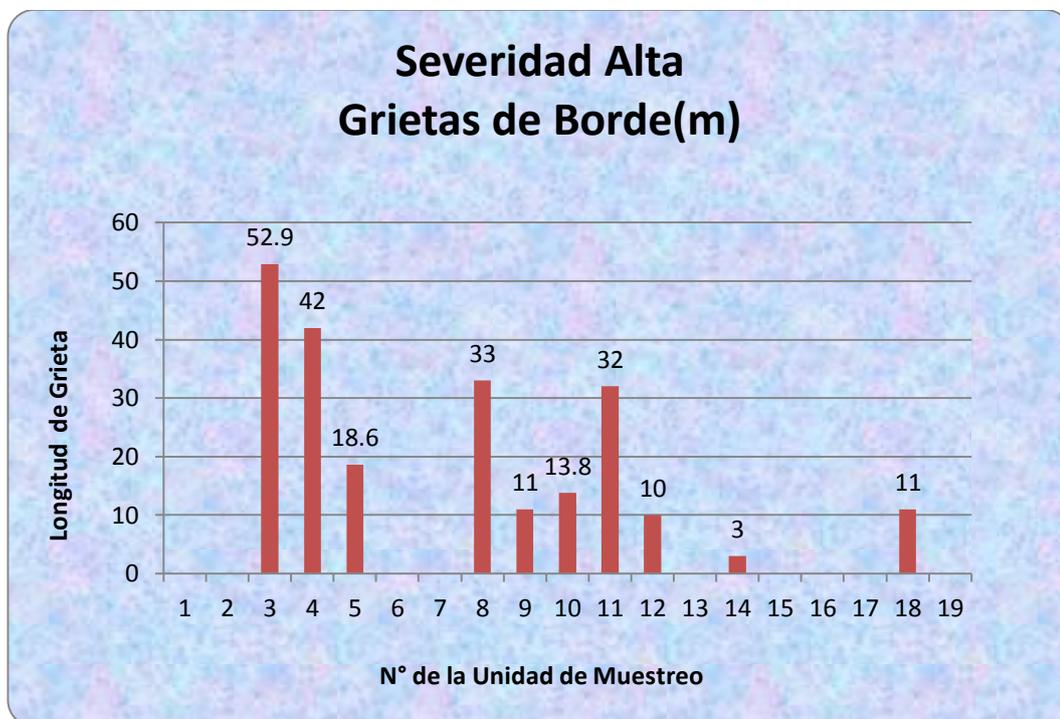


Figura 34: Severidad alta grietas de borde

Existe un elevado porcentaje de grietas de borde de Severidad Alta (52.63%) esto quiere decir que anteriormente se ha producido un emigrar de Severidad Baja a Severidad media y posteriormente a alta. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la sub rasante próximas al borde del pavimento (Vasquez L. , 2002).

La vía Nacional PE 1N N presenta un alto nivel de tráfico y como la patología de Grietas de Borde está relacionada directamente con el volumen de tráfico es de esperarse que este porcentaje aumente considerablemente, sumado esto a un periodo lluvioso se produciría un debilitamiento de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento; la recomendación sería un parchado parcial.

De la información que nos proporciona la Tabla 6. Graficamos los datos para todos los tipos de Severidad que se presentan en Grietas longitudinales y transversales

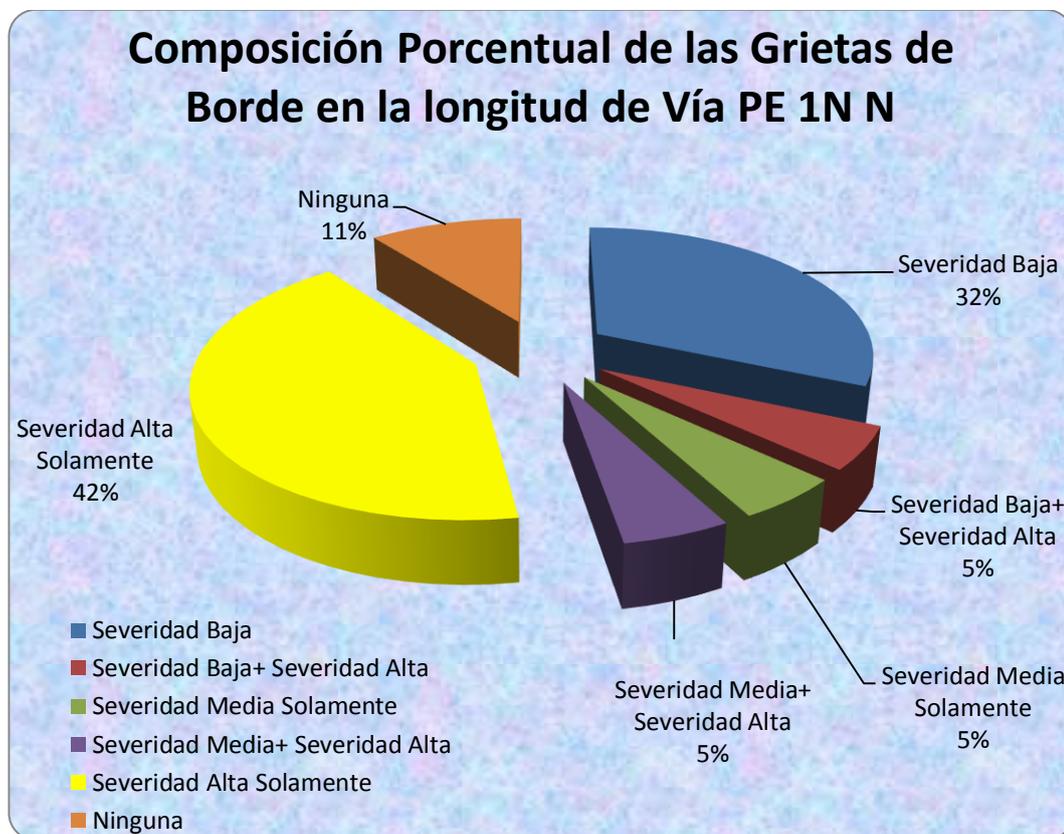


Figura 35 : Composición porcentual de las grietas de borde en la vía PE 1N N

Este gráfico nos muestra que hay un alto porcentaje de severidad alta 42% y sabemos que este tipo de falla se acelera debido a cargas de tráfico, y ésta es una vía Nacional con gran demanda vehicular.

Tenemos también 32% de grietas de borde de severidad baja que si no es reparado a tiempo podría empeorar a severidad media y posteriormente a severidad alta; y en consecuencia esto afectaría la integridad física del pavimento; el factor desencadenante de este evento sería la presencia de lluvias ya que se debilitaría la base o la subrasante próximas al borde del pavimento; la recomendación sería un parchado parcial.

## 2. Análisis de resultados en la Vía PI-103

### 2.1 Primera Patología Grietas Longitudinales y Transversales.-

Los resultados obtenidos se han tabulado para su mejor evaluación y comprensión, tal como se muestra en la tabla 9

De la información que nos proporciona la Tabla 9 graficamos los datos para Severidad Baja, en Grietas Longitudinales y Transversales; para hacer un análisis puntual de la data

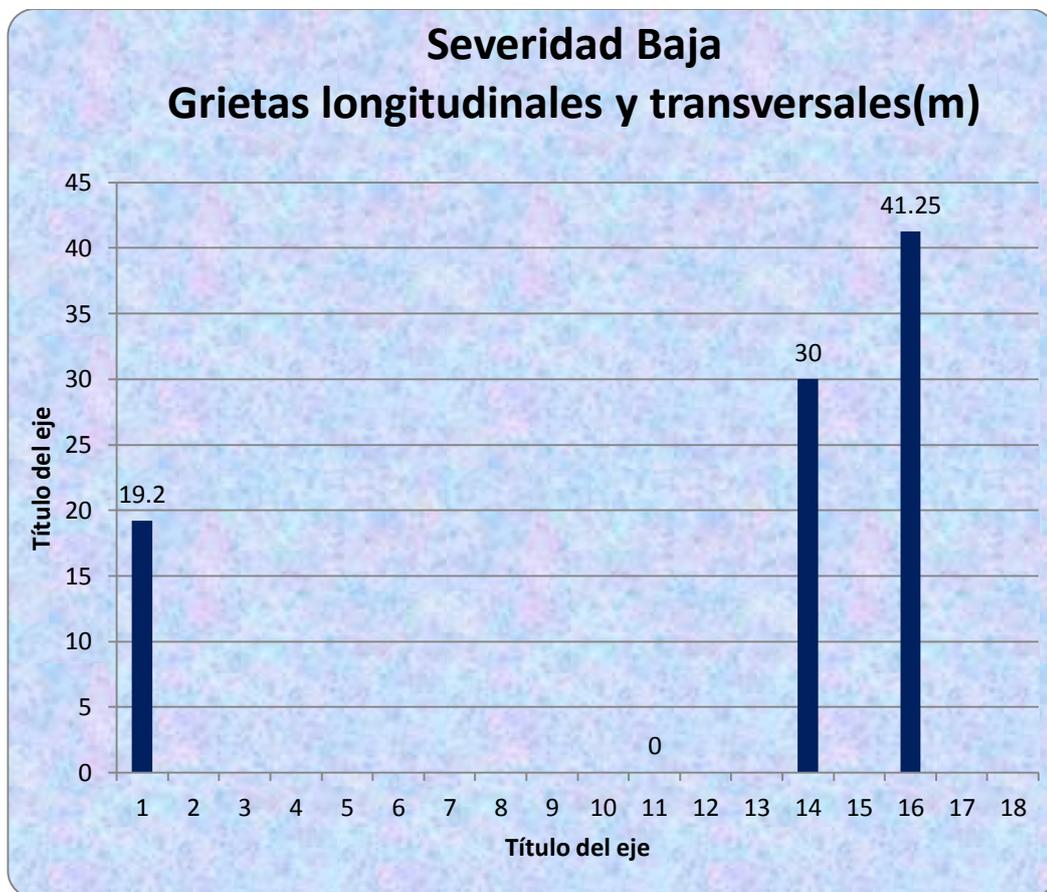


Figura 36 : Severidad baja grietas longitudinales y transversales

Se inspeccionaron 18 muestras de las cuales solo 3 presentan esta falla o sea el 16.6 % del total de las unidades inspeccionadas y la severidad que presentan es Baja

La recomendación es un sellado de grietas ya que si bien es cierto que presentan severidad, baja sus longitudes son considerables y fluctúan entre los 19 metros y los 41.25 metros.

De la información que nos proporciona la Tabla 9 graficamos los datos para Severidad Media, en Grietas Longitudinales y Transversales; para hacer un análisis puntual de la data.

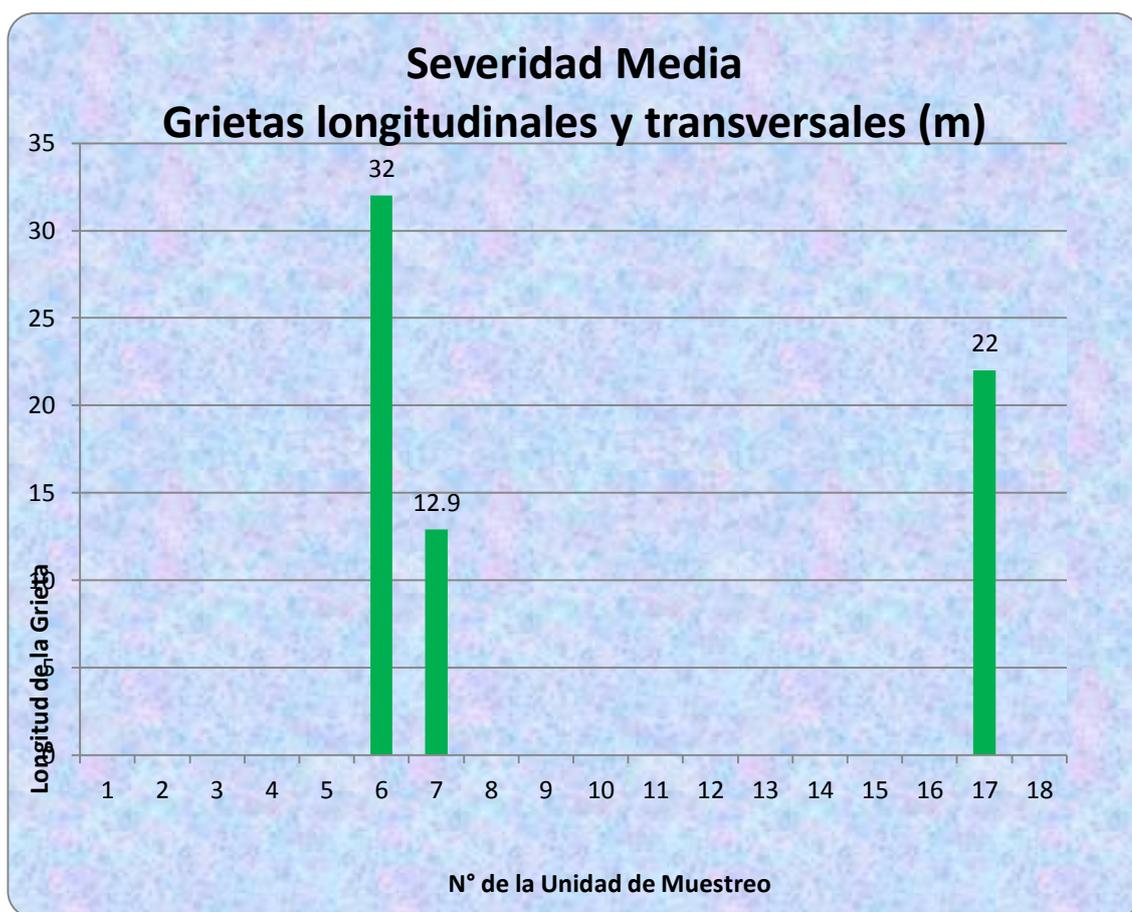


Figura 37: Severidad media grietas longitudinales y transversales

Observamos que de las 18 unidades de muestra solo 3 presentan este tipo de falla o sea el 16.6% del total de unidades inspeccionadas;

Lo anterior nos indica que no hay una variación de severidad baja a media significativa teniendo en cuenta que este pavimento tiene ya bastantes años de uso y un alto índice de tráfico pesado. La recomendación sería un Sellado de Grietas o un Parchado Parcial.

De la información que nos proporciona la Tabla 9 graficamos los datos para Severidad Alta, en Grietas Longitudinales y Transversales; para hacer un análisis puntual de la data.



Figura 38 : Severidad alta grietas longitudinales y transversales

Solo 3 unidades presentan severidad alta de las 18 inspeccionadas es un porcentaje bastante bajo sobre todo tomando en cuenta el tiempo que esta vía tiene en servicio. Nos damos cuenta que no hay una variación de grietas de severidad media a alta; ya que este tipo de falla no está asociada con las cargas que soporta sino más bien, con la contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a cambios de temperatura o al endurecimiento del asfalto. (Vasquez L. , 2002)

En general en esta vía la severidad alta es un 16.6% y existe un 83.3% que no presenta este tipo de falla, lo cual quiere decir que aunque el diseño inicial de este pavimento ha sido superado, por las cargas de tráfico actuales estas nuevas solicitaciones no inciden significativamente en este tipo de falla.

## 2.2 Segunda patología Desnivel Carril Berma

De la información que nos proporciona la Tabla 10 graficamos los datos para Severidad Baja, en; Desnivel Carril Berma para hacer un análisis puntual de la data.

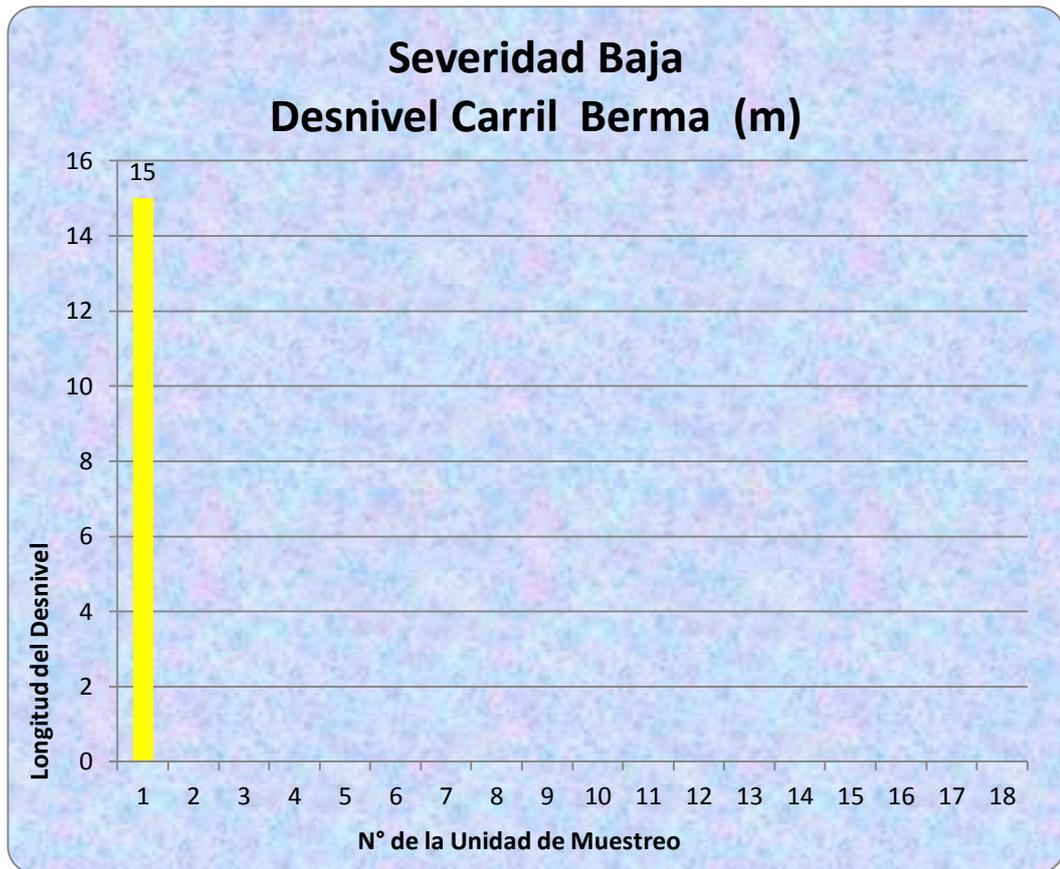


Figura 39: Severidad baja desnivel carril berma

El desnivel Carril Berma es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la Berma, solamente una de las unidades inspeccionadas presenta esta falla en Severidad Baja.

Lo cual nos indica que no se están creando nuevos desniveles; la opción de reparación para todos los niveles de severidad es la Renivelación de las bermas para ajustar el nivel del carril

De la información que nos proporciona la Tabla 10 graficamos los datos para Severidad Media, en; Desnivel Carril Berma para hacer un análisis puntual de la data.

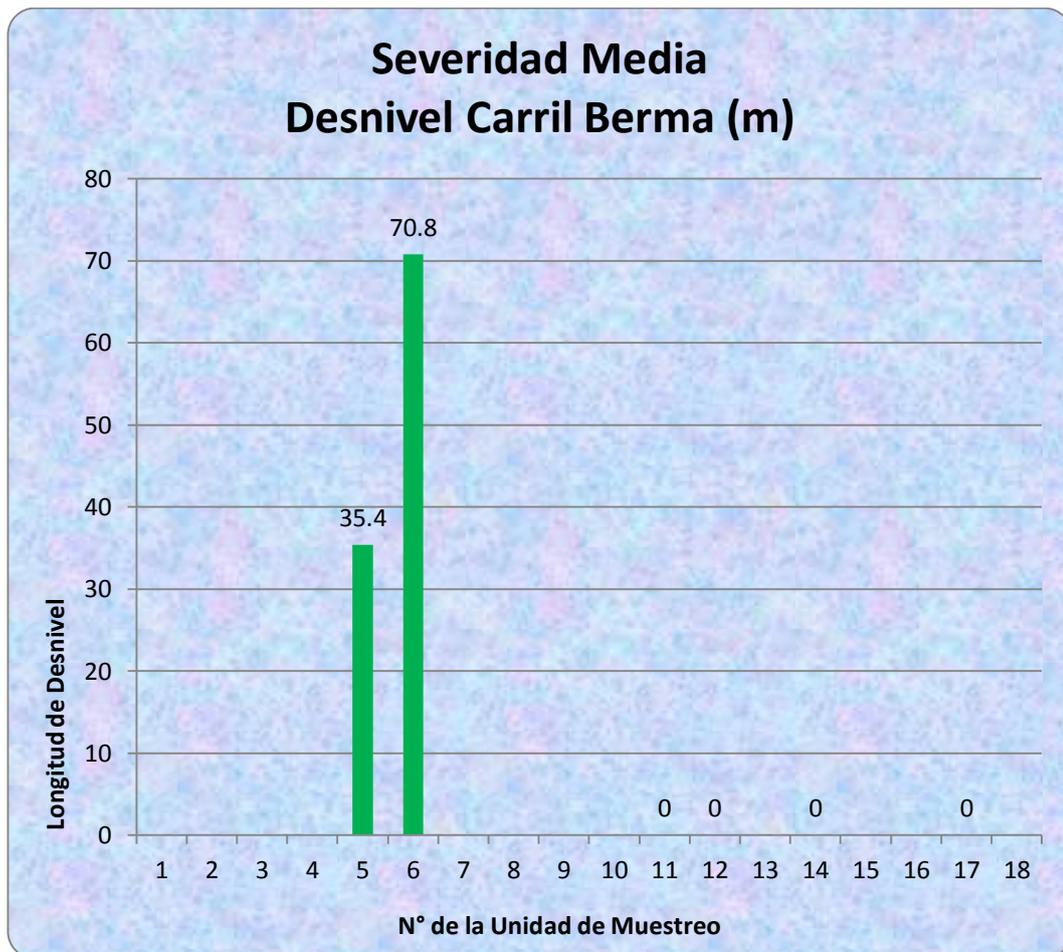


Figura 40: Severidad media desnivel carril berma

El Desnivel carril berma se presenta en severidad media en 2 de las 18 unidades inspeccionadas y su longitud abarca casi la totalidad de la longitud de la muestra que es de 35.4 y como se da en ambos lados la suma de  $(35.4 + 35.4) = 70.8$  y ese caso se da en 1 de las 2 unidades donde se presenta.

. La opción de reparación para todos los niveles de severidad es la Renivelación de las bermas para ajustar el nivel del carril.

De la información que nos proporciona la Tabla 10 graficamos los datos para Severidad Alta en Desnivel Carril Berma, para hacer un análisis puntual de la data.

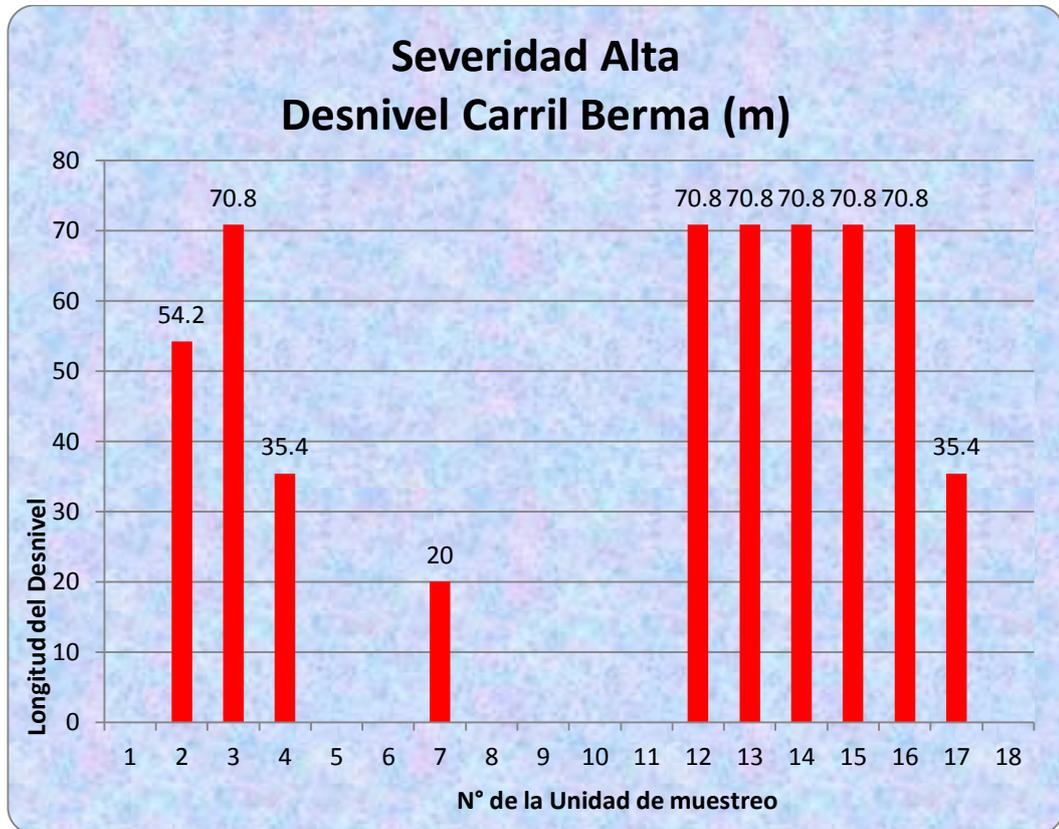


Figura 41: Severidad alta desnivel carril berma

El Desnivel Carril Berma en severidad alta se presenta en 10 de las 18 unidades evaluadas, este nivel de severidad es de mucho cuidado porque la diferencia de niveles puede incrementarse considerablemente lo que dejaría la carpeta asfáltica sin protección, produciéndose la erosión lateral de la vía, tal como ya está sucediendo.

En muchas de las unidades de muestreo, esta patología se da a lo largo de ambos lados de la vía; de allí el valor de 70.8 m, según podemos apreciar en el gráfico. La opción de reparación para todos los niveles de severidad es la Renivelación de las bermas para ajustar el nivel del carril.

### 2.3 Tercera Patología Parcheo

Los resultados obtenidos con relación a esta patología, en la evaluación de la vía Departamental P1-103; se han tabulado para su mejor evaluación y comprensión, tal como se muestra en la tabla 11

De la información que nos proporciona la Tabla 11 graficamos los datos de Parcheo para Severidad baja, para hacer un análisis puntual de la data.

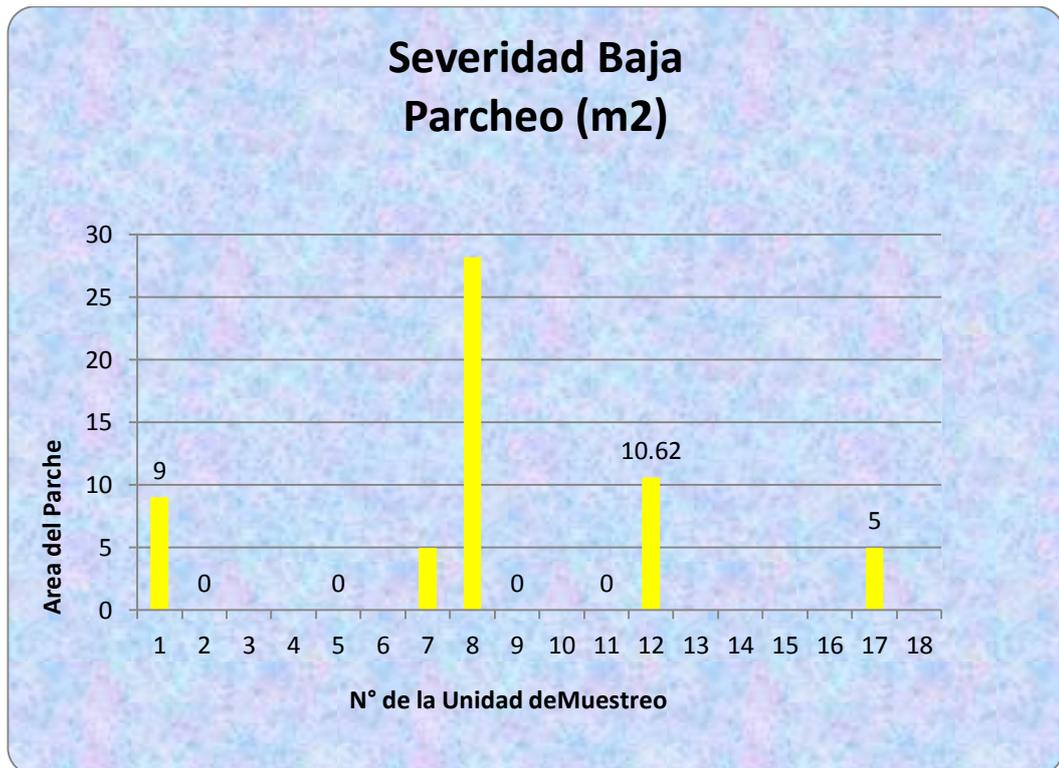


Figura 42: Severidad baja Parcheo

De las 18 muestras inspeccionadas 5 presentan Parcheo de severidad Baja o sea un 22.2% de las muestras presentan este tipo de falla.

Cuando se califica a un parche como de severidad Baja lo que se está afirmando es que está en buenas condiciones, y la calidad de tránsito se califica como buena.

El área que cubren los parches va desde los 5 m2 hasta los 28.2 m2, como los parches se encuentran en buenas condiciones no se hará nada como opción de reparación.

De la información que nos proporciona la Tabla 11 graficamos los datos de Parcheo para Severidad Media, para hacer un análisis puntual de la data.

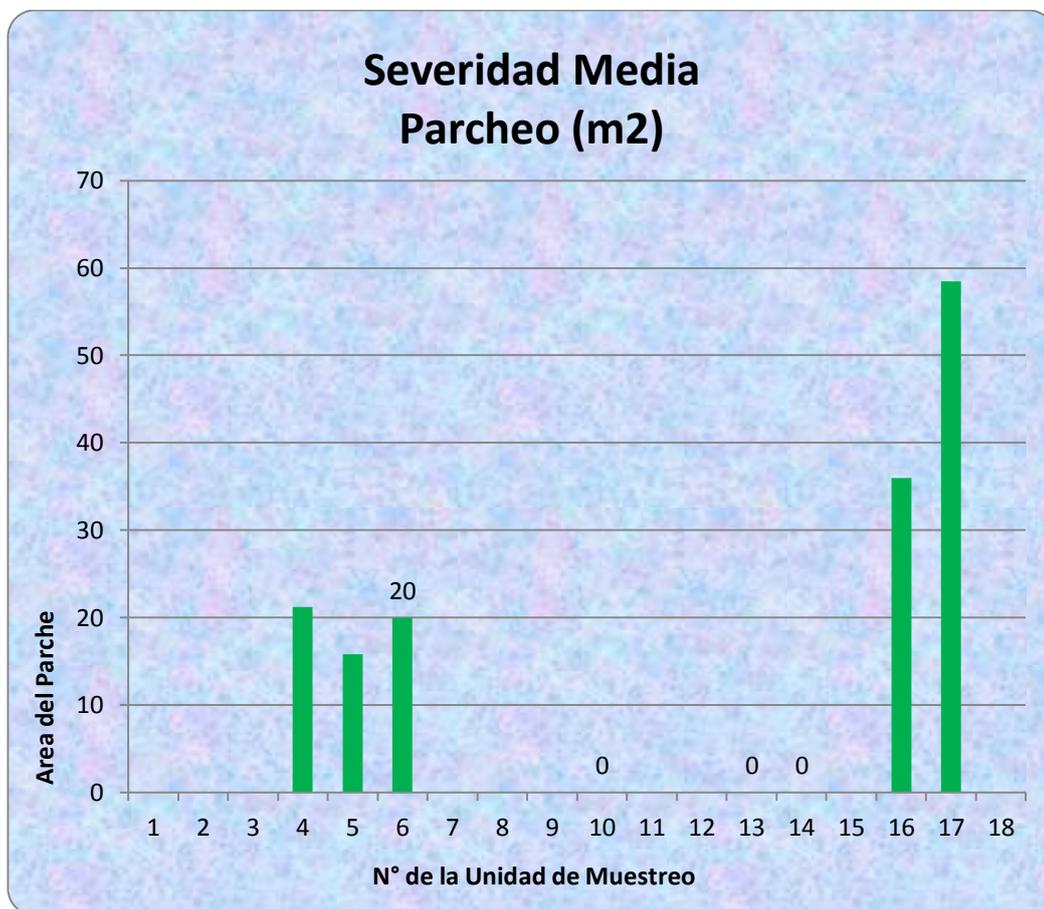


Figura 43: Severidad media Parcheo

De las 18 unidades de muestreo 5 presentan parcheo de severidad media; esta falla se presenta en el 27.7% de las unidades inspeccionadas; estos parches están moderadamente deteriorados y al recorrer la sección del pavimento se requiere alguna reducción de la velocidad en aras de la comodidad y seguridad.

Se propone como medida de reparación el cambio del Parche; con la finalidad de recuperar la serviciabilidad del pavimento.

De la información que nos proporciona la Tabla 11 graficamos los datos de Parcheo para Severidad Alta, para hacer un análisis puntual de la data.

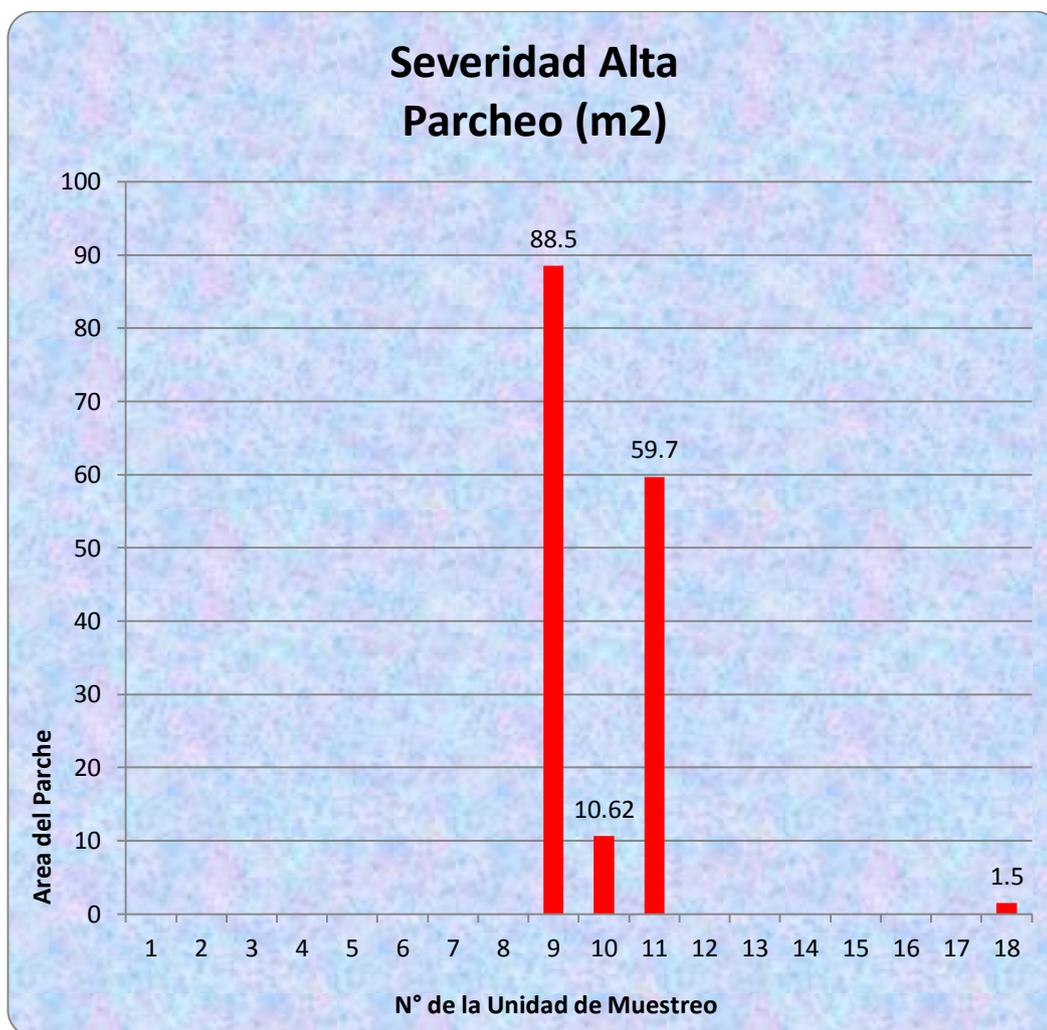


Figura 44: Severidad alta Parcheo

Solo 4 de las unidades de muestreo presentan Parches de severidad alta; el 22.2% de las unidades inspeccionadas presentan este nivel de severidad; y el área que ocupan es considerable 88.5 m<sup>2</sup> ,59.7 m<sup>2</sup> y 10.62 m<sup>2</sup>; los parches están muy deteriorados y afectan seriamente la calidad de tránsito, se requiere pronta sustitución.

## 2.4 Cuarta Patología Pulimentos de Agregados

De la información que nos proporciona la Tabla 12 graficamos los datos de Pulimento de Agregados, para hacer un análisis puntual de la data.

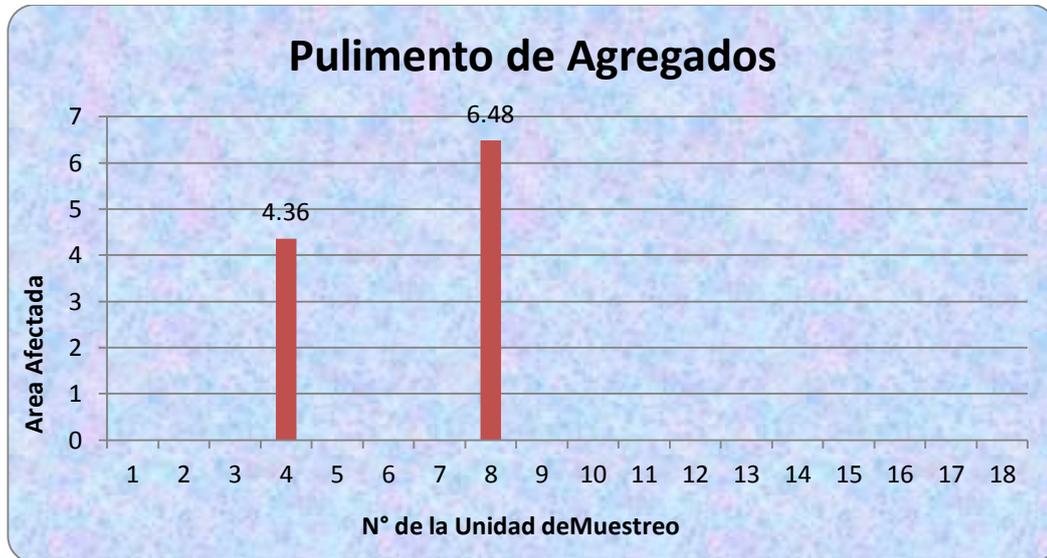


Figura 45: Pulimento de agregados

Tenemos 2 muestras seriamente afectadas y una de ellas presenta 6.48 m<sup>2</sup> de pulimentos de agregados y la de menor área tiene 4.36 m<sup>2</sup>; en este tipo de falla no se define ningún nivel de severidad; sin embargo el grado de pulimiento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición del pavimento y contabilizado como defecto, y en esta caso al ser significativo si se está incluyendo. Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito, cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente y la porción del agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. Las opciones de reparación son 2: Sobrecarpeta y fresado más sobrecarpeta.

## 2.5 Quinta Patología Agrietamiento en bloque

De la información que nos proporciona la Tabla 13 graficamos los datos de Agrietamiento en Bloque Severidad Baja, para hacer un análisis puntual de la data.

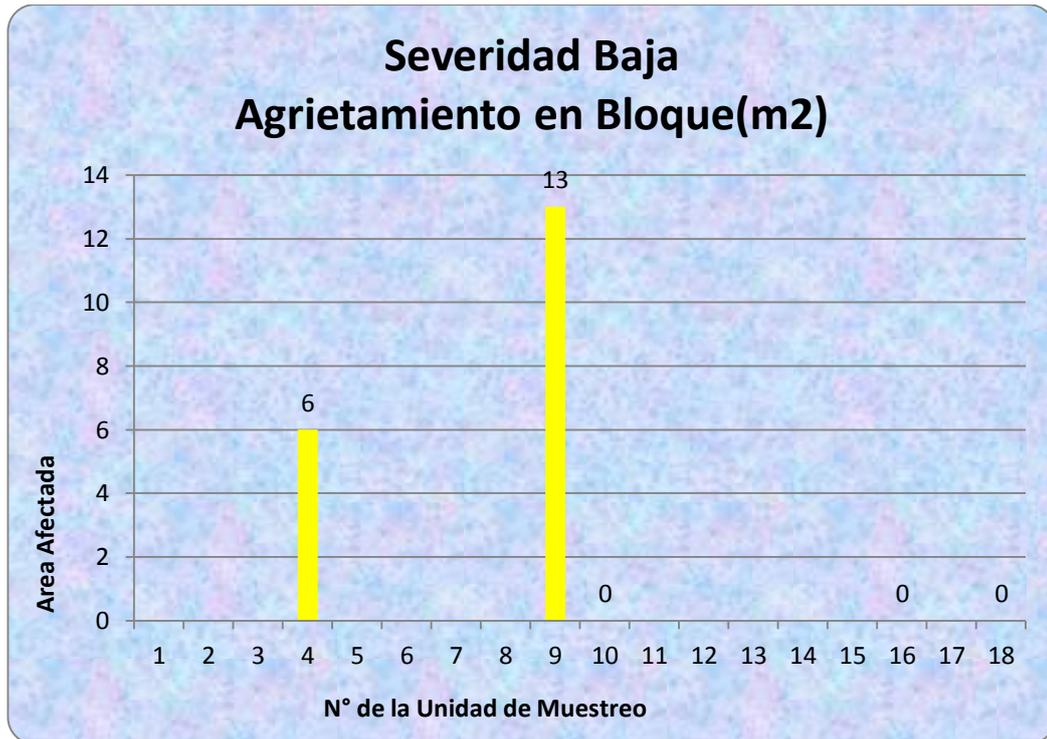


Fig.4.34.- Elaboración Propia.

Encontramos esta patología en 2 de las 18 unidades inspeccionadas lo que significa que está presente en un 11.11% del total de muestras evaluadas. Las grietas en bloque se originan por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios.

La magnitud de áreas afectadas en el pavimento en estudio fluctúan entre los 6 y 13 metros cuadrados y la severidad que presentan es baja; la recomendación es un sellado de grietas o un riego asfáltico.

De la información que nos proporciona la Tabla 13 graficamos los datos de Agrietamiento en Bloque Severidad Media, para hacer un análisis puntual de la data.

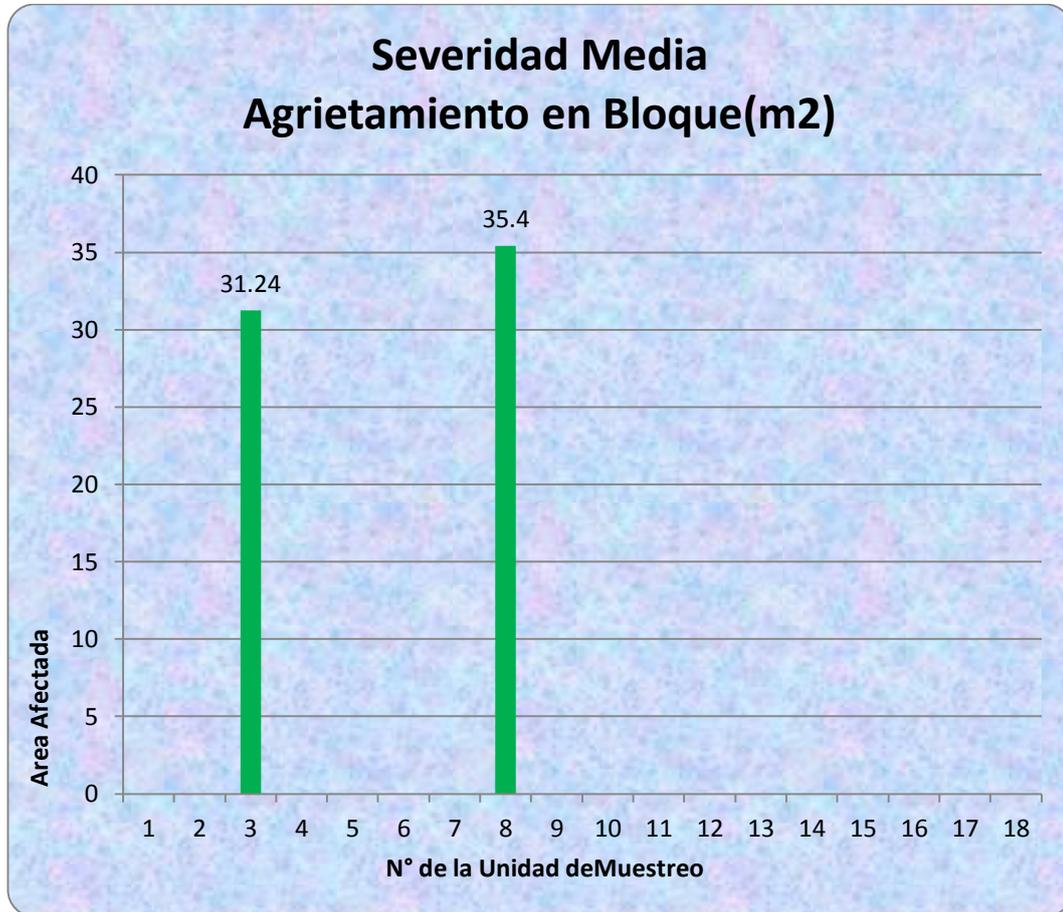


Fig.4.35.- Elaboración Propia.

Encontramos este nivel de severidad en 2 de las 30 muestras evaluadas; las grietas que se presentan superan los 5mm de ancho y las áreas que abarcan superan los 35 m2.

Inicialmente las grietas en bloque se originan por la contracción del concreto asfáltico; no por las cargas que soporta, pero una vez que se ha llegado a este nivel de severidad; el paso vehicular acelera el desprendimiento del concreto asfáltico y sabemos que esta vía tiene gran demanda vehicular, la recomendación es una sobrecarpeta.

De la información que nos proporciona la Tabla 13 graficamos los datos de Agrietamiento en Bloque Severidad Alta, para hacer un análisis puntual de la data.

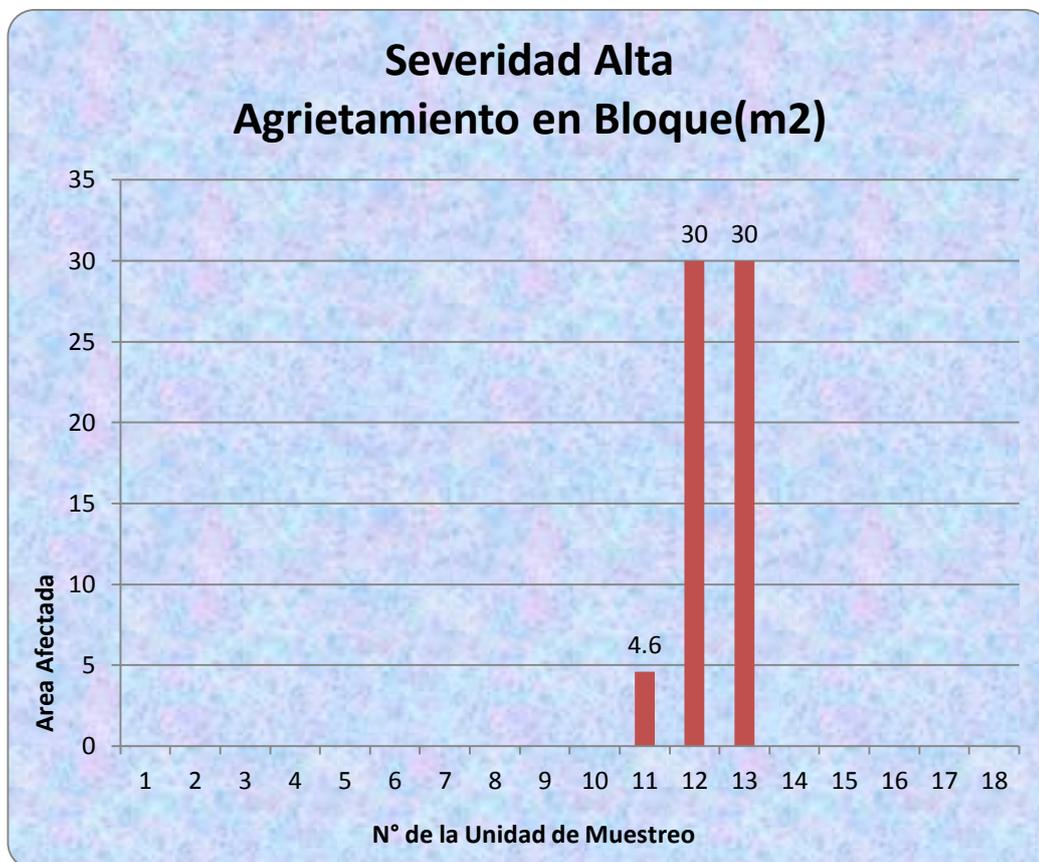


Fig.4.36.- Elaboración Propia.

Tenemos un nivel de severidad alto que se presenta en 3 de las unidades que se han evaluado; como ha se ha dicho anteriormente este tipo de falla no está asociado con las cargas de tráfico si no con los ciclos de temperatura diarios que afronta la carpeta asfáltica; pero a este nivel de severidad el agrietamiento es tan marcado que con el paso de los vehículos tiende a desprenderse el pavimento y tenemos áreas considerables (30 m<sup>2</sup>) en donde se presenta esta patología. La recomendación es intervenir las áreas afectadas con una sobrecarpeta.

## VI. CONCLUSIONES

1. El conocer la técnica visual comparativa que utiliza la metodología PCI nos permite hacer la descripción detallada de cada tipo de daño que se presenta en las vías asfálticas, indicando el nivel de severidad que ostentan y las opciones de reparación más adecuadas.

2. En el caso de la vía PE1N N el índice de integridad estructural nos dio = 59.74; catalogándose como BUENA, se presentaron dos patologías: a) grietas longitudinales y transversales y b) grietas de borde.

Sabíamos a priori que el pavimento estaba en buenas condiciones, pero no podíamos cuantificar ese estado; “que tan bueno estaba” es ahí donde la metodología nos proporcionó las herramientas para poder determinar un índice que nos precisara esta condición.

En el caso de la vía PI-103 El Índice de integridad estructural nos dio es = 54.67 catalogándose como REGULAR nótese que esta vía presenta cinco patologías a) Grietas longitudinales y transversales b) Desnivel carril Berma c) Parcheo d) Pulimentos de agregados e) Agrietamiento en bloque;

Al recorrer la vía nos dimos cuenta que estaba parcialmente dañada pero no podíamos cuantificar ese estado “que tan dañada estaba “es ahí donde la metodología nos proporcionó las herramientas para poder determinar un índice que nos precisara esta condición.

3. Si bien es cierto ,que la metodología usa inicialmente una técnica visual para determinar la clase de patología que se presenta; no podemos decir que esta descripción sea subjetiva, o sea que dependa de la apreciación personal del evaluador; ya que el método nos provee de los instrumentos para determinar la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad sin que intervenga la apreciación personal del investigador pero si su experiencia para que , reconozca las patologías ,y sepa discernir de acuerdo al catálogo de daños el nivel de severidad que presentan.

Concluimos que la aplicación de la metodología PCI; en los pavimentos asfálticos de las vías PE-1N N y PI-103 de la provincia de Sullana, nos permitió la determinación de manera objetiva, del Índice de Integridad Estructural y Condición Operacional Superficial de las vías antes citadas.

## VII. RECOMENDACIONES

### 1. Via nacional PE1N N

1. De las unidades de muestreo inspeccionadas, sólo 4 presentan grietas longitudinales y transversales de severidad media, no hay grietas de severidad baja, lo cual nos indica que no se están creando nuevas grietas; se ha producido una "consolidación" del paquete estructural de la pista por las cargas de tráfico; pero sabemos que si se presenta un periodo lluvioso el agua ingresara por las grietas y se ha demostrado que el agua libre al interior un pavimento puede deteriorar de 20 a 50 veces su capacidad estructural (Robertson, 1998); la recomendación sería un sellado de grietas.

2. Existe un elevado porcentaje de grietas de borde de Severidad Alta (52.63%) esto quiere decir que anteriormente se ha producido un emigrar de severidad baja a severidad media y posteriormente a alta. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la sub rasante próximas al borde del pavimento (Vasquez L. , 2002).

Esta vía presenta un alto nivel de tráfico y como la patología de Grietas de Borde está relacionada directamente con el volumen de tráfico es de esperarse que este porcentaje aumente considerablemente, sumado esto a un periodo lluvioso se produciría un debilitamiento de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento; la recomendación sería un parchado parcial.

### 2. Via PI -103

1. En lo referente a la patología grietas longitudinales y transversales de las unidades inspeccionadas; solo 3 presentan severidad alta es un porcentaje bastante bajo sobre todo tomando en cuenta el tiempo que esta vía tiene en servicio.

Nos damos cuenta que no hay una variación de grietas de severidad media a alta; ya que este tipo de falla no está asociada con las cargas que soporta sino más bien, con la contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a cambios de temperatura o al endurecimiento del asfalto. (Vasquez L. , 2002)

En general en esta vía la severidad alta es un 16.6% y existe un 83.3% que no presenta este tipo de falla, lo cual quiere decir que aunque el diseño inicial de este pavimento ha sido superado, por las cargas de tráfico actuales estas nuevas solicitaciones no inciden significativamente en este tipo de falla.; pero ante un periodo lluvioso se filtraría el agua causando daños considerables en el paquete estructural. La recomendación sería un Sellado de Grietas o un Parchado Parcial.

2. El Desnivel Carril Berma en severidad alta se presenta en 10 de las unidades evaluadas, este nivel de severidad es de mucho cuidado porque la diferencia de niveles puede incrementarse considerablemente lo que dejaría la carpeta asfáltica sin protección, produciéndose la erosión lateral de la vía, tal como ya está sucediendo.

En muchas de las unidades de muestreo, esta patología se da a lo largo de ambos lados de la vía. La recomendación para todos los niveles de severidad es la Renivelación de las bermas para ajustar el nivel del carril.

3. Solo 4 de las unidades de muestreo presentan Parches de severidad alta; el 22.2% de las unidades inspeccionadas presentan este nivel de severidad; y el área que ocupan es considerable 88.5 m<sup>2</sup> ,59.7 m<sup>2</sup> y 10.62 m<sup>2</sup>; los parches están muy deteriorados y afectan seriamente la calidad de tránsito, se requiere pronta sustitución.

Se propone como recomendación el cambio del Parche; con la finalidad de recuperar la serviciabilidad del pavimento.

4. Tenemos 2 muestras que presentan pulimento de agregados ; en este tipo de falla no se define ningún nivel de severidad;. Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito, cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente y la porción del agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. Las opciones de reparación son 2: Sobrecarpeta y fresado más sobrecarpeta.

5. En lo referente a la patología agrietamiento en bloque se presenta en 3 de las unidades que se han evaluado; como ha se ha dicho anteriormente este tipo de falla no está asociado con las cargas de tráfico si no con los ciclos de temperatura diarios que afronta la carpeta asfáltica; pero a este nivel de severidad el agrietamiento es tan marcado que con el paso de los vehículos tiende a desprenderse el pavimento y tenemos áreas considerables (30 m<sup>2</sup>) en donde se presenta esta patología. La recomendación es intervenir las áreas afectadas con una sobrecarpeta

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AASHTO. (1993). *Guide for design of pavement structures*. Washington.
- ASTM. (2004). "Procedimiento standart para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. Estados Unidos.
- Coronado, J. (2002). *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. Guatemala.
- De Solminihac, H. (2005). "Gestión de infraestructura vial" (3° edicion ed.). Colombia: Alfa y Omega.
- Fonseca, A. (2006). *Ingeniería de pavimentos. evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías (Vol. 2)*. Colombia: U. Católica de Colombia.
- Gordon, P. (2008). *Ingenieria de caminos rurales*. Mexico: Instituto mexicano de transportes.
- INEI. (2007). *Censos nacionales 2007: XI de poblacion y VI de vivienda*.
- MPS. (2008). *Plan vial participativo de sullana. 2008-2018*. Sullana.
- MTC. (5 de Agosto de 2005). *R D N° 359-2005-MTC/22*. Lima.
- MTC. (2011). *Manual de suelos y pavimentos*. Lima.
- Shahin, M. (2005). *Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots (2 ed.)*. New york: Springer.
- Vasquez, L. (2002). *Pavement condition index (PCI), para pavimentos asfalticos y de concreto en carreteras*. Manizales, Colombia.
- Vasquez, L. (2008). *Pavimentos (guia para la orientacion de una catedra)*. Manizales, Colombia.





## ANEXO 2

## TABLAS Y CURVAS DEL VALOR DEDUCIDO DE CADA DAÑO

## PAVIMENTOS ASFALTICOS

## 1. PIEL DE COCODRILO:

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

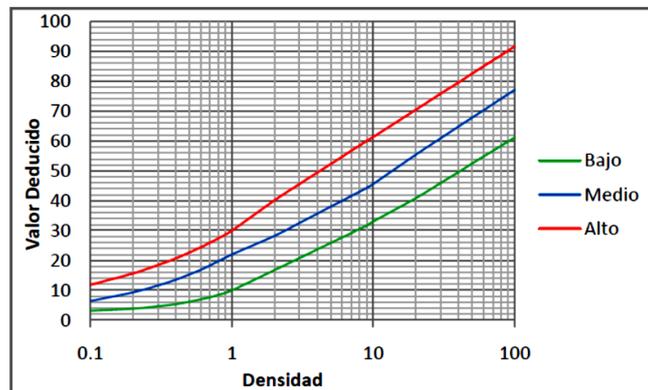


Fig. B.1 Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Piel de Cocodrilo

## 2. EXUDACIÓN:

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

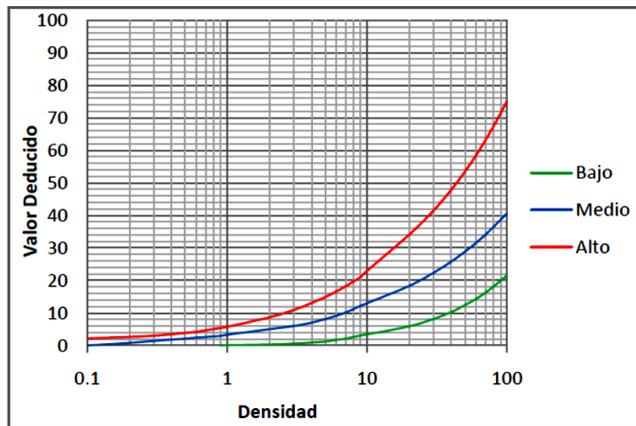


Fig. B.2 Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Exudación.

### 3. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE:

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

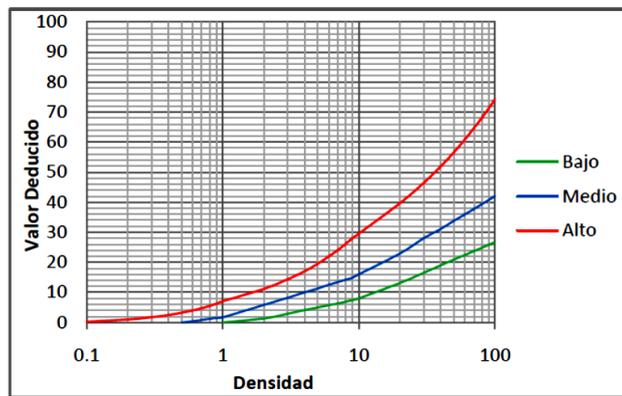


Fig. B.3 Valores deducidos para pavimentos asfálticos.  
Arietamiento en bloque.

#### 4. ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTOS:

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

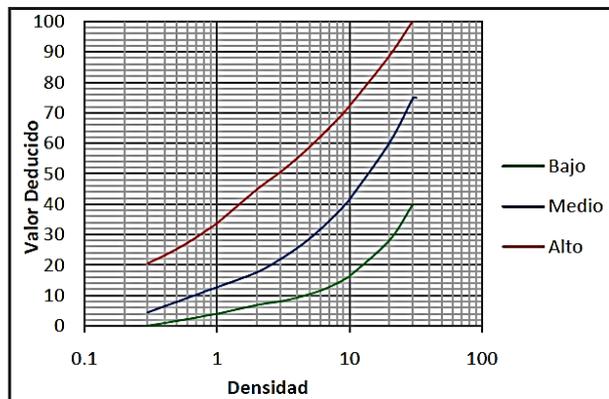


Fig. B.4 Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Abultamientos y hundimientos.

## 5. CORRUGACIÓN:

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

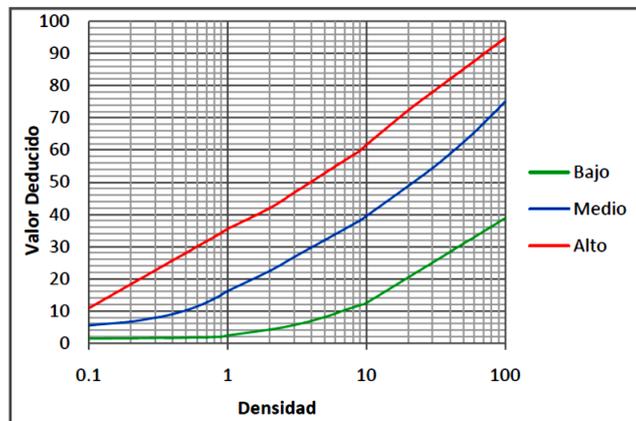


Fig. B.5 Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Corrugación.

## 6. DEPRESIÓN:

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

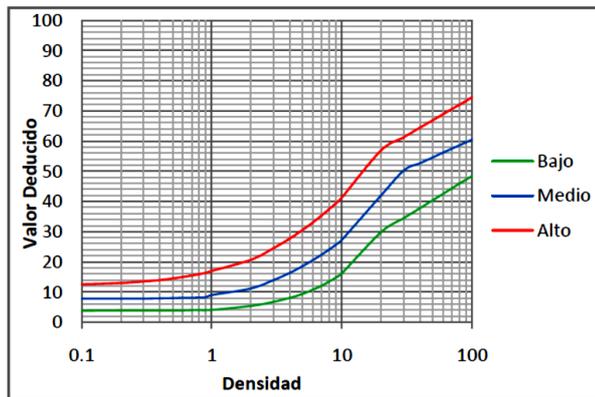


Fig. B.6 Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Depresión.

### 7. GRIETA DE BORDE:

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

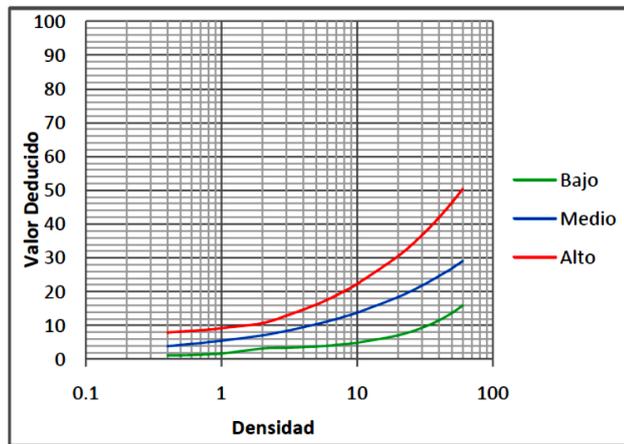
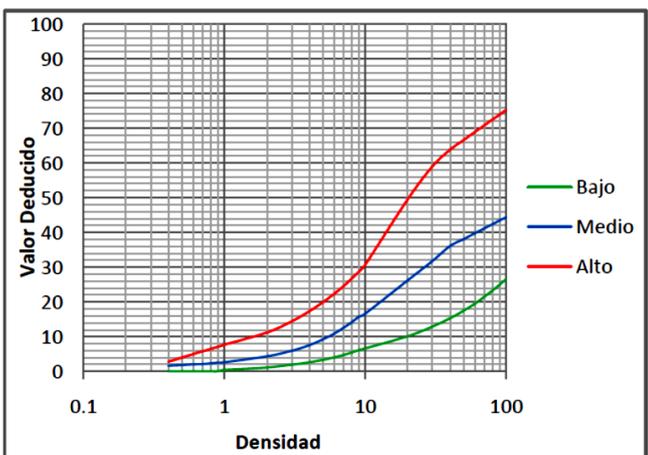


Fig. B.7 Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Grieta de borde.

**8. GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA:**

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
0.10	-	-	-
0.20	-	-	-
0.30	-	-	-
0.40	-	1.60	2.80
0.50	-	1.80	4.00
0.60	-	2.00	5.00
0.70	-	2.10	5.80
0.80	-	2.30	6.50
0.90	-	2.50	7.10
1.00	0.40	2.60	7.70
2.00	1.10	4.30	11.20
3.00	1.90	5.90	14.40
4.00	2.60	7.50	17.30
5.00	3.30	9.20	19.90
6.00	4.00	10.80	22.30
7.00	4.70	12.50	24.50
8.00	5.40	14.10	26.70
9.00	6.10	15.70	28.70
10.00	6.60	16.60	30.70
20.00	10.10	26.20	49.50
30.00	12.90	31.80	59.00
40.00	15.30	36.10	63.80
50.00	17.50	38.10	66.60
60.00	19.50	39.80	68.90
70.00	21.50	41.20	70.80
80.00	23.30	42.40	72.50
90.00	25.00	43.50	73.90
100.00	26.60	44.40	75.30



**Fig. B.8** Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Grieta de reflexión de junta.

### 9. DESNIVEL CARRIL / BERMA:

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

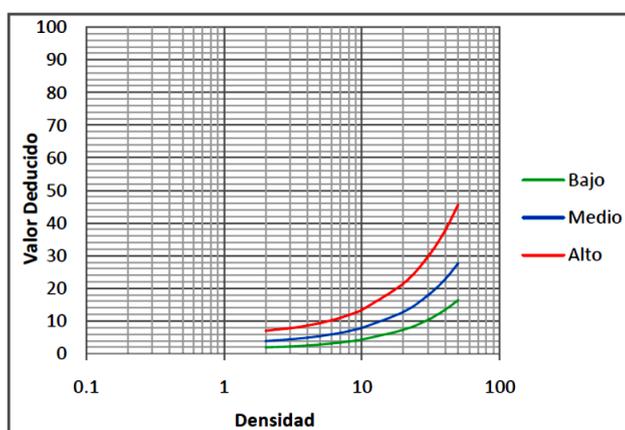


Fig. B.9 Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Desnivel Carril / Berma

### 10. GRIETAS LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL:

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

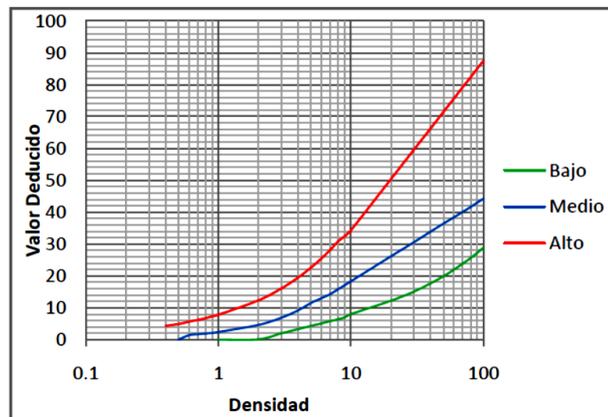


Fig. B.10 Valores deducidos para pavimentos asfálticos.  
Grietas Longitudinal y Transversal.

## 11. PARCHEO:

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
0.10	-	3.70	6.50
0.20	-	4.50	9.20
0.30	-	5.20	11.20
0.40	-	6.00	12.90
0.50	1.20	6.70	14.40
0.60	1.40	7.50	15.80
0.70	1.60	8.20	17.10
0.80	1.90	9.00	18.30
0.90	2.10	9.70	19.40
1.00	2.30	10.10	19.40
2.00	4.40	14.30	26.00
3.00	6.60	17.40	30.80
4.00	8.00	20.10	34.80
5.00	9.90	22.40	38.20
6.00	11.70	24.60	41.20
7.00	13.20	26.50	44.00
8.00	14.60	28.30	46.50
9.00	15.70	30.00	48.90
10.00	16.80	31.50	52.00
20.00	23.70	41.00	67.50
30.00	27.80	47.90	73.10
40.00	30.70	53.40	77.00
50.00	32.90	58.20	80.10
60.00	-	-	-
70.00	-	-	-
80.00	-	-	-
90.00	-	-	-
100.00	-	-	-

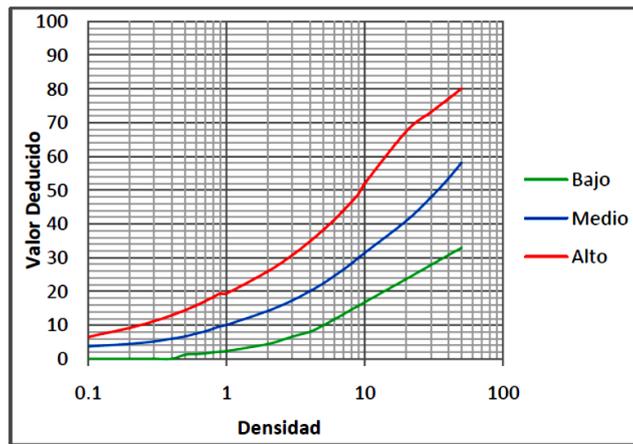


Fig. B.11 Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Parcheo.

## 12. PULIMIENTO DE AGREGADOS:

Densidad	Valor Deducido
	B M A
0.10	-
0.20	-
0.30	-
0.40	-
0.50	-
0.60	-
0.70	-
0.80	-
0.90	-
1.00	-
2.00	-
3.00	-
4.00	0.50
5.00	1.20
6.00	1.80
7.00	2.30
8.00	2.80
9.00	3.10
10.00	3.50
20.00	6.50
30.00	8.30
40.00	10.10
50.00	11.80
60.00	13.60
70.00	15.40
80.00	17.10
90.00	18.90
100.00	20.70

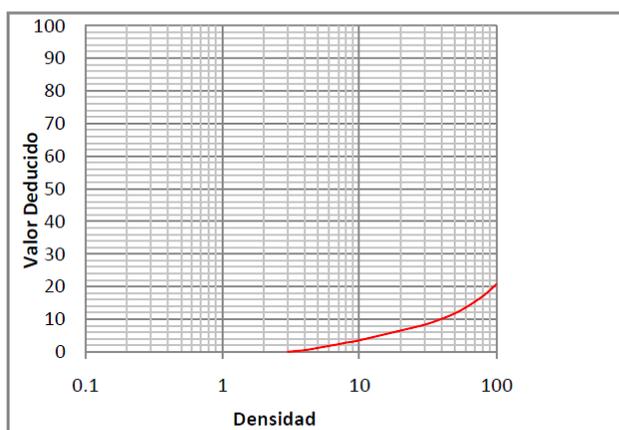


Fig. B.12 Valores deducidos para pavimentos asfálticos.  
Pulimiento de agregados

**13. HUECOS:**

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

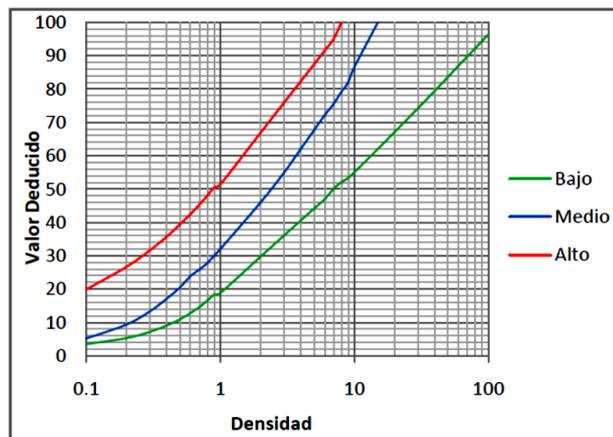


Fig. B.13 Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Huecos.

#### 14. CRUCE DE VÍA FÉRREA:

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

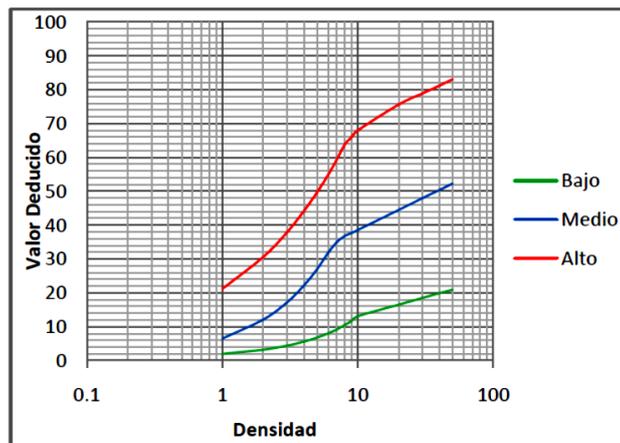


Fig. B.14 Valores deducidos para pavimentos asfálticos.  
Cruce de vía férrea.

## 15. AHUELLAMIENTOS:

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
0.10	1.10	4.60	6.00
0.20	2.00	7.10	12.40
0.30	2.80	9.00	16.10
0.40	3.60	10.80	18.80
0.50	4.30	12.30	20.80
0.60	5.10	13.80	22.50
0.70	5.80	15.10	23.90
0.80	6.50	16.40	25.20
0.90	7.20	17.60	26.20
1.00	7.90	18.20	26.70
2.00	14.00	25.30	36.20
3.00	17.10	30.10	42.40
4.00	19.10	33.40	46.80
5.00	20.80	36.10	50.20
6.00	22.30	38.20	53.00
7.00	23.60	39.80	55.30
8.00	24.90	41.60	57.40
9.00	26.00	42.90	59.20
10.00	27.10	44.20	60.80
20.00	35.80	53.00	73.00
30.00	41.40	57.90	79.30
40.00	43.40	60.30	81.80
50.00	45.10	62.10	83.80
60.00	46.50	63.70	85.40
70.00	47.70	65.10	86.80
80.00	48.80	66.30	87.90
90.00	49.70	67.40	89.00
100.00	50.60	68.40	89.90

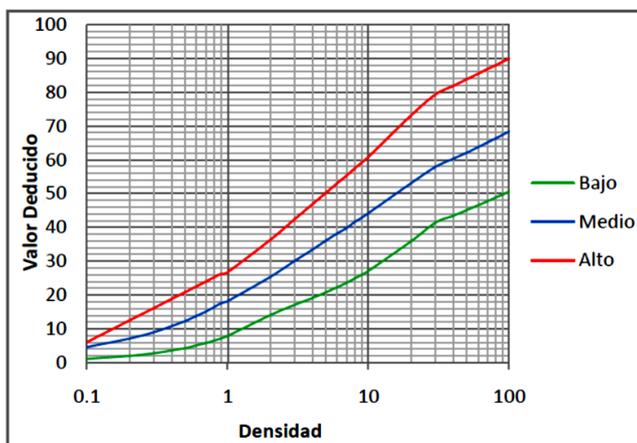
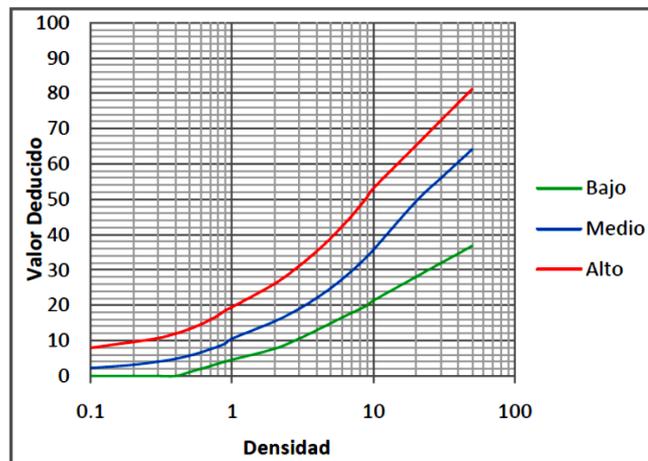


Fig. B.15 Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Ahuellamientos.

**16. DESPLAZAMIENTO:**

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



**Fig. B.16** Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Desplazamiento.

### 17. GRIETA PARABÓLICA (SLIPPAGE):

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

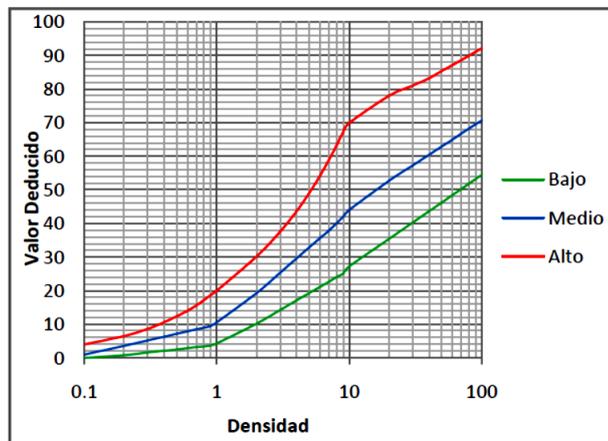
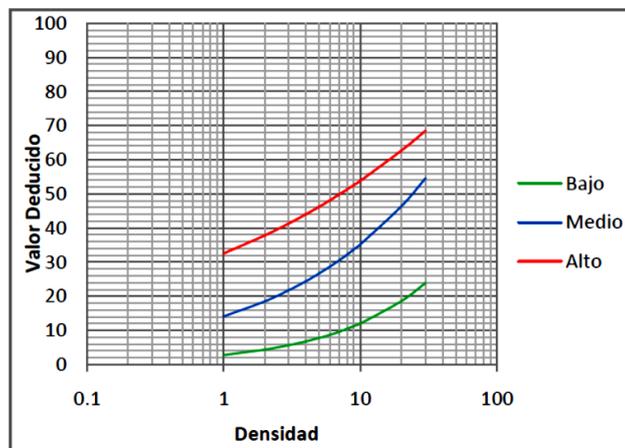


Fig. B.17 Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Grieta parabólica.

**18. HINCHAMIENTO:**

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
0.10	-	-	-
0.20	-	-	-
0.30	-	-	-
0.40	-	-	-
0.50	-	-	-
0.60	-	-	-
0.70	-	-	-
0.80	-	-	-
0.90	-	-	-
1.00	2.80	14.10	32.50
2.00	4.40	18.50	37.80
3.00	5.70	21.80	41.30
4.00	6.80	24.40	44.00
5.00	7.80	26.70	46.20
6.00	8.70	28.70	48.10
7.00	9.60	30.50	49.80
8.00	10.50	32.20	51.30
9.00	11.30	33.80	52.60
10.00	12.00	35.20	53.80
20.00	18.60	46.40	62.70
30.00	23.90	54.60	68.50
40.00	-	-	-
50.00	-	-	-
60.00	-	-	-
70.00	-	-	-
80.00	-	-	-
90.00	-	-	-
100.00	-	-	-



**Fig. B.18** Valores deducidos para pavimentos asfálticos.  
Hinchamiento.

### 19. DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS:

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

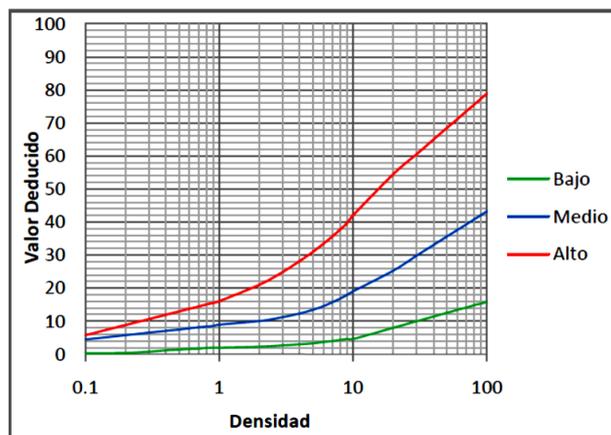


Fig. B.19 Valores deducidos para pavimentos asfálticos.  
Desprendimiento de agregados.

### Corrección de Valores Deducidos para Pavimentos Flexibles

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

Fig. B. 20.1 Tabla de Valores Deducidos Corregidos para Pavimentos Asfálticos.

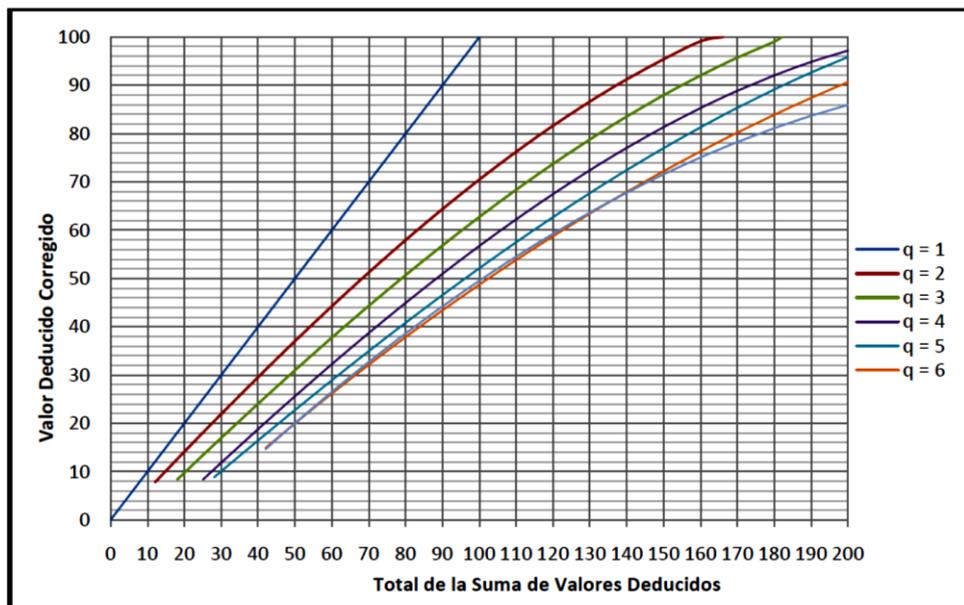


Fig. B. 20.2 Gráfica de Valores Deducidos Corregidos para Pavimentos Asfálticos.