

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

SEDE JAÉN



**CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE EN LA CARRETERA JAÉN - CHAMAYA**

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

PRESENTADO POR:

BACH. JOSÉ MERCY TOCTO OLIVERA

ASESOR:

ING. PACO ARTURO CACHAY DIAZ

JAÉN - CAJAMARCA - PERÚ

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

SEDE JAÉN

**CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA
CARRETERA JAÉN – CHAMAYA**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL:

BACHILLER: JOSÉ MERCY TOCTO OLIVERA

ASESOR: Ing. PACO ARTURO CACHAY DIAZ

Jaén-Cajamarca, Perú

-2014-

A:

A Dios por ser mi guía, alguien en quien yo confié y darme la fuerza para lograr mis objetivos.

A mi familia:

Brenilda Olivera Fernández, mi madre,

Teodoro Tocto Segura, mi padre,

Las personas que más amo en esta vida, valoro mucho todo el apoyo que me han brindado, son un ejemplo a seguir para mí.

Ylmer e hidelbrando, Tocto olivera, mis hermanos mayores,

Que siempre estuvieron brindándome su apoyo, en realización de esta investigación.

María Medaly, Tocto olivera, mi hermana menor.

Que me alegra la vida cada vez que estamos juntos, con sus ocurrencias.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Cajamarca-Sede Jaén por su invaluable aporte a la educación y la investigación en la región Cajamarca.

Al amigo Renne por su apoyo con los equipos para la elaboración de la investigación.

Al Ing. Paco Arturo Cachay Díaz, por su apoyo y colaboración en la revisión de esta tesis.

ÍNDICE

Contenido	Página
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx
CAPITULO I. INTRODUCCION.....	1
CAPITULO II. MARCO TEORICO.....	3
2.1. Antecedentes teoricos de la investigacion.....	3
2.1.1. Internacionales.....	3
2.1.2. nacionales.....	5
2.2. Bases teoricas.....	8
2.2.1. Pavimentos.....	8
2.2.1. Medtodo PCI (Indice de Condicion del Pavimento).....	8
2.2.3. Significado y uso del PCI.....	9
2.2.4. Tipos de fallas en un pavimento flexible.....	10

2.2.4.1. Falla por insuficiencia estructural.....	10
2.2.4.2. Falla por defectos constructivos.....	10
2.2.4.3. Falla por fatiga	11
2.2.5. Causas de fallas en pavimentos flexibles.....	11
2.2.5.1. En la sub.base	11
2.2.5.2. En la base	11
2.2.5.3. En las carpetas de riego	12
2.2.5.4. En las carpeta de mezcla asfaltica en el lugar	12
2.2.5.5. En las carpeta de mezcla asfaltica en en caliente	13
2.2.5.6. En el riego de impregnacion	14
2.2.5.7. En los riego de liga.....	14
2.2.5.8. En el riego de sello.....	14
2.2.6. Fallas en pavimentos urbanos flexibles.....	15
2.2.6.1. Piel de cocodrilo.....	16
2.2.6.2. Exudacion	18
2.2.6.3. Agrietamiento en bloque	20
2.2.6.4. Abultamientos y hundimientos	21
2.2.6.5. Corrugacion	23
2.2.6.6. Depresión.....	24

2.2.6.7. Grieta de borde	25
2.2.6.8. Fisuras de reflexion de junta	26
2.2.6.9. Desnivel carril - berma	28
2.2.6.10. Fisuras longitudinales y transversales	29
2.2.6.11. Parcheo y acometidas de servicios públicos.....	31
2.2.6.12. Pulimento de agregados	33
2.2.6.13. Huecos.....	34
2.2.6.14. Ahuellamiento	35
2.2.6.15. Desplazamientos.....	37
2.2.6.16. Grieta parabólica.....	38
2.2.6.17. Hinchamiento	40
2.2.6.18. Desprendimiento de agregados	41
2.2.7. Unidades de muestreo	43
2.2.7.1. Carreteras con capa de rodadura asfálticas y ancho menor que 7.30 m.....	43
2.2.7.2. Determinacion de las unidades de muestreo para evaluacion.....	44
2.2.7.3. Selección de las unidades de muestreo para inspeccion.....	44
2.2.7.4. Selección de unidades de muestreo adicionales	45
2.2.8. Calculo del PCI de las unidades de muestreo.....	46
2.2.9. Calculo del PCI de una seccion de pavimento	48

2.2.9.1. Peligros	48
2.3. Definición de términos básicos.....	49
CAPÍTULO III. MATERIALES Y METODOS.....	51
3.1. Localización	51
3.2. Materiales y/o equipos	54
3.3. Tipo de investigación.....	55
3.2. Operacionalización de las variables	55
3.5. Método	55
3.5.1. Identificación y selección de las unidades de análisis	55
3.5.2. Elaboración de instrumentos de recolección de datos	58
3.5.3. Prueba de instrumentos de recolección de datos	59
3.5.4. Aplicación de instrumentos de recolección de datos.....	60
3.5.5. Cálculo del PCI de la unidad.....	63
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	66
4.1. Resultados	66
4.2. Discusión.....	74

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
5.1. Conclusiones.....	77
5.2.Recomendaciones.....	78
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	79
ANEXO A. HOJAS DE REGISTRO DE LAS UNIDADES DE MUESTRA	81
ANEXO B. FOTOGRAFÍAS DE FALLAS	107

ÍNDICE DE TABLAS

Título	Página
Tabla 1. Niveles de severidad para huecos.....	35
Tabla 2. Longitudes de unidades de muestreo asfálticas.....	43
Tabla 3. Tipo de investigación según criterios de investigadores.....	55
Tabla 4. Aplicación de instrumentos de recolección de datos.....	61
Tabla 5. Curvas Piel de cocodrilo.....	62
Tabla 6. Calculo del máximo CDV.....	64
Tabla 7. Calculo del máximo CDV en curva de corrección.....	64
Tabla 8. Calculo del PCI de la unidad de muestra.....	65
Tabla 9. Fallas según su tipo.....	67
Tabla 10. Resumen de resultados del cálculo del ICP en unidades de muestras.....	72
Tabla 11. Hoja de registro de la unidad de muestra U1, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	82
Tabla 12. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U1.....	82

Tabla 13.	Hoja de registro de la unidad de muestra U2, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	83
Tabla 14.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U2.....	83
Tabla 15.	Hoja de registro de la unidad de muestra U3, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	84
Tabla 16.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U3.....	84
Tabla 17.	Hoja de registro de la unidad de muestra U4, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	85
Tabla 18.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U4.....	85
Tabla 19.	Hoja de registro de la unidad de muestra U5, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	86
Tabla 20.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U5.....	86
Tabla 21.	Hoja de registro de la unidad de muestra U6, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	87
Tabla 22.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U6.....	87
Tabla 23.	Hoja de registro de la unidad de muestra U7, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	88

Tabla 24.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U7.....	88
Tabla 25.	Hoja de registro de la unidad de muestra U8, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	89
Tabla 26.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U8.....	89
Tabla 27.	Hoja de registro de la unidad de muestra U9, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	90
Tabla 28.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U9.....	90
Tabla 29.	Hoja de registro de la unidad de muestra U10, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	91
Tabla 30.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U10.....	91
Tabla 31.	Hoja de registro de la unidad de muestra U11, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	92
Tabla 32.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U11.....	92
Tabla 33.	Hoja de registro de la unidad de muestra U12, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	93
Tabla 34.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U12.....	93

Tabla 35.	Hoja de registro de la unidad de muestra U13, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	94
Tabla 36.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U13.....	94
Tabla 37.	Hoja de registro de la unidad de muestra U14, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	95
Tabla 38.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U14.....	95
Tabla 39.	Hoja de registro de la unidad de muestra U15, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	96
Tabla 40.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U15.....	96
Tabla 41.	Hoja de registro de la unidad de muestra U16, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	97
Tabla 42.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U16.....	97
Tabla 43.	Hoja de registro de la unidad de muestra U17, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	98
Tabla 44.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U17.....	98
Tabla 45.	Hoja de registro de la unidad de muestra U18, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	99

Tabla 46.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U18.....	99
Tabla 47.	Hoja de registro de la unidad de muestra U19, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	100
Tabla 48.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U19.....	100
Tabla 49.	Hoja de registro de la unidad de muestra U20, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	101
Tabla 50.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U20.....	101
Tabla 51.	Hoja de registro de la unidad de muestra U21, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	102
Tabla 52.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U21.....	102
Tabla 53.	Hoja de registro de la unidad de muestra U22, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	103
Tabla 54.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U22.....	103
Tabla 55.	Hoja de registro de la unidad de muestra U23, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	104
Tabla 56.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U23.....	104

Tabla 57.	Hoja de registro de la unidad de muestra U24, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	105
Tabla 58.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U24.....	105
Tabla 59.	Hoja de registro de la unidad de muestra U25, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya.....	106
Tabla 60.	Cálculo del PCI de la unidad de muestra U25.....	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Titulo	Página
Figura 1. Escala de condición de pavimento.....	9
Figura 2. Resumen de fallas en pavimentos flexibles.....	16
Figura 3. Piel de cocodrilo, las fisuras se conectan unas con otras formando polígonos irregulares.....	17
Figura 4. Exudación, se evidencia a través de una película de asfalto que se extiende sobre la superficie de la pista.....	19
Figura 5. Agrietamiento en bloque, se aprecian grietas interconectadas que forman bloques rectangulares.....	20
Figura 6. Abultamientos y Hundimientos, se señala el desplazamiento hacia arriba de la superficie del pavimento.....	22
Figura 7. Corrugación, se indican las cimas y depresiones que deforman al pavimento.....	23
Figura 8. Depresión, el nivel del pavimento indicado es menor al nivel del resto de la pista.....	24
Figura 9. Grieta de borde, se aprecia que ha dañado severamente el borde de la vía.....	25
Figura 10. Fisura de reflexión de junta, se observa una fisura transversal que atraviesa todo el ancho del carril.....	27
Figura 11. Desnivel carril – berma, se muestra el desnivel existente entre la berma y el carril de la pista.....	28
Figura 12. Fisuras longitudinales y transversales, se señala el punto de inicio y termino de la grieta longitudinal.....	30

Figura 13.	Parche, el área del pavimento es remplazada por bloquetas de concreto.....	32
Figura 14.	Agregado pulido, los agregados de la superficie, se vuelven suaves al tacto.....	33
Figura 15.	Huecos, se producen cuando pequeños pedazos de la superficie del pavimento son arrancados por el tráfico.....	34
Figura 16.	Ahuellamiento, las flechas señalan la trayectoria dejada por los vehículos.....	36
Figura 17.	Desplazamiento, el corrimiento es originado por el aumento de longitud de las losas de concreto.....	38
Figura 18.	Grieta parabólica, se señala la forma de media luna de la grieta.....	39
Figura 19.	Hinchamiento, el pavimento sufre un levantamiento deformando el perfil de la vía.....	40
Figura 20.	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados.....	42
Figura 21.	Ubicación nacional.....	51
Figura 22.	Ubicación departamental.....	51
Figura 23.	Plano de ubicación provincial.....	52
Figura 24.	Plano de localización y ubicación.....	53
Figura 25.	Ubicación satelital de la carretera Jaén-Chamaya.....	54
Figura 26.	Zona de estudio Carretera Jaén – Chamaya.....	56
Figuras 27 y 28.	Medidas de unidades de muestra.....	57

Figuras 29 y 30. Unidades de muestras señalizadas en pavimento e identificadas con su respectivo código.....	58
Figura 31. Formato de exploración de condición de carreteras con superficie asfáltica.....	59
Figura 32. Identificación de fallas en el pavimento.....	60
Figura 33. Recopilación de información.....	60
Figura 34. Recolección de datos de la inspección realizada en campo.....	61
Figura 35. Aplicación del instrumento de recolección de datos.....	63
Figuras 36 y 37. Numero de fallas según su tipo.....	68
Figuras 38 y 39. Unidades de muestra con número de fallas.....	69
Figura 40. Resultados de nivel de severidad por tipo de falla.....	71
Figura 41. Resultados de fallas existentes en pavimento flexible.....	71
Figura 42. Porcentaje de unidades de muestra con un estado de pavimento muy bueno, regular y pobre.....	73
Figura 43. Piel de cocodrilo de nivel de severidad Medio, ubicado en la unidad de muestra U 11, sección 1.....	107
Figura 44. Exudación de nivel de severidad bajo, ubicado en la unidad de muestra U1, sección 1.....	107
Figura 45. Agrietamiento en bloque de baja severidad, de la unidad de nuestra U1, sección 1.....	108
Figura 46. Hundimiento de baja severidad, de la unidad de nuestra U11, sección 1.....	108

Figura 47.	Desnivel carril/berma de severidad Media, de la unidad de nuestra U1, sección 1.....	109
Figura 48.	Grietas transversales y longitudinales de baja severidad, de la unidad de nuestra U16, sección 1.....	109
Figura 49.	Parqueo de severidad Media, de la unidad de nuestra U12, sección 1.....	110
Figura 50.	Huecos de Mediana severidad, de la unidad de nuestra U24, sección 1.....	110
Figura 51.	Ahuellamiento de severidad baja, de la unidad de nuestra U24, sección 1.....	111
Figura 52.	Ahuellamiento de severidad Media, de la unidad de nuestra U24, sección 1.....	111

RESUMEN

La presente Investigación tiene como objetivo aplicar el método PCI para determinar el Índice de Condición de Pavimento en la carretera Jaén-Chamaya. Ochocientos metros lineales de pista han sido estudiados a detalle para identificar las fallas existentes y cuantificar el estado de la vía. El método PCI se aplicó siguiendo el criterio y parámetros de la norma ASTM 5340-98 método de evaluación del PCI, el cual pretende saber las condiciones actuales de la estructura y la superficie de rodadura, con un trabajo de campo, en el cual se realiza el recorrido de la vía anotando las fallas localizadas y determinando la severidad de las mismas, haciendo uso de instrumentos de medición y el catálogo de fallas para pavimentos asfálticos, después del levantamiento de fallas se realiza el trabajo en gabinete con el cálculo final del PCI. Con un PCI ponderado igual a 68, se concluye que la carretera Jaén-Chamaya, Tiene un pavimento de estado Bueno. Esta condición del pavimento se debe gracias a las obras de mantenimiento que se realiza cada cierto tiempo que han aminorado la formación de fallas estructurales, dañinas para el pavimento. Según la variación del PCI a lo largo de la vía se identificaron 25 tramos homogéneos, para los cuales se halló el PCI ponderado y las muestras excepcionales, es decir, aquellas que presentan un estado marcadamente desfavorable de la condición del pavimento con relación a las de su vecindad. Al analizar el estado y las causas más generales del daño mostrado por los diferentes tramos observados. La mayoría de fallas fueron fallas de tipo funcional, que no afectan al tránsito normal de vehículos, no es necesario disminuir la velocidad libre y no son percibidas por el conductor, pues no causan daños estructurales.

ABSTRACT

This research aims to implement the PCI method for determining the Pavement Condition Index in Jaén- Chamaya road. Eight hundred meters of track have been studied in detail to identify existing faults and quantify the state of the road . The PCI method was applied it according to the criteria and parameters of ASTM 5340-98 PCI assessment method , which seeks to determine the current condition of the structure and tread , with fieldwork , which is done the scoring of the pathway localized failures and determining the severity thereof , using measuring instruments and a catalog of failures for mastic asphalt pavements, after removal of faults cabinet work in the final calculation of PCI is performed. It is concluded that the Jaén- Chamaya , road has a pavement condition Good , a PCI weighted equal to 68. This condition of the pavement thanks to maintenance work being done is because every so often to have slowed the formation of structural defects , harmful to the pavement. According to changes PCI along the line 25 homogeneous sections, for which was found weighted PCI and exceptional samples , ie , those having a distinctly unfavorable state of pavement condition relative to the identified your neighborhood. By analyzing the status and the more general causes of damage shown by the different observed sections . Most failures were failures functional type , which does not affect the normal vehicle traffic is not necessary to decrease the free speed and are not perceived by the driver, they do not cause structural damage.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Las vías de acceso a nuestra ciudad de Jaén, hoy en la actualidad presentan problemas con respecto al mal estado en la que se encuentran , ya que en la mayoría de estas estructuras se pudieron encontrar diferentes fallas las cuales dificultan el transito normal de los vehículos que circulan por estas vías.

Dichas fallas que son consecuencias de defectos tales como una mala construcción, subdiseño, volumen mayor de tránsito, mal funcionamiento del drenaje, deficiencia en el mantenimiento del pavimento, espesores mínimos, suelos inestables, etc. Que generan que el pavimento falle y se presenten distintas anomalías empeorando el estado de la vía.

Es por esta razón que surgió esta investigación la cual busco determinar el estado del pavimento asfaltico en la vía Jaén – Chamaya, utilizando el Índice de condición del pavimento (ICP) y dar respuesta a la pregunta planteada ¿Cuál es el Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya?, la hipótesis planteada fue que el cálculo del Índice de condición de pavimento (ICP), del tramo en estudio de la carretera Jaén – Chamaya, se encuentra en la clasificación de condición REGULAR.

En nuestro país los problemas con las vías en mal estado generan problemas sociales, económicos y en ocasiones hasta pérdidas humanas. Todo esto debido que no se lleva a cabo un mantenimiento adecuado ni se toma en cuenta el plan de vida de la vía, es decir, no se evalúa el comportamiento del pavimento con el paso del tiempo y sólo se interviene cuando el deterioro del pavimento es grave. Lo ideal es detectar y evaluar los daños de los pavimentos con la suficiente anticipación, de manera que las reparaciones resultantes correspondan a trabajos de conservación o reparación menor, y no de reconstrucción. De esta

forma, se ahorra dinero y recursos, ya que el costo por reparar un pavimento es mucho más elevado que el costo por mantenimiento.

Es por esto que esta investigación tuvo como objetivo analizar los daños presentes en el pavimento asfáltico así como determinar el índice de condición del pavimento en la carretera Jaén – Chamaya, de la ciudad de Jaén.

Esta investigación se justifica en el estado situacional que se encuentra la vía de Ingreso a la Ciudad de Jaén (Carretera Jaén Chamaya), la cual se determinara en qué condiciones se encuentra aplicando el método PCI que nos indicara las acciones a tomar con respecto a los resultados obtenidos de dicho estudio como son el nivel de daño del pavimento su severidad y cantidad. Ya que dada a la gran cantidad de combinaciones de deterioros que se presentan en el estudio de esta vía el método soluciona esta dificultad introduciendo el “valor deducido” para indicar la condición del pavimento y con esto supone un mayor conocimiento de las condiciones operativas y estructurales que permitan deducir el estado situacional de la vía en estudio. Que permitan llegar a un diagnóstico de la vía y así una solución efectiva que contenga los requisitos que exige este tipo de vía.

La investigación se ha dividido en cinco capítulos. El primero es la introducción el segundo capítulo es el marco teórico, donde se describen los antecedentes relacionados a la investigación tanto internacionales como nacionales así como las bases teóricas donde se define el concepto de pavimento, su clasificación, el método del Índice de condición del pavimento (ICP). El tercer capítulo trata de los materiales y métodos es aquí donde se describe a detalle el procedimiento que se realizó en la investigación, los materiales utilizados, descripción de la investigación. El cuarto capítulo son los resultados y discusiones y finalmente el quinto capítulo que son las conclusiones de la investigación que se realizó.

CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes Teóricos De La Investigación

2.1.1. Internacionales

Johnny, T.T (Ecuador, 2011). Análisis superficial y mantenimiento del hormigón hidráulico de la carretera Chonecanuto-Calceta-Junín-Pueblo Nuevo – Pimpiguasí, tramo, Pueblo Nuevo Pimpiguasí.

El objeto de este trabajo de investigación es un análisis superficial y mantenimiento del hormigón hidráulico de la carretera Chone Canuto Calceta-Junín-Pueblo Nuevo – Pimpiguasí, Tramo, Pueblo Nuevo- Pimpiguasí. De la provincia de Manabí. Para este efecto, el propósito de este trabajo de tesis es realizar una inspección visual superficial, aplicando un índice de condición del pavimento más conocido por sus siglas en inglés como PCI, que esta normado por la ASTM D6433-99, para conocer la condición que se encuentra el pavimento de hormigón hidráulico, reforzado de forma adherente con hormigón hidráulico y fibras metálicas, conocer sus deterioros, severidades; luego aplicar su mantenimiento y actividades correspondientes.

Los resultados logrados al termino del proceso de investigación indican claramente que en las unidades de muestras del pavimento rígido compuesto por losas de hormigón hidráulico, se manifiesta dos tipos de fallo más acentuado como son las grietas de equina con severidad muy baja, luego le sigue los fallos de grietas lineales con severidad muy baja, las demás tipos de fallos que se presentan son mínimas pero no dejan de ser importantes para su mantenimiento futuro. Se han identificado muestras con deterioros homogéneos en el pavimento en estudio y con ellas se tomara las medidas correctivas a nivel de Mantenimiento.

El resultado final arrojo un PCI ponderado de 91.59 y está dentro del rango de 85-100 que demuestra que este pavimento rígido se encuentra en un excelente estado según la norma ASTH D6433-99.

Esta calificación significa que no hay nada que hacer o solamente trabajos de mantenimiento.

Marya J, S. (Puerto la Cruz, Abril del 2010). Evaluación Integral De La Vía Local Cumaná –Cumanacoa (L001); progresiva 0+000 (puente Aliviadero Manzanares) hasta progresiva 10+000 (vía Cumanacoa), de los municipios Sucre y Montes del estado Sucre.

Este Trabajo de investigación, tuvo como propósito la evaluación integral de la vía local 01 Cumaná – Cumanacoa, desde la Progresiva 0+000 (Puente Aliviadero Manzanares) hasta Progresiva 10+000 (Vía Cumanacoa), en los Municipios Sucre y Montes del Estado Sucre. En la evaluación para determinar las condiciones generales de la vía se consideró el estado del pavimento, las condiciones del drenaje superficial y transversal, el uso de dispositivos de control, señalamiento y demarcación, los laterales de la vía en cuanto a vegetación y limpieza, la revisión de obras especiales como brocales y aceras. Para lograr estos objetivos se realizaron varios recorridos de inspección en el tramo en estudio reportando en tablas la situación a lo largo de la vía y en especial para la evaluación del pavimento se usó el Índice de Condición de Pavimento o Método PCI.

Los resultados logrados al termino del proceso de investigación realizado por el método PCI, al pavimento en el tramo comprendido entre la progresiva 0+000 y la progresiva 10+000 de la vía local Cumaná - Cumanacoa, arrojan un valor de PCI igual a 30,4; ubicando dicho tramo según la escala usada por PCI en una vía en condiciones MALAS; por lo que al término de esta investigación se recomendó se realice un rehabilitación al tramo de la vía local 01 Cumaná – Cumanacoa para mejorar las condiciones de la vía, actualmente la rehabilitación tiene un valor aproximado de Bs. F. 8.278.489,80.

(Kyungwon, P. et al). Una reciente investigación realizada en diciembre del 2007 por el ASCE en Estados Unidos en donde se busca aplicar una técnica que busca relacionar los daños en la superficie de pavimento asfáltico, su rugosidad, y el índice de condición de pavimento. Recoge la información de una base de datos sobre diversas secciones de pavimento en la región Atlántico Norte de Estados Unidos (la misma que corresponde a un programa de desempeño de pavimentos de largo plazo). Con el apoyo de un software se calcula la condición de tales secciones. El artículo desarrolla un modelo de regresión lineal entre la condición del pavimento y su rugosidad. Ello les permite a los autores considerar que la rugosidad es un buen predictor de la condición del pavimento.

2.1.2. Nacionales

Edgar D, R.V (2009). Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis Montero, distrito de Castilla.

Esta investigación contiene el método utilizado para la evaluación del estado del pavimento, y los resultados del mismo realizado al pavimento en la Av. Luis Montero, la cual consta de dos tramos de 600 metros lineales cada uno (de acuerdo a los dos sentidos de vía existentes). El tramo 1 se divide en 3 secciones, mientras que el tramo 2 tiene una sola sección. Se inspeccionaron un total de 32 unidades de muestra (16 por tramo) obteniendo los siguientes resultados:

El 37% del total de unidades de muestra inspeccionadas presentan un estado de pavimento regular (PCI entre 40 y 55); después le sigue un 33% de unidades en buen estado (PCI entre 55 y 70); un 15%, en estado malo (PCI entre 25 y 40) y un 9% de muy mala condición (PCI entre 10 y 25). Finalmente, un 6% hace referencia a unidades de muestra con un pavimento de muy buen estado (PCI entre 70 y 85).

Por tanto en dicha investigación se concluyó que la Av. Luis Montero tiene un pavimento de estado regular, con un PCI ponderado igual a 49. Esta condición

del pavimento se debe a que la vía fue reparada en el año 2008, la cual aminorado la formación de fallas estructurales, dañinas para el pavimento.

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

Camposano y Garcia (2012). Diagnóstico del estado situacional de la vía: av. Argentina – av. 24 de junio por el método: Índice de condición de pavimentos.

Este trabajo de investigación, realiza un diagnóstico visual para el tramo de la vía existente Av. 24 de Junio y Av. Argentina, haciendo uso del método PCI, según el criterio y parámetros de la Norma ASTM 5340-98 Método de Evaluación del PCI, el cual pretende saber las condiciones actuales de la estructura y la superficie de rodadura, con un trabajo de campo, en el cual se realiza el recorrido de la vía anotando las fallas localizadas y determinando la severidad de las mismas, haciendo uso de instrumentos de medición y el catálogo de fallas para pavimentos asfálticos, después del levantamiento de fallas se realiza el trabajo en gabinete con el cálculo final de PCI, siendo este el primer paso para lograr una vía pavimentada de mejor calidad y que cumpla correctamente su tiempo de vida útil. La vía existente Av. 24 de Junio - Av. Argentina, la cual consta de 2 kilómetros de longitud, se dividió en un solo tramo de estudio que a la vez se clasificó en 72 unidades de muestra cada una de 28 m, siendo cada una inspeccionada se obtuvieron un número total de fallas existentes, de las cuales se obtuvo que la unidad de muestra que presenta mayor cantidad de fallas es la UM-43 en donde existen 49 fallas, y en la UM-24 tiene la menor cantidad de fallas que es un total de 2, el porcentaje de fallas encontradas en la vía en estudio es el siguiente:

El 40% de fallas son de grietas longitudinales y transversales, el 24% es de Huecos, el 12% es de parcheo, el 7% de piel de cocodrilo y agrietamiento, el 6% Abultamientos y hundimientos, 2% a corrugación y 1% tanto a parcheo como a pulimiento de agregados.

Por tanto en dicha investigación se concluyó que la vía: av. Argentina – av. 24 de junio tiene un pavimento de estado regular, con un PCI ponderado igual a 51. Según los rangos de clasificación anteriormente enunciados y confirmados al realizar un recorrido por la vía.

Karla P, G.C (2009). Cálculo del índice de condición aplicado en del pavimento flexible en la av. las Palmeras de Piura.

Esta investigación contiene el método utilizado para la evaluación del estado del pavimento, y los resultados del mismo realizado al pavimento en la av. las Palmeras de Piura, la cual consta de dos tramos de 600 metros lineales cada uno (de acuerdo a los dos sentidos de vía existentes). La vía se divide en total en 5 secciones las cuales fueron estudiadas a detalle y los resultados obtenidos son los siguientes:

- La sección 1 se encuentra en mal estado y es probable que no tenga vida residual, entendiéndose por vida residual como la capacidad del pavimento para soportar cargas antes de llegar a la falla. Urge establecer trabajos de rehabilitación tales como: nivelación, sobrecapas, lechada asfáltica, fresado, remoción y reemplazo de capas, etc.
- La sección 2 y la sección 4 se encuentran en buen estado, bastará conservar ese estado con mantenimiento rutinario y periódico, tales como: lechada asfáltica, sellado de grietas, limpieza de maleza, alcantarillas, plataforma, etc.
- La sección 3 y la sección 5 se encuentran en regular estado, es necesario reparar las fallas de severidad media y alta que se presenten, además se deben ejecutar trabajos de mantenimiento rutinario y periódico. Es importante que se realicen estudios para determinar la vida residual del pavimento y así poder determinar con exactitud las acciones de rehabilitación.

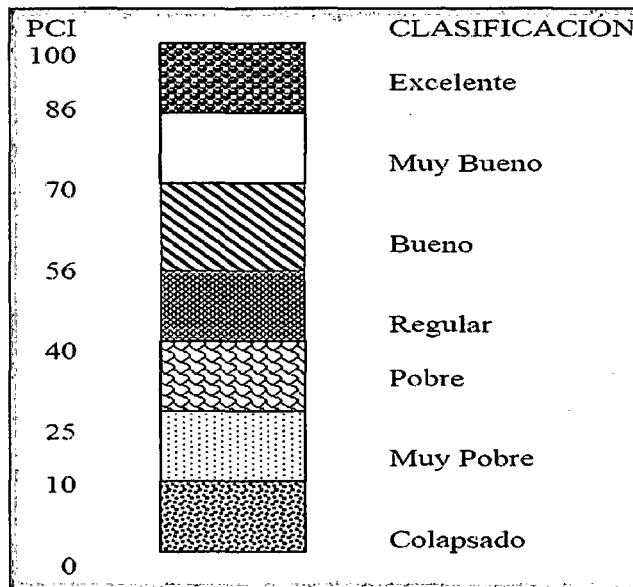
2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Pavimentos

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y constituyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento (THENOUX, GAETE 2010).

2.2.2. Método PCI (Índice de condición de pavimento)

El pavimento se divide en componentes que a su vez son divididos en secciones. Cada sección es dividida en unidades de muestra. El tipo y grado de severidad de las fallas en el pavimento son establecidos mediante la inspección visual de las unidades de muestra. La cantidad de las fallas se mide según las tablas de muestreo tomadas en campo. La información sobre las fallas es utilizada para calcular el PCI de cada unidad de muestra. El PCI de la sección de pavimento se determina en base a los valores del PCI determinados para cada una de las unidades de muestra. . (Luis R, V.V).



Fuente: Escalas del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos
ASTM D6433-03.

Figura 1. Escala de condición de pavimentos

2.2.3. Significado y Uso del PCI

El PCI es un indicador numérico que le da una calificación a las condiciones superficiales del pavimento. El PCI proporciona una medición de las condiciones actuales del pavimento basada en las fallas observadas en su superficie, indicando también su integridad estructural y condiciones operacionales (rugosidad localizada y seguridad). El PCI no puede medir la capacidad estructural del pavimento, y tampoco proporciona determinación directa sobre el coeficiente de resistencia a la fricción (resistencia al resbalamiento) o la rugosidad general. Proporciona una base objetiva y racional para determinar las necesidades y prioridades de reparación y mantenimiento. Un monitoreo continuo del PCI es utilizado para establecer el ritmo de deterioro del pavimento, a partir del cual se identifican con la debida anticipación las necesidades de rehabilitación mayores. El PCI proporciona información sobre el rendimiento del pavimento para su validación o para incorporar mejoras en su diseño y procedimientos de mantenimiento. (Luis R, V.V)

2.2.4. Tipos de fallas en un pavimento flexible

La tecnología que se ha desarrollado para pavimentos, tiene como meta evitar deterioros y fallas. Se han logrado establecer relaciones de causa - efecto, para desarrollar normas de criterio de proyecto y conservación. En pavimentos, la palabra falla se utiliza tanto para verdaderos colapsos como deterioros simples. El concepto de deterioro o falla está asociado al nivel de servicio que depende de la exigencia del consumidor (Ricardo J, M. R – Chile 2010).

Una falla es algo que se aparta de lo que se consideró perfecto. Las fallas de los pavimentos pueden dividirse en tres grupos:

2.2.4.1. Falla por insuficiencia estructural

Es una deficiencia del pavimento que ocasiona, de inmediato o posteriormente, una reducción en la capacidad de carga de éste. Las fallas por insuficiencia estructural se dan en pavimentos contruidos con material inapropiado en cuanto a resistencia. Se pueden utilizar materiales con buena calidad pero espesores insuficientes. Esta falla se produce por la combinación de la resistencia al esfuerzo cortante de cada capa y sus espesores.

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 del proyecto. (Ricardo J, M. R – Chile 2010)

2.2.4.2. Falla por defectos constructivos

Este tipo de falla se da en pavimentos bien proporcionados y con materiales de buena calidad pero que en su construcción se cometieron errores, como son la baja compactación de la sub rasante, no cumplir con el espesor establecido, falta de afinidad del material pétreo, etc (Ricardo J, M. R – Chile 2010)

2.2.4.3. Falla por fatiga

Pavimentos que originalmente estuvieron bien proporcionados y contruidos, con el paso del tiempo y la continua repetición de cargas sufren efectos de fatiga, degradación estructural, pérdida de resistencia y acumulan deformaciones.

Aparte de estos tres grupos, también se agrupan por su origen, es decir por el modo en que suceden y se manifiestan. Se separan en tres nuevos grupos que son: por fracturamiento, por deformación y por desintegración. Se relacionan con el efecto del tránsito, las características y estructuración del pavimento y el apoyo que proporciona la terracería.

Las fallas por insuficiencia estructural, defecto constructivo o fatiga pueden ser a fin de cuentas causadas por el fracturamiento, la deformación y la desintegración. (Ricardo J, M. R – Chile 2010)

2.2.5. Causas de fallas en pavimentos flexibles

Se presenta en forma resumida, las causas que originan fallas en los pavimentos flexibles que son atribuibles a los mismos y de los cuales se ha hecho una descripción según las distintas capas que lo forman. (Monsalve, G)

2.2.5.1. En la Sub-Base

- ✓ Mala calidad del material utilizado.
- ✓ Baja compactación.
- ✓ Falta de espesor.
- ✓ Contaminación con el material de las terracerías.
- ✓ Defectos de construcción o de acabados.

2.2.5.2. En la Base

- ✓ Mala calidad del material utilizado.
- ✓ Baja compactación.
- ✓ Falta de espesor.

- ✓ Falta de afinidad del material pétreo con el asfalto de impregnación.
- ✓ Falta de limpieza o barrido de la superficie de base al momento de impregnar.
- ✓ Defectos de construcción o de acabado.
- ✓ Defecto de la base impregnada por exposición excesiva al tránsito y a los efectos del clima, antes de protegerla con la carpeta.

2.2.5.3. En las Carpetas de Riego

- ✓ Mala calidad de los materiales pétreos o granulometría defectuosa de estos.
- ✓ Falta de afinidad de los materiales pétreos con el asfalto.
- ✓ Cantidad escasa de materiales pétreos.
- ✓ Materiales pétreos con exceso de humedad al momento de la aplicación.
- ✓ Tránsito sobre el riego de asfalto antes de cubrir con el pétreo.
- ✓ Tránsito demasiado pronto sobre el material pétreo aplicado, principalmente cuando los vehículos no circulan a velocidades bajas.
- ✓ Defectos de construcción de la carpeta (falta de rastreo, planchado o barrido de los materiales pétreos, traslapes incorrectos de los riegos, distribución no uniforme de los materiales, etc.)

2.2.5.4. En la Carpeta de Mezcla Asfáltica en el Lugar

- ✓ Mala calidad en los materiales pétreos o defectuosos en su granulometría.
- ✓ Falta de afinidad del material pétreo con el asfalto.
- ✓ Exceso de asfalto en la mezcla.
- ✓ Materiales pétreos demasiado húmedos al momento de agregar el asfalto.
- ✓ Tipo de asfalto inadecuado en la mezcla, o mala calidad del producto utilizado.
- ✓ Contenido elevado de agua o de solventes en la mezcla, al momento de tender.

- ✓ Falta de uniformidad en la incorporación del asfalto en la mezcla.
- ✓ Baja compactación de la mezcla.
- ✓ Defectos de construcción en el tendido y de acabados
- ✓ Baja resistencia de la mezcla.
- ✓ Defectos de construcción en el tendido y de acabados.
- ✓ Baja resistencia de la mezcla.
- ✓ Mezcla asfáltica muy permeable, sin proteger con algún tratamiento de sellado.
- ✓ Rigidez relativamente alta de la carpeta.

2.2.5.5. En la Carpeta de Mezcla Asfáltica en el Caliente

- ✓ Mala calidad en los materiales utilizados o defectos en su granulometría.
- ✓ Falta de afinidad del material pétreo con el asfalto.
- ✓ Exceso de asfalto en la mezcla.
- ✓ Escasez de asfalto en la mezcla.
- ✓ Tipo de asfalto inadecuado en la mezcla, o mala calidad del producto utilizado.
- ✓ Temperatura baja del asfalto o del material al elaborar la mezcla.
- ✓ Temperatura excesiva de calentamiento del cemento asfáltico y del material pétreo al elaborar la mezcla.
- ✓ Defectos de tendido o de acabado de la mezcla.
- ✓ Mezcla relativamente fría al tender o al compactar.
- ✓ Baja compactación de la mezcla.
- ✓ Espesor escaso de la capa.
- ✓ Baja estabilidad de la mezcla.
- ✓ Mezcla asfáltica muy permeable, sin proteger con algún tratamiento de sellado.
- ✓ Rigidez relativamente alta de la carpeta.

2.2.5.6. En el Riego de impregnación

- ✓ Tipo inadecuado de asfalto o mala calidad del producto.
- ✓ Cantidad excesiva de asfalto.
- ✓ Cantidad escasa de asfalto.
- ✓ Tránsito demasiado pronto sobre el riego de asfalto.
- ✓ Asfalto frío (viscosidad alta) que impide su penetración en la base.
- ✓ Defectos en la aplicación del asfalto (atribuibles a la petrolizadora o al operador)
- ✓ Exceso de arena de "poreo", cuando este se usa.

2.2.5.7. En los riegos de Liga

- ✓ Tipo inadecuado de asfalto o mala calidad del producto.
- ✓ Cantidad excesiva de asfalto.
- ✓ Cantidad escasa de asfalto.
- ✓ Asfalto muy frío, o que ha perdido su poder de aglutinación, al momento de extender la carpeta (de mezcla en el lugar), o cubrirse con los materiales pétreos (carpeta de riego).
- ✓ Defectos en la aplicación del asfalto (atribuibles a la petrolizadora o al operador).

2.2.5.8. En el riego de sello

- ✓ Mala calidad de los materiales pétreos utilizados o a defectos en su granulometría.
- ✓ Falta de afinidad del material pétreo con el asfalto.
- ✓ Exceso o escasez del material pétreo o del asfalto.
- ✓ Asfalto inadecuado o mala calidad del producto.
- ✓ Materiales pétreos demasiado húmedos al momento de aplicación.
- ✓ Tránsito sobre el riego de asfalto, antes de cubrir con el pétreo.
- ✓ Asfalto muy frío o que ha perdido su poder de aglutinación, al momento de cubrirlo con el material pétreo.

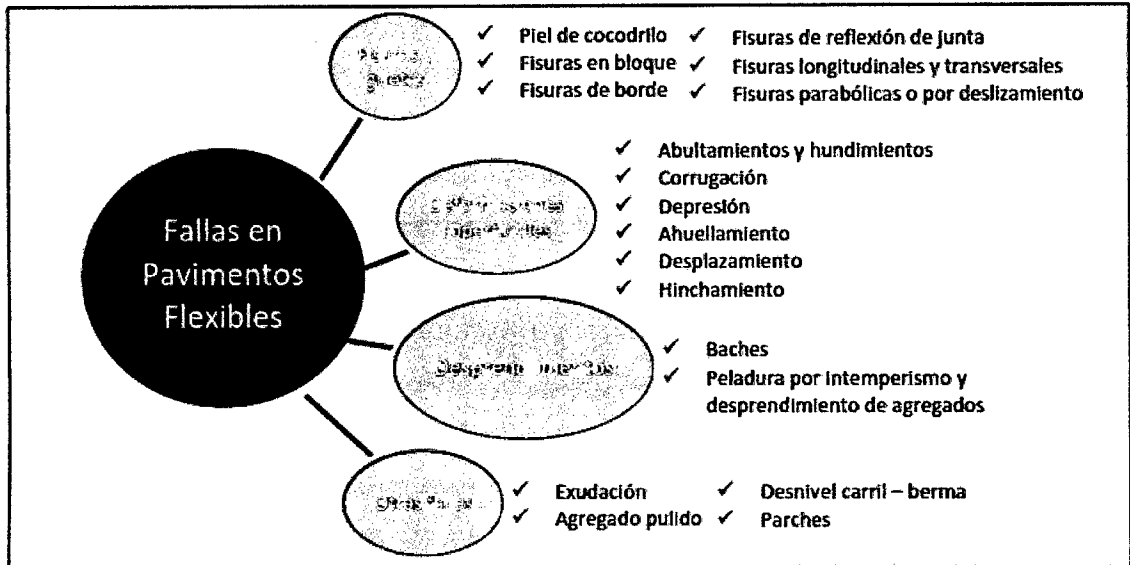
- ✓ Defectos de la aplicación del asfalto (atribuibles a la petrolizadora o al operador).
- ✓ Tránsito demasiado pronto sobre el material pétreo aplicado, principalmente cuando los vehículos no circulan a bajas velocidades.
- ✓ Defectos de construcción (distribución no uniforme del material pétreo, falta de rastreo, planchado o barrido del material, traslapes incorrectos de los riegos, etc.).
- ✓ Efecto del tránsito pesado en zonas sub-diseñadas o deficientemente construidas del pavimento.
- ✓ Paso del tránsito de vehículos o del equipo de construcción sobre la carpeta recién tendida, o sin la debida compactación.

2.2.6. Fallas en pavimentos urbanos flexibles

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

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

Para pavimentos flexibles los daños pueden ser agrupados en 4 categorías: 1) Fisuras y grietas; 2) Deformaciones superficiales; 3) Desintegración de pavimentos o desprendimientos; 4) Afloramientos y otras fallas. (Luis R, V.V)



Fuente: Resumen de fallas en pavimentos flexibles (ASTM D6433-03)

Figura 2. Resumen de Fallas en pavimentos flexibles.

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

2.2.6.1. Piel de cocodrilo

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

También llamada agrietamiento por fatiga, la piel de cocodrilo se produce en áreas sujetas a repeticiones de carga de tráfico, tales como las huellas de las llantas de los vehículos. El agrietamiento se origina en el fondo del paquete asfáltico, en la base, donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son elevados. De ahí, las grietas se propagan hacia la superficie como una serie de fisuras longitudinales paralelas, que luego se conectan formando varias piezas.

Otra causa que contribuye a que se produzca este tipo de falla, es el

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



Figura 3. Piel de cocodrilo, las fisuras se conectan unas con otras formando polígonos irregulares.

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.

2.2.6.2. Exudación

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

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

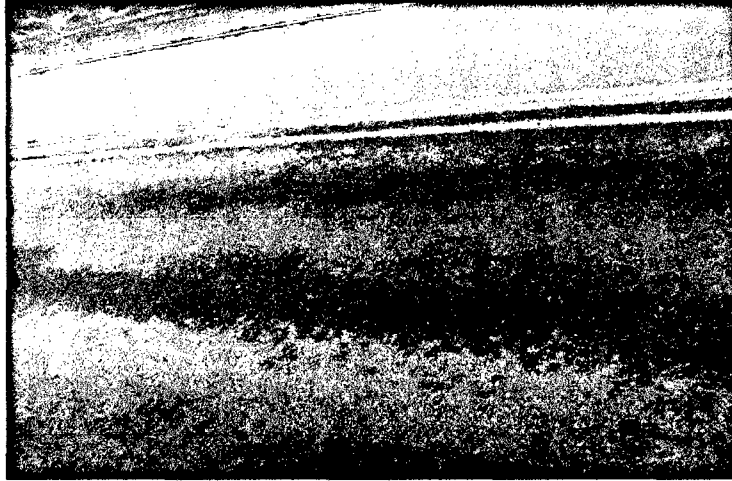


Figura 4. Exudación, se evidencia a través de una película de asfalto que se extienden sobre la superficie de la pista.

Niveles de severidad.

L: 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: 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: 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 (ó 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).

2.2.6.3. Agrietamiento en Bloque.

Las fisuras en bloque son grietas interconectadas que forman piezas rectangulares de tamaño variable, desde aproximadamente 0.30 x 0.30 m hasta 3.00 x 3.00 m. Este tipo de falla puede ocurrir sobre porciones largas del área del pavimento o sobre aquellas áreas donde no hay tráfico; es por ello que las fisuras en bloque no están asociadas a sollicitaciones externas de carga vehicular.

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



Figura 5. Agrietamiento en bloque, se aprecian grietas interconectadas que forman bloques rectangulares.

Niveles de severidad.

L: Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para grietas longitudinales y transversales.

M: Bloques definidos por grietas de severidad media

H: Bloques definidos por grietas de alta severidad.

Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Generalmente, se presenta un solo 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 y sobrecarpeta.

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

2.2.6.4. Abultamientos y hundimientos

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

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

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

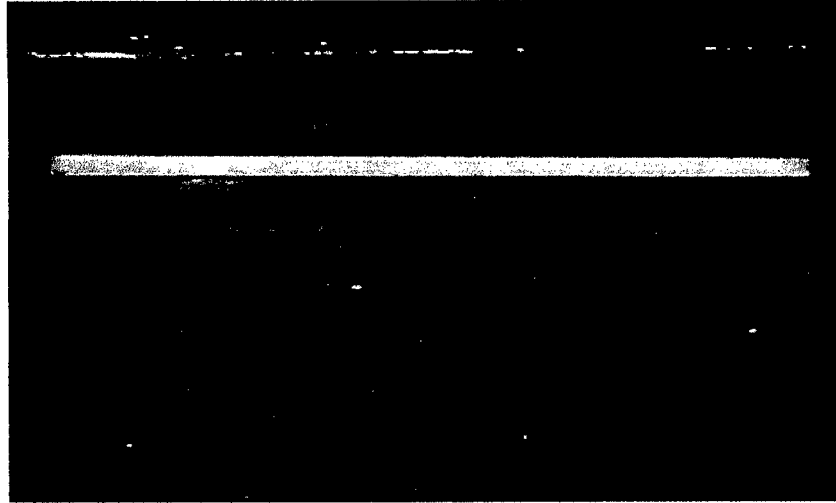


Figura 6. Abultamientos y hundimientos, Se señala el desplazamiento hacia arriba de la superficie del pavimento.

Niveles de severidad

L: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de baja severidad.

M: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad media.

H: 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.

2.2.6.5. Corrugación

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

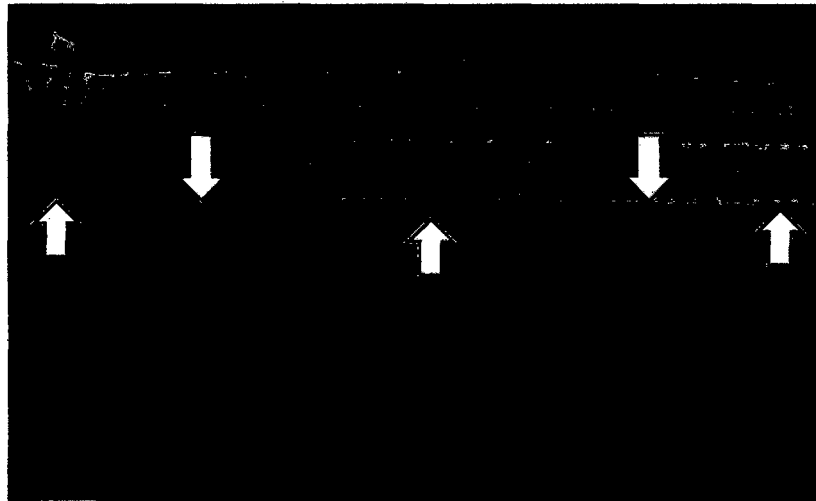


Figura 7. Corrugación, Se indican las cimas y depresiones que deforman al pavimento.

Niveles de severidad

L: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad.

M: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad.

H: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad.

Medida

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

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Reconstrucción.

H: Reconstrucción.

2.2.6.6. Depresión

Las depresiones son áreas localizadas en la superficie del pavimento que poseen niveles de elevación ligeramente menores a aquellos que se encuentran a su alrededor. Las depresiones son visibles cuando el agua se empoza dentro de ellas después de la caída de lluvia, o, a través de las manchas causadas por el agua empozada, en caso de superficies secas. Son producidas por asentamientos de la subrasante o debido a procedimientos constructivos defectuosos. Pueden causar alguna rugosidad en la superficie de la pista, y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua, pueden causar hidropneumático (los neumáticos de un vehículo pierden contacto con el pavimento a causa de una película de agua, eliminando así la adherencia de las ruedas con la superficie de rodadura).

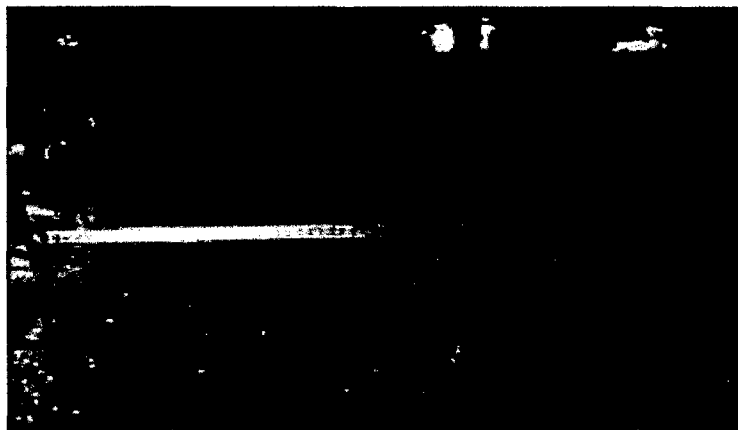


Figura 8. Depresión, el nivel del pavimento indicado es menor al nivel del resto de la pista.

Niveles de severidad.

Máxima profundidad de la depresión:

L: 13.0 a 25.0 mm.

M: 25.0 a 51.0 mm.

H: 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.

2.2.6.7. Grieta de borde

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

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



Figura 9. Grieta de borde, se aprecia que ha dañado severamente el borde de la vía.

Niveles de severidad.

L: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.

M: Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.

H: Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.

Medida

La grieta de borde se mide en pies lineales (ó 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.

2.2.6.8. Fisuras de reflexión de junta (de losas de concreto Longitudinales o transversales)

Las fisuras de reflexión de junta ocurren solamente en pavimentos mixtos: pavimentos de superficie asfáltica (flexible) construidos sobre una losa de concreto (rígido). No se consideran fisuras de reflexión de otros tipos de base como bases estabilizadas con cemento o cal.

Estas grietas son causadas por el movimiento de la losa de concreto, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de pavimento flexible. No están relacionadas a efectos de carga; sin embargo, las cargas de tráfico pueden causar la rotura de la superficie de concreto asfáltico cerca a las fisuras.

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



Figura 10. Fisura de reflexión de junta, se observa una fisura transversal que atraviesa todo el ancho del carril.

Niveles de Severidad

L: 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: 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: 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.

2.2.6.9. Desnivel carril – berma

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

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

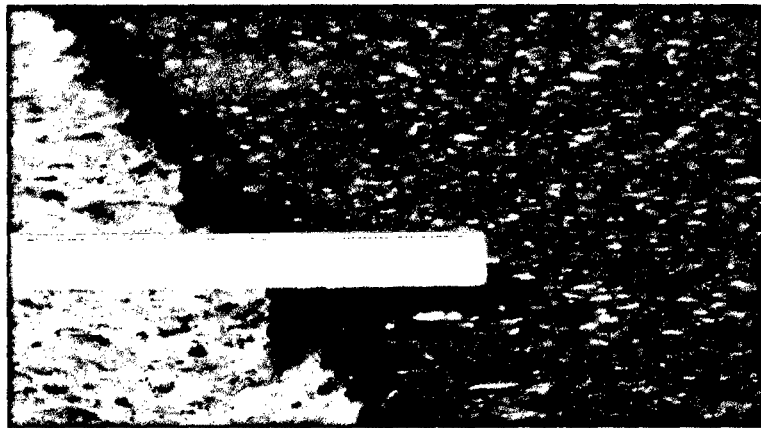


Figura 11. Desnivel carril – berma, Se muestra el desnivel existente entre la berma y el carril de la pista.

Niveles de severidad.

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

M: La diferencia está entre 51.0 mm y 102.0 mm.

H: La diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm.

Medida

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

Opciones de reparación

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

2.2.6.10. Fisuras longitudinales y transversales.

Las fisuras longitudinales son grietas paralelas al eje de la vía o a la línea direccional en la que fue construida. Las grietas transversales, en cambio, son perpendiculares al eje del pavimento o a la dirección de construcción.

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

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

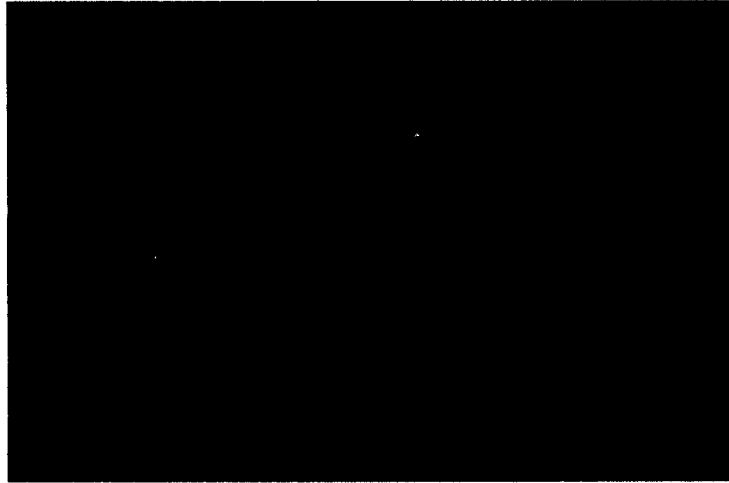


Figura 12. Fisuras longitudinales y transversales, Se señala el punto de inicio y término de la grieta longitudinal.

Niveles de Severidad

L: 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: 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: 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.

2.2.6.11. Parcheo y acometidas de servicios públicos.

Un parche es un área del pavimento, que por encontrarse en mal estado, ha sido reemplazada con material nuevo con el fin de reparar el pavimento existente.

Los parches de cortes utilitarios hacen referencia a aquellos parches colocados cuando se efectúan cortes para la reparación de tuberías de agua o desagüe, instalación del cableado eléctrico, teléfonos, entre otros trabajos similares.

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



Figura 13. Parche, el área del pavimento es reemplazada por bloquetas de concreto

Niveles de Severidad.

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

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

H: 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 solo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Por ejemplo, un parche de 2.32 m² puede tener 0.9 m² de severidad media y 1.35 m² 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.

2.2.6.12. Pulimento de agregados.

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

Esta falla es causada por:

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



Figura 14. Agregado pulido, los agregados de la superficie, se vuelven suaves al tacto.

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 (ó 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.

2.2.6.13. Huecos

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

Los baches pueden ser ocasionados por un conjunto de factores:

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

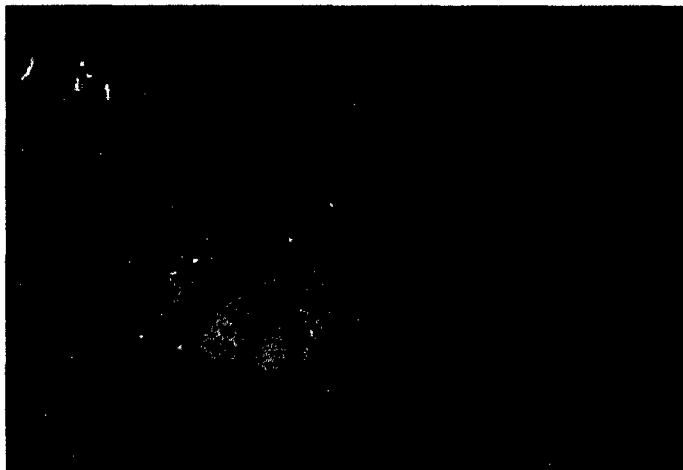


Figura 15. Huecos, se producen cuando pequeños pedazos de la superficie del pavimento son arrancados por el tráfico.

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 la tabla 01. Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en pies cuadrados (o metros cuadrados) y dividirla entre 5 pies² (0.47 m²) 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.

Tabla 1. Niveles de severidad para huecos.

Profundidad máxima del hueco.	Diámetro		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H
> 50.8 mm	M	M	H

Fuente: Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos

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.

2.2.6.14. Ahuellamiento

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

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

Otras causas son:

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

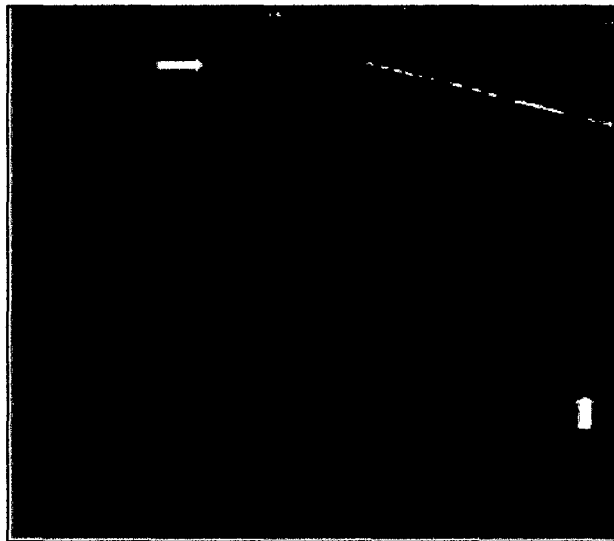


Figura 16. Ahuellamiento, las flechas señalan la trayectoria dejada por los vehículos

Niveles de severidad

Profundidad media del ahuellamiento:

L: 6.0 a 13.0 mm.

M: >13.0 mm a 25.0 mm.

H: > 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.

2.2.6.15. Desplazamientos

Los desplazamientos son distorsiones de la superficie originados por desplazamientos de mezcla. Son corrimientos longitudinales y permanentes de un área localizada del pavimento formando una especie de "cordones" laterales. Estas fallas son producidas por acción de la carga de tráfico, que empuja contra el pavimento produciendo una onda corta y brusca en la superficie del mismo. Este tipo de falla normalmente ocurre sólo en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (emulsiones).

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

Otras causas son:

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



Figura 17. Desplazamiento, el corrimiento es originado por el aumento de longitud de las losas de concreto

Niveles de severidad

L: El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.

M: El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media.

H: 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.

2.2.6.16. Grieta Parabólica.

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

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

Las fisuras parabólicas pueden ser causadas por los siguientes factores:

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

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



Figura 18. Grieta parabólica, Se señala la forma de media luna de la grieta

Nivel de severidad

L: Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm.

M: 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: 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.

2.2.6.17. Hinchamiento

El hinchamiento es el abultamiento o levantamiento localizado en la superficie del pavimento, en forma de una onda larga y gradual de longitud mayor a 3.00 m, que distorsiona el perfil de la carretera. La causa principal de este tipo de falla es la expansión del suelo de fundación (suelos expansivos) y el congelamiento del material de la subrasante.

El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial.

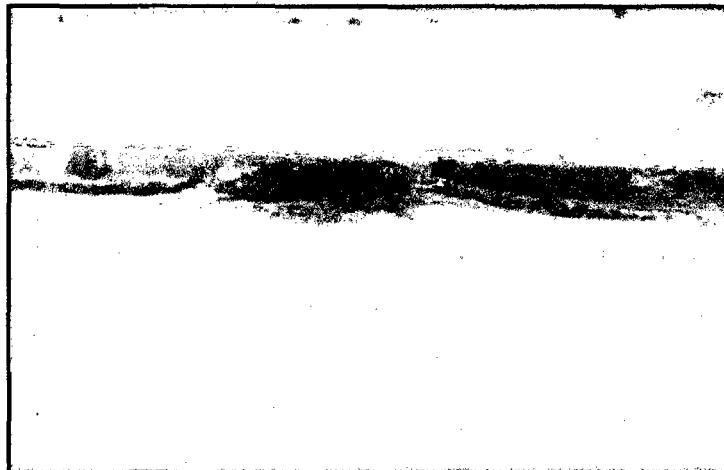


Figura 19. Hinchamiento, el pavimento sufre un levantamiento deformando el perfil de la vía.

Nivel de severidad

L: 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: El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.

H: 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

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reconstrucción.

H: Reconstrucción.

2.2.6.18. Desprendimiento de agregados

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

- ✓ Cargas de tráfico especiales como es el caso de vehículos de orugas.
- ✓ Ablandamiento de la superficie y derramamiento de aceite de vehículos.
- ✓ Mezcla de baja calidad con ligante insuficiente.
- ✓ Uso de agregados sucios o muy absorbentes.
- ✓ Falla de adherencia

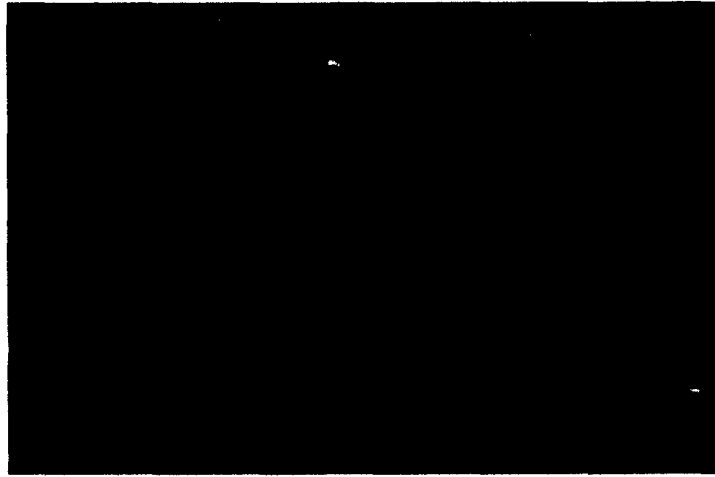


Figura 20. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados

Niveles de severidad

L: 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: 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: 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 (ó 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 H, si el daño es localizado, por ejemplo, por derramamiento de aceite, se hace parcheo parcial.

2.2.7. Unidades de muestreo:

Se divide la vía en secciones o "unidades de muestreo", cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura:

2.2.7.1. Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m:

El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$. En la Tabla 2, se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Tabla 2. Longitudes de unidades de muestreo asfálticas

Ancho de calzada	Longitud de la unidad de muestra
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3(máximo)	31.5

Fuente: Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos

Se recomienda tomar el valor medio de los rangos y en ningún caso definir unidades por fuera de aquellos. Para cada pavimento inspeccionado se sugiere la elaboración de esquemas que muestren el tamaño y la localización de las unidades ya que servirá para referencia futura.

2.2.7.2. Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación:

En la "Evaluación De Una Red" vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo. En la "Evaluación de un Proyecto" se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación 1, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

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

Dónde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

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

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

S: Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (s) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35). En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse.

Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco ($n < 5$), todas las unidades deberán evaluarse.

2.2.7.3. Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección:

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

- a. El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la Ecuación 2:

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

Dónde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

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

- b. El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i. Así, si $i = 3$, la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S + 1), (S + 2), etc.

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

Sin embargo, si se requieren cantidades de daño exactas para pliegos de licitación (rehabilitación), todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas.

2.2.7.4. Selección de Unidades de Muestreo Adicionales:

Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por ejemplo, "cruce de línea férrea") queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio.

Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una "unidad adicional" en lugar de una

“unidad representativa” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

2.2.8. Cálculo del PCI de las unidades de muestreo

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

Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos:

1. a. Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna TOTAL del formato. El daño puede medirse en área, longitud ó por número según su tipo.

1. b. Divida la CANTIDAD de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la DENSIDAD del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

1. c. Determine el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” que se adjuntan al final de este documento, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

Etapa 2. Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos

2. a. Si ninguno ó tan sólo uno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, CDV, obtenido en la Etapa 4. De lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b. y 2.c.

2. b. Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.

2. c. Determine el "Número Máximo Admisible de Valores Deducidos" (m), utilizando la Ecuación 3:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i) \text{ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.}$$

Dónde:

Mi: Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i.

HDVi: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.

2. d. 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 todos los que se tengan.

Etapas 3. Cálculo del "Máximo Valor Deducido Corregido", CDV.

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

3. a. Determine el número de valores deducidos, q, mayores que 2
3. b. Determine el "Valor Deducido Total" sumando TODOS los valores deducidos individuales.
3. c. Determine el CDV con q y el "Valor Deducido Total" en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.
3. d. Reduzca a 2.0 el menor de los "Valores Deducidos" individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que q sea igual a 1.
3. e. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

Etapas 4. Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3.

2.2.9. Calculo del PCI de una sección de pavimento

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

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

$$PCI_S = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N} \text{ Ecuación 4.}$$

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.

2.2.9.1. Peligros

- El tráfico es un peligro para los inspectores ya que deben caminar por el pavimento para realizar la inspección de sus condiciones. Las inspecciones deben ser aprobadas por y coordinadas con el personal de operación de la empresa o de los gobiernos locales a cargo del estudio.
- El polvo y el ruido producido por los vehículos pueden ser un peligro.

2.3. Definición de términos básicos

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

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

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

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

Unidad de muestra del pavimento. Es una subdivisión de una sección de pavimento que tiene un tamaño estándar que varía de 225 +/- 90 m², si el pavimento no es exactamente divisible entre 2500 o para acomodar condiciones de campo específicas.

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

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

Deben ser consideradas como muestras adicionales aquellas muestras muy pobres o excelentes que no son típicas en la sección ni entre las unidades de muestra, que contienen deterioros poco comunes tales como cortes utilitarios

(ejemplo: corte para instalación de tuberías de agua o desagüe, electricidad, teléfonos, etc.). Si una unidad de muestra que contiene una falla poco común es escogida al azar como unidad de muestra, ésta deberá ser considerada como unidad de muestra adicional y otra unidad de muestra al azar deberá ser escogida. Si todas las unidades de muestra son inspeccionadas, entonces no habrá unidades de muestra adicionales.

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

Grado de la condición del pavimento. Es una descripción cualitativa de la condición del pavimento, como una función del valor de PCI que varía entre "fallado" hasta "excelente", como se aprecia en la figura 1.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización.

La investigación se realizó entre los meses de Agosto a Octubre del 2014, los elementos que sirvieron para la investigación corresponden al pavimento flexible que forma parte de la carretera Jaén-Chamaya que están expuestas a las condiciones del tráfico y ambientales de la zona durante muchos años.

La investigación fue realizada en la carretera Jaén-Chamaya de la ciudad de Jaén, distrito de Jaén, provincia de Jaén, región Cajamarca, cuyas coordenadas geográficas tienen como latitud $05^{\circ} 40' 36''$ y como longitud $78^{\circ} 46' 27''$.

Las coordenadas de la carretera han sido medidas con el Datun de referencia WGS-84, Huso 17, zona sur y son las siguientes:

Este = 744779.75 m , Norte = 9362998.83 m. , Altitud = 906.00 m.s.n.m.

A continuación se presenta la Figura 21: Ubicación Nacional, Figura 22: Ubicación Departamental, Figura 23: Ubicación Provincial, Figura 24: Plano de ubicación y localización.



Figura 21. Ubicación Nacional



Figura 22. Ubicación Departamental

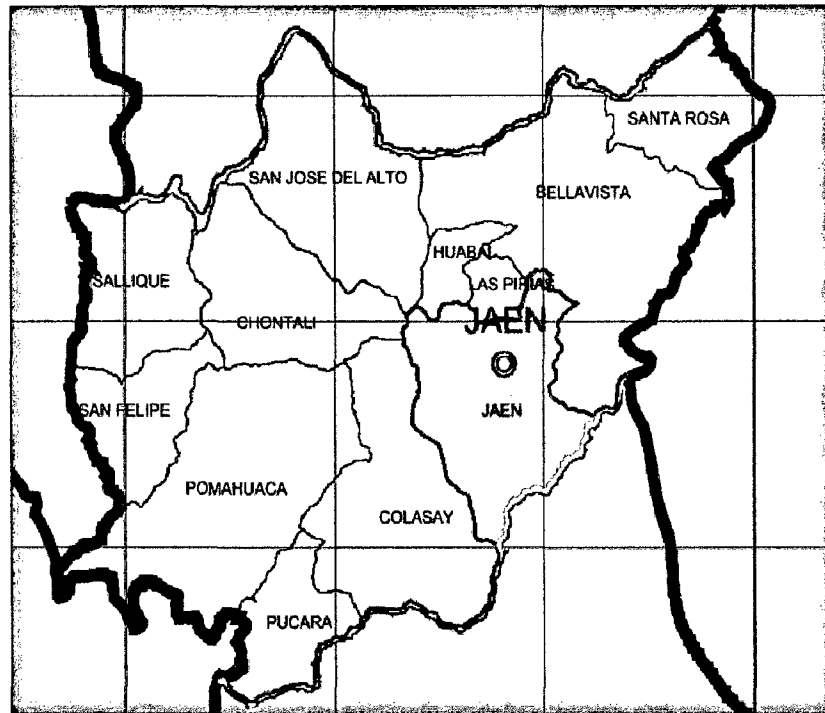


Figura 23. Plano de ubicación provincial.

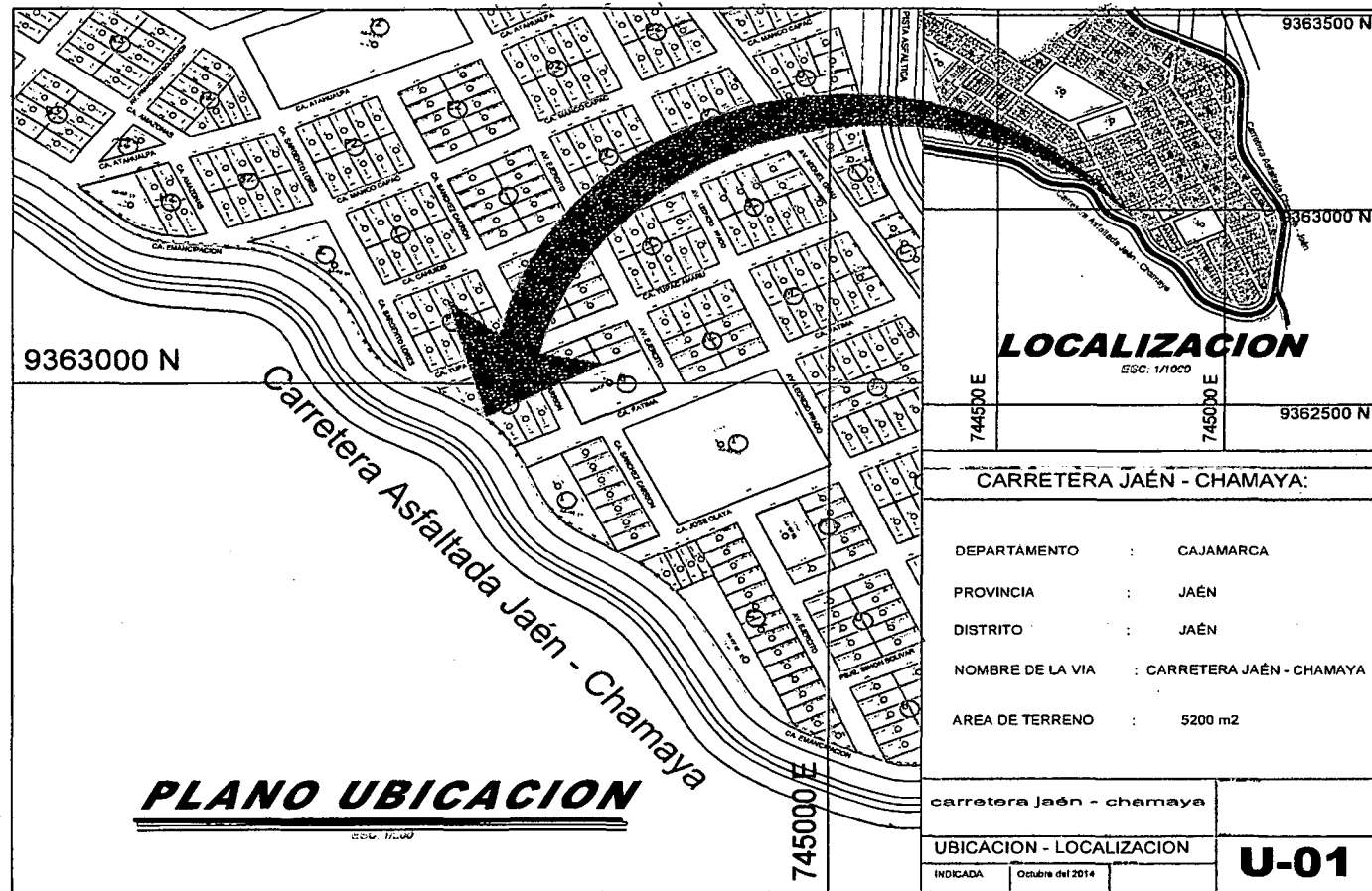


Figura 24. Plano de localización y ubicación.

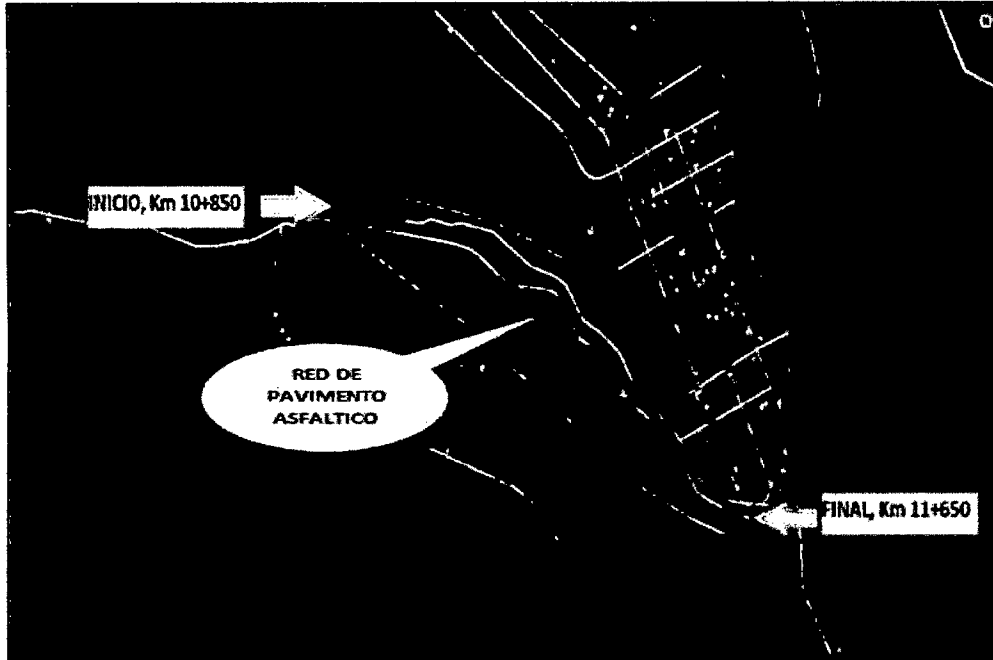


Figura 25. Ubicación satelital de la carretera Jaén-Chamaya

3.2. Materiales y/o equipos

- **Herramientas:**

- ✓ Fichas de inspección

- ✓ Wincha

- ✓ odómetro

- ✓ Regla de aluminio

- ✓ 2 Latas de pintura (azul: para la identificación de las unidades de análisis), con brocha.

- ✓ **Equipos:**

- ✓ Cámara fotográfica y de video.

3.3. Tipo de Investigación

Tabla 3. Tipo de investigación según criterios de investigadores. Fuente: Vieytes (2004), Estrada (1994), Ruiz-Rosado (2006)

Criterio	Investigación
Finalidad	Aplicada
Estrategia o Enfoque Teórico metodológico	Cuantitativa y cualitativa
Objetivos (alcances)	Descriptiva
Fuente de Datos	Mixta
Control de diseño de la prueba	Experimental
Temporalidad	Transversal
Contexto donde se realizó la investigación	Gabinete, campo

3.4. Operacionalización de las variables

Las variables consideradas en la carretera Jaén-Chamaya, son las fallas presentes en el pavimento asfáltico las cuales generan el mal estado de la vía. El índice de condición del pavimento (PCI), la cual determinara el estado en que se encuentra el tramo de carretera en estudio.

3.5. Método.

3.5.1. Identificación y selección de las unidades de análisis. La identificación y selección de las unidades de análisis se llevará a cabo siguiendo el procedimiento detallado a continuación:

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

Se ha definido como red de pavimento, a 800 metros lineales de pavimento flexible que forman parte de la carretera Jaén – Chamaya. Dentro de este sistema, se considera solo un tramo de pavimento flexible llamado tramo 1, que son los 800 metros lineales de pista. Como se puede apreciar en la Figura 26.



Figura 26. Zona de estudio Carretera Jaén – Chamaya

b) Dividir cada tramo en secciones basándose en criterios como diseño del pavimento, historia de construcción, tráfico y condición del mismo. No se presentan variaciones de tránsito importantes entre un sentido de vía y el otro; por lo que el tráfico vehicular no puede ser considerado como criterio de división de tramos. El criterio de diseño también es descartado, pues la presente investigación abarca únicamente pavimentos flexibles. Otro tipo de diseño de pavimento no ha sido tema de estudio de esta tesis, por lo que no ha sido evaluado.

Para hacer la división del tramo, se toma en cuenta el estado en que se encuentra el pavimento flexible. Se hace un recorrido en todo el tramo, observando la condición de la vía e identificando los cambios de estado de la pista. Así, se pudo constatar que no se observaron cambios de estado del pavimento por tanto en el tramo 1 mantenemos una misma sección en toda su longitud.

c) Dividir las secciones establecidas del pavimento en unidades de muestra. Como el ancho de pista es un valor constante igual a 6.50 metros, se definieron las siguientes dimensiones para las unidades de muestra: 6.50 x 32 metros, abarcando un área de 208.00 m², haciendo un total de 25 unidades a ser inspeccionadas en toda la red.



Figura 27. Medidas de unidades de muestra



Figura 28. Medidas de unidades de muestra

d) Cada unidad de muestra es señalada en el pavimento e identificada por medio de un código, como por ejemplo, U12 indica que se trata de la Unidad de muestra 12.

Esto permitirá su fácil localización en caso se quiera verificar alguna información. Ver Figura 29 y 30.

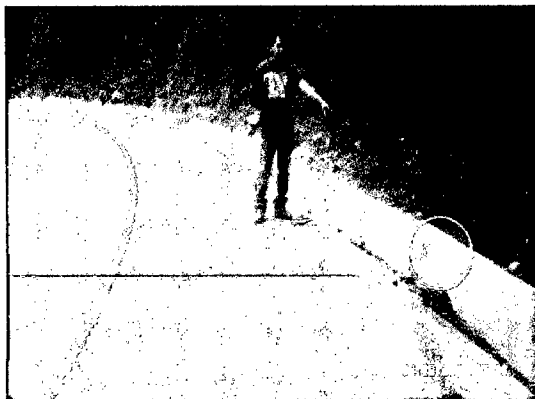


Figura 29.



Figura 30.

Unidades de muestra debidamente señalizadas en el pavimento e identificada con su respectivo código.

e) Seleccionar las unidades de muestra a ser inspeccionadas.

En este caso, se estudiarán todas las unidades de muestra existentes dentro de la red de pavimento, para obtener una mejor estimación del estado en que se encuentran.

3.5.2. Elaboración de instrumentos de recolección de datos. La realización de las tablas de muestreo, se basa en la bibliografía usada, siendo la principal la norma AASHTO, está conformada por las 19 fallas que caracterizan a un pavimento asfáltico, su densidad en porcentaje, su severidad, y su valor de deducción ya explicados en el capítulo anterior. Esta tabla se realizó en hojas de cálculo de Excel, el trabajo fue de gabinete, dicha tabla es la siguiente:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN

TESIS: "CALCULO DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA JAEN -
CHAMAYA"

METODO PCI					ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: _____		Sección: _____		Unidad de Muestra: _____					
Ejecutor: _____		Fecha: _____		Area: _____					
1. Fiel de cordón	6. De presión	11. Parcheo	16. Desplazamiento						
2. Exudación	7. Grieta de borde	12. Pulimento de agregados	17. Grieta Parabólica (shoppage)						
3. Agrietamiento en bloque	8. Grieta de reflexión de junta	13. Huecos	18. Hinchamiento						
4. Abultamientos y hundimientos	9. De nivel canal/borma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregados						
5. Corrugación	10. Grietas long. Y transv.	15. Ahueamiento							
Daño	Severidad	Cantidades parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido
TOTAL									

Fuente: Procedimiento estándar para la evaluación del índice de condición del pavimento en caminos estacionamientos ASTM D6433-03

Figura 31. Formato de exploración de condición de carreteras con superficie asfáltica.

3.5.3. Prueba de instrumentos de recolección de datos. Esta etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos y toda Esta información se registró en los instrumento de recolección de datos que ya se especificaron anteriormente.

Realizamos el recorrido desde la progresiva 10+850 a 11+650, marcando los componentes y unidades de muestreo de la vía, además de anotar los tipos de falla encontrados, y su severidad.



Figura 32. Identificando fallas en el pavimento.



Figuran 33. Recopilación de información

3.5.4. Aplicación de instrumentos de recolección de datos. Ya completada la inspección de campo, se procede a recolectar los datos obtenidos para el cálculo del PCI, el cual se basa en el cálculo de los valores deducidos. El cálculo se realizó en las fichas realizadas en Hojas Excel, para un mejor desarrollo y obtención de resultados. Totalizando cada tipo y nivel de severidad de daño se registró en las fichas, para así poder calcular su densidad individual de cada falla.

Aquí se muestra una de las 25 fichas realizadas como el ejemplo del procedimiento a seguir:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN

TESIS: **"CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA JAÉN - CHAMAYA"**

MÉTODO PCI						ESQUEMA					
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO											
Nombre de la vía:		Carretera Jaén - Chamaya		Sección:		1		Unidad de Muestra:		U1	
Ejecutor:		José Mercy Tocto Osvera		Fecha:		24/09/2014		Área:		208	
1. Piel de cocodrilo			6. Depresión			11. Parcheo			16. Desplazamiento		
2. Exudación			7. Grieta de borde			12. Pulimento de agregados			17. Grieta Parabólica (skippage)		
3. Agrietamiento en bloque			8. Grieta de reflexión de junta			13. Huecos			18. Hinchamiento		
4. Abultamientos y hundimientos			9. Desnivel carril/berma			14. Cruce de vía férrea			19. Desprendimiento de agregados		
5. Corrugación			10. Grietas long. y transv.			15. Ahuecamiento					
Daño	Severidad	Cantidades parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido		
1	M	12.5	0.4				12.9	6.20			
2	L	16					16	7.69			
3	L	6	0.75	0.8			7.55	3.63			
4	L	4					4	1.92			
10	L	3.0	6	4	7	4	24	11.54			
11	L	0.15	0.071	0.13	0.2	0.031	0.582	0.28			
TOTAL											

Figura 34. Recolección de datos de la inspección realizada en campo.

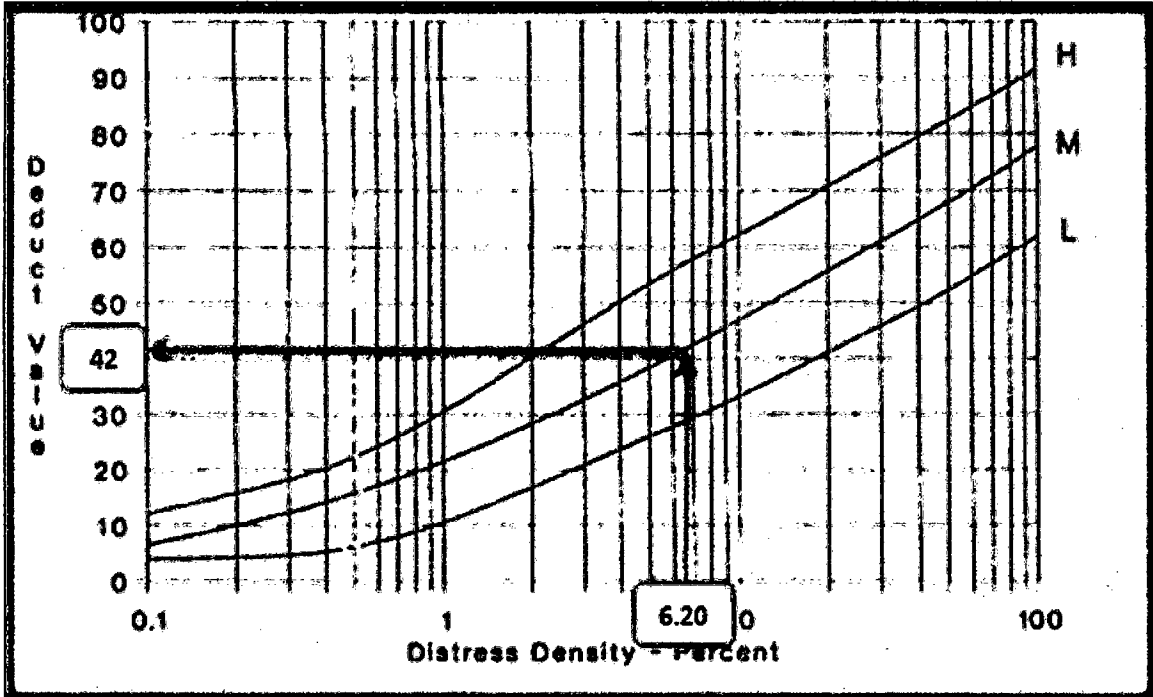
El cálculo de la densidad se da de la división del total individual de cada falla entre el área total de la muestra en porcentaje. El valor deducido, se realizó el cálculo con las curvas denominadas "Valor deducido del daño", al igual que las hojas de cálculo. En la siguiente imagen se puede observar la forma de uso de las tablas:

Tabla 4. Aplicación de instrumentos de recolección de datos.

Daño	Severidad	Cantidades parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	12.5	0.4				12.9	6.20	
2	L	16					16	7.69	

De las fichas de inspección obtenidas anteriormente se tiene el valor de la densidad que en nuestro caso es 6.20, para la falla o daño 1, con una severidad Media(M), estos valores se identificaran en la tabla N° 5, Curvas Piel de cocodrilo:

Tabla 5. Curvas Piel de cocodrilo



Entonces el valor deducido es de 42 para la falla 1 de severidad Media. Después de obtener todos los valores de las fallas individuales tendremos el total de valores deducidos por cada unidad de muestra:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN									
TESIS: "CALCULO DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA JAEN-CHAMAYA"									
METODO PCI							ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía:	Carretera Jaén - Chamaya			Sección:	1		Unidad de Muestra:	U1	
Ejecutor:	José Mercy Tocco Osvera			Fecha:	24/09/2014		Área:	208	
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parcheo	16. Desplazamiento						
2. Exudación	7. Grieta de borde	12. Pctmento de agregados	17. Grieta Parabólica (skipping)						
3. Agrietamiento en bloque	8. Grieta de reflexión de junta	13. Huecos	18. Hinchamiento						
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril/berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregados						
5. Corrugación	10. Grietas long. Y transv.	15. Abollamiento							
Daño	Severidad	Cantidades parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	12.5	0.4				12.9	6.20	42
2	L	16					16	7.69	3
3	L	6	0.75	0.8			7.55	3.63	4
4	L	4					4	1.92	7
10	L	3.0	6	4	7	4	24	11.54	13
11	L	0.15	0.071	0.13	0.2	0.031	0.582	0.28	0
TOTAL									69

Figura 35. Aplicación del instrumento de recolección de datos

En esta unidad de muestreo el valor total de valores deducidos es de 69.

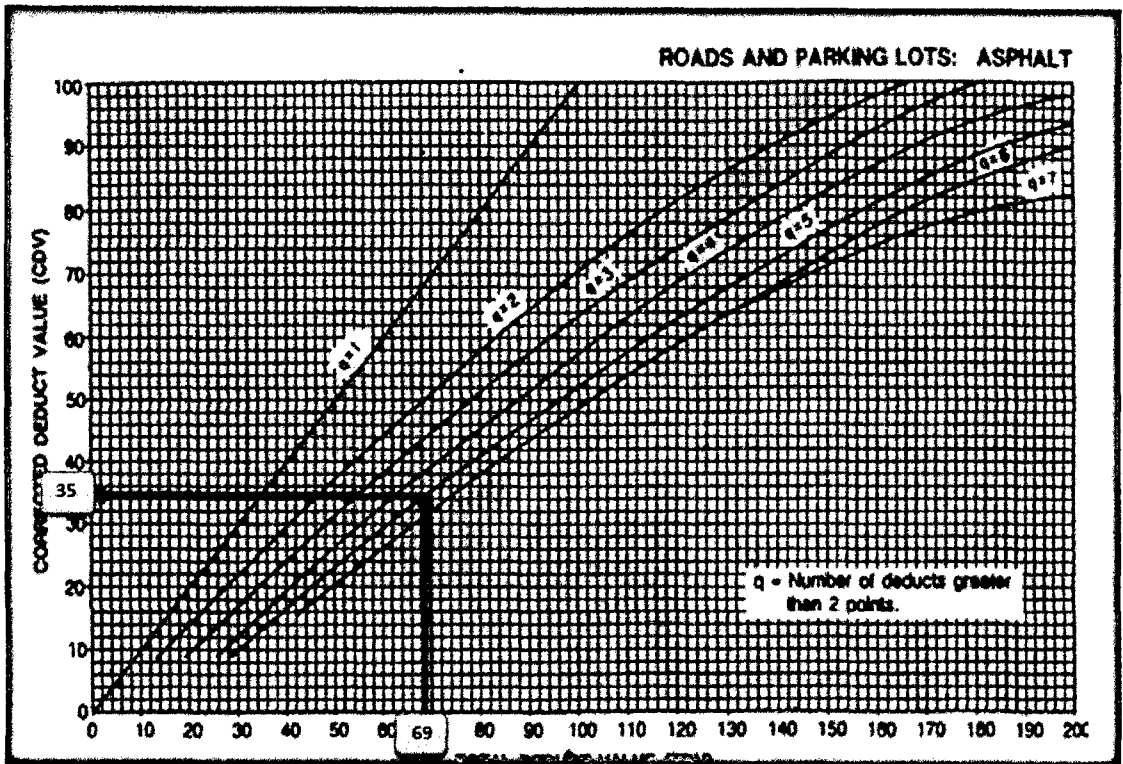
3.5.5. Cálculo del PCI de la unidad. Continuando con el procedimiento anterior para el cálculo del PCI se procedió a calcular el "máximo valor deducido corregido" (máximo CDV) en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento asfáltico, para determinar el valor del PCI de la unidad de muestra.

Por ejemplo determinamos el CDV, en la curva de corrección para un valor deducido total de 69 y $q=5$.

Tabla 6. Calculo del máximo CDV.

#	Valor Deducido						Total	q	CDV
	42	13	7	4	3				
1	42	13	7	4	3		69	5	
2	42	13	7	4	2		68	4	
3	42	13	7	2	2		66	3	
4	42	13	2	2	2		61	2	
5	42	2	2	2	2		50	1	

Tabla 7. Calculo del máximo CDV en curva de corrección



Por tanto calculando el Máximo valor deducido para todos los valores tendríamos lo siguiente:

Tabla 8. Calculo del PCI de la unidad de muestra.

#	Valor Deducido						Total	q	CDV
1	42	13	7	4	3		69	5	35
2	42	13	7	4	2		68	4	38
3	42	13	7	2	2		66	3	42
4	42	13	2	2	2		61	2	46
5	42	2	2	2	2		50	1	50

Máximo CDV = 50

PCI = 50

Rating = **REGULAR**

Este procedimiento se realizara para cada una de las muestras a ser analizadas para luego al final encontrar el valor del PCI (promedio de todos los PCIs de las muestras analizadas), que determinara el estado en el que se encuentra la vía.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. RESULTADOS

En la tabla 09 se presentan los resultados obtenidos luego de la aplicación del método de ICP en el tramo de la vía Jaén – Chamaya, en donde se presenta tipo de fallas encontradas y sus cantidades, de cada una de las unidades de muestra. En la figura 36 y figura 37 se muestran tipo de fallas y sus cantidades para una mejor comprensión, en la figura 38 y figura 39, se muestran las fallas encontradas en cada unidad de muestra, en la figura 40 se muestra los niveles de severidad por tipo de falla encontrados en la vía.

En la figura 41 se muestran los resultados obtenidos por el tipo de falla existentes en la vía, el cual se describe en porcentajes para las cantidades de cada una de estas fallas.

En la tabla 10 se muestra el resumen de resultados de las unidades de muestra estudiadas, en total son 25 con un área de 208 m² cada una ellas que forman parte del tramo de vía en estudio, y finalmente se muestra la figura 42 la cual muestra el resultado por el método del PCI aplicado. En las observaciones realizadas se ha encontrado fallas en todas las unidades de muestra.

Tabla 9 .Fallas según su tipo

N° de fallas según su tipo		
Falla	Tipo de falla en pavimento flexible	N° de fallas
1	PIEL DE COCODRILO	15
2	EXUDACION	25
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	7
4	ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	7
5	CORRUGACION	0
6	DEPRESION	0
7	GRIETA DE BORDE	0
8	GRIETA DE RELEXION DE JUNTA	0
9	DESNIVEL CARRIL/BERMA	30
10	GRIETA LONG. Y TRANSVERSAL	63
11	PARCHEO	103
12	PULIMIENTO DE AGREGADO	0
13	HUECOS	45
14	CRUCE DE VIA FERREA	0
15	AHUELLAMIENTO	19
16	DESPLAZAMIENTO	0
17	GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)	0
18	HINCHAMIENTO	0
19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	12
TOTAL		326

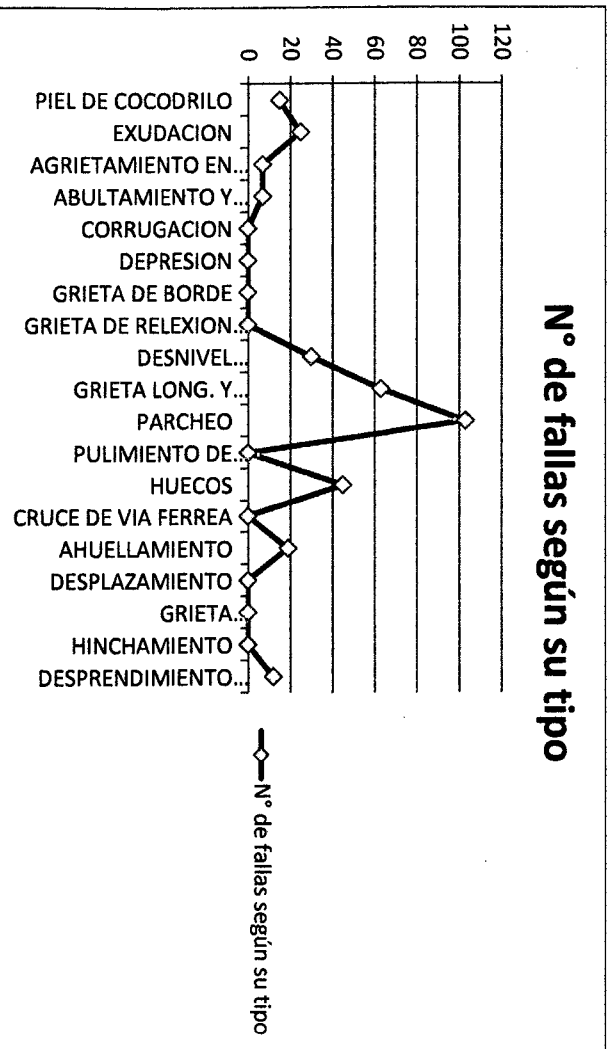


Figura 37. Numero de fallas según su tipo.

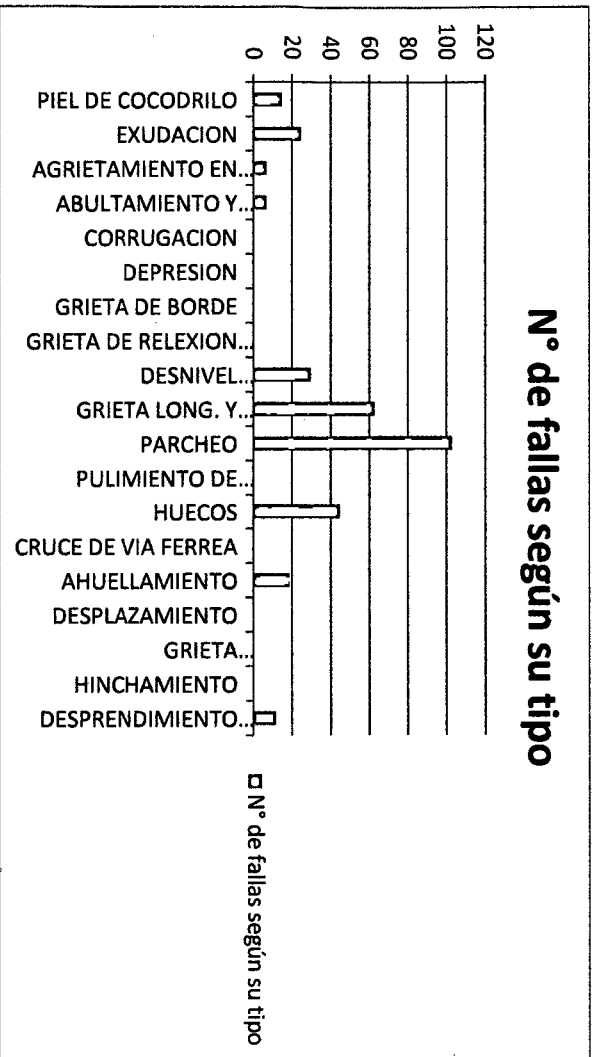


Figura 36. Numero de fallas según su tipo

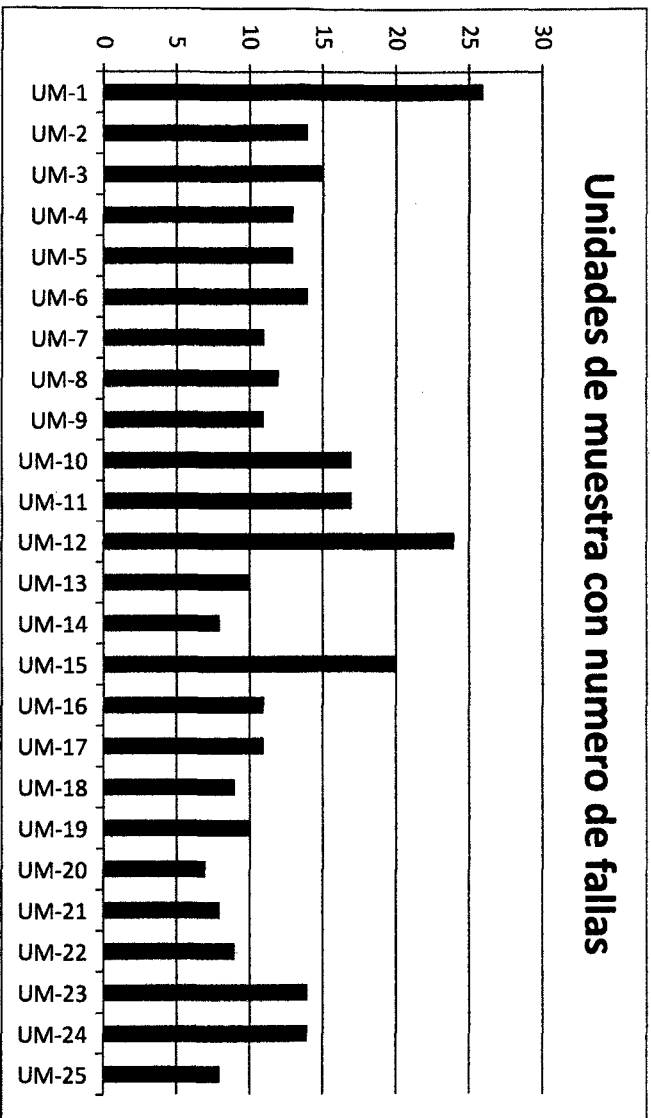


Figura 38. Unidades de muestra con número de fallas.

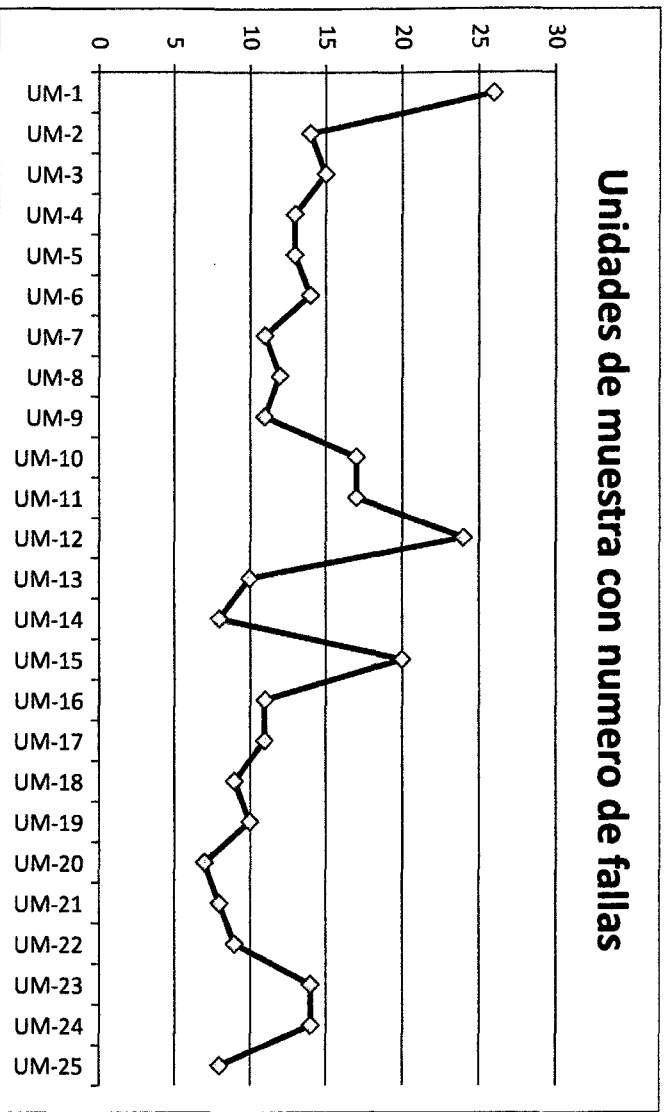
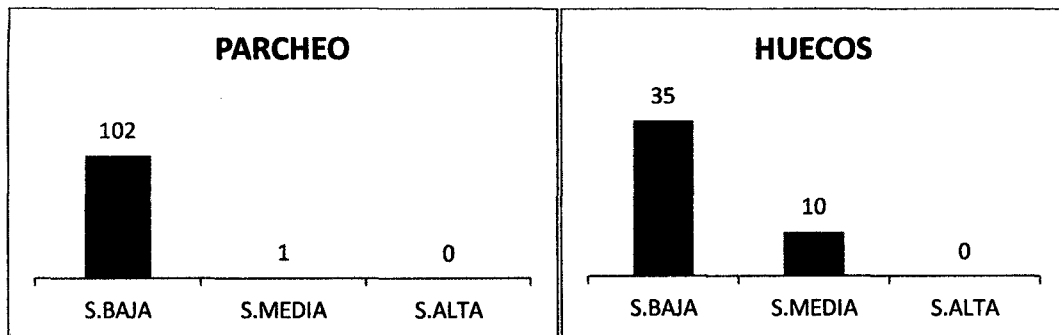
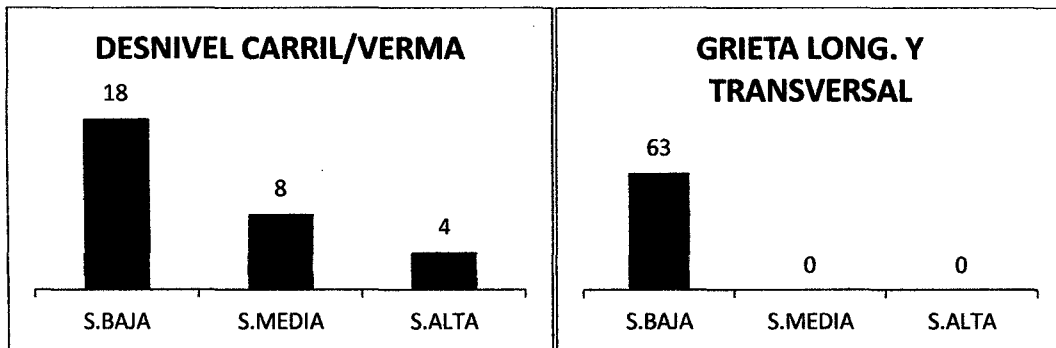
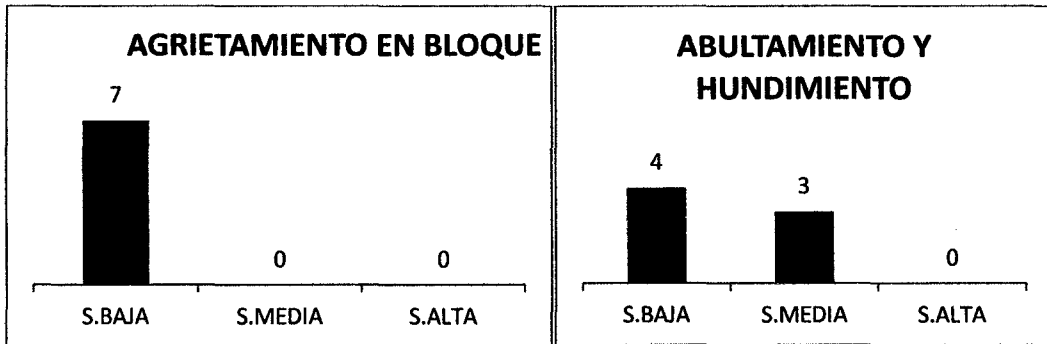
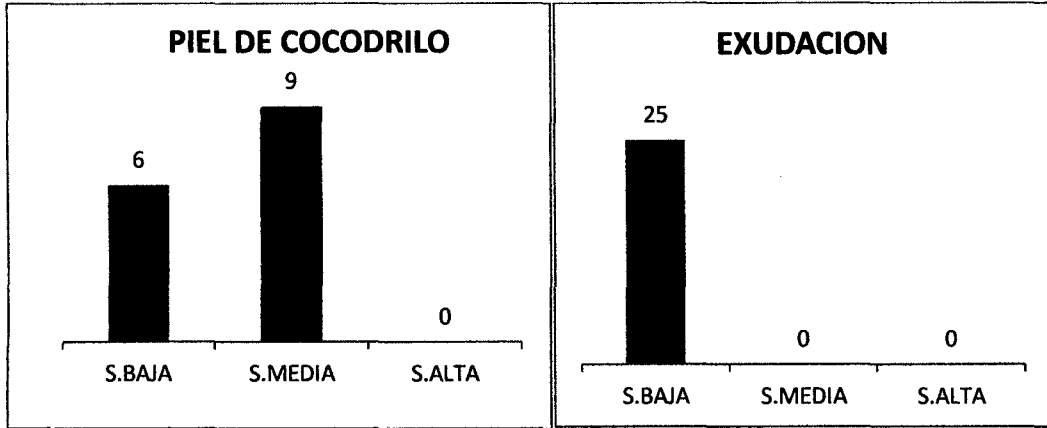


Figura 39. Unidades de muestra con número de fallas.



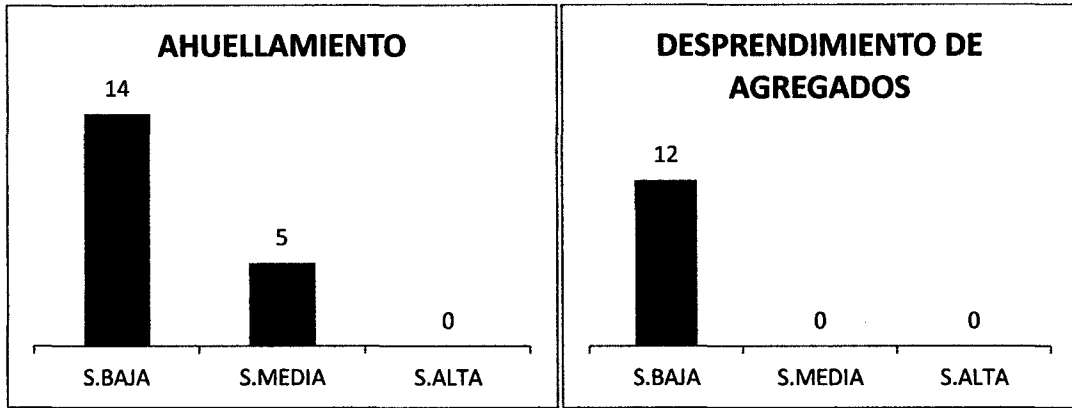


Figura 40. Resultados de nivel de severidad por tipo de falla.

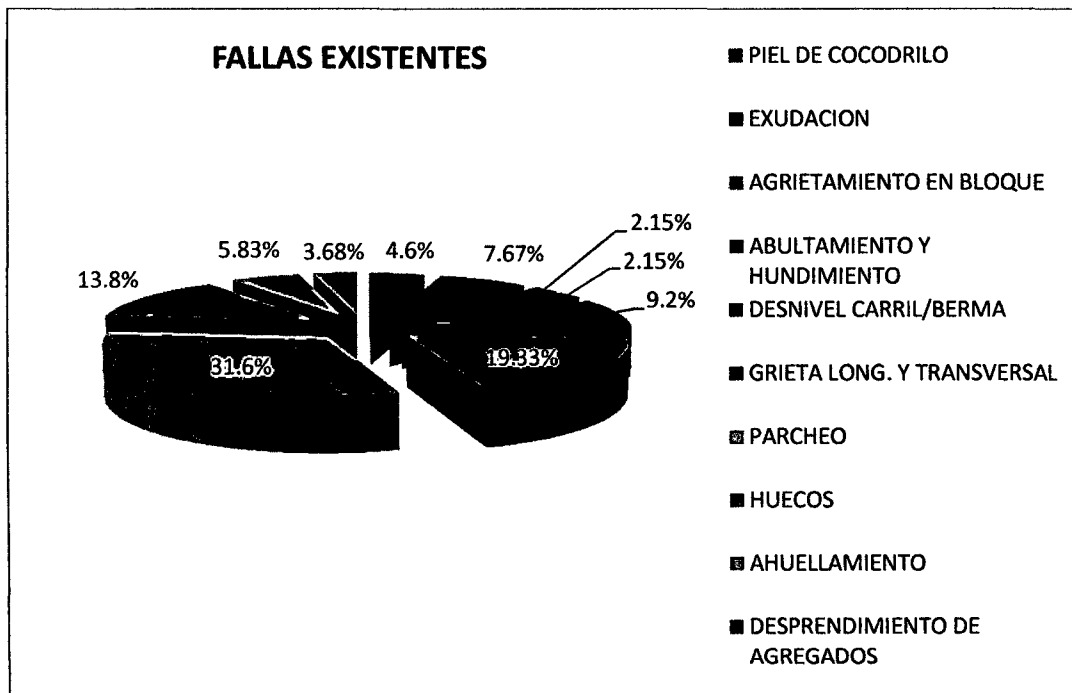


Figura 41. Resultados de fallas existentes en pavimento flexible.

Tabla 10. Resumen de resultados del cálculo del PCI en Unidades de muestras.

RESUMEN DE RESULTADOS						
Unidad de muestra	Abscisa inicial	Abscisa final	Sección	Área	PCI unidad de muestra	Descripción
U1	0 + 000	0 + 32	1	208	50	Regular
U2	0 + 32	0 + 64	1	208	84	Muy Bueno
U3	0 + 64	0 + 96	1	208	73	Muy Bueno
U4	0 + 96	0 + 128	1	208	72	Muy Bueno
U5	0 + 128	0 + 160	1	208	75	Muy Bueno
U6	0 + 160	0 + 192	1	208	74	Muy Bueno
U7	0 + 192	0 + 224	1	208	77	Muy Bueno
U8	0 + 224	0 + 256	1	208	69	Bueno
U9	0 + 256	0 + 288	1	208	71	Muy Bueno
U10	0 + 288	0 + 320	1	208	75	Muy Bueno
U11	0 + 320	0 + 352	1	208	40	Pobre
U12	0 + 352	0 + 384	1	208	26	Pobre
U13	0 + 384	0 + 416	1	208	78	Muy Bueno
U14	0 + 416	0 + 448	1	208	76	Muy Bueno
U15	0 + 448	0 + 480	1	208	52	Regular
U16	0 + 480	0 + 512	1	208	62	Bueno
U17	0 + 512	0 + 544	1	208	74	Muy Bueno
U18	0 + 544	0 + 576	1	208	83	Muy Bueno
U19	0 + 576	0 + 608	1	208	81	Muy Bueno
U20	0 + 608	0 + 640	1	208	84	Muy Bueno
U21	0 + 640	0 + 672	1	208	75	Muy Bueno
U22	0 + 672	0 + 704	1	208	74	Muy Bueno
U23	0 + 704	0 + 736	1	208	43	Regular
U24	0 + 736	0 + 768	1	208	52	Regular
U25	0 + 768	0 + 800	1	208	83	Muy Bueno
PONDERADO					68	

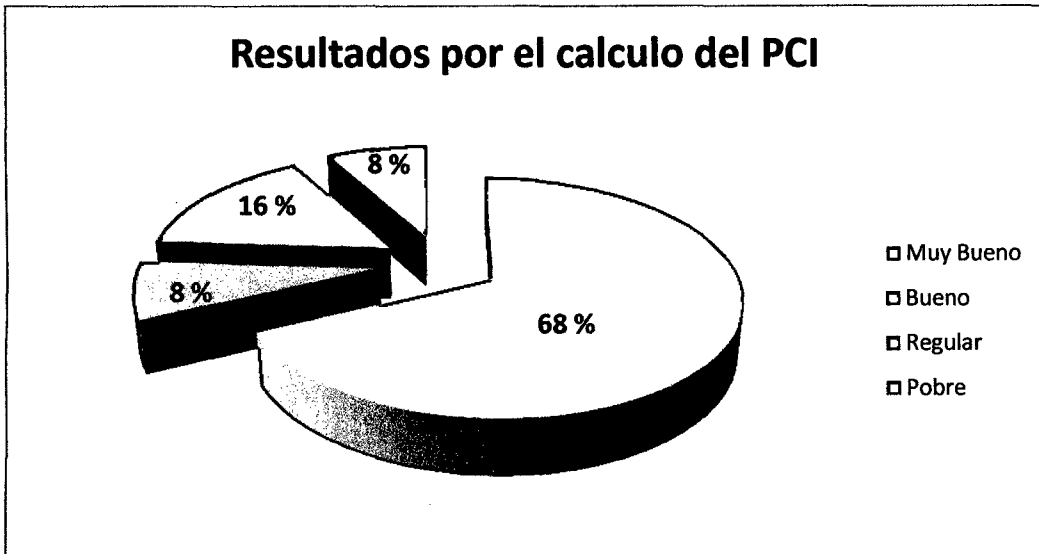


Figura 42. Porcentaje de unidades de muestra con un estado de pavimento muy bueno, bueno, regular y pobre.

4.2. Discusión

En la tabla N° 09 se puede observar que resultado nos da un total de 326 fallas en todo el tramo en estudio de la vía, y la falla que se presenta en mayor cantidad es el parcheo con un número de 103 en total. Esto indica que la falla de parcheo es la que se presenta en mayor cantidad en la vía, debido a que en muchas ocasiones áreas de pavimento en estado malo han sido remplazadas por nuevas para un mejor servicio vehicular. Por otra parte se encontró que la falla que menos se presenta en la vía es la falla de agrietamiento en bloque y abultamientos las cuales tiene una cantidad de 7 fallas en cada una, esto indica que estas fallas son las que menos se ha encontrado en la vía, debido a que los efectos que los originan como son la contracción del concreto asfáltico y pavimentos inestables son mínimas en el tramo de vía en estudio.

En la figura 36 y figura 37 se pueden observar que los picos más altos se dan en las fallas de Parcheo como en las fallas de Grietas Longitudinales y Transversales, las cuales son las que más se encontraron en inspección realizada en la vía.

En la figura 38 y figura 39 se pueden observar que la unidad de muestra que presenta fallas en mayor cantidad es la UM-20 con un total de 26 fallas, que indica que esta área de pavimento es una de las que más daño ha sufrido en el transcurso de su vida útil, la cual ya no está en muy buenas condiciones de brindar el servicio y confort a los vehículos y peatones como lo hacía al inicio de su funcionamiento.

En la figura 40 podemos obtener que según la severidad de la falla, el grado de severidad que existe en mayor cantidad es la severidad Baja. Esto indica que de todas las fallas encontradas la mayor parte de ellas son de severidad baja, esto debido a los trabajos de mantenimiento que se realiza cada cierto periodo y que se ha visto mejora el nivel de servicialidad de la vía.

En la figura 41 se puede observar que el 31.6% de fallas son de Parcheo, el 19.33% son de Grietas longitudinales y transversales, 13.8% es de Huecos, el 9.2% de desnivel carril/berma, el 7.67 % pertenece a exudación, el 5.83% a ahuellamiento, el 4.6% a piel de cocodrilo, el 3.68% pertenece a abultamientos y hundimientos y el 2.15% pertenecen tanto a agrietamiento en bloque como a

desprendimiento de agregados. La falla más influyente es el parcheo la cual está en porcentaje de 31.6% y la falla que menos se presenta es agrietamiento en bloque y abultamientos en un porcentaje de 7% cada una.

En la figura 42 se puede observar que el 68% de la cantidad de muestras se encuentran en estado muy bueno, 16% del total de muestras se encuentran en estado regular, 8% se encuentran en estado bueno y finalmente un 8% se encuentran en estado pobre. Esto demuestra que la mayoría de unidades de muestras se encuentran en muy buen estado esto debido a las obras de mantenimiento que se realiza cada cierto tiempo.

En la tabla 10 se puede observar que el 68% del total de unidades de muestra inspeccionadas presentan un estado de pavimento Muy Bueno (PCI entre 70 y 86); después le sigue un 16% de unidades en estado Regular (PCI entre 40 y 56); un 8%, en estado Bueno (PCI entre 56 y 70) y un 8% en estado Pobre condición (PCI entre 25 y 40). No se encontraron pavimentos fallados (PCI entre 0 y 10) ni Muy Pobres (PCI entre 10 y 25) ni excelentes (PCI entre 85 y 100).

Agrupando los resultados del tramo 1, que comprende desde la unidad de muestra U1 hasta la U25, presenta un PCI Ponderado de 68, lo que corresponde a un pavimento bueno. Se puede afirmar, por lo tanto, que vía Jaén - Chamaya, en los 800 metros lineales analizados, tiene un pavimento Bueno (de PCI ponderado igual a 68, incluyendo a todas las 25 unidades de muestra).

En la tabla 10, también podemos observar que la hipótesis propuesta la cual fue: El cálculo del Índice de Condición de Pavimento (ICP), del tramo en estudio de la carretera Jaén – Chamaya, se encuentra en la clasificación de condición REGULAR, no se cumplió debido a que el PCI ponderado es de 68 y pertenece a una clasificación de condición BUENO.

Los resultados son diferentes cuando se trata de una vía de 1200 metros la cual se dividió en 4 secciones según las investigaciones realizadas por Edgar D, R.V (2009), donde aplica el método de PCI, en la Av. Luis Montero del distrito de castilla de la ciudad de Piura en donde obtuvo los siguientes resultados:

El 37% del total de unidades de muestra inspeccionadas presentan un estado de pavimento regular (PCI entre 40 y 55); después le sigue un 33% de unidades en

buen estado (PCI entre 55 y 70); un 15%, en estado malo (PCI entre 25 y 40) y un 9% de muy mala condición (PCI entre 10 y 25). Finalmente, un 6% hace referencia a unidades de muestra con un pavimento de muy buen estado (PCI entre 70 y 85). Y luego de Agrupar los resultados en tramos, el tramo 1, que comprende desde la unidad de muestra U1 hasta la U16, presenta un PCI promedio de 56, lo que corresponde a un pavimento bueno. El tramo 2, que contiene las unidades de muestra restantes (U17 U32), tiene un PCI de 43, un pavimento regular. Se puede afirmar, que la Av. Luis Montero, en los 1200 metros lineales analizados, tiene un pavimento regular (de PCI) ponderado igual a 49.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ❖ Los tipos de fallas encontradas en el diagnóstico de la vía fueron: Piel de Cocodrilo, Exudación, Agrietamiento en bloque, Abultamiento y hundimiento, Desnivel carril/berma, grieta longitudinal y transversal, parcheo, huecos, ahuellamientos, y desprendimientos de agregados. Siendo las fallas más encontradas la de Parcheo y Grieta longitudinal y transversal.

- ❖ En la inspección visual y diagnóstico vial realizado al tramo en estudio (carretera Jaén-Chamaya, Km 10+850-Km 11+650), mediante el procedimiento PCI (Índice de condición del Pavimento), se concluyó que el estado actual del pavimento flexible, se encuentra en un estado BUENO debido a un valor de PCI de 68, según los rangos de clasificación anteriormente enunciados y confirmados al realizar un recorrido por la vía.

5.2. RECOMENDACIONES

- ❖ Al obtener como resultado un Índice de Condición de Pavimento con valor de 68 que corresponde a un estado de pavimento Bueno, se recomienda realizar una rehabilitación solo en las partes más afectadas del tramo de la vía y además realizar un Mantenimiento en el tramo diagnosticado, ya que se necesita hacer que nuestra vía vuelva a tener las mismas o mejores condiciones de servicio que las que tenía cuando comenzó su vida útil.
- ❖ Se debe realizar una investigación a todo el tramo de la vía Jaén-Chamaya, que de tal forma nos permita obtener resultado a nivel general de la vía, y así poder deducir el estado en el que se encuentra. ya que por motivos de tiempo en esta investigación solo se efectuó la evaluación de un tramo que corresponde a 800 metros lineales de esta vía.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. American Society for Testing and Materials. (2004). *Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (ASTM D6433-03)*. Estados Unidos. 81 pp.
2. Luis Ricardo Vasquez Varela (2002). *Pavement Condition Index (PCI). Para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Colombia; Universidad Nacional de Colombia.
3. Thenoux, Gaete (2010). *Diseño de pavimentos Asfálticos*.
4. Ricardo J. mendosa Ramírez (Chile 2010) *Tipos de fallas en pavimentos flexibles*.
5. *Monsalve Gutiérrez Santos (Colombia 2008).Causas de Fallas en Pavimentos flexibles*
6. Suárez Cruzado, Wilder David. (2005). *Técnicas de reparación, conservación y rehabilitación de pavimentos asfálticos*. Tesis (Ingeniero Civil). Piura; Universidad de Piura. 153 pp.
7. Peña Escobar, Alexander. (2005). *Cálculo del índice de estado para establecer una estrategia de recuperación vial en la carretera Piura-Sechura*. Tesis (Ingeniero Civil) Piura; Universidad de Piura. 117pp.
8. Cardoso, S.H. & Fernández, M.E. (1999). *Aplicaciones prácticas del Método PCI para el mantenimiento de pavimentos de aeropuertos*. Lima, Perú. 232 pp.
9. José Melchor A. (2005). *Diseño y evaluación de pavimentos flexibles*. Curso de titulación profesional por actualización de conocimientos. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. Lima, Perú. 154 pp.

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

11. Luc Gerard. Evaluación de pavimentos e inventario vial. (2005). Diseño, Construcción, Mantenimiento de Carreteras. I y IV Congreso de Obras de Infraestructura Vial. Instituto de la Construcción y Gerencia. 160 pp.

Anexo A

A continuación se presentan las hojas de registro de las unidades de muestras pertenecientes al tramo diagnosticado de la vía Jaén - Chamaya, desde la unidad de muestra U1 hasta la U25.

Además se muestran las tablas de cálculo para obtener el índice de condición PCI de cada unidad de muestra evaluada.

Tabla 11. Hoja de registro de la unidad de muestra U1, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN									
TESIS: "Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"									
METODO PCI							ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Carretera Jaén - Chamaya			Sección: 1		Unidad de Muestra: U1				
Ejecutor: José Mercy Tocto Olivera			Fecha: 24/09/2014		Area: 208				
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parcheo	16. Desplazamiento						
2. Exudación	7. Grieta de borde	12. Pulimento de agregados	17. Grieta Parabólica (slippage)						
3. Agrietamiento en bloque	8. Grieta de reflexion de junta	13. Huecos	18. Hinchamiento						
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril/berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregados						
5. Corrugación	10. Grietas long. Y transv.	15. Ahuellamiento							
Daño	Severidad	Cantidades parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	12.5	0.4				12.9	6.20	42
2	L	16					16	7.69	3
3	L	6	0.75	0.8			7.55	3.63	4
4	L	4					4	1.92	7
10	L	3.0	6	4	7	4	24	11.54	13
11	L	0.15	0.071	0.13	0.2	0.031	0.582	0.28	0
								TOTAL	69

Tablac 12. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U1.

#	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	42	13	7	4	3	69	5	40
2	42	13	7	4	2	70	4	38
3	42	13	7	2	2	68	3	42
4	42	13	2	2	2	63	2	46
5	42	2	2	2	2	52	1	50

Maximo CDV= 50
 PCI = 50
 Estado = Regular

Tabla 13. Hoja de registro de la unidad de muestra U2, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN													
TESIS: "Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"													
METODO PCI INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE HOJA DE REGISTRO					ESQUEMA								
Nombre de la vía:			Carretera Jaén - Chamaya			Sección:		1		Unidad de Muestra:		U2	
Ejecutor:			José Mercy Tocto Olivera			Fecha:		24/09/2014		Area:		208	
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parcheo		16. Desplazamiento							
2. Exudación		7. Grieta de borde		12. Pulimento de agregados		17. Grieta Parabólica (slippage)							
3. Agrietamiento en bloque		8. Grieta de reflexion de junta		13. Huecos		18. Hinchamiento							
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril/berma		14. Cruce de vía férrea		19. Desprendimiento de agregados							
5. Corrugación		10. Grietas long. Y transv.		15. Ahuellamiento									
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido					
1	L	1.6				1.6	0.77	9					
2	L	16				16	7.69	3					
9	L	15				15	7.21	4					
10	L	6	2			8	3.85	5					
11	L	0.071	0.071	0.05		0.192	0.092	0					
15	L	0.015	0.018	0.01	0.01	0.053	0.025	0					
19	L	0.5	1.5			2	0.96	3					
							TOTAL	24					

Tabla 14. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U2.

#	Valor Deducido				Total	q	CDV
1	9	5	4	3	21	4	6
2	9	5	4	2	20	3	10
3	9	5	2	2	18	2	13
4	9	2	2	2	15	1	16

Máximo CDV= 16
 PCI = 84
 Estado = Muy bueno

Tabla 15. Hoja de registro de la unidad de muestra U3, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN													
TESIS: "Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"													
MÉTODO PCI					ESQUEMA								
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE													
HOJA DE REGISTRO													
Nombre de la vía:			Carretera Jaén - Chamaya		Sección:			1		Unidad de Muestra:		U3	
Ejecutor:			José Mercy Tocto Olivera		Fecha:			24/09/2014		Area:		208	
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parcheo		16. Desplazamiento							
2. Exudación		7. Grieta de borde		12. Pulimento de agregados		17. Grieta Parabólica (slippage)							
3. Agrietamiento en bloque		8. Grieta de reflexion de junta		13. Huecos		18. Hinchamiento							
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril/berma		14. Cruce de via férrea		19. Desprendimiento de agregados							
5. Corrugación		10. Grietas long. Y transv.		15. Ahuellamiento									
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido					
1	L	6				6	2.88	20					
2	L	18				18	8.65	4					
9	L	8	2	2		12	5.77	4					
10	L	5	2	3	1	11	5.29	5					
11	L	0.050	0.130	0.031		0.211	0.10	0					
13	L	1				1	0.48	11					
15	L	2.5	1			3.5	1.68	11					
							TOTAL		55				

Tabla 16. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U3.

#	Valor Deducido				Total	q	CDV
1	20	11	5	4	40	4	20
2	20	11	5	2	38	3	23
3	20	11	2	2	35	2	26
4	20	2	2	2	26	1	27

Maximo CDV= 27
 PCI = 73
 Estado = Muy bueno

Tabla 17. Hoja de registro de la unidad de muestra U4, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN									
TESIS: "Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"									
METODO PCI					ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Carretera Jaén - Chamaya			Sección: 1		Unidad de Muestra: U4				
Ejecutor: José Mercy Tocto Olivera			Fecha: 24/09/2014		Area: 208				
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parcheo		16. Desplazamiento			
2. Exudación		7. Grieta de borde		12. Pulimento de agregados		17. Grieta Parabólica (slippage)			
3. Agrietamiento en bloque		8. Grieta de reflexion de junta		13. Huecos		18. Hinchamiento			
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril/berma		14. Cruce de vía férrea		19. Desprendimiento de agregados			
5. Corrugación		10. Grietas long. Y transv.		15. Ahuellamiento					
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
1	L	2	2			4	1.92	17	
2	L	21				21	10.10	4	
9	M	10				10	4.81	8	
10	L	15	1			16	7.69	8	
11	L	0.05	0.031	0.05	0.071	0.202	0.10	0	
13	L	1				1	0.48	12	
15	L	2				2	0.96	9	
19	L	1.5				1.5	0.72	2	
							TOTAL	60	

Tabla 18. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U4.

#	Valor Deducido						Total	q	CDV
1	17	12	9	8	4	2	52	5	25
2	17	12	9	8	2	2	52	4	26
3	17	12	9	2	2	2	46	3	28
4	17	12	2	2	2	2	39	2	27
	17	2	2	2	2	2	29	1	27

Máximo CDV= 28
 PCI = 72
 Estado = Muy bueno

Tabla 19. Hoja de registro de la unidad de muestra U5, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN										
TESIS: "Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"										
METODO PCI					ESQUEMA					
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE										
HOJA DE REGISTRO										
Nombre de la vía:			Carretera Jaén - Chamaya		Sección:		1		Unidad de Muestra:	U5
Ejecutor:			José Mercy Tocto Olivera		Fecha:		24/09/2014		Area:	208
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión		11. Parcheo		16. Desplazamiento					
2. Exudación	7. Grieta de borde		12. Pulimento de agregados		17. Grieta Parabólica (slippage)					
3. Agrietamiento en bloque	8. Grieta de reflexion de junta		13. Huecos		18. Hinchamiento					
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril/berma		14. Cruce de vía férrea		19. Desprendimiento de agregados					
5. Corrugación	10. Grietas long. Y transv.		15. Ahuellamiento							
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido		
2	L	22.4				22.4	10.77	5		
10	L	2				2	0.96	1		
11	L	0.071	0.130	0.071	0.05	0.322	0.15	0		
13	L	1	1			2	0.96	20		
15	M	0.05	0.12	0.01	0.2	0.2	0.28	9		
								TOTAL		35

Tabla 20. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U5.

#	Valor Deducido				Total	q	CDV
1	20	9	5	1	35	3	21
2	20	9	2	1	32	2	24
3	20	2	2	1	25	1	25
4							

Maximo CDV= 25
 PCI = 75
 Estado = Muy bueno

Tabla 21. Hoja de registro de la unidad de muestra U6, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN										
TESIS: "Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"										
METODO PCI					ESQUEMA					
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE										
HOJA DE REGISTRO										
Nombre de la vía:		Carretera Jaén - Chamaya			Sección:		1		Unidad de Muestra:	U6
Ejecutor:		José Mercy Tocto Olivera			Fecha:		24/09/2014		Area:	208
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parcheo	16. Desplazamiento							
2. Exudación	7. Grieta de borde	12. Pulimento de agregados	17. Grieta Parabólica (slippage)							
3. Agrietamiento en bloque	8. Grieta de reflexion de junta	13. Huecos	18. Hinchamiento							
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril/berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregados							
5. Corrugación	10. Grietas long. Y transv.	15. Ahuellamiento								
Daño	Severidad	Cantidades parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
2	L	12.8					12.8	6.15	3	
9	L	2	6				8	3.85	3	
10	L	3	1.5	4			8.5	4.09	4	
11	L	0.13	0.031	0.071	0.071	0.031	0.334	0.16	0	
13	L	1	1				2	0.96	20	
15	L	2.4					2.4	1.15	9	
									TOTAL	39

Tabla 22. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U6.

#	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	20	9	4	3		36	4	17
2	20	9	4	2		35	3	21
3	20	9	2	2		33	2	25
4	20	2	2	2		26	1	26

Maximo CDV= 26
 PCI = 74
 Estado = Muy bueno

Tabla 23. Hoja de registro de la unidad de muestra U7, tramo 1, sección 1, de la via Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA										
FACULTAD DE INGENIERÍA										
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN										
TESIS: "Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"										
METODO PCI					ESQUEMA					
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE										
HOJA DE REGISTRO										
Nombre de la vía:		Carretera Jaén - Chamaya			Sección:		1		Unidad de Muestra: U7	
Ejecutor:		José Mercy Tocto Olivera			Fecha:		25/09/2014		Area: 208	
1.Piel de cocodrilo		6.Depresión		11.Parqueo		16.Desplazamiento				
2.Exudación		7.Grieta de borde		12.Pulimento de agregados		17.Grieta Parabólica (slippage)				
3.Agrietamiento en bloque		8.Grieta de reflexion de junta		13.Huecos		18.Hinchamiento				
4.Abultamientos y hundimientos		9.Desnivel carril/berma		14.Cruce de via férrea		19.Desprendimiento de agregados				
5.Corrugación		10.Grietas long. Y transv.		15.Ahuellamiento						
Daño	Severidad	Cantidades parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
2	L	16					16	7.69	3	
9	M	20	5				25	12.02	19	
10	L	2	1				3	1.44	0	
11	L	0.05	0.071	0.05	0.05	0.12	0.341	0.16	0	
15	L	1.8					1.8	0.87	8	
TOTAL									30	

Tabla 24. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U7.

#	Valor Deducido				Total	q	CDV
1	19	8	3		30	3	17
2	19	8	2		29	2	22
3	19	2	2		23	1	23
4							

Maximo CDV= 23
 PCI = 77
 Estado = Muy bueno

Tabla 25. Hoja de registro de la unidad de muestra U8, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN									
TESIS: "Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"									
METODO PCI INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE HOJA DE REGISTRO							ESQUEMA		
Nombre de la vía: <u>Carretera Jaén - Chamaya</u>			Sección: <u>1</u>		Unidad de Muestra: <u>U8</u>				
Ejecutor: <u>José Mercy Tocto Olivera</u>			Fecha: <u>25/09/2014</u>		Area: <u>208</u>				
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parcheo		16. Desplazamiento			
2. Exudación		7. Grieta de borde		12. Pulimento de agregados		17. Grieta Parabólica (slippage)			
3. Agrietamiento en bloque		8. Grieta de reflexion de junta		13. Huecos		18. Hinchamiento			
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril/berma		14. Cruce de vía férrea		19. Desprendimiento de agregados			
5. Corrugación		10. Grietas long. Y transv.		15. Ahuellamiento					
Daño	Severidad	Cantidades parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido
2	L	19.2					19.2	9.23	3
9	M	15	3				18	8.65	9
11	L	0.130	0.2	0.13	0.05	0.2	0.71	0.34	0
13	L	1	1	1			3	1.44	25
15	L	0.08					0.08	0.04	1
TOTAL									38

Tabla 26. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U8.

#	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	25	9	3	1		38	3	23
2	25	9	2	1		37	2	27
3	25	2	2	1		30	1	31

Maximo CDV= 31
 PCI = 69
 Estado = Bueno

Tabla 29. Hoja de registro de la unidad de muestra U10, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN													
TESIS: "Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"													
METODO PCI					ESQUEMA								
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE													
HOJA DE REGISTRO													
Nombre de la vía:			Carretera Jaén - Chamaya			Sección:		1		Unidad de Muestra:		U10	
Ejecutor:			José Mercy Tocto Olivera			Fecha:		25/09/2014		Area:		208	
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parcheo		16. Desplazamiento							
2. Exudación		7. Grieta de borde		12. Pulimento de agregados		17. Grieta Parabólica (slippage)							
3. Agrietamiento en bloque		8. Grieta de reflexion de junta		13. Huecos		18. Hinchamiento							
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril/berma		14. Cruce de vía férrea		19. Desprendimiento de agregados							
5. Corrugación		10. Grietas long. Y transv.		15. Ahuellamiento									
Daño	Severidad	Cantidades parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido				
2	L	19.2					19.2	9.23	3				
9	L	15	1				16	7.69	5				
10	L	1	1	1			3	1.44	0				
11	L	0.05	0.031	0.2	0.2	0.031	0.512	0.25	0				
13	L	1	1				2	0.96	20				
19	L	1.8	0.06	0.04	0.05		1.95	0.94	1				
								TOTAL		29			

Tabla 30. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U10.

#	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	20	5	3	1		29	3	17
2	20	5	2	1		28	2	21
3	20	2	2	1		25	1	25

Maximo CDV= 25
 PCI = 75
 Estado = Muy bueno

Tabla 31. Hoja de registro de la unidad de muestra U11, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN									
TESIS: “Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya”									
METODO PCI						ESQUEMA			
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Carretera Jaén - Chamaya			Sección: 1		Unidad de Muestra: U11				
Ejecutor: José Mercy Tocto Olivera			Fecha: 25/09/2014		Area: 208				
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parqueo	16. Desplazamiento						
2. Exudación	7. Grieta de borde	12. Pulimento de agregados	17. Grieta Parabólica (slippage)						
3. Agrietamiento en bloque	8. Grieta de reflexión de junta	13. Huecos	18. Hinchamiento						
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril/berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregados						
5. Corrugación	10. Grietas long. Y transv.	15. Ahuellamiento							
Daño	Severidad	Cantidades parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	0.39	1	2.5			3.89	1.87	28
2	L	22.4					22.4	10.77	5
4	M	16					16	7.69	36
10	L	12	4	8	3		27	12.98	18
11	L	0.031	0.071	0.2	0.05	0.2	0.552	0.27	0
13	M	1	1				2	0.96	20
19	L	1.26					1.26	0.61	1
TOTAL									108

Tabla 32. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U11.

#	Valor Deducido						Total	q	CDV
1	36	28	20	18	5	1	108	5	57
2	36	28	20	18	2	1	107	4	60
3	36	28	20	2	2	1	91	3	57
4	36	28	2	2	2	1	73	2	52
5	36	2	2	2	5	1	53	1	49

Máximo CDV = 60
 PCI = 40
 Estado = Pobre

Tabla 33. Hoja de registro de la unidad de muestra U12, tramo 1, sección 1, de la via Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN									
TESIS: "Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"									
METODO PCI					ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Carretera Jaén - Chamaya			Sección: 1		Unidad de Muestra: U12				
Ejecutor: José Mercy Tocto Olivera			Fecha: 25/09/2014		Area: 208				
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parcheo		16. Desplazamiento			
2. Exudación		7. Grieta de borde		12. Pulimento de agregados		17. Grieta Parabólica (slippage)			
3. Agrietamiento en bloque		8. Grieta de reflexion de junta		13. Huecos		18. Hinchamiento			
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril/berma		14. Cruce de via férrea		19. Desprendimiento de agregados			
5. Corrugación		10. Grietas long. Y transv.		15. Ahuellamiento					
Daño	Severidad	Cantidades parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	2	1				3	1.44	23
2	L	12.6					12.6	6.06	1
3	L	0.6	0.8	1			2.4	1.15	0
4	M	9	3				12	5.77	31
10	L	4	2	6	10	11	33	15.87	23
11	M	25					25	12.02	46
11	L	0.13	0.2	0.2	0.2		0.73	0.35	1
13	L	1	1	1			3	1.44	25
								TOTAL	150

Tabla 34. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U12.

#	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	46	32	31	23	1	133	4	74
2	46	32	31	2	1	112	3	70
3	46	32	2	2	1	84	2	61
4	46	2	2	2	1	54	1	54

Maximo CDV= 74
 PCI = 26
 Estado = Pobre

Tabla 35. Hoja de registro de la unidad de muestra U13, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA										
FACULTAD DE INGENIERÍA										
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN										
TESIS:										
"Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"										
MÉTODO PCI					ESQUEMA					
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE										
HOJA DE REGISTRO										
Nombre de la vía:			Carretera Jaén - Chamaya		Sección:		1		Unidad de Muestra:	U13
Ejecutor:			José Mercy Tocto Olivera		Fecha:		25/09/2014		Area:	208
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parqueo		16. Desplazamiento				
2. Exudación		7. Grieta de borde		12. Pulimento de agregados		17. Grieta Parabólica (slippage)				
3. Agrietamiento en bloque		8. Grieta de reflexion de junta		13. Huecos		18. Hinchamiento				
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril/berma		14. Cruce de vía férrea		19. Desprendimiento de agregados				
5. Corrugación		10. Grietas long. Y transv.		15. Ahuellamiento						
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido		
2	L	22.4				22.4	10.77	5		
4	L	15	1			16	7.69	16		
9	L	4	3			7	3.37	3		
11	L	0.05	0.05	0.05	0.2	0.05	0.19	0		
TOTAL								24		

Tabla 36. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U13.

#	Valor Deducido				Total	q	CDV
1	16	5	3		24	3	13
2	16	5	2		23	2	17
3	16	2	2		20	1	22

Maximo CDV= 22
 PCI = 78
 Estado = Muy bueno

Tabla 37. Hoja de registro de la unidad de muestra U14, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA									
FACULTAD DE INGENIERÍA									
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN									
<p>TESIS:</p> <p style="text-align: center;">"Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"</p>									
METODO PCI					ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Carretera Jaén - Chamaya			Sección: 1			Unidad de Muestra: U14			
Ejecutor: José Mercy Tocto Olivera			Fecha: 25/09/2014			Area: 208			
1.Piel de cocodrilo		6.Depresión			11.Parqueo			16.Desplazamiento	
2.Exudación		7.Grieta de borde			12.Pulimento de agregados			17.Grieta Parabólica (slippage)	
3.Agrietamiento en bloque		8.Grieta de reflexion de junta			13.Huecos			18.Hinchamiento	
4.Abultamientos y hundimientos		9.Desnivel carril/berma			14.Cruce de vía férrea			19.Desprendimiento de agregados	
5.Corrugación		10.Grietas long. Y transv.			15.Ahuellamiento				
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
2	L	19.2				19.2	9.23	3	
9	L	9	2			11	5.29	4	
11	L	0.2	0.031	0.2		0.431	0.21	0	
13	L	1	1			2	0.96	20	
							TOTAL	27	

Tabla 38. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U14.

#	Valor Deducido				Total	q	CDV
1	20	4	3		27	3	15
2	20	4	2		26	2	19
3	20	2	2		24	1	24

Maximo CDV= 24
 PCI = 76
 Estado = Muy bueno

Tabla 39. Hoja de registro de la unidad de muestra U15, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN									
TESIS: "Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"									
METODO PCI							ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Carretera Jaén - Chamaya			Sección: 1			Unidad de Muestra: U15			
Ejecutor: José Mercy Tocto Olivera			Fecha: 25/09/2014			Area: 208			
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parqueo		16. Desplazamiento			
2. Exudación		7. Grieta de borde		12. Pulimento de agregados		17. Grieta Parabólica (slippage)			
3. Agrietamiento en bloque		8. Grieta de reflexion de junta		13. Huecos		18. Hinchamiento			
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril/berma		14. Cruce de vía férrea		19. Desprendimiento de agregados			
5. Corrugación		10. Grietas long. Y transv.		15. Ahuellamiento					
Daño	Severidad	Cantidades parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	M	6					6	2.88	33
2	L	25.6					25.6	12.31	10
3	L	3.2					3.2	1.54	1
4	L	8					8	3.85	9
10	L	3	2	4	6	1	16	7.69	8
11	L	0.05	0.031	0.2	0.2	0.031	0.512	0.25	0
13	L	1	1	1			3	1.44	25
								TOTAL	86

Tabla 40. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U15.

#	Valor Deducido						Total	q	CDV
1	33	25	10	9	8	1	86	5	44
2	33	25	10	9	2	1	82	4	46
3	33	25	10	2	2	1	75	3	47
4	33	25	2	2	2	1	67	2	48
5	33	2	2	2	2	1	44	1	42

Maximo CDV= 48
 PCI = 52
 Estado = Regular

Tabla 41. Hoja de registro de la unidad de muestra U16, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN									
TESIS: "Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"									
METODO PCI					ESQUEMA				
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Carretera Jaén - Chamaya			Sección: 1		Unidad de Muestra: U16				
Ejecutor: José Mercy Tocto Olivera			Fecha: 25/09/2014		Area: 208				
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parcheo	16. Desplazamiento						
2. Exudación	7. Grieta de borde	12. Pulimento de agregados	17. Grieta Parabólica (slippage)						
3. Agrietamiento en bloque	8. Grieta de reflexion de junta	13. Huecos	18. Hinchamiento						
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril/berma	14. Cruce de via férrea	19. Desprendimiento de agregados						
5. Corrugación	10. Grietas long. Y transv.	15. Ahuellamiento							
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
1	M	4.8				4.8	2.31	31	
2	L	16				16	7.69	2	
10	L	2	4	1	2	9	4.33	3	
11	L	0.05	0.071	0.05	0.13	0.301	0.14	0	
13	L	1				1	0.48	11	
							TOTAL		47

Tabla 42. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U16.

#	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	31	11	3	2		47	3	31
2	31	11	2	2		46	2	34
3	31	2	2	2		37	1	38

Maximo CDV= 38
 PCI = 62
 Estado = Bueno

Tabla 43. Hoja de registro de la unidad de muestra U17, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN								
TESIS: "Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"								
METODO PCI						ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
HOJA DE REGISTRO								
Nombre de la vía: Carretera Jaén - Chamaya			Sección: 1			Unidad de Muestra: U17		
Ejecutor: José Mercy Tocto Olivera			Fecha: 25/09/2014			Area: 208		
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parqueo				16. Desplazamiento		
2. Exudación	7. Grieta de borde	12. Pulimento de agregados				17. Grieta Parabólica (slippage)		
3. Agrietamiento en bloque	8. Grieta de reflexion de junta	13. Huecos				18. Hinchamiento		
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril/berma	14. Cruce de vía férrea				19. Desprendimiento de agregados		
5. Corrugación	10. Grietas long. Y transv.	15. Ahuellamiento						
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido
1	L	1.5				1.5	0.72	9
2	L	25.6				25.6	12.31	10
9	M	15	1			16	7.69	8
11	L	0.05	0.2	0.2	0.2	0.65	0.31	0
13	L	1	1			2	0.96	20
TOTAL								47

Tabla 44. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U17.

#	Valor Deducido				Total	q	CDV
1	20	10	9	8	47	4	24
2	20	10	9	2	41	3	25
3	20	10	2	2	34	2	24
4	20	2	2	2	26	1	26

Maximo CDV= 26
 PCI = 74
 Estado = Muy bueno

Tabla 45. Hoja de registro de la unidad de muestra U18, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA											
FACULTAD DE INGENIERÍA											
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN											
TESIS:											
"Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"											
METODO PCI						ESQUEMA					
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO											
Nombre de la vía:		Carretera Jaén - Chamaya		Sección:		1		Unidad de Muestra:		U18	
Ejecutor:		José Mercy Tocto Olivera		Fecha:		25/09/2014		Area:		208	
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parcheo	16. Desplazamiento	2. Exudación	7. Grieta de borde	12. Pulimento de agregados	17. Grieta Parabólica (slippage)	3. Agrietamiento en bloque	8. Grieta de reflexión de junta	13. Huecos	18. Hinchamiento
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril/berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregados	5. Corrugación	10. Grietas long. Y transv.	15. Ahuellamiento					
Daño	Severidad	Cantidades parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido		
2	L	25.6					25.6	12.31	10		
9	L	3	1				4	1.92	3		
11	L	0.05	0.05	0.13	0.2	0.13	0.56	0.27	0		
13	L	1					1	0.48	11		
TOTAL										24	

Tabla 46. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U18.

#	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	11	10	3			24	3	13
2	11	10	2			23	2	17
3	11	2	2			15	1	15

Maximo CDV= 17
 PCI = 83
 Estado = Muy bueno

Tabla 47. Hoja de registro de la unidad de muestra U19, tramo 1, sección 1, de la via Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN								
TESIS: "Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"								
METODO PCI					ESQUEMA			
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
HOJA DE REGISTRO								
Nombre de la vía: <u>Carretera Jaén - Chamaya</u>			Sección: <u>1</u>		Unidad de Muestra: <u>U19</u>			
Ejecutor: <u>José Mercy Tocto Olivera</u>			Fecha: <u>25/09/2014</u>		Area: <u>208</u>			
1.Piel de cocodrilo	6.Depresión	11.Parcheo	16.Desplazamiento					
2.Exudación	7.Grieta de borde	12.Pulimento de agregados	17.Grieta Parabólica (slippage)					
3.Agrietamiento en bloque	8.Grieta de reflexion de junta	13.Huecos	18.Hinchamiento					
4.Abultamientos y hundimientos	9.Desnivel carril/berma	14.Cruce de via férrea	19.Desprendimiento de agregados					
5.Corrugación	10.Grietas long. Y transv.	15.Ahuellamiento						
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido
2	L	25.6				25.6	12.31	10
9	H	16	4			20	9.62	15
11	L	0.05	0.2	0.2		0.45	0.22	0
19	L	1.8	0.06	0.04	0.05	1.95	0.94	1
TOTAL								26

Tabla 48. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U19.

#	Valor Deducido				Total	q	CDV
1	15	10	1		26	2	19
2	15	2	1		18	1	18

Maximo CDV= 19
 PCI = 81
 Estado = Muy bueno

Tabla 51. Hoja de registro de la unidad de muestra U21, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN							
TESIS: "Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"							
METODO PCI				ESQUEMA			
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE							
HOJA DE REGISTRO							
Nombre de la vía:		Carretera Jaén - Chamaya		Sección:		1	
Ejecutor:		José Mercy Tocto Olivera		Fecha:		25/09/2014	
				Unidad de Muestra:		U21	
				Area:		208	
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parcheo	16. Desplazamiento				
2. Exudación	7. Grieta de borde	12. Pulimento de agregados	17. Grieta Parabólica (slippage)				
3. Agrietamiento en bloque	8. Grieta de reflexión de junta	13. Huecos	18. Hinchamiento				
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril/berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregados				
5. Corrugación	10. Grietas long. Y transv.	15. Ahuellamiento					
Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor Deducido
2	L	19.2			19.2	9.23	5
10	L	2	3		5	2.40	3
11	L	0.05	0.13	0.071	0.251	0.12	0
13	L	1	1		2	0.96	20
TOTAL							28

Tabla 52. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U21.

#	Valor Deducido				Total	q	CDV
1	20	5	3		28	3	15
2	20	5	2		27	2	21
3	20	2	2		24	1	25

Maximo CDV= 25
 PCI = 75
 Estado = Muy bueno

Tabla 53. Hoja de registro de la unidad de muestra U22, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN									
TESIS: "Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"									
METODO PCI					ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Carretera Jaén - Chamaya			Sección: 1		Unidad de Muestra: U22				
Ejecutor: José Mercy Tocto Olivera			Fecha: 25/09/2014		Area: 208				
1.Piel de cocodrilo	6.Depresión	11.Parqueo	16.Desplazamiento						
2.Exudación	7.Grieta de borde	12.Pulimento de agregados	17.Grieta Parabólica (slippage)						
3.Agrietamiento en bloque	8.Grieta de reflexion de junta	13.Huecos	18.Hinchamiento						
4.Abultamientos y hundimientos	9.Desnivel carril/berma	14.Cruce de vía férrea	19.Desprendimiento de agregados						
5.Corrugación	10.Grietas long. Y transv.	15.Ahuellamiento							
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
2	L	22.4				22.4	10.77	4	
9	M	7				7	3.37	3	
10	L	6	1			7	3.37	2	
11	L	0.071	0.2	0.071		0.342	0.16	0	
13	L	1	1			2	0.96	20	
							TOTAL	29	

Tabla 54. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U22.

#	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	20	4	3	2		29	3	16
2	20	4	2	3		29	2	21
3	20	2	2	4		28	1	26
				5				
				6				
				7				
				8				

Maximo CDV= 26
 PCI = 74
 Estado = Muy bueno

Tabla 55. Hoja de registro de la unidad de muestra U23, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN								
TESIS: "Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"								
METODO PCI				ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
HOJA DE REGISTRO								
Nombre de la vía:		Carretera Jaén - Chamaya		Sección:		1		
Ejecutor:		José Mercy Tocto Olivera		Fecha:		25/09/2014		
				Unidad de Muestra:		U23		
				Area:		208		
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parcheo	16. Desplazamiento	2. Exudación	7. Grieta de borde	12. Pulimento de agregados		
3. Agrietamiento en bloque	8. Grieta de reflexion de junta	13. Huecos	17. Grieta Parabólica (slippage)	4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril/berma	14. Cruce de via férrea		
5. Corrugación	10. Grietas long. Y transv.	15. Ahuellamiento	18. Hinchamiento			19. Desprendimiento de agregados		
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido
2	L	19.2				19.2	9.23	2
9	H	8	1			9	4.33	3
11	L	0.05	0.071	0.2		0.321	0.15	0
13	M	1	1	1	1	4	1.92	44
13	L	1	1	1	1	4	1.92	30
TOTAL								79

Tabla 56. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U23.

#	Valor Deducido				Total	q	CDV
1	44	30	3	2	79	3	51
2	44	30	2	3	79	2	57
3	44	2	2	4	52	1	50
				5			
				6			
				7			
				8			

Maximo CDV= 57
 PCI = 43
 Estado = Regular

Tabla 57. Hoja de registro de la unidad de muestra U24, tramo 1, sección 1, de la vía Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN									
TESIS: "Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"									
METODO PCI						ESQUEMA			
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: Carretera Jaén - Chamaya			Sección: 1			Unidad de Muestra: U24			
Ejecutor: José Mercy Tocto Olivera			Fecha: 25/09/2014			Area: 208			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parcheo	16. Desplazamiento						
2. Exudación	7. Grieta de borde	12. Pulimento de agregados	17. Grieta Parabólica (slippage)						
3. Agrietamiento en bloque	8. Grieta de reflexion de junta	13. Huecos	18. Hinchamiento						
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril/berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregados						
5. Corrugación	10. Grietas long. Y transv.	15. Ahuellamiento							
Daño	Severidad	Cantidades parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido
2	L	25.6				25.6	12.31	10	
11	L	0.05	0.071	0.05	0.05	0.22	0.21	0	
13	M	1	1	1	1	4	1.92	44	
15	L	0.12	0.12	0.09	0.8	1.13	0.54	5	
TOTAL								59	

Tabla 58. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U24.

#	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	44	10	5			59	3	38
2	44	10	2			56	2	42
3	44	2	2			48	1	48

Maximo CDV= 48
 PCI = 52
 Estado = Regular

Tabla 59. Hoja de registro de la unidad de muestra U25, tramo 1, sección 1, de la via Jaén-Chamaya

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN

TESIS:
 "Cálculo del índice de Condición del pavimento Flexible en la carretera Jaén - Chamaya"

MÉTODO PCI				ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
Nombre de la vía:		Carretera Jaén - Chamaya		Sección:		1
Ejecutor:		José Mercy Tocto Olivera		Fecha:		25/09/2014
			Unidad de Muestra:		U25	
			Area:		208	

1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parcheo	16. Desplazamiento
2. Exudación	7. Grieta de borde	12. Pulimento de agregados	17. Grieta Parabólica (slippage)
3. Agrietamiento en bloque	8. Grieta de reflexion de junta	13. Huecos	18. Hinchamiento
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril/berma	14. Cruce de via férrea	19. Desprendimiento de agregados
5. Corrugación	10. Grietas long. Y transv.	15. Ahuellamiento	

Daño	Severidad	Cantidades parciales					Total	Densidad (%)	Valor Deducido
2	L	25.6					25.6	12.31	10
9	L	14	1				15	7.21	3
11	L	0.05	0.031	0.05	0.071		0.202	0.10	0
13	L	1					1	0.48	11
TOTAL									24

Tabla 60. Cálculo del PCI de la unidad de muestra U25.

#	Valor Deducido				Total	q	CDV
1	11	10	3		24	3	13
2	11	10	2		23	2	17
3	11	2	2		15	1	16

Maximo CDV= 17
 PCI = 83
 Estado = Muy bueno

Anexo B

Fotografías de fallas

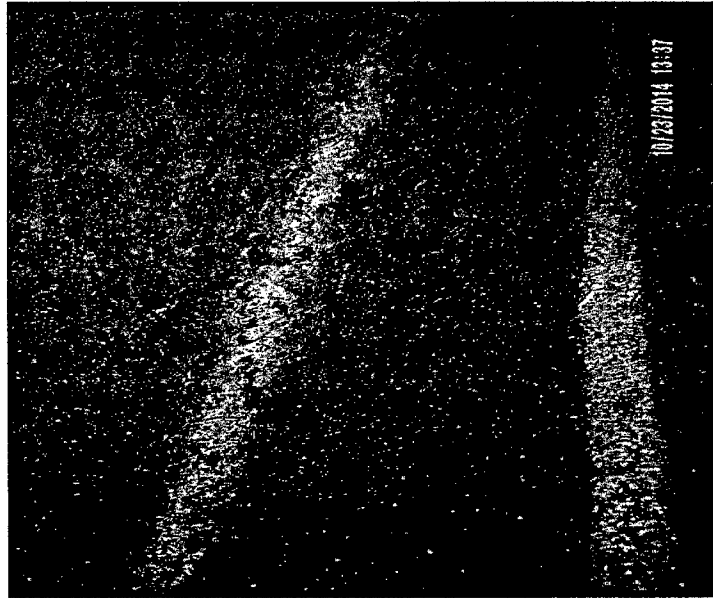


Figura 43. Piel de cocodrilo de nivel de severidad Medio, ubicada en la unidad de muestra U 11, sección 1.



Figura 44. Exudación de nivel de severidad bajo, ubicada en la unidad de muestra U1, sección 1.

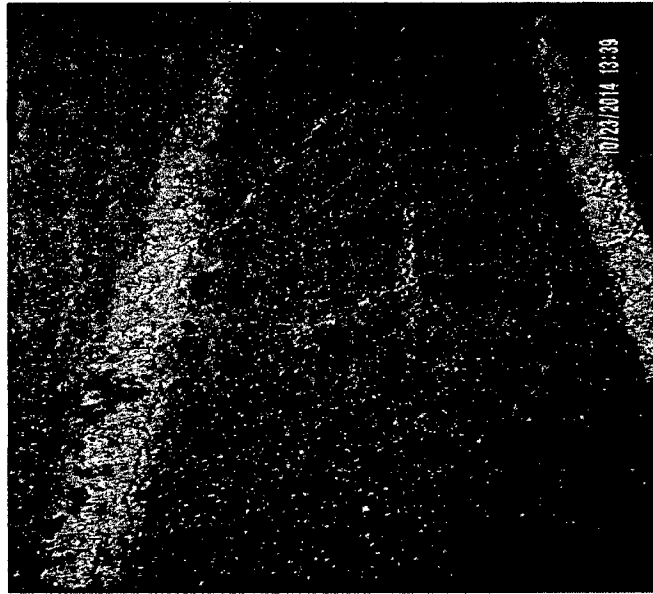


Figura 45. Agrietamiento en bloque de baja severidad, de la unidad de muestra U1, sección 1.

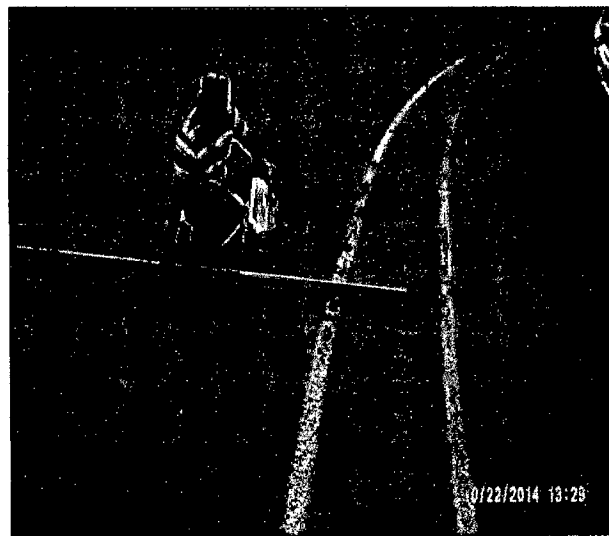


Figura 46. Hundimiento de baja severidad, de la unidad de muestra U11, sección 1.

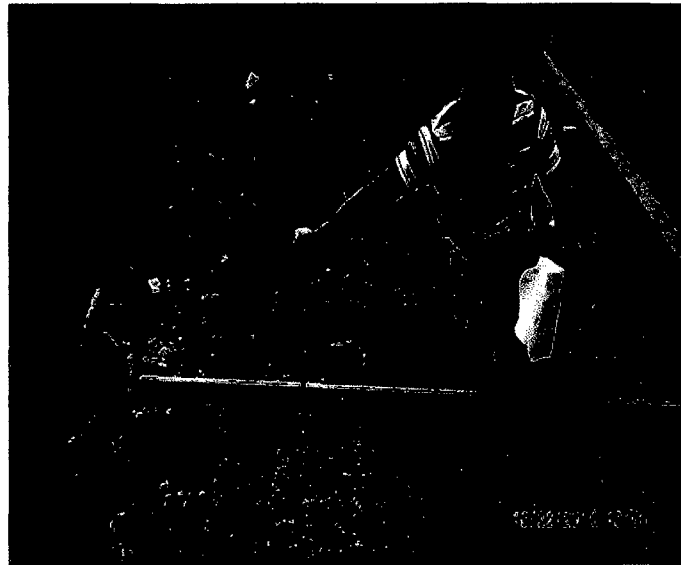


Figura 47. Desnivel carril/berma de severidad Media, de la unidad de muestra U1, sección 1.

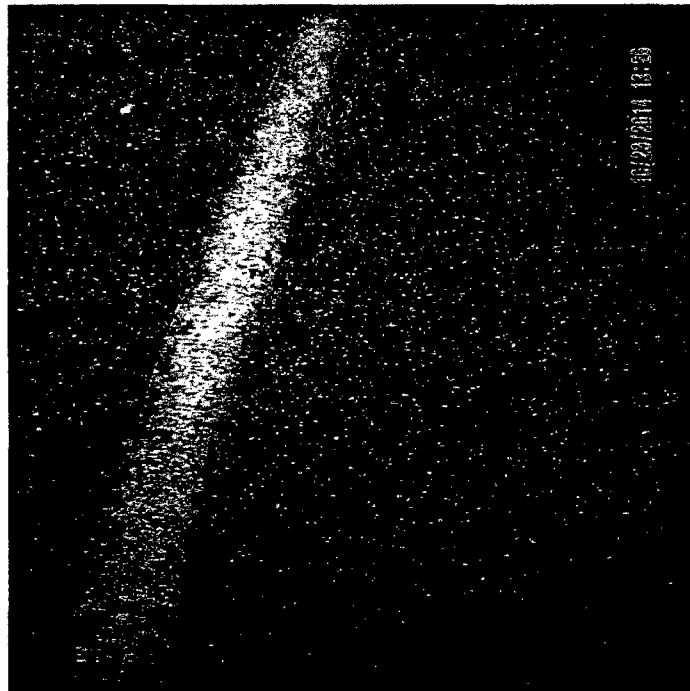


Figura 48. Grietas transversales y longitudinales de baja severidad, de la unidad de muestra U16, sección 1.

Figura 5. Parcheo

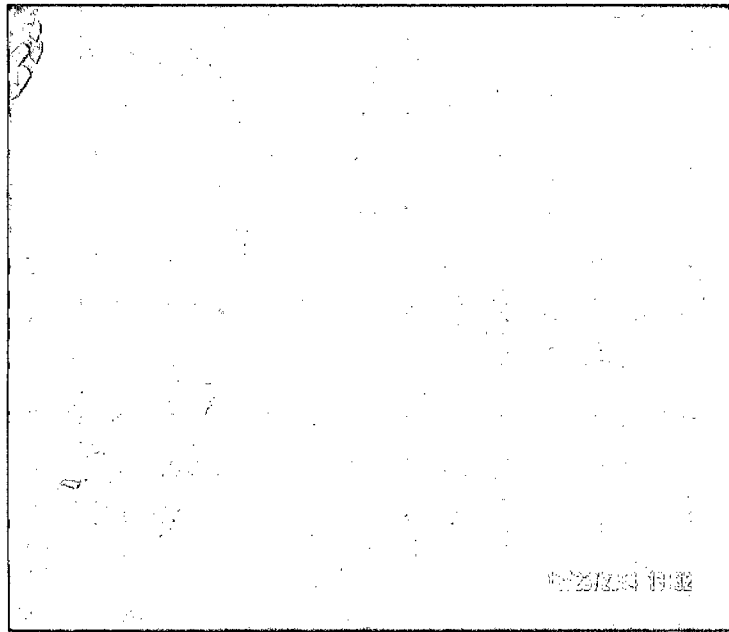


Figura 49. Parcheo de severidad Media, de la unidad de muestra U12, sección 1.

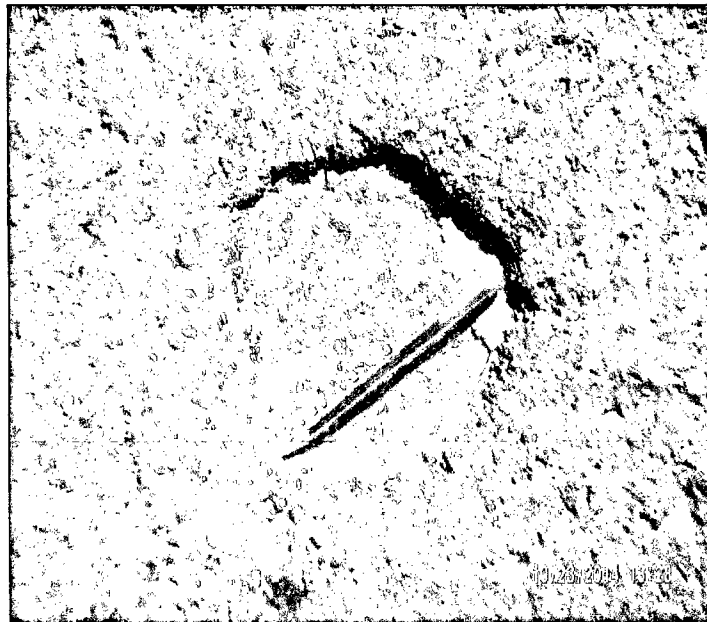


Figura 50. Huevo de Mediana severidad, de la unidad de muestra U24, sección 1.



Figura 51. Ahuellamiento de severidad baja, de la unidad de muestra U24, sección1.



Figura 52. Ahuellamiento de severidad Media, de la unidad de muestra U24, sección1