



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE DAÑOS EN EL PAVIMENTO CON
TECNOLOGÍA LCMS Y MÉTODO SEMIAUTOMATIZADO PARA
DETERMINAR PCI TRAMO MORROPÓN – PUENTE LA
GALLEGA (PIURA)**

PRESENTADA POR

JUAN DE DIOS RODAS MONTENEGRO

LESLY JAQUELINE YBARRA CHAUCA

ASESOR

ALEXIS SAMOHOD ROMERO

JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2018



**Reconocimiento - No comercial – Compartir igual
CC BY-NC-SA**

Los autores permiten transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRÉS

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE DAÑOS EN EL PAVIMENTO
CON TECNOLOGÍA LCMS Y MÉTODO SEMIAUTOMATIZADO
PARA DETERMINAR PCI
TRAMO MORROPÓN – PUENTE LA GALLEGA (PIURA)**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR:

**RODAS MONTENEGRO, JUAN DE DIOS
YBARRA CHAUCA, LESLY JAQUELINE**

LIMA, PERU

2018

El presente trabajo de investigación se lo dedico con mucho amor y cariño a mi familia por todo el apoyo brindado durante mi etapa universitaria, y compartir esfuerzo y sacrificio para lograr el objetivo de ser un gran Ingeniero Civil.

También se lo dedico al Arcángel San Miguel, quien supo guiarme por el buen camino hacia ser una persona de bien.

Juan de Dios Rodas Montenegro

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso que doy, a mis padres Precila y Guillermo por concederme la oportunidad de estudiar y su constante apoyo a lo largo de mi vida. A mi hermano Jerson por sus consejos, paciencia y toda la ayuda que me brindo para concluir mis estudios.

Lesly Jaqueline Ybarra Chauca

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo confirmar la eficiencia que tiene el Laser Crack Measurement System para obtener el PCI del Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura), aplicando una comparación de PCI obtenidos de levantamiento de daños en el pavimento mediante el Método Semiautomatizado y la Tecnología LCMS.

La tesis está compuesta por: Planteamiento del problema, donde se define la realidad problemática y se plantea los objetivos. El marco teórico, que trata de los antecedentes de la investigación, de esta manera tener mayor alcance de levantamiento de daños de pavimentos flexibles; se define el concepto de pavimento y su clasificación; asimismo se plantea la hipótesis del trabajo.

Se hace mención de la metodología, materiales e instrumentos a utilizar para llevar a cabo el presente trabajo; se explica el procedimiento de ambos métodos: medición del tramo, identificación de daños y la determinación del PCI.

El PCI obtenido en el Tramo Morropón - Puente La Gallega mediante el método semiautomatizado es 79.49 indicando un pavimento en estado muy bueno, asimismo mediante la tecnología LCMS el PCI es 76.14 indicando un pavimento en estado muy bueno.

Según los resultados obtenidos, se concluye que la Tecnología LCMS tiene un alto grado de eficiencia del 95.79%, respecto al método semiautomatizado para realizar el cálculo del Pavement Condition Index (PCI), siendo esta una herramienta muy potente para la gestión de pavimentos en los diferentes proyectos de conservación de corredores viales a nivel nacional.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to confirm the efficiency of the Laser Crack Measurement System to obtain the PCI of the Morropón - Puente La Gallega (Piura) section, applying a comparison of PCI obtained from surveying the pavement by means of the Semi-Automated Method and the LCMS technology.

The thesis is composed of: Approach of the problem, where the problematic reality is defined and the objectives are stated. The theoretical framework, which deals with the background of the investigation, in this way having a greater scope of lifting of damages of flexible pavements; the concept of pavement and its classification is defined; likewise, the work hypothesis is proposed.

Mention is made of the methodology, materials and instruments to be used to carry out the present work; the procedure of both methods is explained: measurement of the section, identification of damages and the determination of the PCI.

The PCI obtained in the Morropón - Puente La Gallega section using the semi-automated method is 79.49, indicating a pavement in a very good condition. Also, using LCMS technology, the PCI is 76.14, indicating a pavement in a very good condition.

According to the obtained results, it is concluded that the LCMS Technology has a high degree of efficiency of 95.79%, with respect to the semiautomated method to perform the calculation of the Pavement Condition Index (PCI), this being a very powerful tool for the management of pavements in the different conservation projects of road corridors at national level.

INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones es la entidad encargada de dirigir, desarrollar, regular e inspeccionar las actividades de construcción, conservación y uso de vías terrestres del país; es así como designa entidades privadas a realizar dichos estudios de evaluación las cuales son adjudicadas a través de licitaciones y/o concursos públicos.

En la actualidad, debido a la alta demanda de tránsito en la región Piura, existen diferentes factores que producen fallas en el pavimento antes de cumplir su tiempo de vida útil tales como fallas estructurales, funcionales y superficiales, éstas a causa del desgaste, fatiga, errores de diseño, proyección y ejecución; el cual conlleva a realizar un cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para saber el estado actual del pavimento.

Por ello en la presente tesis se realizará la determinación de PCI a través del levantamiento de daños en el tramo Morropón – Puente la Gallega, haciendo un comparativo entre la Tecnología Laser Crack Measurement System (LCMS) y Método Semiautomatizado, con la finalidad de validar el uso del LCMS, ya que con ello se tendrá una herramienta muy potente para la gestión de pavimentos, en los diferentes proyectos de conservación de corredores viales a nivel nacional; para el presente sistema se utiliza la determinación de PCI para saber el estado superficial de los pavimentos; en consecuencia, con este equipo se haría auscultaciones óptimas.

Asimismo, el equipo LCMS es utilizado para hacer mediciones de diferentes parámetros, tales como: rugosidad, ahuellamiento, textura, peralte, entre otras; para entidades privadas como concesiones, contratistas, consultoras, constructoras, conservadores de corredores viales, etc.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN	vi
INDICE DE GRÁFICOS	xi
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2.1 Problema General	
1.2.2 Problemas Específicos	
1.3 OBJETIVOS	
1.3.1 Objetivo General	
1.3.2 Objetivos Específicos	
1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	3
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES	
1.6 VIABILIDAD	4
CAPITULO II	
MARCO TEÓRICO	5
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	
2.1.1 Nacionales	
2.1.2 Internacionales	8
2.2 BASES TEÓRICAS	11

2.2.1 Pavimento	
2.2.2 Tipos de Pavimento	
2.2.3 Daños en el Pavimento	13
2.2.4 Evaluación Superficial de Pavimentos Flexibles	28
2.2.5 Pavement Condition Index en Pavimentos Flexibles	31
2.3 MARCO CONCEPTUAL	35
CAPITULO III	
HIPÓTESIS Y VARIABLES	37
3.1 HIPÓTESIS	
3.1.1 Hipótesis General	
3.1.2 Hipótesis Específicas	
3.2 VARIABLES	38
3.2.1 Variable Independiente	
3.2.2 Variable Dependiente	
3.3 MATRIZ DE CONSISTENCIA	39
CAPÍTULO IV	
METODOLOGÍA	40
4.1 DISEÑO METODOLÓGICO	
4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	41
4.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
4.3.1 Laser Crack Measurement System	
4.3.2 Pave Inspect	42

4.4	TÉCNICAS ESTADÍSTICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	43
4.4.1	Nomo3	
4.4.2	EvalPav	
4.4.3	Tabulaciones y Gráficos Estadísticos	44
CAPÍTULO V		
DESARROLLO DEL PROYECTO		45
5.1	PRESUPUESTO PARA EL DESARROLLO DE LA EVALUACIÓN	
5.1.1	Medición de Daños Semiautomatizado	46
5.1.2	Medición de Daños Equipos LCMS	47
5.2	ORGANIZACIÓN PARA LA AUSCULTACIÓN	48
5.3	MEDICIÓN E IDENTIFICACIÓN DE DAÑOS	50
5.3.1	Medición Método Semiautomatizado	
5.3.2	Medición con Método LCMS	54
5.4	DETERMINACIÓN DE PCI	61
CAPÍTULO VI		
RESULTADOS		63
6.1	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	
6.2	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	64
6.2.1	Resultado de PCI	
6.2.2	Resultado de Grietas Longitudinales y Transversales	94
6.2.3	Resultado de Identificación de Piel de Cocodrilo	99

6.2.4 Resultado de Optimización de Recursos	102
---	-----

CAPÍTULO VII

DISCUSIÓN	105
------------------	------------

CONCLUSIONES	106
---------------------	------------

RECOMENDACIONES	107
------------------------	------------

ANEXOS	108
---------------	------------

FUENTES DE CONSULTA	121
----------------------------	------------

INDICE DE GRÁFICOS

FIGURAS	Página
Figura 1. Partes del Pavimento Flexible	12
Figura 2. Partes del Pavimento Rígido	
Figura 3. Piel de cocodrilo	14
Figura 4. Exudación asfáltica	
Figura 5. Fisuras en Bloque	15
Figura 6. Deformación por hundimiento	16
Figura 7. Deformación por corrugación	17
Figura 8. Depresión del pavimento	18
Figura 9. Fisura de borde	
Figura 10. Fisura de reflexión	19
Figura 11. Separación de la berma	20
Figura 12. Fisura longitudinal	21
Figura 13. Fisura transversal	
Figura 14. Parche	22
Figura 15. Agregado Pulido	23
Figura 16. Baches en el Pavimento	24
Figura 17. Ahuellamiento	25
Figura 18. Desplazamiento del Asfalto	
Figura 19. Fisura Parabólica	26
Figura 20. Hinchamiento por congelamiento	27
Figura 21. Desprendimiento superficial	28
Figura 22. Inspección de Huecos	29
Figura 23. Vehículo y Pave Inspect utilizado para captura de datos	

Figura 24. Identificación de daño en Nomo3	30
Figura 25. Sistema de Medición del LCMS	
Figura 26. Identificación de grietas en el LCMS	31
Figura 27. Tabla para obtener el Valor Deducido Corregido	33
Figura 28. Curva de Piel de Cocodrilo, para hallar el Valor Deducido	
Figura 29. Curva de Grietas Transversales y Longitudinales, para hallar el Valor Deducido	34
Figura 30. Curva de huecos, para hallar el Valor Deducido	
Figura 31. Curva de Parches, para hallar el Valor Deducido	
Figura 32. Curva de Desprendimiento, para hallar el Valor Deducido	
Figura 33. Vista Satelital del Tramo Morropón - Pte. La Gallega	41
Figura 34. Laser Crack Measurement System	42
Figura 35. Pave Inspect Lineal	43
Figura 36. Software EvalPav	44
Figura 37. Presupuesto Método Semiautomatizado	46
Figura 38. Análisis de Precios Unitarios (APU) - Semiautomatizado	47
Figura 39. Presupuesto Método LCMS	
Figura 40. Análisis de Precios Unitarios (APU) – LCMS	48
Figura 41. Cronograma de Auscultación – Método Semiautomatizado	49
Figura 42. Cronograma de auscultación - Método LCMS	50
Figura 43. Descripción de la vía	
Figura 44. Carril 1 y 2 a inspeccionar – Método Semiautomatizado	51
Figura 45. Programa Nomo3 – Ventana Proyecto	
Figura 46. Programa Nomo3 – Ventana Imagen	52
Figura 47. Descripción de la vía	54

Figura 48. Carril 1 y 2 a inspeccionar – Equipo LCMS	
Figura 49. Archivos .FIS – Equipo LCMS	55
Figura 50. Software LCMS Road Inspect	
Figura 51. Archivos XML (Extensible Markup Language)	56
Figura 52. Fotos (Overlay: Daños dibujados) – Equipo LCMS	
Figura 53. Software LcmsResultParser	57
Figura 54. Creación del proyecto - EvalPav	62
Figura 55. Importación de datos al EvalPav	
Figura 56. Comparación de PCI Carril 1 - Ambos métodos	93
Figura 57. Comparación de PCI Carril 2 - Ambos métodos	
Figura 58. Indicador de Eficiencia del equipo LCMS	94
Figura 59. Gráfico de dispersión de Grietas Longitudinales – Carril 1	95
Figura 60. Gráfico de dispersión de Grietas Longitudinales – Carril 2	96
Figura 61. Gráfico de dispersión de Grietas Transversales – Carril 1	97
Figura 62. Gráfico de dispersión de Grietas Transversales – Carril 2	98
Figura 63. Gráfico de dispersión Piel de Cocodrilo – Carril 1	100
Figura 64. Gráfico de dispersión Piel de Cocodrilo – Carril 2.	101
Figura 65. Incidencia de Costo Entre Ambos Métodos	102
Figura 66. Representación Gráfica de Optimización de Tiempo.	103

TABLAS

Tabla 1. Escala de Calificación PCI	32
Tabla 2. Esquematización de la Variable independiente	38
Tabla 3. Esquematización de la Variable Dependiente	38
Tabla 4. Rendimientos de Auscultaciones	45

Tabla 5. Software del Nomo3 – Seleccionador de Fallas	52
Tabla 6. Reporte de Fallas del Nomo3	53
Tabla 7. Reporte de Fallas LCMS	57
Tabla 8. Reporte de Fallas LCMS - Grietas	58
Tabla 9. Reporte de Fallas LCMS - Bache	59
Tabla 10. Reporte de Fallas LCMS - Desprendimiento	60
Tabla 11. Reporte de Fallas LCMS - Parche	61
Tabla 12. Formato para procesamiento en EvalPav	
Tabla 13. Resultado de PCI Carril 1 - Método Semiautomatizado	64
Tabla 14. Resultado de PCI Carril 2 - Método Semiautomatizado	72
Tabla 15. Resultado de PCI Carril 1 - Método LCMS	79
Tabla 16. Resultado de PCI Carril 2 - Método LCMS	86
Tabla 17. Esquematización de resultados de PCI	94
Tabla 18. Costo de Evaluación Superficial	102
Tabla 19. Tiempo de Evaluación Superficial	103

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En el Perú existe una red vial nacional, la cual cuenta con diferentes tipos de superficie de rodadura, estas son: afirmado, trocha, soluciones básicas, pavimento flexible, pavimento rígido, entre otras. Esta investigación va dirigida a los pavimentos flexibles, con el tiempo presentan fallas estructurales, funcionales y superficiales, sea por desgaste, fatiga, errores de diseño, proyección y ejecución, etc; en consecuencia a estos factores el pavimento se deteriora y genera problemas al usuario; debido a esto es necesario evaluar el estado de estas vías para identificar los sectores con deterioros; tradicionalmente se realiza mediante inspecciones a pie, usando como herramientas un odómetro manual, para medir las longitudes, regla y cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones y el formato donde se registra todo tipo de fallas, para posteriormente ser analizadas.

Hoy en día, existe un equipo denominado Laser Crack Measurement System, este sistema está compuesto por dos unidades laser de alta precisión. Los sensores del LCMS producen una imagen 3D y la información contenida en esta imagen permite la detección automática e identificación de grietas y una serie de defectos en la superficie del pavimento, este equipo es capaz de emitir los datos y ser procesados dentro de un gabinete mediante el Software del mismo equipo.

Debido al uso de muchos recursos que requiere realizar el método de inspección in situ manual y visual, se propone realizar la inspección de daños

con el equipo Laser Crack Measurement System ya que es completo, preciso y eficaz.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema General

¿Qué **grado de eficiencia tiene el LCMS** respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura)?

1.2.2 Problemas Específicos

¿Qué **grado de similitud tiene el LCMS en la identificación de grietas longitudinales y transversales** respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura)?

¿Qué **grado de similitud tiene el LCMS en la identificación de piel de cocodrilo** respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura)?

¿Qué **recursos optimiza el LCMS** respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura)?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Determinar el **grado de eficiencia del LCMS** respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).

1.3.2 Objetivos Específicos

Determinar el **grado de similitud que tiene el LCMS en la identificación de grietas longitudinales y transversales** respecto al método

Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).

Determinar el **grado de similitud tiene el LCMS en la identificación de piel de cocodrilo** respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).

Determinar **los recursos que optimiza el LCMS** respecto al método Semiautomatizado para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La investigación se realizó para determinar la eficiencia del equipo de alto rendimiento LCMS al momento de hacer levantamiento de daños, logrando obtener una herramienta potente y dinámica, para generar una reducción en la inversión de la evaluación superficial en pavimentos.

Existe una preocupación en el mundo para prevenir la presencia prematura de deterioros en el pavimento, se busca disminuir los daños que el pavimento ocasiona al vehículo cuando se encuentra en mal estado, del mismo modo se busca reducir el número de accidentes y brindar una mejor seguridad vial para los usuarios de esta carretera.

En el factor económico, es viable puesto que beneficiaría a los usuarios y a los concesionarios de la carretera y así los usuarios tendrán un ahorro en combustible, y lo más importante es que circularán por una vía más segura. Para el concesionario porque una vez hecha la rehabilitación del pavimento, ésta podrá cobrar peaje, recuperando de esa manera la inversión y obtener una utilidad neta.

En la parte técnica es viable ya que en el Perú no se cuenta con equipos de alto rendimiento para la medición de daños en el pavimento.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

Esta investigación tiene como fin implementar el Laser Crack Measurement System como un equipo validado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y Provias Nacional, para hacer relevamiento de daños

superficiales en la red vial nacional, en consecuencia, la determinación de PCI, para saber el estado de éstas.

En caso se requiera hacer investigaciones similares en el futuro, para la elaboración se necesita la utilización del equipo Laser Crack Measurement System (LCMS), un vehículo debidamente estructurado para el ensamblaje del equipo, personal técnico capacitado para su uso, movilización y desmovilización hacia el lugar de trabajo, en caso sea una vía de alto tránsito se recomienda usar un vehículo de escolta o seguridad; todo esto demanda una alta inversión para el desarrollo de la auscultación en campo.

El manejo del software que procesa los datos crudos del LCMS es complejo de utilizar, para esto se necesita personal capacitado y con experiencia en el uso de este.

1.6 VIABILIDAD

La ventaja para el desarrollo de la presente tesis es que se contó con el apoyo de una empresa consultora de pavimentos quién brindó todas las facilidades para el desarrollo de la auscultación en el tramo Morropón – Puente La Gallega, base de datos y la información necesaria. Asimismo, se cuenta con el equipo de trabajo de gabinete, y los recursos necesarios para realizar el procesamiento de información, comparaciones y los análisis necesarios.

Se cuenta con tesis referenciadas a evaluaciones superficiales, determinación de PCI, comparaciones de indicadores de pavimento, además existe manuales elaborados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, manuales de carreteras de Chile, Colombia y EEUU.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Nacionales

Leguía & Pacheco, (2016) presentaron la tesis Evaluación Superficial del Pavimento Flexible por el Método Pavement Condition Index (PCI) en las Vías Arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho – Huaura – Lima). (Tesis de Pregrado) Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú.

La tesis consiste en evaluar la superficie del pavimento en sectores arteriales de la carretera Huacho – Lima, con el objetivo principal de conocer la condición del pavimento flexible existente, esto mediante la metodología PCI. Esta evaluación se hizo de manera manual, visual e in situ en la cual se identificó 14 tipos de fallas en el sector, y aplicando la metodología se determinó que Av. Cincuentenario tenía un PCI de 51.84 y lo califican como Regular, mientras que la Av. Colón y Miguel Grau tenía un PCI de 59.29 y lo califican como Bueno. Los investigadores concluyen que con la metodología PCI se puede clasificar el estado del pavimento y a su vez definir el tratamiento que se debe realizar en dicho pavimento. Se recomienda hacer evaluaciones superficiales cada 6 o 12 meses y en época de verano para que no haya problemas con las lluvias, esto con la finalidad de identificar nuevas fallas en el pavimento ya sea superficiales o funcionales, y con esto definir las intervenciones que se tienen que realizar en el pavimento de dicho sector.

Medina & De la Cruz, (2015) presentaron la tesina Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el

método PCI. (Tesina de Pregrado) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima Perú.

La tesina consiste en determinar el índice de condición del pavimento del Jr. José Gálvez con lo cual se determinará si dicha vía está en adecuadas condiciones para los usuarios, también tiene como objetivo específico el determinar el costo de rehabilitación del pavimento. Los investigadores llegaron a la conclusión que el pavimento del sector está en condición Regular y por lo tanto es apto para el uso de los usuarios, asimismo observaron que las calificaciones que más predominaron fueron la de malo, regular y bueno con un porcentaje de 39%, 26% y 22% respectivamente, las demás calificaciones obtuvieron un porcentaje igual o menor al 5%, sin encontrar unidades de muestra en estado Excelente. El costo de rehabilitación del pavimento del Jr. José Gálvez es de S/. 135,534.27. Se recomienda aplicar intervenciones para la rehabilitación del sector, ya que esto podría generar daños a los vehículos que circular por la misma y también el no hacer una intervención ahora, generará un costo mayor en el futuro ya que el pavimento va a seguir deteriorándose.

Condori & Callohuanca, (2015) presentaron la tesis Evaluación y Comparación de la condición superficial del pavimento a través de la aplicación de las metodologías PCI y VIZIR en el pavimento flexible de la Avenida Huancané (Km 0+000 – 3+000) de la Ciudad de Juliaca 2013 (Tesis de Pregrado) Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, Perú.

La tesis consiste en hacer una comparación de los resultados a través de distintos métodos de calificación del pavimento, el objetivo principal de la tesis fue determinar las diferencias que existían al evaluar un tramo de pavimento en una avenida en Juliaca, a través de las metodologías PCI y VIZIR, Como resultado del mismo se determinó que el pavimento de dicho sector estaba clasificado como Malo según la metodología PCI y como Marginal según la metodología VIZIR, si bien la apreciación de ambas metodologías son similares, la metodología VIZIR aplica un centro de atención especial en las fallas como el ahuellamiento, grietas longitudinales, piel de cocodrilo, en cambio en la metodología PCI absorbe todas las fallas dándole la magnitud requerida, sin excluir ninguno. Se recomendó realizar evaluaciones de

pavimentos anualmente indiferentemente de las metodologías para conocer el estado de la vía del distrito de Juliaca y a su vez proponer rehabilitaciones y mantenimientos correctivos periódicos, sobre todo en los tramos que presentes más deterioros.

Robles, (2015) presentó la tesina Cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI) Barranco – Surco - Lima. (Tesina de Pregrado) Universidad Ricardo Palma, Lima Perú.

La tesis consiste en calcular el PCI la cual permitirá calificar al pavimento, mediante inspección visual identificando los daños y cuantificarlos para ser evaluados. El objetivo principal fue determinar el Índice de Condición de Pavimento de la Av. Pedro de Osma de la cuadra N°01 a la cuadra N° 08 y Av. Prolongación de la Castellana de la cuadra N° 10 a la cuadra N° 11 a partir de la determinación y evaluación de las patologías del pavimento basado en la Norma ASTM D6433-07; como resultado de este se obtuvo que en la Av. Pedro de Osma no pudo aplicarse el método por ser una avenida de pavimento mixto, a pesar de no haber aplicado el PCI, se pudo inferir una sección de la avenida se encuentra totalmente deteriorada y era necesaria una reconstrucción total de la sección. Mientras que en la Av. Prolongación se concluyó que las secciones se califican como un pavimento en mal estado según la calificación del PCI, la falla que mayor incidencia presento en esta sección es la denominada piel de cocodrilo causada por fatiga. Se recomendó realizar mantenimientos periódicos y/o rehabilitación con el fin de prologar la vida del pavimento; efectuando una monitorización continúa del PCI para establecer la tasa de deterioro del pavimento.

Rodríguez, (2009) presentó la tesis Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla – Piura. (Tesis de Pregrado) Universidad de Piura, Piura - Perú.

La tesis consiste aplicar el método PCI para determinar el Índice de Condición de Pavimento en la Av. Luis Montero, a través de inspecciones visuales, identificando la clase de severidad y cantidad de fallas encontradas. 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

gracias a las obras de reparación realizadas el año 2008 que han aminorado la formación de fallas estructurales, dañinas para el pavimento. La mayoría de las fallas fueron de tipo funcional, que no afectan el tránsito normal de vehículos, ya que no es necesario disminuir la velocidad libre y no son percibidas por el conductor, pues no causan daños estructurales. Se recomiendan técnicas de reparación, de acuerdo a las fallas detectadas, para restituir la carretera a su estado original.

2.1.2 Internacionales

Miranda, (2010) presentó la tesis Deterioros en Pavimentos Flexibles y Rígidos (Tesis de Pregrado) Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

La tesis tuvo como objetivo identificar las fallas que sufren los pavimentos flexibles y rígidos, y otorgar soluciones para la conservación y rehabilitación de los mismos, al mínimo costo y con el más eficiente resultado posible, así mismo desarrollaron una guía que permita conocer los tipos de deterioros y sus soluciones. Es necesario determinar primero la causa que produjo el daño en el pavimento, para poder realizar una reparación correcta, pudiendo así evitar una recurrencia.

Rolando, (2009) presentó la tesis Evaluación superficial de Algunas Calles de la Ciudad de Loja (Tesis de Pregrado) Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador.

La tesis tuvo como objetivo primordial establecer la condición del pavimento a través de inspecciones visuales en las superficies con asfaltos de la Av. Manuel Carrión y la calle Marcelino Champagnate el PCI es de 51, de esta manera se deduce que se encuentra en un estado regular indicando una rehabilitación inmediata por lo menos en bacheo de las zonas más críticas.

Mientras que en la estación Norte del Sistema Integrado de Transporte, el PCI presente es de 91, por lo tanto el estado de la superficie es excelente, pese a esto, ya presenta una degradación temprana de la superficie; se recomienda realizar evaluaciones cada 6 a 12 meses con el fin de conseguir una curva de comportamiento de estos pavimentos.

Díaz, (2014) presentó la tesis Evaluación de la Metodología PCI como Herramienta para la Toma de Decisiones en las Intervenciones a Realizar en los Pavimentos Flexibles (Tesis de Postgrado) Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá - Colombia.

La tesis consiste aplicar el método PCI para determinar el Índice de Condición de Pavimento, con el objetivo de realizar una matriz donde se proponga las actividades de rehabilitación y mantenimiento. Asimismo se tiene como objetivo la comparación de la metodología VIZIR y PCI.

Las metodologías guardan una gran similitud en los tipos de daños que evalúan en la auscultación visual excepto en los rangos de grado de severidad que manejan para definirlo, es por esto que la metodología PCI resulta ser más estricta que la Metodología francesa VIZIR y su tipo de intervención final en algunos casos podrá ser más costosa.

La metodología PCI en su forma de determinar el estado del pavimento da la opción de no incluir todas las secciones a evaluar mediante la aplicación de estadística, que para evaluaciones de menor importancia facilitan en gran medida la obtención del índice del estado del pavimento con desfase de ± 5 que ahorran recursos y tiempo.

En la matriz de rehabilitación para la metodología VIZIR se establecen los tipos de reparaciones aconsejables para el deterioro causado sin embargo para efectos de una intervención integral en la matriz B se puede establecer una estrategia en donde se desarrollen más de una intervención dependiendo del tipo de tráfico y vida útil de diseño de la rehabilitación.

Cazorla, (2010) presentó la tesis Metodología para la Evaluación del Pavimento Flexible y Propuesta, (Tesis de Postgrado) Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría (CUJAE), La Habana - Cuba.

La tesis tuvo como objetivo realizar una metodología de evaluación de deterioros a partir de la inspección visual de las carreteras de Cuba.

Mediante la Inspección Visual se apreció que los deterioros existentes en el Tramo de la Vía son de carácter funcional, por lo que la solución a realizar solo será en la superficie del Pavimento y no en toda su estructura. Para un 51% de superficie total deteriorada, la calificación del Pavimento se cataloga de Malo, debido fundamentalmente a las deformaciones (desniveles), y la

severidad que presentan (Mediana y Alta). Se comprueba la factibilidad del uso del método de inspección visual, mediante el cual se pudo cuantificar y evaluar el pavimento, así como decidir las intervenciones necesarias y sus costos, lo que permite planificar un mejor balance de los recursos.

González, (2016) presentó el trabajo de investigación Evaluación Georeferenciada de la Superficie del Pavimento de la Vía Loja – Zamora, tramo 0+000 – 29+000, (Tesis de Pregrado) Universidad Técnica Particular de Loja, Loja - Ecuador.

El objetivo del trabajo de investigación fue realizar una evaluación de la superficie de pavimento rígido de la vía de Loja – Zamora, tramo 1 0+000 – 29+000 y georreferenciar las fallas presentes en la superficie del pavimento, mediante la obtención del Índice de Condición de Pavimento (PCI). Se evaluó 22 muestras para el tramo de 4 carriles y con 34 muestras para el tramo de 2 carriles. El PCI de la vía de Loja – Zamora, tramo 0+000 – 29+000 es de 90.66 calificado en estado excelente. Sin embargo, según Reyes (2015) en el Tramo 2 (KM 29+000 – KM 57+000) el PCI del tramo evaluado es de 77.47 calificándose en estado Muy Bueno; esta variación se debe principalmente a las condiciones climáticas, las cuales han sido más severas en el Tramo 2.

El tramo de vía evaluado presenta tres estados de deterioro: en un estado Excelente 85.71%, Muy Bueno 10.71% y en un estado Bueno el 3.57% del tramo evaluado.

Se recomienda que los inspectores sean personas capacitadas en el conocimiento del Manual de daños y a su vez se recomienda que en un periodo de 6 a 12 meses se realice una nueva evaluación, para obtener la curva de comportamiento del pavimento.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Pavimento

El Pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: base, sub - base y capa de rodadura. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 23)

- Capa de Rodadura: Es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito.
- Base: Es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante ($\text{CBR} \geq 80\%$) o será tratada con asfalto, cal o cemento.
- Sub-base: Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además, se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular ($\text{CBR} \geq 40\%$) o tratada con asfalto, cal o cemento.

2.2.2 Tipos de Pavimento

Pavimento Flexible

El pavimento flexible es una estructura compuesta por capas granulares (sub - base, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 24)



Figura 1. Partes del Pavimento Flexible (Fuente: Emaze, s.f.)

Pavimento Rígido

El pavimento rígido es una estructura de pavimento compuesta específicamente por una capa de sub - base granular, no obstante, esta capa puede ser de base granular, o puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y aditivos. Dentro de los pavimentos rígidos existen tres categorías:

- Pavimento de concreto simple con juntas
- Pavimento de concreto con juntas y refuerzo de acero en forma de fibras o mallas
- Pavimento de concreto con refuerzo continuo.

Los pavimentos de concreto con juntas son los que mejor se aplican a la realidad nacional debido a su buen desempeño y a los periodos de diseño que usualmente se emplean. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 24)

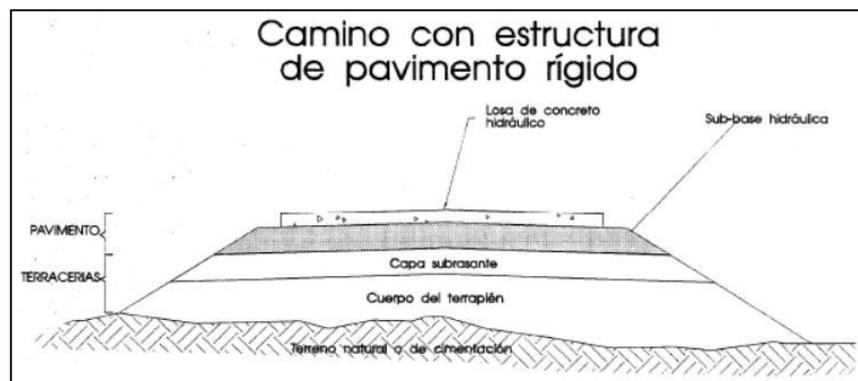


Figura 2. Partes del Pavimento Rígido (Fuente: Emaze, s.f.)

Pavimento Compuesto

Es una estructura de pavimento compuesta básicamente por capas asfálticas con un espesor total bituminoso (carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con asfalto); también se considera como pavimento semirrígido la estructura compuesta por carpeta asfáltica sobre base tratada con cemento o sobre base tratada con cal. Dentro del tipo de pavimento semirrígido se ha incluido los pavimentos adoquinados. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 24)

2.2.3 Daños en el Pavimento

El deterioro superficial se origina en general por un defecto de construcción, por un defecto en la calidad de un producto o por una condición local particular que el tráfico acentúa. Además, pueden resultar de la evolución de deterioros o fallas estructurales. (Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial, 2014, pág. 86)

Tenemos diferentes tipos de fallas superficiales:

Piel de cocodrilo

La piel de cocodrilo está constituida por fisuras que forman polígonos irregulares de ángulos agudos. Puede ser en su principio, poco grave, mostrando polígonos incompletos dibujados en la superficie por fisuras cerradas (es decir, de ancho nulo). El tamaño de la malla disminuye luego bajo el efecto de las condiciones climáticas y el tráfico. Las fisuras se abren y se observan pérdidas de material en sus bordes. Estos deterioros son causados por la fatiga de las capas de asfalto la cuales están sometidos a cargas mayores a los de su diseño. Esta falla inicia en la parte inferior de la carpeta asfáltica y desplaza hasta la superficie del pavimento.



Figura 3. Piel de cocodrilo (Fuente: Elaboración Propia)

Niveles de severidad:

- Baja (L): aberturas menores a 1 mm
- Media (M): aberturas entre 1 mm y 3 mm
- Alta (H): aberturas mayores a 3 mm

Unidad de medición: La piel de cocodrilo se dimensiona en metros cuadrados.

Exudación

Afloramiento de material bituminoso de la mezcla a la superficie del pavimento, formando una película de ligante. La superficie adquiere en consecuencia un aspecto brillante, tornándose reflectante, resbaladiza y pegajosa en tiempo caluroso. El proceso de exudación es irreversible: el afloramiento de asfalto en la estación cálida no se absorbe durante el clima frío. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 1990, pág. 89).

Las causas de la exudación son: exceso de asfalto en la mezcla, deficiente contenido de vacíos, excesiva dotación de asfalto en el riego de liga, alta compactación del tratamiento, entre otras causas.



Figura 4. Exudación asfáltica (Fuente: Elaboración Propia)

Niveles de Severidad:

- Baja (L): Visible coloración en la superficie por efecto de pequeñas sudoraciones de asfalto.
- Media (M): Característica aparición de asfalto libre en la superficie de rodadura.
- Alta (H): Excesiva aparición de asfalto libre en la superficie, lo que le da un aspecto húmido y de color negro.

Unidad de Medición: La exudación se mide en metros cuadrados y de acuerdo con su severidad.

Fisuras en bloque

Este tipo de fisuras forman polígono de forma aproximadamente rectangular, donde los lados miden en promedio 0.30m. Esta falla es muy similar a la piel de cocodrilo, aunque en esta última aparece por consecuencia de la sobrecarga que recibe. Es muy usual que las fisuras en bloque se transformen en piel de cocodrilo por la misma acción del tránsito.

Las fisuras en bloque son causadas por la contracción de la base asfáltica debido a los cambios de temperatura durante el día, esto se convierte en fases de esfuerzo – deformación. Cuando esta fisura aparece, significa que el asfalto ha endurecido debido al envejecimiento del mismo.



Figura 5. Fisuras en Bloque (Fuente: Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles, Colombia)

Niveles de Severidad:

- Baja (L): Bloques de fisuras no definidas, con aberturas menores a 1mm.

- Media (M): Bloques definidos por las fisuras, con aberturas entre 1mm y 3mm.
- Alta (H): Bloques bien definidos por las fisuras, con aberturas mayores a 3mm.

Unidad de medición: Las fisuras en bloque se miden en metros cuadrados.

Hundimiento

El hundimiento es ocasionado por depresiones, lo que ocasiona que el pavimento se hunde con respecto al nivel de la rasante. Este tipo de fallas es muy peligroso ya que son difíciles de detectar por los usuarios cuando están conduciendo, excepto cuando llueve porque se nota la acumulación de agua, y podría producir hidropilano. Sin embargo, al hacer el relevamiento de fallas en campo es fácilmente identificarlo.

Las causas que ocasionan esta falla son: deficiencia de compactación de las capas del pavimento, deficiencia de drenaje que afecta los materiales granulares del pavimento, diferencia de rigidez entre los materiales granulares, inestabilidad de los suelos, tránsito muy pesado, entre otros.



Figura 6. Deformación por hundimiento (Fuente: Elaboración Propia)

Niveles de Severidad:

- Baja (L): Profundidad menos a 20mm.
- Media (M): Profundidad entre 20mm y 40mm.
- Alta (H): Profundidad mayor a 40mm.

Unidad de Medición: El hundimiento se mide en metros cuadrados.

Corrugación

Movimiento plástico caracterizado por la ondulación de la superficie del pavimento, formando crestas y valles que se suceden próximas unas de otras perpendicularmente a la dirección del tráfico. La separación entre crestas es menor de 3m, encontrándose por lo general en un rango de 0.60 a 0.90m. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 1990).

Son causas por la baja estabilidad de las capas superficiales, las cuales son ocasionadas por altas temperaturas, defectos constructivos, contaminación de mezclas, mal diseño del pavimento, exceso de humedad en la subrasante, entre otros.



Figura 7. Deformación por corrugación (Fuente: Recuperado de <http://hechosdetransito.com/danos-en-las-vias/>)

Niveles de Severidad:

- Baja (L): Profundidad máxima menos a 10mm y causa poca vibración a los vehículos.
- Media (M): Profundidad máxima entre 10mm y 20mm y causa una vibración incómoda al conductor.
- Alta (H): Profundidad máxima mayor a 20mm y causa un alto grado de vibración.

Unidad de Medición: la corrugación se mide en metros cuadrados.

Depresión

Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples

ocasiones, las depresiones suaves solo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un charco. En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidroplaneo. (Leguía & Pacheco, 2016).



Figura 8. Depresión del pavimento (Fuente: Rodriguez, 2009)

Nivel de Severidad:

- Baja (L): Menor a 15mm

Unidad de medición: La depresión se mide en metros cuadrados.

Fisura de borde

Estas fisuras están localizadas cerca al borde de la calzada en paralelo a la vía, se presentan por la carencia de bermas, también por diferencia de nivel entre la calzada y la berma. La principal causa es cuando el flujo de tránsito circula muy cerca al borde de la carretera.



Figura 9. Fisura de borde (Fuente: Recuperado de <http://hechosdetransito.com/danos-en-las-vias/>)

Nivel de Severidad:

- Baja (L): Abertura menor a 1mm, puede estar sellada con un tratamiento en buen estado.
- Media (M): Abertura entre 1mm y 3mm.
- Alta (H): Abertura mayor 3mm, puede presentar desportillamientos con patrones altos.

Unidad de medida: para el levantamiento de fallas se mide en metros lineales, pero para el procesamiento de PCI se le asigna la abertura de acuerdo con su severidad.

Fisura de reflexión

Este tipo de daños aparecen cuando existe una capa de concreto o mortero asfáltico sobre placas de concreto rígido, estas fisuras son la proyección en la superficie de las juntas de dichas placas de concreto rígido, también se pueden presentar por la proyección de grietas que existen en las placas de concreto rígido y las cuales se presentan en la superficie de manera irregular.

Estas fisuras son generadas por el movimiento que hay entre los bloques de concreto rígido, esto debido a los cambios de temperatura y humedad.



Figura 10. Fisura de reflexión (Fuente: Instituto Nacional de Vías, 2006)

Nivel de severidad:

- Baja (L): Abertura menor a 1mm, puede estar sellada con un tratamiento en buen estado.

- Media (M): Abertura entre 1mm y 3mm.
- Alta (H): Abertura mayor 3mm, puede presentar desportillamientos con patrones altos.

Unidad de medida: para el levantamiento de fallas se mide en metros lineales, pero para el procesamiento de PCI se le asigna la abertura de acuerdo con su severidad.

Desnivel carril – berma

Es la separación de la junta existente entre la calzada y la berma, esto ocasiona que se infiltre agua en el interior del pavimento. Son causadas generalmente por el asentamiento de los taludes aledaños a la calzada.



Figura 11. Separación de la berma (Fuente: Instituto Nacional de Vías, 2006)

Nivel de Severidad:

- *Baja (L): Abertura menor a 3mm,*
- *Media (M): Abertura entre 3mm y 10mm.*
- *Alta (H): Abertura mayor 10mm.*

Unidad de medición: éstas fisuras se miden en metros lineales.

Fisuras longitudinales y transversales

Este tipo de fisuras aparecen en la carpeta asfáltica y son paralelas a la calzada o transversales a ella. Son indicios del exceso de esfuerzos de tensión en una de las capas, las cuales superan la resistencia del material de dicha

capa. Si las fisuras se presentan en zonas de recepción de carga, estas están relacionadas con la fatiga de la estructura.

Las causas más comunes por las que se producen este tipo de fisuras son: pérdida de flexibilidad debido al envejecimiento del asfalto, reflexión de las grietas que existen en las capas interiores, fatiga de la estructura generada por la carga del tránsito, espesores insuficientes de la capa de rodadura, entre otros.



Figura 12. Fisura longitudinal (Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)



Figura 13. Fisura transversal (Fuente: Instituto Nacional de Vías, 2006)

Nivel de severidad

- Baja (L): Abertura menor a 1mm, puede estar sellada con un tratamiento en buen estado.
- Media (M): Abertura entre 1mm y 3mm.

- Alta (H): Abertura mayor 3mm, puede presentar desportillamientos con patrones altos.

Unidad de medida: para el levantamiento de fallas se mide en metros lineales, pero para el procesamiento de PCI se le asigna la abertura de acuerdo con su severidad.

Parches

Los parches son áreas del pavimento corregidas con un material similar o igual al existente, los parches se hacen para reparar zonas donde la carpeta asfáltica tuvo un deterioro significativo, o para la reparación de alguna red de servicios.

Identificar los parches es importante ya que indica un deterioro anterior; aunque para el registro de daños en el formato se reportan como parches, se debe tener en cuenta que, si la intervención solo fue del espesor parcial de la capa, se conoce como parcheo; en cambio si la intervención se hizo reemplazando totalmente la capa se conoce como bacheo.

Las causas de los parches son principalmente los deterioros por procesos constructivos, deficiencia en las juntas, entre otros.



Figura 14. Parche (Fuente: Instituto Nacional de Vías, 2006)

Nivel de severidad

- Baja (L): El parche está en buena condición.
- Media (M): El parche presenta leves deficiencias en los bordes generalmente.
- Alta (H): El parche está totalmente deteriorado.

Unidad de medición: Los parches se miden en metros cuadrados.

Agregado pulido

Este deterioro es el pulimiento de los agregados del pavimento, se detecta cuando se ve que los agregados tienen la superficie plana; el agregado pulido puede afectar a la resistencia al deslizamiento.

La causa de este deterioro se debe al frenado de los vehículos y la baja resistencia de los agregados al pulimento.



Figura 15. Agregado Pulido (Fuente: Instituto Nacional de Vías, 2006)

Nivel de Severidad: No tiene definido alguna severidad, para levantar un agregado pulido el daño tiene que ser muy significativo.

Unidad de medición: el agregado pulido se mide en metros cuadrados.

Baches

Los baches es la destrucción total de la carpeta asfáltica, al nivel de exponer los materiales granulares del mismo. Naturalmente lo baches aparecen como pequeños huecos, los cuales, debido al no mantenimiento de estos, aumentan la profundidad y el diámetro debido a la acción del tránsito.

Este daño es la evolución de otros deterioros en el pavimento, generalmente por la piel de cocodrilo y los desprendimientos.



Figura 16. Baches en el Pavimento (Fuente: Elaboración Propia)

Nivel de Severidad:

- Baja (L): Profundidad menor a 25mm o diámetro menor a 0.2m.
- Media (M): Profundidad entre 25mm y 50mm o diámetro entre 0.2m y 0.5m.
- Alta (H): Profundidad mayor a 50mm o diámetro mayor a 0.5m.

Unidad de Medición: los baches se miden en metros cuadrados.

Ahuellamiento

El ahuellamiento aparece como una depresión continua a lo largo de la franja de recorrido de los neumáticos. Esto se da por la excesiva carga y las condiciones climatológicas al que está sometido el pavimento en servicio.

Las cargas de tráfico provocan hundimientos y debilitamiento, por debajo en la estructura del pavimento. Si la capa de pavimento es suficientemente flexible, se deformará por tener espesores delgados. Los hundimientos por ahuellamiento tienden a ser de anchos que van desde los 750 mm hasta los 1000 mm, con poca profundidad y formas curvadas cruzando la sección del pavimento sin fisurarse. Si se hiciera una zanja o corte, la deformación de pavimento indicaría, que el espesor del pavimento permanece constante y cualquiera de las capas granulares (base o sub-base) tiene deformaciones. Si la estructura del pavimento es lo suficientemente rígida a la deformación, ocurrirán fisuras por fatiga de un lado a otro en el ancho entero de la trayectoria de la llanta. (Huamán, 2011).



Figura 17. Ahuellamiento (Fuente: Ministerio de Transporte Instituto Nacional de Vías, 2006)

Nivel de Severidad:

- Baja (L): Profundidad menor a 10mm
- Media (M): Profundidad entre 10mm y 25mm
- Alta (H): Profundidad mayor que 25 mm

Unidad de Medición: el ahuellamiento se mide en metros cuadrados.

Desplazamiento

Es el movimiento plástico caracterizado por el desplazamiento o deslizamiento de la mezcla asfáltica y muchas veces acompañado por el levantamiento del material, ésta forma figuras de cordones principalmente laterales y pueden ser identificadas a través de la señalización horizontal observándose una serpenteante demarcación de carriles.

Las posibles causas son ocasionadas por la acción de las cargas del tránsito, entendiéndose lo que las razones pueden ser que la capa asfáltica es superficial y deforme, deficiencias durante la elaboración de la mezcla (exceso de asfalto), deficiente adherencia entre la capa superior e inferior y altas temperaturas de servicio.



Figura 18. Desplazamiento del Asfalto (Fuente: Ministerio de Transporte Instituto Nacional de Vías, 2006)

Nivel de Severidad:

- Baja (L): Causa una leve vibración al vehículo.
- Media (M): Causa una vibración regular al vehículo.
- Alta (H): Causa una vibración dañina hacia el vehículo.

Unidad de Medición: los desplazamientos se miden en metros cuadrados.

Fisura parabólica

Corresponden a fisuras en forma de semicírculos o medialuna, con curvaturas definidas de acuerdo con la fuerza de tracción que produce la llanta sobre el pavimento (al acelerar o frenar). Este tipo de fisuras se genera por acción del arranque o frenada de los vehículos lo que conlleva a que la superficie del pavimento se deslice y se deforme. Usualmente aparecen en zonas montañosas, en curvas o en intersecciones.



Figura 19. Fisura Parabólica (Fuente: Ministerio de Transporte Instituto Nacional de Vías, 2006)

Nivel de Severidad:

- Baja (L): Abertura menor a 1mm, puede estar sellada con un tratamiento en buen estado.
- Media (M): Abertura entre 1mm y 3mm.
- Alta (H): Abertura mayor 3mm, puede presentar desportillamientos con patrones altos.

Unidad de medida: para el levantamiento de fallas se mide en metros lineales, pero para el procesamiento de PCI se le asigna la abertura de acuerdo con su severidad.

Hinchamiento

Son abultamientos verticales en la superficie del pavimento, puede ser en forma de onda abrupta y pronunciada sobre una pequeña área o por el contrario en forma de una onda gradual, de más de 3 m de longitud que distorsiona el perfil de la vía; en ambos casos puede ser acompañado de agrietamientos.

El origen es principalmente las condiciones climáticas del país (presencia de fenómenos de congelamiento) los daños se producen exclusivamente a proceso de expansión y como consecuencia del deficiente tratamiento de suelos arcillosos, potencialmente expansivos, durante la construcción y compactación de terraplenes y fundaciones; contaminación de los materiales que conforman las capas del pavimento.



Figura 20. Hinchamiento por congelamiento (Fuente: Recuperado de <http://fletch3hr.blogspot.pe/2013/04/deterioro-de-pavimentos.html>)

Nivel de Severidad:

- Baja (L): Causa una leve vibración al vehículo.
- Media (M): Causa una vibración regular al vehículo.
- Alta (H): Causa una vibración dañina hacia el vehículo.

Unidad de medición: el hinchamiento se mide en metros cuadrados.

Desprendimiento

Es la pérdida total o parcial de la capa de rodadura debido a defectos de adherencia, dosificación, endurecimiento del asfalto, la cual puede ser debido a la pérdida de sus propiedades ligantes, asimismo son producidos por

material defectuoso, defectos de construcción o por el tránsito que pasa por la vía.



Figura 21. Desprendimiento superficial (Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

Nivel de Severidad:

- Alta (H): el desprendimiento tiene un nivel de severidad alta, ya que se pierde en su totalidad toda la capa asfáltica.

Unidad de medida: el desprendimiento se mide en metros cuadrados.

2.2.4 Evaluación Superficial de Pavimentos Flexibles

La evaluación superficial de los pavimentos es una inspección en la cual se busca evidenciar los deterioros que existen en este, para saber el estado del pavimento; hay diferentes tipos de evaluaciones superficiales tales como: Evaluación de daños in situ, evaluaciones de daños en gabinete a través fotos o videos tomados en el pavimento que se desea evaluar, y la metodología del Laser Crack Measurement System, la cual identifica los deterioros de forma automática a través de su software.

Evaluación Superficial in Situ

Este tipo de evaluación la realiza un especialista vial, quien personalmente acude al sector a evaluar, de manera manual y visual empieza a anotar en un formato dependiendo el tipo de falla que va identificando, tales como: fisuras, baches, parches, grietas cocodrilo, etc. Los recursos utilizados para esta evaluación generalmente son: 1 especialista vial, 1 vehículo, 1 conductor, 2 ayudantes, odómetro, cinta métrica, regla, etc. Esta acción tiene un rendimiento de evaluación bajo, ya que se evalúa aproximadamente 10 kilómetros al día en promedio. Una vez recogida toda la información a lo largo

del sector a evaluar, estos formatos se transcriben en una planilla de Excel, en la cual empieza a apreciarse los daños en un dibujo simple.



Figura 22. Inspección de Huecos (Fuente: Elaboración Propia)

Evaluación Superficial Método Semiautomatizado

La inspección visual se realiza mediante un sistema semiautomatizado de adquisición de imágenes de la calzada, denominado “Pave Inspect Uni Survey”, que incorpora tecnología de punta para el registro de imágenes del estado de la superficie de los pavimentos. El sistema está compuesto por una cámara de vídeo digital de alta resolución montada sobre un vehículo que permite tomar imágenes digitales del pavimento y una unidad CPU en la que se almacenan y procesan las imágenes.



Figura 23. Vehículo y Pave Inspect utilizado para captura de datos. (Fuente: Elaboración Propia)

Posteriormente en oficina, se analiza las imágenes en un software llamado Nomo3 en el cual una persona identifica los daños en las fotos tomadas por el equipo, y así determinando los porcentajes, tipo y severidad de los distintos

deterioros presentes en los pavimentos. El rendimiento promedio de la identificación de daños de este método es muy variable, ya que depende del estado del pavimento; si hay demasiadas grietas, se procesa entre 6 a 8 km al día y si la cantidad grietas es regular, se procesa en 10 a 12 km al día. Para finalizar se procesan los reportes de los daños.

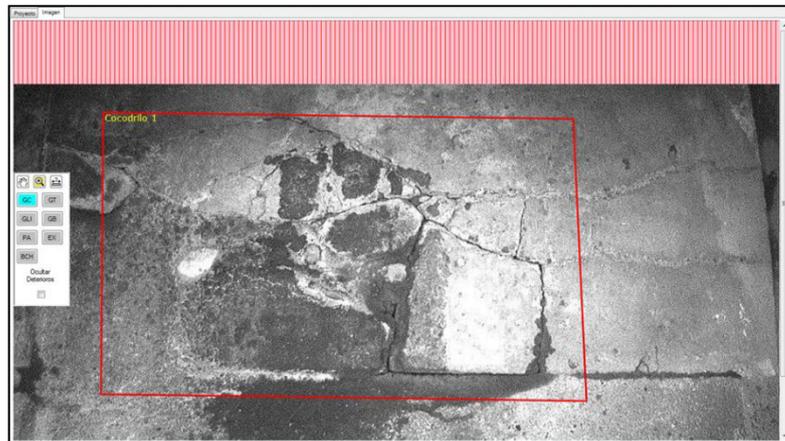


Figura 24. Identificación de daño en Nomo3 (Fuente: Elaboración Propia)

Método Laser Crack Measurement System

El levantamiento de daños mediante el método Laser Crack Measurement System se realiza mediante la auscultación del pavimento con dicho equipo.

El Laser Crack Measurement System tiene un sensor 3D que en un solo paso por la vía inspecciona el pavimento; dicha inspección inicia con la recolección de datos en la superficie de los pavimentos, en donde se hace una barrida 3D a lo largo de toda la vía, como se muestra en la siguiente figura; como recursos principales se utiliza, un vehículo, un conductor, un técnico especializado y el equipo LCMS incorporado al vehículo.

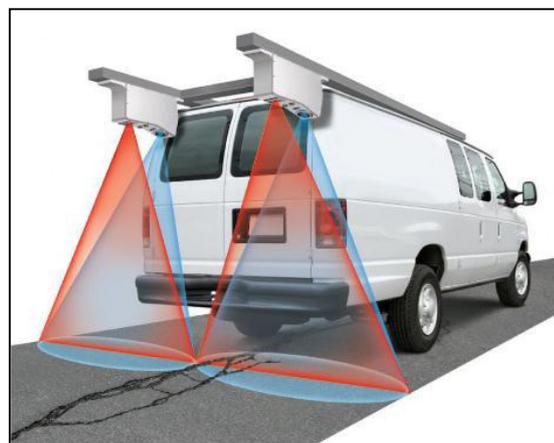


Figura 25. Sistema de Medición del LCMS (Fuente: Recuperado de Pavemetrics, s.f.)

Luego los datos recopilados son procesados en el LCMS Road Inspect, este software tiene funciones para detectar y analizar agrietamiento, textura, baches, desprendimiento y rugosidad, dicho trabajo se realiza en oficina para observar los porcentajes, tipo y severidad de los distintos deterioros presentes en los pavimentos.

Para este proceso es necesario un ingeniero capacitado en el uso del software de Laser Crack Measurement System.

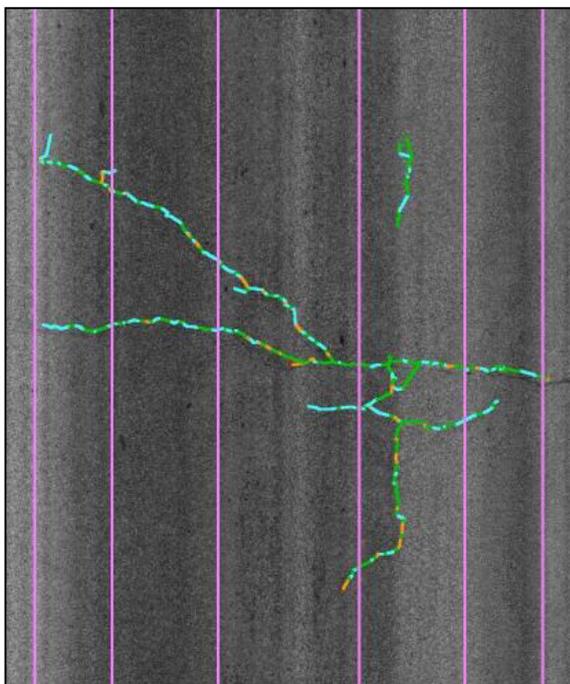


Figura 26. Identificación de grietas en el LCMS (Fuente: Elaboración Propia).

2.2.5 Pavement Condition Index – PCI en Pavimentos Flexibles

Introducción

Fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 a cargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los E.E.U.U. por M.Y. Shahin y S.D. Khon y publicado en 1978; con el objetivo de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles.

Este método constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado como procedimiento estandarizado, por agencias como por ejemplo: el departamento de defensa de los Estados Unidos, el APWA (American Public Work Association) y ha sido publicado por la ASTM

como método de análisis y aplicación, conocida como procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03). (Gutiérrez, 1994)

Pavement Condition Index (PCI)

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad de este. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un prototipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad que tiene sobre la condición del pavimento.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En la tabla 1 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla 1.
Escala de Calificación PCI

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

Fuente: (Vásquez, 2002)

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad que cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la Superficie. (Vásquez, 2002, pág. 2)

Para la determinación de los PCI en la presente tesis, se usó el software EvalPav utilizando las siguientes formulas:

$$PCI = 100 - CDV$$

Donde:

PCI: Pavement Condition Index

CDV: Valor Deducido Corregido

El Valor Deducido Corregido se Calcula a través del siguiente gráfico:

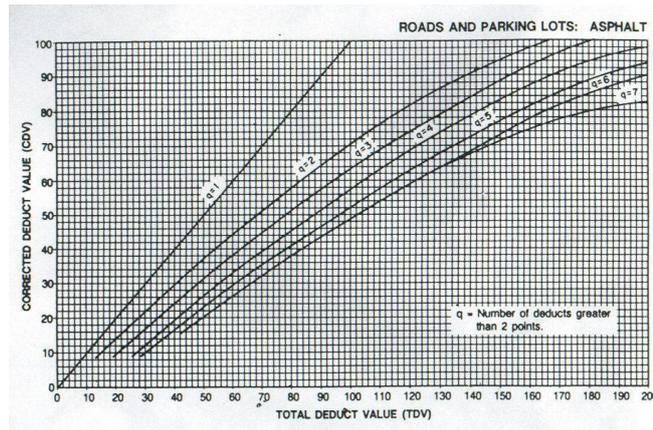


Figura 27. Tabla para obtener el Valor Deducido Corregido (Fuente: Vásquez, 2002)

Donde:

q: Número de valores deducidos en cada unidad de muestra

TDV: Valor Deducido Total

El valor deducido total es la suma de todos los valores deducidos en una unidad de muestra, estos valores deducidos son calculados a través de diferentes gráficos de curvas, de acuerdo con el tipo de falla y severidad. En la siguiente figura se muestra como ejemplo la curva para hallar el valor deducido de Piel de Cocodrilo:

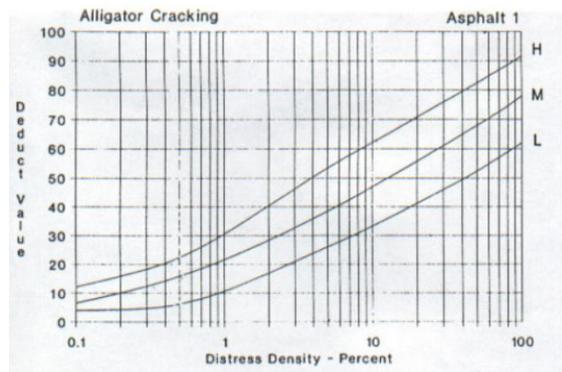


Figura 28. Curva de Piel de Cocodrilo, para hallar el Valor Deducido (Fuente: Vásquez, 2002)

Aquí se cruza la densidad versus la severidad de cada deterioro. La densidad se calcula dividiendo la cantidad en metros cuadrados del deterioro entre el área total de la unidad de muestra; mientras que la severidad se asume de acuerdo con el proceso de identificación de fallas, ya sea mediante el método semiautomatizado o el método LCMS. A continuación, se muestran las curvas de 4 deterioros más:

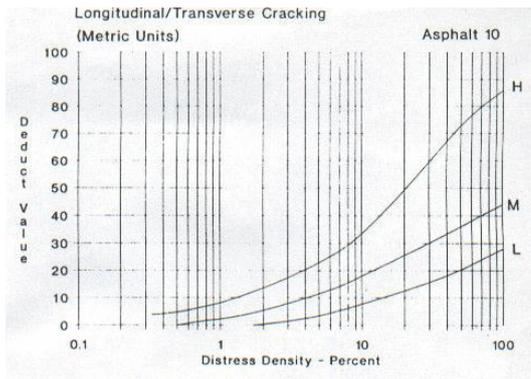


Figura 29. Curva de Grietas Transversales y Longitudinales, para hallar el Valor Deducido
(Fuente: Vásquez, 2002)

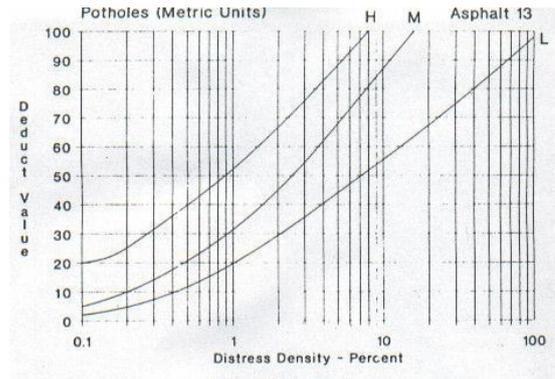


Figura 30. Curva de huecos, para hallar el Valor Deducido
(Fuente: Vásquez, 2002)

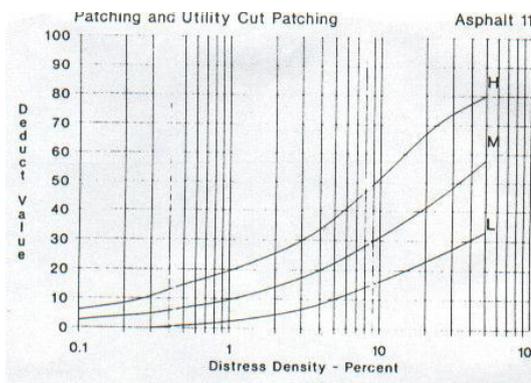


Figura 31. Curva de Parches, para hallar el Valor Deducido
(Fuente: Vásquez, 2002)

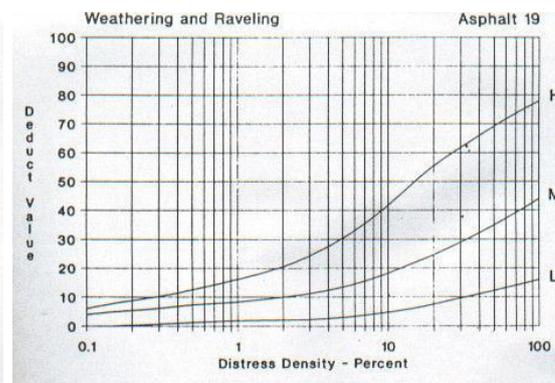


Figura 32. Curva de Desprendimiento, para hallar el Valor Deducido
(Fuente: Vásquez, 2002)

2.3 MARCO CONCEPTUAL

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008)

AFIRMADO: Capa compactada de material granular natural o procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables.

ASFALTO: Material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo. El asfalto se encuentra en proporciones variables en la mayoría del crudo de petróleo.

BACHEO: Actividad de mantenimiento rutinario que consiste en rellenar y compactar los baches o depresiones que pudieran presentarse en la superficie de rodadura.

BERMA: Franja longitudinal, paralela y adyacente a la superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencia.

CARRETERA: Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo con las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

CARRETERA PAVIMENTADA: Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por mezcla bituminosa (flexible) o de concreto Pórtland (rígida).

CARRIL: Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

FATIGA: Reducción gradual de la resistencia de un material debido a sollicitaciones repetidas.

FLUJO DE TRÁNSITO: Movimiento de vehículos que se desplazan por una sección dada de una vía, en un tiempo determinado.

LASER CRACK MEASUREMENT SYSTEM: Equipo de alto rendimiento capaz de hacer un levantamiento de todo el perfil del carril en 3D, puede hacer evaluaciones superficiales y funcionales.

MANTENIMIENTO VIAL: Conjunto de actividades técnicas destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de la infraestructura

vial, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario, puede ser de naturaleza rutinaria o periódica.

MEJORAMIENTO: Ejecución de las obras necesarias para elevar el estándar de la vía mediante actividades que implican la modificación sustancial de la geometría y de la estructura del pavimento; así como la construcción y/o adecuación de los puentes, túneles, obras de drenaje, muros, y señalizaciones necesarias.

NIVELES DE SERVICIO: Indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural, y de seguridad. Los indicadores son propios a cada vía y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles.

PAVIMENTO FLEXIBLE: Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos.

PAVEMENT CONDITION INDEX: Índice de condición del pavimento, es un indicador numérico que permite calificar el estado del pavimento.

PUESTA A PUNTO: Intervenciones viales de carácter extraordinario, que se ejecutan con la finalidad de adecuar la carretera a un determinado nivel de servicio.

RED VIAL: Conjunto de carreteras que pertenecen a la misma clasificación funcional (Nacional, Departamental o Regional y Vecinal o Rural).

RIEGO DE LIGA: Aplicación delgada y uniforme de material asfáltico sobre una superficie existente de asfalto o de concreto hidráulico, con la finalidad de asegurar la adherencia entre la capa de rodadura existente y la de cobertura.

SUPERFICIE DE RODADURA: Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma.

TROCHA CARROZABLE: Vía transitable que no alcanza las características geométricas de una carretera.

VIDA ÚTIL: Lapso previsto en la etapa de diseño de una obra vial, en el cual debe operar o prestar servicios en condiciones adecuadas bajo un programa de mantenimiento establecido.

CAPITULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 HIPÓTESIS

3.1.1 Hipótesis General

El LCMS **tiene un alto grado de eficiencia** respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).

3.1.2 Hipótesis Específicas

El LCMS **tiene un alto grado de similitud en la identificación de grietas longitudinales y transversales**, respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).

El LCMS **tiene un alto grado de similitud en la identificación de piel de cocodrilo**, respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).

El LCMS **optimiza tiempo y costos del proyecto**, respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).

3.2 VARIABLES

3.2.1 Variable Independiente

Tabla 2.
Esquematización de la Variable independiente

Variable	Indicadores	Instrumento
Daños en el Pavimento	Método Semiautomatizado	Pave Inspect
	Tecnología LCMS	Laser Crack Measurement System

(Fuente: Elaboración Propia)

3.2.2 Variable Dependiente

Tabla 3.
Esquematización de la Variable Dependiente

Variable	Indicadores	Instrumento
Pavement Condition Index (PCI)	Deterioros del Pavimento	Nomo 3 LCMS Road Inspect
	Estado del Pavimento	EvalPav

(Fuente: Elaboración Propia)

3.3 MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANÁLISIS COMPARATIVO DE DAÑOS EN EL PAVIMENTO CON TECNOLOGÍA LCMS Y MÉTODO SEMIAUTOMATIZADO PARA DETERMINAR PCI TRAMO MORROPÓN – PUENTE LA GALLEGA (PIURA)					
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE		
¿Qué grado de eficiencia tiene el LCMS , respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura)?	Determinar el grado de eficiencia del LCMS , respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).	El LCMS tiene un alto grado de eficiencia , respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).	PCI	Deterioros del Pavimento	<p>TIPO DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>Aplicada, ya que se propone plantear un método más dinámico para la determinación de PCI.</p> <p>Enfoque Cuantitativo, recolección de datos de campo a través del equipo LCMS, estos serán procesados con la finalidad de obtener los daños superficiales.</p> <p>Tipo Explicativo, ya que se va a exponer el análisis de resultados obtenidos de la comparación de métodos</p> <p>NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>Correlacional, puesto que se realiza una comparación de valores de PCI entre dos métodos de levantamiento de daños.</p> <p>Descriptivo, ya que se realiza la descripción del equipo LCMS, en todos sus componentes principales.</p>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLE INDEPENDIENTE		
¿Qué grado de similitud tiene el LCMS en la identificación de grietas longitudinales y transversales respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura)?	Determinar el grado de similitud tiene el LCMS en la identificación de grietas longitudinales y transversales respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).	El LCMS tiene un alto grado de similitud en la identificación de grietas longitudinales y transversales , respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).		Método Semiautomatizado	<p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>No experimental, ya que se recolectaron los datos en campo y no se modificó, solo se procesó.</p> <p>Investigación transversal, debido a que la medición en el tramo Morropón – Puente La Gallega solo se realizó una vez.</p> <p>Prospectiva, la toma de datos fueron realizados en el presente año.</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA</p> <p>Población y Muestra: Tramo Morropón – Puente La Gallega</p> <p>Instrumento, Laser Crack Measurement System</p>
¿Qué grado de similitud tiene el LCMS en la identificación de piel de cocodrilo , respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura)?	Determinar el grado de similitud tiene el LCMS en la identificación de piel de cocodrilo , respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).	El LCMS tiene un alto grado de similitud en la identificación de piel de cocodrilo , respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).		Daños en el Pavimento	
¿Qué recursos optimiza el LCMS respecto al método Semiautomatizado para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura)?	Determinar los recursos que optimiza el LCMS respecto al método Semiautomatizado para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).	El LCMS optimiza tiempo y costos del proyecto respecto al método Semiautomatizado para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).		Tecnología LCMS	

CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

4.1 DISEÑO METODOLÓGICO

Orientación:

Es de tipo **Aplicada**, ya que se propone plantear un método más dinámico para la determinación del PCI en pavimentos flexibles.

Se usará el equipo LCMS para obtener el PCI, seguidamente será comparado con el PCI obtenido del método semiautomatizado (método tradicional); logrando afirmar que el LCMS tiene un alto grado de eficiencia, un alto grado de similitud, un déficit para reconocer el desprendimiento y optimiza el tiempo de procesamiento para la obtención del PCI.

Enfoque:

Es de tipo **Cuantitativo**, ya que la recolección de datos de campo será mediante el equipo LCMS, estos serán procesados con la finalidad de obtener los daños superficiales.

Nivel de la Investigación:

El nivel es de tipo **Correlacional**, puesto que se realiza una comparación de valores de PCI entre dos métodos de levantamiento de daños.

El nivel es de tipo **Descriptivo**, ya que se realiza la descripción del equipo LCMS, en todos sus componentes principales.

Diseño de Investigación:

El diseño es **No experimental**, ya que la recolección de datos obtenidos en campo no tuvo ninguna modificación, solo se procesó.

La investigación es **Transversal**, debido a que la medición en el tramo Morropón – Puente la Gallega solo se realizó una vez.

El Diseño es **Prospectivo**, ya que la toma de datos fue realizada en el presente año.

4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Se tiene como población y muestra el Tramo Morropón – Puente la Gallega, ubicado en la Región de Piura, inicia el kilómetro 70+652 y culmina en el kilómetro 83+970, con una longitud de 13.318 km. Tal como se muestra en la siguiente figura:

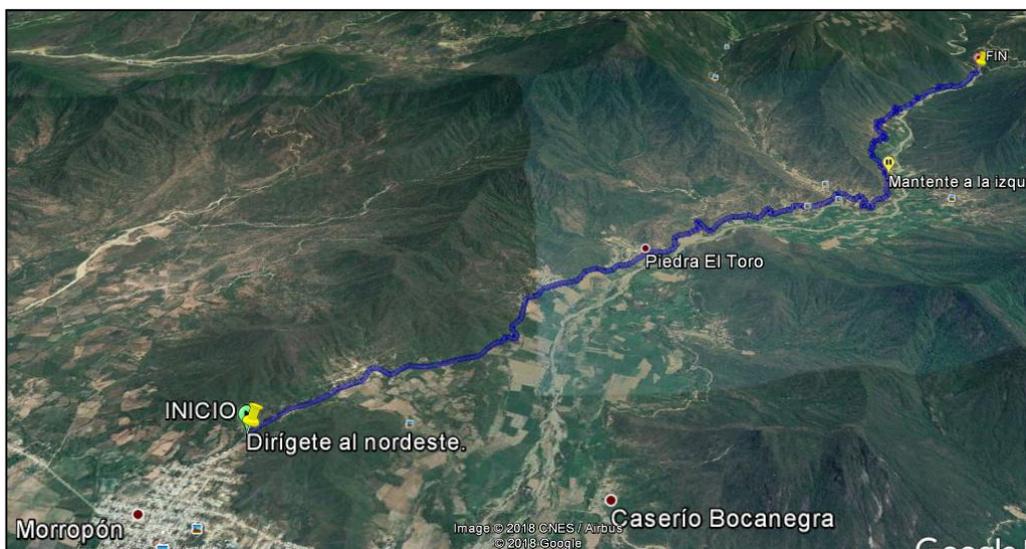


Figura 33. Vista Satelital del Tramo Morropón - Pte. La Gallega (Fuente: Elaboración Propia)

4.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

4.3.1 Laser Crack Measurement System

Es un equipo proveniente de CANADA elaborado por la empresa PAVEMETRICS, especializada en sistemas de visión 3D para la inspección automatizada de la infraestructura de transporte. El sistema de medición de grietas láser (LCMS) utiliza proyectores de líneas láser, cámaras de alta velocidad y óptica avanzada para adquirir perfiles 3D de alta resolución de la carretera. Esta tecnología de visión 3D única permite la evaluación automática de la condición del pavimento del asfalto, adquiriendo las imágenes 3D y 2D de la superficie de la carretera con una resolución de 1 mm sobre el ancho del carril de 4m y a una velocidad de medición entre 20 Km/hr - 70 Km/hr, característica que permite la normal operación de la carretera evaluada y

disminuye la probabilidad de accidente en la ruta. Los trabajos se pueden realizar tanto en el día como en la noche.

El equipo LCMS cuenta con un certificado de calibración de fábrica el cual está aprobado por Pavemetrics; independientemente se realiza la calibración relativa del equipo antes de iniciar las mediciones en campo, donde se verifica los acelerómetros, el láser y el odómetro del equipo, siguiendo las indicaciones del manual del usuario del LCMS.



Figura 34. Laser Crack Measurement System (Fuente: Elaboración Propia)

4.3.2 Pave Inspect

El Evaluador semiautomatizado de daños incorpora tecnología de punta en la realización de la auscultación de los deterioros superficiales de los pavimentos. El sistema está compuesto por una cámara digital de alta resolución montada sobre un vehículo que permite tomar imágenes digitales del pavimento y una unidad CPU en la que se almacenan y procesan las imágenes para la iluminación se emplea un láser que permite optimizar el proceso de captura de datos. Mide a una velocidad de 20 km/h a 70 km/h.



Figura 35. Pave Inspect Lineal (Fuente: Elaboración Propia)

4.4 TÉCNICAS ESTADÍSTICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

4.4.1 Nomo3

La aplicación del Software Nomo3 permite dibujar y registrar los deterioros en el pavimento, a través de las imágenes contenidas en un tramo, básicamente se trabaja en dos discos: Data (M) donde se almacenan los reportes de las fallas de los tramos, Disco de trabajo (Z) donde están contenidas las imágenes originales a procesar, para efectos del programa Nomo3, un disco depende del otro, es por ello por lo que se requiere identificar ambas carpetas.

4.4.2 EvalPav

El EvalPav se ha desarrollado en la Dirección de Estudios Especiales de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, dentro del marco establecido en el Reglamento de Organización y Funciones, se busca promover la investigación y desarrollo de tecnologías aplicables a los estudios, obras y administración de infraestructura vial.

La aplicación del Sistema de gestión de base de datos – EvalPav - para la evaluación de la condición superficial en el área de mantenimiento, mejoramiento y rehabilitación de pavimentos, permite optimizar la recopilación de datos de campo, procesamiento de la información en menor tiempo,

calidad y grado de confiabilidad para facilitar el análisis mediante la interpretación de resultados y la proposición de alternativas de solución en el tiempo.

Los siguientes manuales permiten conocer la operatividad del software EvalPav en sus tres versiones, Carreteras Pavimentadas (ASTM D 6433-03), Aeropuertos (ASTM D5340-04) y Carreteras No Pavimentadas (USACE TM 5-626). La operatividad de todas las versiones es similar para el mantenimiento, consulta e impresión de datos, lo que permite un aprendizaje rápido, facilidad en el registro de los datos, actualización automática de la información, donde el usuario solo debe concentrarse en el ingreso de datos. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015)



Figura 36. Software EvalPav (Fuente: Elaboración propia)

4.4.3 Tabulaciones y Gráficos Estadísticos

Para la comparación del grado de eficiencia y similitud, se utilizarán tabulaciones y gráficos simples elaborados en Excel para poder apreciar los diferentes parámetros que se está evaluando. En estos gráficos compararemos el PCI tanto del método semiautomatizado como del método LCMS, para determinar la eficiencia de este último. También se comparará el porcentaje de grietas longitudinales y transversales, así como la piel de cocodrilo; asimismo se determinará el porcentaje del estado del pavimento.

CAPÍTULO V

DESARROLLO DEL PROYECTO

5.1 PRESUPUESTO PARA EL DESARROLLO DE LA EVALUACIÓN

Se realizaron presupuestos del corredor vial: EMP. PE-1NL (DV. TAMBOGRANDE) - TAMBOGRANDE - CHULUCANAS - PACAIPAMPA - EMP. PE-3N (CURILCAS), EMP. PE-1NJ (EL CINCUENTA) - EMP. PE-1NR (CHULUCANAS) Y EMP. PE-02A (DV. PTE. CARRASQUILLO) - PTE. CARRASQUILLO - EMP. PE-1NR, al cual comprende una longitud total de 302 Km; asimismo se realizó el respectivo análisis de precios unitarios para llevar a cabo el desarrollo de las evaluaciones en campo y gabinete, los precios unitarios y rendimientos fueron asumidos de los proyectos que se han realizado, por ejemplo:

Tabla 4.
Rendimientos de Auscultaciones

Proyectos	Longitud (Km-Carril)	Medición de campo (Km-Carril/día)	Gabinete-Semiautomatizado (Km-Carril/día)	Gabinete - LCMS (Km-Carril/día)
Corredor Vial: Sullana - Tumbes - Pte. La Paz / Ov. Zarumilla - Aguas Verdes / Sullana - El Alamor / Sullana - Tambogrande	640.000	160.00	12.80	80.00
Tramo Vial: Emp. 1B - Buenos Aires - Canchaque	156.260	156.26	13.02	78.13
Tramo vial: Dv. Quilca - Dv. Arequipa (Repartición) - Dv. Matarani - Dv. Moquegua - Dv. Ilo - Tacna - La Concordia.	857.226	142.87	12.79	85.72
Autipista de Sol: Trujillo - Sullana	949.980	135.71	11.18	79.17
PROMEDIO DE RENDIMIENTO		148.71	12.45	80.75

(Fuente: Elaboración Propia)

5.1.1 Medición de Daños Semiautomatizado

Se tiene 3 partidas principales para la evaluación de daños con el Método Semiautomatizado, tales como: movilización y desmovilización, medición de daños superficiales – semiautomatizado y procesamiento de daños superficiales – semiautomatizado. Considerando gastos generales 5% y la utilidad del 10%.

PRESUPUESTO MÉTODO SEMIAUTOMATIZADO					
CORREDOR VIAL:		EMP. PE-1NL (DV. TAMBOGRANDE) - TAMBOGRANDE - CHULUCANAS - PACAIPAMPA - EMP. PE-3N (CURILCAS), EMP. PE-1NJ (EL CINCUENTA) - EMP. PE-1NR (CHULUCANAS) Y EMP. PE-02A (DV. PTE. CARRASQUILLO) - PTE. CARRASQUILLO - EMP. PE-1NR			Fecha : 05/03/2018
UBICACIÓN:		PIURA			Hecho por : L. YBARRA
Item	Descripción	Und	Cantidad	P.U.	Parcial
01	EVALUACIÓN DE DAÑOS SUPERFICIALES - SEMIAUTOMATIZADO				10,610.66
01.01	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	gbl	1.00	4,000.00	4,000.00
01.02	MEDICIÓN DE DAÑOS SUPERFICIALES - SEMIAUTOMATIZADO	km	302.00	14.19	4,285.26
01.03	PROCESAMIENTO DE DAÑOS SUPERFICIALES - SEMIAUTOMATIZADO	km	302.00	7.70	2,325.40
COSTO DIRECTO					10,610.66
GASTOS GENERALES VARIABLES				5.0000%	530.53
UTILIDAD				10.0000%	1,061.07
SUB-TOTAL					12,202.26
IGV				18.0000%	2,196.41
TOTAL					14,398.67

Figura 37. Presupuesto Método Semiautomatizado (Fuente: Elaboración Propia)

Se observa de la Figura 37, que la inversión para realizar la evaluación de daños con el método semiautomatizado es de S/ 14,398.67.

Análisis de Precios Unitarios (APU) – Método Semiautomatizado

Al realizar el análisis de precios unitarios, se considera en el ítem 01.02 Medición de Daños Superficiales la incorporación de un vehículo de escolta, muy independiente del equipo Pave Inspect; puesto que la inspección se realiza en horario nocturno y así se minimiza todo riesgo.

En la partida 01.03 Procesamiento de Daños, el rendimiento es de 12.00 km/Día, esto implica un mayor tiempo para el procesamiento.

S10		Análisis de precios unitarios						Página : 1	
Parída	01.01	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN				Costo unitario directo por :	GBL	4,000.00	
Rendimiento	GBL	MO. 1.0000	EQ. 1.0000						
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
	Subpartida								
	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO Y PERSONAL		GBL		1.0000	4,000.00	4,000.00		
							4,000.00		
Parída	01.02	MEDICIÓN DE DAÑOS SUPERFICIALES - SEMIAUTOMATIZADO				Costo unitario directo por :	Km	14.19	
Rendimiento	KM/DIA	MO. 150.0000	EQ. 150.0000						
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
	Mano de Obra								
	TÉCNICO (INC. VIATICOS)		hh	1.0000	0.0533	40.00	2.13		
	OPERADOR DE VEHÍCULO (INC. VIATICOS)		hh	2.0000	0.1067	30.00	3.20		
							5.33		
	Materiales								
	COMBUSTIBLE		gln		0.1764	14.00	2.47		
	PEAJE		gib		0.0133	15.00	0.20		
							2.67		
	Equipos								
	PAVE INSPECT		hm	1.0000	0.0533	45.00	2.40		
	VEHÍCULO		hm	2.0000	0.1067	33.00	3.52		
	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	5.33	0.27		
							6.19		
Parída	01.03	PROCESAMIENTO DE DAÑOS SUPERFICIALES - SEMIAUTOMATIZADO				Costo unitario directo por :	Km	7.70	
Rendimiento	KM/DIA	MO. 12.0000	EQ. 0.0000						
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
	Mano de Obra								
	INGENIERO		hh	0.0200	0.0133	50.00	0.67		
	ASISTENTE		hh	1.0000	0.6667	10.00	6.67		
							7.33		
	Equipos								
	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	7.33	0.37		
							0.37		

Figura 38. Análisis de Precios Unitarios (APU) - Semiautomatizado (Fuente: Elaboración Propia)

5.1.2 Medición de Daños Equipos LCMS

Usando el mismo criterio que el método Semiautomatizado se realiza el presupuesto para el método LCMS, teniendo 3 partidas principales para la evaluación de daños con el Método LCMS, tales como: movilización y desmovilización, medición de daños superficiales – LCMS y procesamiento de daños superficiales – LCMS. Considerando gastos generales 5% y la utilidad del 10%.

PRESUPUESTO MÉTODO LCMS					
CORREDOR VIAL:		EMP. PE-1NL (DV. TAMBOGRANDE) - TAMBOGRANDE - CHULUCANAS - PACAIPAMPA - EMP. PE-3N (CURILCAS), EMP. PE-1NJ (EL CINCUENTA) - EMP. PE-1NR (CHULUCANAS) Y EMP. PE-02A (DV. PTE. CARRASQUILLO) - PTE. CARRASQUILLO - EMP. PE-1NR			Fecha : 05/03/2018
UBICACIÓN:		PIURA			Hecho por : L. YBARRA
Item	Descripción	Und	Cantidad	P.U.	Parcial
01	EVALUACIÓN DE DAÑOS SUPERFICIALES - LCMS				7,836.79
01.01	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	gbl	1.00	4,000.00	4,000.00
01.02	MEDICIÓN DE DAÑOS SUPERFICIALES - LCMS	km	302.00	11.55	3,487.98
01.03	PROCESAMIENTO DE DAÑOS SUPERFICIALES - LCMS	km	302.00	1.16	348.81
COSTO DIRECTO					7,836.79
GASTOS GENERALES VARIABLES				5.0000%	391.84
UTILIDAD				10.0000%	783.68
SUB-TOTAL					9,012.31
IGV				18.0000%	1,622.22
TOTAL					10,634.53

Figura 39. Presupuesto Método LCMS (Fuente: Elaboración Propia)

Se observa de la Figura 39, que la inversión para realizar la evaluación de daños con el método LCMS es de S/ 10,634.53.

Análisis de Precios Unitarios (APU) – Equipo LCMS

Al realizar el análisis de precios unitarios, en la partida 01.02 Medición de Daños ya no se considera el vehículo de escolta ya que los trabajos se realizan en horario diurno. En la partida 01.03 Procesamiento de Daños Superficiales el rendimiento es de 80.00 Km/Día, esto significa un aminoramiento del tiempo para la culminación del proceso.

Análisis de precios unitarios							Página:	1
Partida	01.01	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN						
Rendimiento	GBL	MO. 1.0000	EQ. 1.0000		Costo unitario directo por :	GBL	4,000.00	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Subpartida							
	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO Y PERSONAL			GBL	1.0000	4,000.00	4,000.00	4,000.00
Partida	01.02	MEDICIÓN DE DAÑOS SUPERFICIALES - LCMS						
Rendimiento	KM/DIA	MO. 150.0000	EQ. 150.0000		Costo unitario directo por : Km		11.55	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra							
	OPERADOR DE VEHÍCULO (INC. VIATICOS)			hh	1.0000	0.0533	30.00	1.60
	TÉCNICO (INC. VIATICOS)			hh	1.0000	0.0533	40.00	2.13
								3.73
	Materiales							
	COMBUSTIBLE			gm		0.1764	14.00	2.47
	PEAJE			gtb		0.0133	15.00	0.20
								2.67
	Equipos							
	LCMS			hm	1.0000	0.0533	60.00	3.20
	VEHÍCULO			hm	1.0000	0.0533	33.00	1.76
	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		5.0000	3.73	0.19
								5.15
Partida	01.03	PROCESAMIENTO DE DAÑOS SUPERFICIALES - LCMS						
Rendimiento	KM/DIA	MO. 80.0000	EQ. 80.0000		Costo unitario directo por : Km		1.16	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra							
	INGENIERO			hh	0.0200	0.0020	50.00	0.10
	ASISTENTE			hh	1.0000	0.1000	10.00	1.00
								1.10
	Equipos							
	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		5.0000	1.10	0.06
								0.06

Figura 40. Análisis de Precios Unitarios (APU) – LCMS (Fuente: Elaboración Propia)

5.2 ORGANIZACIÓN PARA LA AUSCULTACIÓN

Para realizar la auscultación mediante el Método Semiautomatizado, la primera etapa corresponde al trabajo en campo, acudir con la herramienta necesaria que permita realizar la toma de muestras, como, el vehículo el cual está equipado con el pave inspect; cabe resaltar que los trabajos con este método se realizan de horario nocturno.

Una vez que se tiene al personal y los equipos en campo se proceden a realizar la toma de fotos cada dos metros de manera dinámica, continua y lineal. La segunda parte del trabajo será identificar mediante las fotografías obtenidas los tipos de fallas que presenta la vía, dicho trabajo lo realiza un

- Medición de daños superficiales, el rendimiento del vehículo de 30 km/h, trabajando las 5 horas diarias, por consiguiente, nos demandó realizarlo en 2 días.
- Procesamiento de daños, contando con 1 computador que contiene el Software del Road Inspect y 1 técnico especializado, siendo el rendimiento de 80 km/día, se realizó en 4 días, dando así en total de 10 días para el método LCMS.

PROGRAMACION																				
PROYECTO: EMP. PE-1NL (DV. TAMBOGRANDE) - TAMBOGRANDE - CHULUCANAS - PACAIPAMPA - EMP. PE-3N (CURILCAS), EMP. PE-1NJ (EL CINCUENTA) - EMP. PE-1NR (CHULUCANAS) Y EMP. PE-02A (DV. PTE. CARRASQUILLO) - PTE. CARRASQUILLO - EMP. PE-1NR																				
ABRIL																				
ITEM	ACTIVIDAD	UND	INICIO	FIN	PLAZO	SEMANA 01							SEMANA 02							
						D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	
EVALUACIÓN DE DAÑOS SUPERFICIALES																				
02	EVALUACIÓN DE DAÑOS SUPERFICIALES - LCMS				10.0															
02.01	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	gib	02/04/18	07/04/18	4.0															
02.02	MEDICIÓN DE DAÑOS SUPERFICIALES - LCMS	Km	04/04/18	05/04/18	2.0															
02.03	PROCESAMIENTO DE DAÑOS SUPERFICIALES - LCMS	Km	09/04/18	12/04/18	4.0															

Figura 42. Cronograma de auscultación - Método LCMS (Fuente: Elaboración Propia)

5.3 MEDICIÓN E IDENTIFICACIÓN DE DAÑOS

5.3.1 Medición Método Semiautomatizado

Para realizar la medición de daños con el método semiautomatizado, se tiene el tramo de 13 km, el cual está compuesto de dos carriles sin separador, la medición es individual por cada carril, por lo tanto, se tiene 26 km a inspeccionar.

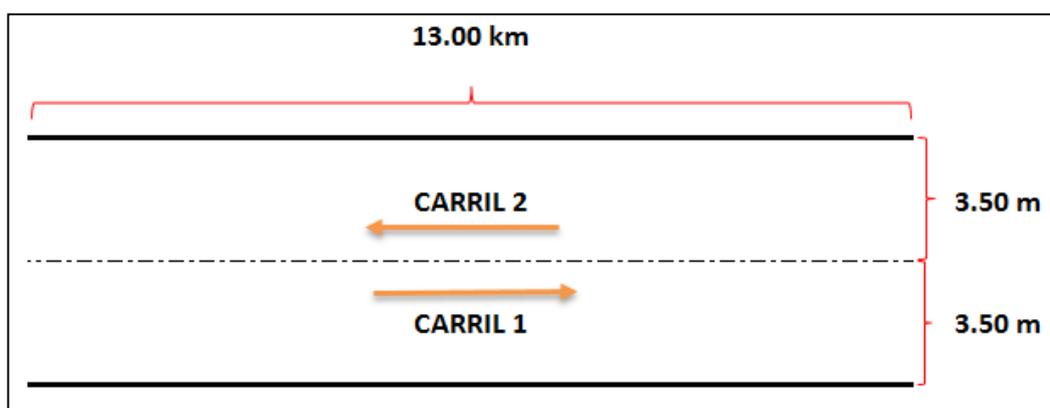


Figura 43. Descripción de la vía (Fuente: Elaboración Propia)

Medición e Inspección de Carril 1 y 2:

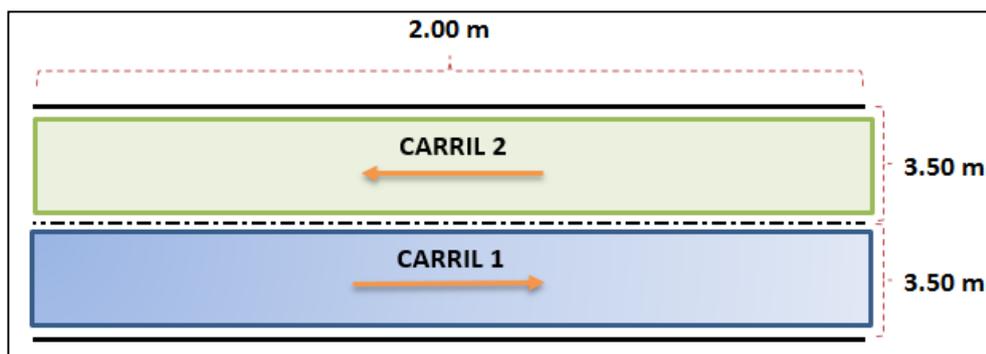


Figura 44. Carril 1 y 2 a inspeccionar – Método Semiautomatizado (Fuente: Elaboración Propia)

Una vez obtenida las imágenes digitales que fueron capturados cada 2.00m de largo y 3.50m de ancho, registramos el tramo mediante una planilla de registro indicando los siguientes datos: código, nombre del proyecto, tramo, tipo de inspección, Km carpeta, Km a inspeccionar, nombre del inspector.

Al realizar la apertura del programa Nomo3 y tratándose de un proyecto nuevo se selecciona el mismo, se inserta la carpeta donde fue guardada la data madre, obteniendo así la siguiente imagen.

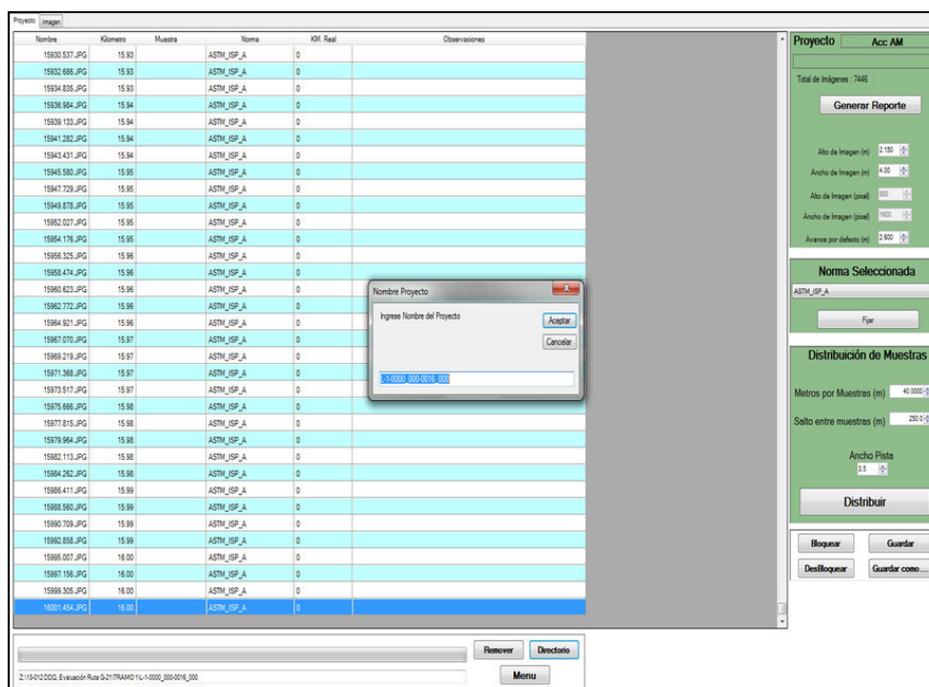


Figura 45. Programa Nomo3 – Ventana Proyecto (Fuente: Elaboración Propia)

Se puede observar que la data madre nos arroja absolutamente todos los archivos de capturas obtenidas con el equipo Pave Inspect, es así como se inicia con la verificación de cada una.

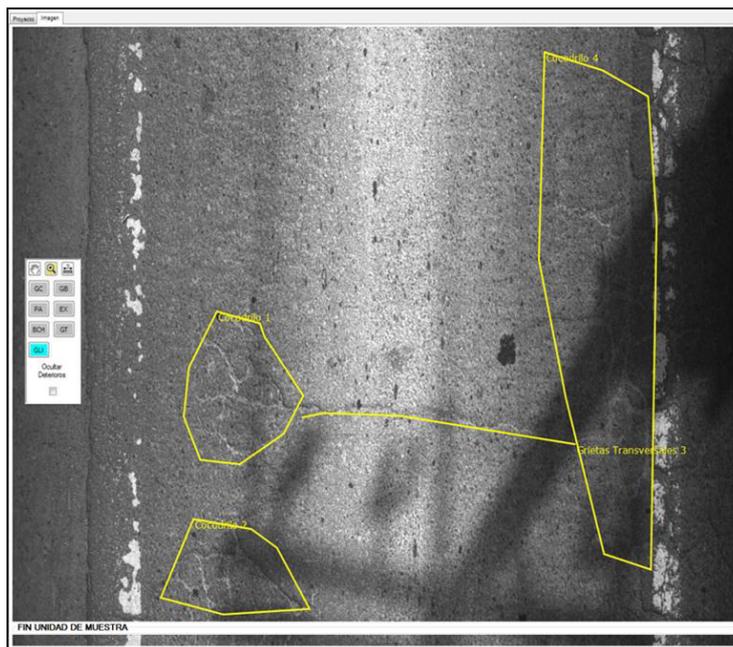


Figura 46. Programa Nomo3 – Ventana Imagen (Fuente: Elaboración Propia)

De la Figura 46, se tiene la ventana de Imagen, el cual con el panel seleccionador nos permite escoger el tipo de falla que se va identificando.

Tabla 5.

Software del Nomo3 – Seleccionador de Fallas



GC: Grieta cocodrilo.

GB: Grieta en bloque.

PA: Pérdida de áridos.

EX: Exudación.

BCH: Baches - Parches

GT: Grieta Transversal.

GLI: Grieta longitudinal.

Panel donde se selecciona las fallas identificadas en el

Nomo3 (Fuente: Elaboración Propia)

Una vez realizada la inspección e identificación del tramo Morropón – Puente La Gallega que comprende 26km, el programa Nomo3 emite un reporte cada 50m, indicando la ubicación, el tipo y severidad de la falla registrada; en la siguiente tabla se visualiza como progresiva de inicio a partir de 400 m que viene a ser la progresiva inicial (PKI 70.650), esto se debe a que al iniciar la medición, el vehículo se posiciona una cierta distancia atrás del punto de inicio para llegar a una velocidad constante al momento de la

evaluación es por ello que se registra como inicio de la medición a partir de los 400m.

Se tiene un total de 9648 muestras dentro de los 26km, para la representación de tabla solo se está ejemplificando con 17 muestras.

Tabla 6.
Reporte de Fallas del Nomo3

PK I	PK F	Tipo Daño	Severidad	Xo	Yo	Ancho	Largo
400	450	Grietas Lineales (long.)	Media	3.16	0.38	0.00	0.68
400	450	Grietas Transversales	Media	3.64	1.21	0.87	0.00
400	450	Grietas Transversales	Media	3.46	0.23	0.48	0.00
400	450	Grietas Transversales	Media	2.10	0.84	0.77	0.00
400	450	Grietas Transversales	Media	2.03	0.47	0.65	0.00
400	450	Grietas Lineales (long.)	Media	1.28	1.02	0.00	0.49
400	450	Grietas Transversales	Media	3.62	0.22	0.93	0.00
400	450	Grietas Transversales	Media	2.04	0.42	0.57	0.00
400	450	Grietas Transversales	Media	3.63	1.01	0.75	0.00
400	450	Grietas Transversales	Media	2.02	0.30	0.67	0.00
400	450	Grietas Transversales	Media	2.28	0.80	0.48	0.00
400	450	Grietas Transversales	Media	3.31	0.65	0.51	0.00
400	450	Grietas Transversales	Media	1.91	1.22	0.57	0.00
400	450	Grietas Transversales	Media	1.97	0.40	0.68	0.00
400	450	Grietas Transversales	Media	1.92	1.04	0.72	0.00
400	450	Grietas Transversales	Media	3.48	0.70	0.60	0.00

Ejemplificación del total de las muestras del reporte de fallas del Nomo3 (Fuente: Elaboración Propia)

PKI: Progresiva kilométrica inicial (m)

PKF: Progresiva kilométrica final (m)

Tipo de daño: Identificación de daños.

Severidad: Alta, Media y Baja.

Xo– Yo: Coordenadas consideradas dentro de los 50 m.

Ancho: Ancho de falla.

Largo: Largo de falla.

5.3.2 Medición con Método LCMS

Para realizar la medición de daños con el método LCMS, se tiene el tramo de 13 km, el cual está compuesto de dos carriles sin separador, la medición es individual por cada carril, por lo tanto, se tiene 26 km a inspeccionar, del mismo modo que el método semiautomatizado.

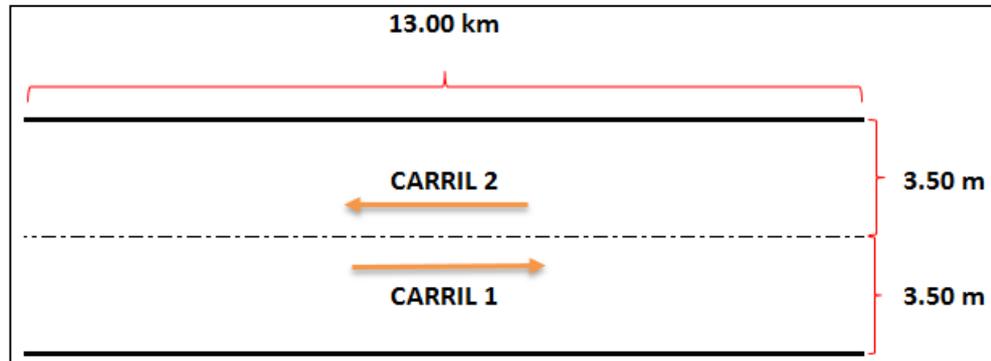


Figura 47. Descripción de la vía (Fuente: Elaboración Propia)

Medición e Inspección de Carril 1 y 2 – LCMS

Para llevar a cabo la evaluación de los 26.00 km que incluye el Carril 1 y 2, el equipo LCMS realiza el recorrido del tramo, a medida que avanza, éste obtiene la captura de imágenes cada 10.00 m de largo y en un ancho de 3.50 m, asimismo recolecta archivos .FIS (Feature Interpretation Style) éstos son verificados en oficina, denominándolo como la data madre.

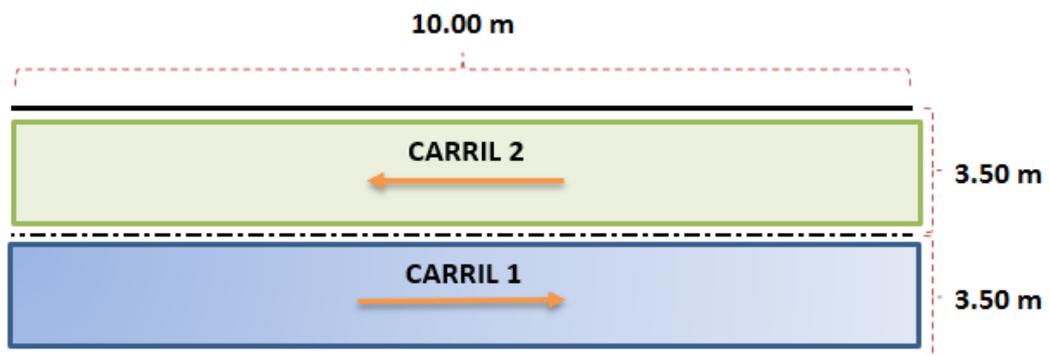


Figura 48. Carril 1 y 2 a inspeccionar – Equipo LCMS (Fuente: Elaboración Propia)

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
LcmsData_000000.fis	29/03/2018 04:41 ...	Archivo FIS	6,056 KB
LcmsData_000001.fis	29/03/2018 04:41 ...	Archivo FIS	6,077 KB
LcmsData_000002.fis	29/03/2018 04:41 ...	Archivo FIS	6,145 KB
LcmsData_000003.fis	29/03/2018 04:41 ...	Archivo FIS	6,238 KB
LcmsData_000004.fis	29/03/2018 04:41 ...	Archivo FIS	6,188 KB
LcmsData_000005.fis	29/03/2018 04:41 ...	Archivo FIS	6,175 KB
LcmsData_000006.fis	29/03/2018 04:41 ...	Archivo FIS	6,155 KB
LcmsData_000007.fis	29/03/2018 04:41 ...	Archivo FIS	6,175 KB
LcmsData_000008.fis	29/03/2018 04:41 ...	Archivo FIS	6,227 KB
LcmsData_000009.fis	29/03/2018 04:41 ...	Archivo FIS	6,189 KB
LcmsData_000010.fis	29/03/2018 04:41 ...	Archivo FIS	6,099 KB
LcmsData_000011.fis	29/03/2018 04:41 ...	Archivo FIS	5,878 KB
LcmsData_000012.fis	29/03/2018 04:41 ...	Archivo FIS	5,890 KB
LcmsData_000013.fis	29/03/2018 04:41 ...	Archivo FIS	5,888 KB
LcmsData_000014.fis	29/03/2018 04:41 ...	Archivo FIS	5,888 KB
LcmsData_000015.fis	29/03/2018 04:41 ...	Archivo FIS	5,816 KB
LcmsData_000016.fis	29/03/2018 04:41 ...	Archivo FIS	5,803 KB
LcmsData_000017.fis	29/03/2018 04:41 ...	Archivo FIS	5,819 KB
LcmsData_000018.fis	29/03/2018 04:41 ...	Archivo FIS	5,775 KB
LcmsData_000019.fis	29/03/2018 04:41 ...	Archivo FIS	5,707 KB
LcmsData_000020.fis	29/03/2018 04:42 ...	Archivo FIS	5,751 KB

Figura 49. Archivos .FIS – Equipo LCMS (Fuente: Elaboración Propia)

Una vez obtenido los archivos .FIS que fueron emitidos del Equipo LCMS, estos son ingresados al software LCMS Road Inspect, como se observa en la figura 50, se tiene al extremo derecho las funciones que cumple el software para el reconocimiento de las diferentes fallas del pavimento, tales como: demarcación de línea, grietas, rugosidad, ahuellamientos, deterioros y otros parámetros que tiene el pavimento. Este procesamiento puede tardar entre 1 a 4 horas, dependiendo de qué tan deteriorada esté la vía.

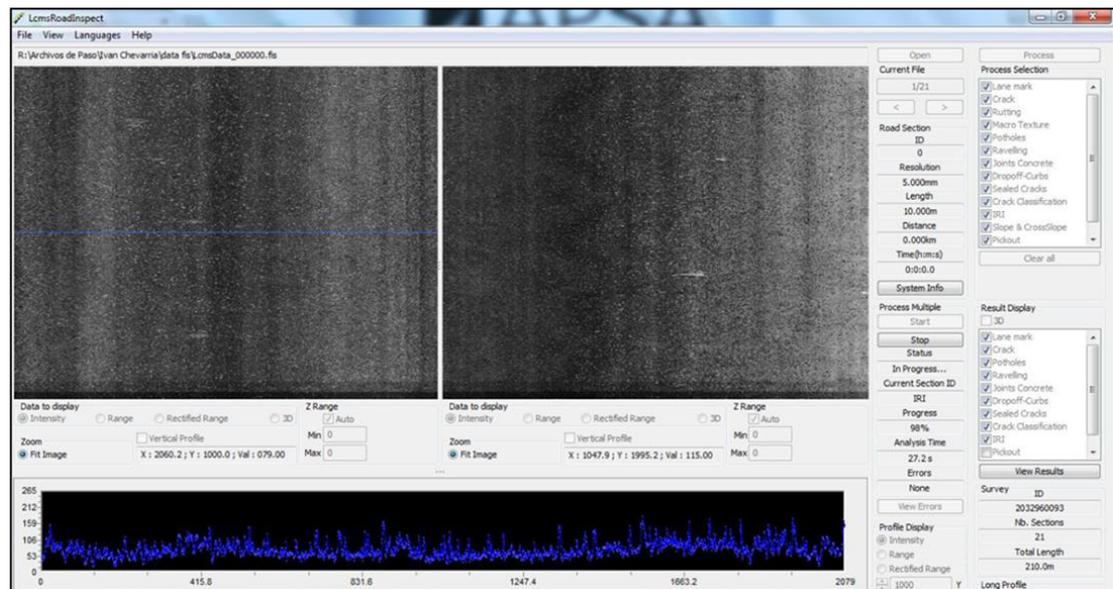


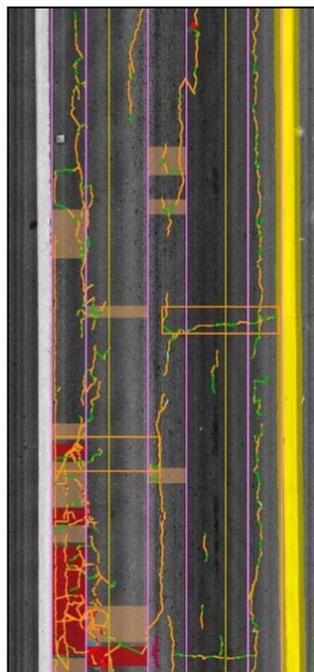
Figura 50. Software LCMS Road Inspect (Fuente: Elaboración Propia)

Realizado el procesamiento mediante el Software LCMS Road Inspect, éste genera archivos .XML (Extensible Markup Language), Fotos (Intensity: normales y Overlay: daños dibujados), tal como se muestra en la Figura 51.

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
LcmsData_000000	17/11/2017 02:56 ...	Documento XML	168 KB
LcmsData_000001	17/11/2017 02:56 ...	Documento XML	208 KB
LcmsData_000002	17/11/2017 02:56 ...	Documento XML	195 KB
LcmsData_000003	17/11/2017 02:56 ...	Documento XML	139 KB
LcmsData_000004	17/11/2017 02:56 ...	Documento XML	142 KB
LcmsData_000005	17/11/2017 02:56 ...	Documento XML	150 KB
LcmsData_000006	17/11/2017 02:56 ...	Documento XML	173 KB
LcmsData_000007	17/11/2017 02:56 ...	Documento XML	176 KB
LcmsData_000008	17/11/2017 02:57 ...	Documento XML	172 KB
LcmsData_000009	17/11/2017 02:57 ...	Documento XML	151 KB
LcmsData_000010	17/11/2017 02:57 ...	Documento XML	162 KB
LcmsData_000011	17/11/2017 02:57 ...	Documento XML	199 KB
LcmsData_000012	17/11/2017 02:57 ...	Documento XML	150 KB
LcmsData_000013	17/11/2017 02:57 ...	Documento XML	155 KB
LcmsData_000014	17/11/2017 02:57 ...	Documento XML	167 KB
LcmsData_000015	17/11/2017 02:57 ...	Documento XML	166 KB
LcmsData_000016	17/11/2017 02:57 ...	Documento XML	154 KB
LcmsData_000017	17/11/2017 02:57 ...	Documento XML	155 KB
LcmsData_000018	17/11/2017 02:58 ...	Documento XML	149 KB
LcmsData_000019	17/11/2017 02:58 ...	Documento XML	151 KB
LcmsData_000020	17/11/2017 02:58 ...	Documento XML	168 KB
LcmsData_000021	17/11/2017 02:58 ...	Documento XML	169 KB
LcmsData_000022	17/11/2017 02:58 ...	Documento XML	161 KB
LcmsData_000023	17/11/2017 02:58 ...	Documento XML	161 KB

Figura 51. Archivos XML (Extensible Markup Language) (Fuente: Elaboración Propia)

Las fotos Overlay se deben de abrir con el programa visualizador de imágenes, obteniendo así la Figura 52.



Verde = Grieta Leve
Naranja = Grieta Media
Rojo = Grieta Alta
Celeste = Baches
Morado = División de muestra
Amarillo = Línea de borde

Figura 52. Fotos (Overlay: Daños dibujados) – Equipo LCMS (Fuente: Elaboración Propia)

Se observa de la fotografía emitida, la identificación automática de los diferentes tipos de daño en el pavimento las cuales fueron reconocidas por el equipo LCMS.

Asimismo, los archivos .XML son procesados con LCMS Result Parser, el cual exporta un block de notas con la información de grietas, baches, ahuellamiento, exudación, desprendimiento; este block de notas se debe de abrir con el programa Microsoft Excel.

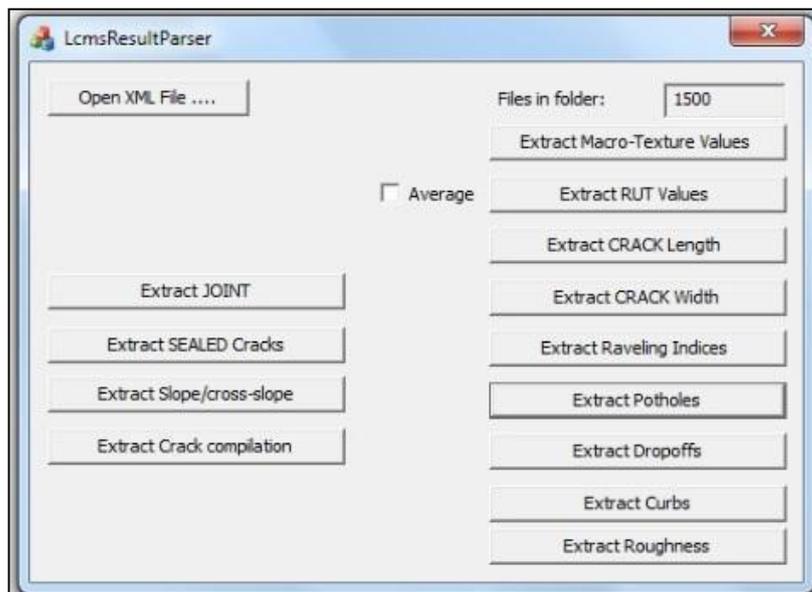


Figura 53. Software LcmsResultParser (Fuente: Elaboración Propia)

En la siguiente tabla se ejemplifica el reporte de longitud de grietas, que emite el LCMS Result Parcer, la cual calcula de manera automática el total de grietas en metros lineales que hay cada 10m. Estos resultados a su vez son promediados cada 50m para la unidad de muestra del PCI.

Tabla 7.
Reporte de Fallas LCMS

Distance	Latitude	Longitude	Altitude	Total Crack Length(m)	Crack Width, Length (m)			
					< 3 m	3 < x < 6	6 < x < 20	> 20
0	-5.18	-79.98	131.00	14.07	3.67	2.29	6.86	1.25
10	-5.18	-79.98	131.00	18.43	6.24	1.64	6.81	3.74
20	-5.18	-79.98	130.80	15.10	3.57	0.60	5.17	5.76
30	-5.18	-79.98	130.70	4.41	1.38	0.05	1.75	1.23
40	-5.18	-79.98	131.00	5.65	1.73	0.62	2.57	0.73
50	-5.18	-79.98	131.10	8.21	2.55	1.01	3.44	1.21

60	-5.18	-79.98	131.10	12.40	3.62	1.35	4.99	2.45
70	-5.18	-79.98	130.90	10.66	2.11	1.35	5.82	1.38
80	-5.18	-79.98	130.90	6.80	1.10	0.74	3.97	0.99
90	-5.18	-79.98	131.10	4.96	1.27	1.02	2.20	0.48
100	-5.18	-79.98	131.30	6.74	1.77	1.09	3.39	0.49
110	-5.18	-79.98	131.30	11.16	2.32	2.14	5.49	1.20
120	-5.18	-79.98	131.30	5.78	1.20	0.97	2.83	0.78
130	-5.18	-79.98	131.00	9.44	2.62	0.98	4.69	1.16
140	-5.18	-79.98	131.20	12.45	2.68	2.58	5.93	1.26

(Fuente: Elaboración Propia)

Una vez procesada la data madre en el software del LCMS, del tramo Morropón – Puente La Gallega, obtenemos los reportes donde indican los tipos de fallas que fueron identificados, las cuales será mencionadas a continuación:

Grietas Longitudinales – Transversales – Piel de Cocodrilo

El software LCMS Result Parser logra identificar las grietas longitudinales, transversales y piel de cocodrilo, el cual es emitido mediante porcentajes cada 10.00 m, indicando las progresivas de inicio y fin, asimismo se detalla la severidad de deterioros del agrietamiento.

Tabla 8.
Reporte de Fallas LCMS - Grietas

UBICACIÓN		DETERIOROS EN UNIDAD DEMUESTREO								
K.I.	K.F.	Severidad del Agrietamiento								
		0 a 3			3 a 6			6 a 20		
		L	T	C	L	T	C	L	T	C
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
69.150	69.160	0.00	0.26	0.00	0.00	1.31	0.00	6.03	3.57	1.34
69.160	69.170	0.00	0.00	0.00	0.00	4.55	0.00	9.99	1.11	0.00
69.170	69.180	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.53	10.75	1.89	0.26
69.180	69.190	0.00	0.21	0.00	0.00	0.64	0.00	4.29	1.79	0.52
69.190	69.200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	2.39	3.19	0.00
69.200	69.210	0.00	0.35	0.00	0.00	3.62	0.00	9.30	2.90	0.57
69.210	69.220	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.09	0.00	0.00
69.220	69.230	0.00	0.15	0.00	0.00	0.87	0.00	0.00	1.73	0.00
69.230	69.240	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17	0.00	0.00	1.52	0.00
69.240	69.250	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
69.250	69.260	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	2.13	4.03	0.00
69.260	69.270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	9.37	11.62	0.00
69.270	69.280	0.00	1.41	0.23	1.45	3.69	0.00	7.27	4.40	0.38

69.280	69.290	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	17.94	8.91	1.41
69.290	69.300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.23	8.08	1.37
69.300	69.310	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	8.57	11.24	0.45
69.310	69.320	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	9.50	9.48	0.55
69.320	69.330	0.00	0.09	0.00	0.00	1.76	0.00	8.54	8.65	0.50
69.330	69.340	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.00	9.27	8.13	0.68
69.340	69.350	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.04	9.77	0.00
69.350	69.360	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.63	8.56	0.97
69.360	69.370	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.39	12.15	0.83	2.67
69.370	69.380	0.00	0.00	0.51	0.00	2.42	0.00	3.60	1.59	0.85
69.380	69.390	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	1.89	3.63	0.00
69.390	69.400	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	4.00	2.49	0.47

(Fuente: Elaboración Propia)

Baches

Del mismo modo el LCMS Result Parser identifica de manera automática los baches de la vía tal como se observa en la siguiente tabla, el cual indica las dimensiones y porcentaje que ésta representa de la sección de muestra.

Tabla 9.
Reporte de Fallas LCMS - Bache

Road Section ID	Largo (m)	Ancho (m)	Area (m2)	%	Dist (m)
89	2.2	0.3	0.66	1.89	890
90	0.1	0.1	0.01	0.03	900
92	0.1	0.1	0.01	0.03	920
94	0.8	1	0.80	2.29	940
97	0.1	0.1	0.01	0.03	970
98	0.4	0.3	0.12	0.34	980
104	0.5	0.4	0.20	0.57	1040
107	0.3	0.3	0.09	0.26	1070
119	0.6	0.9	0.54	1.54	1190
120	0.2	0.4	0.08	0.23	1200
121	1	1	1.00	2.86	1210
122	1	0.4	0.40	1.14	1220
125	0.2	0.2	0.04	0.11	1250
129	0.2	0.3	0.06	0.17	1290
131	0.3	1	0.30	0.86	1310
133	0.2	0.2	0.04	0.11	1330
139	2.3	0.8	1.84	5.26	1390
144	1	1	1.00	2.86	1440
145	0.4	0.6	0.24	0.69	1450

185	0.2	0.3	0.06	0.17	1850
187	0.2	0.5	0.10	0.29	1870

(Fuente: Elaboración Propia)

Desprendimiento

La identificación del desprendimiento es emitida mediante un reporte que viene a ser los porcentajes de desprendimiento, estos son cada 10.00 m, pero para la determinación del PCI se procesó cada 50.00 m.

A partir del porcentaje se determina automáticamente el área y dimensiones de la falla identificada.

Tabla 10.
Reporte de Fallas LCMS - Desprendimiento

Desprendimiento				
P.K.I.	P.K.F.	%	Área (m2)	Dimensiones (m)
69.150	69.200	0.07	0.1	0.4
69.200	69.250	0.07	0.1	0.4
69.250	69.300	1.57	2.8	1.7
69.300	69.350	0.09	0.2	0.4
69.350	69.400	0.15	0.3	0.5
69.400	69.450	0.03	0.1	0.2
69.450	69.500	0.12	0.2	0.5
69.500	69.550	0.63	1.1	1.0
69.550	69.600	0.41	0.7	0.8
69.600	69.650	0.00	0.0	0.0
69.650	69.700	0.63	1.1	1.0
69.700	69.750	0.60	1.0	1.0
69.750	69.800	0.30	0.5	0.7

(Fuente: Elaboración Propia)

Parches

La identificación de parches se realiza de manera automática mediante el Software Road inspect, en el Tramo Morropón – Puente La Gallega que comprende 26.00 km incluido ambos carriles, cabe mencionar que solo se identificó dos parches en el carril 2 tal como se visualiza el reporte en la siguiente tabla:

Tabla 11.
Reporte de Fallas LCMS - Parche

Ubicación		Parche
K.I.	K.F.	%
70.130	70.120	1.14
69.970	69.960	1.71

(Fuente: Elaboración Propia)

5.4 DETERMINACIÓN DE PCI

El proceso de determinación de PCI es evaluado con el Software EvalPav una vez obtenido los reportes del método Semiautomatizado y del Equipo LCMS. Para insertar los datos al EvalPav se requiere que los reportes sean acondicionados en la plantilla de dicho software, indicando las progresivas de inicio y fin, tipo de daño, severidad, dimensiones y el ancho del carril, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 12.
Formato para procesamiento en EvalPav

Progresiva Inicial	Progresiva Final	Daño	Severidad	X	Y	Ancho	Longitud	Carril	Ancho Carril	Inspector
69550	69600	10	M	3.16	21.62	0.00	0.68	DERECHO	3.5	ING. RODAS
69550	69600	10	M	2.63	20.79	0.87	0.00	DERECHO	3.5	ING. RODAS
69550	69600	10	M	3.03	21.77	0.48	0.00	DERECHO	3.5	ING. RODAS
69550	69600	10	M	2.10	21.16	0.77	0.00	DERECHO	3.5	ING. RODAS
69550	69600	10	M	2.03	21.53	0.65	0.00	DERECHO	3.5	ING. RODAS
69550	69600	10	M	1.28	20.98	0.00	0.49	DERECHO	3.5	ING. RODAS
69550	69600	10	M	2.57	23.78	0.93	0.00	DERECHO	3.5	ING. RODAS
69550	69600	10	M	2.04	23.58	0.57	0.00	DERECHO	3.5	ING. RODAS
69550	69600	10	M	2.75	22.99	0.75	0.00	DERECHO	3.5	ING. RODAS
69550	69600	10	M	2.02	25.70	0.67	0.00	DERECHO	3.5	ING. RODAS
69550	69600	10	M	2.28	25.20	0.48	0.00	DERECHO	3.5	ING. RODAS
69550	69600	10	M	2.99	25.35	0.51	0.00	DERECHO	3.5	ING. RODAS
69550	69600	10	M	1.91	24.78	0.57	0.00	DERECHO	3.5	ING. RODAS
69550	69600	10	M	1.97	27.60	0.68	0.00	DERECHO	3.5	ING. RODAS
69550	69600	10	M	1.92	26.96	0.72	0.00	DERECHO	3.5	ING. RODAS
69550	69600	10	M	2.90	27.30	0.60	0.00	DERECHO	3.5	ING. RODAS

(Fuente: Elaboración Propia)

Una vez que se tiene acondicionada la plantilla de daños en Excel, se abre el software EvalPav, donde se crea y selecciona un nuevo proyecto; luego se selecciona el tipo de pavimento a evaluar, en este caso, pavimento flexible; como se muestra en la siguiente figura.

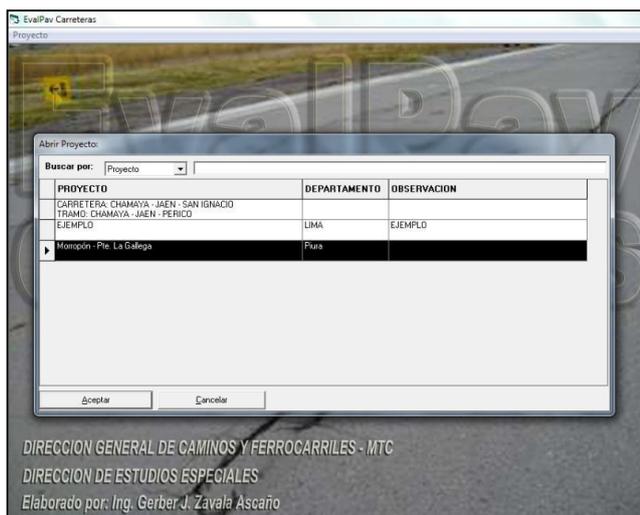


Figura 54. Creación del proyecto - EvalPav (Fuente: Elaboración Propia)

Seguidamente se procede a importar la planilla acondicionada para el software con los reportes del método Semiautomatizado y equipo LCMS, indicando el sector y el carril a evaluar.

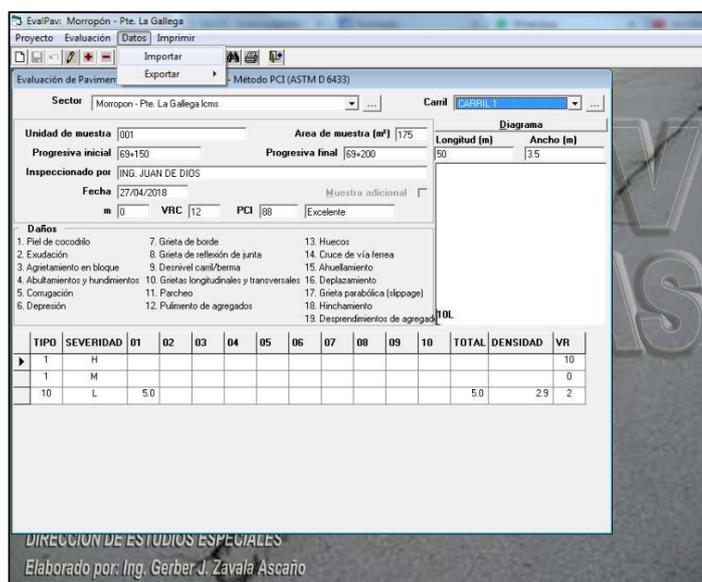


Figura 55. Importación de datos al EvalPav (Fuente: Elaboración Propia)

Como se observa la Figura 55, se tiene importado la planilla y el programa inicia automáticamente con el procesamiento para hallar el PCI, el cual es de manera automática y culmina exportando los resultados. Es muy importante saber que la técnica para determinar el PCI que utiliza el software está indicado en el numeral 2.2.5.

CAPÍTULO VI

RESULTADOS

6.1 CONSTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Hipótesis General

- Hipótesis Alterna (Ha):
Al Aplicar el método del equipo LCMS SE TIENE UN ALTO GRADO DE EFICIENCIA respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).
- Hipótesis Nula (H0):
Al Aplicar el método del equipo LCMS NO SE TIENE UN ALTO GRADO DE EFICIENCIA respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).

Hipótesis Específicas

- a) Hipótesis Específica 1:
- Hipótesis Alterna 1 (Ha)
Al Aplicar el método LCMS SE TIENE UN ALTO GRADO DE SIMILITUD en la identificación de grietas longitudinales y transversales, respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).
 - Hipótesis Nula 1 (H0)
Al Aplicar el método LCMS NO SE TIENE UN ALTO GRADO DE SIMILITUD en la identificación de grietas longitudinales y transversales, respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).
- b) Hipótesis Específica 2:
- Hipótesis Alterna 2 (Ha)

Al Aplicar el método LCMS SE TIENE UN ALTO GRADO DE SIMILITUD en la identificación de piel de cocodrilo, respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).

- Hipótesis Nula 2 (H0)

Al Aplicar el método LCMS NO SE TIENE UN ALTO GRADO DE SIMILITUD en la identificación de piel de cocodrilo, respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).

c) Hipótesis Específica 3:

- Hipótesis Alterna 3 (Ha)

Al Aplicar el método LCMS SE OPTIMIZA TIEMPO Y COSTOS del proyecto, respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).

- Hipótesis Nula 3 (H0)

Al Aplicar el método LCMS NO SE OPTIMIZA TIEMPO Y COSTOS del proyecto, respecto al método Semiautomatizado, para determinar PCI, Tramo Morropón - Puente La Gallega (Piura).

6.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

6.2.1 Resultado de PCI

Resultado de PCI Carril 1 – Método Semiautomatizado

A continuación, se muestra el reporte de PCI con 267 unidades de muestra cada 50m de longitud y con 175 metros cuadrados que emite el EvalPav, para el Carril 1 con el Método Semiautomatizado, en el cual tenemos un promedio de PCI de 79.39, lo cual significa que el estado del pavimento es Muy Bueno.

Tabla 13.

Resultado de PCI Carril 1 - Método Semiautomatizado

AREA (m ²)	UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	VRC	PCI	CLASIFICACION
175.0	1	70+650	70+700	44	56	Bueno
175.0	2	70+700	70+750	20	80	Muy Bueno

175.0	3	70+750	70+800	4	96	Excelente
175.0	4	70+800	70+850	15	85	Excelente
175.0	5	70+850	70+900	42	58	Bueno
175.0	6	70+900	70+950	9	91	Excelente
175.0	7	70+950	71+000	2	98	Excelente
175.0	8	71+000	71+050	21	79	Muy Bueno
175.0	9	71+050	71+100	42	58	Bueno
175.0	10	71+100	71+150	35	65	Bueno
175.0	11	71+150	71+200	23	77	Muy Bueno
175.0	12	71+200	71+250	27	73	Muy Bueno
175.0	13	71+250	71+300	3	97	Excelente
175.0	14	71+300	71+350	5	95	Excelente
175.0	15	71+350	71+400	53	47	Regular
175.0	16	71+400	71+450	23	77	Muy Bueno
175.0	17	71+450	71+500	6	94	Excelente
175.0	18	71+500	71+550	39	61	Bueno
175.0	19	71+550	71+600	4	96	Excelente
175.0	20	71+600	71+650	12	88	Excelente
175.0	21	71+650	71+700	3	97	Excelente
175.0	22	71+700	71+750	48	52	Regular
175.0	23	71+750	71+800	45	55	Bueno
175.0	24	71+800	71+850	17	83	Muy Bueno
175.0	25	71+850	71+900	17	83	Muy Bueno
175.0	26	71+900	71+950	14	86	Excelente
175.0	27	71+950	72+000	12	88	Excelente
175.0	28	72+000	72+050	13	87	Excelente
175.0	29	72+050	72+100	1	99	Excelente
175.0	30	72+100	72+150	47	53	Regular
175.0	31	72+150	72+200	17	83	Muy Bueno
175.0	32	72+200	72+250	25	75	Muy Bueno
175.0	33	72+250	72+300	6	94	Excelente
175.0	34	72+300	72+350	8	92	Excelente
175.0	35	72+350	72+400	41	59	Bueno
175.0	36	72+400	72+450	14	86	Excelente
175.0	37	72+450	72+500	33	67	Bueno
175.0	38	72+500	72+550	31	69	Bueno
175.0	39	72+550	72+600	6	94	Excelente
175.0	40	72+600	72+650	43	57	Bueno
175.0	41	72+650	72+700	6	94	Excelente
175.0	42	72+700	72+750	1	99	Excelente

175.0	43	72+750	72+800	24	76	Muy Bueno
175.0	44	72+800	72+850	26	74	Muy Bueno
175.0	45	72+850	72+900	69	31	Malo
175.0	46	72+900	72+950	12	88	Excelente
175.0	47	72+950	73+000	29	71	Muy Bueno
175.0	48	73+000	73+050	1	99	Excelente
175.0	49	73+050	73+100	56	44	Regular
175.0	50	73+100	73+150	50	50	Regular
175.0	51	73+150	73+200	11	89	Excelente
175.0	52	73+200	73+250	11	89	Excelente
175.0	53	73+250	73+300	35	65	Bueno
175.0	54	73+300	73+350	22	78	Muy Bueno
175.0	55	73+350	73+400	1	99	Excelente
175.0	56	73+400	73+450	21	79	Muy Bueno
175.0	57	73+450	73+500	54	46	Regular
175.0	58	73+500	73+550	47	53	Regular
175.0	59	73+550	73+600	8	92	Excelente
175.0	60	73+600	73+650	18	82	Muy Bueno
175.0	61	73+650	73+700	33	67	Bueno
175.0	62	73+700	73+750	30	70	Muy Bueno
175.0	63	73+750	73+800	21	79	Muy Bueno
175.0	64	73+800	73+850	26	74	Muy Bueno
175.0	65	73+850	73+900	70	30	Malo
175.0	66	73+900	73+950	10	90	Excelente
175.0	67	73+950	74+000	29	71	Muy Bueno
175.0	68	74+000	74+050	16	84	Muy Bueno
175.0	69	74+050	74+100	15	85	Excelente
175.0	70	74+100	74+150	17	83	Muy Bueno
175.0	71	74+150	74+200	68	32	Malo
175.0	72	74+200	74+250	47	53	Regular
175.0	73	74+250	74+300	41	59	Bueno
175.0	74	74+300	74+350	36	64	Bueno
175.0	75	74+350	74+400	13	87	Excelente
175.0	76	74+400	74+450	57	43	Regular
175.0	77	74+450	74+500	42	58	Bueno
175.0	78	74+500	74+550	27	73	Muy Bueno
175.0	79	74+550	74+600	1	99	Excelente
175.0	80	74+600	74+650	1	99	Excelente
175.0	81	74+650	74+700	17	83	Muy Bueno
175.0	82	74+700	74+750	34	66	Bueno

175.0	83	74+750	74+800	14	86	Excelente
175.0	84	74+800	74+850	4	96	Excelente
175.0	85	74+850	74+900	34	66	Bueno
175.0	86	74+900	74+950	46	54	Regular
175.0	87	74+950	75+000	36	64	Bueno
175.0	88	75+000	75+050	24	76	Muy Bueno
175.0	89	75+050	75+100	19	81	Muy Bueno
175.0	90	75+100	75+150	14	86	Excelente
175.0	91	75+150	75+200	16	84	Muy Bueno
175.0	92	75+200	75+250	20	80	Muy Bueno
175.0	93	75+250	75+300	56	44	Regular
175.0	94	75+300	75+350	70	30	Malo
175.0	95	75+350	75+400	5	95	Excelente
175.0	96	75+400	75+450	2	98	Excelente
175.0	97	75+450	75+500	24	76	Muy Bueno
175.0	98	75+500	75+550	46	54	Regular
175.0	99	75+550	75+600	43	57	Bueno
175.0	100	75+600	75+650	30	70	Muy Bueno
175.0	101	75+650	75+700	3	97	Excelente
175.0	102	75+700	75+750	27	73	Muy Bueno
175.0	103	75+750	75+800	27	73	Muy Bueno
175.0	104	75+800	75+850	36	64	Bueno
175.0	105	75+850	75+900	32	68	Bueno
175.0	106	75+900	75+950	13	87	Excelente
175.0	107	75+950	76+000	9	91	Excelente
175.0	108	76+000	76+050	15	85	Excelente
175.0	109	76+050	76+100	58	42	Regular
175.0	110	76+100	76+150	1	99	Excelente
175.0	111	76+150	76+200	10	90	Excelente
175.0	112	76+200	76+250	0	100	Excelente
175.0	113	76+250	76+300	7	93	Excelente
175.0	114	76+300	76+350	19	81	Muy Bueno
175.0	115	76+350	76+400	27	73	Muy Bueno
175.0	116	76+400	76+450	2	98	Excelente
175.0	117	76+450	76+500	9	91	Excelente
175.0	118	76+500	76+550	2	98	Excelente
175.0	119	76+550	76+600	31	69	Bueno
175.0	120	76+600	76+650	49	51	Regular
175.0	121	76+650	76+700	38	62	Bueno
175.0	122	76+700	76+750	9	91	Excelente

175.0	123	76+750	76+800	52	48	Regular
175.0	124	76+800	76+850	1	99	Excelente
175.0	125	76+850	76+900	66	34	Malo
175.0	126	76+900	76+950	44	56	Bueno
175.0	127	76+950	77+000	20	80	Muy Bueno
175.0	128	77+000	77+050	48	52	Regular
175.0	129	77+050	77+100	34	66	Bueno
175.0	130	77+100	77+150	44	56	Bueno
175.0	131	77+150	77+200	12	88	Excelente
175.0	132	77+200	77+250	2	98	Excelente
175.0	133	77+250	77+300	29	71	Muy Bueno
175.0	134	77+300	77+350	15	85	Excelente
175.0	135	77+350	77+400	11	89	Excelente
175.0	136	77+400	77+450	31	69	Bueno
175.0	137	77+450	77+500	3	97	Excelente
175.0	138	77+500	77+550	30	70	Muy Bueno
175.0	139	77+550	77+600	33	67	Bueno
175.0	140	77+600	77+650	6	94	Excelente
175.0	141	77+650	77+700	6	94	Excelente
175.0	142	77+700	77+750	18	82	Muy Bueno
175.0	143	77+750	77+800	6	94	Excelente
175.0	144	77+800	77+850	36	64	Bueno
175.0	145	77+850	77+900	34	66	Bueno
175.0	146	77+900	77+950	14	86	Excelente
175.0	147	77+950	78+000	8	92	Excelente
175.0	148	78+000	78+050	19	81	Muy Bueno
175.0	149	78+050	78+100	8	92	Excelente
175.0	150	78+100	78+150	21	79	Muy Bueno
175.0	151	78+150	78+200	3	97	Excelente
175.0	152	78+200	78+250	10	90	Excelente
175.0	153	78+250	78+300	1	99	Excelente
175.0	154	78+300	78+350	19	81	Muy Bueno
175.0	155	78+350	78+400	78	22	Muy Malo
175.0	156	78+400	78+450	29	71	Muy Bueno
175.0	157	78+450	78+500	12	88	Excelente
175.0	158	78+500	78+550	9	91	Excelente
175.0	159	78+550	78+600	7	93	Excelente
175.0	160	78+600	78+650	6	94	Excelente
175.0	161	78+650	78+700	3	97	Excelente
175.0	162	78+700	78+750	31	69	Bueno

175.0	163	78+750	78+800	19	81	Muy Bueno
175.0	164	78+800	78+850	38	62	Bueno
175.0	165	78+850	78+900	12	88	Excelente
175.0	166	78+900	78+950	2	98	Excelente
175.0	167	78+950	79+000	24	76	Muy Bueno
175.0	168	79+000	79+050	8	92	Excelente
175.0	169	79+050	79+100	22	78	Muy Bueno
175.0	170	79+100	79+150	31	69	Bueno
175.0	171	79+150	79+200	7	93	Excelente
175.0	172	79+200	79+250	13	87	Excelente
175.0	173	79+250	79+300	23	77	Muy Bueno
175.0	174	79+300	79+350	24	76	Muy Bueno
175.0	175	79+350	79+400	12	88	Excelente
175.0	176	79+400	79+450	15	85	Excelente
175.0	177	79+450	79+500	31	69	Bueno
175.0	178	79+500	79+550	23	77	Muy Bueno
175.0	179	79+550	79+600	5	95	Excelente
175.0	180	79+600	79+650	7	93	Excelente
175.0	181	79+650	79+700	12	88	Excelente
175.0	182	79+700	79+750	28	72	Muy Bueno
175.0	183	79+750	79+800	40	60	Bueno
175.0	184	79+800	79+850	13	87	Excelente
175.0	185	79+850	79+900	13	87	Excelente
175.0	186	79+900	79+950	12	88	Excelente
175.0	187	79+950	80+000	9	91	Excelente
175.0	188	80+000	80+050	4	96	Excelente
175.0	189	80+050	80+100	11	89	Excelente
175.0	190	80+100	80+150	14	86	Excelente
175.0	191	80+150	80+200	17	83	Muy Bueno
175.0	192	80+200	80+250	0	100	Excelente
175.0	193	80+250	80+300	4	96	Excelente
175.0	194	80+300	80+350	2	98	Excelente
175.0	195	80+350	80+400	13	87	Excelente
175.0	196	80+400	80+450	39	61	Bueno
175.0	197	80+450	80+500	61	39	Malo
175.0	198	80+500	80+550	1	99	Excelente
175.0	199	80+550	80+600	7	93	Excelente
175.0	200	80+600	80+650	7	93	Excelente
175.0	201	80+650	80+700	31	69	Bueno
175.0	202	80+700	80+750	6	94	Excelente

175.0	203	80+750	80+800	0	100	Excelente
175.0	204	80+800	80+850	4	96	Excelente
175.0	205	80+850	80+900	2	98	Excelente
175.0	206	80+900	80+950	3	97	Excelente
175.0	207	80+950	81+000	18	82	Muy Bueno
175.0	208	81+000	81+050	42	58	Bueno
175.0	209	81+050	81+100	1	99	Excelente
175.0	210	81+100	81+150	2	98	Excelente
175.0	211	81+150	81+200	1	99	Excelente
175.0	212	81+200	81+250	1	99	Excelente
175.0	213	81+250	81+300	3	97	Excelente
175.0	214	81+300	81+350	2	98	Excelente
175.0	215	81+350	81+400	29	71	Muy Bueno
175.0	216	81+400	81+450	11	89	Excelente
175.0	217	81+450	81+500	22	78	Muy Bueno
175.0	218	81+500	81+550	28	72	Muy Bueno
175.0	219	81+550	81+600	0	100	Excelente
175.0	220	81+600	81+650	23	77	Muy Bueno
175.0	221	81+650	81+700	24	76	Muy Bueno
175.0	222	81+700	81+750	18	82	Muy Bueno
175.0	223	81+750	81+800	10	90	Excelente
175.0	224	81+800	81+850	4	96	Excelente
175.0	225	81+850	81+900	29	71	Muy Bueno
175.0	226	81+900	81+950	3	97	Excelente
175.0	227	81+950	82+000	8	92	Excelente
175.0	228	82+000	82+050	9	91	Excelente
175.0	229	82+050	82+100	25	75	Muy Bueno
175.0	230	82+100	82+150	36	64	Bueno
175.0	231	82+150	82+200	12	88	Excelente
175.0	232	82+200	82+250	15	85	Excelente
175.0	233	82+250	82+300	18	82	Muy Bueno
175.0	234	82+300	82+350	14	86	Excelente
175.0	235	82+350	82+400	0	100	Excelente
175.0	236	82+400	82+450	21	79	Muy Bueno
175.0	237	82+450	82+500	1	99	Excelente
175.0	238	82+500	82+550	19	81	Muy Bueno
175.0	239	82+550	82+600	20	80	Muy Bueno
175.0	240	82+600	82+650	28	72	Muy Bueno
175.0	241	82+650	82+700	7	93	Excelente
175.0	242	82+700	82+750	15	85	Excelente

175.0	243	82+750	82+800	7	93	Excelente
175.0	244	82+800	82+850	6	94	Excelente
175.0	245	82+850	82+900	46	54	Regular
175.0	246	82+900	82+950	9	91	Excelente
175.0	247	82+950	83+000	28	72	Muy Bueno
175.0	248	83+000	83+050	47	53	Regular
175.0	249	83+050	83+100	22	78	Muy Bueno
175.0	250	83+100	83+150	17	83	Muy Bueno
175.0	251	83+150	83+200	44	56	Bueno
175.0	252	83+200	83+250	9	91	Excelente
175.0	253	83+250	83+300	1	99	Excelente
175.0	254	83+300	83+350	1	99	Excelente
175.0	255	83+350	83+400	10	90	Excelente
175.0	256	83+400	83+450	36	64	Bueno
175.0	257	83+450	83+500	10	90	Excelente
175.0	258	83+500	83+550	9	91	Excelente
175.0	259	83+550	83+600	67	33	Malo
175.0	260	83+600	83+650	28	72	Muy Bueno
175.0	261	83+650	83+700	29	71	Muy Bueno
175.0	262	83+700	83+750	12	88	Excelente
175.0	263	83+750	83+800	6	94	Excelente
175.0	264	83+800	83+850	6	94	Excelente
175.0	265	83+850	83+900	39	61	Bueno
175.0	266	83+900	83+950	9	91	Excelente
175.0	267	83+950	84+000	9	91	Excelente

Reporte de PCI Carril 1 a través del software EvalPav, con el método semiautomatizado

(Fuente: Elaboración Propia)

Resultado de PCI Carril 2 – Método Semiautomatizado

Se muestra el reporte de PCI con 267 unidades de muestra cada 50m de longitud y con 175 metros cuadrados que emite el EvalPav, para el Carril 2 con el Método Semiautomatizado, en el cual tenemos un promedio de PCI de 79.58, lo cual significa que el estado del pavimento es Muy Bueno.

Tabla 14.
Resultado de PCI Carril 2 - Método Semiautomatizado

AREA (m ²)	UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	VRC	PCI	CLASIFICACION
175.0	1	70+650	70+700	42	58	Bueno
175.0	2	70+700	70+750	15	85	Excelente
175.0	3	70+750	70+800	10	90	Excelente
175.0	4	70+800	70+850	13	87	Excelente
175.0	5	70+850	70+900	42	58	Bueno
175.0	6	70+900	70+950	8	92	Excelente
175.0	7	70+950	71+000	3	97	Excelente
175.0	8	71+000	71+050	37	63	Bueno
175.0	9	71+050	71+100	34	66	Bueno
175.0	10	71+100	71+150	33	67	Bueno
175.0	11	71+150	71+200	23	77	Muy Bueno
175.0	12	71+200	71+250	39	61	Bueno
175.0	13	71+250	71+300	4	96	Excelente
175.0	14	71+300	71+350	10	90	Excelente
175.0	15	71+350	71+400	49	51	Regular
175.0	16	71+400	71+450	22	78	Muy Bueno
175.0	17	71+450	71+500	5	95	Excelente
175.0	18	71+500	71+550	43	57	Bueno
175.0	19	71+550	71+600	2	98	Excelente
175.0	20	71+600	71+650	11	89	Excelente
175.0	21	71+650	71+700	8	92	Excelente
175.0	22	71+700	71+750	41	59	Bueno
175.0	23	71+750	71+800	31	69	Bueno
175.0	24	71+800	71+850	13	87	Excelente
175.0	25	71+850	71+900	20	80	Muy Bueno
175.0	26	71+900	71+950	9	91	Excelente
175.0	27	71+950	72+000	6	94	Excelente
175.0	28	72+000	72+050	13	87	Excelente
175.0	29	72+050	72+100	16	84	Muy Bueno
175.0	30	72+100	72+150	43	57	Bueno
175.0	31	72+150	72+200	21	79	Muy Bueno
175.0	32	72+200	72+250	27	73	Muy Bueno
175.0	33	72+250	72+300	14	86	Excelente
175.0	34	72+300	72+350	24	76	Muy Bueno
175.0	35	72+350	72+400	48	52	Regular
175.0	36	72+400	72+450	28	72	Muy Bueno

175.0	37	72+450	72+500	33	67	Bueno
175.0	38	72+500	72+550	33	67	Bueno
175.0	39	72+550	72+600	23	77	Muy Bueno
175.0	40	72+600	72+650	23	77	Muy Bueno
175.0	41	72+650	72+700	19	81	Muy Bueno
175.0	42	72+700	72+750	2	98	Excelente
175.0	43	72+750	72+800	33	67	Bueno
175.0	44	72+800	72+850	42	58	Bueno
175.0	45	72+850	72+900	68	32	Malo
175.0	46	72+900	72+950	8	92	Excelente
175.0	47	72+950	73+000	37	63	Bueno
175.0	48	73+000	73+050	1	99	Excelente
175.0	49	73+050	73+100	43	57	Bueno
175.0	50	73+100	73+150	45	55	Bueno
175.0	51	73+150	73+200	11	89	Excelente
175.0	52	73+200	73+250	17	83	Muy Bueno
175.0	53	73+250	73+300	31	69	Bueno
175.0	54	73+300	73+350	30	70	Muy Bueno
175.0	55	73+350	73+400	7	93	Excelente
175.0	56	73+400	73+450	17	83	Muy Bueno
175.0	57	73+450	73+500	36	64	Bueno
175.0	58	73+500	73+550	47	53	Regular
175.0	59	73+550	73+600	25	75	Muy Bueno
175.0	60	73+600	73+650	6	94	Excelente
175.0	61	73+650	73+700	17	83	Muy Bueno
175.0	62	73+700	73+750	24	76	Muy Bueno
175.0	63	73+750	73+800	7	93	Excelente
175.0	64	73+800	73+850	43	57	Bueno
175.0	65	73+850	73+900	79	21	Muy Malo
175.0	66	73+900	73+950	19	81	Muy Bueno
175.0	67	73+950	74+000	29	71	Muy Bueno
175.0	68	74+000	74+050	18	82	Muy Bueno
175.0	69	74+050	74+100	7	93	Excelente
175.0	70	74+100	74+150	16	84	Muy Bueno
175.0	71	74+150	74+200	66	34	Malo
175.0	72	74+200	74+250	44	56	Bueno
175.0	73	74+250	74+300	41	59	Bueno
175.0	74	74+300	74+350	31	69	Bueno
175.0	75	74+350	74+400	18	82	Muy Bueno
175.0	76	74+400	74+450	37	63	Bueno

175.0	77	74+450	74+500	45	55	Bueno
175.0	78	74+500	74+550	14	86	Excelente
175.0	79	74+550	74+600	7	93	Excelente
175.0	80	74+600	74+650	4	96	Excelente
175.0	81	74+650	74+700	16	84	Muy Bueno
175.0	82	74+700	74+750	42	58	Bueno
175.0	83	74+750	74+800	11	89	Excelente
175.0	84	74+800	74+850	12	88	Excelente
175.0	85	74+850	74+900	21	79	Muy Bueno
175.0	86	74+900	74+950	32	68	Bueno
175.0	87	74+950	75+000	42	58	Bueno
175.0	88	75+000	75+050	19	81	Muy Bueno
175.0	89	75+050	75+100	25	75	Muy Bueno
175.0	90	75+100	75+150	9	91	Excelente
175.0	91	75+150	75+200	8	92	Excelente
175.0	92	75+200	75+250	26	74	Muy Bueno
175.0	93	75+250	75+300	39	61	Bueno
175.0	94	75+300	75+350	55	45	Regular
175.0	95	75+350	75+400	6	94	Excelente
175.0	96	75+400	75+450	1	99	Excelente
175.0	97	75+450	75+500	9	91	Excelente
175.0	98	75+500	75+550	31	69	Bueno
175.0	99	75+550	75+600	47	53	Regular
175.0	100	75+600	75+650	32	68	Bueno
175.0	101	75+650	75+700	14	86	Excelente
175.0	102	75+700	75+750	28	72	Muy Bueno
175.0	103	75+750	75+800	22	78	Muy Bueno
175.0	104	75+800	75+850	42	58	Bueno
175.0	105	75+850	75+900	25	75	Muy Bueno
175.0	106	75+900	75+950	11	89	Excelente
175.0	107	75+950	76+000	19	81	Muy Bueno
175.0	108	76+000	76+050	11	89	Excelente
175.0	109	76+050	76+100	53	47	Regular
175.0	110	76+100	76+150	3	97	Excelente
175.0	111	76+150	76+200	13	87	Excelente
175.0	112	76+200	76+250	3	97	Excelente
175.0	113	76+250	76+300	19	81	Muy Bueno
175.0	114	76+300	76+350	21	79	Muy Bueno
175.0	115	76+350	76+400	20	80	Muy Bueno
175.0	116	76+400	76+450	0	100	Excelente

175.0	117	76+450	76+500	7	93	Excelente
175.0	118	76+500	76+550	0	100	Excelente
175.0	119	76+550	76+600	30	70	Muy Bueno
175.0	120	76+600	76+650	51	49	Regular
175.0	121	76+650	76+700	32	68	Bueno
175.0	122	76+700	76+750	10	90	Excelente
175.0	123	76+750	76+800	53	47	Regular
175.0	124	76+800	76+850	5	95	Excelente
175.0	125	76+850	76+900	52	48	Regular
175.0	126	76+900	76+950	42	58	Bueno
175.0	127	76+950	77+000	33	67	Bueno
175.0	128	77+000	77+050	55	45	Regular
175.0	129	77+050	77+100	42	58	Bueno
175.0	130	77+100	77+150	41	59	Bueno
175.0	131	77+150	77+200	9	91	Excelente
175.0	132	77+200	77+250	4	96	Excelente
175.0	133	77+250	77+300	18	82	Muy Bueno
175.0	134	77+300	77+350	21	79	Muy Bueno
175.0	135	77+350	77+400	7	93	Excelente
175.0	136	77+400	77+450	15	85	Excelente
175.0	137	77+450	77+500	0	100	Excelente
175.0	138	77+500	77+550	29	71	Muy Bueno
175.0	139	77+550	77+600	17	83	Muy Bueno
175.0	140	77+600	77+650	0	100	Excelente
175.0	141	77+650	77+700	4	96	Excelente
175.0	142	77+700	77+750	21	79	Muy Bueno
175.0	143	77+750	77+800	2	98	Excelente
175.0	144	77+800	77+850	38	62	Bueno
175.0	145	77+850	77+900	35	65	Bueno
175.0	146	77+900	77+950	4	96	Excelente
175.0	147	77+950	78+000	8	92	Excelente
175.0	148	78+000	78+050	26	74	Muy Bueno
175.0	149	78+050	78+100	21	79	Muy Bueno
175.0	150	78+100	78+150	35	65	Bueno
175.0	151	78+150	78+200	3	97	Excelente
175.0	152	78+200	78+250	20	80	Muy Bueno
175.0	153	78+250	78+300	0	100	Excelente
175.0	154	78+300	78+350	18	82	Muy Bueno
175.0	155	78+350	78+400	86	14	Muy Malo
175.0	156	78+400	78+450	47	53	Regular

175.0	157	78+450	78+500	17	83	Muy Bueno
175.0	158	78+500	78+550	1	99	Excelente
175.0	159	78+550	78+600	5	95	Excelente
175.0	160	78+600	78+650	3	97	Excelente
175.0	161	78+650	78+700	2	98	Excelente
175.0	162	78+700	78+750	37	63	Bueno
175.0	163	78+750	78+800	19	81	Muy Bueno
175.0	164	78+800	78+850	34	66	Bueno
175.0	165	78+850	78+900	13	87	Excelente
175.0	166	78+900	78+950	6	94	Excelente
175.0	167	78+950	79+000	23	77	Muy Bueno
175.0	168	79+000	79+050	9	91	Excelente
175.0	169	79+050	79+100	22	78	Muy Bueno
175.0	170	79+100	79+150	35	65	Bueno
175.0	171	79+150	79+200	9	91	Excelente
175.0	172	79+200	79+250	24	76	Muy Bueno
175.0	173	79+250	79+300	15	85	Excelente
175.0	174	79+300	79+350	19	81	Muy Bueno
175.0	175	79+350	79+400	12	88	Excelente
175.0	176	79+400	79+450	10	90	Excelente
175.0	177	79+450	79+500	30	70	Muy Bueno
175.0	178	79+500	79+550	26	74	Muy Bueno
175.0	179	79+550	79+600	1	99	Excelente
175.0	180	79+600	79+650	5	95	Excelente
175.0	181	79+650	79+700	1	99	Excelente
175.0	182	79+700	79+750	40	60	Bueno
175.0	183	79+750	79+800	28	72	Muy Bueno
175.0	184	79+800	79+850	21	79	Muy Bueno
175.0	185	79+850	79+900	16	84	Muy Bueno
175.0	186	79+900	79+950	18	82	Muy Bueno
175.0	187	79+950	80+000	21	79	Muy Bueno
175.0	188	80+000	80+050	2	98	Excelente
175.0	189	80+050	80+100	0	100	Excelente
175.0	190	80+100	80+150	16	84	Muy Bueno
175.0	191	80+150	80+200	26	74	Muy Bueno
175.0	192	80+200	80+250	0	100	Excelente
175.0	193	80+250	80+300	4	96	Excelente
175.0	194	80+300	80+350	0	100	Excelente
175.0	195	80+350	80+400	5	95	Excelente
175.0	196	80+400	80+450	51	49	Regular

175.0	197	80+450	80+500	59	41	Regular
175.0	198	80+500	80+550	0	100	Excelente
175.0	199	80+550	80+600	7	93	Excelente
175.0	200	80+600	80+650	11	89	Excelente
175.0	201	80+650	80+700	27	73	Muy Bueno
175.0	202	80+700	80+750	5	95	Excelente
175.0	203	80+750	80+800	8	92	Excelente
175.0	204	80+800	80+850	4	96	Excelente
175.0	205	80+850	80+900	1	99	Excelente
175.0	206	80+900	80+950	0	100	Excelente
175.0	207	80+950	81+000	9	91	Excelente
175.0	208	81+000	81+050	48	52	Regular
175.0	209	81+050	81+100	0	100	Excelente
175.0	210	81+100	81+150	5	95	Excelente
175.0	211	81+150	81+200	2	98	Excelente
175.0	212	81+200	81+250	1	99	Excelente
175.0	213	81+250	81+300	2	98	Excelente
175.0	214	81+300	81+350	0	100	Excelente
175.0	215	81+350	81+400	16	84	Muy Bueno
175.0	216	81+400	81+450	2	98	Excelente
175.0	217	81+450	81+500	20	80	Muy Bueno
175.0	218	81+500	81+550	34	66	Bueno
175.0	219	81+550	81+600	3	97	Excelente
175.0	220	81+600	81+650	7	93	Excelente
175.0	221	81+650	81+700	38	62	Bueno
175.0	222	81+700	81+750	20	80	Muy Bueno
175.0	223	81+750	81+800	11	89	Excelente
175.0	224	81+800	81+850	4	96	Excelente
175.0	225	81+850	81+900	22	78	Muy Bueno
175.0	226	81+900	81+950	0	100	Excelente
175.0	227	81+950	82+000	3	97	Excelente
175.0	228	82+000	82+050	11	89	Excelente
175.0	229	82+050	82+100	20	80	Muy Bueno
175.0	230	82+100	82+150	31	69	Bueno
175.0	231	82+150	82+200	14	86	Excelente
175.0	232	82+200	82+250	7	93	Excelente
175.0	233	82+250	82+300	17	83	Muy Bueno
175.0	234	82+300	82+350	18	82	Muy Bueno
175.0	235	82+350	82+400	3	97	Excelente
175.0	236	82+400	82+450	3	97	Excelente

175.0	237	82+450	82+500	4	96	Excelente
175.0	238	82+500	82+550	2	98	Excelente
175.0	239	82+550	82+600	9	91	Excelente
175.0	240	82+600	82+650	32	68	Bueno
175.0	241	82+650	82+700	19	81	Muy Bueno
175.0	242	82+700	82+750	5	95	Excelente
175.0	243	82+750	82+800	8	92	Excelente
175.0	244	82+800	82+850	7	93	Excelente
175.0	245	82+850	82+900	37	63	Bueno
175.0	246	82+900	82+950	20	80	Muy Bueno
175.0	247	82+950	83+000	25	75	Muy Bueno
175.0	248	83+000	83+050	57	43	Regular
175.0	249	83+050	83+100	22	78	Muy Bueno
175.0	250	83+100	83+150	19	81	Muy Bueno
175.0	251	83+150	83+200	37	63	Bueno
175.0	252	83+200	83+250	1	99	Excelente
175.0	253	83+250	83+300	7	93	Excelente
175.0	254	83+300	83+350	0	100	Excelente
175.0	255	83+350	83+400	20	80	Muy Bueno
175.0	256	83+400	83+450	38	62	Bueno
175.0	257	83+450	83+500	16	84	Muy Bueno
175.0	258	83+500	83+550	10	90	Excelente
175.0	259	83+550	83+600	51	49	Regular
175.0	260	83+600	83+650	31	69	Bueno
175.0	261	83+650	83+700	35	65	Bueno
175.0	262	83+700	83+750	12	88	Excelente
175.0	263	83+750	83+800	2	98	Excelente
175.0	264	83+800	83+850	2	98	Excelente
175.0	265	83+850	83+900	40	60	Bueno
175.0	266	83+900	83+950	21	79	Muy Bueno
175.0	267	83+950	84+000	6	94	Excelente

Reporte de PCI Carril 1 a través del software EvalPav, con el método semiautomatizado

(Fuente: Elaboración Propia)

Resultado de PCI Carril 1 – Método LCMS

A continuación, se muestra el reporte de PCI con 267 unidades de muestra cada 50m de longitud y con 175 metros cuadrados que emite el EvalPav, para

el Carril 1 con el Método LCMS, en el cual tenemos un promedio de PCI de 76.18, lo cual significa que el estado del pavimento es Muy Bueno.

Tabla 15.
Resultado de PCI Carril 1 - Método LCMS

AREA (m ²)	UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	VRC	PCI	CLASIFICACION
175.0	1	70+650	70+700	57	43.00	Regular
175.0	2	70+700	70+750	17	83.00	Muy Bueno
175.0	3	70+750	70+800	7	93.00	Excelente
175.0	4	70+800	70+850	14	86.00	Excelente
175.0	5	70+850	70+900	43	57.00	Bueno
175.0	6	70+900	70+950	6	94.00	Excelente
175.0	7	70+950	71+000	10	90.00	Excelente
175.0	8	71+000	71+050	34	66.00	Bueno
175.0	9	71+050	71+100	47	53.00	Regular
175.0	10	71+100	71+150	45	55.00	Bueno
175.0	11	71+150	71+200	20	80.00	Muy Bueno
175.0	12	71+200	71+250	38	62.00	Bueno
175.0	13	71+250	71+300	0	100.00	Excelente
175.0	14	71+300	71+350	10	90.00	Excelente
175.0	15	71+350	71+400	48	52.00	Regular
175.0	16	71+400	71+450	35	65.00	Bueno
175.0	17	71+450	71+500	15	85.00	Excelente
175.0	18	71+500	71+550	39	61.00	Bueno
175.0	19	71+550	71+600	12	88.00	Excelente
175.0	20	71+600	71+650	15	85.00	Excelente
175.0	21	71+650	71+700	12	88.00	Excelente
175.0	22	71+700	71+750	53	47.00	Regular
175.0	23	71+750	71+800	44	56.00	Bueno
175.0	24	71+800	71+850	14	86.00	Excelente
175.0	25	71+850	71+900	26	74.00	Muy Bueno
175.0	26	71+900	71+950	20	80.00	Muy Bueno
175.0	27	71+950	72+000	12	88.00	Excelente
175.0	28	72+000	72+050	11	89.00	Excelente
175.0	29	72+050	72+100	12	88.00	Excelente
175.0	30	72+100	72+150	50	50.00	Regular
175.0	31	72+150	72+200	22	78.00	Muy Bueno
175.0	32	72+200	72+250	40	60.00	Bueno

175.0	33	72+250	72+300	12	88.00	Excelente
175.0	34	72+300	72+350	19	81.00	Muy Bueno
175.0	35	72+350	72+400	49	51.00	Regular
175.0	36	72+400	72+450	23	77.00	Muy Bueno
175.0	37	72+450	72+500	31	69.00	Bueno
175.0	38	72+500	72+550	42	58.00	Bueno
175.0	39	72+550	72+600	18	82.00	Muy Bueno
175.0	40	72+600	72+650	38	62.00	Bueno
175.0	41	72+650	72+700	16	84.00	Muy Bueno
175.0	42	72+700	72+750	14	86.00	Excelente
175.0	43	72+750	72+800	39	61.00	Bueno
175.0	44	72+800	72+850	37	63.00	Bueno
175.0	45	72+850	72+900	65	35.00	Pobre
175.0	46	72+900	72+950	21	79.00	Muy Bueno
175.0	47	72+950	73+000	36	64.00	Bueno
175.0	48	73+000	73+050	10	90.00	Excelente
175.0	49	73+050	73+100	58	42.00	Regular
175.0	50	73+100	73+150	49	51.00	Regular
175.0	51	73+150	73+200	13	87.00	Excelente
175.0	52	73+200	73+250	14	86.00	Excelente
175.0	53	73+250	73+300	30	70.00	Muy Bueno
175.0	54	73+300	73+350	35	65.00	Bueno
175.0	55	73+350	73+400	7	93.00	Excelente
175.0	56	73+400	73+450	25	75.00	Muy Bueno
175.0	57	73+450	73+500	51	49.00	Regular
175.0	58	73+500	73+550	48	52.00	Regular
175.0	59	73+550	73+600	20	80.00	Muy Bueno
175.0	60	73+600	73+650	21	79.00	Muy Bueno
175.0	61	73+650	73+700	31	69.00	Bueno
175.0	62	73+700	73+750	31	69.00	Bueno
175.0	63	73+750	73+800	20	80.00	Muy Bueno
175.0	64	73+800	73+850	41	59.00	Bueno
175.0	65	73+850	73+900	79	21.00	Muy Pobre
175.0	66	73+900	73+950	21	79.00	Muy Bueno
175.0	67	73+950	74+000	41	59.00	Bueno
175.0	68	74+000	74+050	13	87.00	Excelente
175.0	69	74+050	74+100	17	83.00	Muy Bueno
175.0	70	74+100	74+150	16	84.00	Muy Bueno
175.0	71	74+150	74+200	68	32.00	Pobre
175.0	72	74+200	74+250	58	42.00	Regular

175.0	73	74+250	74+300	53	47.00	Regular
175.0	74	74+300	74+350	41	59.00	Bueno
175.0	75	74+350	74+400	15	85.00	Excelente
175.0	76	74+400	74+450	52	48.00	Regular
175.0	77	74+450	74+500	41	59.00	Bueno
175.0	78	74+500	74+550	23	77.00	Muy Bueno
175.0	79	74+550	74+600	12	88.00	Excelente
175.0	80	74+600	74+650	0	100.00	Excelente
175.0	81	74+650	74+700	26	74.00	Muy Bueno
175.0	82	74+700	74+750	37	63.00	Bueno
175.0	83	74+750	74+800	15	85.00	Excelente
175.0	84	74+800	74+850	17	83.00	Muy Bueno
175.0	85	74+850	74+900	32	68.00	Bueno
175.0	86	74+900	74+950	46	54.00	Regular
175.0	87	74+950	75+000	40	60.00	Bueno
175.0	88	75+000	75+050	21	79.00	Muy Bueno
175.0	89	75+050	75+100	23	77.00	Muy Bueno
175.0	90	75+100	75+150	23	77.00	Muy Bueno
175.0	91	75+150	75+200	12	88.00	Excelente
175.0	92	75+200	75+250	34	66.00	Bueno
175.0	93	75+250	75+300	52	48.00	Regular
175.0	94	75+300	75+350	66	34.00	Pobre
175.0	95	75+350	75+400	18	82.00	Muy Bueno
175.0	96	75+400	75+450	0	100.00	Excelente
175.0	97	75+450	75+500	22	78.00	Muy Bueno
175.0	98	75+500	75+550	42	58.00	Bueno
175.0	99	75+550	75+600	47	53.00	Regular
175.0	100	75+600	75+650	27	73.00	Muy Bueno
175.0	101	75+650	75+700	14	86.00	Excelente
175.0	102	75+700	75+750	26	74.00	Muy Bueno
175.0	103	75+750	75+800	30	70.00	Muy Bueno
175.0	104	75+800	75+850	45	55.00	Bueno
175.0	105	75+850	75+900	39	61.00	Bueno
175.0	106	75+900	75+950	15	85.00	Excelente
175.0	107	75+950	76+000	16	84.00	Muy Bueno
175.0	108	76+000	76+050	21	79.00	Muy Bueno
175.0	109	76+050	76+100	56	44.00	Regular
175.0	110	76+100	76+150	2	98.00	Excelente
175.0	111	76+150	76+200	13	87.00	Excelente
175.0	112	76+200	76+250	0	100.00	Excelente

175.0	113	76+250	76+300	19	81.00	Muy Bueno
175.0	114	76+300	76+350	19	81.00	Muy Bueno
175.0	115	76+350	76+400	27	73.00	Muy Bueno
175.0	116	76+400	76+450	0	100.00	Excelente
175.0	117	76+450	76+500	8	92.00	Excelente
175.0	118	76+500	76+550	0	100.00	Excelente
175.0	119	76+550	76+600	45	55.00	Bueno
175.0	120	76+600	76+650	46	54.00	Regular
175.0	121	76+650	76+700	34	66.00	Bueno
175.0	122	76+700	76+750	10	90.00	Excelente
175.0	123	76+750	76+800	50	50.00	Regular
175.0	124	76+800	76+850	0	100.00	Excelente
175.0	125	76+850	76+900	65	35.00	Pobre
175.0	126	76+900	76+950	47	53.00	Regular
175.0	127	76+950	77+000	28	72.00	Muy Bueno
175.0	128	77+000	77+050	54	46.00	Regular
175.0	129	77+050	77+100	49	51.00	Regular
175.0	130	77+100	77+150	44	56.00	Bueno
175.0	131	77+150	77+200	18	82.00	Muy Bueno
175.0	132	77+200	77+250	5	95.00	Excelente
175.0	133	77+250	77+300	30	70.00	Muy Bueno
175.0	134	77+300	77+350	16	84.00	Muy Bueno
175.0	135	77+350	77+400	8	92.00	Excelente
175.0	136	77+400	77+450	30	70.00	Muy Bueno
175.0	137	77+450	77+500	0	100.00	Excelente
175.0	138	77+500	77+550	39	61.00	Bueno
175.0	139	77+550	77+600	28	72.00	Muy Bueno
175.0	140	77+600	77+650	4	96.00	Excelente
175.0	141	77+650	77+700	3	97.00	Excelente
175.0	142	77+700	77+750	32	68.00	Bueno
175.0	143	77+750	77+800	4	96.00	Excelente
175.0	144	77+800	77+850	35	65.00	Bueno
175.0	145	77+850	77+900	37	63.00	Bueno
175.0	146	77+900	77+950	17	83.00	Muy Bueno
175.0	147	77+950	78+000	6	94.00	Excelente
175.0	148	78+000	78+050	29	71.00	Muy Bueno
175.0	149	78+050	78+100	18	82.00	Muy Bueno
175.0	150	78+100	78+150	31	69.00	Bueno
175.0	151	78+150	78+200	0	100.00	Excelente
175.0	152	78+200	78+250	22	78.00	Muy Bueno

175.0	153	78+250	78+300	0	100.00	Excelente
175.0	154	78+300	78+350	17	83.00	Muy Bueno
175.0	155	78+350	78+400	82	18.00	Muy Pobre
175.0	156	78+400	78+450	43	57.00	Bueno
175.0	157	78+450	78+500	13	87.00	Excelente
175.0	158	78+500	78+550	12	88.00	Excelente
175.0	159	78+550	78+600	7	93.00	Excelente
175.0	160	78+600	78+650	4	96.00	Excelente
175.0	161	78+650	78+700	0	100.00	Excelente
175.0	162	78+700	78+750	39	61.00	Bueno
175.0	163	78+750	78+800	18	82.00	Muy Bueno
175.0	164	78+800	78+850	37	63.00	Bueno
175.0	165	78+850	78+900	10	90.00	Excelente
175.0	166	78+900	78+950	1	99.00	Excelente
175.0	167	78+950	79+000	37	63.00	Bueno
175.0	168	79+000	79+050	20	80.00	Muy Bueno
175.0	169	79+050	79+100	20	80.00	Muy Bueno
175.0	170	79+100	79+150	31	69.00	Bueno
175.0	171	79+150	79+200	15	85.00	Excelente
175.0	172	79+200	79+250	19	81.00	Muy Bueno
175.0	173	79+250	79+300	18	82.00	Muy Bueno
175.0	174	79+300	79+350	21	79.00	Muy Bueno
175.0	175	79+350	79+400	11	89.00	Excelente
175.0	176	79+400	79+450	12	88.00	Excelente
175.0	177	79+450	79+500	32	68.00	Bueno
175.0	178	79+500	79+550	27	73.00	Muy Bueno
175.0	179	79+550	79+600	0	100.00	Excelente
175.0	180	79+600	79+650	10	90.00	Excelente
175.0	181	79+650	79+700	13	87.00	Excelente
175.0	182	79+700	79+750	35	65.00	Bueno
175.0	183	79+750	79+800	37	63.00	Bueno
175.0	184	79+800	79+850	28	72.00	Muy Bueno
175.0	185	79+850	79+900	20	80.00	Muy Bueno
175.0	186	79+900	79+950	20	80.00	Muy Bueno
175.0	187	79+950	80+000	21	79.00	Muy Bueno
175.0	188	80+000	80+050	14	86.00	Excelente
175.0	189	80+050	80+100	9	91.00	Excelente
175.0	190	80+100	80+150	11	89.00	Excelente
175.0	191	80+150	80+200	23	77.00	Muy Bueno
175.0	192	80+200	80+250	-1	100.00	Excelente

175.0	193	80+250	80+300	16	84.00	Muy Bueno
175.0	194	80+300	80+350	0	100.00	Excelente
175.0	195	80+350	80+400	17	83.00	Muy Bueno
175.0	196	80+400	80+450	46	54.00	Regular
175.0	197	80+450	80+500	69	31.00	Pobre
175.0	198	80+500	80+550	1	99.00	Excelente
175.0	199	80+550	80+600	21	79.00	Muy Bueno
175.0	200	80+600	80+650	10	90.00	Excelente
175.0	201	80+650	80+700	40	60.00	Bueno
175.0	202	80+700	80+750	6	94.00	Excelente
175.0	203	80+750	80+800	6	94.00	Excelente
175.0	204	80+800	80+850	7	93.00	Excelente
175.0	205	80+850	80+900	0	100.00	Excelente
175.0	206	80+900	80+950	0	100.00	Excelente
175.0	207	80+950	81+000	22	78.00	Muy Bueno
175.0	208	81+000	81+050	43	57.00	Bueno
175.0	209	81+050	81+100	0	100.00	Excelente
175.0	210	81+100	81+150	6	94.00	Excelente
175.0	211	81+150	81+200	0	100.00	Excelente
175.0	212	81+200	81+250	0	100.00	Excelente
175.0	213	81+250	81+300	0	100.00	Excelente
175.0	214	81+300	81+350	0	100.00	Excelente
175.0	215	81+350	81+400	28	72.00	Muy Bueno
175.0	216	81+400	81+450	9	91.00	Excelente
175.0	217	81+450	81+500	29	71.00	Muy Bueno
175.0	218	81+500	81+550	37	63.00	Bueno
175.0	219	81+550	81+600	0	100.00	Excelente
175.0	220	81+600	81+650	21	79.00	Muy Bueno
175.0	221	81+650	81+700	35	65.00	Bueno
175.0	222	81+700	81+750	18	82.00	Muy Bueno
175.0	223	81+750	81+800	12	88.00	Excelente
175.0	224	81+800	81+850	4	96.00	Excelente
175.0	225	81+850	81+900	30	70.00	Muy Bueno
175.0	226	81+900	81+950	0	100.00	Excelente
175.0	227	81+950	82+000	6	94.00	Excelente
175.0	228	82+000	82+050	16	84.00	Muy Bueno
175.0	229	82+050	82+100	22	78.00	Muy Bueno
175.0	230	82+100	82+150	38	62.00	Bueno
175.0	231	82+150	82+200	19	81.00	Muy Bueno
175.0	232	82+200	82+250	15	85.00	Excelente

175.0	233	82+250	82+300	20	80.00	Muy Bueno
175.0	234	82+300	82+350	16	84.00	Muy Bueno
175.0	235	82+350	82+400	0	100.00	Excelente
175.0	236	82+400	82+450	17	83.00	Muy Bueno
175.0	237	82+450	82+500	8	92.00	Excelente
175.0	238	82+500	82+550	16	84.00	Muy Bueno
175.0	239	82+550	82+600	17	83.00	Muy Bueno
175.0	240	82+600	82+650	28	72.00	Muy Bueno
175.0	241	82+650	82+700	17	83.00	Muy Bueno
175.0	242	82+700	82+750	17	83.00	Muy Bueno
175.0	243	82+750	82+800	14	86.00	Excelente
175.0	244	82+800	82+850	4	96.00	Excelente
175.0	245	82+850	82+900	47	53.00	Regular
175.0	246	82+900	82+950	16	84.00	Muy Bueno
175.0	247	82+950	83+000	37	63.00	Bueno
175.0	248	83+000	83+050	61	39.00	Pobre
175.0	249	83+050	83+100	21	79.00	Muy Bueno
175.0	250	83+100	83+150	18	82.00	Muy Bueno
175.0	251	83+150	83+200	39	61.00	Bueno
175.0	252	83+200	83+250	13	87.00	Excelente
175.0	253	83+250	83+300	15	85.00	Excelente
175.0	254	83+300	83+350	0	100.00	Excelente
175.0	255	83+350	83+400	15	85.00	Excelente
175.0	256	83+400	83+450	33	67.00	Bueno
175.0	257	83+450	83+500	25	75.00	Muy Bueno
175.0	258	83+500	83+550	5	95.00	Excelente
175.0	259	83+550	83+600	63	37.00	Pobre
175.0	260	83+600	83+650	42	58.00	Bueno
175.0	261	83+650	83+700	38	62.00	Bueno
175.0	262	83+700	83+750	9	91.00	Excelente
175.0	263	83+750	83+800	1	99.00	Excelente
175.0	264	83+800	83+850	12	88.00	Excelente
175.0	265	83+850	83+900	37	63.00	Bueno
175.0	266	83+900	83+950	17	83.00	Muy Bueno
175.0	267	83+950	84+000	9	91.00	Excelente

Reporte de PCI Carril 1 a través del software EvalPav, con el método LCMS (Fuente:

Elaboración Propia)

Resultado de PCI Carril 2 – Método LCMS

A continuación, se muestra el reporte de PCI con 267 unidades de muestra cada 50m de longitud y con 175 metros cuadrados que emite el EvalPav, para el Carril 2 con el Método LCMS, en el cual tenemos un promedio de PCI de 76.10, lo cual significa que el estado del pavimento es Muy Bueno.

Tabla 16.

Resultado de PCI Carril 2 - Método LCMS

AREA (m ²)	UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	VRC	PCI	CLASIFICACION
175.0	1	70+650	70+700	54	46	Regular
175.0	2	70+700	70+750	17	83	Muy Bueno
175.0	3	70+750	70+800	11	89	Excelente
175.0	4	70+800	70+850	11	89	Excelente
175.0	5	70+850	70+900	48	52	Regular
175.0	6	70+900	70+950	10	90	Excelente
175.0	7	70+950	71+000	16	84	Muy Bueno
175.0	8	71+000	71+050	33	67	Bueno
175.0	9	71+050	71+100	46	54	Regular
175.0	10	71+100	71+150	40	60	Bueno
175.0	11	71+150	71+200	25	75	Muy Bueno
175.0	12	71+200	71+250	36	64	Bueno
175.0	13	71+250	71+300	0	100	Excelente
175.0	14	71+300	71+350	14	86	Excelente
175.0	15	71+350	71+400	43	57	Bueno
175.0	16	71+400	71+450	37	63	Bueno
175.0	17	71+450	71+500	12	88	Excelente
175.0	18	71+500	71+550	41	59	Bueno
175.0	19	71+550	71+600	16	84	Muy Bueno
175.0	20	71+600	71+650	13	87	Excelente
175.0	21	71+650	71+700	8	92	Excelente
175.0	22	71+700	71+750	50	50	Regular
175.0	23	71+750	71+800	46	54	Regular
175.0	24	71+800	71+850	12	88	Excelente
175.0	25	71+850	71+900	23	77	Muy Bueno
175.0	26	71+900	71+950	14	86	Excelente
175.0	27	71+950	72+000	17	83	Muy Bueno
175.0	28	72+000	72+050	7	93	Excelente

175.0	29	72+050	72+100	13	87	Excelente
175.0	30	72+100	72+150	44	56	Bueno
175.0	31	72+150	72+200	24	76	Muy Bueno
175.0	32	72+200	72+250	39	61	Bueno
175.0	33	72+250	72+300	8	92	Excelente
175.0	34	72+300	72+350	17	83	Muy Bueno
175.0	35	72+350	72+400	50	50	Regular
175.0	36	72+400	72+450	28	72	Muy Bueno
175.0	37	72+450	72+500	36	64	Bueno
175.0	38	72+500	72+550	46	54	Regular
175.0	39	72+550	72+600	16	84	Muy Bueno
175.0	40	72+600	72+650	33	67	Bueno
175.0	41	72+650	72+700	22	78	Muy Bueno
175.0	42	72+700	72+750	17	83	Muy Bueno
175.0	43	72+750	72+800	41	59	Bueno
175.0	44	72+800	72+850	43	57	Bueno
175.0	45	72+850	72+900	69	31	Malo
175.0	46	72+900	72+950	21	79	Muy Bueno
175.0	47	72+950	73+000	36	64	Bueno
175.0	48	73+000	73+050	9	91	Excelente
175.0	49	73+050	73+100	53	47	Regular
175.0	50	73+100	73+150	49	51	Regular
175.0	51	73+150	73+200	11	89	Excelente
175.0	52	73+200	73+250	8	92	Excelente
175.0	53	73+250	73+300	28	72	Muy Bueno
175.0	54	73+300	73+350	32	68	Bueno
175.0	55	73+350	73+400	13	87	Excelente
175.0	56	73+400	73+450	20	80	Muy Bueno
175.0	57	73+450	73+500	55	45	Regular
175.0	58	73+500	73+550	52	48	Regular
175.0	59	73+550	73+600	18	82	Muy Bueno
175.0	60	73+600	73+650	19	81	Muy Bueno
175.0	61	73+650	73+700	26	74	Muy Bueno
175.0	62	73+700	73+750	28	72	Muy Bueno
175.0	63	73+750	73+800	23	77	Muy Bueno
175.0	64	73+800	73+850	47	53	Regular
175.0	65	73+850	73+900	73	27	Malo
175.0	66	73+900	73+950	27	73	Muy Bueno
175.0	67	73+950	74+000	41	59	Bueno
175.0	68	74+000	74+050	16	84	Muy Bueno

175.0	69	74+050	74+100	18	82	Muy Bueno
175.0	70	74+100	74+150	17	83	Muy Bueno
175.0	71	74+150	74+200	74	26	Malo
175.0	72	74+200	74+250	52	48	Regular
175.0	73	74+250	74+300	57	43	Regular
175.0	74	74+300	74+350	38	62	Bueno
175.0	75	74+350	74+400	17	83	Muy Bueno
175.0	76	74+400	74+450	49	51	Regular
175.0	77	74+450	74+500	40	60	Bueno
175.0	78	74+500	74+550	19	81	Muy Bueno
175.0	79	74+550	74+600	10	90	Excelente
175.0	80	74+600	74+650	0	100	Excelente
175.0	81	74+650	74+700	31	69	Bueno
175.0	82	74+700	74+750	43	57	Bueno
175.0	83	74+750	74+800	17	83	Muy Bueno
175.0	84	74+800	74+850	13	87	Excelente
175.0	85	74+850	74+900	34	66	Bueno
175.0	86	74+900	74+950	46	54	Regular
175.0	87	74+950	75+000	36	64	Bueno
175.0	88	75+000	75+050	27	73	Muy Bueno
175.0	89	75+050	75+100	18	82	Muy Bueno
175.0	90	75+100	75+150	27	73	Muy Bueno
175.0	91	75+150	75+200	18	82	Muy Bueno
175.0	92	75+200	75+250	36	64	Bueno
175.0	93	75+250	75+300	48	52	Regular
175.0	94	75+300	75+350	69	31	Malo
175.0	95	75+350	75+400	24	76	Muy Bueno
175.0	96	75+400	75+450	0	100	Excelente
175.0	97	75+450	75+500	24	76	Muy Bueno
175.0	98	75+500	75+550	46	54	Regular
175.0	99	75+550	75+600	49	51	Regular
175.0	100	75+600	75+650	28	72	Muy Bueno
175.0	101	75+650	75+700	10	90	Excelente
175.0	102	75+700	75+750	22	78	Muy Bueno
175.0	103	75+750	75+800	36	64	Bueno
175.0	104	75+800	75+850	42	58	Bueno
175.0	105	75+850	75+900	43	57	Bueno
175.0	106	75+900	75+950	19	81	Muy Bueno
175.0	107	75+950	76+000	18	82	Muy Bueno
175.0	108	76+000	76+050	21	79	Muy Bueno

175.0	109	76+050	76+100	57	43	Regular
175.0	110	76+100	76+150	2	98	Excelente
175.0	111	76+150	76+200	10	90	Excelente
175.0	112	76+200	76+250	0	100	Excelente
175.0	113	76+250	76+300	21	79	Muy Bueno
175.0	114	76+300	76+350	25	75	Muy Bueno
175.0	115	76+350	76+400	26	74	Muy Bueno
175.0	116	76+400	76+450	5	95	Excelente
175.0	117	76+450	76+500	13	87	Excelente
175.0	118	76+500	76+550	3	97	Excelente
175.0	119	76+550	76+600	46	54	Regular
175.0	120	76+600	76+650	49	51	Regular
175.0	121	76+650	76+700	31	69	Bueno
175.0	122	76+700	76+750	11	89	Excelente
175.0	123	76+750	76+800	46	54	Regular
175.0	124	76+800	76+850	4	96	Excelente
175.0	125	76+850	76+900	69	31	Malo
175.0	126	76+900	76+950	52	48	Regular
175.0	127	76+950	77+000	33	67	Bueno
175.0	128	77+000	77+050	49	51	Regular
175.0	129	77+050	77+100	51	49	Regular
175.0	130	77+100	77+150	47	53	Regular
175.0	131	77+150	77+200	17	83	Muy Bueno
175.0	132	77+200	77+250	0	100	Excelente
175.0	133	77+250	77+300	28	72	Muy Bueno
175.0	134	77+300	77+350	12	88	Excelente
175.0	135	77+350	77+400	8	92	Excelente
175.0	136	77+400	77+450	34	66	Bueno
175.0	137	77+450	77+500	1	99	Excelente
175.0	138	77+500	77+550	39	61	Bueno
175.0	139	77+550	77+600	32	68	Bueno
175.0	140	77+600	77+650	5	95	Excelente
175.0	141	77+650	77+700	4	96	Excelente
175.0	142	77+700	77+750	35	65	Bueno
175.0	143	77+750	77+800	0	100	Excelente
175.0	144	77+800	77+850	37	63	Bueno
175.0	145	77+850	77+900	40	60	Bueno
175.0	146	77+900	77+950	11	89	Excelente
175.0	147	77+950	78+000	9	91	Excelente
175.0	148	78+000	78+050	25	75	Muy Bueno

175.0	149	78+050	78+100	22	78	Muy Bueno
175.0	150	78+100	78+150	25	75	Muy Bueno
175.0	151	78+150	78+200	5	95	Excelente
175.0	152	78+200	78+250	16	84	Muy Bueno
175.0	153	78+250	78+300	0	100	Excelente
175.0	154	78+300	78+350	15	85	Excelente
175.0	155	78+350	78+400	87	13	Muy Malo
175.0	156	78+400	78+450	42	58	Bueno
175.0	157	78+450	78+500	7	93	Excelente
175.0	158	78+500	78+550	8	92	Excelente
175.0	159	78+550	78+600	10	90	Excelente
175.0	160	78+600	78+650	9	91	Excelente
175.0	161	78+650	78+700	0	100	Excelente
175.0	162	78+700	78+750	37	63	Bueno
175.0	163	78+750	78+800	22	78	Muy Bueno
175.0	164	78+800	78+850	36	64	Bueno
175.0	165	78+850	78+900	8	92	Excelente
175.0	166	78+900	78+950	5	95	Excelente
175.0	167	78+950	79+000	33	67	Bueno
175.0	168	79+000	79+050	26	74	Muy Bueno
175.0	169	79+050	79+100	15	85	Excelente
175.0	170	79+100	79+150	29	71	Muy Bueno
175.0	171	79+150	79+200	9	91	Excelente
175.0	172	79+200	79+250	13	87	Excelente
175.0	173	79+250	79+300	16	84	Muy Bueno
175.0	174	79+300	79+350	20	80	Muy Bueno
175.0	175	79+350	79+400	8	92	Excelente
175.0	176	79+400	79+450	8	92	Excelente
175.0	177	79+450	79+500	38	62	Bueno
175.0	178	79+500	79+550	24	76	Muy Bueno
175.0	179	79+550	79+600	2	98	Excelente
175.0	180	79+600	79+650	9	91	Excelente
175.0	181	79+650	79+700	19	81	Muy Bueno
175.0	182	79+700	79+750	38	62	Bueno
175.0	183	79+750	79+800	35	65	Bueno
175.0	184	79+800	79+850	25	75	Muy Bueno
175.0	185	79+850	79+900	15	85	Excelente
175.0	186	79+900	79+950	18	82	Muy Bueno
175.0	187	79+950	80+000	22	78	Muy Bueno
175.0	188	80+000	80+050	9	91	Excelente

175.0	189	80+050	80+100	4	96	Excelente
175.0	190	80+100	80+150	13	87	Excelente
175.0	191	80+150	80+200	27	73	Muy Bueno
175.0	192	80+200	80+250	0	100	Excelente
175.0	193	80+250	80+300	13	87	Excelente
175.0	194	80+300	80+350	1	99	Excelente
175.0	195	80+350	80+400	20	80	Muy Bueno
175.0	196	80+400	80+450	44	56	Bueno
175.0	197	80+450	80+500	75	25	Malo
175.0	198	80+500	80+550	0	100	Excelente
175.0	199	80+550	80+600	20	80	Muy Bueno
175.0	200	80+600	80+650	5	95	Excelente
175.0	201	80+650	80+700	36	64	Bueno
175.0	202	80+700	80+750	0	100	Excelente
175.0	203	80+750	80+800	5	95	Excelente
175.0	204	80+800	80+850	6	94	Excelente
175.0	205	80+850	80+900	0	100	Excelente
175.0	206	80+900	80+950	0	100	Excelente
175.0	207	80+950	81+000	17	83	Muy Bueno
175.0	208	81+000	81+050	47	53	Regular
175.0	209	81+050	81+100	0	100	Excelente
175.0	210	81+100	81+150	11	89	Excelente
175.0	211	81+150	81+200	0	100	Excelente
175.0	212	81+200	81+250	0	100	Excelente
175.0	213	81+250	81+300	1	99	Excelente
175.0	214	81+300	81+350	1	99	Excelente
175.0	215	81+350	81+400	34	66	Bueno
175.0	216	81+400	81+450	14	86	Excelente
175.0	217	81+450	81+500	24	76	Muy Bueno
175.0	218	81+500	81+550	32	68	Bueno
175.0	219	81+550	81+600	4	96	Excelente
175.0	220	81+600	81+650	15	85	Excelente
175.0	221	81+650	81+700	38	62	Bueno
175.0	222	81+700	81+750	21	79	Muy Bueno
175.0	223	81+750	81+800	18	82	Muy Bueno
175.0	224	81+800	81+850	6	94	Excelente
175.0	225	81+850	81+900	29	71	Muy Bueno
175.0	226	81+900	81+950	1	99	Excelente
175.0	227	81+950	82+000	8	92	Excelente
175.0	228	82+000	82+050	21	79	Muy Bueno

175.0	229	82+050	82+100	17	83	Muy Bueno
175.0	230	82+100	82+150	35	65	Bueno
175.0	231	82+150	82+200	20	80	Muy Bueno
175.0	232	82+200	82+250	11	89	Excelente
175.0	233	82+250	82+300	24	76	Muy Bueno
175.0	234	82+300	82+350	17	83	Muy Bueno
175.0	235	82+350	82+400	0	100	Excelente
175.0	236	82+400	82+450	18	82	Muy Bueno
175.0	237	82+450	82+500	13	87	Excelente
175.0	238	82+500	82+550	22	78	Muy Bueno
175.0	239	82+550	82+600	23	77	Muy Bueno
175.0	240	82+600	82+650	25	75	Muy Bueno
175.0	241	82+650	82+700	20	80	Muy Bueno
175.0	242	82+700	82+750	16	84	Muy Bueno
175.0	243	82+750	82+800	9	91	Excelente
175.0	244	82+800	82+850	0	100	Excelente
175.0	245	82+850	82+900	42	58	Bueno
175.0	246	82+900	82+950	13	87	Excelente
175.0	247	82+950	83+000	37	63	Bueno
175.0	248	83+000	83+050	55	45	Regular
175.0	249	83+050	83+100	18	82	Muy Bueno
175.0	250	83+100	83+150	22	78	Muy Bueno
175.0	251	83+150	83+200	34	66	Bueno
175.0	252	83+200	83+250	17	83	Muy Bueno
175.0	253	83+250	83+300	10	90	Excelente
175.0	254	83+300	83+350	5	95	Excelente
175.0	255	83+350	83+400	16	84	Muy Bueno
175.0	256	83+400	83+450	33	67	Bueno
175.0	257	83+450	83+500	22	78	Muy Bueno
175.0	258	83+500	83+550	7	93	Excelente
175.0	259	83+550	83+600	62	38	Malo
175.0	260	83+600	83+650	40	60	Bueno
175.0	261	83+650	83+700	42	58	Bueno
175.0	262	83+700	83+750	4	96	Excelente
175.0	263	83+750	83+800	1	99	Excelente
175.0	264	83+800	83+850	7	93	Excelente
175.0	265	83+850	83+900	33	67	Bueno
175.0	266	83+900	83+950	15	85	Excelente
175.0	267	83+950	84+000	5	95	Excelente

Reporte de PCI Carril 2, software EvalPav, con el método LCMS (Fuente: Elaboración Propia)

Representación Gráfica de PCI

A continuación, se realiza la representación gráfica de la comparación de PCI obtenidos mediante el método Semiautomatizado y el equipo LCMS, se observa de las Figura 56 y 57 el comparativo de PCI de ambos carriles indicando la progresiva de inicio y fin.

Asimismo, las líneas horizontales indican el promedio de PCI de cada método.

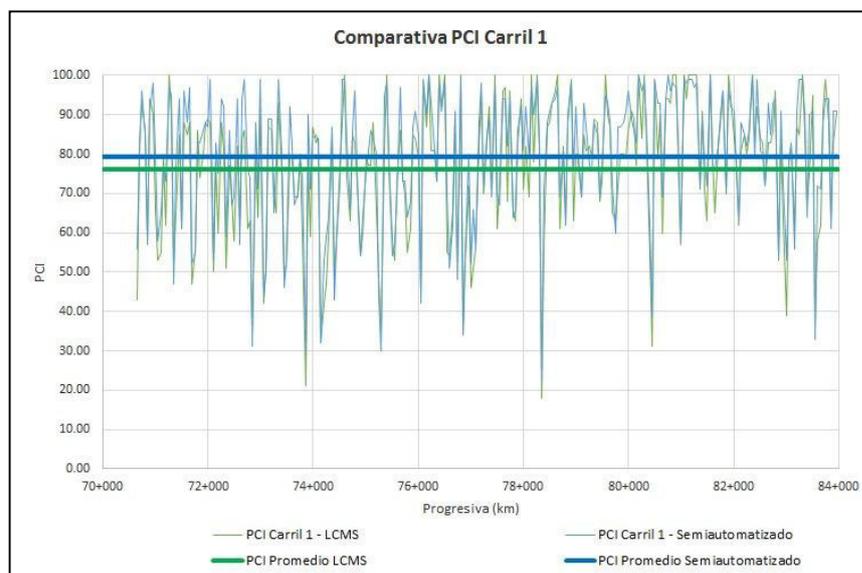


Figura 56. Comparación de PCI Carril 1 - Ambos métodos (Fuente: Elaboración Propia)

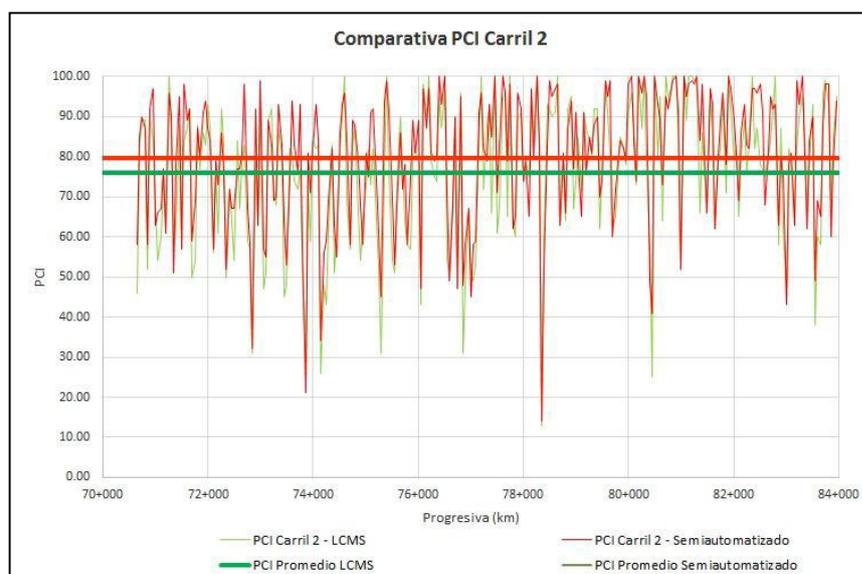


Figura 57. Comparación de PCI Carril 2 - Ambos métodos (Fuente: Elaboración Propia)

Tabla 17.
Esquematación de resultados de PCI

	Semiautomatizado		LCMS	
	Carril 1	Carril 2	Carril 1	Carril 2
PCI/Carril	79.39	79.58	76.18	76.1
Promedio de PCI	79.49		76.14	
% de Eficiencia	95.79%			

(Fuente: Elaboración Propia)

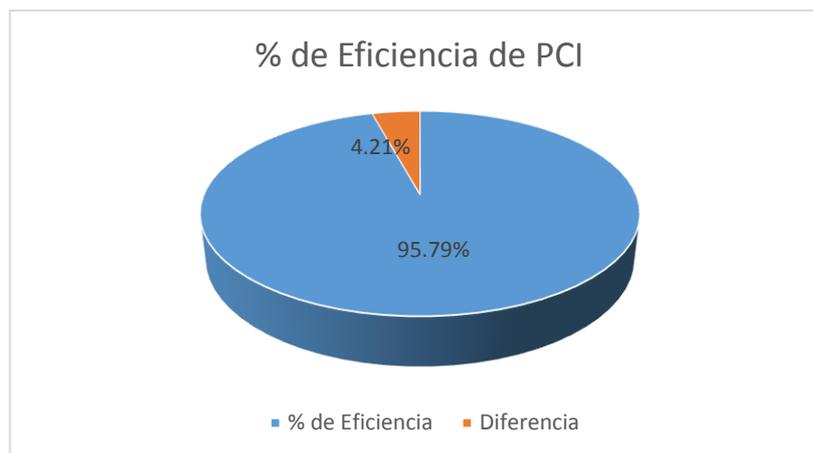


Figura 58. Indicador de Eficiencia del equipo LCMS (Fuente: Elaboración Propia)

- **Interpretación**

En cuanto a los indicadores de PCI del Método Semiautomatizado y equipo LCMS, se visualiza que existe un alto grado de eficiencia de 95.75% con respecto al Método Semiautomatizado, logrando calificar al pavimento en un estado Muy Bueno según la escala de PCI. Por lo tanto:

Se acepta la hipótesis alterna (Ha)

Se rechaza la hipótesis nula (H0)

6.2.2 Resultado de Grietas Longitudinales y Transversales

A continuación, se muestra la representación gráfica del porcentaje de grietas longitudinales y transversales de ambos carriles realizadas con el método Semiautomatizado y el equipo LCMS en sectores cada 50 metros.

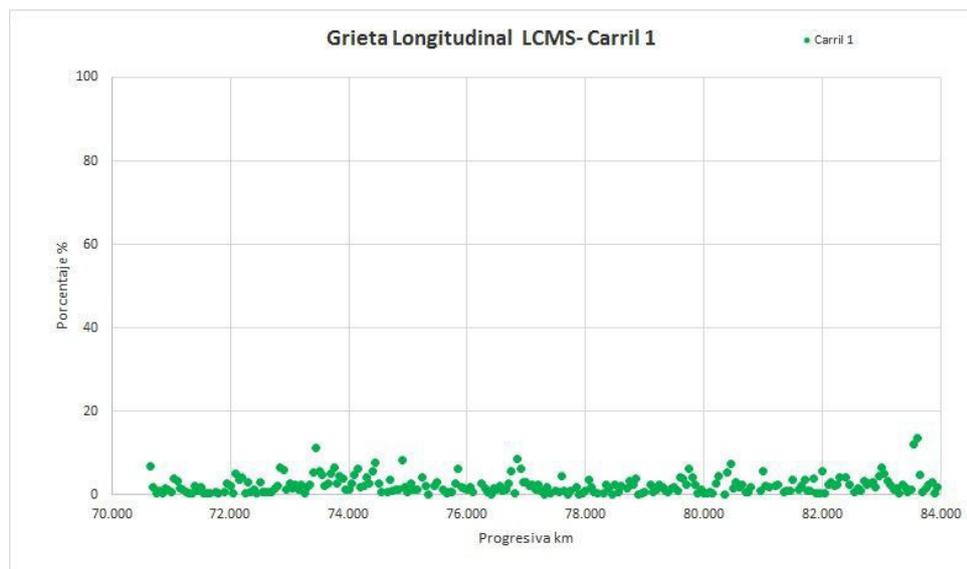
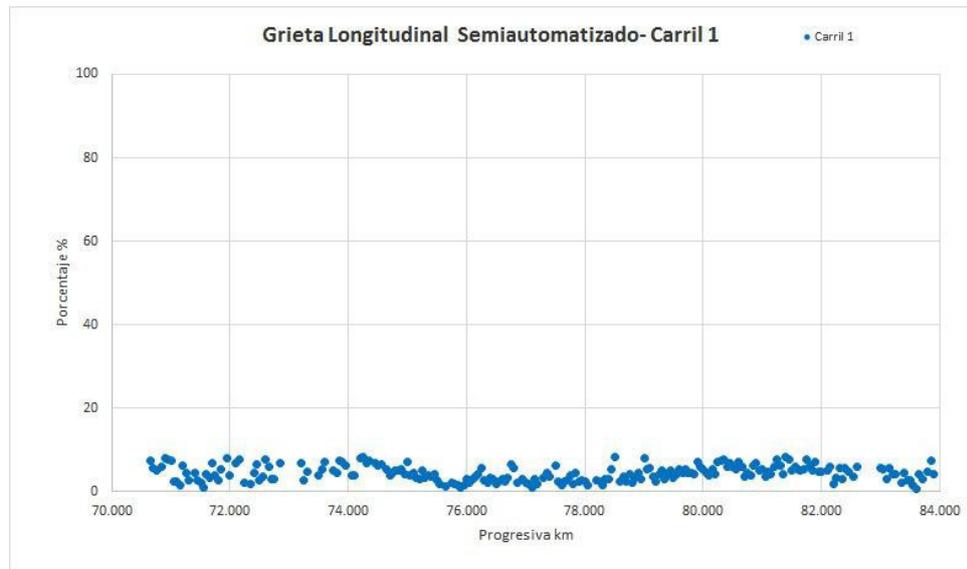


Figura 59. Gráficos de dispersión de Grietas Longitudinales – Carril 1 cada 50m. (Fuente: Elaboración Propia)

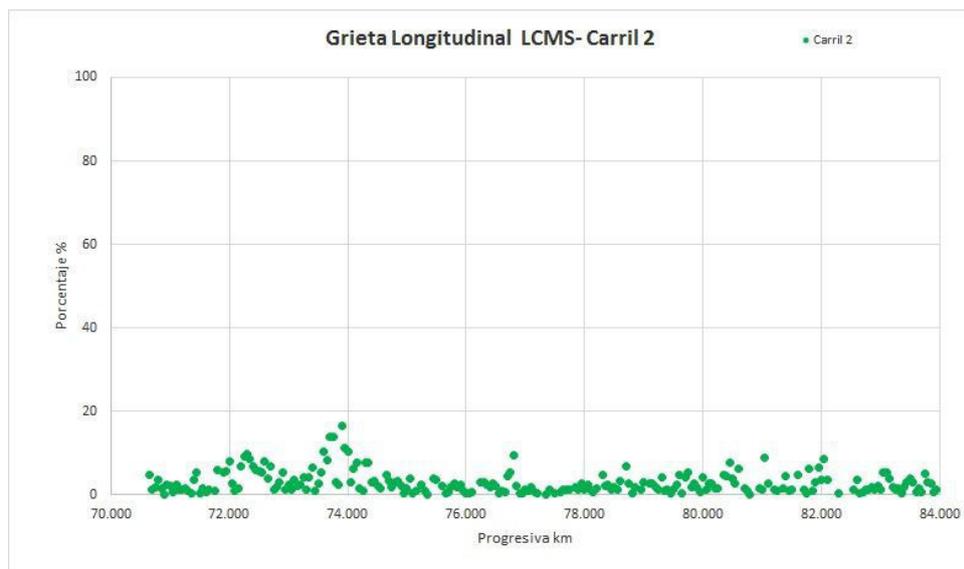
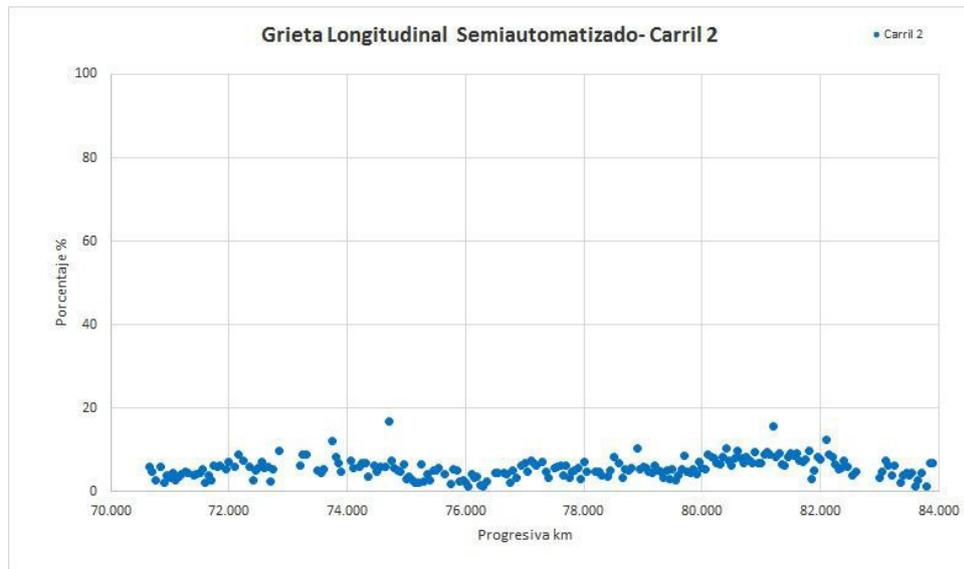


Figura 60. Gráficos de dispersión de Grietas Longitudinales – Carril 2 cada 50m. (Fuente: Elaboración Propia)

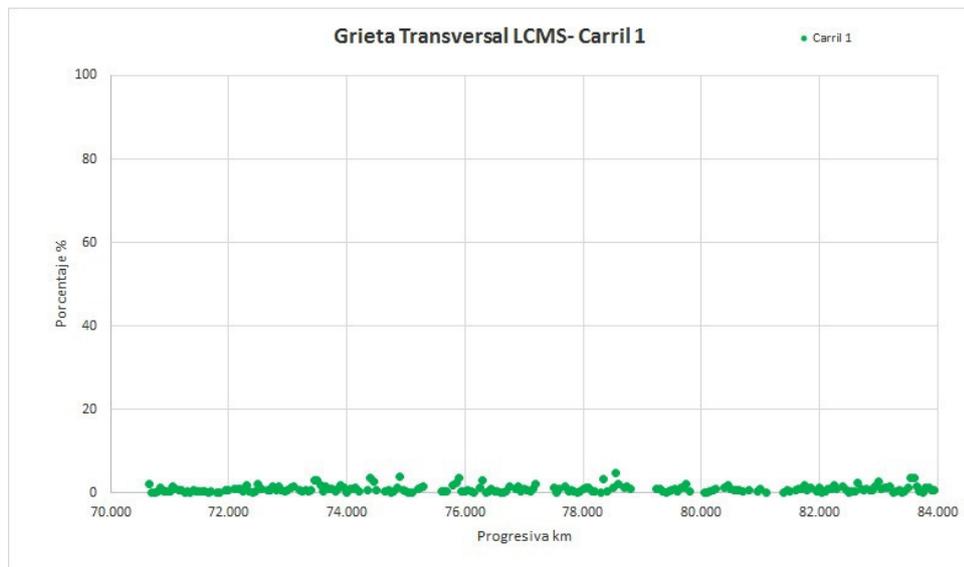
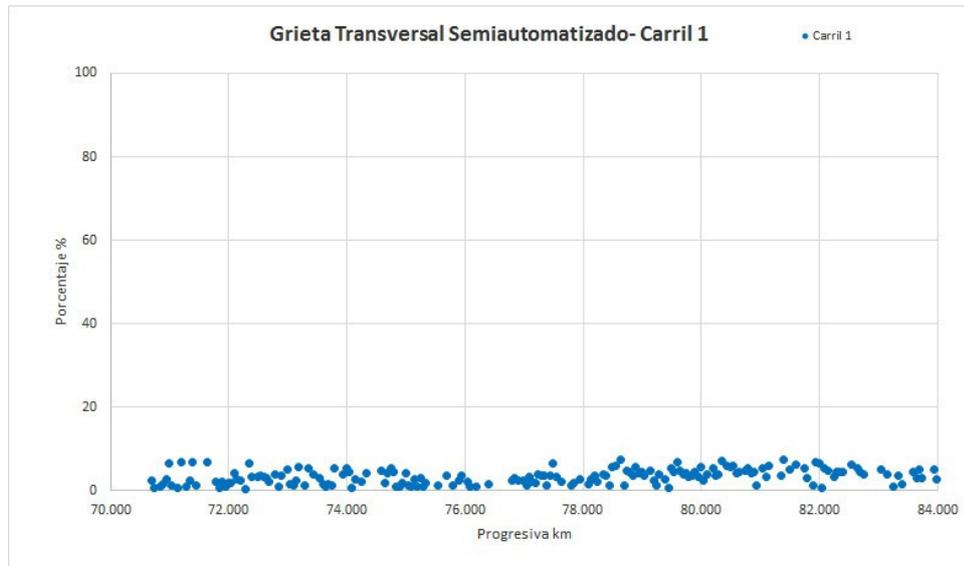


Figura 61. Gráfico de dispersión de Grietas Transversales – Carril 1 cada 50m. (Fuente: Elaboración Propia)

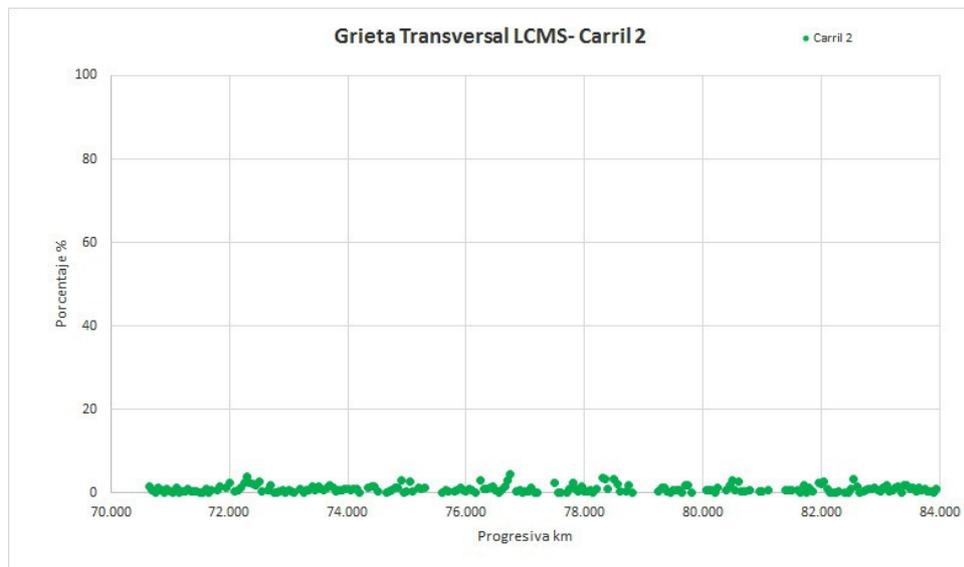
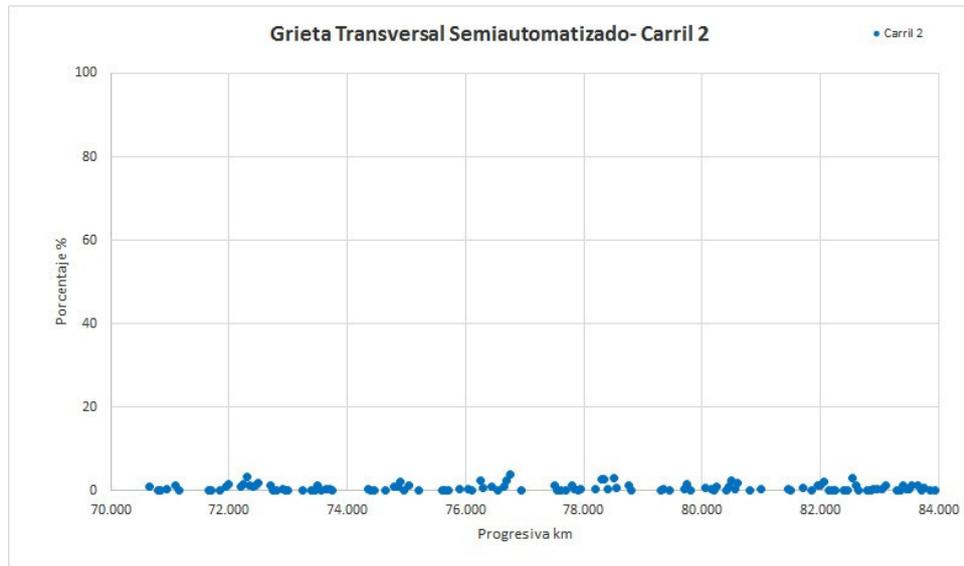


Figura 62. Gráfico de dispersión de Grietas Transversales – Carril 2 cada 50m. (Fuente: Elaboración Propia)

- **Interpretación**

Como se puede observar, ambos métodos logran identificar la misma tendencia a lo largo del tramo evaluado, tanto para Grietas Longitudinales y Transversales de ambos carriles, no sobrepasando en ambos casos el 20% de agrietamiento por unidad de muestra, considerando así que el equipo LCMS tiene un alto grado de similitud con respecto al método semiautomatizado. Por lo tanto:

Se acepta la hipótesis alterna 1 (H_a)

Se rechaza la hipótesis nula 1 (H_0)

6.2.3 Resultado de Identificación de Piel de Cocodrilo

A continuación, en la figura 63 y 64 se representan la gráfica de dispersión cada 50 m de ambos carriles para la identificación de piel de cocodrilo tanto con el método semiautomatizado y equipo LCMS.

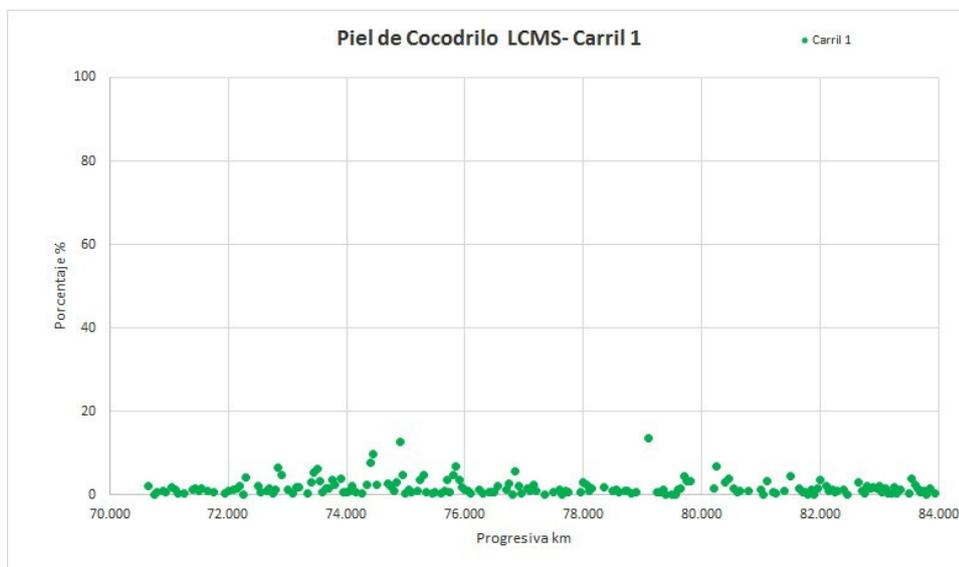
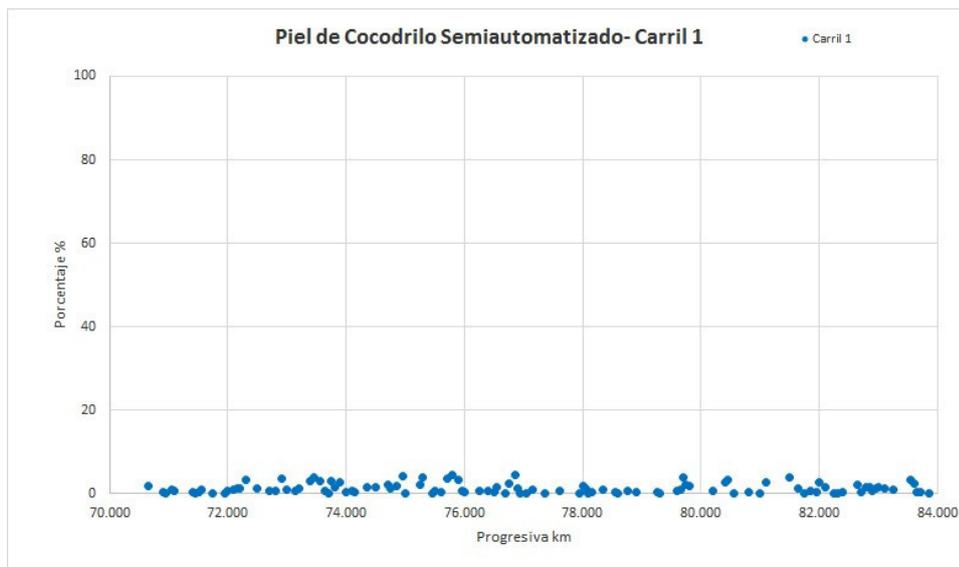


Figura 63. Gráficos de dispersión Piel de Cocodrilo – Carril 1 cada 50m. (Fuente: Elaboración Propia)

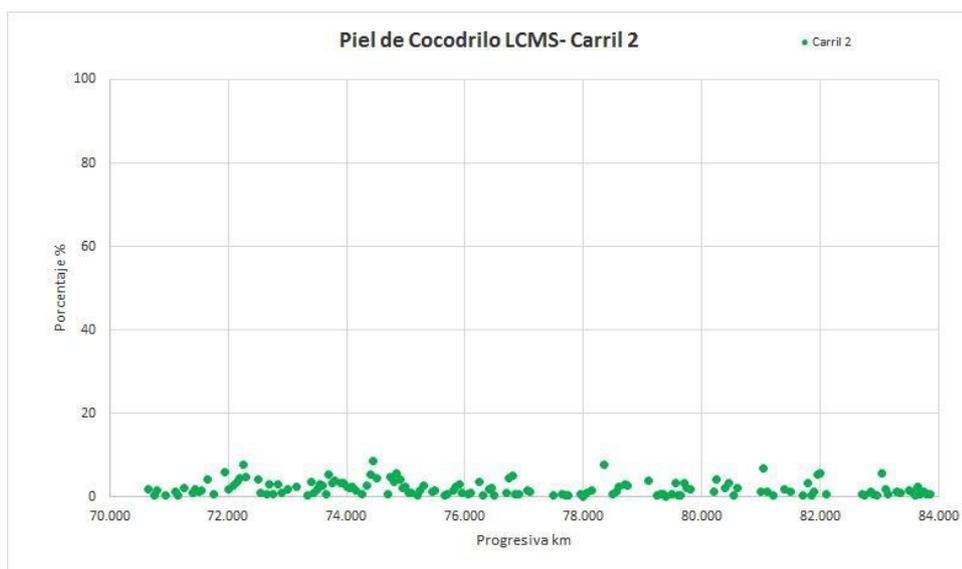
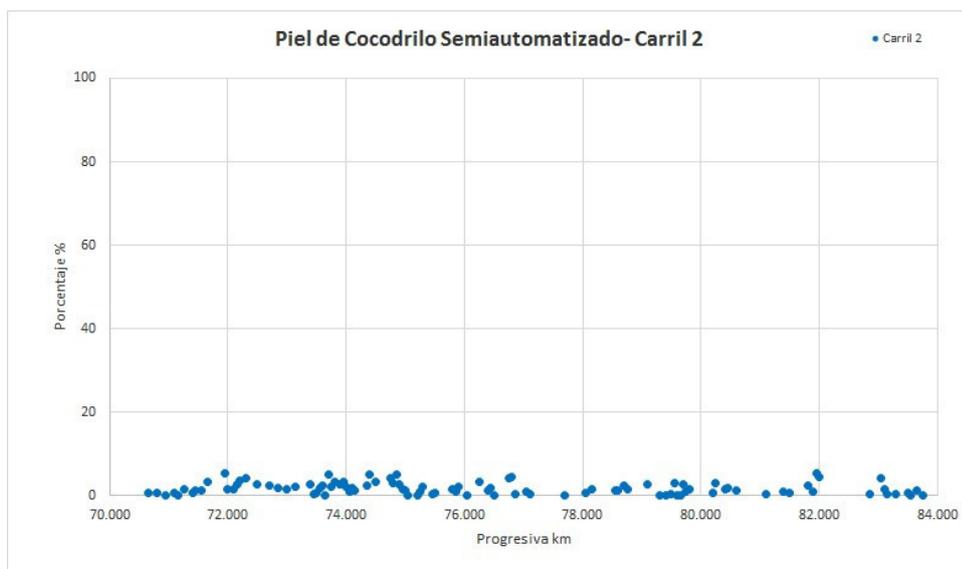


Figura 64. Gráfico de dispersión Piel de Cocodrilo – Carril 2 cada 50m. (Fuente: Elaboración Propia)

- **Interpretación**

Como se puede observar, ambos métodos logran identificar la misma tendencia a lo largo del tramo evaluado, no sobrepasando en ambos métodos el 20% de piel de cocodrilo por unidad de muestra, considerando así que el equipo LCMS tiene un alto grado de similitud en la identificación de falla piel de cocodrilo con respecto al método semiautomatizado. Por lo tanto:

Se acepta la hipótesis alternativa 2 (H_a)

Se rechaza la hipótesis nula 2 (H_0)

6.2.4 Resultado de Optimización de Recursos

A continuación, se presenta la tabla de resumen de costo de evaluación superficial con ambos métodos, en el numeral 5.1. Presupuesto Para el Desarrollo de la Evaluación, se especifica las partidas y precios unitarios asumidos.

Tabla 18.
Costo de Evaluación Superficial

	Costo Total	% de Incidencia
EVALUACIÓN DE DAÑOS SUPERFICIALES - SEMIAUTOMATIZADO	S/ 14,398.67	100 %
EVALUACIÓN DE DAÑOS SUPERFICIALES - LCMS	S/ 10,634.53	73.86 %
AHORRO		26.14 %

(Fuente: Elaboración Propia)

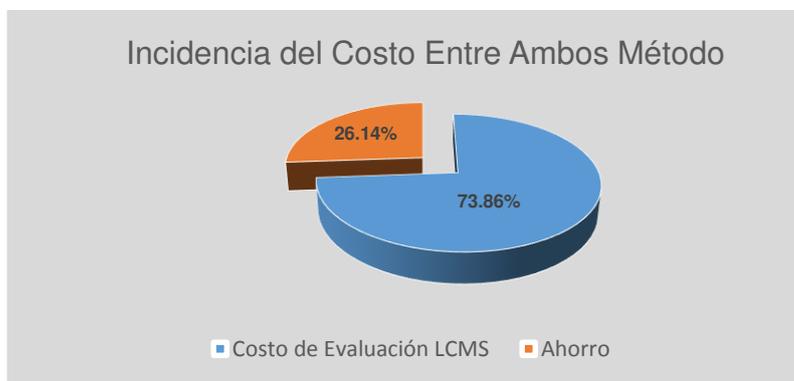


Figura 65. Incidencia de Costo Entre Ambos Métodos (Fuente: Elaboración Propia)

Como se puede observar de la Tabla 18. Que con el método Semiautomatizado se tiene S/ 14,398.67 equivalente al 100% del costo para la evaluación, mientras que con el equipo LCMS se obtiene S/ 10,634.53 el cual representa el 73.86% de la evaluación semiautomatizado; es así como

existe un ahorro de 26.14% al realizar una evaluación superficial de daños del pavimento con el equipo LCMS.

A continuación, se presenta la Tabla 19. Resumen de Tiempo de evaluación superficial con ambos métodos, en el numeral 5.2. Organización para la Auscultación, se especifica las partidas y el rendimiento que son esencial para la determinación de tiempo de trabajo.

Tabla 19.
Tiempo de Evaluación Superficial

	Tiempo (días)	% de Incidencia
EVALUACIÓN DE DAÑOS SUPERFICIALES - SEMIAUTOMATIZADO	18.00	100%
EVALUACIÓN DE DAÑOS SUPERFICIALES - LCMS	10.00	55.56%
OPTIMIZACIÓN DE TIEMPO		44.44%

(Fuente: Elaboración Propia)

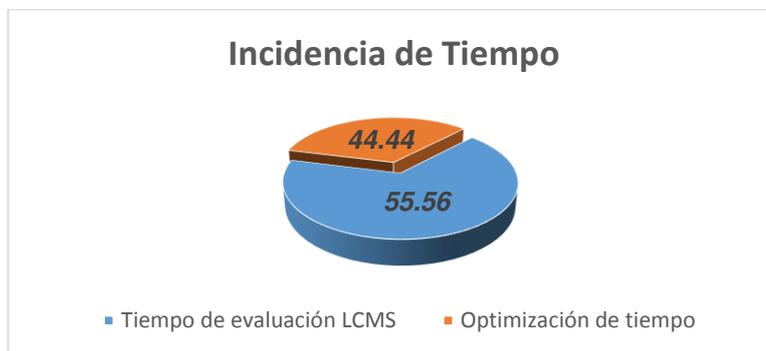


Figura 66. Representación Gráfica de Optimización de Tiempo. (Fuente: Elaboración Propia)

- **Interpretación**

Como se puede observar de la Tabla 19. Que con el método Semiautomatizado se toma 18 días en realizar la evaluación que es equivalente al 100% del tiempo, mientras que con el equipo LCMS se realizó en 10 días el cual representa el 55.56% del tiempo total para llevar a cabo la evaluación; es así como existe una optimización de tiempo en 44.44% al

realizar una evaluación superficial de daños del pavimento con el equipo LCMS con respecto al método semiautomatizado. Por lo tanto:

Se acepta la hipótesis alternativa 3 (H_a)

Se rechaza la hipótesis nula 3 (H_0)

CAPÍTULO VII

DISCUSIÓN

A diferencia de los estudios realizados anteriormente, se pudo notar que en la mayoría de las investigaciones se hace una inspección de campo manual, sin utilizar herramientas de última tecnología para realizar levantamientos de deterioros superficiales; ello debería cambiar e implementarse nuevas metodologías para las inspecciones de fallas, convirtiéndose así en un trabajo dinámico.

Asimismo, también se debería utilizar el software EvalPav para la determinación del PCI, ya que se basa en las normas ASTM, de determinación del estado del pavimento.

Los resultados de la metodología LCMS son confiables de acuerdo con los reportes generados en el desarrollo de la presente investigación, por lo que podemos asumir dicho nuevo método para realizar relevamientos de deterioros superficiales.

El método LCMS para determinar el PCI, servirá para futuras investigaciones, complementándose con otros estudios, mejorando los resultados.

CONCLUSIONES

1. El PCI que arroja el método LCMS en promedio de ambos carriles es 76.14, mientras que el PCI del método Semiautomatizado es 79.49, ambos categorizan al pavimento del tramo Morropón – Puente La Gallega como **muy bueno**; con esto se concluye que hacer auscultaciones con el Laser Crack Measurement System es eficiente.
2. Al realizar la comparación de las grietas longitudinales y transversales, la tendencia en ambos métodos es la misma, por lo que se deduce que el equipo Laser Crack Measurement System es óptimo para identificar este tipo de fallas.
3. Para la piel de cocodrilo, también se logró identificar a través de las gráficas de dispersión, que ambos métodos tienen la misma tendencia, por lo que se concluye que el equipo es bueno para este tipo de fallas en el pavimento, siendo este un parámetro significativo para la determinación de PCI.
4. Se concluye que al aplicar el método LCMS se optimizan recursos, tales como, tiempo y costos; ello se refleja al culminar el proceso, ya que es en éste donde se logra menor tiempo que otros métodos; asimismo se ahorra en vehículo de escolta, ya que el LCMS mide a velocidad de tránsito y en horario diurno; por ende, el presupuesto se ve afectado directa y beneficiosamente.

RECOMENDACIONES

1. Se debe usar el LCMS para auscultaciones superficiales en los pavimentos donde se requiera determinar el PCI en las distintas rutas nacionales del Perú, ya que es un método confiable y óptimo; a través de ello se puede determinar qué acciones de mantenimiento o conservación se deben tomar en dichas vías.
2. El equipo LCMS también es recomendable para hacer evaluaciones rutinarias en los pavimentos y definir alguna metodología de solución a corto plazo, como sellos asfálticos o parches.
3. Las Autoridades de las Instituciones Públicas, deben enfatizar sobre los beneficios económicos, sociales y técnicos como consecuencia de realizar actividades de conservación vial, para lo cual deben dictar políticas integrales para la infraestructura vial.
4. Las Instituciones deben invertir en capacitación y actualización de su personal técnico, lo que brindará mayor panorama de actividades, con nuevas tecnologías y metodologías, que hagan de la conservación vial una política a implantar, en búsqueda de mejorar cada vez más nuestras redes viales.

ANEXOS

	Página
Anexo 1. Certificado de Calibración de Equipo LCMS	109
Anexo 2. Ficha Técnica de Equipo LCMS	110
Anexo 3. Ficha Técnica del Equipo Pave Inspect	111
Anexo 4. Panel fotográfico de toma de medición Equipo LCMS	112
Anexo 5. Panel fotográfico de toma de medición Semiautomatizada	113
Anexo 6. Porcentajes de Grietas Longitudinales, Transversales y Piel de Cocodrilo	114

Anexo 1

Certificado de Calibración de Equipo LCMS



Calibration Certificate

December 15, 2017

LCMS model:	LCMS-201	LCMS-201
LCMS sensors s/n:	F129	F130
Date of calibration:	2016/08/24	2016/08/24
Calibration ID:	Cal003	Cal003

The LCMS (Laser Crack Measurement System) sensors mentioned above were calibrated at INO, Québec City, Canada. Both LCMS sensors **PASS** the calibration.

LCMS-201-F129 Cal003

		LEFT		CENTER		RIGHT	
		1	2	1	2	1	2
Range	Accuracy X	0.42	0.73	0.88	0.03	0.32	0.38
	Accuracy Z	0.17	0.01	0.29	0.18	0.76	0.09
	Noise Level Z	0.31	0.22	0.31	0.21	0.37	0.23
Focus	Focus Quality	0.79		0.88		0.96	

LCMS-201-F130 Cal003

		LEFT		CENTER		RIGHT	
		1	2	1	2	1	2
Range	Accuracy X	0.77	0.83	0.64	0.25	1.10	0.30
	Accuracy Z	0.49	0.01	0.38	0.50	0.41	0.44
	Noise Level Z	0.29	0.22	0.87	0.33	0.66	0.35
Focus	Focus Quality	0.74		0.58		0.85	

Quality Indicator



Bad Good

See Installation Manual for pass/fail criteria

Jean-François Hébert
 Director of Product Development
 Tel: +1 418 717 6671 | jfhebert@pavemetrics.com

Pavemetrics Systems Inc.

150, Boulevard René-Lévesque Est, Suite 1820 | Québec (Québec) G1R 5B1 Canada
 www.pavemetrics.com | Fax: +1 418 522 3345

(Fuente: Elaboración Propia)

Anexo 2

Ficha Técnica de Equipo LCMS

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO

DATOS GENERALES DEL EQUIPO:	
Nombre del equipo	Laser Crack Measurement System
Marca:	Pavemetrics
Modelo:	LCMS-C101
Procedencia:	Canadá
DATOS DE OPERACIÓN:	
Velocidad de Operación:	0 Km/h – 100Km/h
Vehículo de Medición:	20 Km/h – 70 Km/h
DATOS DE PRECISIÓN:	
Exactitud de profundidad	+/-0.5 mm
Exactitud transversal	+/-1 mm
Barrido transversal	Max. 4 mts
USO O APLICACIÓN:	
<p>El equipo de medición LCMS es un equipo que realiza un escaneo en 3 dimensiones a la superficie del pavimento y es capaz de determinar los indicadores: Deterioro Superficial, Ahuellamiento, IRI y Textura.</p>	
FOTOGRAFÍA	
	

(Fuente: Elaboración Propia)

Anexo 3

Ficha Técnica del Equipo Pave Inspect

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO

DATOS GENERALES DEL EQUIPO:	
Nombre del equipo	Evaluador Semiautomatizado de daños
Marca:	APSA
Modelo:	Pave Inspect Lineal
Procedencia:	Chile
Tipo de Odómetro:	Encoder de pulsos
DATOS DE OPERACIÓN:	
Velocidad de Operación:	20 Km/h – 70Km/h
Vehículo de Medición:	Categoría M1
DATOS DE PRECISIÓN:	
Resolución de imagen:	4096 x 2500
Ancho del láser:	Max. 3 mm
Ancho de Banda	300 Hz
USO O APLICACIÓN:	
<p>El Evaluador semiautomatizado de daños incorpora tecnología de punta en la realización de la auscultación de los deterioros superficiales de los pavimentos. El sistema está compuesto por una cámara de digital de alta resolución montada sobre un vehículo que permite tomar imágenes digitales del pavimento y una unidad CPU en la que se almacenan y procesan las imágenes para la iluminación se emplea un láser que permite la optimizar el proceso de captura de datos.</p>	
FOTOGRAFÍA	
	

(Fuente: Elaboración Propia)

Anexo 4

Panel fotográfico de toma de medición Equipo LCMS



(Fuente: Elaboración Propia)

Anexo 5

Panel fotográfico de toma de medición método Semiautomatizado



(Fuente: Elaboración Propia)

Anexo 6
Porcentajes de Grietas Longitudinales, Transversales y Piel de
Cocodrilo

Porcentajes de Grietas Longitudinales, Transversales y Piel de Cocodrilo

PKI	PKF	Método Semiautomatizado						Método LCMS					
		Carril 1			Carril 2			Carril 1			Carril 2		
		L (%)	T (%)	C (%)	L (%)	T (%)	C (%)	L (%)	T (%)	C (%)	L (%)	T (%)	C (%)
70.650	70.700	7.47	2.32	1.98	5.85	1.03	0.77	6.92	2.16	2.14	4.77	1.48	2.00
70.700	70.750	5.75	0.63		4.91			1.89	0.24		1.24	0.55	
70.750	70.800	5.13			2.84			0.44	0.19	0.24	1.79	0.24	0.28
70.800	70.850		1.13			0.12	0.79	1.04	0.51	0.63	3.49	1.17	1.70
70.850	70.900	5.94	1.72		6.12	0.02		0.53	1.15		1.56	0.56	
70.900	70.950	7.98	2.68	0.39	2.18			1.65	0.38	0.96	0.14	0.08	
70.950	71.000	7.72	6.68	0.24	4.01	0.48	0.05	1.34	0.35	0.74	2.50	1.04	0.46
71.000	71.050	7.40	1.14		3.20			0.59	0.27		2.09	0.42	
71.050	71.100	2.60		1.13	4.52			3.82	1.50	1.99	0.66	0.10	
71.100	71.150	2.45	0.73	0.67	2.84	1.14	0.81	3.27	1.10	1.20	2.59	1.41	1.30
71.150	71.200	1.54	7.00		3.75	0.02	0.18	1.65	0.72	0.42	1.19	0.25	0.44
71.200	71.250	6.18			4.29			1.30	0.71		1.22	0.53	
71.250	71.300	4.40	1.12		4.69		1.49	0.67	0.22	0.44	1.62	0.40	2.06
71.300	71.350	2.87	2.33		4.57			0.28	0.36		0.86	0.90	
71.350	71.400		6.82					0.30	0.17		0.51	0.39	
71.400	71.450	4.41	1.18	0.43	3.81		0.68	2.02	0.75	1.19	3.49	0.42	1.07
71.450	71.500	2.74		0.13	4.20		1.40	1.10	0.33	1.53	5.45	0.47	1.85
71.500	71.550	2.22		0.46	4.49			1.86	0.44	1.06	0.54	0.14	1.26
71.550	71.600	1.11		0.97	5.35		1.14	0.40	0.27	1.72	1.66	0.14	1.61
71.600	71.650	4.27	6.74		2.20			0.46	0.36		0.84	1.12	
71.650	71.700	3.45			3.92		3.47	0.37	0.21	0.85	1.22		4.17
71.700	71.750	6.75			2.69	0.16			0.48			0.71	
71.750	71.800	3.97	2.16	0.05	6.42			0.62		0.79	1.11		0.72
71.800	71.850	2.62	0.68		6.01			0.31	0.11		5.93	0.75	
71.850	71.900	5.29	2.09		6.30	0.04			0.21			1.51	
71.900	71.950		1.04					0.71			5.53		
71.950	72.000	7.89	1.94	0.11	5.28	0.85	5.47	2.83	0.57	0.30	5.77	1.41	5.86
72.000	72.050	4.04	1.87	0.63	7.25	1.54	1.59	2.15	0.69	1.08	7.94	2.51	1.85
72.050	72.100		4.09					0.29			2.66		
72.100	72.150	6.83	2.62	1.06	5.89		1.44	5.16	1.04	1.16	0.94	0.41	2.62
72.150	72.200	7.85	2.38	1.36	8.97		2.82	3.72	1.04	1.60	1.56	0.73	3.59
72.200	72.250			1.18		1.04	3.67	4.10	1.12	2.18	6.93	1.23	4.61
72.250	72.300	2.04	0.53		7.35	1.71		0.49	0.33	0.24	9.11	2.47	7.82
72.300	72.350		6.61	3.37		3.42	4.25	3.10	1.93	4.27	9.81	3.79	4.85
72.350	72.400	1.98	3.32		5.98	1.23		0.70	0.28		8.66	2.56	
72.400	72.450	4.40			2.67	1.01		1.22	0.17		6.91	2.27	
72.450	72.500	6.54	3.41		5.06	1.32		0.53	0.27		6.02	1.82	
72.500	72.550	2.73	3.77	1.36	5.75	1.82	2.65	3.00	2.06	2.05	5.74	2.72	4.14
72.550	72.600	3.77	3.20		7.02			0.83	0.99	0.74	5.53	0.45	0.87
72.600	72.650	7.73	2.99		5.63			0.62			8.10		
72.650	72.700	6.12	2.07		6.05			0.59	0.79	0.92	3.79	0.57	0.80
72.700	72.750	2.93		0.62	2.60	1.37	2.49	0.55	0.60	1.67	6.72	1.82	2.95

72.750	72.800	3.08	4.06		5.51			1.45	1.62	0.52	1.19		0.64	
72.800	72.850		0.97	0.67				2.06	0.82	1.39	1.96			
72.850	72.900	6.90	3.69		9.91		2.01	6.70	1.55	6.70	3.03	0.32	3.17	
72.900	72.950			3.61		0.54		5.94	0.79	4.86	5.46	0.70	1.03	
72.950	73.000		4.96					1.28	0.27		1.36			
73.000	73.050		1.55	0.91		0.18	1.43	2.88	0.59	1.23	2.43	0.55	1.91	
73.050	73.100		1.25					1.66	1.34		1.41	0.51		
73.100	73.150		2.54					2.38	1.49	0.40	3.51	0.10		
73.150	73.200		5.75	0.62			2.23	1.31		1.96	2.20		2.44	
73.200	73.250	6.80		1.36	6.35			2.32	0.55	1.84	2.31	1.08		
73.250	73.300	2.62	1.33		8.93			0.44	0.49		4.36			
73.300	73.350	4.81	5.41		8.96			1.89	0.56		1.26	0.83		
73.350	73.400							2.54	0.32	0.46	4.09	0.68	0.50	
73.400	73.450		3.83	3.05		0.18	2.66	5.45	0.61	3.12	6.62	1.50	3.61	
73.450	73.500			4.00		0.06	0.39	11.26	3.16	5.36	0.94	0.79	0.89	
73.500	73.550	3.90	3.04		5.21	1.39	0.62	5.72	3.04	6.29	2.86	1.56	1.90	
73.550	73.600	5.30	1.72	3.05	4.64	0.10	1.95	4.67	1.98	3.45	5.50	0.92	3.12	
73.600	73.650	7.03	0.98		5.30			2.56	2.23	0.49	0.55	10.45	0.83	2.86
73.650	73.700		1.44	0.65		0.49	0.17	2.67	1.44	1.64	8.20	1.36	0.65	
73.700	73.750		1.14	0.17		0.40	5.05	4.96	0.92	1.43	13.85	1.73	5.27	
73.750	73.800	5.16	5.28	2.98	12.14	0.23	2.10	6.70	1.09	3.74	14.04	1.15	3.23	
73.800	73.850	4.38		1.64	8.37		3.38	2.75	0.48	2.34	3.16	0.46	4.07	
73.850	73.900	7.35			6.75			4.38	0.89		2.36	0.60		
73.900	73.950	7.11	4.05	2.64	4.89		2.70	4.01	1.80	4.01	16.67	0.80	3.22	
73.950	74.000	6.36	5.25				3.20	1.20	1.30	0.77	11.17	0.98	3.37	
74.000	74.050		4.59	0.46			2.11	1.37	0.15	0.56	10.45	0.85	2.42	
74.050	74.100	3.94	0.77		7.59		0.88	2.72	1.06	0.89	3.18	0.69	2.08	
74.100	74.150	3.81	2.89	0.79	5.56		1.82	4.74	1.10	2.18	6.17	1.05	2.40	
74.150	74.200			0.48			1.19	6.40	1.30	0.67	7.69	0.85	1.47	
74.200	74.250	8.11	2.02		5.87			1.99	0.34		1.61	0.15		
74.250	74.300	8.34			7.00			2.08		0.43	1.12		0.67	
74.300	74.350	6.94	4.36		6.77			4.23			7.85			
74.350	74.400	7.44		1.69	3.68	0.33	2.36	2.80	0.81	2.37	7.86	1.16	2.73	
74.400	74.450					0.21	5.09	5.61	3.56	7.65	3.13	1.62	5.46	
74.450	74.500	6.92			6.37	0.18		7.79	2.89	9.81	3.31	1.51	8.55	
74.500	74.550	6.32		1.68	4.74		3.42	2.67	0.67	2.49	2.30	0.50	4.58	
74.550	74.600	6.48	4.73		6.09			0.77			1.69			
74.600	74.650		2.01											
74.650	74.700	5.53	4.20		6.09			0.69	0.30		4.77			
74.700	74.750	3.86	5.44	2.26	16.82			3.51	0.60	2.72	3.44	0.28	0.66	
74.750	74.800	4.56	4.39	1.22	7.45		4.31	1.00	0.13	2.31	1.86	0.59	4.90	
74.800	74.850	5.11	1.01		5.77	0.92	3.16	1.19	0.26	0.98	2.92	1.28	3.58	
74.850	74.900	5.24	1.00	1.79	5.04	0.85	5.16	1.17	1.16	3.09	3.20	1.22	5.82	
74.900	74.950	5.38	1.89		4.83	2.30	2.74	8.20	3.90	12.66	2.02	2.90	4.09	
74.950	75.000	4.12	4.24	4.09	6.70		1.50	1.94	0.69	4.67	0.35		2.14	
75.000	75.050	7.03	1.32	0.13	3.13		1.25	0.83	0.32	0.32	1.54	0.44	2.37	
75.050	75.100	3.92	1.04		3.60	1.15	0.07	2.74	0.22	1.15	3.93	2.61	1.01	
75.100	75.150	4.50	2.71		2.65			1.35	0.09	0.63	0.33	0.34	1.12	

75.150	75.200	3.45	1.12		2.14			1.41			1.10		
75.200	75.250	3.04	3.15		2.30	0.25	0.01		1.01	1.13		1.26	0.47
75.250	75.300	5.03	0.85	2.11	6.59		0.99	4.17	1.14	3.61	2.39	1.05	1.62
75.300	75.350	3.26	1.90	3.89	2.35		2.21	2.04	1.54	4.68	0.88	1.32	2.71
75.350	75.400	4.01			4.21			0.15		0.84	0.21		
75.400	75.450	3.65			2.71								
75.450	75.500	4.08		0.20	5.15		0.40	2.16		0.26	3.91		1.16
75.500	75.550	2.71	1.21	0.62	5.13		0.80	2.91		0.71	3.68		1.62
75.550	75.600	1.86			5.66								
75.600	75.650			0.34				1.17	0.32	0.39	2.05		
75.650	75.700	1.25	3.65		4.16	0.12		0.39	0.38	0.90	0.43	0.80	0.39
75.700	75.750			3.51		0.04		0.60	0.29	3.76	0.68	0.32	0.75
75.750	75.800	2.30	1.28		1.95			0.55		0.81	1.79		
75.800	75.850	1.99		4.42	5.37		1.45	2.62	1.94	4.74	2.70	0.41	1.69
75.850	75.900	1.69	2.54		5.24		0.86	6.29	2.34	7.01	1.94	0.81	2.36
75.900	75.950	1.02	3.56	3.34	2.35	0.49	2.17	1.94	3.72	3.49	2.33	1.36	2.91
75.950	76.000	1.64		0.64	2.62			1.49	0.54	1.85	0.95	0.73	1.12
76.000	76.050	2.90	2.11	0.53	2.20			1.17	0.34	1.31	0.40	0.46	
76.050	76.100	2.16	1.09		1.40	0.53	0.01	1.80	0.78	0.90	0.34	0.97	0.75
76.100	76.150	3.11			4.10	0.22		0.81	0.39	0.42	0.77	0.63	1.00
76.150	76.200	3.54	1.11		3.43				0.14			0.15	
76.200	76.250	4.30			3.65								
76.250	76.300	5.57		0.66	1.54	2.46	3.35	2.71	1.42	1.36	2.97	3.03	3.66
76.300	76.350	2.82			1.21	0.74		1.62	2.93	0.45	2.99	0.93	0.54
76.350	76.400	2.16	1.57		2.58			0.66	0.24		2.50	0.98	
76.400	76.450	3.42		0.67			1.14	0.14	0.45	0.75	1.74	1.31	1.95
76.450	76.500	2.93				1.09	1.79	1.69	0.89	0.56	2.69	1.53	2.29
76.500	76.550	1.82		0.29	4.51		0.25	1.29	0.52	0.71	2.04	0.65	0.54
76.550	76.600	2.58		1.46	4.62			2.14	0.42	2.22	0.50		
76.600	76.650	2.99						0.89	0.04		0.96	0.83	
76.650	76.700	2.39			4.50	1.01		1.29	0.21		0.82	1.59	
76.700	76.750	3.38		0.19	4.26	2.43		2.61	0.42	1.21	4.51	2.91	1.00
76.750	76.800	6.71	2.47	2.56	2.18	4.04	4.21	5.81	1.63	2.83	5.25	4.57	4.37
76.800	76.850	5.77	3.16		4.99		4.62	0.36		0.24	9.64		5.21
76.850	76.900	2.10	2.49	4.63	3.37		0.36	8.75	1.01	5.62	2.14	0.34	0.65
76.900	76.950			1.17				6.24	1.43	2.03	0.48	0.83	0.76
76.950	77.000	2.99	2.41	0.13	6.21			3.04	0.36	0.46	0.54		
77.000	77.050	2.17	1.14		7.00			3.01	0.97		1.42	0.40	
77.050	77.100	1.98	3.35	0.22	4.95		0.99	2.18	0.77	1.48	0.85	0.29	1.52
77.100	77.150	0.94	2.05		7.52		0.44	2.44	0.52	1.04	1.85	1.17	1.33
77.150	77.200	3.04	1.82	0.85	6.97			1.19	0.88	2.31	0.77	0.16	
77.200	77.250	1.95	3.80		6.39			2.58	2.20	1.07	0.39	0.05	
77.250	77.300		3.52					1.05					
77.300	77.350	3.46	3.62		7.12			0.19					
77.350	77.400	4.54	1.17	0.13	4.77			1.84		0.24	0.17		
77.400	77.450	3.49	3.53		3.38			0.31			1.18		
77.450	77.500		6.51										
77.500	77.550	6.41	3.21		5.68	1.31		0.98	1.20	0.76	0.54	2.58	0.43

77.550	77.600	2.57			6.02			0.55	0.12					
77.600	77.650	1.55	2.08	0.57	6.32			4.62	0.91	1.23	0.66			
77.650	77.700	2.59			4.06			0.93		0.21	1.19			0.69
77.700	77.750	2.79			6.37		0.08	0.14	1.44	0.88	1.21			0.52
77.750	77.800	3.94	1.32		3.20			1.01	0.53	0.70	1.29	1.10		0.30
77.800	77.850	1.99	1.73		4.74	1.20			0.59				2.36	
77.850	77.900	4.49			5.00	0.47		1.82	0.27		1.76	1.01		
77.900	77.950	2.50	2.71		5.76	0.08		0.15	0.21		1.17	0.31		
77.950	78.000	2.62		0.20	2.91	0.31		0.51	0.37	0.63	2.81	1.66		0.73
78.000	78.050	2.53		1.98	7.15			0.88	0.93	2.99	1.36	0.28		0.21
78.050	78.100	1.60	1.46	1.32	4.74		0.73	3.65	1.25	2.37	2.40	0.54		1.02
78.100	78.150		2.67	0.19				1.72	1.16	1.02	1.36	0.68		
78.150	78.200		3.71	0.52			1.48	0.62	0.35	1.68	0.78	0.15		1.70
78.200	78.250	2.76	2.05		4.81	0.36		0.27	0.39		1.60	0.92		
78.250	78.300	2.59			4.88									
78.300	78.350	1.46	3.78		3.95	2.65		0.31	0.24		4.89	3.75		
78.350	78.400	3.09	3.56	0.95		2.61		2.54	3.33	1.86	2.20	3.26		7.74
78.400	78.450	2.90	1.36		3.57	0.38		1.58	0.39		2.52	0.97		
78.450	78.500	5.37	5.77		5.10			0.22			1.38			
78.500	78.550	8.35	6.04		8.38	2.90		2.43	1.31	0.90	1.84	3.34		0.61
78.550	78.600			0.35		0.69	1.13	0.80	4.90	1.14	1.27	2.16		1.40
78.600	78.650	2.42	7.44	0.21	6.98		1.29	2.03	2.31	0.64	3.31	0.54		2.58
78.650	78.700	3.60	1.32		3.30									
78.700	78.750	2.57	4.80		5.25		2.33	1.44	1.33	1.10	6.83	0.41		3.16
78.750	78.800	4.17	4.39	0.59	5.01	1.25	1.68	3.23	1.65	1.07	2.79	1.78		2.87
78.800	78.850	2.26	3.64		5.60			2.43	0.84	0.48	0.39			
78.850	78.900	3.45	5.70					3.84			1.75			
78.900	78.950	4.46	4.08	0.38	10.27			0.11		0.57				
78.950	79.000	3.15	4.42		5.40			0.39			1.26			
79.000	79.050	7.99	3.66		5.98			0.55			2.91			
79.050	79.100	5.26			5.80									
79.100	79.150	5.65	4.85		4.91		2.68	2.51		13.72	2.73			4.05
79.150	79.200	3.66	2.55		4.64			0.74			2.72			
79.200	79.250	2.47	1.19		6.13			1.35			1.73			
79.250	79.300	4.18	3.86	0.46	5.18			2.53	1.04	0.78	1.30	0.54		0.38
79.300	79.350	5.15		0.11	4.93	0.22	0.12	1.77	1.03	0.68	4.34	1.36		0.73
79.350	79.400	3.00	2.69		3.29	0.32		0.90	0.28	1.21	1.01	1.23		0.71
79.400	79.450	4.10	0.67		5.11		0.01	0.60	0.21	0.21	1.28	0.31		0.24
79.450	79.500	5.10	5.26		3.13			1.49	0.49		0.43			
79.500	79.550	3.45	4.49		5.25		0.39	1.79	0.59	0.23	1.17	0.73		0.57
79.550	79.600	4.36	6.84		2.84		2.98	0.93	1.13	0.23	2.35	0.65		3.40
79.600	79.650	5.34	4.75	0.63	4.05		0.03	4.21	0.53	1.30	4.85	0.77		0.53
79.650	79.700	4.42	3.87	0.85	5.33		0.12	3.81	1.32	1.65	0.27	0.16		0.49
79.700	79.750	5.38	4.27	3.93	8.62	0.50	2.70	2.59	1.16	4.51	4.26	1.86		3.30
79.750	79.800	4.57	3.46	2.27	4.88	1.57	0.85	6.34	2.01	3.21	5.30	1.75		2.25
79.800	79.850	4.48	3.61	1.83	4.42	0.02	1.57	4.17	0.28	3.28	1.75	0.23		1.83
79.850	79.900	4.13	4.55		5.26			2.42			2.73			
79.900	79.950	7.08	3.44		4.23			0.45			1.75			

79.950	80.000	5.96	5.75		7.07			1.24			0.67		
80.000	80.050	5.35	2.39		5.71			0.49			4.18		
80.050	80.100	4.49	3.90		5.27	0.57		0.40	0.15		1.36	0.83	
80.100	80.150	4.05			8.79			0.78	0.16		2.86	0.74	
80.150	80.200	5.49	5.50		8.19	0.38		0.48	0.48		2.86	0.78	
80.200	80.250	4.16	3.71	0.62	8.04		0.56	2.73	0.81	1.55	1.46		1.32
80.250	80.300	7.19	4.07		6.74	0.98	3.03	4.50	0.86	6.74	1.64	1.25	4.25
80.300	80.350	7.33	7.27		6.45								
80.350	80.400	7.86			8.30			0.23			4.83		
80.400	80.450	6.01	5.90	2.76	10.32	0.13	1.49	5.46	1.17	2.92	4.53	0.76	2.12
80.450	80.500	6.95	5.71	3.40	7.37	0.94	1.90	7.34	1.90	4.01	7.74	1.96	3.29
80.500	80.550	6.00	6.02		6.14	2.52		1.58	0.84		4.05	2.97	
80.550	80.600	5.30	4.16	0.11	8.06	0.27		2.92	0.70	1.55	2.67	0.77	0.37
80.600	80.650	7.07	4.61		9.93	1.95	1.32	1.81	0.66	0.81	6.26	2.69	2.29
80.650	80.700	5.92			8.15			2.56	0.59	0.89		0.44	
80.700	80.750	3.76	4.79		6.92			0.77	0.30		1.55	0.44	
80.750	80.800	4.46	5.52		8.28			0.60			0.90		
80.800	80.850	3.82	4.33	0.48	7.57	0.22		1.95	0.75	1.06	0.25	0.55	
80.850	80.900	6.26	4.55		6.85								
80.900	80.950	6.98	1.15		9.43								
80.950	81.000	5.22			6.73			0.97	0.32		1.64	0.45	
81.000	81.050	5.27	5.28	0.09	6.76	0.33		5.72	0.99	1.36	1.41	0.54	1.37
81.050	81.100	3.67	3.48		8.82			2.22		0.25	8.96		6.98
81.100	81.150	4.90	5.87	2.85	9.39		0.31	2.01	0.18	3.28	2.80	0.64	1.23
81.150	81.200	4.13			8.96								
81.200	81.250	6.12			15.78			2.12		0.63	1.22		0.51
81.250	81.300	7.74			8.20			2.38		0.52	1.07		
81.300	81.350	6.41	3.55		9.10								
81.350	81.400	4.34	7.44		6.51			0.70			1.52		
81.400	81.450	8.31			6.27		1.05	0.90	0.23	0.90	4.50	0.79	1.82
81.450	81.500	7.69	5.16		8.31	0.34		0.90	0.71		1.00	0.68	
81.500	81.550	5.12		3.82	9.14	0.13	0.62	3.76	0.42	4.49	1.20	0.63	1.25
81.550	81.600	5.84	6.28		8.49								
81.600	81.650	5.37			9.09			1.29	0.69		4.80	0.77	
81.650	81.700	5.19		1.42	7.52			2.27	1.00	1.68		0.17	
81.700	81.750	5.39	5.26		7.28	0.63		3.54	1.08	0.70	1.23	1.92	0.47
81.750	81.800	7.79	3.16	0.18	7.70			1.05	1.74	0.70	0.46	0.15	
81.800	81.850	6.24			9.73		2.38	1.06	0.78	0.19	6.15	1.24	3.41
81.850	81.900	5.05	1.42	0.72	3.00	0.17		3.82	1.15	1.41	1.08	0.41	0.33
81.900	81.950	7.07	6.83		5.12		0.85	0.31		0.25	3.01		1.34
81.950	82.000	4.70	6.65	0.35	8.44	1.22	5.25	0.50	0.29	1.45	6.58	2.42	5.47
82.000	82.050	4.79	0.83	2.81	7.86	1.23	4.56	5.66	1.16	3.56	3.55	2.09	5.80
82.050	82.100		5.40			2.03		0.30	0.21		8.60	2.61	
82.100	82.150	5.13	4.84	1.50	12.44			2.33	0.51	2.14	3.59	1.12	0.62
82.150	82.200	6.02			8.89			3.14	0.95	1.07			
82.200	82.250	1.95	3.47		8.32			2.07	0.95	1.16			
82.250	82.300	3.36	4.63	0.03	6.65			2.35	1.82	0.67			
82.300	82.350	5.62	4.65	0.08	5.28			4.28	1.02	0.87	0.43	0.39	

82.350	82.400	2.98	4.61		5.55														
82.400	82.450	5.57		0.32	7.47		4.21	1.67	1.23										
82.450	82.500	4.66			6.10		2.35	0.82	0.21										
82.500	82.550		6.27					0.12									0.85		
82.550	82.600	3.61			3.98	3.04	0.77	0.42		1.15	3.26								
82.600	82.650	6.11	5.29		4.91	1.28	1.44	0.43		3.65	1.58								
82.650	82.700		4.59	2.16			1.12	2.39	3.08	0.43									
82.700	82.750		3.97	0.36			3.28	0.93	0.97	0.58	0.27	0.60							
82.750	82.800						2.57	0.71	0.50	1.32	0.64	0.30							
82.800	82.850			1.60	0.14		2.77	1.01	2.29	1.40	0.88								
82.850	82.900			1.57	0.12	0.46	3.08	0.65	1.62	1.83	1.02	1.32							
82.900	82.950			0.73	0.43		1.78	0.76	1.85	1.21	1.18	0.77							
82.950	83.000			1.40	0.48		4.48	1.43	1.64	2.19	0.74	0.33							
83.000	83.050	5.65	4.96	1.47	3.34		6.52	2.65	2.15	1.33	0.47								
83.050	83.100	5.32			4.72	0.35	4.22	5.00	1.13	0.78	5.30	1.32	5.66						
83.100	83.150	3.15	3.92	1.38	7.35	1.20	1.61	3.27	1.24	1.49	5.25	1.98	1.96						
83.150	83.200	5.67			6.17		0.29	2.52	1.15	0.48	3.93	0.37	0.68						
83.200	83.250	4.16	0.89		3.98			1.31	1.56	0.28	1.78	0.63							
83.250	83.300	4.25		0.90	6.33			1.60	0.17	1.83	1.34	1.16							
83.300	83.350		3.69			0.06	0.46	0.43	0.40	0.39	1.44	1.46	1.35						
83.350	83.400	2.25	1.54		2.23			2.39	0.63	1.14	0.54	0.85							
83.400	83.450	4.39			3.90	1.20		1.73	0.23		1.75	1.80							
83.450	83.500	2.76			4.51	0.46		0.60	0.53		3.13	1.86							
83.500	83.550	2.72			3.88	0.48	0.71	1.16	1.14	0.26	3.98	1.03	1.63						
83.550	83.600	1.63	4.54	3.20	4.41	1.20	0.01	12.17	3.59	3.82	3.07	1.35	1.40						
83.600	83.650	0.67	3.18	2.38	1.28			13.61	3.75	2.55	0.59	0.52	0.30						
83.650	83.700	4.14	4.98	0.34	2.74	1.14	1.24	4.73	1.54	1.67	1.57	1.35	2.53						
83.700	83.750	3.11	3.17	0.37	4.65	0.14		0.77	0.29	0.59	0.81	0.81	0.67						
83.750	83.800					0.78	0.11	1.56	0.17	1.09	5.00	1.02	1.36						
83.800	83.850	4.95			1.15			2.57	1.30	0.25	3.14	0.39	0.57						
83.850	83.900	7.42		0.14	6.92	0.07		3.13	1.27	1.61	2.65	0.39	0.60						
83.900	83.950	4.22	5.23		6.95			0.52	0.59		0.66	0.18							
83.950	84.000		2.73			0.06		1.74	0.82	0.50	1.25	0.99							

(Fuente: Elaboración Propia)

FUENTES DE CONSULTA

- Cazorla, M. (2010). *Metodología para la Evaluación del Pavimento Flexible y Propuesta de Soluciones de Rehabilitación de un tramo de Carretera, a partir de la Inspección Visual*. La Habana, Cuba.
- Condori, A., & Callohuanca, N. (2015). *Evaluación y Comparación de la condición superficial del pavimento a través de la aplicación de las metodologías PCI y VIZIR en el pavimento flexible de la Avenida Huancané (Km 0+000 – 3+000) de la Ciudad de Juliaca 2013*. Juliaca, Perú.
- Díaz, J. (2014). *Evaluación de la Metodología PCI como Herramienta para la Toma de Decisiones en las Intervenciones a Realizar en los Pavimentos Flexibles*. Bogotá, Colombia.
- Emaze. (s.f.). Obtenido de <https://www.emaze.com/@AQFLRQCZ/Untitled>
- González, D. (2016). *Evaluación Georeferenciada de la Superficie del Pavimento de la vía Loja - Zamora, tramo 0+000 - 29+000*. Loja, Ecuador.
- Gutiérrez, W. (1994). *Índice de Condición del Pavimento. Método de Evaluación de Pavimentos Asfálticos. Conferencia. .*
- Huamán, N. (2011). *La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú*. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Vías. (2006). *Manual para la Inspección de Pavimentos Flexibles*. Bogotá.
- Leguía, P., & Pacheco, H. (2016). *Evaluación Superficial del Pavimento Flexible por el Método Pavement Condition Index (PCI) en las Vías*

Arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho – Huaura – Lima). Lima, Perú.

Medina, A., & De la Cruz, M. (2015). *Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gávez del distrito de Lince aplicando el método PCI.* Lima, Perú.

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (1990). *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación.* Santo Domingo, República Dominicana.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial.* Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial.* Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotécnia y Pavimentos.* Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Inventarios Viales.* Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2015). *Manual del Usuario EVALPAV - Software para Evaluación de Pavimentos en Carreteras y Aeropuertos de Superficie Asfáltica, y Carreteras no Pavimentadas.* Lima, Perú.

Miranda , R. (2010). *Deterioros en Pavimentos Flexibles y Rígidos.* Valdivia, Chile.

Pavemetrics. (s.f.). Obtenido de <http://www.pavemetrics.com/applications/road-inspection/laser-crack-measurement-system/>

- Robles, R. (2015). *Cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI) Barranco - Surco - Lima*. Lima, Perú.
- Rodríguez Velazquez, E. (2009). *Cálculo del Índice de Condición de Pavimento Flexible en la Av. Luis montero, Distrito de Castilla*. Piura, Perú.
- Rodriguez, E. (2009). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, Distrio de Castilla*. Piura.
- Rolando, A. (2009). *Evaluación Superficial de algunas calles de Loja*. Loja, Ecuador.
- Samohod , A. (2018). *Separatas y Apuntes del Curso*. Lima, Perú.
- Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras*. Manizales, Colombia.