



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) DE LA VÍA
PACCHA – POLÍGONO DE TIRO: EVALUACIÓN MEDIANTE METODOLOGÍA
TRADICIONAL Y ASISTIDA CON DRONES**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Civil

AUTORES: ANAHI ALEXANDRA MEDINA MATAILO
YANUA KARINA PUJUPAT NAIKIAI

TUTOR: ING. CRISTIAN DANILO BUSTOS CABRERA MSc.

Cuenca - Ecuador

2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Anahí Alexandra Medina Matailo con documento de identificación N° 1105213167 y Yanua Karina Pujupat Naikiai con documento de identificación N° 1400968390; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 13 de enero del 2025

Atentamente,



Anahí Alexandra Medina Matailo

1105213167



Yanua Karina Pujupat Naikiai

1400968390

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Anahí Alexandra Medina Matailo con documento de identificación N° 1105213167 y Yanua Karina Pujupat Naikiai con documento de identificación N° 1400968390, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico: “Comparación del índice de condición del pavimento (PCI) de la vía Paccha – polígono de tiro: evaluación mediante metodología tradicional y asistida con drones”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 13 de enero del 2025

Atentamente,



Anahí Alexandra Medina Matailo
1105213167



Yanua Karina Pujupat Naikiai
1400968390

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cristian Danilo Bustos Cabrera con documento de identificación N° 0301288262, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) DE LA VÍA PACCHA – POLÍGONO DE TIRO: EVALUACIÓN MEDIANTE METODOLOGÍA TRADICIONAL Y ASISTIDA CON DRONES, realizado por Anahí Alexandra Medina Matailo con documento de identificación N° 1105213167 y por Yanua Karina Pujupat Naikai con documento de identificación N° 1400968390, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 13 de enero del 2025

Atentamente,



firmado electrónicamente por:
**CRISTIAN DANILO
BUSTOS CABRERA**

Ing. Cristian Danilo Bustos Cabrera, MSc.

0301288262

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación lo dedico, en primer lugar, a Dios, quien me ha dado la fortaleza necesaria para superar los desafíos y concluir mi carrera satisfactoriamente. Su guía y bendición constante han sido mi sostén a lo largo de este camino.

A mis padres, Michael y Alexandra, les expreso mi más profundo agradecimiento por su confianza, sus sabias palabras y su amor incondicional. Su presencia constante, su apoyo y sus consejos han sido fundamentales para convertirme en la persona que soy hoy. Sin su esfuerzo y sacrificio, este logro no habría sido posible. Sus bendiciones diarias me han protegido y guiado siempre por el camino del bien.

A mis hermanos, Michael y Josué, por su compañía, palabras de aliento y apoyo incondicional. Espero que este logro les sirva de ejemplo de que, con esfuerzo y dedicación, todo objetivo que uno se proponga puede ser alcanzado.

A mis abuelitos, Agustín y Marina, quienes, a pesar de la distancia, me han acompañado en esta etapa con sus palabras de aliento, su cariño y su apoyo constante. A mi abuelita Gloria, quien, aunque no está físicamente presente, siempre quiso que luchara por mis sueños y superara cualquier adversidad. Estoy segura de que desde el cielo me cuida y guía para que todo salga bien.

Anahi Alexandra Medina Matailo.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios, quien ha sabido guiarme por el camino correcto, brindándome fortaleza para perseverar y superar las dificultades que se presentaron en mi vida. Su guía me ha enseñado a enfrentar las adversidades con dignidad y a no desfallecer en el intento. Además, le agradezco por haberme bendecido con una familia maravillosa, que siempre ha creído en mí y me ha apoyado incondicionalmente.

A mis padres, por su invaluable apoyo, sabios consejos, comprensión incondicional y amor infinito. A mi padre, Michael, por proporcionarme los recursos necesarios y estar siempre a mi lado, guiándome con su apoyo y orientación constante. A mi madre, Alexandra, por moldearme en ser una mejor persona mediante sus enseñanzas, amor y valiosos consejos. Gracias a ustedes, he desarrollado los valores, principios, carácter, dedicación, perseverancia y coraje necesarios para alcanzar mis metas. Todo lo que soy como persona se lo debo a ustedes.

A mi tutor, el Ing. Danilo Bustos, le expreso mi más sincero agradecimiento por su invaluable disposición y apoyo durante el desarrollo de este proyecto de titulación. Su conocimiento experto, sus consejos críticos y su confianza en mis capacidades han sido fundamentales para la realización de este trabajo. Su mentoría no solo fue un pilar clave en este proceso, sino que también dejó una huella significativa en mi formación académica. Aprecio profundamente su compromiso y profesionalismo, los cuales fueron determinantes para culminar exitosamente este proyecto. Asimismo, extendiendo mi gratitud a todos los docentes que, a lo largo de mi formación académica, contribuyeron con sus enseñanzas, dedicación y orientación, dejando en mí una base sólida para enfrentar los desafíos futuros.

A mis hermanos, Michael y Josué, cuyo amor incondicional me ha inspirado a superar cada desafío. Les agradezco profundamente su paciencia, su constante preocupación por mí como hermana mayor y por compartir conmigo no solo su tiempo, sino también sus vidas. Pero, sobre todo, les agradezco por estar a mi lado en cada momento significativo de mi vida. Su apoyo y cariño han sido una fuente inagotable de fortaleza y motivación.

A mis amigas Karina y Johanna, por su invaluable amistad, su constante apoyo y su compañía en esta etapa tan importante de mi vida. Karina, mi compañera de tesis, por ser un ejemplo de dedicación, compromiso y trabajo en equipo; tu esfuerzo y compañerismo hicieron de este proceso una experiencia enriquecedora. Johanna, gracias por ser una amiga leal y siempre estar presente con palabras de aliento en los momentos en que más las necesitaba. Su presencia hizo que este camino fuera más llevadero, significativo y lleno de gratitud.

A todos ustedes, les expreso mi más profundo y sincero agradecimiento. Su presencia, apoyo y confianza han sido esenciales para alcanzar este logro, que sin ustedes habría sido imposible de conseguir.

Anahi Alexandra Medina Matailo.

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación se la dedico a mis padres, Vicente y Verónica, quienes, con su sacrificio y sabiduría, me han guiado en cada paso de mi vida, por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia y por el apoyo constante, han sido la fuerza que me ha impulsado a superar los desafíos. Esta tesis es el reflejo de su dedicación y el ejemplo de superación que siempre me han brindado.

A mis hermanos y hermanas, por su amor incondicional, por tenerme siempre presente en sus oraciones y por estar en los momentos de alegría y en los de dificultad. Cada uno de ustedes ha sido una fuente de motivación y fuerza para seguir adelante.

A Giovanni, quien fue la fuente de mi inspiración para seguir este camino académico, por creer en mí cuando no lo hacía, y por ser una luz en momentos de incertidumbre. Tus palabras siempre me motivaron a superarme y a perseguir mis sueños con determinación.

Yanua Karina Pujupat Naikiai.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios, por guiarme en este proceso, dándome fuerza y sabiduría para superar los retos que se presentaron a lo largo del camino. Esta tesis es un testimonio de su bondad y de su presencia en mi vida, que me ha impulsado a alcanzar mis sueños

A mis padres, Vicente y Verónica, gracias por ser mi impulso en cada reto. Cada consejo, cada palabra de aliento y cada acto de apoyo ha sido fundamental en este logro. Gracias por enseñarme el valor de la perseverancia y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Este logro es el reflejo de todo lo que me han enseñado y de su incansable esfuerzo por verme crecer.

A mi tutor, Ing. Danilo Bustos, por su invaluable predisposición y apoyo en el desarrollo de este proyecto de titulación. Le expreso mi más sincero agradecimiento por compartir sus conocimientos a lo largo de todo el proceso, su compromiso y profesionalismo fueron clave para culminar este proyecto con éxito. De la misma manera, extendiendo mi gratitud a todos los docentes que me acompañaron a lo largo de mi formación académica.

A mis hermanos y hermanas, por estar siempre a mi lado, por su cariño y por motivarme a continuar adelante, aun cuando el camino parecía difícil

A mis amigas Anahí y Jhoana, por su amistad, su compañía y su apoyo constante. Anahí, mi compañera de tesis, gracias por ser un ejemplo de dedicación y trabajo en equipo. Jhoana, gracias por ser una amiga leal que siempre estuvo allí para brindarme palabras de aliento. Juntas hicieron este proceso mucho más llevadero y significativo.

Finalmente, a Giovanni, por circunstancias de la vida no está presente, quiero agradecerle por haber creído en mí incluso en los momentos en los que dudé de mis propias capacidades. Tu confianza y palabras de aliento fueron una fuente de inspiración que me motivó a seguir adelante

en esta carrera. Gracias por ser un pilar en mi vida, por tu apoyo incondicional y por recordarme siempre que los sueños son alcanzables con esfuerzo y perseverancia.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento. Sin su presencia y apoyo, este logro no habría sido posible.

Yanua Karina Pujapat Naikiai.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación evalúa el Índice de Condición del Pavimento (PCI) de la vía Paccha-Polígono de Tiro mediante los métodos tradicional y asistido con drones, siguiendo la norma ASTM D6433-03. Se identificaron y clasificaron las fallas presentes en el pavimento, obteniendo un PCI de 65.31 con el método manual y 66.31 mediante teledetección, ambos clasificando el pavimento como "Bueno". La implementación de drones destacó por su precisión, seguridad y capacidad para generar datos detallados y reutilizables, minimizando riesgos para el personal en campo. Este enfoque propone la incorporación de tecnologías avanzadas en la evaluación vial, estableciendo un precedente en la modernización de las prácticas de gestión de infraestructura, especialmente en vías de difícil acceso o con alto tráfico vehicular.

Palabras clave: Evaluación vial, pavimento, PCI, drones, teledetección

ABSTRACT

The present degree project evaluates the Pavement Condition Index (PCI) of the Paccha - Polígono de Tiro Road using traditional and drone-assisted methods, following the ASTM D6433-03 standard. The pavement's deficiencies were identified and classified, resulting in a PCI of 65.31 with the manual method and 66.31 with the drone-assisted method, both classifying the pavement as "Good." The use of drones stood out for its precision, safety, and ability to generate detailed and reusable data, minimizing risks for field personnel. This approach advocates the incorporation of advanced technologies in road evaluation, establishing a precedent for modernizing infrastructure management practices, particularly for roads in hard-to-reach areas or with high traffic volumes.

Keywords: Road evaluation, pavement, PCI, drones, remote sensing.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	17
II. PROBLEMA	18
1.1 Descripción del Problema.....	18
1.2 Antecedentes.....	19
1.2.1 Antecedentes Internacionales	19
1.2.2 Antecedentes Nacionales	20
1.2.3 Antecedentes Locales	21
1.3 Importancia y Alcances	22
1.4 Delimitación Geográfica del Estudio	23
III. OBJETIVOS.....	24
1.5.1 Objetivos General	24
1.5.2 Objetivos Específicos	24
IV. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	25
2.1 Vías Pavimentadas	25
2.1.1 Definición de Pavimentos	25
2.1.2 Clasificación de Pavimentos.....	26
2.1.2.1 Pavimento flexible	26
2.1.2.1.1 Elementos de los Pavimentos Flexibles.....	27
2.1.2.2 Pavimento rígido.....	28
2.1.2.2.1 Elementos de los Pavimentos Rígidos	29
2.2 Método del Índice de Condición del Pavimento (PCI)	30
2.3 Cálculo del Índice de Condición del Pavimento para Vías con Pavimento Flexible.....	31
2.3.1 Delimitación de Tramos a ser Evaluados.....	31
2.3.2 Cálculo y Evaluación Unidades de Muestreo	32
2.3.3 Deducción de Intervalos de Espaciamiento por Tramo de Evaluación	33
2.4 Cálculo del PCI para carreteras con capa de rodadura asfáltica o pavimentos flexibles	35
2.4.1 Cálculo de los valores deducidos:	36
2.4.2 Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m):.....	37
2.4.3 Cálculo del máximo valor deducible corregido, CDV	38
2.4.4 Cálculo del PCI en una Sección de Pavimento	39
2.5 Tipos de Patologías en los Pavimentos Flexibles	40

2.5.1 Piel de Cocodrilo	40
2.5.2 Exudación.....	42
2.5.3 Fisuras en Bloques.....	44
2.5.4 Abultamientos y Hundimientos.....	46
2.5.5 Corrugación.....	48
2.5.6 Depresión	50
2.5.7 Fisura de borde	52
2.5.8 Fisura de reflexión de junta.....	55
2.5.9 Desnivel carril-berma.....	57
2.5.10 Fisuras longitudinales y transversales.....	59
2.5.11 Parches de cortes utilitarios.....	62
2.5.12 Agregado pulido	64
2.5.13 Huecos.....	65
2.5.14 Cruce de vía férrea.....	67
2.5.15 Ahuellamiento.....	68
2.5.16 Desplazamiento.....	71
2.5.17 Fisura parabólica o por deslizamiento	73
2.5.18 Hinchamiento	75
2.5.19 Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados.....	76
2.6 Teledetección.....	79
2.7 Aplicaciones de la Teledetección.....	79
2.8 Tecnología LIDAR	80
2.8.1 Principios de Funcionamiento del Sistema LIDAR.....	81
2.8.2 Áreas de Aplicación de la Tecnología LIDAR.....	82
2.9 Programas Computacionales para el Análisis de Datos.....	82
V. MARCO METODOLÓGICO	83
3.1. Tipo y Diseño de Investigación	83
3.2. Enfoque Metodológico	84
3.3. Ámbito del Estudio	84
3.4. Métodos de Recolección de Datos.....	84
3.5. Instrumentos y Herramientas.....	85
3.6. Procedimiento	85

3.7. Técnicas de Análisis de Datos.....	86
3.8. Limitaciones	86
VI. Resultados	87
4.1 Muestreo.....	87
4.2 Cálculo de PCI Manual	88
4.3 Metodología con Utilización de Teledetección	94
VII. CONCLUSIONES	95
VIII. RECOMENDACIONES	96
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
X. ANEXOS	100
ANEXO I. Formato de Recolección de Datos	101
ANEXO II. Curvas de Valores Deducidos para Pavimentos Flexibles	102
ANEXO III. Cálculo de PCI para Unidad de Muestra Método Tradicional	107
ANEXO IV. Cálculo de PCI para Unidad de Muestra Utilizando Drones	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Vía Paccha-Poligono de Tiro	23
Figura 2.1. Ejemplo de pavimento Flexible.....	26
Figura 2.2. Sección típica de pavimento flexible.....	28
Figura 2.3. Ejemplo de Pavimento Rígido.....	28
Figura 2.4. Sección típica de pavimento Rígido	29
Figura 2.5. hoja de registro de fallas	35
Figura 2.6a. Piel de Cocodrilo de baja severidad.....	40
Figura 2.6b. Piel de Cocodrilo de severidad media.....	41
Figura 2.6c. Piel de Cocodrilo de alta severidad.....	41
Figura 2.7a. Exudación de baja severidad	43
Figura 2.7b. Exudación de severidad media	43
Figura 2.7C. Exudación de severidad alta	43
Figura 2.8A. Agrietamiento en bloque de baja severidad	44
Figura 2.8B. Agrietamiento en bloque de severidad media.....	45
Figura 2.8C. Agrietamiento en bloque de alta severidad.....	45
Figura 2.9A. Abultamiento y hundimientos de baja severidad.....	46

Figura 2.9B. Abultamiento y hundimientos de severidad media.....	47
Figura 2.9C. Abultamiento y hundimientos de alta severidad.....	47
Figura 2.10A. Corrugación de baja severidad.....	48
Figura 2.10B. Corrugación de severidad media.....	48
Figura 2.10C. Corrugación de alta severidad.....	49
Figura 2.11A. Depresión de baja severidad.....	50
Figura 2.11B. Depresión de severidad media.....	51
Figura 2.11C. Depresión de alta severidad.....	51
Figura 2.12A. Grieta de borde de baja severidad.....	53
Figura 2.12B. Grieta de borde de severidad media.....	53
Figura 2.12C. Grieta de borde de alta severidad.....	54
Figura 2.13A. Grieta de reflexión de junta de baja severidad.....	55
Figura 2.13B. Grieta de reflexión de junta de severidad media.....	56
Figura 2.13C. Grieta de reflexión de junta de alta severidad.....	56
Figura 2.14A. Desnivel carril/berma de baja severidad.....	57
Figura 2.14B. Desnivel carril/berma de severidad media.....	58
Figura 2.14C. Desnivel carril/berma de alta severidad.....	58
Figura 2.15a. Grietas longitudinales y transversales de baja severidad.....	60
Figura 2.15B. Grietas longitudinales y transversales de severidad media.....	60
Figura 2.15C. Grietas longitudinales y transversales de alta severidad.....	61
Figura 2.16A. Parcheo y acometidas de servicios públicos de baja severidad.....	62
Figura 2.16B. Parcheo y acometidas de servicios públicos de severidad media.....	62
Figura 2.16C. Parcheo y acometidas de servicios públicos de alta severidad.....	63
Figura 2.17a. Agregado pulido.....	64
Figura 2.18a. Hueco de baja severidad.....	65
Figura 2.18b. Hueco de severidad media.....	65
Figura 2.18c. Hueco de alta severidad.....	66
Figura 2.19a. Cruce de vía férrea de baja severidad.....	67
Figura 2.19b. Cruce de vía férrea de severidad media.....	67
Figura 2.19C. Cruce de vía férrea de alta severidad.....	67
Figura 2.20A. Ahuellamiento de baja severidad.....	69
Figura 2.20B. Ahuellamiento de severidad media.....	69

Figura 2.20C. Ahuellamiento de alta severidad	69
Figura 2.21A. Desplazamiento de baja severidad	71
Figura 2.21B. Desplazamiento de severidad media	72
Figura 2.21C. Desplazamiento de alta severidad	72
Figura 2.22A. Grieta parabólica de baja severidad	73
Figura 2.22B. Grieta parabólica de severidad media.....	74
Figura 2.22C. Grieta parabólica de alta severidad	74
Figura 2.23A. Hinchamiento, el nivel de severidad se basa en el criterio de la calidad de tránsito	75
Figura 2.24A. Desprendimiento de agregados de baja severidad	77
Figura 2.24B. Desprendimiento de agregados de severidad media	77
Figura 2.24C. Desprendimiento de agregados de alta severidad	78
Figura 4.1. Valor Deducido para la falla de Meteorización.....	90
Figura 4.2. Curva de Valor Deducido Corregido	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación PCI.....	30
Tabla 2. Longitudes de muestreo de pavimento flexible.....	32
Tabla 3. Fallas encontradas en la unidad de muestreo 3	89
Tabla 4. Valores deducidos para las fallas encontradas en la unidad de muestreo 3	90
Tabla 5. Cálculo del CDT	92
Tabla 6. PCI de cada Unidad de Muestra	93
Tabla 7. PCI de cada Unidad de Muestra Utilizando Teledetección.....	94

I. INTRODUCCIÓN

En el contexto del Ecuador, la infraestructura vial constituye un componente clave del patrimonio nacional, dado su impacto directo en el desarrollo social y económico del país. Las vías de comunicación permiten la conexión entre poblaciones, así como el intercambio de bienes y servicios, promoviendo la integración territorial y el fortalecimiento de las actividades económicas.

Dentro de esta infraestructura, la estructura del pavimento desempeña un papel esencial, ya que su función principal es proporcionar a los usuarios una experiencia de rodaje cómoda, segura y económica. En el caso del cantón Cuenca, reconocido por su relevancia turística y cultural, contar con vías en óptimas condiciones es indispensable para fomentar el turismo, la actividad económica principal de la región, y garantizar un acceso eficiente y seguro.

Actualmente, la vía que conecta el Polígono de Tiro con Paccha carece de una evaluación adecuada de sus condiciones actuales, así como de un plan de mantenimiento que permita tomar decisiones oportunas sobre su conservación. Aunque hace un año recibió mantenimiento por parte de la Empresa Asfaltar EP, la ausencia de una planificación estructurada dificulta la identificación precisa de los trabajos necesarios para garantizar su óptimo estado. Asimismo, esta carencia impide programar actividades de conservación basadas en indicadores técnicos, como el Índice de Condición del Pavimento (PCI).

Por esta razón, se hace imprescindible llevar a cabo un estudio exhaustivo que permita evaluar el estado actual de la vía y definir un plan de mantenimiento integral. Este enfoque garantizará la seguridad y comodidad de los usuarios, al tiempo que contribuirá al desarrollo

económico y turístico del cantón Alausí, consolidando su importancia dentro del contexto nacional.

II. PROBLEMA

1.1 Descripción del Problema

La implementación de un plan de mantenimiento vial requiere, como paso previo, una evaluación exhaustiva del estado actual de la vía, ya que esta permite determinar y aplicar de manera adecuada las medidas de intervención necesarias. Sin embargo, los métodos tradicionales de inspección visual, como el Índice de Condición del Pavimento (PCI), presentan limitaciones significativas, principalmente debido a su carácter manual y su alta demanda de tiempo. Este método, que se basa en la observación directa de las fallas presentes en la superficie de rodadura del pavimento, enfrenta diversos retos operativos.

Uno de los principales inconvenientes de este enfoque es la dificultad para realizar un inventario completo y preciso de las fallas debido al constante flujo vehicular. En muchos casos, es necesario cerrar parcialmente la vía, lo que provoca congestión vehicular, incrementa los tiempos de desplazamiento y genera molestias considerables a los usuarios. Adicionalmente, este procedimiento expone al personal encargado a riesgos de accidentes de tránsito, así como a condiciones climáticas adversas, como la exposición prolongada al sol o al frío, que pueden afectar su salud y seguridad.

El sistema convencional de recolección de datos no solo resulta ineficiente, sino que también incrementa los costos asociados a la evaluación, ya que requiere una considerable cantidad de personal y recursos materiales. Frente a estas limitaciones, la incorporación de tecnologías avanzadas en la ingeniería, como el uso de drones, se ha consolidado como una solución eficaz y

sostenible. Los drones permiten recolectar datos espaciales de alta precisión en menos tiempo, minimizando los riesgos y costos operativos. Además, los datos obtenidos mediante esta metodología pueden ser analizados de forma repetida sin la necesidad de realizar nuevas inspecciones de campo, lo que mejora la eficiencia y calidad del análisis (Pucha & Zárate, 2020).

En este contexto, se propone realizar la evaluación superficial de pavimentos mediante el uso del Método PCI apoyado en tecnología de drones. Esta herramienta tecnológica ofrece una alternativa innovadora que optimiza el proceso de recolección de datos, asegurando una evaluación más rápida, precisa y segura, lo cual contribuye al desarrollo de planes de mantenimiento vial más efectivos y sostenibles.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Antecedentes Internacionales

El creciente uso de la infraestructura vial debido a la demanda de transporte requiere estrategias de mantenimiento efectivas para preservar las condiciones de los pavimentos. Las innovaciones en la inspección de pavimentos, como el uso de drones o UAVs, superan las técnicas tradicionales en velocidad y precisión, mejorando la detección de daños. Estas tecnologías inteligentes permiten la creación de modelos 3D y una clasificación más precisa de los daños en pavimentos, lo que ha llevado a un avance significativo en la gestión de infraestructuras viales (Feitosa, Santos, & Almeida, 2024).

(Cubas Fernandez, 2021) realizó una investigación con el objetivo de determinar cómo el uso de drones optimiza la evaluación superficial del pavimento flexible mediante el método PCI convencional en la Av. Los Conquistadores, en San Isidro, Lima. El estudio, de enfoque cuantitativo y diseño cuasi experimental, incluyó una muestra intencional de 678 m del pavimento, dividida en 18 unidades de muestra. Los resultados mostraron que no hubo diferencias

significativas entre las evaluaciones tradicionales y las realizadas con drones, con un valor PCI promedio de 59 en la inspección convencional y 61 usando drones, clasificando el estado del pavimento como "Bueno" en ambas evaluaciones. Se evidenciaron ventajas del uso de drones, como la reducción del riesgo para el personal evaluador y la minimización de interrupciones en el tránsito vehicular, ya que no es necesario cerrar la vía para la recolección de datos. Se concluyó que el uso de drones optimiza el tiempo de evaluación en un 35% y reduce los costos en un 28%.

1.2.2 Antecedentes Nacionales

(Hurtado Arias, 2016) realizó una evaluación funcional y estructural del pavimento en la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito, en un tramo de 4.718 km, debido a su alta relevancia como vía principal de acceso hacia la parroquia de Amaguaña. El estudio utilizó parámetros clave como las deflexiones, el Índice de Regularidad Internacional (IRI), el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), y el Índice de Condición del Pavimento (PCI), obtenidos mediante ensayos en sitio y el uso del método Paver para registrar fallas superficiales. Tras un análisis detallado de los resultados, que indicaron un estado regular y pobre en la estructura del pavimento, se recomendó un cambio estructural para mejorar su condición, con el objetivo de prolongar la vida útil de la vía y optimizar el IRI y PCI, mejorando así la calidad del servicio vehicular.

(Cayambe Manya & Santillán Villagrán, 2015) han aplicado este enfoque en la rehabilitación de la carretera Colta-Alausí, demostrando la efectividad del PCI para planificar intervenciones adecuadas. Asimismo, la implementación de este tipo de metodología responde a la necesidad de un mantenimiento adecuado de las vías que mejore las condiciones de circulación y reduzca costos operativos (MTOP, 2020).

1.2.3 Antecedentes Locales

(Gonzalez Sánchez & Ortega Medina, 2024) evaluaron el pavimento de la vía El Carmen de Sinincay-Lazareto, utilizando el procedimiento del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para examinar 2.418,30 metros de la vía, identificando fallos y determinando su estado. El estudio abarcó dos carriles y 13 tramos de muestra, explicando detalladamente el cálculo del PCI y las principales fallas encontradas en el pavimento flexible. Los resultados revelaron deficiencias significativas en varios tramos, con un PCI ponderado entre 1 y 55, lo que indica que la vía necesita ser intervenida debido a fallas funcionales que afectan el tráfico y generan daños estructurales visibles. Se evaluaron manualmente las fallas en campo y se comparó con la experiencia de confort al transitar, mostrando una clara correlación con el mal estado del pavimento.

(Morocho Jiménez, 2021) presenta un plan de intervención vial para la parroquia Quinta Chica Baja, en Cuenca, Azuay, basado en la evaluación funcional de pavimentos rígidos y asfálticos mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y las cadenas de Markov para proyectar su condición futura. Se evaluaron 76 unidades de muestreo distribuidas en 15 tramos, aplicando tanto un método manual como el software PAVER. Los resultados para el pavimento asfáltico indican que el 22.85% está en estado Bueno, el 43.24% en estado Regular, y el 33.91% en estado Pobre, requiriendo intervenciones correctivas o de rehabilitación. En cambio, el pavimento rígido fue clasificado en estado Excelente, solo necesitando mantenimiento preventivo.

(Becerra Delgado & Sánchez Reinoso, 2018) evaluaron la red vial de la parroquia El Valle, compuesta por pavimentos flexibles, rígidos y vías sin pavimentar, esenciales para las actividades diarias de los habitantes. El deterioro de las vías afecta la salud de la comunidad por las emisiones tóxicas derivadas del frenado vehicular. La evaluación funcional se realizó mediante ensayos no destructivos y tres métodos: el Índice de Condición del Pavimento (PCI), el Windshield Pavement

Condition Index y el Formulario de Acreditación Vial del MTOP para vías pavimentadas, y el Unsurfaced Road Condition Index (URCI) y el Paser Manual-Gravel Roads para las no pavimentadas. Los resultados proporcionaron información sobre el estado real de las vías, permitiendo implementar un sistema de gestión vial para priorizar y planificar intervenciones que optimicen la red vial.

1.3 Importancia y Alcances

La infraestructura vial es un elemento esencial para el desarrollo económico y social, ya que conecta comunidades, facilita el transporte de bienes y servicios, y potencia actividades como el turismo. En el cantón Cuenca, las condiciones adecuadas de las vías son fundamentales para mantener su relevancia como destino turístico y motor económico. Sin embargo, la falta de una evaluación precisa del estado de la vía Paccha-Polígono de Tiro, combinada con la ausencia de un plan integral de mantenimiento, representa un desafío que limita la movilidad segura y afecta el desarrollo local (González Sánchez & Ortega Medina, 2024; Morocho Jiménez, 2021).

El problema actual radica en la dependencia de metodologías tradicionales para la evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI), las cuales son costosas, demandan mucho tiempo y presentan riesgos para el personal encargado. Según Feitosa, Santos y Almeida (2024), la integración de tecnologías como los drones no solo optimiza la precisión y velocidad de las inspecciones, sino que también minimiza los riesgos operativos y los costos asociados. Esta innovación ha demostrado ser una herramienta efectiva para superar las limitaciones de las técnicas tradicionales (Cubas Fernández, 2021).

Con la implementación de drones, este estudio busca establecer un precedente en el uso de tecnologías avanzadas para mejorar la gestión vial en la región. Los resultados beneficiarán directamente a los habitantes del cantón Cuenca, quienes contarán con vías más seguras y

eficientes. Además, sectores como el turismo y el comercio local también se verán favorecidos, impulsando el desarrollo económico de la zona (Cayambe Manya & Santillán Villagrán, 2015; Hurtado Arias, 2016).

Este trabajo de titulación responde a la necesidad de contar con evaluaciones más precisas y sostenibles de la infraestructura vial. Al comparar las metodologías tradicional y asistida por drones, se espera identificar ventajas significativas en términos de eficiencia, costo y seguridad, promoviendo una gestión vial más efectiva. Asimismo, contribuye al desarrollo académico y práctico en el campo de la ingeniería civil, generando un impacto positivo tanto en la comunidad local como en futuras investigaciones relacionadas con la infraestructura vial.

1.4 Delimitación Geográfica del Estudio

Ciudad: Cuenca

Provincia: Azuay

País: Ecuador

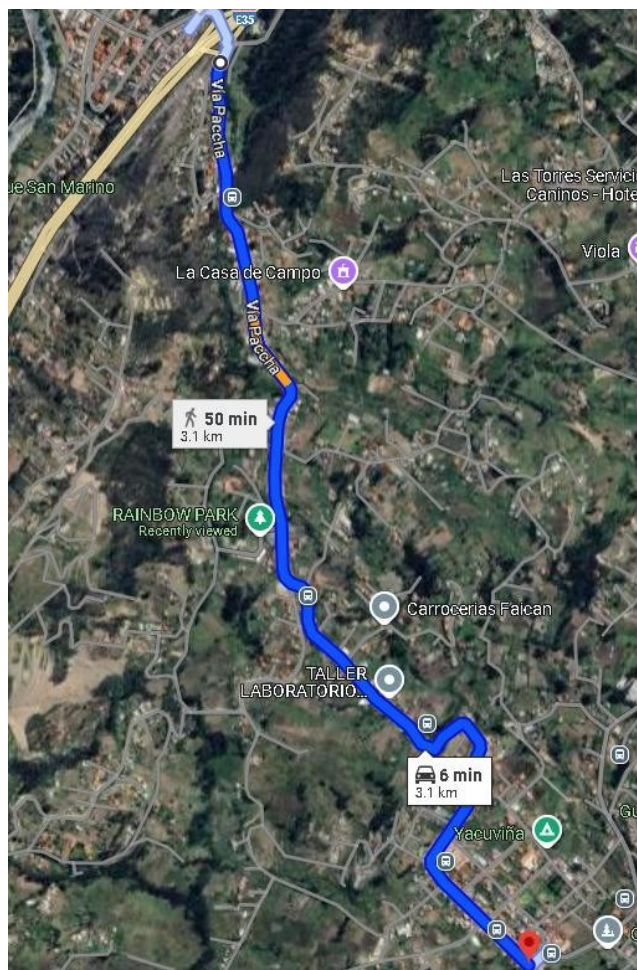
Vía: Paccha

Coordenada Este: 728711.40 m E

Coordenada Norte: 9681468.68 m S

La figura 1.1 presenta el tramo de la vía la cual se desarrollará la investigación.

Figura 1.1. VÍA PACCHA-POLÍGONO DE TIRO



Fuente: Google Maps

III. OBJETIVOS

1.5.1 Objetivos General

- Evaluar el Índice de Condición del Pavimento (PCI) de la vía Paccha mediante la comparación de la metodología tradicional y la teledetección con drones.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Identificar y clasificar las fallas presentes a lo largo de la vía según la norma ASTM-D6433-03.

- Obtener el PCI de la vía a Paccha mediante los métodos tradicionales y la teledetección con drones.
- Comparar ambos métodos en términos de precisión, eficiencia y seguridad.

IV. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Vías Pavimentadas

2.1.1 Definición de Pavimentos

El pavimento se define como el conjunto de capas de material seleccionado diseñadas para recibir directamente las cargas generadas por el tránsito vehicular y transmitir las de manera uniforme hacia los estratos inferiores. Su principal propósito es proporcionar una superficie de rodamiento eficiente, capaz de cumplir con los requisitos funcionales y estructurales necesarios para garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios.

Para lograr un desempeño adecuado, el pavimento debe cumplir con diversas condiciones fundamentales. En primer lugar, es imprescindible que cuente con dimensiones apropiadas, lo que incluye una anchura suficiente y un diseño horizontal y vertical que permita un tránsito fluido y seguro. Asimismo, debe poseer una resistencia estructural adecuada, capaz de soportar las cargas del tránsito sin presentar fallas ni agrietamientos a lo largo de su vida útil.

Otra característica esencial es la capacidad del pavimento para ofrecer una adherencia óptima entre la superficie y los vehículos, incluso bajo condiciones de humedad, con el fin de evitar deslizamientos y garantizar la seguridad vial. Además, el pavimento debe ser resistente a los efectos destructivos del tránsito constante, las inclemencias del tiempo y la acción del agua, factores que pueden comprometer su durabilidad.

Por último, se debe considerar la seguridad y el confort visual que el pavimento brinda a los usuarios. Una buena visibilidad y un entorno paisajístico agradable no solo contribuyen a una experiencia de conducción más placentera, sino que también ayudan a reducir la fatiga del conductor. En conjunto, estas características son esenciales para garantizar que el pavimento cumpla con su función de manera eficiente y segura.

2.1.2 Clasificación de Pavimentos

Los pavimentos se clasifican en: pavimentos semi-rígidos o semi-flexibles y pavimentos articulados, sin embargo, en términos generales se los conoce como rígidos y flexibles (Montejo Fonseca, 2002).

2.1.2.1 Pavimento flexible

Los pavimentos asfálticos, también llamados pavimentos flexibles, son estructuras utilizadas comúnmente en vías de alto tráfico debido a su capacidad para adaptarse y distribuir cargas de manera eficiente. Estos pavimentos constan de varias capas que cumplen funciones específicas, destacándose la capa de rodadura, la cual está compuesta por una mezcla asfáltica de agregados gruesos y finos. Esta capa actúa como una barrera impermeable, evitando que el agua penetre y afecte a las capas subyacentes, lo cual es crucial para la durabilidad de la estructura (Zambrano, 2016).

En la Figura 2.1 Se presenta un ejemplo de Pavimento Flexible

Figura 2.1. EJEMPLO DE PAVIMENTO FLEXIBLE



Fuente: (Interventoría Promoción & Construcción de Proyectos S.A.S, 2024)

La flexibilidad del pavimento asfáltico permite que soporte deformaciones causadas por el tráfico, lo que minimiza el riesgo de fracturas bajo cargas pesadas. Esta estructura en capas no solo favorece la durabilidad del pavimento, sino que también facilita su mantenimiento, ya que, en caso de daños, solo la capa de rodadura necesita ser rehabilitada, lo cual es más económico y práctico en comparación con otros tipos de pavimento (Zambrano, 2016).

2.1.2.1.1 Elementos de los Pavimentos Flexibles

Según Montejo (2002), los principales elementos de las vías de pavimento flexible son los siguientes:

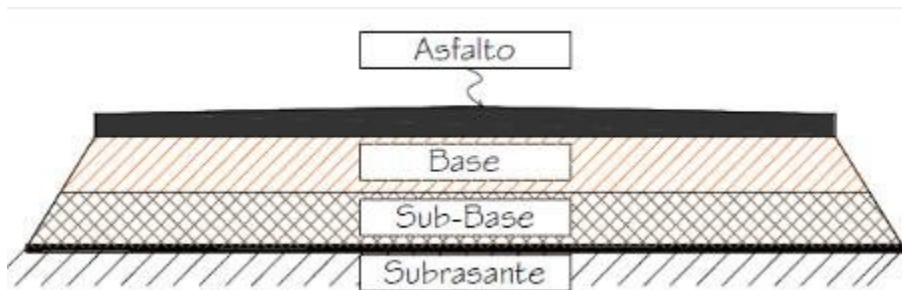
La capa subbase granular tiene como función principal optimizar la economía de la estructura del pavimento. Además, actúa como una barrera para evitar la infiltración de agua al suelo o al terreno mejorado, ya que la presencia de agua podría ocasionar daños tanto en la superficie como en la estructura del pavimento.

Por su parte, la capa base granular cumple un rol fundamental al servir como capa de transición. Su objetivo es distribuir de manera adecuada los esfuerzos generados por el tránsito desde la capa de rodadura hacia la subbase. Al igual que la subbase, esta capa también contribuye a la reducción de costos de la estructura del pavimento.

Finalmente, la superficie de rodadura tiene como función principal resistir los efectos del tránsito vehicular, soportando las cargas y los desgastes generados por el uso continuo. Además, debe proporcionar una superficie estable y uniforme que garantice condiciones seguras y confortables. Asimismo, la textura y el color de esta capa deben ser apropiados para cumplir con los requisitos de visibilidad y adherencia.

La Figura 2.2 presenta una sección típica de un pavimento flexible

FIGURA 2.2. SECCIÓN TÍPICA DE PAVIMENTO FLEXIBLE



Fuente: (Armijos, 2009)

2.1.2.2 Pavimento rígido

Este tipo de pavimento, conocido como rígido o hidráulico, está compuesto de una capa de rodadura a base de concreto Portland, que se coloca sobre la subrasante, teniendo o no una capa intermedia de base. En algunos casos, cuenta con un armado de acero para mejorar su resistencia (Zambrano, 2016).

La Figura 2.3 presenta un ejemplo de pavimento rígido.

FIGURA 2.3. EJEMPLO DE PAVIMENTO RÍGIDO



Fuente: (MTOP, 2013)

2.1.2.2.1 Elementos de los Pavimentos Rígidos

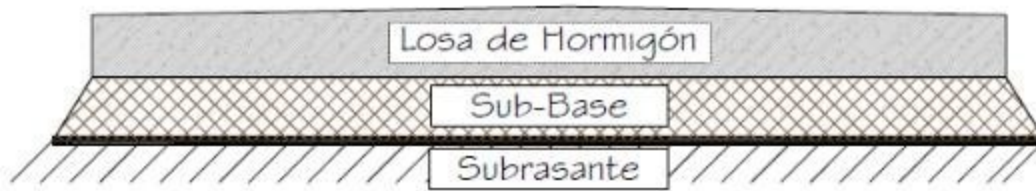
Según Montejo (2002), los principales elementos de las vías de pavimento rígido son los siguientes:

La capa subbase desempeña un papel crucial al prevenir el bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento. Esta capa también actúa como una capa de transición, diseñada para soportar y distribuir los esfuerzos generados por la capa superior hacia las capas inferiores, contribuyendo así a la estabilidad y durabilidad de la estructura del pavimento.

La losa de concreto, por su parte, tiene como función principal soportar las cargas generadas por el tránsito y transmitir las de manera eficiente hacia las capas subyacentes. Además, debe proporcionar una superficie que cumpla con los requisitos de textura, estabilidad y color, garantizando así un adecuado desempeño funcional y estético en condiciones de operación.

La Figura 2.4 presenta una sección típica de un pavimento rígido

FIGURA 2.4. SECCIÓN TÍPICA DE PAVIMENTO RÍGIDO



Fuente: (Armijos, 2009)

2.2 Método del Índice de Condición del Pavimento (PCI)

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por sus siglas en inglés, Pavement Condition Index), es un método ampliamente utilizado para evaluar el estado del pavimento. Este procedimiento, denominado oficialmente como el "Procedimiento estándar para la inspección del Índice de Condición del Pavimento en caminos", se basa en las normas ASTM D6433-07 y ASTM D6433-11 (ASTM, 2007; ASTM, 2011).

La metodología consiste en inspecciones visuales que permiten determinar el estado del pavimento en función del tipo, cantidad y severidad de las fallas detectadas (Sierra & Rivas, 2016). Entre sus principales ventajas se encuentra su facilidad de implementación, ya que no requiere herramientas sofisticadas, sino únicamente conocimientos básicos sobre patologías del pavimento y el uso de un formulario estándar para la evaluación visual.

El PCI se expresa como un rango numérico de 0 a 100 que clasifica la condición del pavimento. Un valor de 0 representa la peor condición posible, indicando un pavimento fallado, mientras que un valor de 100 refleja un estado excelente, con funcionalidad perfecta y eficiente. A continuación, se presenta la clasificación de los rangos PCI según el manual correspondiente (ver Tabla 1)

TABLA 1. CLASIFICACIÓN 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: Autores a través de Norma PCI-ASTM-D-6433

El PCI es reconocido como la metodología más completa para analizar y calificar objetivamente la condición del pavimento, tanto en estructuras flexibles como rígidas (Sierra & Rivas, 2016). Este enfoque proporciona una herramienta fundamental para la gestión de infraestructura vial, permitiendo tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento y la rehabilitación, optimizando así los recursos disponibles (Shahin, 2005).

2.3 Cálculo del Índice de Condición del Pavimento para Vías con Pavimento Flexible

En este apartado se describe de manera detallada el procedimiento para determinar el valor numérico del Índice de Condición del Pavimento (PCI), aplicable tanto a pavimentos rígidos como a pavimentos flexibles, garantizando una evaluación precisa y objetiva de su estado.

2.3.1 Delimitación de Tramos a ser Evaluados

La delimitación de los tramos a evaluar constituye la primera etapa del proceso, en la cual se identifican las áreas del pavimento que serán objeto de inspección. Según la norma ASTM

D6433 (2016), esta planificación considera diferentes zonas de uso, priorizando áreas como carreteras y parqueaderos.

En esta investigación, se cuenta únicamente con un tramo para la evaluación, lo que simplifica el proceso al no requerir la selección de secciones representativas. Sin embargo, cuando las redes viales son extensas, la inspección total puede ser inviable debido a limitaciones de costos y recursos humanos. En esos casos, es necesario elegir tramos representativos basándose en criterios técnicos como la historia de construcción, la estructura del pavimento, el tipo de tráfico y la condición actual.

Dado que en este caso no existen diferencias entre tramos, el análisis se centrará exclusivamente en las características y condiciones del tramo disponible, garantizando una evaluación completa y detallada.

2.3.2 Cálculo y Evaluación Unidades de Muestreo

En este estudio, la evaluación se centra en un único tramo de pavimento, lo que simplifica el proceso de delimitación y cálculo de unidades de muestreo. A continuación, se describe el procedimiento aplicado, conforme a los lineamientos de la norma ASTM D6433-16.

Para pavimentos flexibles, el área de muestreo debe estar en el rango de $225 \pm 90 \text{ m}^2$, según lo estipulado en la norma. Cabe indicar que la ASTM, no propone una medida para la longitud de las unidades de muestreo, sin embargo, (Vásquez, 2002) propone algunas relaciones de ancho de calzada y longitud de muestreo para cumplir con el área estipulada en la norma. En la Tabla 2 se exhiben estas relaciones.

TABLA 2. LONGITUDES DE MUESTREO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Ancho de Calzada (m)	Longitud de unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.5
7.3 (máximo)	31.5

Fuente: (Vásquez, 2002)

Para optimizar recursos, se aplica un análisis estadístico que determina el número mínimo de unidades de muestreo a evaluar mediante la Ecuación 1:

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

Donde:

n : Número mínimo de unidades a evaluar.

N : Número total de unidades de muestreo.

e : Error admisible ($e=5\%$).

σ : Desviación estándar (10 para pavimentos flexibles y 15 para rígidos, según ASTM, 2016).

Si el número mínimo calculado es inferior a cinco, se evaluarán todas las unidades del tramo. Este análisis garantiza un estimado del PCI promedio con un nivel de confianza del 95%.

2.3.3 Deducción de Intervalos de Espaciamiento por Tramo de Evaluación

La normativa ASTM D6433 (2016) recomienda que el espaciamiento entre las unidades de muestreo previamente establecidas sea equidistante a lo largo del tramo de análisis. Para ello,

se especifica que la primera unidad de muestreo debe seleccionarse de manera aleatoria, preferentemente ubicada entre la primera unidad y la unidad de muestreo i . Este procedimiento asegura un análisis representativo y sistemático.

En resumen, el proceso para determinar el espaciamiento de muestreo (i) se lleva a cabo en dos etapas: primero, se calcula el intervalo de muestreo; segundo, se establece aleatoriamente la primera unidad de muestreo. A partir de ello, se continúa con el procedimiento correspondiente.

El intervalo de muestreo (i) se define mediante la Ecuación 2:

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

Donde:

i = Intervalo de muestreo, se redondea al entero inferior.

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

n = Número mínimo de unidades a evaluar.

La primera unidad de muestreo se selecciona aleatoriamente entre 1 e i . Posteriormente, las unidades subsecuentes se inspeccionan siguiendo incrementos sucesivos del intervalo i a partir de la primera unidad seleccionada.

En caso de que el proceso aleatorio no incluya unidades de muestreo con características relevantes (como daños considerables), se permite inspeccionar estas unidades como adicionales. Esta consideración introduce ajustes mínimos en el cálculo del Índice de Condición del Pavimento, garantizando que el índice obtenido para toda la sección sea coherente con los resultados individuales (ASTM International, 2016).

2.4 Cálculo del PCI para carreteras con capa de rodadura asfáltica o pavimentos flexibles

El cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para carreteras con capa de rodadura asfáltica o pavimentos flexibles requiere, como primer paso, establecer un formato de registro de datos específico, tal como se ilustra en la Figura 2.5:

FIGURA 2.5. HOJA DE REGISTRO DE FALLAS

[illegible]

Fuente: Autores

De acuerdo con (ASTM International, 2016), el proceso de cálculo del PCI comprende cuatro etapas principales:

- Cálculo de los valores deducidos.

- Determinación del número máximo admisible de valores deducidos.
- Cálculo del valor deducido máximo corregido.
- Obtención del valor numérico del PCI.

En ciertos casos específicos, conforme a los lineamientos de (ASTM International, 2016), la tercera etapa puede omitirse. Esto permite reducir el cálculo del PCI a un mínimo de tres etapas. A continuación, se describen las etapas involucradas:

2.4.1 Cálculo de los valores deducidos:

1.a) Registro de fallas y totalización

A partir de los datos recopilados en campo para cada unidad de muestreo, se registran las fallas identificadas, clasificándolas según el modo de falla (área, longitud o unidad). Posteriormente, se calcula el total parcial para cada falla y se anota en la columna "Total" del formato correspondiente (ver Anexo I).

Luego, se realiza una clasificación de las fallas según su tipo y nivel de severidad, sumando los valores parciales para obtener el total acumulado, el cual también se registra en la columna "Total".

Efectuado el proceso anteriormente descrito, se calcula la totalidad presentada en la unidad de muestreo, clasificándolas de acuerdo a su tipo de falla y severidad, Para ello se realiza la suma parcial de ellas y se registra en la columna "Total".

1.b) Cálculo de densidad

Con base en el área de la unidad de muestreo y el total acumulado para cada tipo de falla y severidad, se calcula la densidad como un porcentaje. Este cálculo se realiza dividiendo el total acumulado por el área total de la unidad de muestreo y multiplicando el resultado por 100.

1.c) Obtención del valor deducido individual

Usando la densidad calculada, el tipo de daño y el nivel de severidad, se consulta las curvas de "valor deducido del daño" especificadas en (ASTM International, 2016)(ver Anexo II). Estas curvas permiten determinar el valor deducido individual para cada falla registrada.

Este enfoque metodológico asegura precisión en el cálculo del PCI, alineándose con los estándares internacionales establecidos en la normativa (ASTM International, 2016).

2.4.2 Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m):

2.a) Cálculo del parámetro "q"

Se determina el valor de q, que corresponde al conteo de valores deducidos individuales que cumplan con la condición establecida por la normativa (ASTM International, 2016): aquellos valores deducidos mayores a 2. En caso de que q tome valores de 0 o 1, el cálculo debe considerar el valor deducido total (VDT) en lugar del valor deducido corregido (CDV) obtenido en la etapa 4. Si q es mayor a 1, se procede con los pasos 2.b y 2.c.

2.b) Ordenamiento de valores deducidos

Los valores deducidos individuales se ordenan de mayor a menor.

2.c) Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m)

El valor de m se calcula como un número real mediante la Ecuación 3:

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - HDV_i) \quad Ec. 3$$

Donde:

m_i = Número máximo de valores deducidos incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i .

HDV_i = El máximo valor deducido individual para la unidad de muestreo i .

2.d) Definición del número de valores deducidos

El número de valores deducidos individuales se define por el valor de m , considerando su parte fraccionaria. Si m es menor que q , se incluyen todos los valores disponibles para continuar con la etapa 3.

2.4.3 Cálculo del máximo valor deducible corregido, CDV.

3.a) Identificación de valores mayores que 2

Se establece el número de valores deducidos, q , mayores que 2.

3.b) Cálculo del valor deducido total (VTD)

El VTD se obtiene sumando todos los valores deducidos individuales.

3.c) Construcción de la matriz de valores deducidos

Se organiza una matriz con los valores deducidos correspondientes a Q , ordenados de mayor a menor. La suma horizontal de cada fila de la matriz proporciona el valor de CDT.

3.d) Determinación del valor deducido corregido (CDV)

El CDV se calcula con base en Q y las curvas de corrección establecidas para el tipo de pavimento.

3.e) Obtención del máximo valor deducido corregido (CDV_{max})

Se identifica el valor máximo de los CDV calculados.

Etapla 4: Cálculo del PCI de la unidad

El PCI de la unidad de muestreo se calcula mediante la Ecuación 4:

$$PCI = 100 - CDV_{max} \quad Ec. 4$$

Donde:

PCI = Índice de condición del pavimento.

CDV_{max} = Máximo valor deducido corregido.

2.4.4 Cálculo del PCI en una Sección de Pavimento

Al finalizar las etapas previas, el PCI de una sección de pavimento se define por el promedio aritmético de los PCI calculados para las unidades de muestreo inspeccionadas. Si se utilizó muestreo aleatorio sistemático, el PCI se calcula con el promedio de los PCI de las unidades muestreadas. En caso de haber incluido unidades adicionales, el PCI se ajusta utilizando la Ecuación 5:

$$PCI_S = \frac{[(N - A) * PCI_R] + (A * PCI_A)}{N} \quad Ec. 5$$

Donde:

$PCIS$ = PCI de la sección del pavimento.

$PCIR$ = PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

$PCIA$ = PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

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

A = Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

Este procedimiento asegura un cálculo sistemático y preciso del PCI, cumpliendo con los lineamientos de la normativa ASTM (ASTM International, 2016).

2.5 Tipos de Patologías en los Pavimentos Flexibles

De acuerdo con la norma ASTM D6433 (2004), los pavimentos flexibles presentan 19 tipos de patologías o fallas. A continuación, se describen algunas de las más relevantes:

2.5.1 Piel de Cocodrilo

El agrietamiento tipo piel de cocodrilo, o agrietamiento por fatiga, se caracteriza por una red de fisuras interconectadas, producto de la fatiga acumulada en la superficie del pavimento asfáltico por la repetición de cargas vehiculares. Estas fisuras originan un patrón poligonal, con fragmentos que generalmente no superan los 0.5 m en su lado más largo.

Niveles de Severidad:

- **Baja Severidad (L):** Grietas longitudinales delgadas (menos de 1.5 mm de ancho), sin interconexión significativa.
- **Media Severidad (M):** Grietas más definidas, de 5 mm a 25 mm de ancho, con red poligonal visible y leve descascaramiento.
- **Alta Severidad (H):** Grietas de más de 25 mm de ancho, con fragmentos poligonales fácilmente desplazables, indicando daño estructural.

FIGURA 2.6A. PIEL DE COCODRILO DE BAJA SEVERIDAD



Fuente: (Morocho Jiménez, 2021)

FIGURA 2.6B. PIEL DE COCODRILO DE SEVERIDAD MEDIA



Fuente: Autores

FIGURA 2.6C. PIEL DE COCODRILO DE ALTA SEVERIDAD



Fuente: Autores

Medición:

Se mide el área afectada en metros cuadrados. Si no es posible separar los niveles de severidad, se clasifica según la mayor severidad observada.

Causas Principales:

1. Diseño estructural deficiente, especialmente en la base y capa de rodadura.
2. Fatiga de la mezcla asfáltica por cargas vehiculares repetitivas.
3. Acumulación de agua en el pavimento debido a mal diseño o mantenimiento del drenaje.

Opciones de Reparación:

- **Baja severidad (L):** Aplicación de sellos superficiales.
- **Media severidad (M):** Bacheo profundo y eliminación de infiltración de agua.
- **Alta severidad (H):** Repavimentación o reconstrucción completa.

2.5.2 Exudación

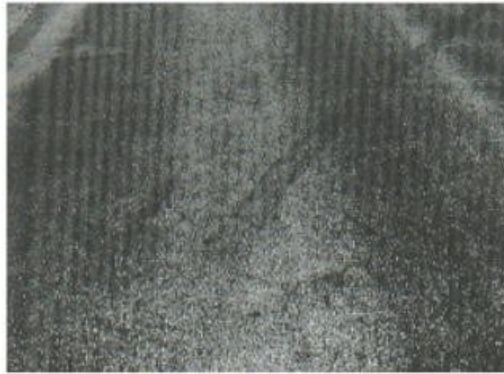
La exudación se manifiesta como una capa pegajosa de material bituminoso en la superficie del pavimento, causada por un exceso de cemento asfáltico o alquitrán, o por una proporción inadecuada de vacíos en la mezcla.

Niveles de Severidad:

- **Baja Severidad (L):** Afloración ligera del ligante, sin adhesión significativa.
- **Media Severidad (M):** Afloración visible y adherente a ruedas y zapatos.

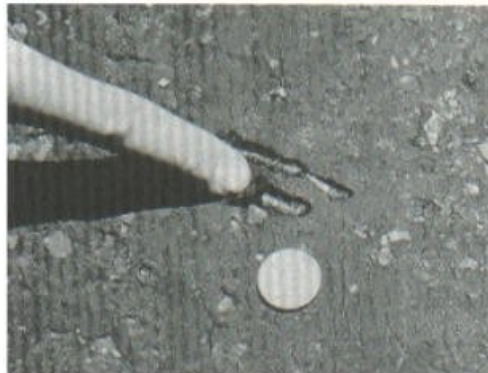
- **Alta Severidad (H):** Afloración excesiva, con adhesión fuerte a vehículos y riesgo de accidentes.

FIGURA 2.7A. EXUDACIÓN DE BAJA SEVERIDAD



Fuente: (Vásquez, 2002)

FIGURA 2.7B. EXUDACIÓN DE SEVERIDAD MEDIA



Fuente: (ASTM International, 2016)

FIGURA 2.7C. EXUDACIÓN DE SEVERIDAD ALTA



Fuente: (Vásquez, 2002)

Medición:

El área afectada se mide en metros cuadrados, priorizando la severidad mayor si se observan múltiples grados.

Causas Principales:

1. Exceso de asfalto o sobre compactación de la mezcla.
2. Uso de bitumen blando o materiales inadecuados.
3. Cargas vehiculares severas que intensifican el fenómeno.

Opciones de Reparación:

- **Baja severidad (L):** No requiere intervención inmediata.
- **Condición localizada:** Aplicación de sellado con arena o agregados.
- **Condición severa:** Repavimentación de áreas extensas.

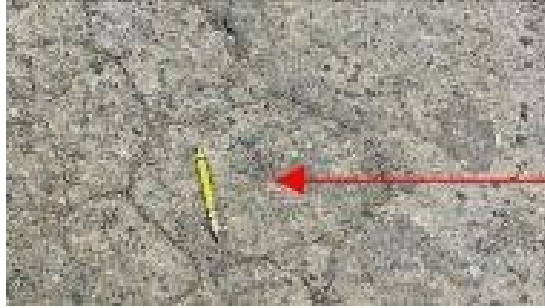
2.5.3 Fisuras en Bloques

Las fisuras en bloques dividen el pavimento en segmentos rectangulares (de 0.3 x 0.3 m a 3 x 3 m) debido a la contracción térmica del concreto asfáltico.

Niveles de Severidad:

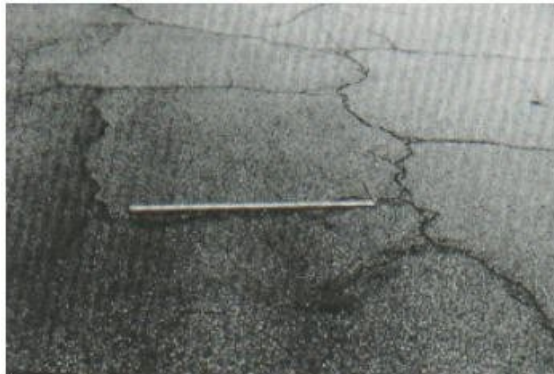
- **Baja Severidad (L):** Grietas de menos de 10 mm de ancho.
- **Media Severidad (M):** Grietas entre 10 mm y 25 mm.
- **Alta Severidad (H):** Grietas mayores a 25 mm.

FIGURA 2.8A. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE DE BAJA SEVERIDAD



Fuente: (Morocho Jiménez, 2021)

FIGURA 2.8B. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE DE SEVERIDAD MEDIA



Fuente: (Vásquez, 2002)

FIGURA 2.8C. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE DE ALTA SEVERIDAD



Fuente: (ASTM International, 2016)

Causas Principales:

1. Contracción térmica del pavimento.

2. Diseño inadecuado de la capa superficial.
3. Uso de mezcla asfáltica rígida o subrasante deficiente.

Opciones de Reparación:

- **Baja severidad (L):** Sellado de grietas.
- **Media a alta severidad (M-H):** Sellado de grietas, sobrecapa o repavimentación.

2.5.4 Abultamientos y Hundimientos

Los abultamientos y hundimientos son deformaciones verticales en la superficie del pavimento, causadas por la expansión del hielo o infiltración de agua en grietas, y por movimientos en la subrasante.

Niveles de Severidad:

- **Baja Severidad (L):** Pequeñas deformaciones que no afectan la calidad del tránsito.
- **Media Severidad (M):** Deformaciones que afectan la comodidad y reducen la velocidad de tránsito.
- **Alta Severidad (H):** Deformaciones críticas que comprometen la seguridad del tránsito.

FIGURA 2.9A. ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTOS DE BAJA SEVERIDAD



Fuente: (Vásquez, 2002)

FIGURA 2.9B. ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTOS DE SEVERIDAD MEDIA



Fuente: (Vásquez, 2002)

FIGURA 2.9C. ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTOS DE ALTA SEVERIDAD



Fuente: (Vásquez, 2002)

Medición:

Se mide la longitud afectada en metros lineales.

Causas Principales:

1. Levantamiento de losas de hormigón o expansión por congelación.
2. Erosión o asentamiento de la subrasante.

Opciones de Reparación:

- **Baja severidad (L):** Parcheo o reciclado en frío.
- **Media severidad (M):** Parcheo profundo o reciclado en frío.
- **Alta severidad (H):** Sobre carpeta para restaurar la superficie.

2.5.5 Corrugación

La corrugación, o arqueamiento de tabla de lavado, genera variaciones perpendiculares al tránsito, causadas por cargas vehiculares y la inestabilidad del pavimento.

Niveles de Severidad:

- **Baja Severidad (L):** Pequeñas agitaciones que no afectan la seguridad.
- **Media Severidad (M):** Vibraciones perceptibles que generan molestias.
- **Alta Severidad (H):** Vibraciones excesivas que afectan la estabilidad del vehículo.

FIGURA 2.10A. CORRUGACIÓN DE BAJA SEVERIDAD



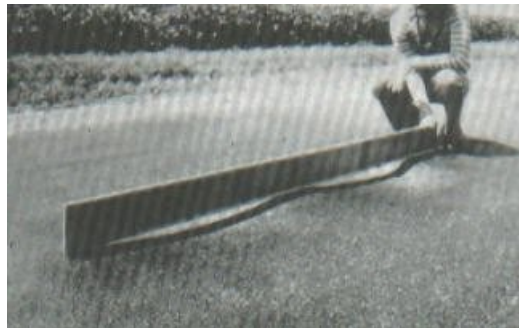
Fuente: (Vásquez, 2002)

FIGURA 2.10B. CORRUGACIÓN DE SEVERIDAD MEDIA



Fuente: (Vásquez, 2002)

FIGURA 2.10C. CORRUGACIÓN DE ALTA SEVERIDAD



Fuente: (Vásquez, 2002)

Medición:

Se mide el área afectada en metros cuadrados.

Causas Principales:

1. Cargas vehiculares en combinación con una capa asfáltica deformable.
2. Defectos constructivos y exceso de humedad en la subrasante.

Opciones de Reparación:

- **Media Severidad (M):** Mantenimiento rutinario.
- **Alta Severidad (H):** Reconstrucción intensiva.

2.5.6 Depresión

Las depresiones son áreas con elevaciones ligeramente menores que el resto del pavimento, visibilizadas especialmente después de lluvias, cuando se acumula agua en ellas. Las principales causas incluyen asentamientos de la subrasante y defectos en los procesos constructivos.

Niveles de severidad:

- **Baja severidad (L - Low):**
 - Profundidades entre 13 y 25 mm.
 - Impacto moderado en la calidad del tránsito, sin comprometer gravemente la seguridad.
- **Media severidad (M - Medium):**
 - Profundidades entre 25 y 51 mm.
 - Genera incomodidad y una notable reducción de la calidad del tránsito.
- **Alta severidad (H - High):**
 - Profundidades mayores a 51 mm.
 - Daño crítico que afecta la estabilidad de los vehículos y la seguridad de la circulación.

FIGURA 2.11A. DEPRESIÓN DE BAJA SEVERIDAD



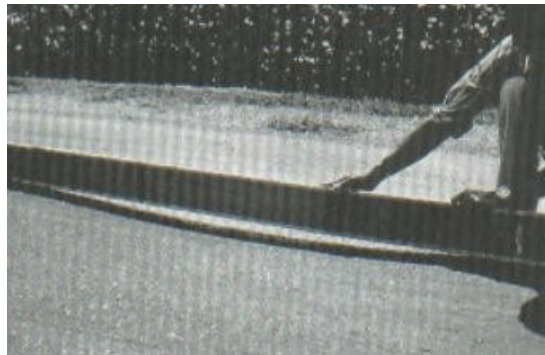
Fuente: (Morochó Jiménez, 2021)

FIGURA 2.11B. DEPRESIÓN DE SEVERIDAD MEDIA



Fuente: (Vásquez, 2002)

FIGURA 2.11C. DEPRESIÓN DE ALTA SEVERIDAD



Fuente: (Vásquez, 2002)

Medición:

- Medición del área afectada en metros cuadrados, registrando cada nivel de severidad por separado.

Posibles causas:

1. Asentamientos por consolidación de la subrasante.
2. Deficiencias constructivas, especialmente en la nivelación de la base o subbase.
3. Incremento de humedad en las capas del pavimento o subrasante.

Opciones de reparación:

- **Baja severidad (L):**
 - Relleno con mezcla asfáltica en caliente.
- **Media severidad (M):**
 - Parcheo superficial o parcial.
- **Alta severidad (H):**
 - Parcheo profundo en áreas afectadas por el tráfico.

2.5.7 Fisura de borde

Las fisuras de borde son grietas paralelas al borde del pavimento, asociadas al debilitamiento de la base o subrasante por congelamiento. Su gravedad depende del impacto de la carga vehicular y otros factores ambientales.

Niveles de severidad:

- **Baja severidad (L - Low):**

- Grietas con bajo nivel de fragmentación y desprendimiento mínimo, sin afectar significativamente la funcionalidad.
- **Media severidad (M - Medium):**
 - Grietas con fragmentación moderada y desprendimiento visible, afectando la calidad del tránsito.
- **Alta severidad (H - High):**
 - Grietas con alta fragmentación y desprendimiento, comprometiendo la estabilidad del pavimento.

FIGURA 2.12A. GRIETA DE BORDE DE BAJA SEVERIDAD



Fuente: (Vásquez, 2002)

FIGURA 2.12B. GRIETA DE BORDE DE SEVERIDAD MEDIA



Fuente: (ASTM International, 2016)

FIGURA 2.12C. GRIETA DE BORDE DE ALTA SEVERIDAD



Fuente: (Vásquez, 2002)

Medición:

- Medición en metros lineales.

Posibles causas:

1. Cargas de tránsito que debilitan la base o subrasante cerca del borde.
2. Condiciones climatológicas que aceleran el deterioro.
3. Deficiencias en el saneamiento entre el borde y la berma.

Opciones de reparación:

- **Baja severidad (L):**
 - Picado y sellado de la grieta.
- **Media severidad (M):**
 - Mejoramiento de la evacuación de aguas y sellado de bermas.
- **Alta severidad (H):**

- Parcheo de la sección dañada.

2.5.8 Fisura de reflexión de junta

Estas fisuras ocurren en pavimentos asfálticos sobre losas de concreto, principalmente debido al movimiento de las losas por humedad o cambios de temperatura.

Niveles de severidad:

- **Baja severidad (L - Low):**

- Grietas menores a 10 mm o grietas selladas sin descascaramiento, sin impacto significativo en la funcionalidad.

- **Media severidad (M - Medium):**

- Grietas entre 10 mm y 76 mm, o grietas con sello satisfactorio y otras de baja severidad.

- **Alta severidad (H - High):**

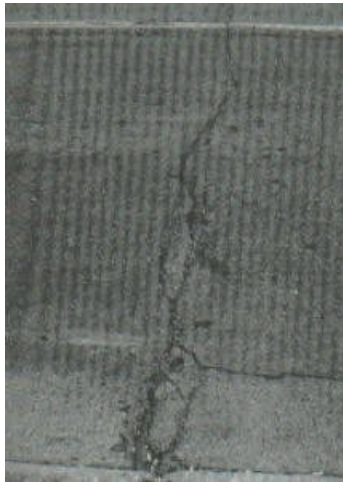
- Grietas mayores a 75 mm o con fracturamiento significativo, comprometiendo la estabilidad.

FIGURA 2.13A. GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA DE BAJA SEVERIDAD



Fuente: (Vásquez, 2002)

FIGURA 2.13B. GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA DE SEVERIDAD MEDIA



Fuente: (ASTM International, 2016)

FIGURA 2.13C. GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA DE ALTA SEVERIDAD



Fuente: (ASTM International, 2016)

Medición:

- Longitud de las grietas medida en metros lineales.

Posibles causas:

1. Movimiento de las losas de concreto debido a variaciones térmicas y de humedad.

Opciones de reparación:

- **Baja severidad (L):**
 - Sellado de grietas.
- **Media severidad (M):**
 - Sellado o reparación localizada.
- **Alta severidad (H):**
 - Parcheo o reconstrucción de la junta.

2.5.9 Desnivel carril-berma

El desnivel entre el carril y la berma es causado por la erosión o el asentamiento de la berma, o por la adición de capas sin nivelación adecuada.

Niveles de severidad:

- **Baja severidad (L - Low):**
 - Diferencia de elevación entre 25 y 51 mm, sin impacto significativo en la funcionalidad.
- **Media severidad (M - Medium):**
 - Elevación entre 51 mm y 102 mm, con impacto moderado en la seguridad.
- **Alta severidad (H - High):**
 - Elevación superior a 102 mm, con impacto severo en la funcionalidad y seguridad.

FIGURA 2.14A. DESNIVEL CARRIL/BERMA DE BAJA SEVERIDAD



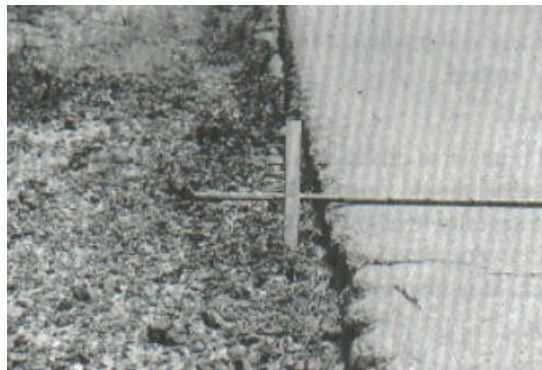
Fuente: (Vásquez, 2002)

FIGURA 2.14B. DESNIVEL CARRIL/BERMA DE SEVERIDAD MEDIA



Fuente: (Vásquez, 2002)

FIGURA 2.14C. DESNIVEL CARRIL/BERMA DE ALTA SEVERIDAD



Fuente: (Vásquez, 2002)

Medición:

- Medición en metros lineales.

Posibles causas:

1. Erosión en la berma o colocación de capas adicionales sin ajustar el nivel de la berma.

Opciones de reparación:

- **Baja severidad (L):**
 - Renivelación de las bermas para igualar el nivel con el carril.

2.5.10 Fisuras longitudinales y transversales

- **Fisuras longitudinales:** Paralelas al eje del pavimento.
- **Fisuras transversales:** Perpendiculares al eje del pavimento.

Niveles de severidad:

1. **Baja severidad (L):**
 - Grieta sin relleno < 10 mm o grieta rellenada con buen sellante.
2. **Media severidad (M):**
 - Grieta sin relleno entre 10 mm y 76 mm o grieta pequeña rodeada de grietas menores.
3. **Alta severidad (H):**
 - Grieta con relleno o sin relleno, rodeada de grietas graves o con fracturas significativas.

FIGURA 2.15A. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES DE BAJA SEVERIDAD



Fuente: Autores

FIGURA 2.15B. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES DE SEVERIDAD MEDIA



Fuente: (Vásquez, 2002)

FIGURA 2.15C. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES DE ALTA SEVERIDAD



Fuente: (Vásquez, 2002)

Medición:

- Medición en metros lineales, registrando el nivel de severidad de cada grieta.

Posibles causas:

- **Factores naturales:** Contracción por bajas temperaturas, endurecimiento del asfalto.
- **Falencias constructivas:** Deficiencia en las juntas de dilatación.
- **Calidad del material:** Uso de asfalto envejecido.

Opciones de reparación:

1. **Baja y media severidad:** Sellado de grietas.

2. **Alta severidad:** Parcheo, sustitución o recapeo.

2.5.11 Parches de cortes utilitarios

- Parches realizados para reparar daños en el pavimento.

Niveles de severidad:

1. **Baja severidad (L):** Parche en buen estado sin afectar el tránsito.
2. **Media severidad (M):** Parche moderadamente deteriorado.
3. **Alta severidad (H):** Parche muy deteriorado, afectando el tránsito.

FIGURA 2.16A. PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PÚBLICOS DE BAJA SEVERIDAD



Fuente: Autores

FIGURA 2.16B. PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PÚBLICOS DE SEVERIDAD MEDIA



Fuente: Autores

FIGURA 2.16C. PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PÚBLICOS DE ALTA SEVERIDAD



Fuente: (Vásquez, 2002)

Medición:

- Medición en metros cuadrados del área afectada.

Posibles causas:

- **Infiltración de agua:** A través de grietas.
- **Evolución de otros defectos:** Como agrietamiento severo.

- **Problemas constructivos:** Técnicas inadecuadas o materiales de baja calidad.

Opciones de reparación:

- **Media y alta severidad:** Sustitución del parche.

2.5.12 Agregado pulido

- Desgaste de la superficie debido al tránsito, lo que reduce la adherencia.

Niveles de severidad:

- **Baja, media y alta severidad (L, M, H):** Indicación de presencia de pulimiento.

FIGURA 2.17A. AGREGADO PULIDO



Fuente: Autores

Medición:

- Medición en metros cuadrados, registrando el área afectada.

Posibles causas:

- **Cargas vehiculares:** Desgaste constante.

- **Calidad del material:** Agregados inadecuados.

Opciones de reparación:

- **Media y alta severidad:** Sellado, fresado o sobrecarpeta.

2.5.13 Huecos

- Pequeñas depresiones circulares con bordes agudos.

Niveles de severidad (según profundidad y diámetro):

- **L:** Diámetro menor, profundidad < 25.4 mm.
- **M:** Diámetro mayor, profundidad entre 25.4 mm y 50.8 mm.
- **H:** Profundidad mayor a 50.8 mm.

FIGURA 2.18A. HUECO DE BAJA SEVERIDAD



Fuente: Autores

FIGURA 2.18B. HUECO DE SEVERIDAD MEDIA



Fuente: (Vásquez, 2002)

FIGURA 2.18C. HUECO DE ALTA SEVERIDAD



Fuente: (Vásquez, 2002)

Medición:

- Medición individual de cada hueco en metros cuadrados.

Posibles causas:

- **Evolución de otras patologías:** Como agrietamiento severo.
- **Condiciones de la base:** Inestabilidad en la subrasante.

Opciones de reparación:

1. **Baja severidad:** Parcheo superficial.
2. **Media y alta severidad:** Parcheo profundo o parcial.

2.5.14 Cruce de vía férrea

- Abultamientos o depresiones alrededor de los rieles del cruce ferroviario.

Niveles de severidad:

1. **L:** Baja severidad en calidad de tránsito.
2. **M:** Severidad media.
3. **H:** Alta severidad, afectando el tránsito.

FIGURA 2.19A. CRUCE DE VÍA FÉRREA DE BAJA SEVERIDAD



Fuente: (Vásquez, 2002)

FIGURA 2.19B. CRUCE DE VÍA FÉRREA DE SEVERIDAD MEDIA



Fuente: (Vásquez, 2002)

FIGURA 2.19C. CRUCE DE VÍA FÉRREA DE ALTA SEVERIDAD



Fuente: (Vásquez, 2002)

Medición:

- Medición del área afectada en metros cuadrados.

Posibles causas:

- **Desgaste progresivo:** Por tránsito constante.
- **Problemas estructurales:** Deficiencia en la subrasante.
- **Condiciones climáticas:** Humedad o drenaje inadecuado.

Opciones de reparación:

1. **Media severidad:** Reconstrucción o parcheo superficial.
2. **Alta severidad:** Reconstrucción del cruce o parcheo parcial.

2.5.15 Ahuellamiento

Definición: Depresiones en la superficie del pavimento formadas por las huellas dejadas por las ruedas de los vehículos. Puede ir acompañada de levantamiento lateral del material y ser más visible tras lluvias.

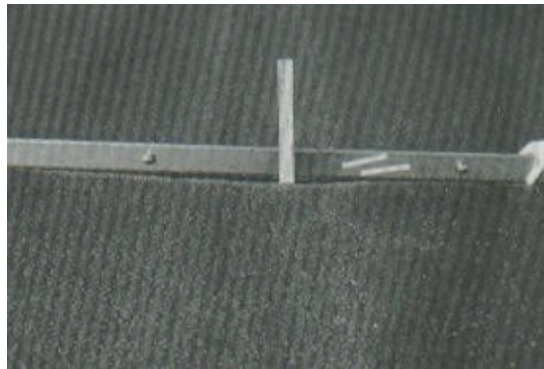
Causas principales:

- Deformación constante de las capas del pavimento o subrasante.
- Consolidación o movimiento lateral de materiales por el tránsito vehicular.

Niveles de severidad:

1. **Baja severidad (L):** Profundidad entre 6 y 13 mm.
2. **Media severidad (M):** Profundidad entre 13 mm y 25 mm.
3. **Alta severidad (H):** Profundidad mayor a 25 mm.

FIGURA 2.20A. AHUELLAMIENTO DE BAJA SEVERIDAD



Fuente: (Vásquez, 2002)

FIGURA 2.20B. AHUELLAMIENTO DE SEVERIDAD MEDIA



Fuente: (Vásquez, 2002)

FIGURA 2.20C. AHUELLAMIENTO DE ALTA SEVERIDAD



Fuente: (Vásquez, 2002)

Medición:

- Se mide el área afectada en metros cuadrados.
- La profundidad media del ahuellamiento se mide perpendicularmente al flujo de tráfico.

Posibles causas:

1. Consolidación de la subrasante.
2. Movimientos laterales del material en las capas.
3. Bermas inestables y deficiencias en el drenaje.
4. Diseño estructural defectuoso.
5. Exceso de cargas vehiculares.

Opciones de reparación:

- **Severidad baja (L):** Parcheo superficial, parcial o profundo.
- **Severidad media (M) y alta (H):** Nivelación y repavimentación, especialmente en vías de alto flujo.

2.5.16 Desplazamiento

Definición: Movimiento longitudinal permanente de una zona localizada en la superficie del pavimento, originado por la acción de las cargas de tráfico, especialmente en mezclas asfálticas inestables.

Causas principales:

- Uso de ligantes asfálticos inestables.
- Falta de confinamiento lateral.
- Deficiencias en los procesos constructivos.
- Adherencia inadecuada.

Niveles de severidad:

1. **Baja severidad (L):** Ligeras vibraciones en el vehículo.
2. **Media severidad (M):** Vibraciones de mayor intensidad, con cierto vaivén sobre el vehículo.
3. **Alta severidad (H):** Balanceo excesivo en el vehículo, con reducción drástica de velocidad.

FIGURA 2.21A. DESPLAZAMIENTO DE BAJA SEVERIDAD



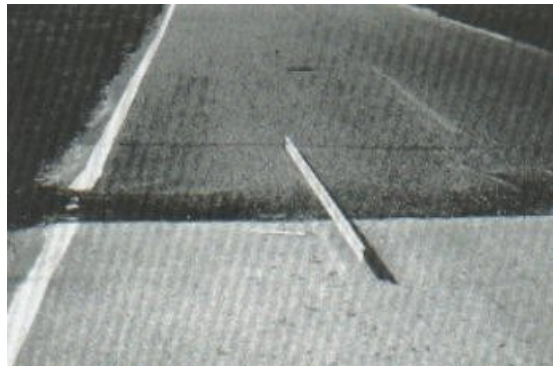
Fuente: (Vásquez, 2002)

FIGURA 2.21B. DESPLAZAMIENTO DE SEVERIDAD MEDIA



Fuente: (Vásquez, 2002)

FIGURA 2.21C. DESPLAZAMIENTO DE ALTA SEVERIDAD



Fuente: (Vásquez, 2002)

Medición:

- Se mide el área afectada en metros cuadrados.
- No se contabilizan desplazamientos sobre parches.

Posibles causas:

1. Uso de ligantes inestables, especialmente en temperaturas altas.
2. Deficiencias constructivas y de adherencia.

Opciones de reparación:

- **Severidad baja (L):** Parcheo parcial o fresado.
- **Severidad media (M):** Parcheo parcial, profundo o fresado.
- **Severidad alta (H):** Parcheo parcial, profundo o fresado.

2.5.17 Fisura parabólica o por deslizamiento

Definición: Fisuras en forma de medialuna que se originan por frenado brusco o cambios repentinos de dirección.

Causas principales:

- Frenado brusco o cambios de dirección repentinos.
- Baja adherencia entre la capa superficial y la subyacente del pavimento.

Niveles de severidad:

1. **Baja severidad (L):** Grieta con ancho menor a 10 mm.
2. **Media severidad (M):** Grieta con ancho entre 10 mm y 38 mm o superficie quebrantada en pequeños pedazos.
3. **Alta severidad (H):** Grieta con ancho superior a 38 mm o superficie quebrantada en pedazos removibles.

FIGURA 2.22A. GRIETA PARABÓLICA DE BAJA SEVERIDAD



Fuente: (Vásquez, 2002)

FIGURA 2.22B. GRIETA PARABÓLICA DE SEVERIDAD MEDIA



Fuente: (Vásquez, 2002)

FIGURA 2.22C. GRIETA PARABÓLICA DE ALTA SEVERIDAD



Fuente: (Vásquez, 2002)

Medición:

- Se mide el área afectada en metros cuadrados.
- El nivel de severidad se establece según el mayor ancho de la grieta.

Posibles causas:

1. Cambios en el gradiente de velocidad del tráfico vehicular.
2. Mezclas asfálticas inestables.

3. Defectos en el proceso de regado de liga.

Opciones de reparación:

- **Todos los niveles:** Parcheo parcial en la sección afectada.

2.5.18 Hinchamiento

Definición: Protuberancia hacia arriba en la superficie del pavimento, causada por la expansión de suelos o congelamiento en la subrasante.

Causas principales:

- Congelamiento del material en la subrasante.
- Presencia de suelos expansivos.

Niveles de severidad:

1. **Baja severidad (L):** Imperceptible a simple vista, pero detectable por ligeros movimientos al conducir.
2. **Media severidad (M):** Desconformidad, con reducción en la velocidad de circulación.
3. **Alta severidad (H):** Inconformidad significativa, con reducción drástica de velocidad y comprometiendo la seguridad.

FIGURA 2.23A. HINCHAMIENTO, EL NIVEL DE SEVERIDAD SE BASA EN EL CRITERIO DE LA CALIDAD DE TRÁNSITO



Fuente: (Vásquez, 2002)

Medición:

- Se mide en metros cuadrados de área afectada.

Posibles causas:

1. Acción climática que favorece el cambio volumétrico en suelos expansivos.
2. Contaminación de materiales de pavimento con materia orgánica.
3. Deficiencias en la construcción o compactación.

Opciones de reparación:

- **Severidad media y alta (M y H):** Reconstrucción del pavimento.

2.5.19 Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados

Definición: Desgaste superficial del pavimento debido a la pérdida de ligante asfáltico y desprendimiento de agregados.

Causas principales:

- Baja calidad del ligante asfáltico.

- Vehículos rastreadores y derrames de aceite.

Niveles de severidad:

1. **Baja severidad (L):** Pérdida mínima de ligante y material fino, pero sin exposición significativa de los agregados.
2. **Media severidad (M):** Textura rugosa, con exposición parcial de los agregados gruesos.
3. **Alta severidad (H):** Desprendimiento avanzado de agregados y ligante asfáltico, textura muy rugosa.

FIGURA 2.24A. DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS DE BAJA SEVERIDAD



Fuente: (ASTM International, 2016)

FIGURA 2.24B. DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS DE SEVERIDAD MEDIA



Fuente: Autores

FIGURA 2.24C. DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS DE ALTA SEVERIDAD



Fuente: (Vásquez, 2002)

Medición:

- Se mide en metros cuadrados de área afectada.

Posibles causas:

1. Baja calidad del ligante asfáltico.
2. Vehículos de tracción de oruga, derrames de aceite y sobrecalentamiento del bitumen.

3. Aumento del tráfico vehicular.

Opciones de reparación:

- **Severidad baja (L):** Sellado superficial o sobre carpeta.
- **Severidad media (M):** Parcheo parcial.
- **Severidad alta (H):** Reconstrucción del pavimento.

2.6 Teledetección

La teledetección, también conocida como percepción remota, es una técnica que permite obtener información sobre objetos o áreas en la superficie terrestre sin estar en contacto directo con ellos. Esto se logra mediante la detección y medición de la radiación electromagnética reflejada o emitida por los objetos, utilizando sensores instalados en plataformas como satélites o aeronaves. Esta tecnología es fundamental en campos como la geografía, la meteorología, la agricultura y la gestión ambiental, ya que facilita el monitoreo y análisis de diversos fenómenos terrestres y atmosféricos (NASA's Applied Remote Sensing Training Program, 2023).

2.7 Aplicaciones de la Teledetección

La teledetección tiene una amplia gama de aplicaciones en diversas disciplinas científicas y prácticas. Entre las principales se incluyen:

- **Monitoreo ambiental:** Permite la observación y análisis de cambios en el medio ambiente, como la deforestación, la desertificación y la calidad del agua.

- Agricultura de precisión: Facilita la evaluación de la salud de los cultivos, la detección de plagas y enfermedades, y la optimización del uso de recursos como el agua y los fertilizantes.
- Gestión de recursos naturales: Ayuda en la identificación y evaluación de recursos minerales, forestales y hídricos.
- Planificación urbana: Contribuye al desarrollo de planes de uso del suelo, infraestructura y expansión urbana sostenible.
- Prevención y gestión de desastres naturales: Es esencial para el monitoreo de fenómenos como inundaciones, terremotos y erupciones volcánicas, permitiendo una respuesta más efectiva ante emergencias.

Estas aplicaciones demuestran la versatilidad y utilidad de la teledetección en la comprensión y gestión de diversos aspectos del entorno terrestre.

2.8 Tecnología LIDAR

LIDAR (Light Detection and Ranging) es una tecnología de teledetección que utiliza pulsos de luz láser para medir distancias con alta precisión. Consiste en emitir pulsos láser desde una plataforma aérea o terrestre y medir el tiempo que tarda el pulso en regresar después de reflejarse en un objeto o superficie. Esta información se utiliza para generar modelos tridimensionales detallados del terreno y de estructuras superficiales. LIDAR es especialmente útil en áreas con vegetación densa, ya que puede penetrar el follaje y proporcionar datos precisos del suelo subyacente (Universidad Politécnica de Madrid, 2015).

2.8.1 Principios de Funcionamiento del Sistema LIDAR

La tecnología LIDAR (Light Detection and Ranging) se basa en el principio del "tiempo de vuelo" (ToF, por sus siglas en inglés). Este sistema mide la distancia entre el emisor y un objeto al calcular el tiempo que tarda un pulso de luz láser en viajar hasta el objetivo y regresar al sensor. Este proceso permite la creación de modelos tridimensionales precisos de la superficie terrestre o de objetos específicos.

Los componentes esenciales de un sistema LIDAR son:

- **Emisor láser:** Genera pulsos de luz dirigidos hacia el área u objeto de interés.
- **Receptor:** Detecta la luz reflejada desde el objetivo y registra el tiempo de retorno.
- **Sistema GPS:** Proporciona coordenadas espaciales para situar los datos capturados en un contexto geográfico preciso.
- **Unidad de Medida Inercial (IMU):** Determina la orientación y movimiento del sensor durante el proceso de escaneo.
- **Software de procesamiento:** Transforma los datos brutos en modelos digitales de elevación, nubes de puntos 3D y mapas georreferenciados.

Este sistema es particularmente eficiente en la recopilación de datos sobre grandes áreas y en condiciones donde otras tecnologías de teledetección, como la fotogrametría, podrían ser menos efectivas, como áreas densamente boscosas o terrenos irregulares.

2.8.2 Áreas de Aplicación de la Tecnología LIDAR

El LIDAR tiene una amplia gama de aplicaciones en diversos campos gracias a su capacidad para capturar datos espaciales precisos y detallados. Algunas de las principales aplicaciones incluyen:

Topografía: Se utiliza para generar Modelos Digitales de Elevación (DEM) y Modelos Digitales de Terreno (DTM) que son esenciales para estudios de terrenos, planificación urbana y análisis hidrológicos.

Arqueología: Ayuda en la detección de estructuras ocultas, como templos o asentamientos enterrados bajo vegetación o suelo, facilitando investigaciones no invasivas.

Infraestructura: Es fundamental para la inspección de carreteras, puentes, líneas eléctricas y otras construcciones, permitiendo identificar posibles fallas o planificar ampliaciones.

Gestión forestal: Se emplea para evaluar la biomasa, la densidad de los árboles y la salud del ecosistema forestal, así como para monitorear los impactos del cambio climático.

Vehículos autónomos: Es un componente clave en los sistemas de navegación y detección de objetos, proporcionando datos en tiempo real para la conducción segura y eficiente de automóviles inteligentes.

2.9 Programas Computacionales para el Análisis de Datos

Existen diversos programas computacionales diseñados para procesar y analizar datos de teledetección y LIDAR. Algunos de los más utilizados en el ámbito académico y profesional incluyen:

- **ENVI:** Software especializado en el procesamiento y análisis de imágenes de teledetección, ampliamente utilizado en investigaciones geoespaciales.
- **ERDAS IMAGINE:** Herramienta robusta para la interpretación de datos geoespaciales y generación de modelos tridimensionales.
- **QGIS:** Sistema de Información Geográfica de código abierto que permite la visualización, edición y análisis de datos geoespaciales.
- **ArcGIS:** Plataforma integral para la gestión y análisis de información geográfica, utilizada en diversas aplicaciones de teledetección y SIG.
- **LAStools:** Conjunto de herramientas eficientes para el procesamiento de datos LIDAR, que permite la manipulación y análisis de grandes volúmenes de datos de nubes de puntos.

V. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

Este estudio se clasifica como **cuantitativo**, dado que busca analizar numéricamente las condiciones del pavimento mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI). Según Hernández Sampieri et al. (2014), los estudios cuantitativos permiten examinar datos objetivos para identificar relaciones entre variables. El diseño es **descriptivo-comparativo**, ya que evalúa las patologías del pavimento en un tramo específico utilizando dos metodologías: la tradicional y la asistida con drones. Este diseño es apropiado para comparar la efectividad y precisión de ambas técnicas.

3.2. Enfoque Metodológico

El enfoque de la investigación es **experimental**, pues manipula dos métodos de evaluación para observar diferencias en los resultados. Según Creswell y Creswell (2017), los enfoques experimentales son ideales cuando se busca establecer relaciones causales entre métodos o procedimientos.

3.3. Ámbito del Estudio

El área de estudio corresponde a la vía **Paccha – Polígono de Tiro**, localizada en Cuenca, Ecuador. Se seleccionó este tramo debido a su importancia para el tránsito local y la diversidad de patologías presentes en el pavimento. Las coordenadas geográficas del área son 728711.40 m E y 9681468.68 m S (EPSG: 32717).

3.4. Métodos de Recolección de Datos

Se utilizaron dos métodos principales para la recopilación de datos:

1. Método Tradicional:

Este método consiste en la inspección visual directa del pavimento, siguiendo los lineamientos establecidos por la norma ASTM D6433-16 (ASTM International, 2016). Se registraron las patologías observadas en formularios estándar, categorizando su severidad y área afectada.

2. Método Asistido con Drones:

Los drones equipados con sensores de alta precisión capturaron imágenes aéreas del tramo de estudio. Estas imágenes fueron procesadas mediante software especializado, como Pix4D y Global Mapper, para identificar fallas y calcular el PCI (Farnell, 2024). Este

método ha demostrado ser más eficiente en términos de tiempo y precisión en investigaciones previas (Zhao et al., 2020).

3.5. Instrumentos y Herramientas

- **Drones UAV:** Equipos DJI con cámaras de alta resolución y sensores LiDAR para capturar datos precisos. Según Hardin y Jensen (2011), los drones son herramientas versátiles para estudios de pavimento debido a su capacidad para cubrir grandes áreas rápidamente.
- **Software de Procesamiento:**
 - **Pix4D:** Generación de modelos 3D y nubes de puntos a partir de imágenes aéreas.
 - **Global Mapper:** Procesamiento de datos espaciales y generación de Modelos Digitales de Terreno (DTM).
 - **DJI Terra:** Reconstrucción de modelos precisos en 2D y 3D para análisis detallados.
- **Formulario PCI:** Herramienta estándar basada en la norma ASTM D6433 para registrar las patologías observadas.

3.6. Procedimiento

1. Delimitación del Tramo:

Se seleccionó un tramo representativo del área de estudio para garantizar homogeneidad en las condiciones del pavimento.

2. Recolección de Datos:

- **Método Tradicional:** Se realizó una inspección visual detallada, registrando las fallas según su tipo, severidad y área afectada.

- **Método Asistido:** Los drones realizaron vuelos programados, capturando imágenes aéreas con una superposición adecuada para garantizar precisión en el procesamiento.

3. Cálculo del PCI:

Utilizando las fórmulas descritas en la norma ASTM D6433, se calculó el PCI para cada segmento del pavimento. Los datos obtenidos se analizaron y se compararon entre ambos métodos.

4. Análisis Comparativo:

Se evaluaron diferencias en los resultados obtenidos por ambos métodos en términos de:

- Precisión de la identificación de patologías.
- Tiempo requerido para la recolección de datos.
- Costos operativos.

3.7. Técnicas de Análisis de Datos

Los datos recolectados fueron organizados en hojas de cálculo y analizados mediante herramientas estadísticas descriptivas, como el cálculo de medias y desviaciones estándar. Se empleó software como SPSS para determinar diferencias significativas entre los métodos evaluados.

3.8. Limitaciones

- **Condiciones Climáticas:** Los vuelos de drones requieren condiciones climáticas favorables para garantizar la calidad de las imágenes.

- **Acceso a Equipos Especializados:** La disponibilidad de drones y software avanzado puede ser limitada debido a los altos costos asociados.
- **Normatividad Local:** El uso de drones está sujeto a regulaciones específicas que podrían restringir los vuelos en ciertas áreas.

VI. RESULTADOS

En este capítulo, se presentan los resultados obtenidos al aplicar la metodología ASTM D6433 sobre la superficie del pavimento en la zona de Paccha. Los resultados generados obtenidos de forma manual son analizados y comparados.

El análisis del Índice de Condición del Pavimento (PCI) se realizó en 1 tramo de la vía que abarcan la zona de Paccha- Polígono de Tiro, cubriendo una superficie total de aproximadamente 23239.5 m² de pavimento asfáltico. Este estudio incluyó la evaluación de 13 unidades de muestreo, distribuidas a lo largo de la zona de estudio.

4.1 Muestreo

La longitud total de la vía medida físicamente es de 3098,60 m, con un ancho de calzada variable entre 6,3 m y 8,7 m. Para el análisis, se estableció una longitud de muestra de 25 m.

Las unidades de evaluación se calcularon con base en el siguiente procedimiento:

$$N = \frac{3100 \text{ m}}{25 \text{ m}} = 124$$

Donde:

- N = Número total de unidades de muestreo en la sección de pavimentos
- σ = Desviación estándar del PCI entre unidades ($\sigma = 10$ para el caso de pavimentos flexibles)

- e = Error admisible en el estimativo del PCI entre unidades ($e = 5$)

Posteriormente, se determinaron las unidades de muestreo mediante la fórmula establecida en la norma correspondiente, utilizando los valores calculados:

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

Sustituyendo los valores

$$n = \frac{124 \times 10^2}{\frac{5^2}{4} (124 - 1) + 10^2} = 14.27 \cong 14$$

Por lo tanto, el número de unidades de muestreo requeridas es $n=14$. Finalmente, se calculó el intervalo de análisis de las muestras como:

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

$$i = \frac{124}{14} = 8.86 \cong 9$$

Así, el intervalo entre unidades de muestreo es de 9.

4.2 Cálculo de PCI Manual

El cálculo manual del PCI se realizó para la unidad de muestreo 3, correspondiente al tramo 1, ubicado entre las abscisas 0+525 y 0+550. Esta unidad fue seleccionada porque permite aplicar todas las etapas necesarias para la determinación del PCI.

El proceso comenzó a aplicando los pasos descritos en el apartado 2.4 los cuales se detallan a continuación:

Etapas 1: Reconocimiento y listado de fallas existentes

1.a) Identificación de fallas

Durante el reconocimiento de campo, se identificaron diversas fallas en la unidad de muestreo, destacándose las siguientes:

- Pulimento de agregados: 100% del área evaluada.
- Parcheo: 4,59% del área evaluada.
- Desprendimiento de agregados: 3,86% del área evaluada.

Estas fallas presentan grados de severidad clasificados como bajo y medio, excepto un caso que fue clasificado con severidad alta. En la Tabla 3 se detalla el listado de fallas, el área afectada y su severidad, clasificadas según su modo de medición.

TABLA 3. FALLAS ENCONTRADAS EN LA UNIDAD DE MUESTREO 3

LISTADO DE FALLAS EXISTENTES							
Nº	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total
4	Abultamiento y Hundimientos	m2	L	2.1	1.3		2.184
10	Agrietamiento Longitudinal y/o transversal	m	L	0.9			0.9
11	Parcheo/bacheo y acometidas de servicios	m2	M	2.1	1.3		2.73
11	Parcheo/bacheo y acometidas de servicios	m2	L	1.25	4.6		5.75
12	Pulimento de agregados	m2	M	25	7.4		185
19	Meteorización	m2	L	0.5	4.9		2.45
19	Meteorización	m2	H	4.7	1		4.7

Fuente: Autores

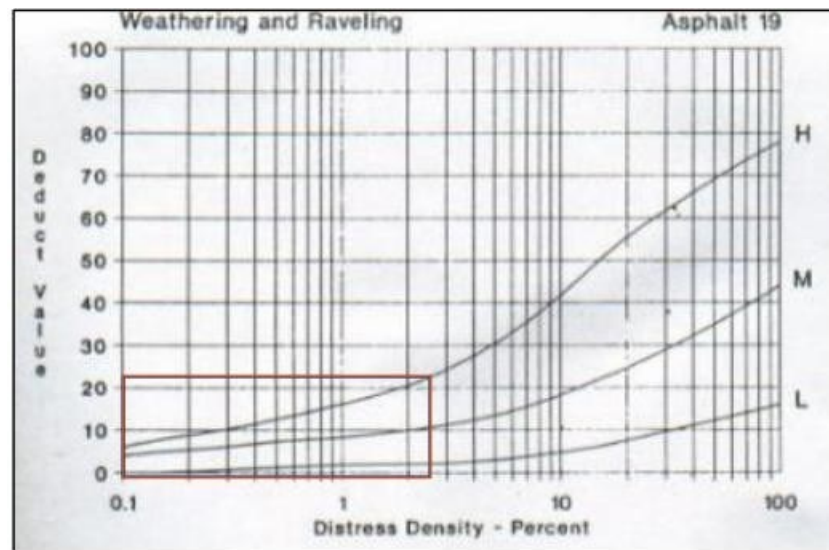
1.b) Cálculo de la densidad

Se clasificaron todas las fallas identificadas según su nivel de severidad, calculando el total de daño asociado a cada una y determinando su densidad. La Tabla 14 presenta los resultados de esta clasificación y el cálculo de densidad correspondiente.

1.c) Determinación de valores deducidos individuales

Dado que el pavimento evaluado es de tipo flexible, se utilizaron las tablas del Anexo II para obtener los valores deducidos de cada falla según su tipo, densidad y severidad. Por ejemplo, se identificó una falla de meteorización con severidad alta, cuyo valor deducido es 23 (ver Figura 4.1).

FIGURA 4.1. VALOR DEDUCIDO PARA LA FALLA DE METEORIZACIÓN



Fuente: (ASTM International, 2011)

En la Tabla 4 se resumen los valores deducidos para fallas como abultamiento, agrietamiento longitudinal, parcheo, pulimento de agregados y meteorización.

TABLA 4. VALORES DEDUCIDOS PARA LAS FALLAS ENCONTRADAS EN LA UNIDAD DE MUESTREO 3

Nº	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido
4	Abultamiento y Hundimientos	L	2.184	1.18	4
10	Agrietamiento Longitudinal y/o transversal	L	0.9	0.49	1
11	Parcheo/bacheo y acometidas de servicios	L	5.75	3.11	8
11	Parcheo/bacheo y acometidas de servicios	M	2.73	1.48	12.5
12	Pulimento de agregados	M	185	100	20
19	Meteorización	L	2.45	1.32	2.5
19	Meteorización	H	4.7	2.54	23

Fuente: Autores

Etapla 2: Determinación del valor de ajuste (q)

2.a) El valor de q para esta unidad de muestreo fue 6, dado que los valores deducidos mayores a 2 fueron seis.

2.b) La lista de valores deducidos, ordenados de mayor a menor, es: 23, 20, 12.5, 8, 4 y 2.5.

2.c) El número máximo de valores admisibles (m) se calculó con la Ecuación 3, siendo:

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 23) = 8.07$$

2.d) Dado que el valor de m obtenido supera a q, únicamente los valores deducidos se reducen a m, es decir a los 6 valores.

Etapla 3: Cálculo del valor total deducido (VTD)

3.a) El valor de q se definió como 6.

3.b) El VTD fue la suma de los valores deducidos individuales:

$$VTD = 23 + 20 + 12.5 + 8 + 4 + 2.5 = 71$$

3.c) Se construyó una matriz con los valores deducidos mayores a 2, calculando el CDT para cada fila (Tabla 5).

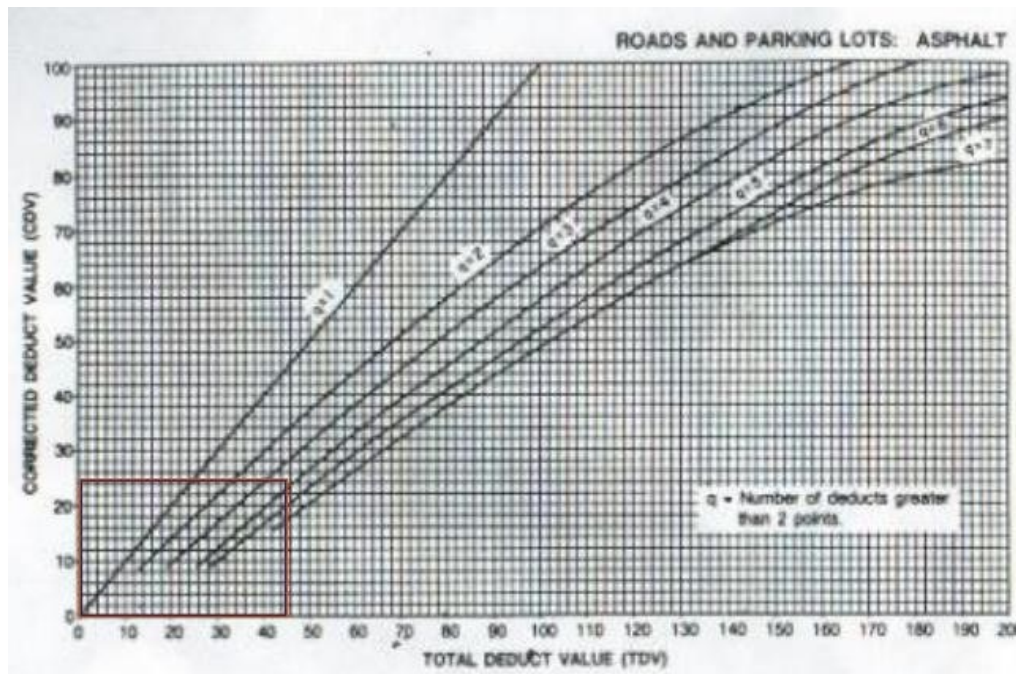
3.d) Con base en el **Anexo II**, para un CDT de 44.5 y Q de 4, el valor corregido de deducción CDV fue de 25. (Figura 4.2).

TABLA 5. CÁLCULO DEL CDT

CALCULO DE PCI									
VALORES DEDUCIDOS						CDT	Q	CDV	
1	23	20	12.5	8	4	2.5	70	6	32
2	23	20	12.5	8	4	2	69.5	5	35
3	23	20	12.5	8	2	2	67.5	4	38
4	23	20	12.5	2	2	2	61.5	3	38
5	23	20	2	2	2	2	51	2	38
6	23	2	2	2	2	2	33	1	33

Fuente: Autores

FIGURA 4.2. CURVA DE VALOR DEDUCIDO CORREGIDO



Fuente: (ASTM International, 2011)

3.e) El máximo valor de CDV quedó establecido en 25.

Etapas 4:

El cálculo del PCI se realizó aplicando la Ecuación 4.

$$PCI = 100 - 25 = 75$$

El resultado obtenido clasifica el pavimento en la categoría de Muy Buena condición según la escala cualitativa. En la Tabla 6 se resumen los resultados del PCI para cada unidad de muestreo.

TABLA 6. PCI DE CADA UNIDAD DE MUESTRA

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	ESTADO
1	56	BUENO
2	56.5	BUENO
3	75	MUY BUENO
4	4	REGULAR
5	58	BUENO
6	78	MUY BUENO
7	57	BUENO
8	63	BUENO
9	78	MUY BUENO
10	66	BUENO
11	74	MUY BUENO
12	78	MUY BUENO
13	79.5	MUY BUENO

Fuente: Autores

Finalmente, se calculó el PCI global de la vía aplicando la Ecuación 5:

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

Sustituyendo los valores

$$PCI_s = \frac{[(13 - 0) * 65.31] + (0 * 0)}{13} = 65.31$$

Esto indica que la condición actual de la vía se clasifica como Buena.

4.3 Metodología con Utilización de Teledetección

Se utilizan los mismos pasos descritos en la metodología anterior, con la diferencia de que los datos utilizados para el registro serán los procesados mediante la teledetección como se detalla en la Tabla 7.

TABLA 7. PCI DE CADA UNIDAD DE MUESTRA UTILIZANDO TELEDETECCIÓN

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	ESTADO
1	56	BUENO
2	61	BUENO
3	56	BUENO
4	4	REGULAR
5	61	BUENO
6	78	MUY BUENO
7	63	BUENO
8	64	BUENO
9	78	MUY BUENO
10	66	BUENO
11	77	MUY BUENO
12	78	MUY BUENO
13	81	MUY BUENO

Fuente: Autores

Finalmente, se calculó el PCI global de la vía aplicando la Ecuación 5:

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

Sustituyendo los valores

$$PCI_s = \frac{[(13 - 0) * 66.31] + (0 * 0)}{13} = 66.31$$

Esto indica que la condición actual de la vía se clasifica como Buena.

VII. CONCLUSIONES

- Se evaluó el Índice de Condición del Pavimento (PCI) de la vía Paccha-Polígono de Tiro mediante dos metodologías:
 - Método Manual: El PCI obtenido fue de 65.31, clasificando el estado del pavimento como "Bueno".
 - Método con Teledetección: El PCI obtenido fue de 66.31, también clasificando el estado del pavimento como "Bueno".
 - Los resultados reflejan que ambas metodologías son consistentes en la clasificación del estado del pavimento, con una ligera ventaja en precisión para el método asistido por drones.
- La incorporación de drones en la evaluación de pavimentos ha demostrado ser una alternativa más eficiente en comparación con el método tradicional. Este enfoque destaca por su capacidad para reducir significativamente el tiempo de inspección y los riesgos operativos, como la exposición del personal a condiciones climáticas adversas o peligros del tránsito vehicular.
- Los drones ofrecen una ventaja clave en términos de precisión y repetibilidad, ya que permiten registrar y almacenar datos detallados que pueden ser reutilizados en futuras evaluaciones sin necesidad de realizar nuevas visitas al sitio. Esto asegura

una mayor objetividad y sistematicidad en el análisis de las condiciones del pavimento.

- A pesar de los beneficios operativos y técnicos, el uso de drones requiere equipos de alta tecnología, como sensores LIDAR y cámaras de alta resolución, para garantizar resultados precisos. Esto implica una inversión inicial significativa y la necesidad de capacitar al personal en su manejo y mantenimiento.
- La metodología asistida con drones establece un precedente innovador en la gestión vial, especialmente en áreas de difícil acceso o con alto volumen de tráfico. Su implementación puede mejorar la planificación de intervenciones y la asignación de recursos, consolidándose como una herramienta esencial para la modernización de las prácticas de evaluación vial.
- Aunque los resultados muestran una similitud en las clasificaciones obtenidas por ambos métodos, el uso de drones optimiza la seguridad, eficiencia y calidad del proceso de evaluación, marcando un camino hacia la adopción de tecnologías avanzadas en la ingeniería civil.

VIII. RECOMENDACIONES

- Promover la adquisición y uso de drones equipados con sensores potentes, cámaras de alta resolución y tecnología de teledetección avanzada, para garantizar evaluaciones de pavimentos precisas y adaptadas a diversas condiciones geográficas y climáticas.

- Diseñar programas de capacitación especializados para los operadores de drones, enfocados en aspectos técnicos como el manejo del equipo, la interpretación de datos y el mantenimiento del hardware y software asociado.
- Considerar la implementación de políticas y normas que regulen el uso de drones en evaluaciones viales, asegurando el cumplimiento de estándares de seguridad y eficiencia.
- Realizar estudios de costo-beneficio para determinar la viabilidad económica de integrar drones en proyectos viales a gran escala, considerando no solo el ahorro en tiempo y recursos, sino también los beneficios a largo plazo en términos de seguridad y sostenibilidad.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armijos, C. (2009). *Evaluación superficial de algunas calles de la ciudad de Loja*. Loja. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1484/3/Tesis.pdf>
- ASTM International. (2011). *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys (D6433-11)*.
- ASTM International. (2016). *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. doi:<https://doi.org/10.1520/D6433-16>
- Becerra Delgado, A. E., & Sánchez Reinoso, P. S. (2018). *Evaluación de la condición del pavimento del sector el Valle y su marco sostenible*. Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30292>
- Becker, R., Galayda, L., & MacLaughlin, M. (2018). Digital Photogrammetry Software. *American Rock Mechanics Association, 18(1211)*.
- Cayambe Manyá, P. D., & Santillán Villagrán, J. Y. (2015). *Evaluación de pavimentos flexibles y propuesta de mantenimiento vial integral de los accesos viales del cantón Guano, provincia de Chimborazo*. Riobamba. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/2514?mode=full>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (Vol. 5 Ed.). SAGE Publications.

- Cruz, J. (2018). *Cálculo del Índice de Condición del Pavimento con imágenes del vehículo aéreo*. Lima. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/17218>
- Cubas Fernandez, J. (2021). *Uso de un dron para optimizar la evaluación superficial del pavimento flexible por el método PCI en la Av. Los Conquistadores, distrito de San Isidro*. Lima. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29126>
- Farnell. (2024). *Guía sobre la tecnología LIDAR: Aplicaciones y beneficios*. Obtenido de <https://www.farnell.com>
- Feitosa, I., Santos, B., & Almeida, P. (2024). Pavement Inspection in Transport Infrastructures Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). *Sustainability*, 123-135. doi:<https://doi.org/10.3390/su16052207>
- Gonzalez Sanchez, J. M., & Ortega Medina, K. R. (2024). *Evaluación del pavimento y cálculo del PCI en la vía El Carmen de Sinincay - Lazareto*. Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28355>
- Hardin, P. J., & Jensen, R. R. (2011). Small-scale unmanned aerial vehicles in environmental remote sensing: Challenges and opportunities. *GIScience & Remote Sensing*, 48(1), 99-111. doi:<https://doi.org/10.2747/1548-1603.48.1.99>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol. 6ª ed). McGraw-Hill.
- Hurtado Arias, W. M. (2016). *Evaluación funcional y estructural para determinar el deterioro de la estructura del pavimento en la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito, provincia de Pichincha*. Quito. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/1263>
- Interventoría Promoción & Construcción de Proyectos S.A.S. (18 de 11 de 2024). *Ipcproyectos.co*. Recuperado el 18 de 11 de 2024, de <https://ipcproyectos.co/2024/07/08/patologias-pavimentos-flexibles/>
- Morocho Jiménez, C. O. (2021). *Plan de intervención vial en base a la evaluación del PCI (Pavement Condition Index), caso de estudio Quinta Chica Baja, Cuenca-Ecuador*. Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/35977>
- MTOP. (2013). *Ministerio de Transporte y Obras Públicas*. Quito.
- NASA's Applied Remote Sensing Training Program. (2023). *Fundamentos de la Teledetección (Percepción Remota)*. Obtenido de https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/2023-02/Fundamentals_of_RS_Span.pdf
- Peña, E., & Peña, L. (2020). *Propuesta de levantamiento de tipos de fallas asistido por el Sistema*. Lima.

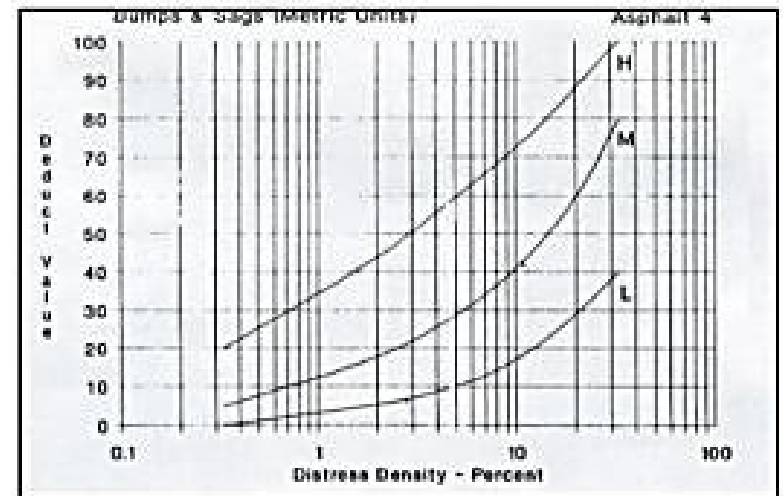
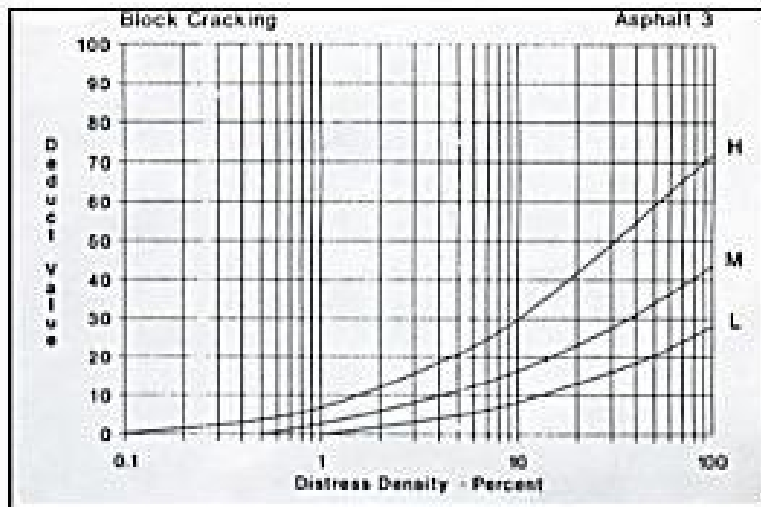
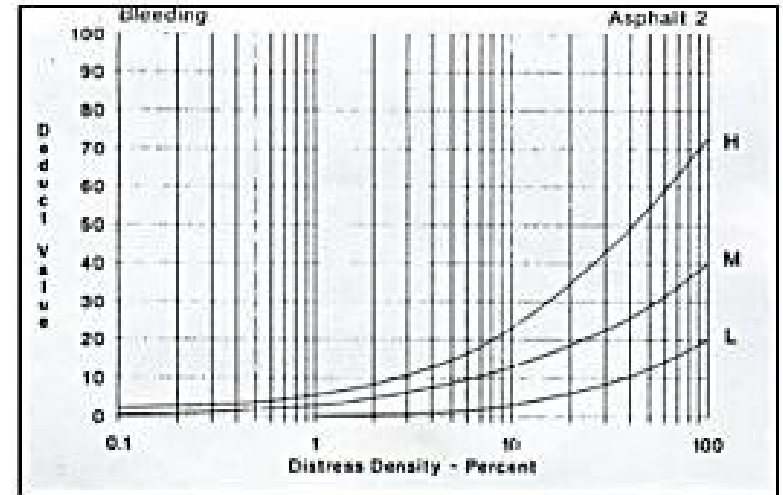
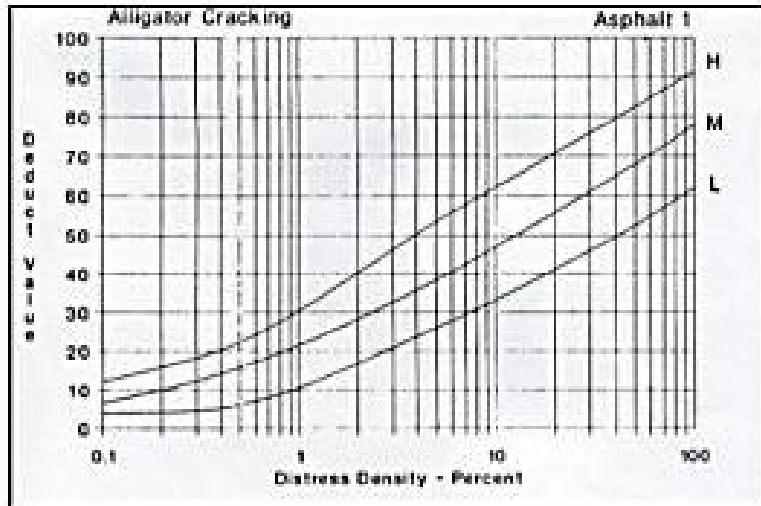
- Rathod, P. A., Patil, R. M., & Joshi, S. B. (2020). Pavement evaluation using UAV and image processing. *International Journal of Pavement Research and Technology*(13(2)), 107-114. doi:<https://doi.org/10.1007/s42947-020-0137-1>
- Shahin, M. Y. (2005). *Pavement management for airports, roads, and parking lots* (Vol. 2nd ed.). Springer.
- Universidad Politécnica de Madrid. (2015). *Aplicaciones de la teledetección láser (LiDAR) en la caracterización...* Madrid. Obtenido de <https://oa.upm.es/id/eprint/38099/contents>
- Vásquez, V. L. (2002). *PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS*. Manizales: Ingepav.

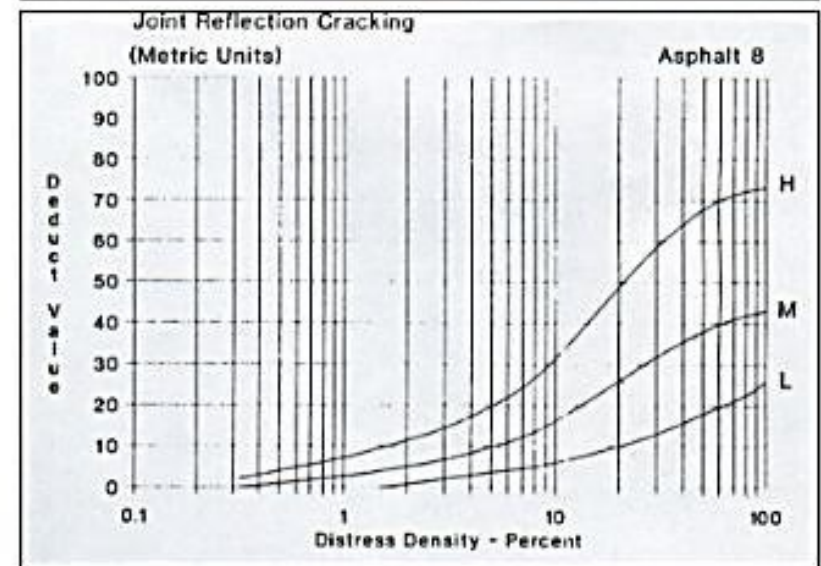
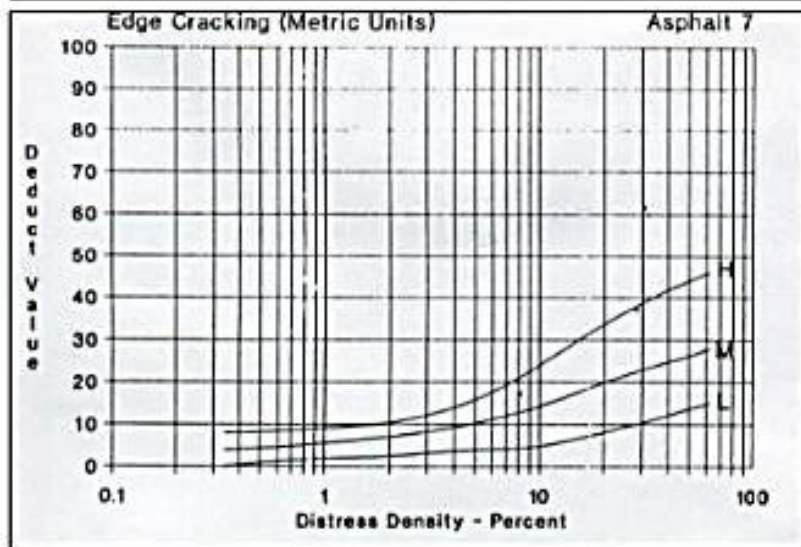
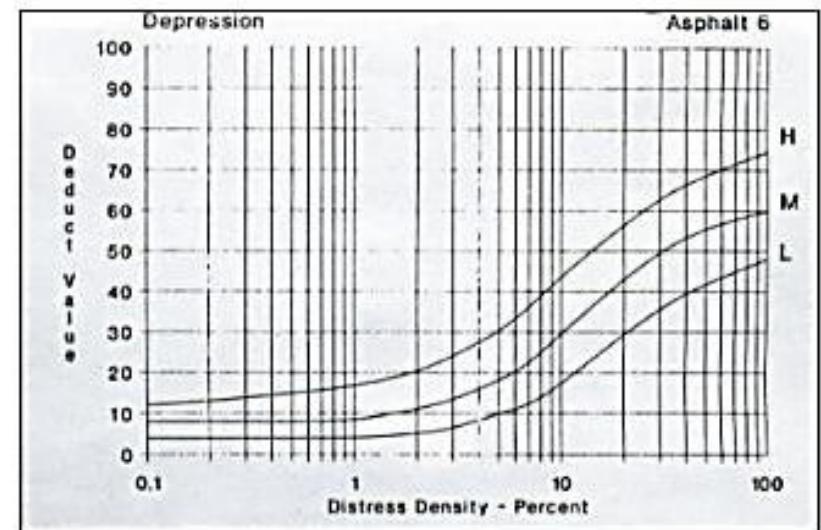
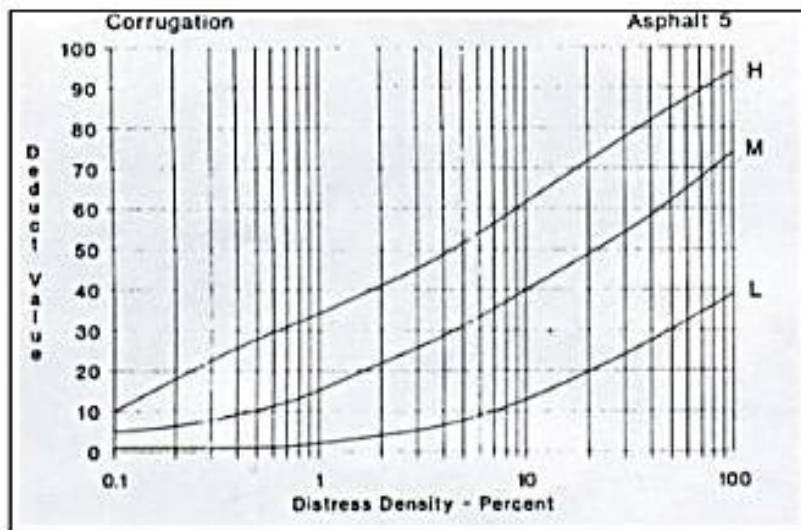
X. ANEXOS

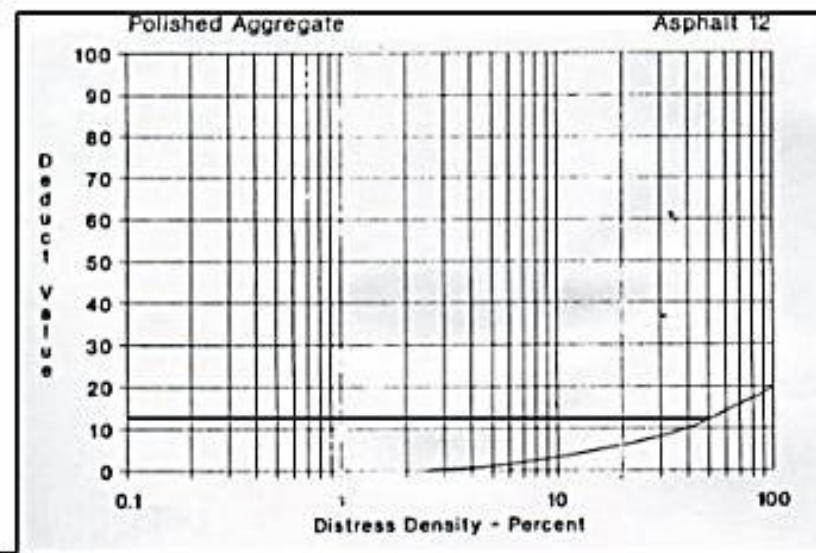
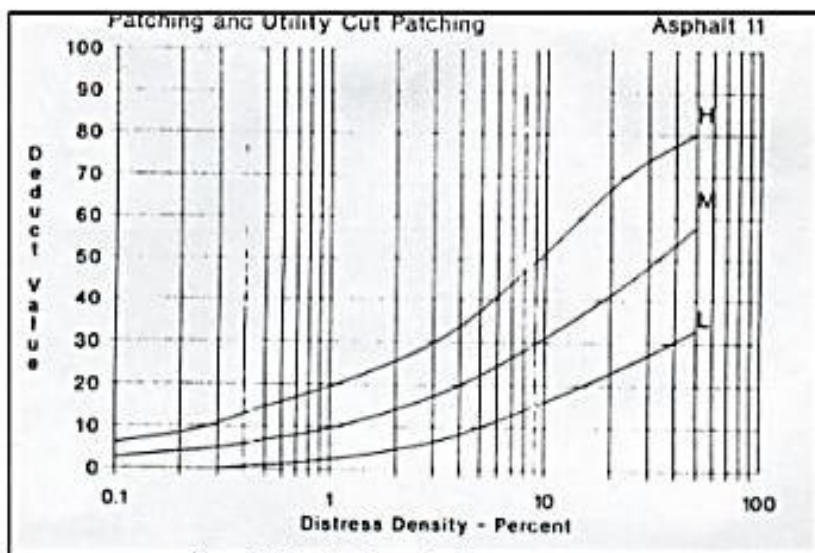
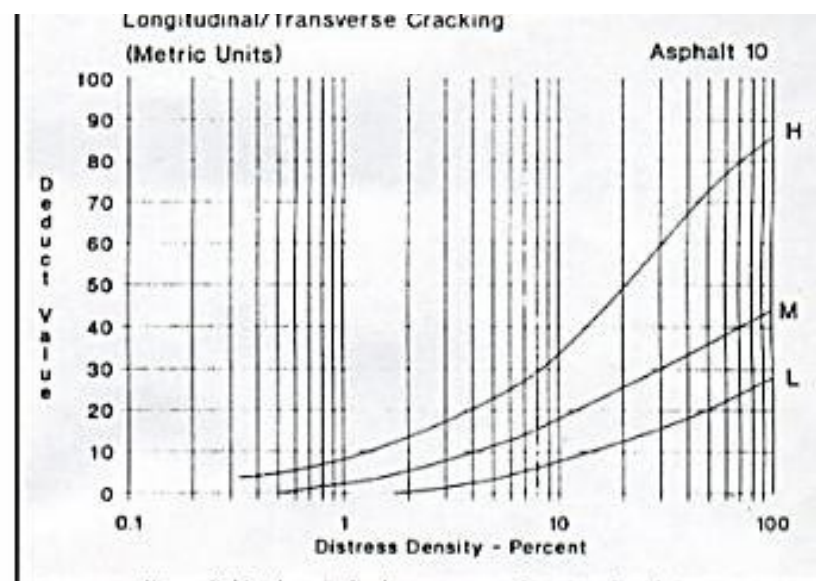
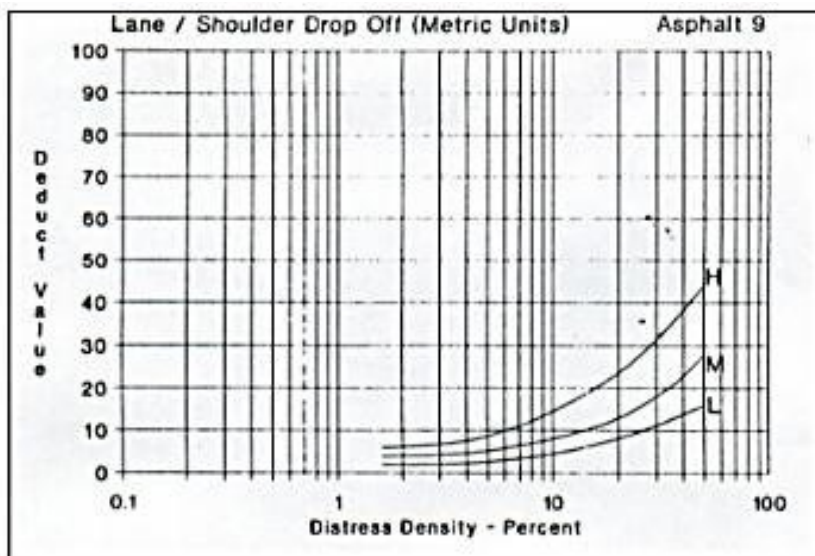
ANEXO I. Formato de Recolección de Datos

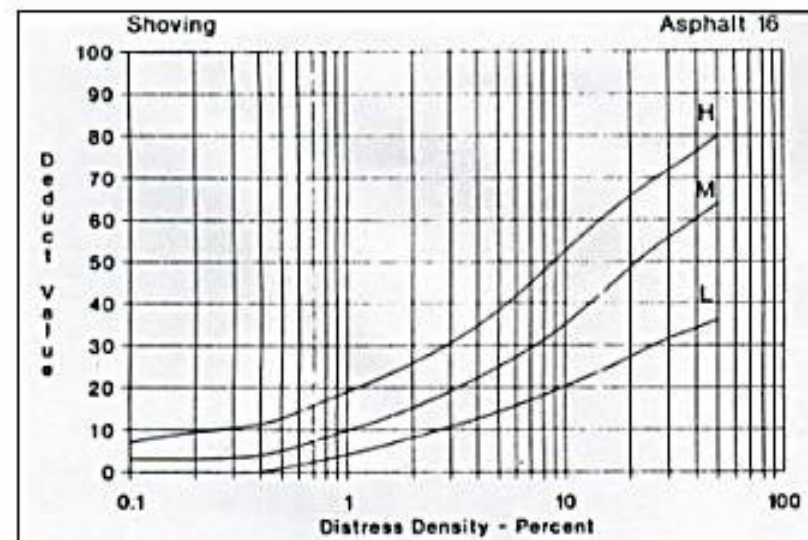
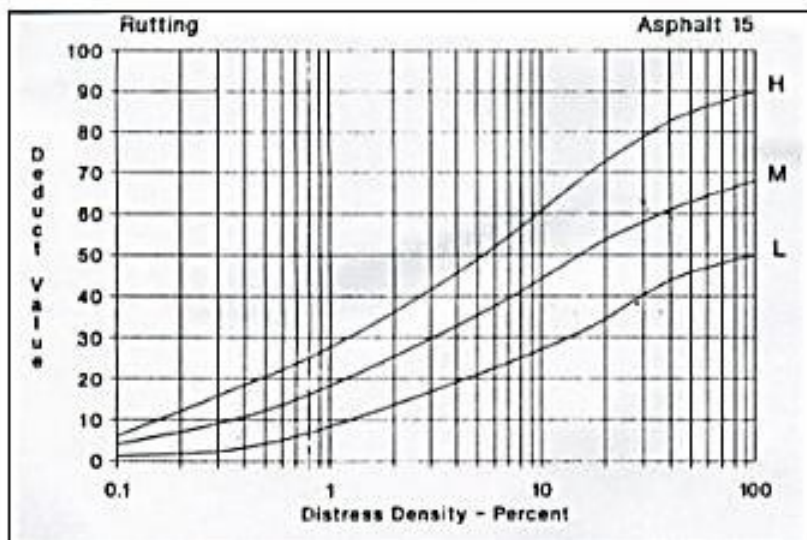
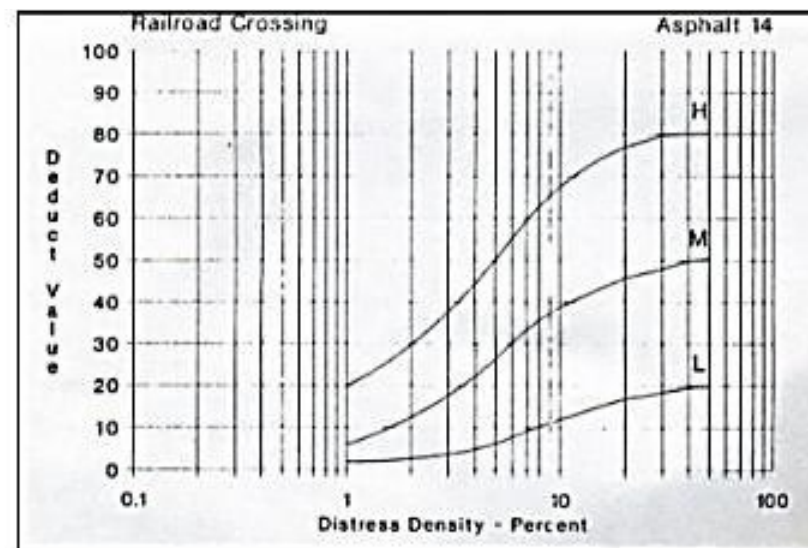
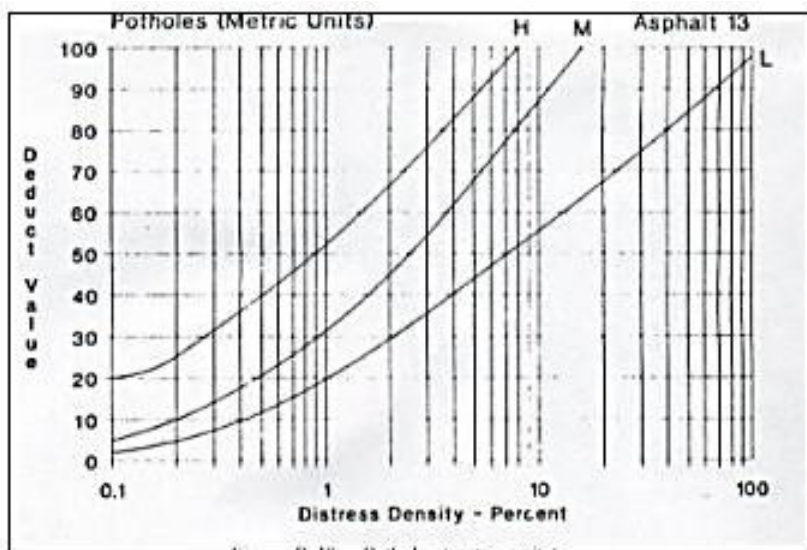
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE					
Nombre de la vía:		VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO					
Unidad de muestra:		TRAMO 1					
Sección:							
Área de sección:							
Abscisa Inicial:							
Abscisa Final:							
Evaluado por:		ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT					
Fecha:							
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE							
	Unidad		Unidad				
1. Piel de cocodrilo	m2	11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios	m2				
2. Exudación	m2	12. Pulimento de agregados	m2				
3. Agrietamiento en bloque	m2	13. Baches/ huecos	Unidad				
4. Abultamientos y hundimientos	m	14. Cruce de vía férrea	m2				
5. Corrugación	m2	15. Ahuellamiento	m2				
6. Depresión	m2	16. Desplazamiento	m2				
7. Agrietamiento de borde	m	17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento	m2				
8. Agrietamiento por reflexión de junta	m	18. Hinchamiento	m2				
9. Desnivel de carril/berma	m	19. Meteorización/desprendimiento de agregados	m2				
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m						
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES							
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES							
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q
CALCULO DE PCI							
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV
						HDV	
						PCI	
						ESTADO	

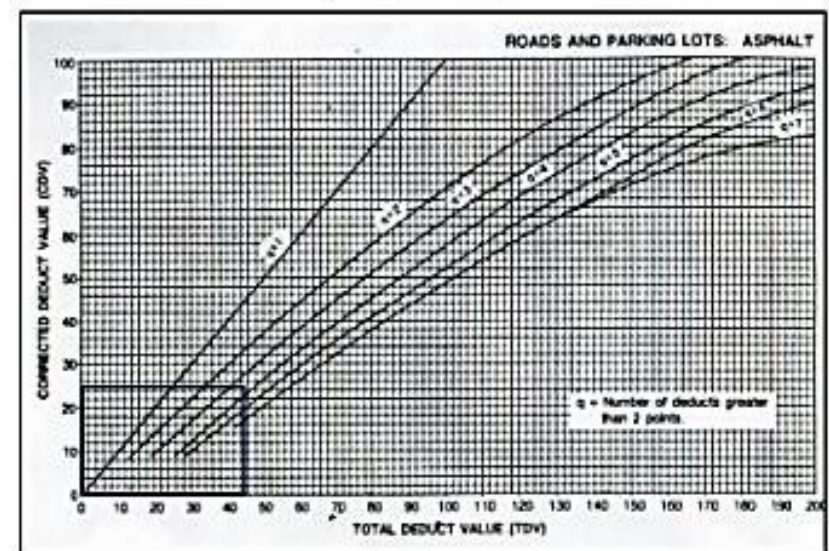
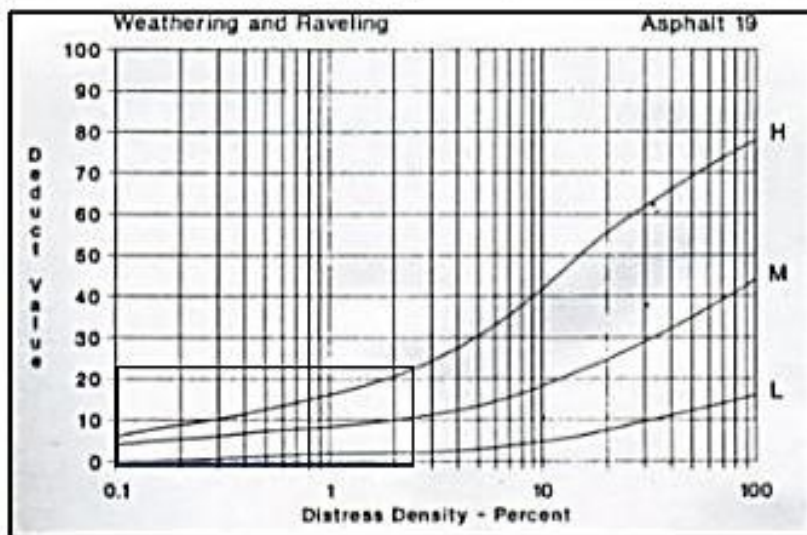
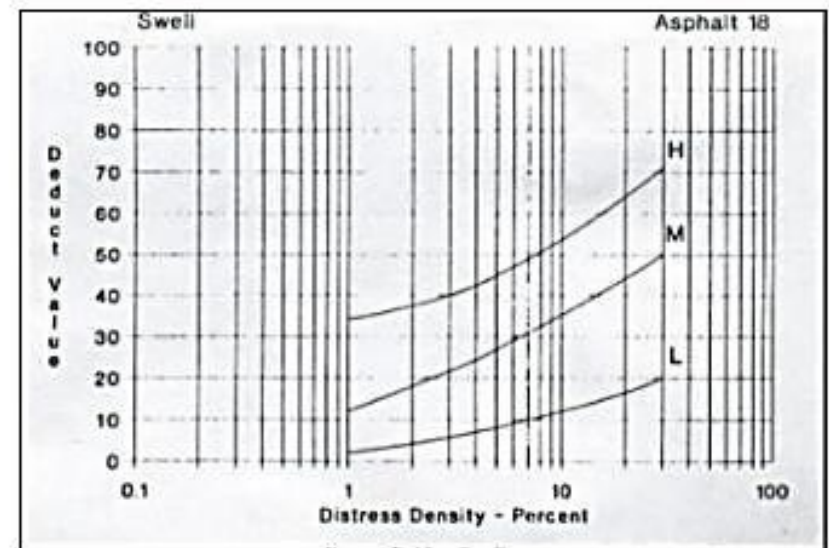
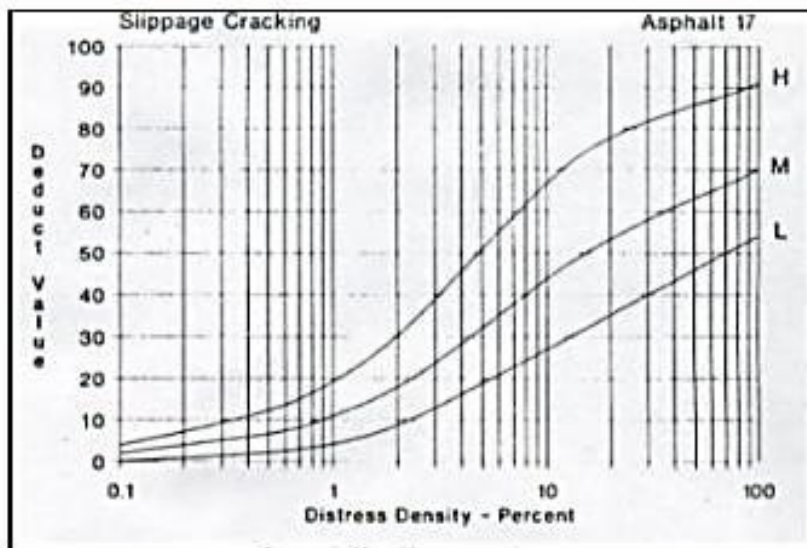
ANEXO II. Curvas de Valores Deducidos para Pavimentos Flexibles











ANEXO III. Cálculo de PCI para Unidad de Muestra Método Tradicional

	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA						
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE						
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO						
Unidad de muestra:	TRAMO 1						
Sección:	1						
Área de sección:	207.5						
Abscisa Inicial:	0+025						
Abscisa Final:	0+050						
Evaluated por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT						
Fecha:							
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE							
	Unidad		Unidad				
1. Piel de cocodrilo	m2	11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios	m2				
2. Exudación	m2	12. Pulimento de agregados	m2				
3. Agrietamiento en bloque	m2	13. Baches/ huecos	Unidad				
4. Abultamientos y hundimientos	m	14. Cruce de vía férrea	m2				
5. Corrugación	m2	15. Ahuellamiento	m2				
6. Depresión	m2	16. Desplazamiento	m2				
7. Agrietamiento de borde	m	17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento	m2				
8. Agrietamiento por reflexión de junta	m	18. Hinchamiento	m2				
9. Desnivel de carril/berma	m	19. Meteorización/desprendimiento de agregados	m2				
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m						
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES							
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total
12	Pulimento de agregados	m2	M	25	8.3	0	207.5
19	Meteorización	m2	H	1.8	9	0	16.2
19	Meteorización	m2	M	4	0.9		3.6
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES							
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q
12	Pulimento de agregados	M	207.5	100	20	66.5	3
19	Meteorización	H	16.2	7.81	37		
19	Meteorización	M	3.6	1.73	9.5		
						m	6.79
CALCULO DE PCI							
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV
1	37	20	9.5		66.5	3	41.75
2	37	20	2		59	2	44
3	37	2	2		41	1	41
						HDV	44
						PCI	56
						ESTADO	BUENO

	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA							
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE							
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO							
Unidad de muestra:	TRAMO 1							
Sección:	2							
Área de sección:	207.5							
Abscisa Inicial:	0+275							
Abscisa Final:	0+300							
Evaluado por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT							
Fecha:	7/12/2024							
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
	Unidad							Unidad
1. Piel de cocodrilo	m2		11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios					m2
2. Exudación	m2		12. Pulimento de agregados					m2
3. Agrietamiento en bloque	m2		13. Baches/ huecos					Unidad
4. Abultamientos y hundimientos	m		14. Cruce de vía férrea					m2
5. Corrugación	m2		15. Ahuellamiento					m2
6. Depresión	m2		16. Desplazamiento					m2
7. Agrietamiento de borde	m		17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento					m2
8. Agrietamiento por reflexión de junta	m		18. Hinchamiento					m2
9. Desnivel de carril/berma	m		19. Meteorización/desprendimiento de agregados					m2
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m							
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES								
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total	
12	Pulimento de agregados	m2	M	25	8.3		207.5	
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	m2	M	5	1.1		5.5	
15	Ahuellamiento	m2	L	25	0.5		12.5	
19	Meteorización	m2	H	2.6	0.9		2.34	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES								
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q	
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	M	5.5	2.65	14	75	4	
12	Pulimento de agregados	M	207.5	100	20			
15	Ahuellamiento	L	12.5	6.02	23			
19	Meteorización	H	2.34	1.13	18			
						m	8.07	
CALCULO DE PCI								
VALORES DEDUCIDOS						CDT	Q	CDV
1	23	20	18	14		75	4	43.5
2	23	20	18	2		63	3	40.5
3	23	20	2	2		47	2	36
4	23	2	2	2		29	1	28
						HDV	43.5	
						PCI	56.5	
						ESTADO	BUENO	

	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA							
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE							
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO							
Unidad de muestra:	TRAMO 1							
Sección:	3							
Área de sección:	185							
Abscisa Inicial:	0+525							
Abscisa Final:	0+550							
Evaluated por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT							
Fecha:	7/12/2024							
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
	Unidad							Unidad
1. Piel de cocodrilo	m2		11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios					m2
2. Exudación	m2		12. Pulimento de agregados					m2
3. Agrietamiento en bloque	m2		13. Baches/ huecos					Unidad
4. Abultamientos y hundimientos	m		14. Cruce de vía férrea					m2
5. Corrugación	m2		15. Ahuellamiento					m2
6. Depresión	m2		16. Desplazamiento					m2
7. Agrietamiento de borde	m		17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento					m2
8. Agrietamiento por reflexión de junta	m		18. Hinchamiento					m2
9. Desnivel de carril/berma	m		19. Meteorización/desprendimiento de agregados					m2
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m							
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES								
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total	
4	Abultamiento y Hundimientos	m2	L	2.1	1.3		2.184	
10	Agrietamiento Longitudinal y/o trans	m	L	0.9			0.9	
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	m2	M	2.1	1.3		2.73	
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	m2	L	1.25	4.6		5.75	
12	Pulimento de agregados	m2	M	25	7.4		185	
19	Meteorización	m2	L	0.5	4.9		2.45	
19	Meteorización	m2	H	4.7	1		4.7	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES								
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q	
4	Abultamiento y Hundimientos	L	2.184	1.18	4	71	6	
10	Agrietamiento Longitudinal y/o trans	L	0.9	0.49	1			
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	L	5.75	3.11	8			
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	M	2.73	1.48	12.5			
12	Pulimento de agregados	M	185	100	20			
19	Meteorización	L	2.45	1.32	2.5			
19	Meteorización	H	4.7	2.54	23			
						m	8.07	
CALCULO DE PCI								
VALORES DEDUCIDOS						CDT	Q	CDV
1	23	20	12.5	8	4	2.5	70	32
2	23	20	12.5	8	4	2	69.5	35
3	23	20	12.5	8	2	2	67.5	38
4	23	20	12.5	2	2	2	61.5	38
5	23	20	2	2	2	2	51	38
6	23	2	2	2	2	2	33	33
						HDV		38
						PCI		62
						ESTADO		BUENO

	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA							
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE							
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO							
Unidad de muestra:	TRAMO 1							
Sección:	4							
Área de sección:	167.5							
Abscisa Inicial:	0+775							
Abscisa Final:	0+800							
Evaluado por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT							
Fecha:	7/12/2024							
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
	Unidad							Unidad
1. Piel de cocodrilo	m2		11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios					m2
2. Exudación	m2		12. Pulimento de agregados					m2
3. Agrietamiento en bloque	m2		13. Baches/ huecos					Unidad
4. Abultamientos y hundimientos	m		14. Cruce de vía férrea					m2
5. Corrugación	m2		15. Ahuellamiento					m2
6. Depresión	m2		16. Desplazamiento					m2
7. Agrietamiento de borde	m		17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento					m2
8. Agrietamiento por reflexión de junta	m		18. Hinchamiento					m2
9. Desnivel de carril/berma	m		19. Meteorización/desprendimiento de agregados					m2
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m							
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES								
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total	
1	Piel de Cocodrilo	m2	L	1	0.7		0.7	
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m	L	5.4			5.4	
12	Pulimento de agregados	m2	M	25	6.7		167.5	
13	Baches/huecos	1	L	1	0.6	0.03	1	
13	Baches/huecos	1	H	1.2	0.5	0.04	1	
19	Meteorización	m2	M	0.9	2.1		1.89	
19	Meteorización	m2	M	1	0.7		0.7	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES								
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q	
1	Piel de Cocodrilo	L	0.7	0.42	4	102.5	5	
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	L	5.4	3.22	2			
12	Pulimento de agregados	M	167.5	100	20			
13	Baches/huecos	L	1	0.6	24			
13	Baches/huecos	H	1	0.6	43			
19	Meteorización	M	2.59	1.55	9.5			
						m	6.23	
CALCULO DE PCI								
VALORES DEDUCIDOS						CDT	Q	CDV
1	43	24	20	9.5	4	100.5	5	51
2	43	24	20	9.5	2	98.5	4	56
3	43	24	20	2	2	91	3	57
4	43	24	2	2	2	73	2	53.5
5	43	2	2	2	2	51	1	51
						HDV	57	
						PCI	43	
						ESTADO	REGULA	

	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA							
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE							
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO							
Unidad de muestra:	TRAMO 1							
Sección:	5							
Área de sección:	167.5							
Abscisa Inicial:	1+025							
Abscisa Final:	1+050							
Evaluado por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT							
Fecha:	7/12/2024							
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
	Unidad							Unidad
1. Piel de cocodrilo	m2		11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios					m2
2. Exudación	m2		12. Pulimento de agregados					m2
3. Agrietamiento en bloque	m2		13. Baches/ huecos					Unidad
4. Abultamientos y hundimientos	m		14. Cruce de vía férrea					m2
5. Corrugación	m2		15. Ahuellamiento					m2
6. Depresión	m2		16. Desplazamiento					m2
7. Agrietamiento de borde	m		17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento					m2
8. Agrietamiento por reflexión de junta	m		18. Hinchamiento					m2
9. Desnivel de carril/berma	m		19. Meteorización/desprendimiento de agregados					m2
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m							
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES								
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total	
4	Abultamiento y hundimientos	m2	M	1.2	1.4		1.68	
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	m2	L	21.6	6.7		144.72	
12	Pulimento de agregados	m2	H	6.7	3.4		22.78	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES								
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q	
4	Abultamiento y hundimientos	M	1.68	1	12.5	65	3	
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	L	144.72	86.4	32.5			
12	Pulimento de agregados	H	22.78	13.6	20			
						m	7.2	
CALCULO DE PCI								
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV	
1	32.5	20	12.5		65	3	42	
2	32.5	20	2		54.5	2	42	
3	32.5	2	2		36.5	1	36	
						HDV	42	
						PCI	58	
						ESTADO	BUENO	

	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA								
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE								
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO								
Unidad de muestra:	TRAMO 1								
Sección:	6								
Área de sección:	157.5								
Abscisa Inicial:	1+275								
Abscisa Final:	1+300								
Evaluado por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT								
Fecha:	7/12/2024								
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
	Unidad		Unidad						
1. Piel de cocodrilo	m2	11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios	m2						
2. Exudación	m2	12. Pulimento de agregados	m2						
3. Agrietamiento en bloque	m2	13. Baches/ huecos	Unidad						
4. Abultamientos y hundimientos	m	14. Cruce de vía férrea	m2						
5. Corrugación	m2	15. Ahuellamiento	m2						
6. Depresión	m2	16. Desplazamiento	m2						
7. Agrietamiento de borde	m	17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento	m2						
8. Agrietamiento por reflexión de junta	m	18. Hinchamiento	m2						
9. Desnivel de carril/berma	m	19. Meteorización/desprendimiento de agregados	m2						
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m								
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES									
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total		
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m	L	0.8			0.8		
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m	M	1.2			1.2		
12	Pulimento de agregados	m2	H	25	6.3		157.5		
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES									
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q		
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	L	0.8	0.51	1	22	1		
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	M	1.2	0.76	1				
12	Pulimento de agregados	H	157.5	100	20				
						m	8.35		
CALCULO DE PCI									
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV		
1	20				20	1	22		
						HDV	22		
						PCI	78		
						ESTADO	MUY BU		

	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA								
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE								
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO								
Unidad de muestra:	TRAMO 1								
Sección:	7								
Área de sección:	167.5								
Abscisa Inicial:	1+525								
Abscisa Final:	1+550								
Evaluado por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT								
Fecha:	7/12/2024								
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
	Unidad		Unidad						
1. Piel de cocodrilo	m2	11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios	m2						
2. Exudación	m2	12. Pulimento de agregados	m2						
3. Agrietamiento en bloque	m2	13. Baches/ huecos	Unidad						
4. Abultamientos y hundimientos	m	14. Cruce de vía férrea	m2						
5. Corrugación	m2	15. Ahuellamiento	m2						
6. Depresión	m2	16. Desplazamiento	m2						
7. Agrietamiento de borde	m	17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento	m2						
8. Agrietamiento por reflexión de junta	m	18. Hinchamiento	m2						
9. Desnivel de carril/berma	m	19. Meteorización/desprendimiento de agregados	m2						
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m								
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES									
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total		
10	Agrietamiento longitudinal y/o transv	m	L	4.6	4.1		18.86		
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	m2	L	6.7	7.1		47.57		
12	Pulimento de agregados	m2	M	25	6.7		167.5		
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES									
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q		
10	Agrietamiento longitudinal y/o transv	L	18.86	11.26	9.5	56	3		
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	L	47.57	28.4	26.5				
12	Pulimento de agregados	M	167.5	100	20				
						m	7.75		
CALCULO DE PCI									
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV		
1	26.5	20	9.5		56	3	43		
2	26.5	20	2		48.5	2	37		
3	26.5	2	2		30.5	1	30.5		
						HDV	43		
						PCI	57		
						ESTADO	BUENO		

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA						
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE						
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO						
Unidad de muestra:	TRAMO 1						
Sección:	8						
Área de sección:	167.5						
Abscisa Inicial:	1+775						
Abscisa Final:	1+800						
Evaluado por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT						
Fecha:	7/12/2024						
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE							
		Unidad					Unidad
1. Piel de cocodrilo		m2	11. Parqueo/bacheo y acometidas de servicios				m2
2. Exudación		m2	12. Pulimento de agregados				m2
3. Agrietamiento en bloque		m2	13. Baches/ huecos				Unidad
4. Abultamientos y hundimientos		m	14. Cruce de vía férrea				m2
5. Corrugación		m2	15. Ahuellamiento				m2
6. Depresión		m2	16. Desplazamiento				m2
7. Agrietamiento de borde		m	17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento				m2
8. Agrietamiento por reflexión de junta		m	18. Hinchamiento				m2
9. Desnivel de carril/berma		m	19. Meteorización/desprendimiento de agregados				m2
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers		m					
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES							
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total
11	Parqueo/bacheo y acometidas de ser	m2	L	9.6	5.7		54.72
12	Pulimento de agregados	m2	H	15.4	6.7		103.18
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES							
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q
11	Parqueo/bacheo y acometidas de ser	L	54.72	32.67	28.5	48.5	2
12	Pulimento de agregados	H	103.18	61.6	20		
						m	7.57
CALCULO DE PCI							
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV
1	28.5	20			48.5	2	37
2	28.5	2			30.5	1	30.5
						HDV	37
						PCI	63
						ESTADO	BUENO

	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA							
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE							
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO							
Unidad de muestra:	TRAMO 1							
Sección:	9							
Área de sección:	167.5							
Abscisa Inicial:	2+025							
Abscisa Final:	2+050							
Evaluado por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT							
Fecha:	7/12/2024							
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
	Unidad							Unidad
1. Piel de cocodrilo	m2		11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios					m2
2. Exudación	m2		12. Pulimento de agregados					m2
3. Agrietamiento en bloque	m2		13. Baches/ huecos					Unidad
4. Abultamientos y hundimientos	m		14. Cruce de vía férrea					m2
5. Corrugación	m2		15. Ahuellamiento					m2
6. Depresión	m2		16. Desplazamiento					m2
7. Agrietamiento de borde	m		17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento					m2
8. Agrietamiento por reflexión de junta	m		18. Hinchamiento					m2
9. Desnivel de carril/berma	m		19. Meteorización/desprendimiento de agregados					m2
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m							
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES								
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total	
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m	L	0.7			0.7	
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m	L	7.1			7.1	
12	Pulimento de agregados	m2	M	25	6.7		167.5	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES								
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q	
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	L	7.8	4.66	5	25	2	
12	Pulimento de agregados	M	167.5	100	20			
						m	8.35	
CALCULO DE PCI								
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV	
1	20	5			25	2	20	
2	20	2			22	1	22	
						HDV	22	
						PCI	78	
						ESTADO	MUY BU	

[illegible]

	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA							
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE							
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO							
Unidad de muestra:	TRAMO 1							
Sección:	11							
Área de sección:	182.5							
Abscisa Inicial:	2+525							
Abscisa Final:	2+550							
Evaluado por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT							
Fecha:	7/12/2024							
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
	Unidad							Unidad
1. Piel de cocodrilo	m2		11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios					m2
2. Exudación	m2		12. Pulimento de agregados					m2
3. Agrietamiento en bloque	m2		13. Baches/ huecos					Unidad
4. Abultamientos y hundimientos	m		14. Cruce de vía férrea					m2
5. Corrugación	m2		15. Ahuellamiento					m2
6. Depresión	m2		16. Desplazamiento					m2
7. Agrietamiento de borde	m		17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento					m2
8. Agrietamiento por reflexión de junta	m		18. Hinchamiento					m2
9. Desnivel de carril/berma	m		19. Meteorización/desprendimiento de agregados					m2
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m							
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES								
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total	
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	m2	L	2.8	3.4		9.52	
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	m2	L	0.7	1.8		1.26	
12	Pulimento de agregados	m2	M	25	7.3		182.5	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES								
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q	
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	L	10.78	5.91	12	32	2	
12	Pulimento de agregados	M	182.5	100	20			
						m	8.35	
CALCULO DE PCI								
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV	
1	20	12			32	2	26	
2	20	2			22	1	22	
						HDV	26	
						PCI	74	
						ESTADO	MUY BU	

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA						
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE						
Nombre de la vía:		VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO					
Unidad de muestra:		TRAMO 1					
Sección:		12					
Área de sección:		182.5					
Abscisa Inicial:		2+775					
Abscisa Final:		2+800					
Evaluado por:		ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT					
Fecha:		7/12/2024					
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE							
		Unidad					Unidad
1. Piel de cocodrilo		m2	11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios				m2
2. Exudación		m2	12. Pulimento de agregados				m2
3. Agrietamiento en bloque		m2	13. Baches/ huecos				Unidad
4. Abultamientos y hundimientos		m	14. Cruce de vía férrea				m2
5. Corrugación		m2	15. Ahuellamiento				m2
6. Depresión		m2	16. Desplazamiento				m2
7. Agrietamiento de borde		m	17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento				m2
8. Agrietamiento por reflexión de junta		m	18. Hinchamiento				m2
9. Densivel de carril/berma		m	19. Meteorización/desprendimiento de agregados				m2
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers		m					
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES							
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m	L	2.1			2.1
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m	L	3.7			3.7
12	Pulimento de agregados	m2	M	25	7.3		182.5
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES							
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	L	5.8	3.18	2.5	22.5	2
12	Pulimento de agregados	M	182.5	100	20		
						m	8.35
CALCULO DE PCI							
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV
1	20	2.5			22.5	2	18
2	20	2			22	1	22
						HDV	22
						PCI	78
						ESTADO	MUY B

	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA						
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE						
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO						
Unidad de muestra:	TRAMO 1						
Sección:	13						
Área de sección:	217.5						
Abscisa Inicial:	3+025						
Abscisa Final:	3+050						
Evaluado por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT						
Fecha:	7/12/2024						
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE							
	Unidad		Unidad				
1. Piel de cocodrilo	m2	11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios	m2				
2. Exudación	m2	12. Pulimento de agregados	m2				
3. Agrietamiento en bloque	m2	13. Baches/ huecos	Unidad				
4. Abultamientos y hundimientos	m	14. Cruce de vía férrea	m2				
5. Corrugación	m2	15. Ahuellamiento	m2				
6. Depresión	m2	16. Desplazamiento	m2				
7. Agrietamiento de borde	m	17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento	m2				
8. Agrietamiento por reflexión de junta	m	18. Hinchamiento	m2				
9. Desnivel de carril/berma	m	19. Meteorización/desprendimiento de agregados	m2				
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m						
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES							
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total
12	Pulimento de agregados	m2	M	25	4.35		108.75
12	Pulimento de agregados	m2	L	25	4.35		108.75
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES							
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q
12	Pulimento de agregados	M	108.75	50	12.8	25.6	2
12	Pulimento de agregados	L	108.75	50	12.8		
						m	9.01
CALCULO DE PCI							
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV
1	12.8	12.8			25.6	2	20.5
2	12.8	2			14.8	1	14.8
						HDV	20.5
						PCI	79.5
						ESTADO	MUY BU

ANEXO IV. Cálculo de PCI para Unidad de Muestra Utilizando Drones

	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA							
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE							
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO							
Unidad de muestra:	TRAMO 1							
Sección:	1							
Área de sección:	207.5							
Abscisa Inicial:	0+025							
Abscisa Final:	0+050							
Evaluado por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT							
Fecha:								
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
		Unidad						Unidad
1. Piel de cocodrilo		m2	11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios					m2
2. Exudación		m2	12. Pulimento de agregados					m2
3. Agrietamiento en bloque		m2	13. Baches/ huecos					Unidad
4. Abultamientos y hundimientos		m	14. Cruce de vía férrea					m2
5. Corrugación		m2	15. Ahuellamiento					m2
6. Depresión		m2	16. Desplazamiento					m2
7. Agrietamiento de borde		m	17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento					m2
8. Agrietamiento por reflexión de junta		m	18. Hinchamiento					m2
9. Desnivel de carril/berma		m	19. Meteorización/desprendimiento de agregados					m2
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers		m						
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES								
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total	
12	Pulimento de agregados	m2	M	25	8.3	0	207.5	
19	Meteorización	m2	H	1.8	9	0	16.2	
19	Meteorización	m2	M	4	0.9		3.6	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES								
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q	
12	Pulimento de agregados	M	207.5	100	20	67	3	
19	Meteorización	H	16.2	7.81	37			
19	Meteorización	M	3.6	1.73	10			
						m	6.79	
CALCULO DE PCI								
VALORES DEDUCIDOS						CDT	Q	CDV
1	37	20	10			67	3	42
2	37	20	2			59	2	44
3	37	2	2			41	1	41
						HDV	44	
						PCI	56	
						ESTADO	BUENO	

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA							
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE							
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO							
Unidad de muestra:	TRAMO 1							
Sección:	2							
Área de sección:	207.5							
Abscisa Inicial:	0+275							
Abscisa Final:	0+300							
Evaluado por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT							
Fecha:	7/12/2024							
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
	Unidad							Unidad
1. Piel de cocodrilo	m2		11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios					m2
2. Exudación	m2		12. Pulimento de agregados					m2
3. Agrietamiento en bloque	m2		13. Baches/ huecos					Unidad
4. Abultamientos y hundimientos	m		14. Cruce de vía férrea					m2
5. Corrugación	m2		15. Ahuellamiento					m2
6. Depresión	m2		16. Desplazamiento					m2
7. Agrietamiento de borde	m		17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento					m2
8. Agrietamiento por reflexión de junta	m		18. Hinchamiento					m2
9. Desnivel de carril/berma	m		19. Meteorización/desprendimiento de agregados					m2
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m							
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES								
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total	
12	Pulimento de agregados	m2	M	25	8.3		207.5	
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	m2	M	5	1.1		5.81	
15	Ahuellamiento	m2	L	25	0.5		7.88	
19	Meteorización	m2	H	2.6	0.9		1.45	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES								
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q	
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	M	5.81	2.8	16	69	4	
12	Pulimento de agregados	M	207.5	100	20			
15	Ahuellamiento	L	7.88	3.8	19			
19	Meteorización	H	1.45	0.7	14			
						m	8.35	
CALCULO DE PCI								
VALORES DEDUCIDOS						CDT	Q	CDV
1	20	19	16	14		69	4	39
2	20	19	16	2		57	3	37
3	20	19	2	2		43	2	32
4	20	2	2	2		26	1	28
						HDV	39	
						PCI	61	
						ESTADO	BUENO	

	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA									
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE									
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO									
Unidad de muestra:	TRAMO 1									
Sección:	3									
Área de sección:	185									
Abscisa Inicial:	0+525									
Abscisa Final:	0+550									
Evaluated por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT									
Fecha:	7/12/2024									
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE										
		Unidad					Unidad			
1. Piel de cocodrilo		m2	11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios				m2			
2. Exudación		m2	12. Pulimento de agregados				m2			
3. Agrietamiento en bloque		m2	13. Baches/ huecos				Unidad			
4. Abultamientos y hundimientos		m	14. Cruce de vía férrea				m2			
5. Corrugación		m2	15. Ahuellamiento				m2			
6. Depresión		m2	16. Desplazamiento				m2			
7. Agrietamiento de borde		m	17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento				m2			
8. Agrietamiento por reflexión de junta		m	18. Hinchamiento				m2			
9. Desnivel de carril/berma		m	19. Meteorización/desprendimiento de agregados				m2			
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers		m								
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES										
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total			
4	Abultamiento y Hundimientos	m2	L	2.1	1.3		2.39			
10	Agrietamiento Longitudinal y/o trans	m	L	1.21			1.21			
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	m2	M	2.1	1.3		2.39			
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	m2	L	1.25	4.6		5.74			
12	Pulimento de agregados	m2	M	25	7.4		185			
19	Meteorización	m2	L	0.5	4.9		1.01			
19	Meteorización	m2	H	4.7	1		9.78			
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES										
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q			
4	Abultamiento y Hundimientos	L	2.39	1.29	4	77.5	6			
10	Agrietamiento Longitudinal y/o trans	L	0.9	0.49	1					
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	L	5.74	3.1	8					
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	M	2.39	1.29	11					
12	Pulimento de agregados	M	185	100	20					
19	Meteorización	L	1.01	0.55	2.5					
19	Meteorización	H	9.78	5.29	31					
						m	7.34			
CALCULO DE PCI										
VALORES DEDUCIDOS						CDT	Q	CDV		
1	31	20	11	8	4	2.5	76.5	6 36		
2	31	20	11	8	4	2	76	5 39		
3	31	20	11	8	2	2	74	4 41		
4	31	20	11	2	2	2	68	3 44		
5	31	20	2	2	2	2	59	2 44		
6	31	2	2	2	2	2	41	1 41		
						HDV		44		
						PCI		56		
						ESTADO		BUENO		

	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA							
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE							
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO							
Unidad de muestra:	TRAMO 1							
Sección:	4							
Área de sección:	167.5							
Abscisa Inicial:	0+775							
Abscisa Final:	0+800							
Evaluado por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT							
Fecha:	7/12/2024							
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
	Unidad							Unidad
1. Piel de cocodrilo	m2		11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios					m2
2. Exudación	m2		12. Pulimento de agregados					m2
3. Agrietamiento en bloque	m2		13. Baches/ huecos					Unidad
4. Abultamientos y hundimientos	m		14. Cruce de vía férrea					m2
5. Corrugación	m2		15. Ahuellamiento					m2
6. Depresión	m2		16. Desplazamiento					m2
7. Agrietamiento de borde	m		17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento					m2
8. Agrietamiento por reflexión de junta	m		18. Hinchamiento					m2
9. Desnivel de carril/berma	m		19. Meteorización/desprendimiento de agregados					m2
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m							
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES								
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total	
10	Agrietamiento longitudinal y/o transv	m	L	3.58			3.58	
12	Pulimento de agregados	m2	M	25	6.7		167.5	
13	Baches/huecos	1	L	1	0.6	0.03	1	
13	Baches/huecos	1	H	1.2	0.5	0.04	1	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES								
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q	
10	Agrietamiento longitudinal y/o transv	L	3.58	2.14	2			
12	Pulimento de agregados	M	167.5	100	20			
13	Baches/huecos	M	1	0.6	24			
13	Baches/huecos	H	1	0.6	43			
						m	6.23	
CALCULO DE PCI								
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV	
1	43	24	20		87	3	57	
2	43	24	2		69	2	50	
3	43	2	2		47	1	47	
						HDV	57	
						PCI	43	
						ESTADO	REGULA	

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA						
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE						
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO						
Unidad de muestra:	TRAMO 1						
Sección:	5						
Área de sección:	167.5						
Abscisa Inicial:	1+025						
Abscisa Final:	1+050						
Evaluado por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT						
Fecha:	7/12/2024						
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE							
	Unidad		Unidad				
1. Piel de cocodrilo	m2	11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios	m2				
2. Exudación	m2	12. Pulimento de agregados	m2				
3. Agrietamiento en bloque	m2	13. Baches/ huecos	Unidad				
4. Abultamientos y hundimientos	m	14. Cruce de vía férrea	m2				
5. Corrugación	m2	15. Ahuellamiento	m2				
6. Depresión	m2	16. Desplazamiento	m2				
7. Agrietamiento de borde	m	17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento	m2				
8. Agrietamiento por reflexión de junta	m	18. Hinchamiento	m2				
9. Desnivel de carril/berma	m	19. Meteorización/desprendimiento de agregados	m2				
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m						
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES							
Nº	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total
4	Abultamiento y hundimientos	m2	M	1.2	1.4		1.68
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	m2	L	21.6	6.7		107.36
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	m2	L	21.6	6.7		0.91
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	m2	L	21.6	6.7		27.95
12	Pulimento de agregados	m2	H	6.7	3.4		22.78
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES							
Nº	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q
4	Abultamiento y hundimientos	M	1.68	1	12.5	52.5	3
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	L	27.95	16.69	20		
12	Pulimento de agregados	H	22.78	13.6	20		
						m	8.35
CALCULO DE PCI							
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV
1	20	20	12.5		52.5	3	39
2	20	20	2		42	2	32
3	20	2	2		24	1	24
						HDV	39
						PCI	61
						ESTADO	BUENO

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA								
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE								
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO								
Unidad de muestra:	TRAMO 1								
Sección:	6								
Área de sección:	157.5								
Abscisa Inicial:	1+275								
Abscisa Final:	1+300								
Evaluated por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT								
Fecha:	7/12/2024								
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
	Unidad		Unidad						
1. Piel de cocodrilo	m2	11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios	m2						
2. Exudación	m2	12. Pulimento de agregados	m2						
3. Agrietamiento en bloque	m2	13. Baches/ huecos	Unidad						
4. Abultamientos y hundimientos	m	14. Cruce de vía férrea	m2						
5. Corrugación	m2	15. Ahuellamiento	m2						
6. Depresión	m2	16. Desplazamiento	m2						
7. Agrietamiento de borde	m	17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento	m2						
8. Agrietamiento por reflexión de junta	m	18. Hinchamiento	m2						
9. Desnivel de carril/berma	m	19. Meteorización/desprendimiento de agregados	m2						
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m								
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES									
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total		
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m	L	0.8			0.8		
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m	M	1.2			1.2		
12	Pulimento de agregados	m2	H	25	6.3		157.5		
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES									
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q		
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	L	0.8	0.51	1	22	1		
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	M	1.2	0.76	1				
12	Pulimento de agregados	H	157.5	100	20				
						m	8.35		
CALCULO DE PCI									
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV		
1	20				20	1	22		
						HDV	22		
						PCI	78		
						ESTADO	MUY BU		

	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA							
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE							
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO							
Unidad de muestra:	TRAMO 1							
Sección:	7							
Área de sección:	167.5							
Abscisa Inicial:	1+525							
Abscisa Final:	1+550							
Evaluated por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT							
Fecha:	7/12/2024							
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
	Unidad							Unidad
1. Piel de cocodrilo	m2		11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios					m2
2. Exudación	m2		12. Pulimento de agregados					m2
3. Agrietamiento en bloque	m2		13. Baches/ huecos					Unidad
4. Abultamientos y hundimientos	m		14. Cruce de vía férrea					m2
5. Corrugación	m2		15. Ahuellamiento					m2
6. Depresión	m2		16. Desplazamiento					m2
7. Agrietamiento de borde	m		17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento					m2
8. Agrietamiento por reflexión de junta	m		18. Hinchamiento					m2
9. Desnivel de carril/berma	m		19. Meteorización/desprendimiento de agregados					m2
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m							
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES								
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total	
10	Agrietamiento longitudinal y/o transv	m	L	4.6	4.1		18.86	
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	m2	L	6.7	7.1		47.57	
12	Pulimento de agregados	m2	M	25	6.7		167.5	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES								
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q	
10	Agrietamiento longitudinal y/o transv	L	18.86	11.26	9	56	3	
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	L	47.57	28.4	27			
12	Pulimento de agregados	M	167.5	100	20			
						m	7.7	
CALCULO DE PCI								
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV	
1	27	20	9		56	3	36	
2	27	20	2		49	2	37	
3	27	2	2		31	1	31	
						HDV	37	
						PCI	63	
						ESTADO	BUENO	

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA						
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE						
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO						
Unidad de muestra:	TRAMO 1						
Sección:	8						
Área de sección:	167.5						
Abscisa Inicial:	1+775						
Abscisa Final:	1+800						
Evaluado por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT						
Fecha:	7/12/2024						
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE							
	Unidad						Unidad
1. Piel de cocodrilo	m2	11. Parqueo/bacheo y acometidas de servicios					m2
2. Exudación	m2	12. Pulimento de agregados					m2
3. Agrietamiento en bloque	m2	13. Baches/ huecos					Unidad
4. Abultamientos y hundimientos	m	14. Cruce de vía férrea					m2
5. Corrugación	m2	15. Ahuellamiento					m2
6. Depresión	m2	16. Desplazamiento					m2
7. Agrietamiento de borde	m	17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento					m2
8. Agrietamiento por reflexión de junta	m	18. Hinchamiento					m2
9. Desnivel de carril/berma	m	19. Meteorización/desprendimiento de agregados					m2
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m						
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES							
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total
11	Parqueo/bacheo y acometidas de ser	m2	L	9.6	5.7		54.72
12	Pulimento de agregados	m2	H	15.4	6.7		103.18
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES							
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q
11	Parqueo/bacheo y acometidas de ser	L	54.72	32.67	28.5	48.5	2
12	Pulimento de agregados	H	103.18	61.6	20		
						m	7.57
CALCULO DE PCI							
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV
1	28.5	20			48.5	2	36
2	28.5	2			30.5	1	30.5
						HDV	36
						PCI	64
						ESTADO	BUENO

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA							
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE							
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO							
Unidad de muestra:	TRAMO 1							
Sección:	9							
Área de sección:	167.5							
Abscisa Inicial:	2+025							
Abscisa Final:	2+050							
Evaluated por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT							
Fecha:	7/12/2024							
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
	Unidad							Unidad
1. Piel de cocodrilo	m2		11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios					m2
2. Exudación	m2		12. Pulimento de agregados					m2
3. Agrietamiento en bloque	m2		13. Baches/ huecos					Unidad
4. Abultamientos y hundimientos	m		14. Cruce de vía férrea					m2
5. Corrugación	m2		15. Ahuellamiento					m2
6. Depresión	m2		16. Desplazamiento					m2
7. Agrietamiento de borde	m		17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento					m2
8. Agrietamiento por reflexión de junta	m		18. Hinchamiento					m2
9. Desnivel de carril/berma	m		19. Meteorización/desprendimiento de agregados					m2
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m							
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES								
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total	
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m	L	0.7			0.7	
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m	L	7.1			7.1	
12	Pulimento de agregados	m2	M	25	6.7		167.5	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES								
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q	
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	L	7.8	4.66	4	24	2	
12	Pulimento de agregados	M	167.5	100	20			
						m	8.35	
CALCULO DE PCI								
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV	
1	20	4			24	2	18	
2	20	2			22	1	22	
						HDV	22	
						PCI	78	
						ESTADO	MUY BU	

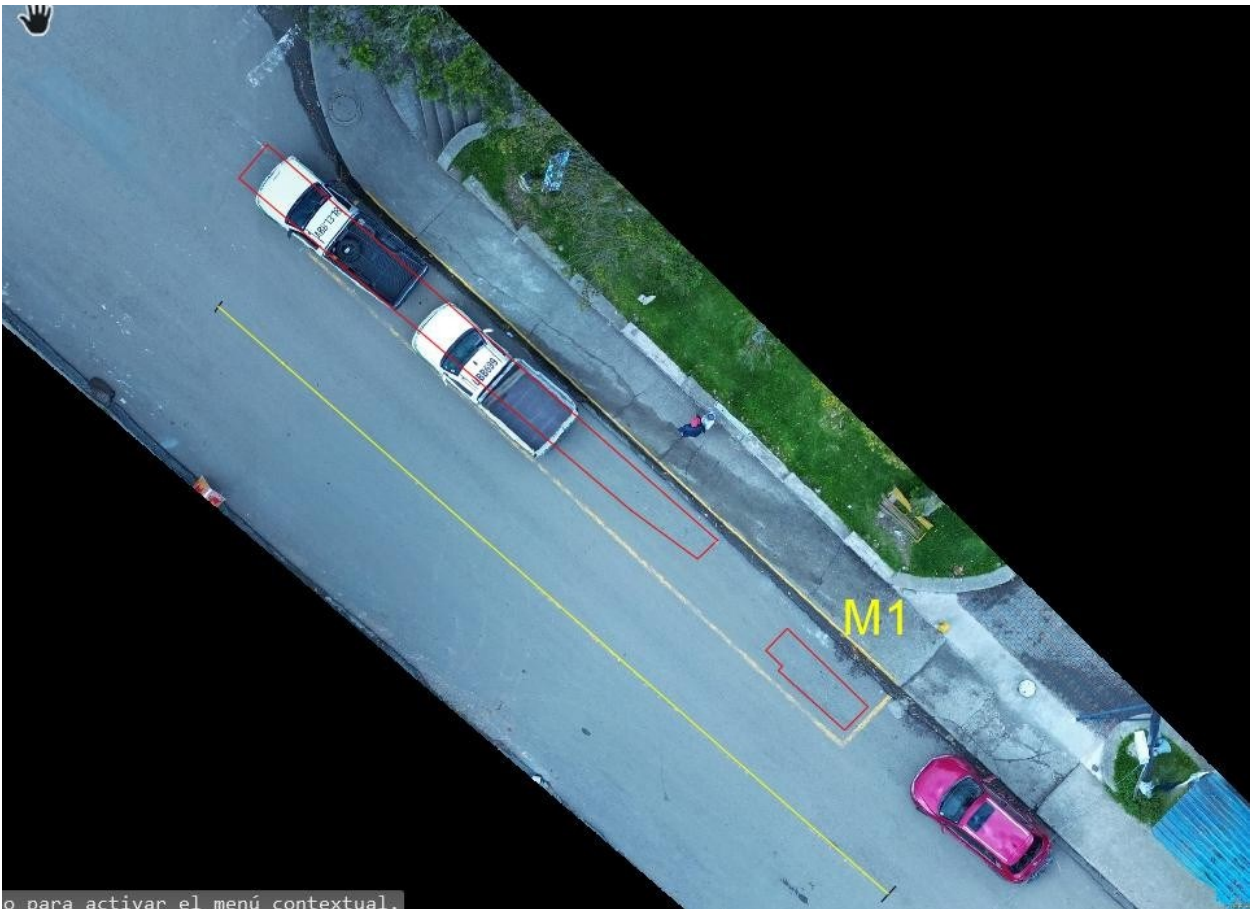
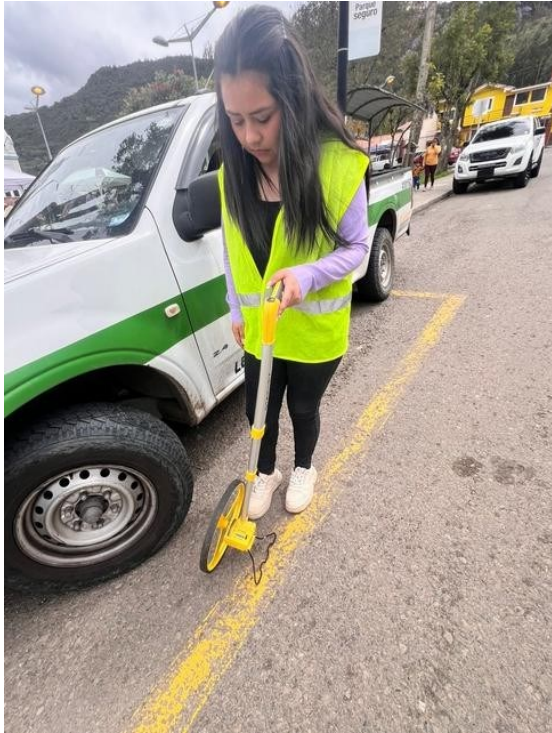
	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA						
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE						
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO						
Unidad de muestra:	TRAMO 1						
Sección:	10						
Área de sección:	167.5						
Abscisa Inicial:	2+275						
Abscisa Final:	2+300						
Evaluado por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT						
Fecha:	7/12/2024						
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE							
		Unidad					Unidad
1. Piel de cocodrilo		m2	11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios				m2
2. Exudación		m2	12. Pulimento de agregados				m2
3. Agrietamiento en bloque		m2	13. Baches/ huecos				Unidad
4. Abultamientos y hundimientos		m	14. Cruce de vía férrea				m2
5. Corrugación		m2	15. Ahuellamiento				m2
6. Depresión		m2	16. Desplazamiento				m2
7. Agrietamiento de borde		m	17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento				m2
8. Agrietamiento por reflexión de junta		m	18. Hinchamiento				m2
9. Desnivel de carril/berma		m	19. Meteorización/desprendimiento de agregados				m2
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers		m					
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES							
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	m2	L	25	6.7		167.5
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES							
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q
11	Parcheo/bacheo y acometidas de ser	L	167.5	100	34	34	1
						m	7.06
CALCULO DE PCI							
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV
1	34				34	1	34
						HDV	34
						PCI	66
						ESTADO	BUENO

[illegible]

	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA							
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE							
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO							
Unidad de muestra:	TRAMO 1							
Sección:	12							
Área de sección:	182.5							
Abscisa Inicial:	2+775							
Abscisa Final:	2+800							
Evaluated por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT							
Fecha:	7/12/2024							
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
	Unidad							Unidad
1. Piel de cocodrilo	m2		11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios					m2
2. Exudación	m2		12. Pulimento de agregados					m2
3. Agrietamiento en bloque	m2		13. Baches/ huecos					Unidad
4. Abultamientos y hundimientos	m		14. Cruce de vía férrea					m2
5. Corrugación	m2		15. Ahuellamiento					m2
6. Depresión	m2		16. Desplazamiento					m2
7. Agrietamiento de borde	m		17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento					m2
8. Agrietamiento por reflexión de junta	m		18. Hinchamiento					m2
9. Desnivel de carril/berma	m		19. Meteorización/desprendimiento de agregados					m2
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m							
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES								
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total	
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m	L	2.15			2.1	
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m	L	3.6			3.7	
12	Pulimento de agregados	m2	M	25	7.3		182.5	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES								
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q	
10	Agrietamiento longitudinal y/o transvers	L	5.8	3.18	2.5	22.5	2	
12	Pulimento de agregados	M	182.5	100	20			
						m	8.35	
CALCULO DE PCI								
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV	
1	20	2.5			22.5	2	16	
2	20	2			22	1	22	
						HDV	22	
						PCI	78	
						ESTADO	MUY BU	

	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA							
	EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)- PAVIMENTO FLEXIBLE							
Nombre de la vía:	VIA PACCHA- POLIGONO DE TIRO							
Unidad de muestra:	TRAMO 1							
Sección:	13							
Área de sección:	217.5							
Abscisa Inicial:	3+025							
Abscisa Final:	3+050							
Evaluated por:	ANAHI MEDINA & YANUA PUJUPAT							
Fecha:	7/12/2024							
TIPOS DE FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
	Unidad							Unidad
1. Piel de cocodrilo	m2		11. Parcheo/bacheo y acometidas de servicios					m2
2. Exudación	m2		12. Pulimento de agregados					m2
3. Agrietamiento en bloque	m2		13. Baches/ huecos					Unidad
4. Abultamientos y hundimientos	m		14. Cruce de vía férrea					m2
5. Corrugación	m2		15. Ahuellamiento					m2
6. Depresión	m2		16. Desplazamiento					m2
7. Agrietamiento de borde	m		17. Agrietamiento parabólico o por desplazamiento					m2
8. Agrietamiento por reflexión de junta	m		18. Hinchamiento					m2
9. Desnivel de carril/berma	m		19. Meteorización/desprendimiento de agregados					m2
10. Agrietamiento longitudinal y/o transvers	m							
LISTADO DE FALLAS EXISTENTES								
N°	Falla	Unidad	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. (m)	Total	
12	Pulimento de agregados	m2	M	25	4.35		108.75	
12	Pulimento de agregados	m2	L	25	4.35		108.75	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLA EXISTENTES								
N°	Falla	Severidad	Total	Densidad	Valor Deducido	VTD	q	
12	Pulimento de agregados	M	108.75	50	13	26	2	
12	Pulimento de agregados	L	108.75	50	13			
						m	8.99	
CALCULO DE PCI								
VALORES DEDUCIDOS						CDT	Q	CDV
1	13	13				26	2	19
2	13	2				15	1	15
						HDV	19	
						PCI	81	
						ESTADO	MUY BU	





o para activar el menú contextual.



