

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD HÁBITAT, INFRAESTRUCTURA Y CREATIVIDAD
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Evaluación del estado superficial del pavimento flexible mediante el método PCI utilizando fotogrametría con UAV y propuesta de Mantenimiento de un tramo de la vía a Ibarra en el sector de Pesillo, ubicada en la parroquia de Olmedo del Cantón Cayambe.

JHOAN SEBASTIÁN JARRIN CHARRO

TUTOR: ING. GUSTAVO YÁNEZ

QUITO DM, ENERO 2026

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a la memoria de mi abuelo, Segundo Anatolio Jarrín Arciniega, quien hoy descansa en la paz del Señor. Su legado permanece como una guía silenciosa que ha acompañado mi vida y cada etapa de este proceso académico.

A mis padres, Mauricio y Laura, quienes a lo largo de mi vida han estado siempre presentes con su apoyo incondicional y han sido el pilar fundamental de mi formación personal y académica, guiándome con su ejemplo de fe, compromiso y dedicación.

A mis hermanos, Edwin y Vanessa, quienes me han acompañado con su ejemplo de superación personal y me han motivado constantemente a crecer.

A mi primo, Ing. Fernando, por su apoyo indispensable a lo largo de mi etapa académica y por su valiosa amistad.

A mi familia, amigos y profesores con quienes he compartido esta etapa académica universitaria; su presencia y acompañamiento han sido esenciales para alcanzar esta meta profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su presencia viva y constante en cada paso que doy, por ser mi guía esencial y fuente inagotable de amor y misericordia a lo largo de toda mi vida.

Expreso mi sincero agradecimiento a mi tutor, Ing. Gustavo Yáñez, por su orientación, acompañamiento y valiosos aportes brindados durante el desarrollo del presente trabajo de integración curricular.

Agradezco también a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, a la Facultad Hábitat, Infraestructura y Creatividad, y a los docentes que la conforman, por confiar en mis capacidades desde el momento que llegue a esta prestigiosa institución, y por contribuir de manera significativa a mi formación profesional a lo largo de esta etapa académica.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I	1
1. Introducción	1
1.1 Justificación.....	2
1.2 Planteamiento del problema.	3
1.3 Objetivo general	3
1.4 Objetivos específicos.....	3
1.5 Alcance.....	4
CAPITULO II.....	5
2. Fundamentación teórica	5
2.1 Antecedentes de la investigación.	5
2.2 Estudios previos sobre evaluación de pavimentos.	6
2.3 Aplicaciones de drones y fotogrametría en ingeniería vial.	7
2.4 Pavimentos flexibles.	7
2.4.1 Estructura y componentes del pavimento flexible.	8
2.1 Método Pavement Condition Index (PCI).....	9
2.2 Tipos de deterioro superficial.....	12
2.2.1 Piel de cocodrilo	12
2.2.2 Exudación	13
2.2.3 Pulimento de agregados	13
2.2.4 Parcheo.....	14
2.2.5 Fisuras longitudinales	14
2.2.6 Fisuras transversales	15
2.2.7 Falla de borde.....	15
2.1 Vehículos Aéreos No Tripulados (UAV).....	16
2.1.1 Parámetros técnicos	17
2.1.2 altura de vuelo.....	17
2.1.3 Distancia de muestreo del suelo (GSD)	18
2.2 Fotogrametría aplicada a la evaluación vial.....	19
2.2.1 Principios de la fotogrametría en evaluación vial.....	19
2.2.1 Solapamiento de imágenes.....	19
2.2.2 Ortofotos y ortomosaicos	19
2.3 Software de procesamiento fotogramétrico Pix4D.	20

2.4	Mantenimiento vial.	21
2.4.1	Mantenimiento rutinario	22
2.4.2	Mantenimiento preventivo	22
2.4.3	Mantenimiento correctivo.....	22
CAPITULO III.....		24
3.	Metodología de la investigación	24
3.1	Tipo y enfoque de la investigación.	24
3.2	Localización del área de estudio.	25
3.3	Descripción del tramo vial.	27
3.4	Equipos y materiales utilizados.....	28
3.4.1	Equipos de seguridad y prevención de accidentes.....	28
3.4.2	UAV tipo dron para el levantamiento de información.....	28
3.4.3	Software de procesamiento Fotogramétrico	28
3.5	Procedimiento metodológico.....	29
3.5.1	Planificación de vuelo.....	29
3.5.2	Levantamiento con dron	30
3.5.3	Procesamiento de datos.....	31
3.5.4	Identificación y clasificación de deterioros.	33
3.6	Cálculo del PCI.	34
3.6.1	Delimitación de tramos de estudio.....	34
3.6.2	Cálculo de la muestra de estudio	35
3.6.3	Determinación de Densidad de Falla	35
3.6.4	Cálculo de Valor Deducido (VD)	35
3.6.5	Número máximo admisible de valores deducidos (m)D.....	39
3.6.6	Valor deducido corregido (CDV)	40
3.6.7	Valor por Tramo de PCI	41
CAPITULO IV.....		42
4.	Análisis de resultados	42
4.1	Cálculos previos al PCI.....	42
4.2	Ubicación de datos en software de estudio	42
4.3	Clasificación, medición y ubicación de Fallas de tipo Área	43
4.4	Clasificación, medición y ubicación de Fallas de tipo Lineal.....	45
4.5	Programación de cálculo PCI.....	57
4.1	Representación gráfica de resultados del PCI.....	77
4.2	Análisis de resultados e interpretación del estado del pavimento.....	83

4.3	Elaboración de la propuesta de mantenimiento.....	85
CAPITULO V.....		87
5.	Conclusiones y recomendaciones	87
5.1	Conclusiones.	87
5.2	Recomendaciones.....	88
6.	Bibliografía	90
7.	Anexos	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Ubicación de la vía en coordenadas UTM.....	25
Tabla 3.2 Longitud mínima de tramo de análisis según ancho de vía	34
Tabla 4.1 Identificación de Fallas de área por tramo	43
Tabla 4.2 Identificación de fallas lineales por tramo	45
Tabla 4.3 Resumen de fallas con severidad por cada tramo	77
Tabla 4.4 Resumen de fallas con severidad del tramo total.....	81
Tabla 4.5 Escala de colores del tramo total y propuesta de mantenimiento.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Estructura del pavimento asfáltico	8
Figura 2.2 Escala de calificación del Índice de Condición del Pavimento (PCI).....	10
Figura 2.3 Procedimiento estándar para inspección del PCI	11
Figura 2.4 Ejemplo de piel de cocodrilo de mediana severidad	12
Figura 2.5 Ejemplo de exudación de severidad baja	13
Figura 2.6 Ejemplo de pulimento de agregados	13
Figura 2.7 Ejemplo de parcheo de baja severidad	14
Figura 2.8 Ejemplo de fisura transversal de mediana severidad.....	14
Figura 2.9 Ejemplo de falla longitudinal y transversal de alta severidad	15
Figura 2.10 Ejemplo de falla de borde de mediana severidad	15
Figura 2.11 Ejemplo de UAVs para levantamiento de información.....	16
Figura 2.12 Representación de altura de vuelo.....	18
Figura 2.13 Logotipo de software - Pix4D	20
Figura 2.14 Ejemplo de mapeo con Pix4D	21
Figura 2.15 Mantenimiento de pavimento flexible.....	22
Figura 3.1 Esquema metodológico del estudio	24
Figura 3.2 Contexto Regional del área de estudio	27
Figura 3.3 DJI Mavic Air 2.....	28
Figura 3.4 Ejemplo de procesamiento en Pix4D	29
Figura 3.5 Pronóstico del Tiempo para planificación de vuelo	30
Figura 3.6 Planificación de ruta de vuelo	30
Figura 3.7 Imágenes georreferenciadas capturadas con dron	31
Figura 3.8 Carga de imágenes georreferenciadas en DroneDeploy.....	32
Figura 3.9 Comprobación de calidad de imagen en Pix4D	32
Figura 3.10 Evaluación de fallas en ArcMap	33
Figura 3.11 Curvas de valor deducido para falla piel de cocodrilo	36
Figura 3.12 Curvas de valor deducido para falla por exudación	37
Figura 3.13 Curvas de valor deducido para falla de borde	37
Figura 3.14 Curvas de valor deducido para falla de parcheo.....	38
Figura 3.15 Curvas de valor deducido para falla longitudinal y transversal	38
Figura 3.16 Curvas de valor deducido para falla por pulimento	39
Figura 3.17 Ajuste del número de valores deducidos	40

Figura 3.18 Curva de valores deducidos corregidos CDV	41
Figura 4.1 Esquema de Tramos viales	42
Figura 4.2 Ortofoto con reconocimiento de fallas, secciones y eje vial	42
Figura 4.3 Escala de calificación de colores utilizado en el PCI.....	76
Figura 4.4 Cantidades de fallas según su severidad del tramo total	81
Figura 4.5 Cantidad de Fallas en porcentaje en todo el tramo total.....	82
Figura 4.6 Resumen de valores de PCI en todo el tramo total.....	82
Figura 4.7 Resumen de severidad del tramo total.....	83
Figura 4.8 Resumen de recomendación de mantenimiento	85
Figura 4.9 Ejemplo de Fresado en vía	86

RESUMEN

La vía a Ibarra, ubicada en la parroquia Olmedo, Cantón Cayambe, es una arteria clave para el transporte de carga pesada, agrícola y de pasajeros. El deterioro del pavimento flexible en un tramo de 1 km delimitado de la vía ha generado incertidumbre sobre su estado funcional, tanto para los usuarios como para la seguridad vial. La presente investigación tiene como objetivo evaluar el estado superficial del pavimento utilizando el Índice de Condición de Pavimento, conforme a la normativa ASTM D6433-24, apoyada en la fotogrametría con drones para obtener imágenes de alta resolución que faciliten la inspección detallada y el análisis de las fallas en la capa de rodadura. El estudio es de tipo cuantitativo y cualitativo con un enfoque descriptivo y explicativo y permite clasificar los tipos de deterioro y determinar su severidad. Se concluyó que el pavimento en el tramo total evaluado se encuentra en un estado “bueno”, con tendencia a “regular”, con un valor promedio de PCI de 59. Las fallas predominantes son fisuras transversales y longitudinales de severidad baja y media, varias de las cuales han sido intervenidas previamente, pero presentan nuevas fallas y desprendimientos. Todo esto se considera de carácter normal, dado la ubicación geográfica de la vía, sus factores ambientales y el contexto, lo que evidencia, según los resultados y el criterio del evaluador, la necesidad de implementar mantenimiento correctivo. El estudio resalta la utilidad de las herramientas tecnológicas en la gestión moderna de la infraestructura vial, destacando la fotogrametría UAV como una herramienta precisa y eficiente para la evaluación de pavimentos.

Palabras clave: Pavimento, Evaluación Vial, Índice de Condición de Pavimento (PCI), Fotogrametría UAV, Fallas de Pavimento, Mantenimiento Vial.

ABSTRACT

Road to Ibarra, located in the Olmedo parish, Cayambe Canton, is a key route for the transportation of heavy cargo, agricultural goods, and passengers. The deterioration of the flexible pavement in a 1 km section of the road has raised uncertainty about its functional condition, both for users and road safety. This research aims to assess the surface condition of the pavement using the Pavement Condition Index (PCI), in accordance with ASTM D6433-24, supported by UAV photogrammetry to obtain high-resolution images that facilitate detailed inspection and analysis of the surface distress. The study is quantitative and qualitative, with a descriptive and explanatory approach, which allows for the classification of types of deterioration and the determination of their severity. It was concluded that the pavement in the evaluated section is in a "good" condition, trending towards "fair," with an average PCI value of 59. The predominant distresses are transverse and longitudinal cracks of low and medium severity, several of which have been previously repaired but show new cracks and detachment. All of this is considered normal, given the road's geographic location, its environmental factors, and the context, which, according to the results and the evaluator's judgment, highlights the need for corrective maintenance. The study underscores the usefulness of technological tools in the modern management of road infrastructure, highlighting UAV photogrammetry as a precise and efficient tool for pavement evaluation.

Keywords: Pavement, Road Assessment, Pavement Condition Index (PCI), UAV Photogrammetry, Pavement Distress, Road Maintenance

CAPITULO I

1. Introducción

La vía a Ibarra, que atraviesa el sector de Pesillo en la parroquia de Olmedo del Cantón Cayambe, es una de las rutas principales más transitadas de la parte rural que conecta con la provincia de Imbabura, utilizada por los moradores de la zona, transeúntes, turistas y transportistas de carga pesada, ganadera, de alimentos y productos agrícolas que se dirigen hacia la zona sur de la ciudad de Ibarra y viceversa. Esta vía es de gran utilidad para la conexión entre comunidades rurales y urbanas para la economía local y regional, por este motivo el mantenimiento adecuado de la infraestructura vial es fundamental para garantizar el desarrollo productivo, la seguridad operativa del pavimento para el transporte y la durabilidad del mismo. Una de las herramientas más utilizadas en la evaluación del estado superficial del pavimento es el Cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI, por sus siglas en inglés *Pavement Condition Index*), el cual comúnmente se lo ha realizado mediante inspección visual y medición en campo, sin embargo, este proceso presenta ciertas limitaciones relacionadas a la disponibilidad de información detallada y a la interpretación del evaluador.

Con el avance tecnológico, se han desarrollado herramientas que permiten complementar este tipo de estudios mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV, por sus siglas en inglés *Unmanned Aerial Vehicle*), así como programas para el procesamiento de imágenes georreferenciadas. Estas tecnologías posibilitan mayor facilidad en la disposición de información y evaluación más detallada del estado del pavimento a través de técnicas de fotogrametría. Mediante la captura de imágenes de alta resolución, y con el uso del software especializado en procesamiento de ortofotos y modelado digital se realiza la generación de ortomosaicos y mapas detallados de la vía, con los que es posible obtener dimensiones de longitud y área necesarias dentro del cálculo del PCI superficial, contribuyendo a la obtención de resultados consistentes y confiables. Este procedimiento busca evaluar el estado superficial del pavimento de la vía a Ibarra mediante el método PCI, utilizando fotogrametría con drones y a su vez con esta metodología, analizar la aplicabilidad de la fotogrametría como apoyo al proceso de evaluación tradicional.

El estudio tiene como propósito proponer un plan de mantenimiento vial basado en los resultados obtenidos a partir del cálculo del PCI, con los datos de las dimensiones de la ortofoto generada en el tramo de análisis. La metodología empleada incluirá la captura de imágenes

aéreas con dron, el procesamiento de las imágenes para generar un ortomosaico detallado y la posterior evaluación del estado del pavimento. Esta investigación busca contribuir al conocimiento sobre el uso de UAVs en la gestión vial y demostrar su aplicabilidad como herramienta tecnológica de apoyo en los procesos de evaluación superficial para mantenimiento de pavimentos, destacando el uso del mismo en la ciudad de Cayambe.

1.1 Justificación.

La vía a Ibarra está categorizada como una vía rural secundaria esencial para la conectividad y desarrollo de comunidades rurales y urbanas, facilitando el transporte de productos, animales, alimentos, bienes y personas hacia la provincia de Imbabura, esta cumple un papel importante dentro del sector social y productivo, por lo que resulta fundamental garantizar condiciones adecuadas de seguridad y funcionalidad vial, mismas que se pueden identificar a través de estudios de condición de pavimento. Debido al uso continuo de esta carretera con vehículos de carga pesada y a las condiciones climáticas de la zona, el pavimento del tramo en estudio presenta signos de deterioro que hacen necesaria una evaluación técnica periódica de su estado superficial.

El PCI es una herramienta normada ampliamente utilizada en la ingeniería vial para evaluar el estado superficial de los pavimentos, los métodos de inspección visual y medición en campo pueden presentar limitaciones relacionadas al nivel de detalle de la información obtenida por subjetividad del evaluador, en este contexto, la incorporación de UAVs mediante técnicas de fotogrametría permite obtener imágenes de alta resolución, generar ortomosaicos y disponer de fácil acceso a la información de manera más detallada y medible para el análisis del estado del pavimento, el procesamiento de estos datos a través de software especializado fortalece la precisión del diagnóstico técnico.

En este sentido, la presente investigación justifica la necesidad de evaluar el estado superficial del pavimento del tramo de la vía a Ibarra en el sector de Pesillo, aplicando el método PCI apoyado en la fotogrametría con drones, como base para la elaboración de una propuesta de mantenimiento vial acorde al resultado del mismo y que con los resultados obtenidos permitirán sustentar técnicamente acciones de conservación o rehabilitación del pavimento y evidenciar la utilidad de las herramientas tecnológicas como apoyo a la gestión moderna de la infraestructura vial.

1.2 Planteamiento del problema.

El deterioro del pavimento en el tramo de la vía a Ibarra, ha generado diversas fallas superficiales que afectan tanto la seguridad vial como la funcionalidad de la misma. La evaluación del pavimento en este tramo resulta fundamental para planificar acciones de mantenimiento adecuadas, los métodos comúnmente utilizados para estos fines se basan en mediciones manuales no confiables por la complejidad de la misma y al ser una vía de segundo orden de alto tránsito liviano y pesado puede presentar limitaciones asociadas al acceso a la vía, la medición y la subjetividad del evaluador por la dificultad de esquematizar con coordenadas geográficas y registrar información detallada del deterioro existente. Ante esta situación, el uso de tecnologías como los drones equipados con cámaras de alta resolución y que registran imágenes con georreferenciación se plantea como una alternativa técnica para apoyar el proceso de evaluación del pavimento.

Mediante técnicas de fotogrametría, los UAVs capturan imágenes que son procesadas para generar ortomosaicos, mapas y modelos, los cuales permiten mediante software especializado identificar, medir y clasificar las fallas superficiales del pavimento de manera sistemática, contribuyendo a una evaluación más objetiva del estado de la vía. En base a este contexto, la aplicación del método PCI apoyado en fotogrametría con drones se plantea como una alternativa para analizar el estado superficial del pavimento en el tramo de la vía a Ibarra, mismo que con los resultados obtenidos, se podrán identificar las secciones con mayor nivel de deterioro y establecer criterios técnicos para la elaboración de una propuesta de mantenimiento vial, enfocada a mejorar la gestión y conservación de la superestructura vial del sector.

1.3 Objetivo general

Determinar el estado superficial del pavimento flexible mediante la utilización del método *Pavement Condition Index* (PCI) apoyado en la fotogrametría con drones (UAV), como base para la propuesta de un plan de mantenimiento vial acorde al estado del pavimento, aplicado al tramo de la vía a Ibarra, en el sector Pesillo, parroquia Olmedo del cantón Cayambe.

1.4 Objetivos específicos.

- Levantar información de campo mediante vuelos con dron (UAV) para obtener una ortofoto de alta resolución del tramo de la vía en estudio.

- Determinar el índice de condición del pavimento (PCI) a partir de los resultados obtenidos del análisis, que reflejen el estado actual de la vía.
- Proponer un plan de mantenimiento vial basado en los resultados del PCI, priorizando la optimización de recursos y la mejora de la infraestructura vial del sector de Pesillo

1.5 Alcance.

El presente trabajo de integración curricular se desarrolla en un tramo de la vía a Ibarra ubicado en el sector Pesillo, parroquia Olmedo del cantón Cayambe, en la provincia de Pichincha y esta orientado a la evaluación del estado superficial de un pavimento flexible mediante la aplicación del método PCI conforme a la norma ASTM D6433, apoyado en el levantamiento fotogramétrico con (UAV) o dron. El estudio contempla la planificación y ejecución de vuelos, la captura de imágenes georreferenciadas, el procesamiento fotogramétrico para la generación de ortomosaicos de alta resolución y productos complementarios derivados del procesamiento fotogramétrico, y la delimitación de unidades de muestreo para la identificación, clasificación y cuantificación de deterioros visibles en la superficie vial, con base en las mediciones obtenidas en un software especializado, se calculará el PCI por unidades y se elaborará la interpretación del estado del pavimento a lo largo del tramo evaluado, incorporando mapas y registros gráficos que faciliten la comprensión espacial de los resultados.

A partir del diagnóstico, se desarrollará una propuesta de mantenimiento a nivel técnico–conceptual, fundamentada en los valores PCI y en los tipos de fallas identificadas, orientada a priorizar intervenciones de conservación y corrección superficial de acuerdo con el nivel de severidad de fallas y extensión del deterioro observado. La propuesta se presentará como una guía de acciones recomendadas, sin constituir un diseño definitivo de obra, el trabajo no incluye el análisis estructural del pavimento, ensayos de laboratorio de materiales, evaluación de capacidad portante, modelación de tránsito, diseño de espesores, ni la ejecución física de las intervenciones recomendadas, tampoco contempla la elaboración de presupuestos, cronogramas de obra ni evaluación económica, el alcance se limita al diagnóstico superficial, procesamiento de información, cálculo del PCI y planteamiento de alternativas de mantenimiento basadas en el estado observado.

CAPITULO II

2. Fundamentación teórica

2.1 Antecedentes de la investigación.

De acuerdo a los estándares de la FHWA (2025), la evaluación del estado superficial del pavimento es una actividad fundamental dentro de la gestión vial, ya que permite identificar los deterioros visibles que afectan el desempeño en el funcionamiento de las vías y orienta de manera técnica las acciones de conservación y mantenimiento, el método PCI se ha consolidado como una herramienta normalizada y ampliamente utilizada para la calificación del estado superficial de pavimentos, ya que se basa en la identificación, cuantificación y jerarquización de severidad de las fallas presentes en la capa de rodadura, conforme a criterios establecidos.

En el ámbito nacional, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador ha incorporado metodologías de evaluación superficial dentro de sus guías técnicas para el diagnóstico del estado de los pavimentos, especialmente en vías rurales y secundarias. Estas metodologías permiten disponer de información objetiva sobre el nivel de deterioro superficial, facilitar la priorización de intervenciones y apoyar la planificación de actividades de mantenimiento vial, sin requerir inicialmente estudios estructurales complejos (MTOP, 2022). De manera similar, a nivel internacional, los sistemas de gestión de pavimentos reconocen al PCI como un indicador clave para el seguimiento del comportamiento superficial de las vías (AASHTO, 2012).

Paralelamente, el desarrollo de tecnologías geoespaciales ha impulsado la incorporación de UAVs en los procesos de evaluación vial. Estudios recientes señalan que la fotogrametría basada en UAV permite obtener información georreferenciada de alta resolución, facilitando la identificación visual de deterioros superficiales, el registro gráfico del pavimento y el análisis espacial de las fallas. Estas herramientas han sido aplicadas como apoyo técnico a metodologías tradicionales de evaluación, mejorando el levantamiento y la sistematización de información superficial del pavimento (Colomina & Molina, 2014).

Asimismo, diversos estudios en el ámbito de la ingeniería vial señalan que el uso de indicadores de condición superficial, como el PCI, resulta especialmente útil en etapas iniciales de diagnóstico, cuando se requiere una evaluación rápida y objetiva del estado funcional del

pavimento, ya que este tipo de indicadores permiten estandarizar la información recolectada en campo y facilitar su integración dentro de los sistemas de gestión de pavimentos, optimizando la asignación de recursos y la toma de decisiones a nivel de planificación y mantenimiento, por lo que la recopilación sistemática de datos de este estudio constituye un insumo clave para establecer estrategias de conservación preventiva y correctiva, especialmente en redes viales extensas donde los recursos y personal técnicos son limitados (Transportation Research Board, 2018).

2.2 Estudios previos sobre evaluación de pavimentos.

La evaluación del estado superficial del pavimento ha sido reconocida en diversos estudios como una herramienta fundamental para el diagnóstico del desempeño funcional de las vías, ya que la identificación y cuantificación de los deterioros visibles permiten determinar el nivel de servicio del pavimento y respaldar de manera técnica las decisiones relacionadas con su conservación, el PCI ha sido ampliamente aplicado en pavimentos flexibles debido a su carácter estandarizado y a su capacidad para representar de forma objetiva y ordenada la condición superficial de la capa de rodadura (World Road Association [PIARC], 2019).

Este método ha sido adoptado en varios países, en estudios desarrollados en vías urbanas y rurales incluido también el Ecuador, tanto del gobierno central, en municipios y prefecturas, tanto en vías de primer como segundo orden, siendo el uso del PCI un método que ha permitido clasificar el estado del pavimento con una evaluación sistemática de fallas superficiales, considerando el tipo de falla, tres niveles de severidad, y la extensión de estas en cada tramo de estudio. El método facilita la comparación entre muestras de tramos viales y constituye una base técnica confiable para el seguimiento del deterioro superficial a lo largo del tiempo, sin requerir inicialmente análisis estructurales complejos (MTOP, 2022).

A nivel internacional también, países desarrollados y en vía de desarrollo, los departamentos de gestión de pavimentos han incorporado índices de condición superficial como el PCI para apoyar la planificación del mantenimiento vial, manuales técnicos reconocen que este tipo de evaluación proporciona información consistente y repetible sobre el estado del pavimento, lo que resulta fundamental para la gestión y mantenimiento eficiente de redes viales, especialmente en tramos con presencia de tráfico que origina los distintos tipos de falla (AASHTO, 2012).

2.3 Aplicaciones de drones y fotogrametría en ingeniería vial.

El desarrollo de tecnologías geoespaciales ha permitido la incorporación de UAVs como herramientas de apoyo en diversas áreas de la ingeniería civil, particularmente en el levantamiento y análisis de infraestructura vial. La fotogrametría basada en UAV se fundamenta en la captura de imágenes aéreas de alta resolución, las cuales, mediante procesos de restitución fotogramétrica, permiten generar productos como ortomosaicos y modelos tridimensionales con precisión métrica, adecuados para el análisis superficial de carreteras y pavimentos (Wolf & Dewitt, 2021).

En el ámbito de la evaluación vial, diversos estudios han señalado que el uso de UAV facilita el registro gráfico detallado del estado superficial del pavimento, permitiendo identificar fisuras, parches, deformaciones y otros deterioros visibles desde una perspectiva aérea. Estas aplicaciones resultan especialmente útiles en tramos rurales o extensos, donde el acceso directo puede ser limitado, y contribuyen a una mejor documentación y sistematización de la información levantada en campo (Colomina & Molina, 2014)

Diversos lineamientos técnicos y experiencias recientes coinciden en que la incorporación de la fotogrametría mediante UAV en los procesos de evaluación superficial de pavimentos no tiene como objetivo sustituir las metodologías tradicionales de inspección visual, sino fortalecerlas y complementarlas, la información generada a partir de imágenes aéreas de alta resolución permite disponer de una base visual georreferenciada que facilita la identificación de deterioros superficiales, el registro sistemático de fallas y la verificación espacial de su distribución a lo largo del tramo evaluado, contribuyendo así a mejorar la consistencia del levantamiento de información en campo y a reducir la subjetividad asociada a las inspecciones convencionales. La integración de datos fotogramétricos con metodologías normalizadas, como el PCI, permiten optimizar el diagnóstico del estado superficial del pavimento y reforzar la confiabilidad de los resultados obtenidos, consolidando al uso de drones como un apoyo técnico válido y eficiente dentro de los sistemas modernos de gestión vial (Austroroads, 2019).

2.4 Pavimentos flexibles.

Los pavimentos flexibles son estructuras viales compuestas por mezclas asfálticas y materiales granulares, cuya función principal es distribuir gradualmente las cargas del tránsito hacia la subrasante, se caracteriza por su capacidad de deformarse de manera elástica bajo la acción de cargas repetidas, adaptándose a los asentamientos del terreno sin presentar fallas inmediatas.

El comportamiento y desempeño de los pavimentos flexibles dependen tanto de las propiedades mecánicas de los materiales que conforman sus capas como de la capacidad de soporte del suelo donde está fundado, siendo su condición superficial un indicador clave de su estado funcional y nivel de servicio (Asphalt Institute, 2018).

El pavimento flexible constituye una de las soluciones más utilizadas en la infraestructura vial debido a su capacidad para adaptarse a las solicitaciones de carga del tránsito mediante un sistema estructural conformado por capas que trabajan principalmente por fricción y cohesión interna, este tipo de pavimento presenta un comportamiento dependiente de la interacción entre la capa de rodadura, las capas granulares y la subrasante, lo que hace que su desempeño esté condicionado tanto por la calidad de los materiales empleados como por el nivel de soporte del terreno natural. Según Huang et al. (2024), los pavimentos flexibles se caracterizan por experimentar deformaciones elásticas bajo cargas repetidas, manifestándose en la superficie a través de deterioros visibles como fisuras, baches, deformaciones y desgaste, los cuales reflejan el estado funcional del pavimento, la condición superficial de la capa de rodadura adquiere especial relevancia, ya que sobre ella se evidencian los daños que influyen directamente en la seguridad vial, el confort del usuario y la eficiencia del servicio.

2.4.1 Estructura y componentes del pavimento flexible.

La estructura del pavimento flexible está conformada por un sistema de capas superpuestas cuya función principal es distribuir las cargas vehiculares hacia la subrasante de manera progresiva. De forma general, este tipo de pavimento se compone por una capa de rodadura asfáltica, una base granular, una subbase, cuando el diseño lo requiera y la subrasante o línea cero, que es el elemento de soporte final del sistema. Según Huang. (2004), el comportamiento estructural del pavimento flexible depende de la interacción entre estas capas y de la capacidad de cada una para resistir y transmitir esfuerzos sin generar deformaciones excesivas.

Figura 2.1 Estructura del pavimento asfáltico



Fuente: (Giordani y Leone, 2024)

La capa de rodadura constituye el elemento superficial del pavimento y cumple funciones fundamentales relacionadas con la resistencia al desgaste, la impermeabilidad y la seguridad vial, al proporcionar una superficie adecuada de adherencia para el tránsito, por debajo de esta capa se ubican las capas granulares, cuya función es distribuir las cargas y reducir las tensiones que llegan a la subrasante, además de contribuir al drenaje y a la estabilidad del pavimento, cuando alguno de estos componentes presenta deficiencias constructivas, envejecimiento del material, fallas por desgaste o efectos asociados al peso vehicular y al clima, comienzan a manifestarse deterioros visibles en la superficie del pavimento (Huang Y. H., 2004).

Desde el punto de vista de la evaluación funcional, el análisis del pavimento flexible se centra principalmente en la condición superficial de la capa de rodadura, ya que es en ella donde se evidencian los daños que afectan el desempeño de la vía, estos deterioros constituyen indicadores directos del estado del pavimento y son la base para la aplicación de metodologías de evaluación como el PCI, fundamentando en la observación, medición y registro de fallas visibles en la capa de rodadura.

2.1 Método Pavement Condition Index (PCI).

El PCI es un método desarrollado específicamente para la evaluación del estado superficial de pavimentos, basado en la identificación directa de deterioros visibles en la superficie de rodadura, su aplicación se fundamenta en la observación sistemática de fallas típicas, las cuales son clasificadas según su tipo, severidad y cantidad, permitiendo representar el estado funcional del pavimento mediante un valor numérico único que va en una escala del 1 al 100, la confianza del PCI radica en que vincula de forma directa la condición observable del pavimento con su desempeño funcional, sin recurrir a estudios estructurales ni modelos analíticos complejos, de acuerdo con los manuales técnicos del U.S. Army Corps of Engineers. (2001) , el PCI fue concebido como una herramienta práctica y reproducible, orientada a estandarizar la evaluación superficial y reducir la subjetividad del evaluador, lo que ha permitido su adopción en carreteras, aeropuertos y áreas pavimentadas a nivel internacional. Para el cálculo del PCI, la normativa sugiere el uso de un modelo de escalas de colores como un recurso visual que facilita la interpretación de los resultados, a pesar de esto, más allá del apoyo visual que es solo una recomendación, el elemento fundamental del método es el valor numérico del PCI, ya que es este indicador el que clasifica la vía dentro de categorías como excelente, buena, regular o mala, y constituye la base técnica para la toma de decisiones relacionadas con el mantenimiento del pavimento.

Figura 2.2 Escala de calificación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)



Fuente: (ASTM D6433, 2024)

El procedimiento para el cálculo del PCI se basa en una evaluación visual estructurada del estado superficial del pavimento, iniciando con la delimitación del tramo vial de estudio y su división en unidades de muestreo representativas, estas unidades constituyen áreas homogéneas de la superficie que permiten organizar la inspección de manera sistemática y asegurar una cobertura uniforme del tramo evaluado. En cada unidad se identifican los deterioros superficiales presentes, los cuales corresponden a fallas características del pavimento y deben ser reconocidos conforme a una clasificación previamente definida, mediante esto se garantiza que la información recopilada sea comparable entre diferentes unidades y tramos viales, proporcionando una base objetiva para la evaluación de la condición superficial del pavimento dentro del marco del método (Transportation Research Board, 2018).

Acorde a la ASTM D 6433. (2024), el registro del PCI se lleva a cabo en un formato que se lleva a campo a partir de una inspección visual sistemática de una unidad de muestreo previamente definida, comenzando con el registro de los datos generales del tramo evaluado, como nombre de la vía, sección, área de la unidad, fecha y responsable de la inspección, seguidamente, durante el recorrido del tramo de estudio, se identifican los tipos de fallas superficiales presentes utilizando el listado de deterioros como referencia, y cada falla observada se registra en la columna correspondiente. Para cada tipo de deterioro se anota su

condición superficial del pavimento, constituyendo una herramienta para un criterio técnico fundamental para el diagnóstico y la definición de estrategias de mantenimiento vial.

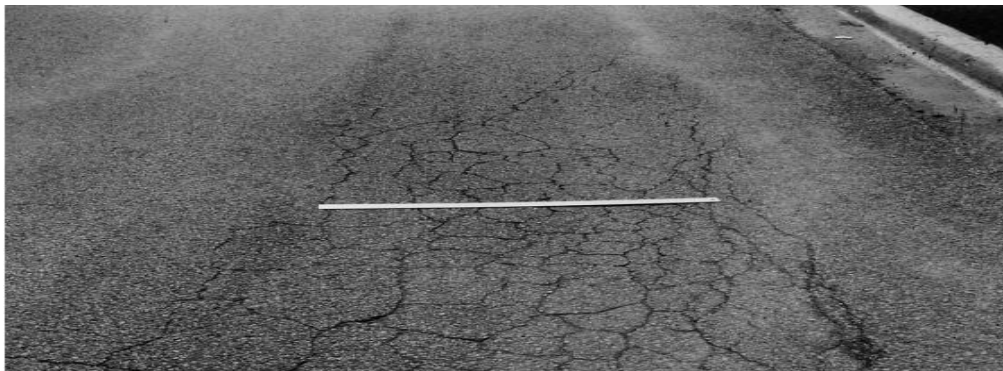
2.2 Tipos de deterioro superficial.

El deterioro superficial del pavimento se presenta de forma visible como uno o varios daños y se manifiesta en la capa de rodadura del pavimento flexible afectando su condición funcional, estas fallas se identifican mediante inspección visual y son la base para la aplicación del método PCI, el cual clasifica el estado del pavimento a partir del tipo de falla, severidad y extensión del deterioro observado. Los tipos de fallas que se pueden encontrar acorde a la ASTM D 6433. (2024), son grietas por fatiga o piel de cocodrilo, exudación o sangrado, fisuración en bloques, abultamientos y hundimientos, corrugaciones, depresiones, fisuras en borde, fisuración reflejada de juntas de pavimento rígido, desnivel carril-berma, fisuras longitudinales y transversales, parcheo y cortes utilitarios, pulimento de agregados, baches, cruces ferroviarios, ahuellamiento, empujes o desplazamientos, fisuración por deslizamiento, hinchamiento, desprendimiento de agregados y desgaste superficial. A continuación, se describen los tipos de falla más comunes del área de análisis estudiada.

2.2.1 Piel de cocodrilo

La piel de cocodrilo es un tipo de agrietamiento caracterizado por una red de fisuras interconectadas que forman polígonos de tamaño reducido, semejantes a la piel del reptil, esta falla se presenta generalmente en zonas sometidas a esfuerzos repetitivos y se identifica visualmente por la fragmentación de la superficie asfáltica. En el método PCI, la piel de cocodrilo se clasifica como una falla medida en área y su severidad se determina en función del grado de apertura de las fisuras y del desprendimiento del material superficial (ASTM D6433, 2024).

Figura 2.4 Ejemplo de piel de cocodrilo de mediana severidad



Fuente: (ASTM D6433, 2024)

2.2.2 Exudación

La exudación corresponde a la presencia de material asfáltico en la superficie del pavimento, producto del ascenso del ligante debido a altas temperaturas o a un exceso de asfalto en la mezcla. Visualmente, esta falla se identifica por la apariencia brillante y oscura de la superficie, lo que puede afectar las condiciones de adherencia del pavimento. En el PCI, la exudación se considera una falla superficial medida en área y su severidad se evalúa según la extensión y el nivel de afectación observable (ASTM D6433, 2024).

Figura 2.5 Ejemplo de exudación de severidad baja



Fuente: (ASTM D6433, 2024)

2.2.3 Pulimento de agregados

El pulimento de agregados es una falla superficial que se manifiesta por el desgaste progresivo de la textura del pavimento, causado por el tránsito vehicular. Esta condición se reconoce visualmente por una superficie lisa y brillante, especialmente en las huellas de rodadura. Aunque no implica pérdida de material, el pulimento reduce la resistencia al deslizamiento y es considerado en el PCI como una falla medida en área, cuya severidad se establece según el grado de alisamiento observado (ASTM D6433, 2024).

Figura 2.6 Ejemplo de pulimento de agregados



Fuente: (ASTM D6433, 2024)

2.2.4 Parcheo

El parcheo corresponde a áreas del pavimento que han sido intervenidas previamente para corregir fallas específicamente de baches. Visualmente se identifican por diferencias de color, textura o nivel respecto al pavimento original. En el método PCI, los parches se consideran fallas superficiales medidas en área cuando presentan deterioro propio o afectan la regularidad de la superficie. La severidad del parcheo se determina según su estado de conservación y su interacción con el pavimento circundante (ASTM D6433, 2024).

Figura 2.7 Ejemplo de parcheo de baja severidad



Fuente: (ASTM D6433, 2024)

2.2.5 Fisuras longitudinales

Las fisuras longitudinales son grietas que se desarrollan de forma paralela al eje de la vía y se observan comúnmente en las huellas de rodadura o cerca de las juntas de construcción. Estas fisuras se identifican visualmente como líneas continuas o discontinuas y, en el método PCI, se consideran fallas medidas en longitud. La severidad se establece en función del ancho de la fisura y del grado de deterioro del borde de la misma (ASTM D6433, 2024).

Figura 2.8 Ejemplo de fisura transversal de mediana severidad



Fuente: (ASTM D6433, 2024)

2.2.6 Fisuras transversales

Las fisuras transversales se presentan de forma perpendicular al eje de la vía y suelen estar asociadas a variaciones térmicas o a contracciones del pavimento. Visualmente se reconocen como grietas que cruzan la calzada de un lado a otro o de forma parcial. En el PCI, este tipo de deterioro se mide en longitud y su severidad se define según la apertura de la fisura y la presencia de deterioro adicional en los bordes (ASTM D6433, 2024).

Figura 2.9 Ejemplo de falla longitudinal y transversal de alta severidad

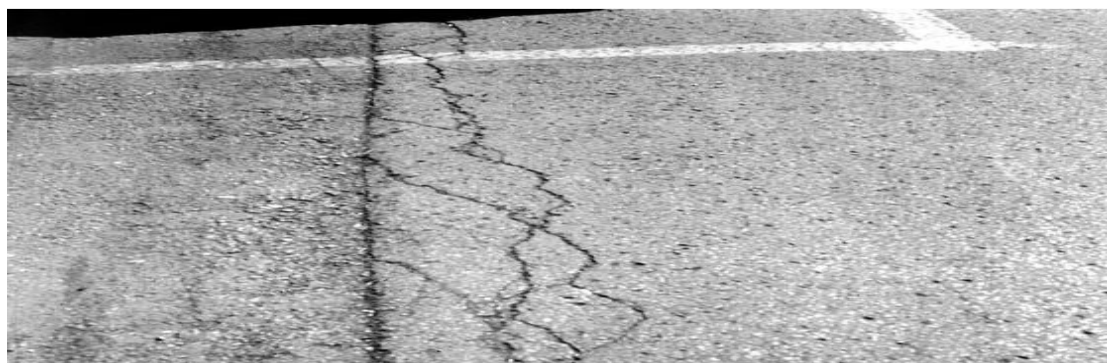


Fuente: (ASTM D6433, 2024)

2.2.7 Falla de borde

La falla de borde corresponde al deterioro localizado en los extremos laterales del pavimento, generalmente asociado a una falta de soporte lateral o a condiciones deficientes de drenaje. Esta falla se identifica visualmente por el desprendimiento del material asfáltico en los bordes de la calzada. En el método PCI, la falla de borde se clasifica como una falla medida en longitud y su severidad se evalúa de acuerdo con la extensión del daño y la pérdida de material observable (ASTM D6433, 2024).

Figura 2.10 Ejemplo de falla de borde de mediana severidad



Fuente: (ASTM D6433, 2024)

2.1 Vehículos Aéreos No Tripulados (UAV).

Los vehículos aéreos no tripulados, comúnmente denominados drones, son objetos aéreos controladas de manera remota o mediante sistemas que programados pueden ser automatizados, existen en la actualidad varios tipos de estos y pueden ser de ala fija o ala rotatoria, existen en varias categorías y son de uso de consumidor o recreacional y gamas empresariales o profesionales, estos son capaces de transportar sensores y cámaras para la captura de información espacial desde el aire y su uso se ha incrementado de forma significativa en aplicaciones civiles debido a su capacidad para acceder a zonas extensas o de difícil inspección, manteniendo altos niveles de precisión y control durante el levantamiento de datos. Desde el punto de vista técnico, los UAV empleados en fotogrametría se caracterizan por integrar cámaras digitales de alta resolución, sistemas de posicionamiento global (GNSS, por sus siglas en inglés *Global Navigation Satellite System*) y unidades de medición inercial (IMU, por sus siglas en inglés *Inertial Measurement Unit*), lo que permite registrar imágenes georreferenciadas con suficiente solape para su posterior procesamiento. Según Colomina y Molina. (2014), estas aeronaves han demostrado ser especialmente adecuadas para aplicaciones de ingeniería, ya que permiten obtener información detallada del terreno y de superficies artificiales con una resolución espacial superior a la alcanzada por métodos tradicionales de levantamiento aéreo y pueden ser utilizados en campos como topografía, geomensura, modelamiento tridimensional, ingeniería ambiental, etc.

Figura 2.11 Ejemplo de UAVs para levantamiento de información



Fuente: (DJI Enterprise, 2022)

En el ámbito de la ingeniería vial, los UAVs se han consolidado como herramientas de apoyo para la evaluación superficial de pavimentos, al facilitar la captura ordenada de imágenes que permiten identificar fisuras, deformaciones y otros tipos de deterioro visibles en la capa de rodadura, se tiene la posibilidad de planificar vuelos a baja altura y controlar parámetros como

la velocidad, la altura y el solape de imágenes y esto favorece la obtención de ortofotos de alta calidad, útiles para el análisis visual y la medición de fallas superficiales conforme a metodologías estandarizadas como el PCI. Asimismo, organismos técnicos y guías metodológicas reconocen que el uso de UAV contribuye a mejorar la documentación gráfica del estado de las vías, permitiendo un registro continuo del deterioro superficial y facilitando la integración de los resultados en sistemas de información geográfica (SIG) para su análisis posterior (MTOP, 2022). Esta capacidad resulta especialmente relevante en estudios de diagnóstico vial, donde se requiere una representación clara y ordenada de las condiciones existentes a lo largo del tramo evaluado.

2.1.1 Parámetros técnicos

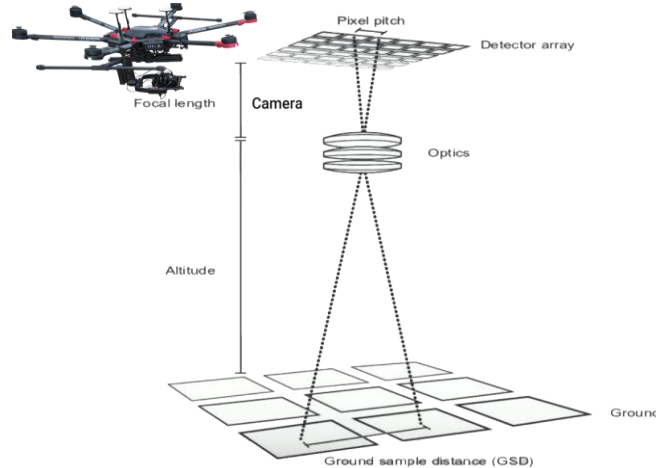
Para la evaluación del PCI mediante drones, el equipo debe cumplir parámetros técnicos específicos que garanticen la correcta identificación y medición de deterioros superficiales, para esto se recomienda el uso de drones de ala multirrotores por su capacidad de vuelo a baja altura, estabilidad y control preciso sobre el pavimento, lo que permite capturar imágenes con alto nivel de detalle, en donde la cámara debe ser de alta resolución con un mínimo de 20 megapíxeles con sensor de buena calidad y lente calibrado, capaz de generar una resolución espacial en el terreno igual o menor a 1 cm/píxel, indispensable para identificar fisuras, desprendimientos y deformaciones. Es fundamental contar con sistemas GNSS e IMU integrados, que mejoren la georreferenciación y orientación de las imágenes, así como una configuración de vuelo estable, con velocidad controlada y solapes elevados 80 % longitudinal y 70 % transversal, Además de esto, el dron o UAV debe permitir control manual de enfoque y exposición para mantener uniformidad. Estudios especializados en fotogrametría con UAV señalan que la combinación adecuada entre plataforma, cámara, parámetros de vuelo y procesamiento es determinante para obtener productos confiables aplicables a evaluaciones viales (Colomina & Molina, 2014).

2.1.2 altura de vuelo

La altura de vuelo en operaciones con drones corresponde a la distancia vertical entre la aeronave y la superficie del terreno, y constituye un parámetro técnico fundamental en levantamientos fotogramétricos, ya que influye directamente en el nivel de detalle de las imágenes obtenidas, este concepto no debe confundirse con la altitud, que se refiere a la elevación del dron respecto al nivel medio del mar, ni con la altura sobre el punto de despegue, que es una referencia usada por el piloto, En aplicación técnica como la evaluación del estado superficial de pavimentos, la altura de vuelo se define en función del detalle requerido en la superficie, pues a menor altura se obtiene mayor resolución espacial, permitiendo identificar

fisuras y deterioros finos, hay que tomar en cuenta también que las alturas excesivamente bajas pueden incrementar el número de imágenes y el tiempo de procesamiento, mientras que alturas mayores reducen el nivel de detalle y limitan la identificación de fallas, por esto es que la operación de vuelo debe planificarse y tomar en cuenta cobertura o alcance de la aeronave, resolución de imagen y eficiencia operativa, considerando siempre la altura de vuelo como el parámetro clave para garantizar productos fotogramétricos adecuados para análisis técnicos detallados (DJI Enterprise, 2022).

Figura 2.12 Representación de altura de vuelo



Fuente: (Jiménez, 2024)

2.1.3 Distancia de muestreo del suelo (GSD)

Un parámetro directamente asociado a la altura de vuelo es el GSD (por sus siglas en inglés *Ground Sample Distance*), definido como la dimensión real del terreno representada por cada píxel de la imagen, el cual condiciona el nivel de detalle alcanzado en los productos fotogramétricos, un GSD reducido permite detectar fallas de menor tamaño y delimitar con mayor precisión áreas y longitudes de deterioro superficial, lo que resulta fundamental en evaluaciones visuales de pavimentos, diversos estudios técnicos recomiendan trabajar con resoluciones del orden de centímetros por píxel, ya que este nivel de detalle es adecuado para la identificación y clasificación de fallas conforme a metodologías estandarizadas como el PCI (Luhmann, et al., 2020). Este nivel de resolución se materializa principalmente a través de ortofotos, las cuales corresponden a imágenes aéreas corregidas geométricamente que representan la superficie del terreno con escala uniforme, permitiendo realizar mediciones directas y confiables de áreas y longitudes reales. En este sentido, las ortofotos constituyen un insumo fundamental para el análisis espacial de los deterioros superficiales del pavimento, al integrar el detalle definido por el GSD con una representación métrica precisa del terreno,

facilitando así la identificación, cuantificación y evaluación de fallas en estudios viales basados en fotogrametría (U.S. Geological Survey, 2021).

2.2 Fotogrametría aplicada a la evaluación vial.

2.2.1 Principios de la fotogrametría en evaluación vial.

La fotogrametría se define como la técnica que permite obtener información métrica y geométrica de objetos y superficies a partir del análisis de imágenes capturadas desde diferentes posiciones, cuyo principio está basado en la geometría de la proyección fotogramétrica, mediante la cual es posible reconstruir la forma y posición de un objeto en el espacio a partir de la superposición de imágenes con un determinado grado de solape (Wolf & Dewitt, 2021). Uno de los principios clave que sustenta esta técnica es la visión estereoscópica, la cual se logra al capturar múltiples imágenes de una misma superficie desde distintos puntos de vista, permitiendo identificar puntos comunes entre imágenes y calcular sus coordenadas tridimensionales. A partir de este proceso se generan productos como modelos digitales de superficie, los cuales resultan especialmente relevantes en aplicaciones viales, ya que posibilitan la representación precisa de la superficie del pavimento y la detección de irregularidades o deterioros visibles en la capa de rodadura (Luhmann, et al., 2020).

2.2.1 Solapamiento de imágenes

El solapamiento de imágenes constituye un principio fundamental en la fotogrametría, ya que garantiza la existencia de áreas comunes entre fotografías consecutivas necesarias para la identificación de puntos homólogos y la reconstrucción tridimensional del terreno, un solape adecuado permite aumentar la redundancia de observaciones, mejorar la estabilidad geométrica del bloque fotogramétrico y reducir errores en la orientación de las imágenes, en levantamientos fotogramétricos, el solapamiento se define generalmente en dos direcciones: longitudinal, entre imágenes capturadas a lo largo de una misma línea de vuelo, y transversal, entre líneas de vuelo adyacentes, cuando existen niveles insuficientes de solape pueden generar vacíos de información, fallas en la correlación automática y deformaciones en los productos finales, en cambio a mayor cantidad de solapes se favorece la generación de ortofotos continuas, especialmente en superficies planas como pavimentos, las guías técnicas de fotogrametría dicen que es necesario alto número de solapes para aplicaciones que requieren precisión métrica, documentación y análisis detallado de superficies (Pix4D S.A, 2022).

2.2.2 Ortofotos y ortomosaicos

Las ortofotos y los ortomosaicos son productos fotogramétricos obtenidos a partir del procesamiento de imágenes aéreas generadas por UAVs con GNSS e IMU integradas,

corregidas geométricamente, los cuales representan la superficie del terreno con escala uniforme y precisión métrica, a diferencia de una fotografía aérea convencional, una ortofoto elimina los efectos de perspectiva, inclinación de la cámara y variaciones del relieve, permitiendo que cada punto de la imagen tenga una correspondencia real con el terreno. Cuando múltiples ortofotos individuales se integran de manera continua y homogénea mediante el solapamiento de las mismas, se genera un ortomosaico, que cubre áreas extensas sin discontinuidades ni distorsiones geométricas. Estos productos permiten realizar mediciones directas de distancias, áreas y formas, lo que los convierte en una base confiable para el análisis espacial (Esri, 2023)

2.3 Software de procesamiento fotogramétrico Pix4D.

Existen varios softwares de procesamiento de ortofotos y modelado 3D, Pix4D es una de las plataformas especializadas en procesamiento fotogramétrico que permite transformar imágenes aéreas captadas por UAVs en productos cartográficos con precisión métrica. Su funcionamiento se basa en algoritmos de correlación automática y ajuste de bloques fotogramétricos, mediante los cuales se identifican puntos homólogos entre imágenes superpuestas y se corrige la geometría de captura, Pix4D genera productos como nubes de puntos densas, modelos digitales y ortofotos georreferenciadas, garantizando una representación plana y uniforme de la superficie del terreno, para aplicaciones viales, permite disponer de ortofotos de alta resolución para realizar mediciones de distancias y áreas reales, para la identificación de deterioros visibles (Fernández-Hernández, et al., 2022).

Figura 2.13 Logotipo de software - Pix4D

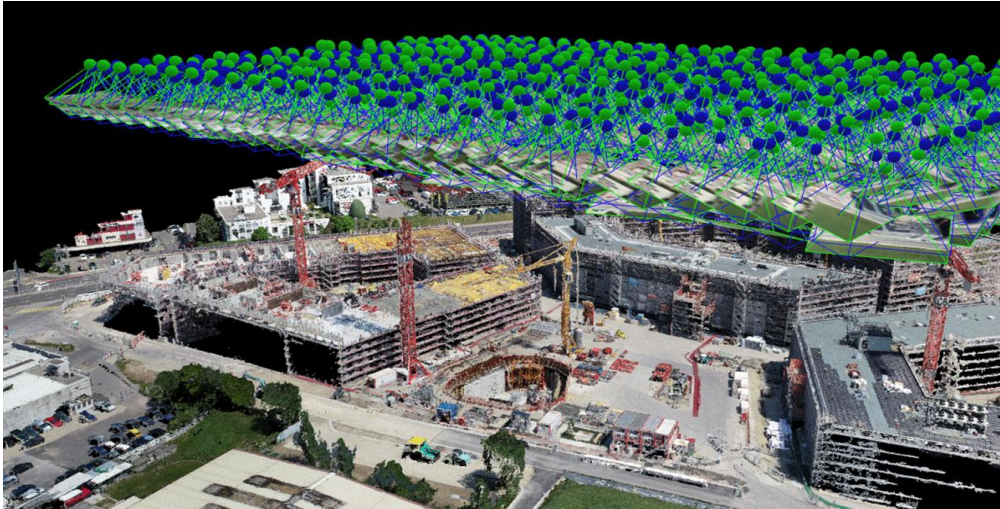


Fuente: (Pix4D S.A, 2022)

El uso de Pix4D en estudios de evaluación superficial de pavimentos se alinea con el método PCI, al facilitar un análisis bidimensional detallado sin requerir modelación estructural y al disponer de la información de manera más fácil, la plataforma permite controlar parámetros clave del procesamiento, como la resolución espacial del producto final, la calidad de la

georreferenciación y el solapamiento de las ortofotos, aspectos determinantes para una correcta delimitación de fallas superficiales, los productos generados pueden integrarse fácilmente en sistemas de información geográfica para su análisis espacial posterior, lo que favorece la organización de la información y la reproducibilidad de los resultados.

Figura 2.14 Ejemplo de mapeo con Pix4D



Fuente: (Pix4D S.A, 2022)

De forma complementaria, el uso de hojas de cálculo constituye un apoyo fundamental para el procesamiento numérico de información. Programas como Microsoft Excel permiten organizar los datos obtenidos en campo y en gabinete de manera automatizada y sistemática, complementa el cálculo de las densidades de falla, valores deducidos correspondientes y valores finales de PCI por unidad de muestreo, el trabajo conjunto entre software fotogramétrico, SIG y herramientas de cálculo contribuye a un flujo de trabajo sistemático y coherente para la evaluación superficial del pavimento.

2.4 Mantenimiento vial.

Se define como el conjunto de actividades orientadas a preservar las condiciones funcionales del pavimento en una vía existente y asegurar un nivel de servicio adecuado para los usuarios, en el caso de los pavimentos flexibles, estas acciones se concentran principalmente en el tratamiento de deterioros visibles que se manifiestan en la capa de rodadura, tales como fisuras, desprendimientos, baches, áreas previamente reparadas, etc. El mantenimiento vial se concibe como una fase posterior al diagnóstico superficial del pavimento, en la cual los resultados obtenidos a través del PCI constituyen la base técnica para la formulación de propuestas de intervención, no se consideran evaluaciones estructurales debido a la limitación del método para evaluaciones bajo la capa de rodadura (PIARC – World Road Association, 2023).

2.4.1 Mantenimiento rutinario

El mantenimiento rutinario corresponde a intervenciones básicas y periódicas que se aplican sobre pavimentos que aún conservan condiciones funcionales aceptables. Este tipo de mantenimiento se orienta a atender deterioros superficiales de baja severidad, como fisuras aisladas o pequeñas áreas parchadas, con el objetivo de evitar que estas fallas evolucionen y afecten de forma significativa la superficie de rodadura. Su aplicación se fundamenta en evaluaciones visuales que permiten identificar oportunamente los primeros signos de deterioro del pavimento (MTOP, 2022).

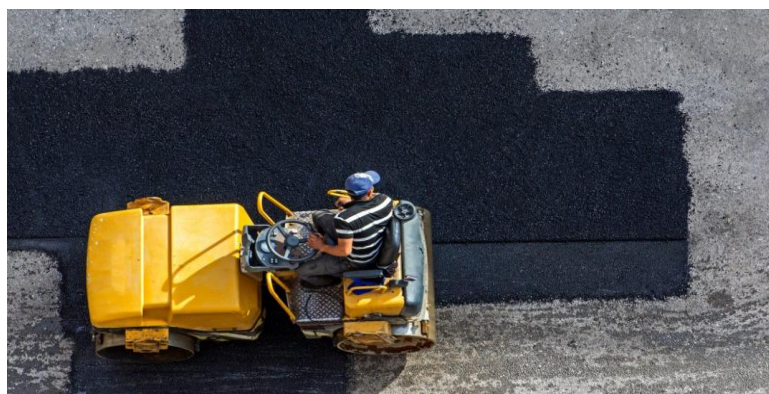
2.4.2 Mantenimiento preventivo

Cuando el pavimento presenta un nivel de deterioro moderado, pero mantiene una condición general estable, se recurre al mantenimiento preventivo. Este tipo de intervención busca preservar el estado superficial existente y retrasar el avance del daño mediante acciones planificadas, aplicadas antes de que las fallas alcancen niveles críticos. La selección del mantenimiento preventivo se apoya en herramientas de evaluación como el PCI, que permiten determinar rangos de condición adecuados para su implementación, garantizando una gestión técnica del pavimento (AASHTO, 2012)

2.4.3 Mantenimiento correctivo.

Por otro lado, el mantenimiento correctivo se aplica cuando el pavimento presenta deterioros visibles de mayor severidad que afectan la funcionalidad y seguridad de la vía. Estas intervenciones están orientadas a corregir fallas superficiales extensas, tales como agrietamientos severos o zonas con pérdida de material, restableciendo condiciones mínimas de servicio. La necesidad de mantenimiento correctivo se identifica a partir de valores bajos de PCI, los cuales reflejan un estado superficial deficiente del pavimento (ASTM D6433, 2024).

Figura 2.15 Mantenimiento de pavimento flexible



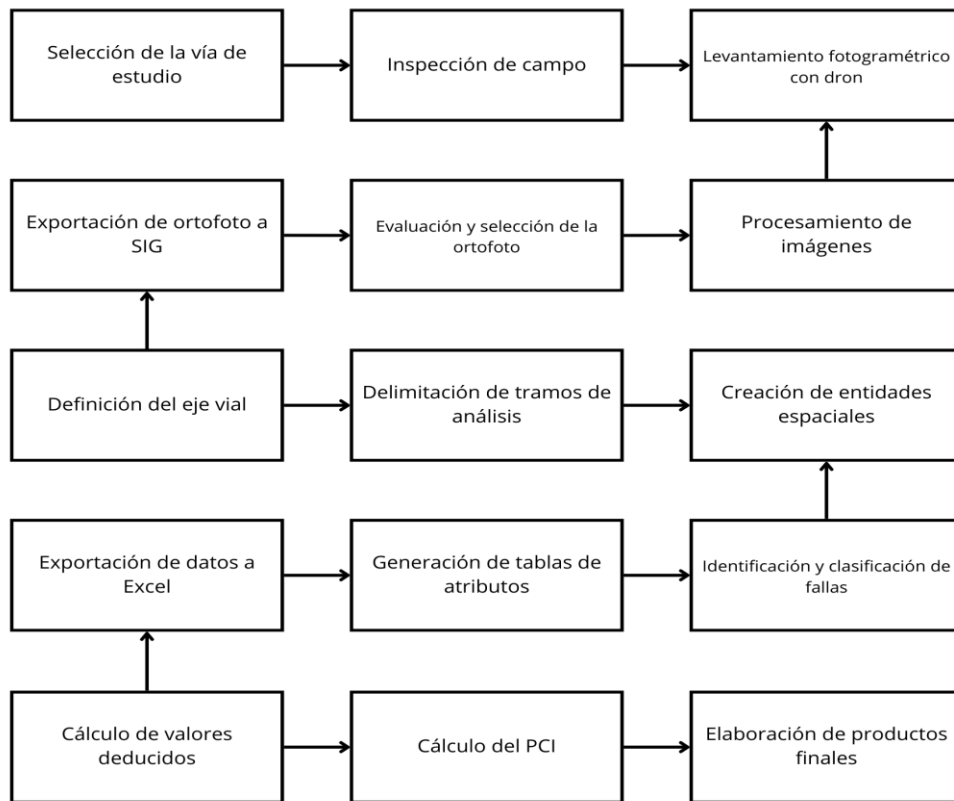
Fuente: (Tudefran, 2024)

El mantenimiento vial constituye un componente esencial dentro de la gestión de la infraestructura de transporte, ya que permite preservar las condiciones funcionales de las vías y asegurar un desempeño adecuado frente a las solicitudes del tránsito, además de permitir el desarrollo de quienes son usuarios de la misma, la ausencia de mantenimiento oportuno conduce a un deterioro progresivo del pavimento, afectando la seguridad, el confort de circulación y la continuidad del servicio vial, lo que resalta la necesidad de incorporar el mantenimiento como parte integral de la planificación técnica, es importante además tener un criterio profesional y fundamentado para las acciones de mantenimiento y para el manejo eficiente de los recursos (World Bank, 2023).

CAPITULO III

3. Metodología de la investigación

Figura 3.1 Esquema metodológico del estudio



Fuente: Elaboración Propia

La **Figura 3.1** presenta el esquema metodológico seguido en la presente investigación, el cual resume de manera secuencial las etapas desarrolladas desde la selección del tramo vial hasta la obtención del índice PCI y la elaboración de los productos finales. Este esquema permite comprender de forma integral el proceso aplicado para la evaluación del estado superficial del pavimento.

3.1 Tipo y enfoque de la investigación.

El presente trabajo corresponde a una investigación de aplicación, que emplea métodos, herramientas y técnicas existentes para la evaluación de una situación específica en un contexto determinado en donde se verifica el estado superficial del pavimento flexible en un tramo de la vía a Ibarra en el sector de Pesillo en Cayambe, con la aplicación del método PCI apoyado en fotogrametría con UAV, que permite obtener resultados técnicos que sirven como base para

la formulación de una propuesta de mantenimiento vial orientada a la conservación de la capa de rodadura existente.

La metodología de la investigación adopta un enfoque cuantitativo, que se fundamenta en la recopilación de datos medibles relacionados con la extensión y magnitud de los deterioros superficiales del pavimento, complementado con un análisis descriptivo cualitativo que describe y categoriza los deterioros según tipo de falla y severidad de los mismos, estos datos son procesados y analizados mediante procedimientos normalizados del PCI, lo que permite obtener resultados objetivos y comparables. El estudio se orienta a identificar, clasificar y caracterizar el estado superficial del pavimento en el tramo de estudio, sin intervenir directamente sobre la estructura de la vía y se limita a describir la condición actual del pavimento en cada tramo para, a partir de la información obtenida dar una recomendación final de mantenimiento.

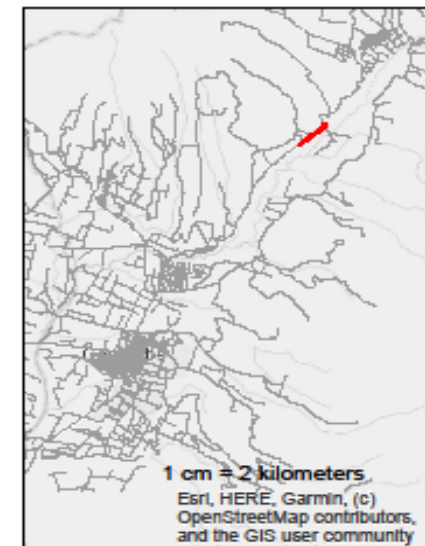
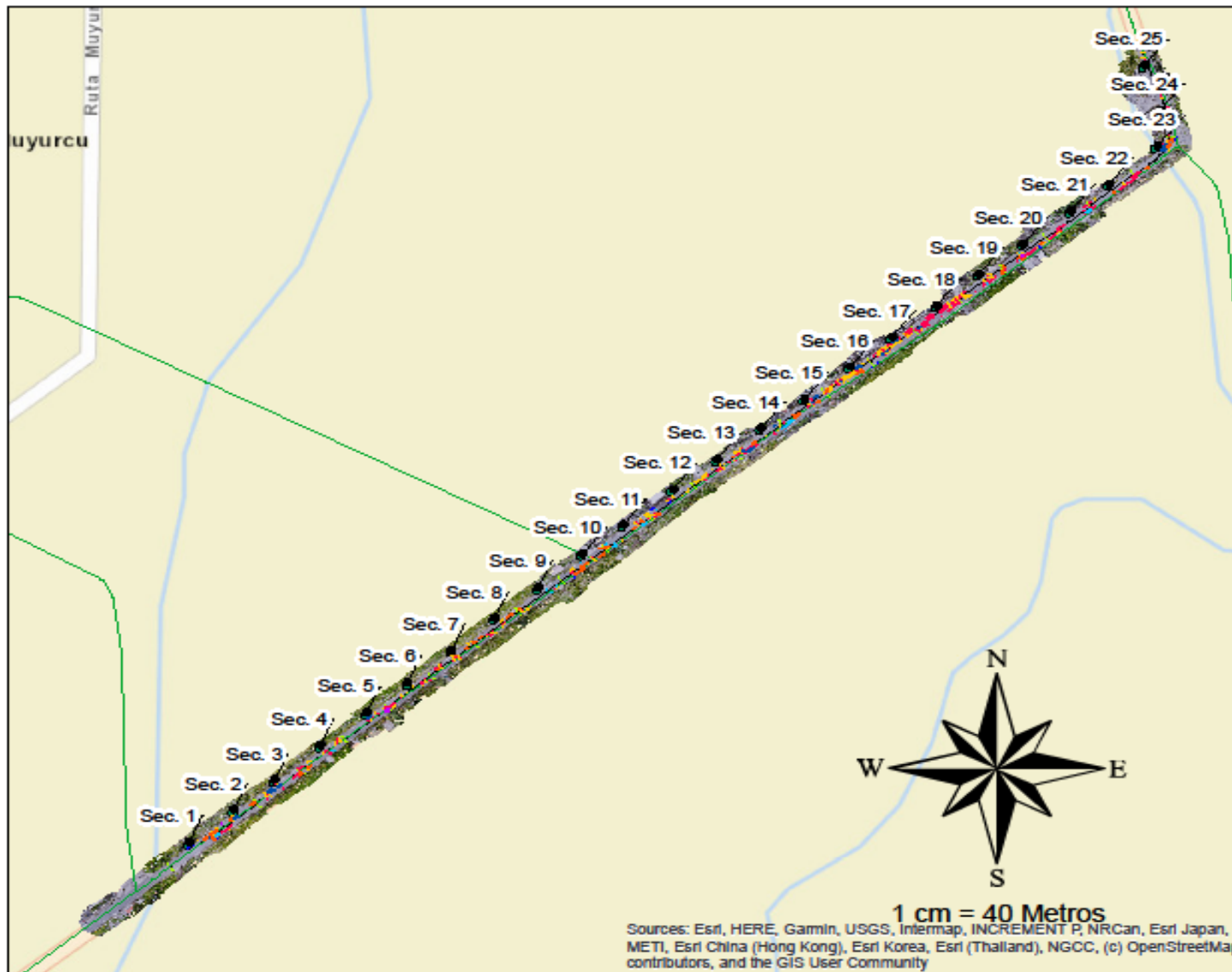
3.2 Localización del área de estudio.

Geográficamente, la vía a Ibarra está ubicada en el sector de Pesillo, que se localiza al nororiente del cantón Cayambe en la parroquia de Olmedo, en la provincia de Pichincha y se caracteriza por presentar condiciones climáticas propias de la región interandina, con variaciones de temperatura y presencia de precipitaciones, la vía se desarrolla en un entorno predominantemente rural, con tramos rectos y curvas pronunciadas, además presenta una calzada de pavimento flexible que ha sido sometida a un uso continuo. El tramo de la vía desde su inicio, considerado donde limitan el adoquinado y la vía pavimentada en la comunidad de Santa Rosa de Ayora y su final en el límite provincial entre Pichincha e Imbabura, tiene una longitud total de 18.3 Kilómetros, para efectos de la investigación, el tramo seleccionado fue delimitado desde el Km 6+500 hasta el Km 7+500 de la vía a Ibarra, en sector residencial, este tramo se tomó considerando criterios de accesibilidad y viabilidad para el levantamiento fotogramétrico con UAV. La localización del tramo se presenta mediante un mapa de ubicación geográfica, el cual permite visualizar su contexto territorial y la red vial del cantón Cayambe.

Tabla 3.1 Ubicación de la vía en coordenadas UTM

COORDENADAS UTM WGS84	
ZONA	17 N
Coordenada Este	823 748.69 m
Coordenada Norte	12 431.47 m

Fuente: Elaboración Propia.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR	
Facultad:	Habitat, Infraestructura y Creatividad
Carrera:	Ingeniería Civil
Tema:	Evaluación del estado superficial del pavimento flexible mediante método PCI utilizando fotogrametría con UAV y propuesta de Mantenimiento de un tramo de la vía a Barra en el sector de Peñón ubicada en la parroquia de Olmedo del Cantón Cayambe.
Nombre:	Jhoan Sebastian Jarrin Charro
Escala:	1 : 4000
Contenido:	<ul style="list-style-type: none"> * Mapa de ubicación de la vía * Escalas * Ortofoto * División de Tramos de estudio
Lámina:	01

Figura 3.2 Contexto Regional del área de estudio



Fuente: (Google Earth, 2025)

3.3 Descripción del tramo vial.

El tramo vial objeto de estudio presenta una longitud de 1,00 kilómetro, con una calzada de pavimento flexible, destinada principalmente al tránsito vehicular local y al transporte pesado de productos agrícolas, ganaderos y de pasajeros de la zona, la vía cuenta con una sección transversal conformada por una calzada de dos carriles, con un ancho promedio total de vía de 7.25 metros que permite la circulación bidireccional de vehículos livianos y pesados, el entorno del tramo está conformado por una zona rural, con presencia de áreas agrícolas, accesos a propiedades y tramos sin infraestructura, lo que influye en el comportamiento del pavimento y en la aparición de deterioros superficiales, el tramo presenta un uso constante y una exposición directa a condiciones climáticas variables propias de la región andina, como precipitaciones y cambios térmicos, esto ha contribuido como criterio para la selección del área de estudio.

Para la evaluación del estado superficial del pavimento, el tramo se subdivide en unidades de análisis de igual área conforme a los lineamientos del método PCI y de la normativa ASTM D6433, permitiendo una inspección sistemática y ordenada para facilitar la identificación, clasificación y cuantificación de las fallas.

3.4 Equipos y materiales utilizados.

3.4.1 Equipos de seguridad y prevención de accidentes

Durante el proceso de evaluación del estado superficial del pavimento es importante la utilización de equipos de seguridad personal tanto para el operador como para el observador ya que este procedimiento se realiza en un área de alto tráfico vehicular y en condiciones de terreno variable, se requiere del uso de chaleco reflectante, casco, identificación o credencial de operador de drones, intercomunicadores y en áreas con riesgos adicionales, como zonas de poca visibilidad o en mal estado, se recomienda el uso de conos y señalización vial de ser necesario, la seguridad es esencial no solo para la protección física del equipo de trabajo, sino también para peatones que circulan por el lugar y asegurar que las evaluaciones se realicen sin interrupciones, manteniendo la precisión del diagnóstico superficial del pavimento.

3.4.2 UAV tipo dron para el levantamiento de información

Como equipo principal para el levantamiento de información se utilizó un dron de gama consumidor de la marca China DJI con su modelo Mavic Air 2, equipado con una cámara integrada de 48 megapíxeles, un sensor CMOS de 1/2 pulgada que permite la obtención de fotografías con resolución máxima de 8000×6000 píxeles, además integra sistema GNSS e IMU. Este equipo fue seleccionado por su estabilidad de vuelo y resistencia a ráfagas de viento de hasta 10Km/h, calidad de imagen y capacidad para realizar levantamientos fotogramétricos.

Figura 3.3 DJI Mavic Air 2

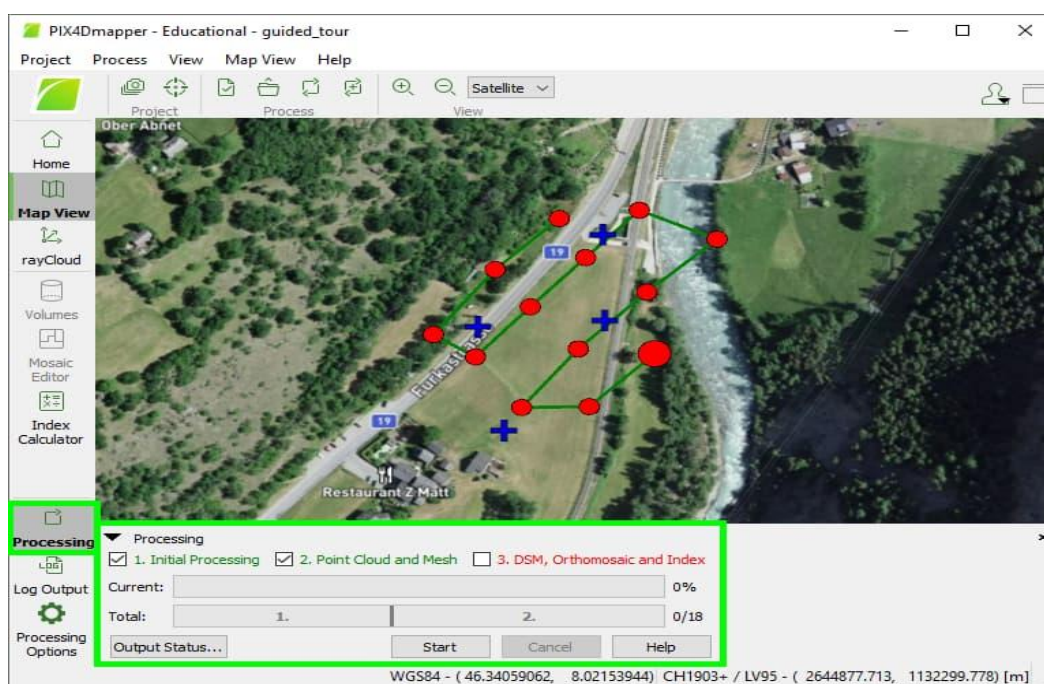


Fuente: (DJI, 2025)

3.4.3 Software de procesamiento Fotogramétrico

Para el procesamiento de las imágenes se emplearon los softwares DroneDeploy, Pix4D, DJI Terra y Agisoft Metashape, algunos de los programas que permiten la generación de ortofotos a partir de imágenes georreferenciadas y traslape fotográfico, esto con la finalidad de comparar la calidad y el GSD que nos brindaría cada uno de estos y poder utilizar el mejor resultado en el análisis de la vía, además de ser compatibles con el dron DJI.

Figura 3.4 Ejemplo de procesamiento en Pix4D



Fuente: (Pix4D S.A, 2022)

Para el análisis espacial, la identificación, delimitación y el ploteo de las fallas superficiales se utiliza la aplicación de ArcMap que facilita la visualización de la ortofoto, la medición de longitudes y áreas de deterioro, así como la organización de información y el ploteo de mapas, finalmente, para el procesamiento de datos, manejo de información y ejecución de los cálculos correspondientes al método PCI, se utiliza Microsoft Excel, que permite sistematizar y automatizar valores, generar gráficas y obtener el valor de PCI para planteamiento de propuestas de mantenimiento y elaboración de conclusiones.

3.5 Procedimiento metodológico.

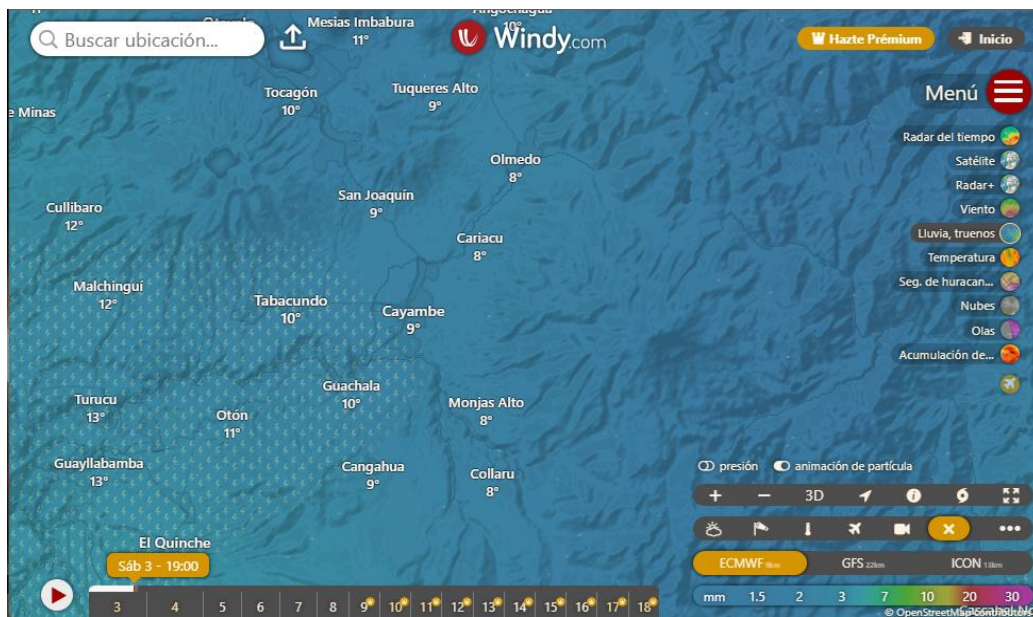
El presente trabajo se estructuró de manera secuencial, con el fin de garantizar una evaluación ordenada y sistemática, además de tener como guía los lineamientos establecidos en la normativa ASTM D6433-24.

3.5.1 Planificación de vuelo

Una vez seleccionada la vía, para el vuelo con dron es esencial conocer el sector donde se llevará a cabo la inspección, analizando el entorno y los factores que puedan interferir con el vuelo, se debe identificar la presencia de obstáculos como cables de electricidad, árboles, aves y sus nidos, los cuales pueden representar riesgos para la operación del dron, además, debe evaluarse la aceptación de la comunidad local, ya que algunas personas pueden sentirse incómodas con la presencia del dron así este sea en la vía pública. Los factores climáticos

también juegan un papel muy importante porque en condiciones adversas como viento fuerte, lluvia o niebla pueden afectar la estabilidad del vuelo y la calidad de las imágenes. Antes de comenzar el vuelo, se debe realizar la calibración del dron, una revisión exhaustiva de su estado general, comprobar las baterías y realizar vuelos de reconocimiento para asegurar que todos los parámetros estén ajustados y que las condiciones sean seguras para la recolección de datos.

Figura 3.5 Pronóstico del Tiempo para planificación de vuelo

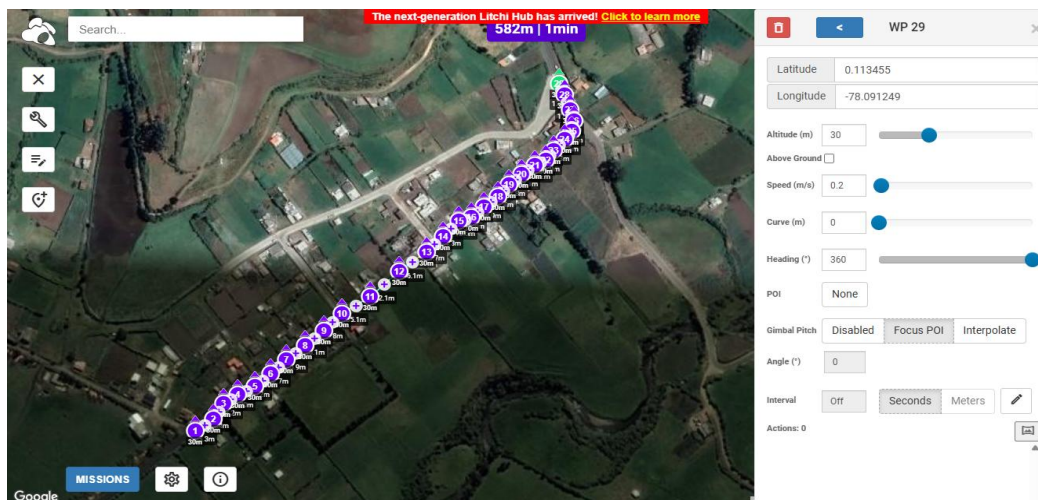


Fuente: (Windy, 2025)

3.5.2 Levantamiento con dron

Previo a la ejecución del vuelo, se efectúa una ruta de vuelo que incluya la delimitación del tramo a evaluar, la definición de la altura de vuelo y la configuración de los parámetros de imagen necesarios para asegurar una adecuada cobertura de la calzada.

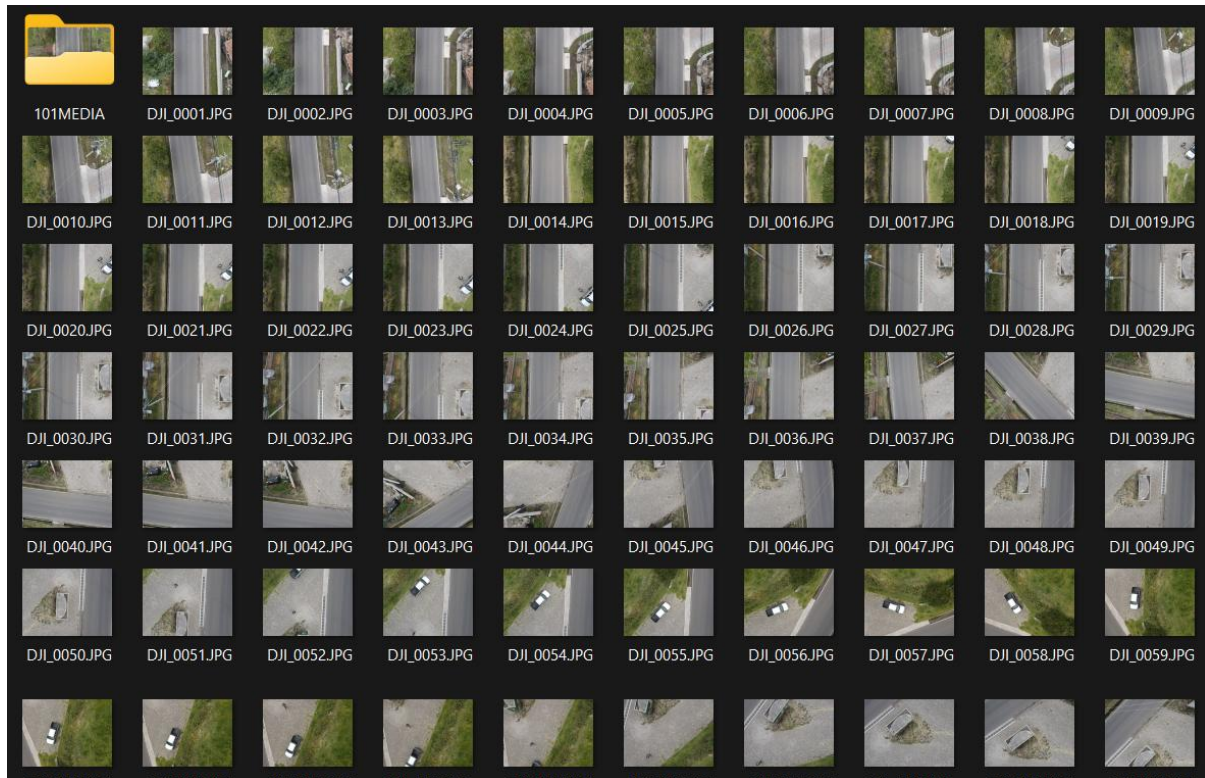
Figura 3.6 Planificación de ruta de vuelo



Fuente: (Litchi, 2025)

Durante la ejecución, se realiza un vuelo manual con velocidad constante de 3m/s, con el estabilizador de cámara a 90° y con captura de imágenes automática cada 2 segundos, estos vuelos controlados sobre la vía a una altura promedio de 10 metros, con un patrón de captura que asegure un traslape longitudinal y transversal adecuado entre las imágenes evitando vacíos de información, esto evadiendo cables y árboles que interrumpen la captura de imágenes y coherente con el tráfico vehicular.

Figura 3.7 Imágenes georreferenciadas capturadas con dron



Fuente: Elaboración propia

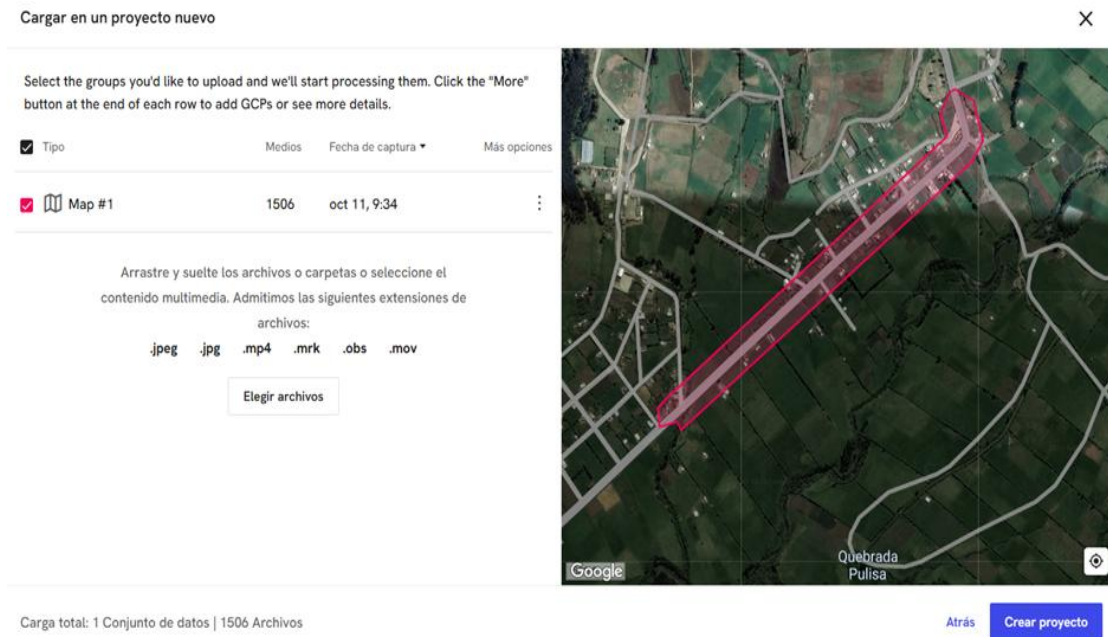
Las imágenes georreferenciadas obtenidas mediante la información de posicionamiento GNSS/GPS registrada por el dron durante el vuelo permiten ubicar espacialmente cada fotografía dentro del sistema de coordenadas correspondiente. La calidad del levantamiento depende directamente de la estabilidad del vuelo, la resolución de la cámara y la correcta configuración de los parámetros de captura.

3.5.3 Procesamiento de datos

Una vez concluida la etapa de levantamiento, las imágenes capturadas fueron cargadas en los softwares de procesamiento de ortofotos empleando traslape fotográfico y la información de posicionamiento registrada durante el vuelo, el mismo conjunto de imágenes fue procesado de manera independiente en cada software, con el propósito de comparar resultados obtenidos y evaluar calidad en función de criterios técnicos principalmente el GSD, como resultado de

dicha comparación, se determinó que el software Pix4D generó la ortofoto con mejores características para los fines de la investigación.

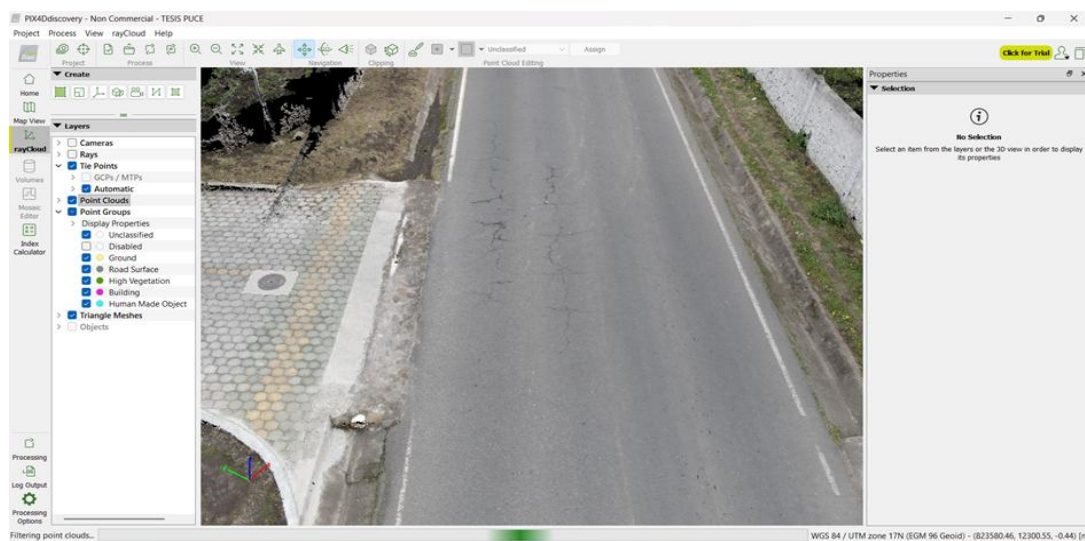
Figura 3.8 Carga de imágenes georreferenciadas en DroneDeploy



Fuente: Elaboración Propia

El procesamiento realizado con este programa permitió obtener una ortofoto con un GSD aproximado de 0,49 cm/píxel, lo cual proporciona un nivel de detalle suficiente para la identificación visual, delimitación y medición de las fallas superficiales requeridas para la aplicación del PCI.

Figura 3.9 Comprobación de calidad de imagen en Pix4D

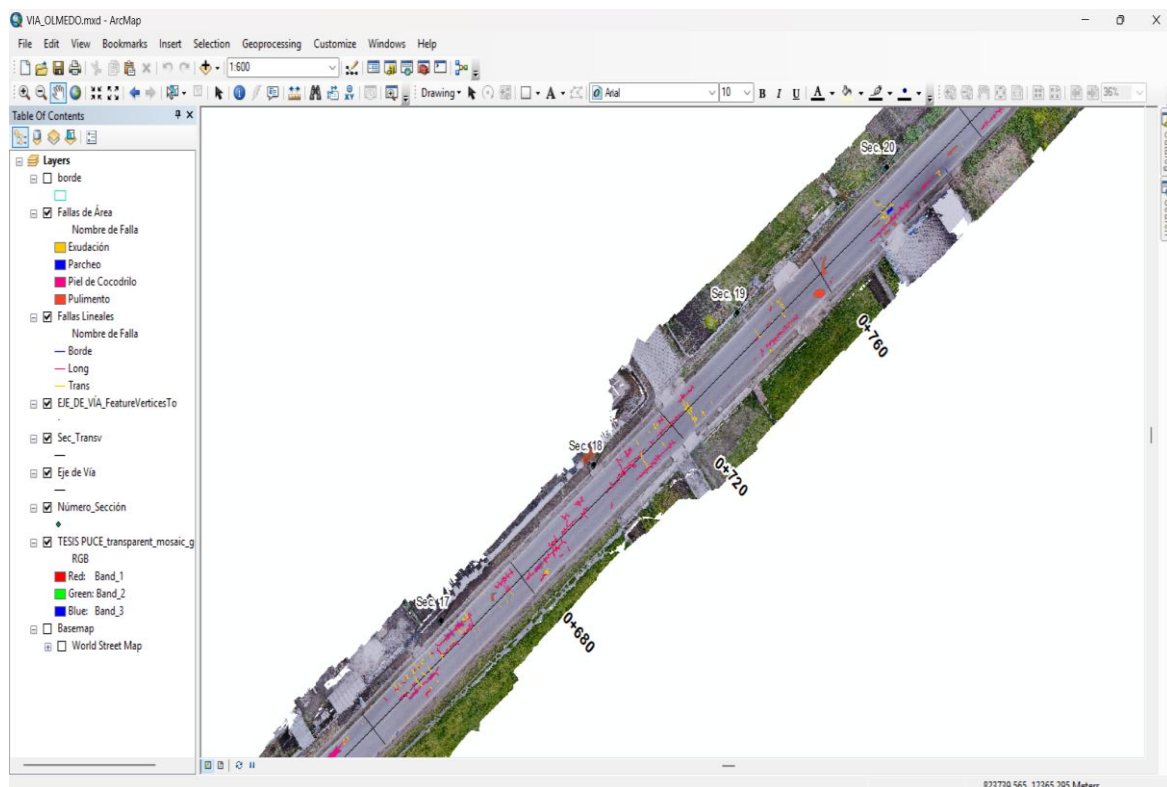


Fuente: Elaboración propia

3.5.4 Identificación y clasificación de deterioros.

La ortofoto seleccionada fue posteriormente cargada en ArcMap aplicación que fue utilizada para el análisis del estado superficial del pavimento mediante sus herramientas de medición integradas, que permiten la identificación y clasificación de los deterioros visibles en la vía, el alto nivel de resolución facilita la observación detallada de fisuras, áreas deterioradas y zonas intervenidas, contribuyendo a una evaluación más precisa y ordenada del pavimento, de esta manera, el levantamiento con dron y el procesamiento fotogramétrico constituyeron una etapa fundamental dentro de la metodología aplicada, al proporcionar la información para el cálculo.

Figura 3.10 Evaluación de fallas en ArcMap



Fuente: Elaboración Propia

Durante la identificación de fallas superficiales, estas fueron reconocidas visualmente, basándose en la textura superficial y la geometría observable en la ortofoto, donde se distinguen claramente fisuras, zonas deterioradas y áreas intervenidas del pavimento y se clasifican acorde a los lineamientos de la norma ASTM D6433, todo esto se realiza de manera cuidadosa para evitar la sobreestimación o subestimación de los deterioros presentes, su clasificación también se da en función de su forma de medición, diferenciando entre fallas medidas en área y fallas medidas en longitud. Toda la información obtenida durante este proceso fue organizada y registrada en tablas de cálculo programadas en Microsoft Excel, vinculando cada falla con su tramo, tipo de deterioro, calificación de severidad, dimensión de las mismas y cálculo PCI.

3.6 Cálculo del PCI.

Como primer paso determinamos las unidades de muestreo de acuerdo con el procedimiento establecido en la norma, se realiza a partir de la división del tramo vial en unidades de muestreo, las cuales representan áreas homogéneas sobre las que se identifican y cuantifican los deterioros superficiales. La norma ASTM D6433-24 establece que, para pavimentos flexibles en carreteras y vías similares, cada unidad de muestreo debe tener un área aproximada de 225 m², aceptándose una variación de ± 90 m², dependiendo de las características geométricas del tramo evaluado.

3.6.1 Delimitación de tramos de estudio

En el estudio, se contempla que el número de unidades de muestreo se determina a partir del área total del tramo analizado, dividiéndola entre el área recomendada por la norma, con el fin de obtener unidades de tamaño uniforme que faciliten el levantamiento de información, el registro sistemático de fallas y el posterior cálculo del PCI conforme a los lineamientos normativos, se utilizan las siguientes fórmulas:

$$Ltc = \frac{Ac}{Av} \quad Nt = \frac{Ltt}{Ltc}$$

donde:

Ltc = Longitud del tramo calculado

Ac = Área escogida: 225m² \pm 90m²

Av = Ancho de vía de análisis

Nt = Número de tramos

Ltt = Longitud del tramo total

La normativa presenta una tabla de longitud mínima recomendada del tramo, misma que se representa para anchos típicos de vías de análisis.

Tabla 3.2 Longitud mínima de tramo de análisis según ancho de vía

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
< 5.0	46
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
> 7.3	31.5

Fuente: (ASTM D6433, 2024)

3.6.2 Cálculo de la muestra de estudio

Una vez definido el número total de unidades de muestreo en el tramo de estudio, la norma establece que no siempre es obligatorio evaluar la totalidad de dichas unidades, sino que puede seleccionarse una muestra representativa, siempre que se garantice un nivel adecuado de confiabilidad en los resultados del PCI, utilizando la siguiente fórmula:

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

Esta expresión estadística permite determinar el número mínimo de unidades de muestreo (n) que deben evaluarse dentro de una sección del pavimento, considerando el tamaño total de la población (N), el error admisible en la estimación del PCI y la variabilidad esperada entre las unidades. La fórmula considera un error admisible (e), generalmente del 5 %, recomendado por la norma, el cual representa el nivel de precisión deseado en la estimación del PCI de la sección evaluada. Asimismo, incorpora la desviación estándar (σ) del PCI entre las unidades de muestreo, la cual refleja la variabilidad del estado superficial del pavimento y puede ser estimada a partir de valores de referencia o estudios previos (ASTM D6433, 2024). Para el caso de estudio de este proyecto, se consideran para el cálculo todos los tramos, al ser la delimitación de 1Km de vía, para mejor precisión de resultados y por estar complementado este estudio con la implementación del UAV.

3.6.3 Determinación de Densidad de Falla

A partir de las ortofotos luego de identificar, clasificar y cuantificar los deterioros presentes en cada unidad de muestreo, se calcula la densidad de las fallas, que se representan como el porcentaje del área del pavimento afectada en relación al total del tramo inspeccionado.

$$Densidad\ de\ Falla\ (\%) = \frac{\text{Área de falla}}{\text{Área del Tramo de análisis}} \times 100$$

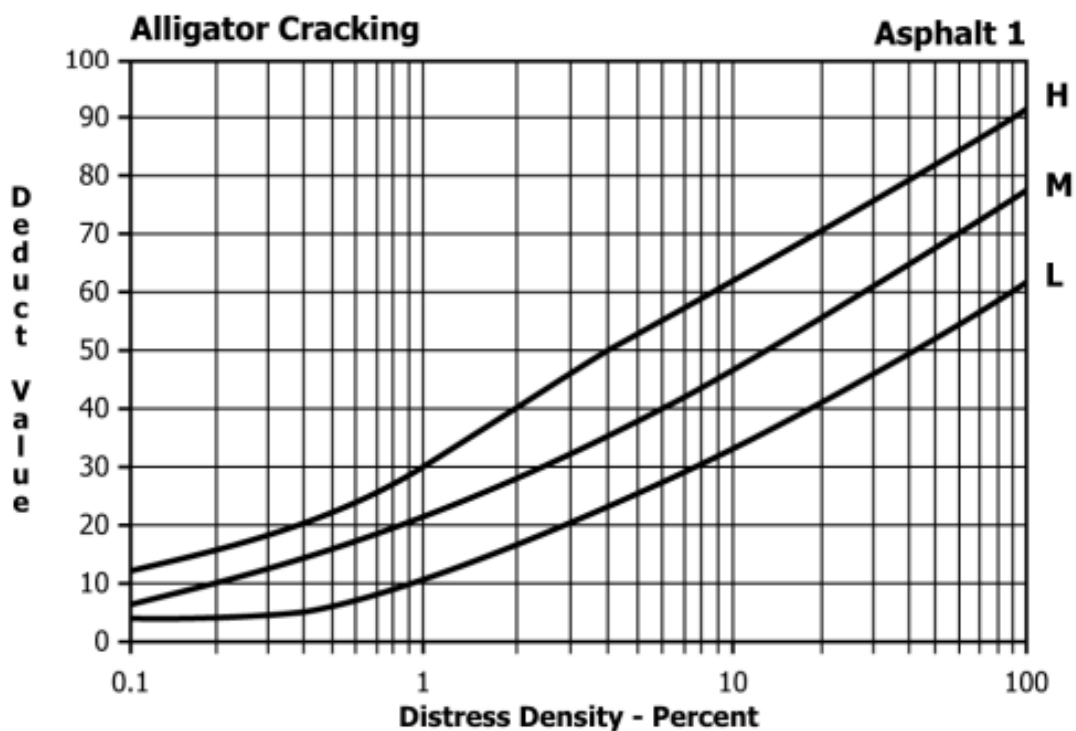
3.6.4 Cálculo de Valor Deducido (VD)

Como siguiente paso, el método PCI establece que el cálculo de los Valores Deducidos para cada tipo de falla representa la penalización que cada deterioro impone a la condición del pavimento y dependen de tres factores fundamentales que son el tipo de falla, nivel de severidad categorizada en baja, media o alta y densidad del deterioro dentro de la unidad de muestreo.

Los valores deducidos se obtienen a partir de las curvas y tablas proporcionadas por la norma ASTM D6433-24, las cuales relacionan la densidad del deterioro con su severidad. Para cada falla identificada se obtiene un VD individual, y posteriormente estos valores se ordenan de mayor a menor, ya que el método considera que los deterioros más severos tienen mayor influencia en la condición del pavimento, las tablas a utilizarse para cada tipo de falla son las siguientes:

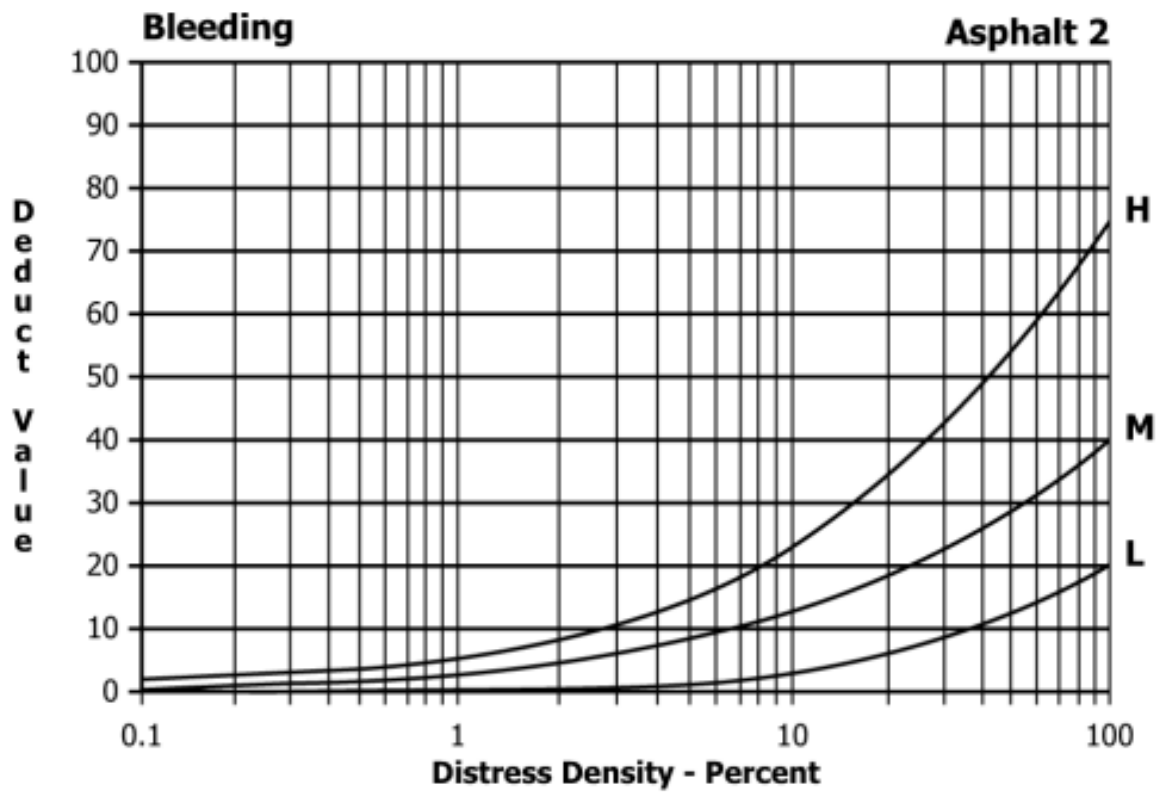
Para los distintos tipos de falla, se representan en las gráficas en el eje de las abscisas, la densidad de la falla expresada en porcentaje, que indica qué porcentaje del área del pavimento está afectada por la falla, en el eje de las ordenadas se muestra el valor deducido VD que es el valor que se resta del índice de pavimento para reflejar el impacto de esta falla en el pavimento. Las curvas H, M y L son las que representan los distintos tipos de severidad de la falla, siendo H para alta severidad, M para moderada y L para baja, Para obtener el valor correcto de VD, se debe trazar una línea desde el porcentaje de densidad de la falla en el eje horizontal hasta la curva correspondiente a la severidad observada, y luego leer el valor en el eje vertical.

Figura 3.11 Curvas de valor deducido para falla piel de cocodrilo



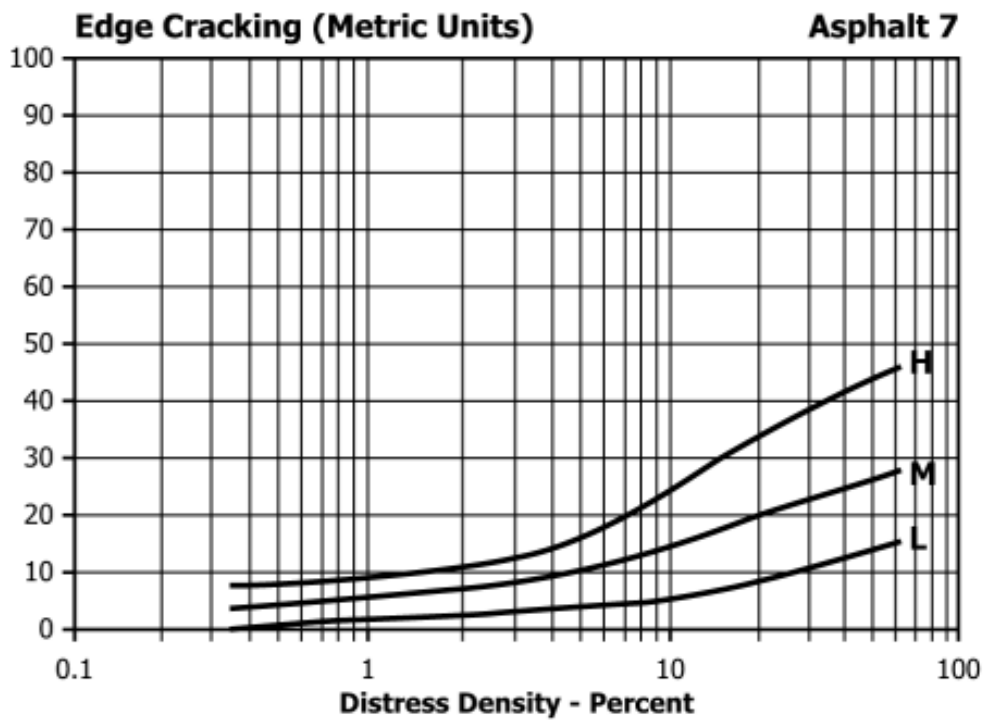
Fuente: (ASTM D6433, 2024)

Figura 3.12 Curvas de valor deducido para falla por exudación



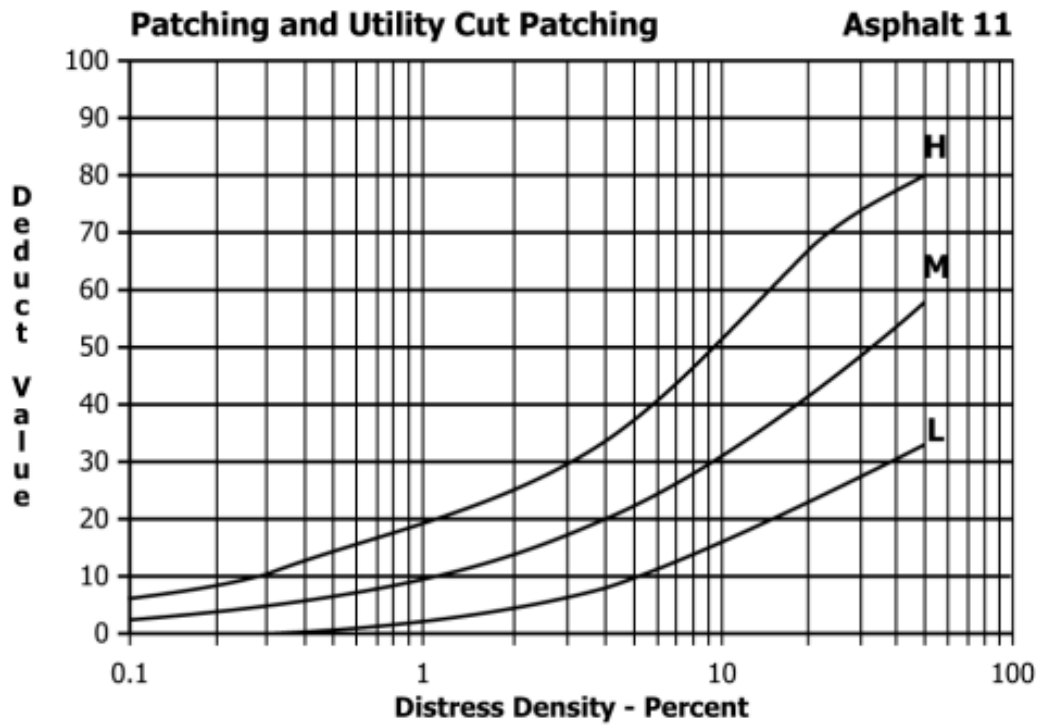
Fuente: (ASTM D6433, 2024)

Figura 3.13 Curvas de valor deducido para falla de borde



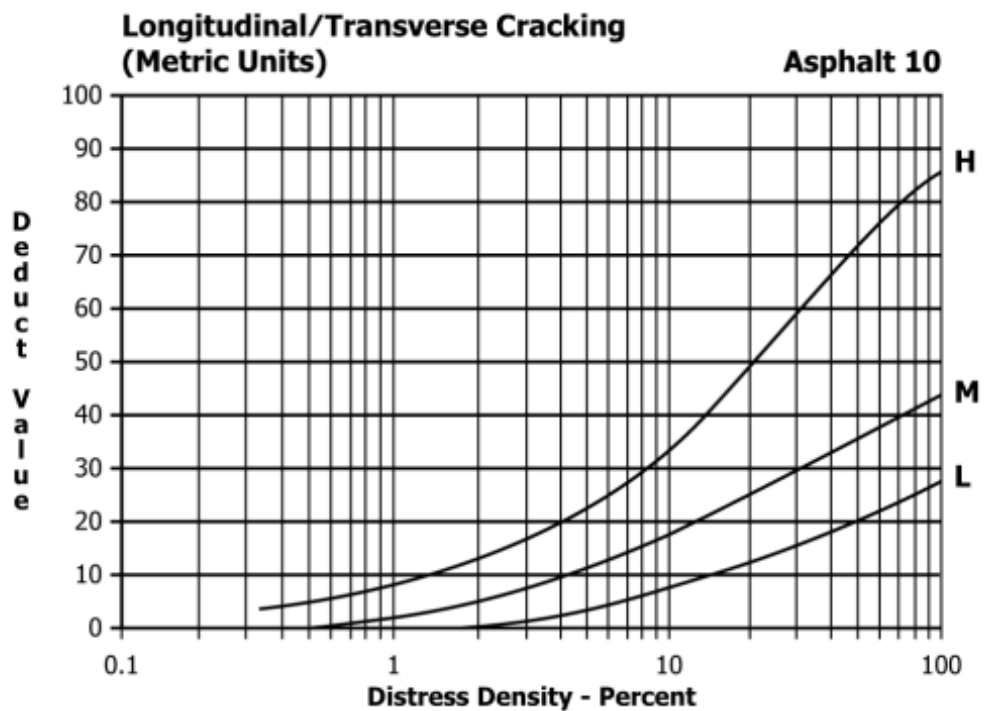
Fuente: (ASTM D6433, 2024)

Figura 3.14 Curvas de valor deducido para falla de parcheo



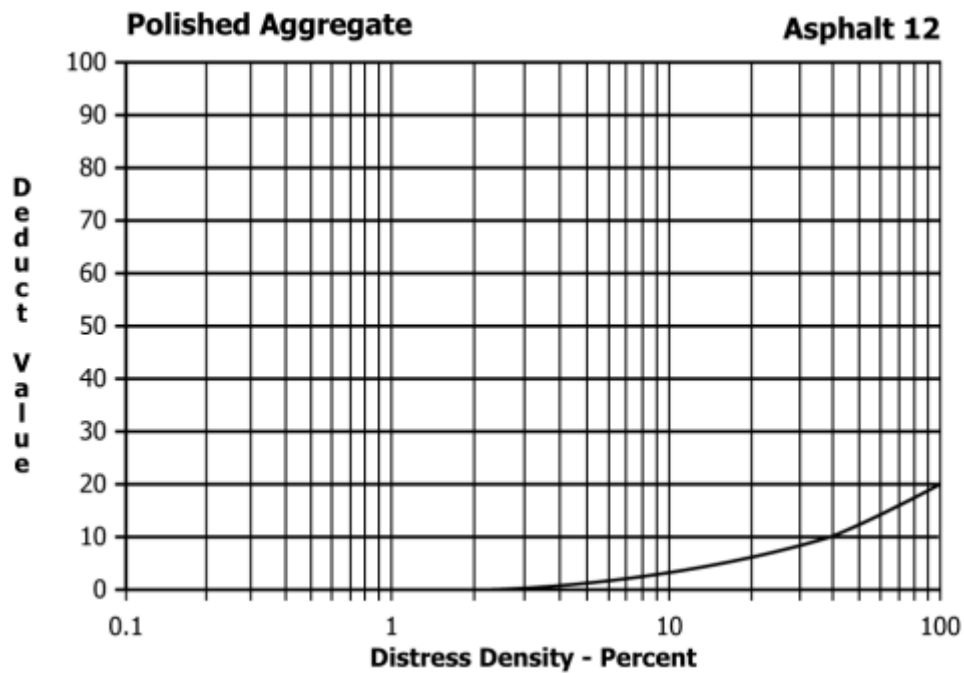
Fuente: (ASTM D6433, 2024)

Figura 3.15 Curvas de valor deducido para falla longitudinal y transversal



Fuente: (ASTM D6433, 2024)

Figura 3.16 Curvas de valor deducido para falla por pulimento



Fuente: (ASTM D6433, 2024)

En este trabajo el cálculo del VD ha sido automatizado en una hoja de programación en Excel, con todas las fórmulas y tablas indicadas, para optimizar tiempos y a partir de los datos también poder generar gráficas para una mejor ilustración de resultados.

3.6.5 Número máximo admisible de valores deducidos (m)D

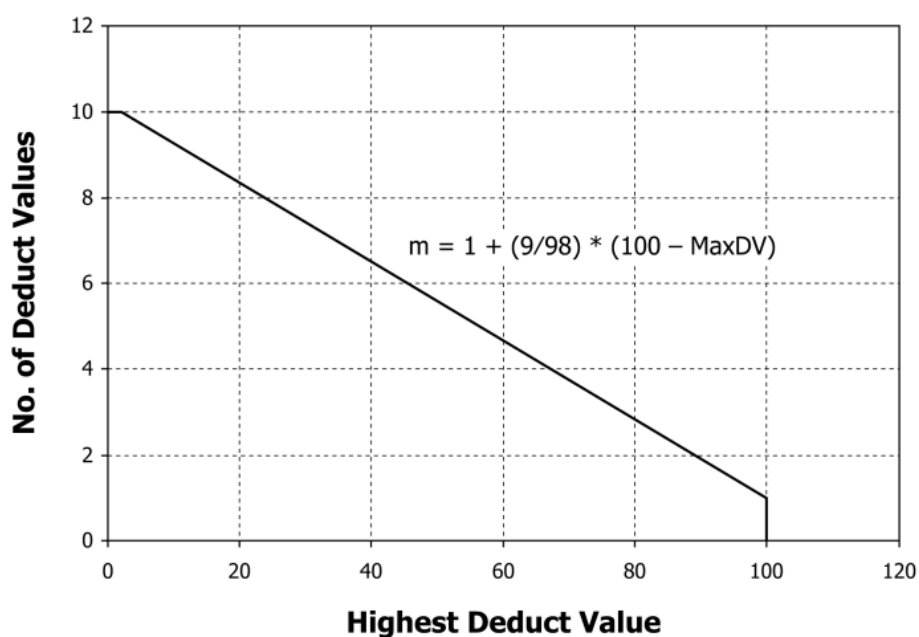
Una vez obtenidos los valores deducidos individuales, el método PCI no permite utilizar todos ellos de forma directa cuando existen múltiples deterioros en una misma unidad de muestreo y para evitar una penalización excesiva del índice, la norma ASTM D6433-24 introduce el concepto del número máximo admisible de valores deducidos (m), el cual se calcula en función del mayor valor deducido individual (HDVi) presente en la unidad.

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDVi)$$

El valor de m se determina mediante la ecuación mostrada, la cual ajusta la cantidad de valores deducidos que pueden considerarse en el cálculo, permitiendo incluir fracciones si el resultado no es un número entero. Este procedimiento garantiza que el cálculo del PCI refleje de manera equilibrada el efecto combinado de los deterioros, evitando que un número elevado de fallas menores distorsione el resultado final. Una vez determinado m, solo los m valores deducidos más altos se emplean en el siguiente paso del método.

Figura 3.17 Ajuste del número de valores deducidos

Adjustment of Number of Deduct Values



Fuente: (ASTM D6433, 2024)

La relación entre el mayor valor deducido y el número máximo admisible de valores deducidos se establece mediante la curva de ajuste definida en la norma ASTM D6433, esto hace referencia a cuantos Valores deducidos deben considerarse y siempre serán escogidos entre los mayores valores numéricos de VD.

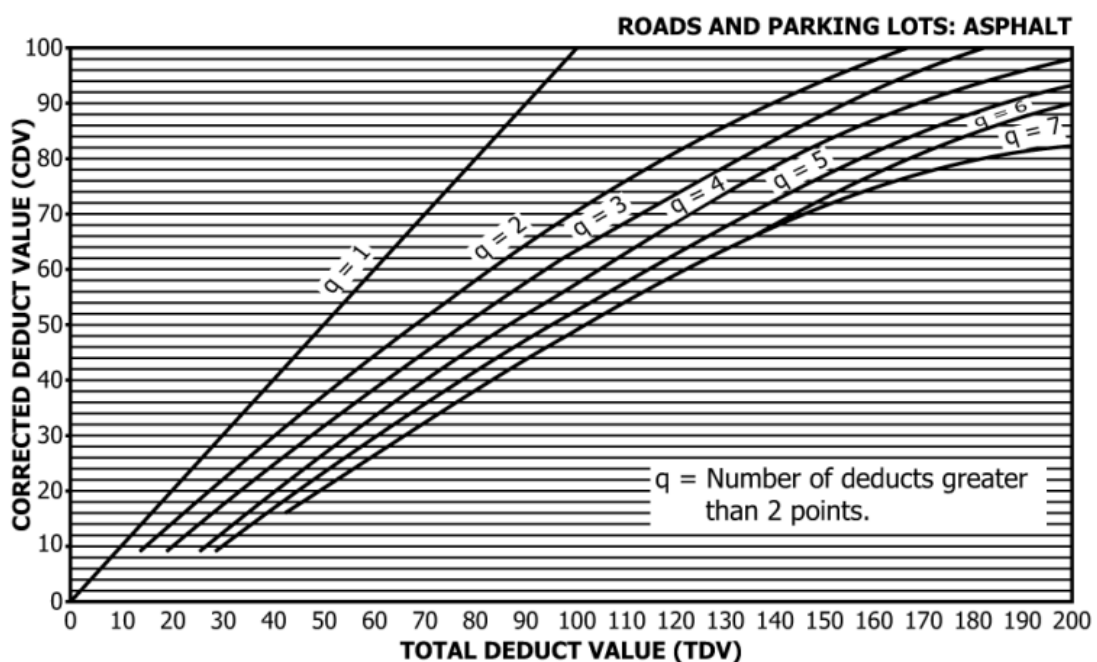
3.6.6 Valor deducido corregido (CDV)

Una vez seleccionados los valores deducidos que serán considerados en el cálculo, conforme al límite establecido por el número máximo admisible “*m*”, se procede a la determinación del Valor Deducido Corregido (CDV). En esta etapa, el método PCI establece que únicamente deben contabilizarse aquellos valores deducidos individuales mayores a 2.0, ya que valores inferiores no influyen de manera significativa en la condición funcional del pavimento. El número de valores deducidos mayores a 2.0 se define como “*q*”, y junto con la suma total de los valores deducidos considerados, permite ingresar a las curvas o tablas de corrección correspondientes al tipo de pavimento evaluado. Estas curvas ajustan la penalización total, reconociendo que la presencia simultánea de varios deterioros no afecta al pavimento de forma estrictamente aditiva, sino de manera combinada.

El procedimiento de cálculo del CDV es de carácter iterativo, ya que, una vez obtenido un primer valor corregido, el método exige reducir progresivamente el menor valor deducido individual que sea mayor a 2.0 hasta llevarlo a dicho valor, repitiendo nuevamente el proceso

de conteo de “q”, suma de valores deducidos y determinación del CDV. Este proceso se repite hasta que el número de valores deducidos mayores a 2.0 sea igual a uno. De todos los valores corregidos obtenidos durante este procedimiento, se selecciona el mayor, el cual se define como el Valor Deducido Corregido máximo (CDV). Este valor representa la penalización final asociada a la unidad de muestreo y es el que se utiliza directamente para el cálculo del PCI, garantizando que el resultado refleje de manera equilibrada la interacción real entre los deterioros presentes en la superficie evaluada, conforme a lo establecido en la norma ASTM D6433-24.

Figura 3.18 Curva de valores deducidos corregidos CDV



Fuente: (ASTM D6433, 2024)

3.6.7 Valor por Tramo de PCI

Finalmente, el Índice de Condición del Pavimento se calcula restando el Valor Deducido Corregido máximo (CDV) de 100, conforme a la expresión definida por la norma ASTM D6433-24. El resultado es un valor numérico comprendido entre 0 y 100, donde valores cercanos a 100 indican un pavimento en excelente condición superficial, mientras que valores bajos reflejan estados de deterioro severo. El PCI calculado corresponde a una unidad de muestreo individual, y posteriormente puede promediarse para obtener el PCI representativo de una sección o tramo vial completo. Este índice constituye una herramienta objetiva para la evaluación del estado superficial del pavimento y sirve como base técnica para la clasificación del estado de la vía y la formulación de propuestas de mantenimiento acordes al nivel de deterioro identificado.

CAPITULO IV

4. Análisis de resultados

4.1 Cálculos previos al PCI

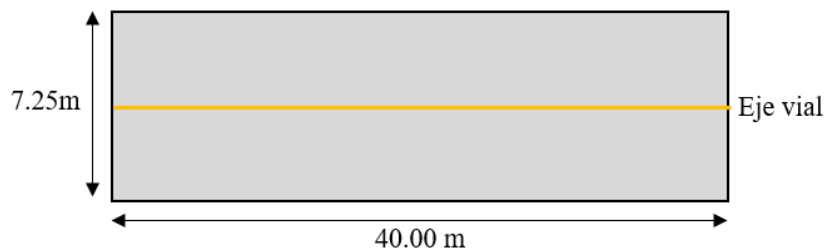
$$\text{Longitud tramo calculado} = \frac{300\text{m}^2}{7.25\text{m}} = 41.37\text{m} \rightarrow \text{Escogemos } 40\text{m}$$

El área real de análisis será de 290m^2

$$\text{Número tramos} = \frac{1000\text{m}}{40\text{m}} = 25 \text{ Tramos de estudio}$$

Los tramos tendrán las siguientes dimensiones:

Figura 4.1 Esquema de Tramos viales

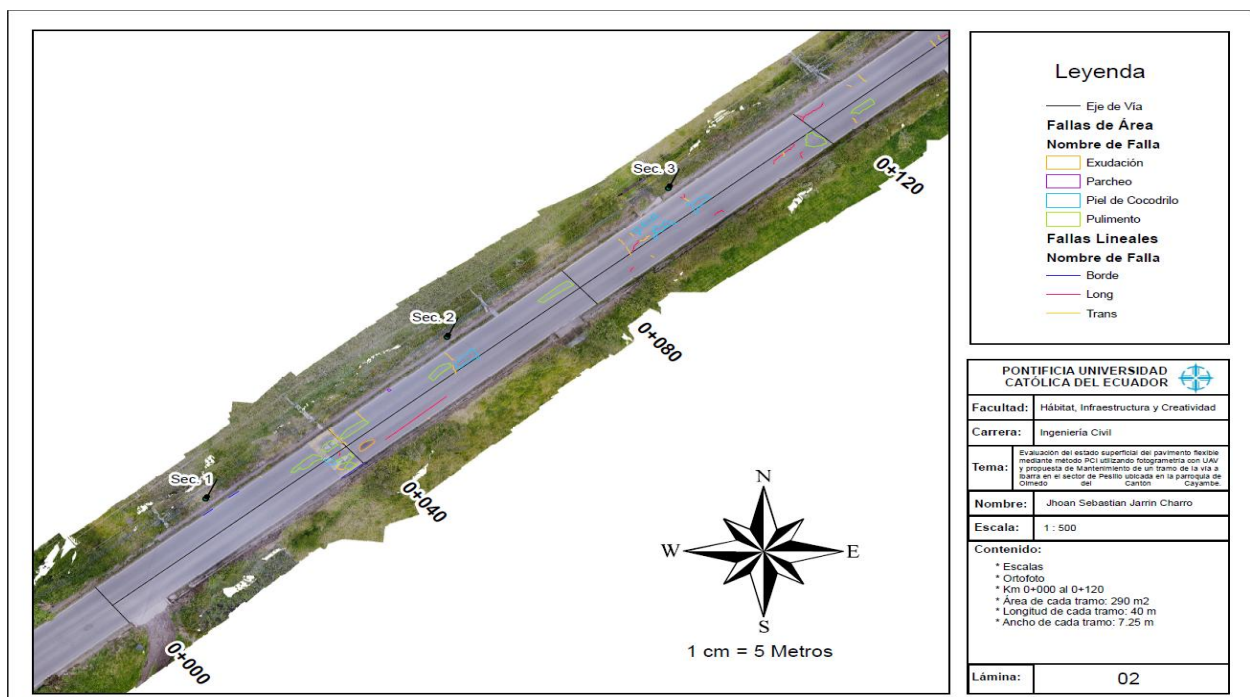


Fuente: Elaboración propia

4.2 Ubicación de datos en software de estudio

Con los primeros resultados obtenidos, en la ortofoto se ubican tanto el eje vial como el número de tramos ya definidos y se empieza a reconocer las fallas y a medirlas.

Figura 4.2 Ortofoto con reconocimiento de fallas, secciones y eje vial



Fuente: Elaboración propia

4.3 Clasificación, medición y ubicación de Fallas de tipo Área

Tabla 4.1 Identificación de Fallas de área por tramo

Forma	Sec	Nombre de Falla	Severidad	Área	Coordenadas UTM WGS84	
					Este	Norte
Polígono	1	Pulimento	L	3.955093	823145.5337	11944.69108
Polígono	1	Pulimento	M	2.020268	823148.4476	11947.36096
Polígono	1	Piel de coco	L	1.092537	823148.6234	11944.87972
Polígono	1	Pulimento	M	1.08552	823151.2049	11944.19578
Polígono	1	Pulimento	L	1.802313	823150.5633	11945.29525
Polígono	2	Exudación	L	1.927199	823153.3093	11947.55318
Polígono	2	Pulimento	L	3.064015	823162.9802	11959.47819
Polígono	2	Pulimento	L	3.429089	823151.6897	11950.12653
Polígono	2	Piel de coco	L	3.726903	823166.5876	11961.49076
Polígono	2	Parcheo	L	0.12346	823156.3234	11956.42599
Polígono	2	Pulimento	L	4.156874	823178.3395	11972.34536
Polígono	3	Piel de coco	L	0.555705	823189.016	11982.12619
Polígono	3	Piel de coco	M	2.412776	823192.1997	11982.5345
Polígono	3	Piel de coco	M	1.280197	823190.5601	11983.72021
Polígono	3	Piel de coco	M	2.745253	823197.0754	11986.57275
Polígono	3	Pulimento	M	4.219375	823212.3252	11996.64644
Polígono	4	Exudación	L	1.59593	823235.1125	12014.92314
Polígono	4	Pulimento	L	2.81084	823218.759	12002.08207
Polígono	5	Piel de coco	M	2.305672	823260.6227	12041.58921
Polígono	5	Parcheo	M	5.657849	823273.617	12047.08251
Polígono	7	Pulimento	L	0.461064	823309.5557	12080.10447
Polígono	7	Pulimento	L	2.167217	823339.8606	12106.05468
Polígono	7	Pulimento	L	0.168501	823330.342	12097.28221
Polígono	7	Pulimento	M	0.689589	823322.132	12091.14719
Polígono	7	Pulimento	M	0.463102	823328.7053	12096.65437
Polígono	8	Pulimento	M	0.881736	823335.05	12102.0952
Polígono	8	Pulimento	M	2.299288	823359.658	12122.83894
Polígono	9	Exudación	L	0.409685	823385.9271	12143.8355
Polígono	9	Exudación	L	0.335825	823393.3667	12146.89839
Polígono	9	Pulimento	L	0.784314	823366.6705	12128.63981
Polígono	9	Exudación	L	0.065209	823389.9574	12141.82082
Polígono	10	Exudación	L	0.127072	823410.3903	12165.55784
Polígono	10	Pulimento	M	4.216018	823409.0787	12158.44652
Polígono	10	Pulimento	M	2.714723	823412.968	12163.94509
Polígono	10	Pulimento	M	3.26078	823425.7184	12172.16681
Polígono	10	Pulimento	M	1.029992	823424.383	12177.26249
Polígono	11	Pulimento	L	0.182775	823430.4996	12178.81341
Polígono	11	Pulimento	L	0.057925	823430.0032	12178.67994

Polígono	11	Pulimento	L	0.033684	823430.2017	12178.46313
Polígono	11	Exudación	L	0.310815	823428.2392	12180.2995
Polígono	11	Exudación	M	4.041717	823434.7423	12179.42613
Polígono	11	Exudación	L	2.479389	823455.5124	12196.86309
Polígono	11	Pulimento	L	0.829664	823427.826	12178.03321
Polígono	11	Pulimento	L	0.804752	823448.2881	12193.42624
Polígono	11	Pulimento	M	2.086247	823453.7912	12198.53653
Polígono	12	Pulimento	L	2.607098	823465.1811	12204.66669
Polígono	12	Exudación	L	0.011272	823463.2977	12207.78965
Polígono	13	Pulimento	L	0.439662	823518.0229	12250.71696
Polígono	14	Piel de coco	L	0.510152	823524.6082	12255.45003
Polígono	14	Piel de coco	M	4.775183	823530.6903	12256.42879
Polígono	14	Exudación	L	0.113061	823552.6372	12272.74312
Polígono	14	Piel de coco	L	0.607914	823553.5505	12274.58995
Polígono	14	Piel de coco	M	1.107277	823547.5133	12275.58915
Polígono	14	Pulimento	L	1.970411	823533.2064	12261.84564
Polígono	15	Pulimento	L	0.348606	823559.854	12284.31419
Polígono	15	Exudación	L	0.040187	823556.9633	12279.15979
Polígono	15	Exudación	L	0.058323	823558.7303	12280.58503
Polígono	15	Exudación	L	0.85369	823557.1096	12276.67676
Polígono	15	Pulimento	L	3.075429	823578.2916	12294.67118
Polígono	15	Piel de coco	L	0.347114	823574.4081	12294.72899
Polígono	15	Piel de coco	L	2.044288	823576.1734	12298.25375
Polígono	15	Pulimento	L	6.656169	823563.3381	12283.69501
Polígono	16	Pulimento	L	0.971052	823584.8435	12304.12352
Polígono	16	Piel de coco	L	0.646983	823594.7787	12311.16089
Polígono	16	Pulimento	L	1.248642	823606.2188	12317.30078
Polígono	16	Piel de coco	M	3.443107	823606.6884	12322.66808
Polígono	16	Pulimento	L	4.364526	823608.9468	12319.17094
Polígono	17	Piel de coco	L	1.148468	823623.8492	12332.86497
Polígono	17	Piel de coco	L	0.815486	823627.5007	12335.67589
Polígono	17	Piel de coco	M	1.059163	823633.3573	12344.17498
Polígono	17	Piel de coco	M	1.209672	823631.2159	12342.53162
Polígono	17	Pulimento	L	0.59094	823640.296	12348.82171
Polígono	18	Piel de coco	L	1.067259	823649.8805	12353.70694
Polígono	19	Exudación	L	0.317163	823698.3819	12389.38085
Polígono	19	Pulimento	L	2.461376	823708.5348	12398.79692
Polígono	20	Pulimento	L	1.48162	823709.4331	12403.17224
Polígono	20	Parcheo	M	0.792074	823723.2784	12412.53935
Polígono	20	Exudación	L	0.111856	823720.6837	12414.00648
Polígono	20	Exudación	L	0.093939	823721.4606	12408.19162
Polígono	20	Pulimento	M	0.465471	823722.794	12408.9792
Polígono	20	Pulimento	M	0.397779	823724.2298	12410.24286

Polígono	20	Pulimento	L	0.474478	823720.4583	12410.30841
Polígono	20	Pulimento	L	0.958451	823736.3234	12422.3759
Polígono	20	Pulimento	L	0.102163	823750.0236	12431.20543
Polígono	21	Exudación	L	4.101833	823769.5764	12448.00206
Polígono	22	Pulimento	L	1.297886	823787.9047	12463.33212
Polígono	23	Pulimento	L	3.509752	823811.529	12482.36363
Polígono	23	Piel de coco	H	9.794959	823823.3118	12499.17452
Polígono	23	Pulimento	M	10.617997	823827.2949	12502.35954
Polígono	24	Pulimento	L	0.720656	823824.9244	12518.49958
Polígono	25	Pulimento	L	1.36649	823810.5659	12564.9248

Fuente: Elaboración propia

4.4 Clasificación, medición y ubicación de Fallas de tipo Lineal

Tabla 4.2 Identificación de fallas lineales por tramo

Forma	Sec	Nombre de Falla	Severidad	Área	Coordenadas UTM WGS84	
					Este	Norte
Polilínea	1	Long	L	0.631193	823149.8454	11946.0316
Polilínea	1	Trans	L	0.325073	823139.45	11942.4617
Polilínea	1	Borde	L	1.625207	823135.8695	11939.5949
Polilínea	1	Borde	L	1.548874	823132.4841	11936.7155
Polilínea	1	Borde	M	4.028984	823151.6142	11943.5304
Polilínea	1	Trans	M	1.746014	823149.6736	11943.7206
Polilínea	2	Trans	M	3.638981	823149.4473	11948.7912
Polilínea	2	Trans	M	2.071938	823152.5442	11952.224
Polilínea	2	Long	H	10.66765	823159.8401	11951.9051
Polilínea	2	Trans	L	0.30615	823161.5446	11951.8506
Polilínea	2	Trans	M	1.709084	823164.2459	11961.8323
Polilínea	2	Trans	M	1.630366	823164.8429	11959.7194
Polilínea	3	Trans	L	0.558241	823190.9589	11977.9743
Polilínea	3	Long	L	1.000684	823188.2137	11975.9357
Polilínea	3	Trans	M	1.440566	823187.887	11978.8475
Polilínea	3	Trans	M	1.234595	823186.9327	11980.4266
Polilínea	3	Trans	M	1.930121	823190.0007	11980.7933
Polilínea	3	Trans	L	0.708643	823188.3048	11981.4906
Polilínea	3	Long	M	2.196179	823188.6657	11979.7379
Polilínea	3	Long	M	1.879653	823199.7243	11985.1458
Polilínea	3	Long	L	1.160712	823195.1714	11987.4604
Polilínea	3	Trans	L	0.920779	823195.449	11987.1233
Polilínea	3	Trans	L	0.704961	823208.3042	11994.364
Polilínea	3	Long	M	2.166505	823207.3626	11993.675
Polilínea	3	Long	M	2.256334	823209.1866	11995.282

Polilínea	3	Long	L	1.375688	823210.4922	11994.3382
Polilínea	4	Long	H	5.009183	823211.9333	12001.1878
Polilínea	4	Trans	L	1.177272	823217.6028	11999.928
Polilínea	4	Trans	L	0.696667	823216.8914	12005.4435
Polilínea	4	Trans	M	1.661217	823218.4936	12006.6689
Polilínea	4	Trans	L	1.316369	823227.9228	12012.2779
Polilínea	4	Trans	L	0.97068	823228.6858	12013.099
Polilínea	4	Long	M	1.929833	823229.841	12013.7434
Polilínea	4	Long	M	2.314376	823233.4299	12013.4291
Polilínea	4	Trans	L	1.291079	823235.8956	12015.234
Polilínea	4	Trans	L	1.004114	823236.9792	12019.8129
Polilínea	4	Trans	L	2.36524	823237.0817	12021.6452
Polilínea	4	Long	H	5.54694	823239.9155	12022.525
Polilínea	4	Trans	M	1.899202	823240.2422	12022.5128
Polilínea	4	Trans	L	1.467262	823239.1438	12021.808
Polilínea	4	Trans	L	0.778496	823239.677	12024.352
Polilínea	4	Long	L	0.801637	823210.7787	11999.9906
Polilínea	5	Long	H	5.99317	823261.2914	12040.295
Polilínea	5	Trans	M	1.983663	823261.2785	12040.0295
Polilínea	5	Trans	L	1.202023	823262.3448	12041.0853
Polilínea	5	Long	L	1.398264	823266.6164	12044.2854
Polilínea	5	Trans	L	0.850647	823264.7968	12044.9604
Polilínea	5	Trans	M	3.245517	823271.7627	12048.2005
Polilínea	5	Long	M	2.872853	823272.2497	12049.3321
Polilínea	5	Long	H	4.541263	823277.7473	12052.2426
Polilínea	6	Long	M	3.478478	823275.0812	12049.7966
Polilínea	6	Trans	L	1.697138	823277.9798	12050.1296
Polilínea	6	Long	M	3.40691	823283.7429	12058.6131
Polilínea	6	Trans	M	1.725089	823283.95	12059.0049
Polilínea	6	Trans	L	1.240182	823287.359	12061.5023
Polilínea	6	Trans	L	0.492789	823291.6739	12065.2404
Polilínea	6	Trans	M	1.25631	823291.0393	12066.8939
Polilínea	6	Trans	L	0.632808	823298.4111	12067.4674
Polilínea	6	Long	H	5.992685	823299.5003	12070.1748
Polilínea	6	Trans	L	0.975363	823300.8134	12070.6092
Polilínea	6	Long	L	1.091123	823303.0647	12071.1693
Polilínea	6	Trans	M	1.483112	823307.0497	12080.4555
Polilínea	6	Trans	M	0.601536	823307.7005	12080.7065
Polilínea	6	Trans	L	0.329885	823279.3144	12051.5972
Polilínea	6	Trans	M	0.471842	823278.1395	12050.0963
Polilínea	7	Trans	M	0.681001	823320.3204	12088.1781
Polilínea	7	Trans	M	0.528389	823321.0123	12087.7727
Polilínea	7	Trans	M	0.7452	823321.7285	12088.1871

Polilínea	7	Trans	L	0.728339	823319.1901	12090.1811
Polilínea	7	Trans	L	0.8489	823308.2774	12080.9248
Polilínea	7	Long	M	1.386785	823307.616	12080.7641
Polilínea	7	Long	L	1.223611	823310.517	12080.7322
Polilínea	7	Trans	M	1.570086	823311.5244	12081.4323
Polilínea	7	Trans	L	1.572115	823310.8514	12083.1588
Polilínea	7	Long	L	1.209759	823311.036	12083.3497
Polilínea	7	Trans	L	1.134341	823309.9276	12082.5898
Polilínea	7	Long	M	5.086186	823321.7988	12088.7238
Polilínea	7	Trans	L	0.660693	823323.8996	12090.3507
Polilínea	7	Trans	M	1.010973	823324.1581	12088.2129
Polilínea	7	Trans	M	1.092884	823325.2637	12089.0045
Polilínea	7	Trans	M	1.120513	823324.4146	12088.8676
Polilínea	7	Long	L	0.488463	823325.2264	12089.2924
Polilínea	7	Trans	M	1.67867	823330.977	12100.3578
Polilínea	7	Trans	L	0.600735	823333.3408	12101.9995
Polilínea	8	Trans	L	0.799404	823346.9616	12107.4285
Polilínea	8	Long	L	0.353245	823346.8565	12107.2637
Polilínea	8	Trans	L	0.604673	823346.47	12109.1244
Polilínea	8	Trans	L	0.581917	823347.9205	12109.7986
Polilínea	8	Trans	L	0.653673	823355.6989	12120.2038
Polilínea	8	Trans	L	0.897477	823372.2229	12128.3466
Polilínea	8	Trans	L	0.820079	823373.2635	12128.7775
Polilínea	8	Trans	M	0.69697	823374.7613	12130.2165
Polilínea	8	Borde	L	0.914754	823405.5533	12154.2271
Polilínea	8	Long	L	1.283868	823344.0444	12107.0655
Polilínea	8	Long	M	3.723043	823347.6414	12109.9603
Polilínea	8	Long	L	0.857323	823349.4973	12109.3093
Polilínea	8	Trans	L	0.657917	823349.9766	12109.6742
Polilínea	8	Trans	L	0.543114	823355.4058	12114.0901
Polilínea	8	Trans	L	0.552639	823355.7749	12114.7109
Polilínea	8	Long	M	1.890566	823356.0736	12116.856
Polilínea	8	Trans	M	1.875935	823353.422	12118.5539
Polilínea	8	Trans	L	0.407619	823356.5793	12117.2415
Polilínea	8	Long	L	0.847049	823347.4455	12107.7686
Polilínea	8	Trans	M	0.541297	823343.8568	12106.7736
Polilínea	9	Trans	M	0.484907	823392.9488	12144.7727
Polilínea	9	Trans	M	1.660017	823367.6799	12126.6912
Polilínea	9	Trans	L	1.179582	823369.8688	12126.2448
Polilínea	9	Long	L	1.267235	823369.3852	12127.7994
Polilínea	9	Long	M	3.323844	823392.9811	12145.5419
Polilínea	9	Trans	M	0.603543	823394.1206	12146.0441
Polilínea	10	Trans	L	0.963105	823403.1484	12159.4382

Polilínea	10	Long	L	1.851612	823404.0121	12157.8621
Polilínea	10	Trans	L	0.766773	823416.255	12164.4477
Polilínea	10	Trans	H	4.99291	823419.4362	12169.1685
Polilínea	10	Long	L	0.814639	823418.8618	12170.3481
Polilínea	10	Trans	L	0.928787	823405.0663	12161.1183
Polilínea	11	Trans	M	1.539308	823426.5572	12179.1552
Polilínea	11	Trans	M	1.860501	823429.7953	12178.2514
Polilínea	11	Trans	L	1.383933	823439.8735	12183.9604
Polilínea	11	Trans	L	1.772605	823449.0366	12197.5423
Polilínea	11	Long	L	0.632873	823449.5587	12197.6626
Polilínea	11	Trans	M	1.860678	823450.6078	12196.561
Polilínea	11	Long	L	0.530764	823450.7995	12196.8289
Polilínea	11	Trans	L	0.774055	823452.7998	12200.4526
Polilínea	11	Trans	L	1.353646	823456.0153	12203.3196
Polilínea	12	Long	M	3.505197	823458.9708	12201.7393
Polilínea	12	Trans	L	0.877451	823459.6233	12202.349
Polilínea	12	Trans	L	0.34577	823460.1261	12202.449
Polilínea	12	Trans	L	0.749255	823462.1342	12202.1841
Polilínea	12	Trans	M	1.049272	823459.2528	12203.3322
Polilínea	12	Trans	L	0.429605	823457.6259	12204.6985
Polilínea	12	Long	L	1.741778	823462.2043	12204.277
Polilínea	12	Trans	L	0.636038	823461.6967	12204.1144
Polilínea	12	Long	L	1.074974	823463.0708	12203.1294
Polilínea	12	Borde	M	2.888626	823461.2566	12209.0246
Polilínea	12	Borde	H	2.361494	823473.5597	12214.9964
Polilínea	12	Trans	L	0.707308	823471.4733	12215.5779
Polilínea	12	Trans	M	1.361997	823472.4052	12216.1639
Polilínea	12	Long	L	0.992915	823472.3516	12216.16
Polilínea	12	Long	M	1.294613	823473.9157	12216.3752
Polilínea	12	Trans	L	1.25008	823475.8853	12218.757
Polilínea	12	Trans	L	0.895692	823481.5537	12219.9078
Polilínea	12	Long	M	2.656804	823485.2755	12222.7487
Polilínea	12	Trans	M	0.329646	823484.8231	12222.003
Polilínea	12	Trans	M	2.336264	823486.1528	12223.8498
Polilínea	13	Trans	L	0.751717	823491.4874	12231.2438
Polilínea	13	Trans	L	0.277055	823492.4303	12229.7347
Polilínea	13	Trans	L	0.260146	823492.404	12230.1783
Polilínea	13	Trans	L	0.3109	823493.1328	12230.784
Polilínea	13	Trans	L	0.232938	823493.5552	12230.8151
Polilínea	13	Trans	L	0.502441	823492.9872	12232.3467
Polilínea	13	Long	M	1.729511	823495.9423	12232.6163
Polilínea	13	Trans	L	0.552799	823495.6176	12232.4092
Polilínea	13	Long	H	8.187046	823495.8724	12234.4813

Polilínea	13	Trans	M	1.049946	823497.0939	12233.7395
Polilínea	13	Trans	M	0.224141	823495.6806	12234.624
Polilínea	13	Trans	M	0.427354	823495.8804	12235.1779
Polilínea	13	Trans	M	0.668846	823497.5771	12235.8791
Polilínea	13	Long	M	2.994374	823499.1729	12235.2975
Polilínea	13	Trans	M	1.287311	823499.4345	12235.415
Polilínea	13	Trans	M	0.837635	823498.4193	12234.6685
Polilínea	13	Trans	M	1.676387	823499.137	12237.5774
Polilínea	13	Trans	M	0.375311	823499.2269	12237.7027
Polilínea	13	Trans	L	0.426428	823503.5596	12241.0672
Polilínea	13	Long	L	1.031416	823506.865	12239.9563
Polilínea	13	Long	M	2.345888	823509.0613	12239.5898
Polilínea	13	Trans	M	0.343994	823509.6435	12239.7706
Polilínea	13	Trans	H	1.491832	823511.8009	12245.2274
Polilínea	13	Long	L	0.845678	823509.2221	12241.472
Polilínea	13	Trans	L	0.78422	823510.2193	12242.5508
Polilínea	13	Trans	L	0.673782	823511.87	12241.5633
Polilínea	13	Trans	L	0.403491	823509.6956	12244.49
Polilínea	13	Long	L	0.994774	823515.07	12246.4878
Polilínea	13	Trans	L	0.570581	823519.0396	12247.3786
Polilínea	13	Trans	L	0.395871	823519.4514	12247.6468
Polilínea	13	Long	L	0.414504	823519.7829	12247.9294
Polilínea	13	Trans	M	1.435028	823520.5429	12252.4104
Polilínea	13	Long	L	0.625886	823520.8576	12252.4614
Polilínea	14	Trans	M	1.960887	823519.8746	12254.0504
Polilínea	14	Long	H	3.89225	823521.2038	12252.8269
Polilínea	14	Long	H	2.694843	823521.911	12255.0588
Polilínea	14	Trans	M	0.677	823520.0737	12254.2999
Polilínea	14	Trans	L	0.233902	823520.4349	12254.0537
Polilínea	14	Trans	L	0.486695	823521.4716	12255.114
Polilínea	14	Trans	M	0.476818	823522.4299	12255.9249
Polilínea	14	Trans	L	0.312041	823522.8465	12255.6986
Polilínea	14	Trans	H	2.092287	823523.6195	12256.5428
Polilínea	14	Trans	M	0.640831	823523.6126	12255.0157
Polilínea	14	Long	M	1.800537	823524.4106	12257.3564
Polilínea	14	Trans	L	1.0544	823524.8956	12254.6207
Polilínea	14	Long	L	0.905596	823526.8283	12253.5345
Polilínea	14	Long	M	1.747013	823528.2921	12256.6331
Polilínea	14	Trans	L	0.503117	823528.1627	12256.2597
Polilínea	14	Long	M	1.437517	823529.6333	12257.8101
Polilínea	14	Trans	L	0.544428	823530.0687	12257.9336
Polilínea	14	Trans	L	0.88907	823533.6585	12258.9002
Polilínea	14	Trans	M	1.327642	823534.7252	12259.6475

Polilínea	14	Long	L	0.747293	823535.407	12260.3054
Polilínea	14	Trans	L	0.789806	823533.5535	12260.9571
Polilínea	14	Long	H	2.96187	823532.4895	12259.9997
Polilínea	14	Long	L	0.229389	823534.7504	12259.7933
Polilínea	14	Long	L	0.41618	823534.9971	12259.6276
Polilínea	14	Trans	L	0.38893	823533.3938	12259.0891
Polilínea	14	Trans	L	0.388492	823541.1533	12267.0802
Polilínea	14	Long	M	1.756489	823547.1842	12269.6573
Polilínea	14	Long	L	0.255712	823547.5691	12269.8294
Polilínea	14	Trans	L	0.747248	823550.238	12271.9492
Polilínea	14	Trans	L	0.979856	823551.8639	12275.4732
Polilínea	15	Trans	L	0.765931	823553.7659	12276.5357
Polilínea	15	Long	L	0.220751	823554.6795	12278.1891
Polilínea	15	Long	H	4.288526	823571.1545	12292.3438
Polilínea	15	Long	M	0.707638	823570.6607	12291.9594
Polilínea	15	Long	M	0.403783	823581.8888	12300.8544
Polilínea	15	Long	M	2.706705	823572.0822	12295.8702
Polilínea	15	Long	L	1.046223	823573.4933	12294.0188
Polilínea	15	Trans	M	0.817471	823571.2484	12292.9117
Polilínea	15	Trans	M	0.30378	823572.4797	12293.0046
Polilínea	15	Long	M	1.940482	823575.4499	12292.1019
Polilínea	15	Trans	M	0.598801	823575.4258	12291.5919
Polilínea	15	Long	L	0.815239	823573.481	12296.182
Polilínea	15	Trans	L	0.812874	823582.1732	12303.0413
Polilínea	15	Trans	L	0.49497	823582.6629	12303.14
Polilínea	15	Long	M	2.070774	823582.9713	12301.668
Polilínea	15	Trans	M	0.992906	823582.8204	12301.4297
Polilínea	15	Trans	L	0.286183	823573.5259	12293.7387
Polilínea	16	Long	M	1.19839	823587.0689	12304.906
Polilínea	16	Long	M	1.848952	823586.0073	12304.4061
Polilínea	16	Long	M	2.895644	823584.2042	12302.914
Polilínea	16	Trans	L	1.22539	823588.5182	12308.1604
Polilínea	16	Long	M	4.26399	823586.8749	12306.813
Polilínea	16	Trans	L	1.518759	823585.1256	12305.4288
Polilínea	16	Trans	M	1.875151	823584.2988	12304.4298
Polilínea	16	Trans	L	0.278088	823583.8995	12304.1699
Polilínea	16	Long	L	0.738396	823583.2739	12303.7106
Polilínea	16	Trans	M	0.704506	823587.5596	12304.9075
Polilínea	16	Trans	M	0.774676	823586.1519	12303.7263
Polilínea	16	Trans	M	1.811325	823584.8894	12303.0574
Polilínea	16	Trans	L	0.433627	823586.4806	12307.0513
Polilínea	16	Trans	M	0.623744	823586.883	12306.6586
Polilínea	16	Trans	M	0.38887	823586.8145	12307.1855

Polilínea	16	Trans	M	0.324118	823587.9787	12307.5515
Polilínea	16	Long	L	0.495767	823588.3651	12308.0067
Polilínea	16	Long	M	2.677804	823592.5784	12309.3826
Polilínea	16	Long	M	2.993118	823593.3684	12310.0005
Polilínea	16	Trans	L	0.27328	823593.5109	12309.9406
Polilínea	16	Trans	M	0.306618	823593.8615	12310.1857
Polilínea	16	Trans	M	0.232308	823593.4707	12310.3728
Polilínea	16	Trans	M	0.336305	823593.7672	12310.4891
Polilínea	16	Long	H	2.026771	823591.6096	12310.609
Polilínea	16	Long	M	0.946202	823591.0146	12310.3244
Polilínea	16	Trans	L	0.243572	823591.7926	12310.6064
Polilínea	16	Trans	L	0.372579	823592.0744	12310.8312
Polilínea	16	Long	L	0.44173	823592.2751	12311.3378
Polilínea	16	Long	M	0.981011	823592.6592	12311.6177
Polilínea	16	Trans	L	0.789001	823592.9136	12311.2969
Polilínea	16	Trans	L	0.943409	823593.0755	12311.9148
Polilínea	16	Long	H	8.252514	823597.2325	12313.1498
Polilínea	16	Long	H	7.065906	823602.6975	12317.375
Polilínea	16	Long	M	1.060257	823595.9226	12312.0399
Polilínea	16	Trans	M	1.257649	823593.5201	12312.1424
Polilínea	16	Long	M	2.41303	823594.0098	12312.4693
Polilínea	16	Long	L	1.042871	823594.9469	12313.3891
Polilínea	16	Long	H	4.723574	823596.7344	12314.7651
Polilínea	16	Trans	L	0.594921	823600.1139	12317.9545
Polilínea	16	Long	L	1.276015	823600.3354	12317.6415
Polilínea	16	Trans	M	3.603768	823600.347	12314.1412
Polilínea	16	Trans	M	0.602983	823597.0824	12312.4441
Polilínea	16	Trans	M	0.609405	823598.121	12313.4743
Polilínea	16	Trans	M	0.396412	823598.3972	12314.0327
Polilínea	16	Trans	M	0.629107	823600.0252	12315.1431
Polilínea	16	Trans	M	0.272799	823599.2103	12314.723
Polilínea	16	Trans	M	0.514581	823595.7724	12311.7688
Polilínea	16	Trans	M	0.489346	823595.419	12313.8208
Polilínea	16	Trans	M	0.56328	823595.5563	12314.2637
Polilínea	16	Trans	M	0.320846	823595.8993	12314.4119
Polilínea	16	Trans	M	1.141253	823596.5403	12314.4922
Polilínea	16	Trans	M	0.515176	823597.8105	12315.6966
Polilínea	16	Trans	M	0.287158	823598.1888	12315.7619
Polilínea	16	Trans	L	0.302975	823600.3933	12315.8666
Polilínea	16	Trans	L	0.20538	823600.8584	12316.2759
Polilínea	16	Trans	L	0.269675	823601.3249	12316.6298
Polilínea	16	Trans	L	0.436183	823601.8025	12316.5062
Polilínea	16	Trans	L	0.375562	823602.4931	12317.0876

Polilínea	16	Trans	L	1.096312	823602.5459	12317.3933
Polilínea	16	Trans	L	0.483941	823603.1682	12317.7743
Polilínea	16	Trans	M	0.778401	823604.0199	12318.4899
Polilínea	16	Trans	M	0.887398	823604.8117	12318.627
Polilínea	16	Long	M	2.027989	823604.6964	12320.1036
Polilínea	16	Long	L	0.960859	823603.9682	12320.4732
Polilínea	16	Trans	L	0.65106	823604.0471	12320.6696
Polilínea	16	Trans	L	0.272381	823604.0649	12320.3379
Polilínea	16	Long	M	2.819762	823608.814	12324.6432
Polilínea	16	Trans	L	1.355511	823609.0917	12324.8258
Polilínea	16	Trans	L	0.694811	823610.0402	12325.4653
Polilínea	16	Trans	L	0.177094	823609.5934	12325.0362
Polilínea	16	Trans	L	0.494292	823608.1413	12321.9633
Polilínea	16	Long	M	3.918532	823606.3554	12320.5098
Polilínea	16	Trans	L	0.41872	823607.1766	12320.7742
Polilínea	16	Trans	L	0.530344	823607.6202	12321.0817
Polilínea	16	Trans	L	0.353884	823613.6849	12328.3847
Polilínea	16	Trans	L	0.287435	823613.0887	12327.8591
Polilínea	16	Trans	L	0.557269	823599.0649	12310.8662
Polilínea	16	Trans	M	0.625112	823596.7439	12310.452
Polilínea	16	Borde	L	0.537906	823616.2907	12323.0056
Polilínea	17	Borde	L	0.815763	823620.2592	12326.1842
Polilínea	17	Long	M	1.075126	823617.8967	12331.8698
Polilínea	17	Long	M	2.475329	823621.4076	12332.4203
Polilínea	17	Trans	M	1.602858	823620.1528	12333.6866
Polilínea	17	Long	M	1.025454	823620.1769	12333.5441
Polilínea	17	Trans	M	1.096305	823620.8673	12334.2309
Polilínea	17	Trans	L	0.785594	823621.8116	12334.9335
Polilínea	17	Long	L	0.813353	823621.8584	12334.6795
Polilínea	17	Long	M	0.4964	823622.0965	12332.8748
Polilínea	17	Trans	L	0.363482	823621.7732	12332.8952
Polilínea	17	Trans	L	0.593551	823622.7956	12333.265
Polilínea	17	Long	L	1.970017	823626.5203	12332.9078
Polilínea	17	Trans	L	0.569387	823627.4466	12333.7608
Polilínea	17	Trans	L	0.424885	823628.7543	12334.8611
Polilínea	17	Long	H	3.282932	823625.8426	12334.5149
Polilínea	17	Trans	L	0.575796	823625.3514	12334.1379
Polilínea	17	Long	M	1.896513	823628.3912	12336.4793
Polilínea	17	Long	L	0.305661	823628.2721	12336.2869
Polilínea	17	Long	L	1.436813	823623.6562	12334.2881
Polilínea	17	trans	M	1.808747	823624.3989	12335.0179
Polilínea	17	Long	L	0.399468	823624.5931	12335.0872
Polilínea	17	Trans	M	1.324602	823625.9543	12336.0309

Polilínea	17	Trans	M	1.228644	823627.0516	12336.8054
Polilínea	17	Trans	M	1.086675	823622.4745	12335.5273
Polilínea	17	Trans	L	1.131951	823623.7224	12336.4492
Polilínea	17	Long	L	0.483248	823623.8507	12336.7044
Polilínea	17	Trans	M	1.725528	823624.3829	12337.2868
Polilínea	17	Trans	M	1.133009	823624.7253	12337.3147
Polilínea	17	Long	L	0.48124	823624.7325	12337.1949
Polilínea	17	Trans	M	0.898959	823625.5132	12337.8229
Polilínea	17	Trans	L	0.564168	823625.7337	12338.367
Polilínea	17	trans	M	1.277347	823627.1884	12339.2702
Polilínea	17	Long	L	0.54469	823627.529	12339.5057
Polilínea	17	Long	M	1.656892	823632.5484	12343.5187
Polilínea	17	Long	L	0.388556	823632.5061	12343.7219
Polilínea	17	Trans	M	1.083506	823633.3593	12343.1058
Polilínea	17	Trans	L	0.398251	823638.4356	12349.2598
Polilínea	17	Long	L	6.434658	823630.622	12339.8852
Polilínea	17	Long	L	3.897962	823629.763	12341.4439
Polilínea	17	Long	L	11.90582	823635.9515	12344.297
Polilínea	17	Trans	L	4.613111	823634.873	12345.3576
Polilínea	17	Trans	L	0.399039	823637.3156	12343.5644
Polilínea	17	Trans	L	0.34716	823636.6359	12343.0389
Polilínea	17	Trans	L	0.567437	823634.1298	12342.9944
Polilínea	17	Trans	L	0.555571	823634.5508	12343.2403
Polilínea	17	Trans	L	0.591073	823641.8149	12347.268
Polilínea	17	Trans	L	1.156203	823643.2285	12348.2275
Polilínea	17	Trans	L	1.457927	823644.2781	12349.3198
Polilínea	17	Long	L	5.114112	823643.5147	12350.2462
Polilínea	17	Long	L	16.27977	823642.8403	12351.7653
Polilínea	17	Trans	L	0.368219	823632.4534	12341.5203
Polilínea	17	Trans	L	0.424341	823631.834	12341.2432
Polilínea	17	Trans	L	0.258768	823631.1123	12340.4149
Polilínea	17	Trans	L	0.35471	823631.1557	12340.0043
Polilínea	17	Trans	L	2.135689	823629.796	12338.7596
Polilínea	18	Long	L	5.357141	823647.8278	12352.7208
Polilínea	18	Long	L	18.47696	823653.1119	12356.3196
Polilínea	18	Long	L	1.479947	823654.8209	12355.8381
Polilínea	18	Long	L	0.985881	823656.1235	12356.6919
Polilínea	18	Long	M	7.84598	823654.1329	12356.7432
Polilínea	18	Long	L	6.039445	823654.6511	12362.1372
Polilínea	18	Long	L	7.766758	823655.8591	12359.8375
Polilínea	18	Long	M	2.231455	823650.8066	12352.1153
Polilínea	18	Trans	M	2.070846	823651.1616	12352.8287
Polilínea	18	Long	M	0.674431	823651.2415	12352.4141

Polilínea	18	Trans	M	0.951828	823651.591	12352.866
Polilínea	18	Trans	M	0.939085	823651.7269	12352.9436
Polilínea	18	Trans	L	0.180172	823651.5897	12353.3738
Polilínea	18	Long	L	0.914398	823658.7276	12361.6853
Polilínea	18	Long	L	5.862164	823659.3353	12362.5728
Polilínea	18	Long	L	7.03293	823658.0424	12364.6005
Polilínea	18	Long	L	6.643827	823664.35	12366.2096
Polilínea	18	Long	L	1.62372	823665.1496	12364.1417
Polilínea	18	Long	L	6.923683	823667.0164	12370.4324
Polilínea	18	Long	L	14.79333	823669.92	12370.2729
Polilínea	18	Long	L	1.693513	823670.9816	12368.716
Polilínea	18	Long	L	6.371	823668.7112	12372.6626
Polilínea	18	Trans	L	1.455209	823670.6391	12374.0564
Polilínea	18	Long	L	1.95425	823673.5286	12374.0765
Polilínea	18	Trans	L	3.13637	823674.3865	12376.5961
Polilínea	18	Trans	L	0.420197	823672.9699	12375.9561
Polilínea	18	Long	L	3.980078	823675.6223	12377.9357
Polilínea	18	Trans	L	0.463593	823676.0177	12378.224
Polilínea	18	Long	L	5.053758	823675.7262	12376.162
Polilínea	18	Trans	L	1.425043	823675.9283	12373.8478
Polilínea	18	Long	L	2.070628	823671.5354	12368.9071
Polilínea	18	Long	L	19.80494	823674.6224	12371.5219
Polilínea	18	Trans	M	4.008106	823671.7711	12371.3413
Polilínea	19	Trans	L	3.060769	823684.2833	12379.1987
Polilínea	19	Long	L	5.406061	823678.3941	12378.0975
Polilínea	19	Long	L	4.836077	823679.884	12381.6227
Polilínea	19	Long	L	4.369886	823681.3913	12382.7972
Polilínea	19	Trans	L	1.092816	823677.106	12377.2248
Polilínea	19	Trans	M	5.03196	823682.792	12377.9062
Polilínea	19	Trans	L	7.873259	823681.6071	12379.7594
Polilínea	19	Trans	L	0.632465	823680.9742	12380.6518
Polilínea	19	Trans	L	1.631006	823680.2484	12380.741
Polilínea	19	Trans	L	0.681911	823686.1124	12380.6642
Polilínea	19	Long	L	0.374338	823689.5871	12383.4335
Polilínea	19	Long	L	0.365901	823695.1762	12387.8836
Polilínea	19	Long	M	2.383798	823696.6228	12389.1936
Polilínea	19	Long	L	1.138746	823695.3497	12391.1476
Polilínea	19	Trans	L	2.182699	823695.7341	12392.0482
Polilínea	19	Long	L	1.573181	823697.745	12393.7949
Polilínea	19	Trans	L	0.338667	823698.7934	12394.2234
Polilínea	19	Trans	L	1.546577	823701.1296	12395.2027
Polilínea	19	Long	L	0.95351	823698.3285	12396.2248
Polilínea	19	Trans	L	0.869141	823698.6639	12397.0448

Polilínea	19	Trans	L	4.12345	823700.3873	12397.986
Polilínea	19	Trans	L	1.521042	823701.1591	12396.5123
Polilínea	19	Long	L	5.289802	823703.1751	12394.4526
Polilínea	19	Trans	L	0.624516	823702.505	12393.502
Polilínea	19	Long	L	10.98642	823699.9171	12391.6456
Polilínea	19	Long	L	1.633182	823697.4716	12390.3756
Polilínea	20	Long	L	0.30997	823711.2748	12401.3222
Polilínea	20	Long	L	0.821279	823710.9859	12400.6839
Polilínea	20	Long	L	0.44793	823708.8639	12404.6258
Polilínea	20	Trans	L	3.604778	823721.0528	12413.4641
Polilínea	20	Trans	L	1.935033	823723.5495	12413.2157
Polilínea	20	Trans	L	0.341734	823722.8416	12412.7407
Polilínea	20	Trans	L	7.336166	823721.918	12411.3715
Polilínea	20	Long	M	19.11759	823723.173	12410.4317
Polilínea	20	Long	M	7.119108	823726.7459	12413.1778
Polilínea	20	Long	L	1.319026	823729.0242	12415.3
Polilínea	20	Long	L	4.913774	823730.7945	12416.5739
Polilínea	20	Long	L	1.363635	823732.2308	12418.1398
Polilínea	20	Trans	L	3.234518	823733.6744	12418.3292
Polilínea	20	Borde	L	0.851981	823735.1934	12418.9846
Polilínea	20	Trans	L	0.529296	823738.5364	12422.9887
Polilínea	20	Trans	L	0.36953	823737.4483	12422.0051
Polilínea	21	Long	L	6.323141	823743.4404	12426.9623
Polilínea	21	Long	L	6.610258	823745.9499	12428.951
Polilínea	21	Long	L	2.681561	823747.26	12430.0992
Polilínea	21	Trans	L	8.579685	823749.5927	12431.6142
Polilínea	21	Long	L	10.10807	823748.4757	12433.9173
Polilínea	21	Long	L	2.778091	823750.36	12432.455
Polilínea	21	Long	L	1.519425	823766.8154	12448.0436
Polilínea	21	Long	L	1.673077	823767.3358	12446.1179
Polilínea	21	Long	L	16.56963	823770.0768	12448.4509
Polilínea	21	Long	L	2.744169	823770.7122	12450.3413
Polilínea	21	Long	L	0.955217	823765.8743	12450.6554
Polilínea	21	Long	L	10.20095	823767.6231	12452.1907
Polilínea	21	Long	L	2.184752	823769.5113	12453.8926
Polilínea	22	Long	L	9.518492	823770.6834	12454.3925
Polilínea	22	Long	L	6.999145	823773.5724	12451.0052
Polilínea	22	Trans	L	0.326951	823774.229	12457.5117
Polilínea	22	Long	L	1.162064	823791.7343	12465.4959
Polilínea	22	Long	M	1.662499	823792.412	12466.3392
Polilínea	22	Long	L	1.055989	823793.0002	12466.4903
Polilínea	22	Long	M	1.997259	823793.8005	12467.1455
Polilínea	22	Long	M	3.57055	823795.496	12468.3941

Polilínea	22	Trans	M	1.157922	823796.6766	12469.3255
Polilínea	22	Long	M	2.083377	823797.4446	12470.079
Polilínea	22	Long	M	3.336206	823798.746	12471.0032
Polilínea	22	Long	M	4.023186	823800.9547	12472.9132
Polilínea	22	Long	M	2.462303	823803.0039	12474.3642
Polilínea	22	Long	M	2.078052	823801.6227	12475.5609
Polilínea	22	Long	M	1.105057	823800.5973	12474.6376
Polilínea	22	Trans	L	1.009442	823794.1117	12469.8728
Polilínea	23	Long	L	0.474131	823803.2262	12476.9061
Polilínea	23	Long	L	0.441289	823804.5153	12478.058
Polilínea	23	Long	M	2.996253	823805.4898	12478.4688
Polilínea	23	Long	L	3.428623	823802.8598	12477.593
Polilínea	23	Trans	M	1.5748	823821.4506	12499.8667
Polilínea	23	Trans	M	3.191172	823825.7842	12496.9508
Polilínea	23	Trans	M	2.406898	823825.9932	12499.0421
Polilínea	23	Long	M	1.829407	823821.9884	12500.9516
Polilínea	23	Long	M	0.537901	823821.7224	12500.0653
Polilínea	23	Trans	M	2.071093	823822.0527	12500.8162
Polilínea	23	Borde	M	2.358042	823831.5085	12506.1455
Polilínea	23	Trans	M	4.837403	823825.9832	12503.7778
Polilínea	23	Trans	L	1.230586	823825.3791	12504.3916
Polilínea	24	Long	L	1.312566	823826.5483	12508.8832
Polilínea	24	Long	L	0.358716	823825.6053	12513.3878
Polilínea	24	Long	L	1.686792	823825.949	12531.059
Polilínea	24	Trans	L	1.379077	823821.5044	12538.3922
Polilínea	24	Long	M	2.063206	823820.4376	12540.3724
Polilínea	24	Long	M	1.267832	823820.9662	12540.6205
Polilínea	24	Trans	M	2.444805	823818.6836	12545.1035
Polilínea	25	Trans	M	2.632887	823817.4163	12549.5651
Polilínea	25	Long	L	1.415233	823809.3883	12570.6845
Polilínea	25	Trans	L	0.809167	823808.9659	12570.5162
Polilínea	25	Trans	L	0.483886	823807.3832	12571.3831
Polilínea	25	Trans	M	3.007815	823807.7236	12574.9752

Fuente: Elaboración propia

4.5 Programación de cálculo PCI

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO

Nombre de la vía:

Vía a Ibarra

Tipo de pavimento:

ASFALTO

DATOS SOBRE LAS DIMENSIONES DE LA MUESTRA

Vía a Ibarra Tramo de estudio del Km 6+500 hasta el Km 7+500	A (Ancho de vía):	7.25 m	<input type="checkbox"/> LLENAR <input checked="" type="checkbox"/> AUTOMÁTICO
	L (Longitud de vía):	40.00 m	Normativa indica muestra de: $225 \pm 90 \text{ m}^2$
	Área de Muestra:	290.00 m ²	MÁXIMO: 315 m ² MÍNIMO: 135 m ²

TABLA DE CÁLCULO ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO POR TRAMOS DE ESTUDIO

#S	ABS I	ABS F	Nombre de la falla	Severidad	Cantidad	U	Densidad	VD	SUMA	q	PCI		PCI FINAL	
1	0+000	0+040	Borde	L					33.55	4	86	Excelente	59	Bueno
1	0+000	0+040	Borde	L	3.17	m	7.94	4.49						
1	0+000	0+040	Borde	M	4.03	m	10.07	13.83						
1	0+000	0+040	Longitudinal	L	0.63	m	1.58	0.06						
1	0+000	0+040	Piel de cocodrilo	L	1.09	m ²	0.38	5.14						
1	0+000	0+040	Pulimento	L										

1	0+000	0+040	Pulimento	L	5.76	m2	1.99	0.00												
1	0+000	0+040	Pulimento	M																
1	0+000	0+040	Pulimento	M	3.11	m2	1.07	0.00												
1	0+000	0+040	Transversal	L	0.33	m	0.81	0.00												
1	0+000	0+040	Transversal	M	1.75	m	4.37	10.04												
2	0+040	0+080	Exudación	L	1.93	m2	0.66	0.00	96.03	3	39	Pobre								
2	0+040	0+080	Longitudinal	H	10.67	m	26.67	56.57												
2	0+040	0+080	Parqueo	L	0.12	m2	0.04	0.00												
2	0+040	0+080	Piel de cocodrilo	L	3.73	m2	1.29	11.84												
2	0+040	0+080	Pulimento	L																
2	0+040	0+080	Pulimento	L																
2	0+040	0+080	Pulimento	L	10.65	m2	3.67	0.34												
2	0+040	0+080	Transversal	L	0.31	m	0.77	0.00												
2	0+040	0+080	Transversal	M																
2	0+040	0+080	Transversal	M																
2	0+040	0+080	Transversal	M																
2	0+040	0+080	Transversal	M	9.05	m	22.63	27.28												
3	0+080	0+120	Longitudinal	L											91.87	6	55	Bueno		
3	0+080	0+120	Longitudinal	L																
3	0+080	0+120	Longitudinal	L	3.54	m	8.84	6.91												
3	0+080	0+120	Longitudinal	M																
3	0+080	0+120	Longitudinal	M																
3	0+080	0+120	Longitudinal	M																
3	0+080	0+120	Longitudinal	M	8.50	m	21.25	26.66												
3	0+080	0+120	Piel de cocodrilo	L	0.56	m2	0.19	3.74												
3	0+080	0+120	Piel de cocodrilo	M																
3	0+080	0+120	Piel de cocodrilo	M																
3	0+080	0+120	Piel de cocodrilo	M	6.44	m2	2.22	29.15												
3	0+080	0+120	Pulimento	M	4.22	m2	1.45	0.00												

5	0+160	0+200	Parcheo	M	5.66	m2	1.95	14.09											
5	0+160	0+200	Piel de cocodrilo	M	2.31	m2	0.80	19.63											
5	0+160	0+200	Transversal	L															
5	0+160	0+200	Transversal	L	2.05	m	5.13	4.41											
5	0+160	0+200	Transversal	M															
5	0+160	0+200	Transversal	M	5.23	m	13.07	20.70	98.42	4.00	43.95	Regular							
6	0+200	0+240	Longitudinal	H	5.99	m	14.98	42.27											
6	0+200	0+240	Longitudinal	L	1.09	m	2.73	1.48											
6	0+200	0+240	Longitudinal	M															
6	0+200	0+240	Longitudinal	M	6.89	m	17.21	23.93											
6	0+200	0+240	Transversal	L															
6	0+200	0+240	Transversal	L															
6	0+200	0+240	Transversal	L															
6	0+200	0+240	Transversal	L															
6	0+200	0+240	Transversal	L															
6	0+200	0+240	Transversal	L	5.37	m	13.42	9.44											
6	0+200	0+240	Transversal	M															
6	0+200	0+240	Transversal	M															
6	0+200	0+240	Transversal	M															
6	0+200	0+240	Transversal	M															
6	0+200	0+240	Transversal	M	5.54	m	13.84	21.30											
7	0+240	0+280	Longitudinal	L								65.31			4.00	63.81	Bueno		
7	0+240	0+280	Longitudinal	L															
7	0+240	0+280	Longitudinal	L	2.92	m	7.30	5.98											
7	0+240	0+280	Longitudinal	M															
7	0+240	0+280	Longitudinal	M	6.47	m	16.18	23.12											
7	0+240	0+280	Pulimento	L															
7	0+240	0+280	Pulimento	L															
7	0+240	0+280	Pulimento	L	2.80	m2	0.96	0.00											

7	0+240	0+280	Pulimento	M				
7	0+240	0+280	Pulimento	M	1.15	m2	0.40	0.00
7	0+240	0+280	Transversal	L				
7	0+240	0+280	Transversal	L				
7	0+240	0+280	Transversal	L				
7	0+240	0+280	Transversal	L				
7	0+240	0+280	Transversal	L				
7	0+240	0+280	Transversal	L	5.55	m	13.86	9.62
7	0+240	0+280	Transversal	M				
7	0+240	0+280	Transversal	M				
7	0+240	0+280	Transversal	M				
7	0+240	0+280	Transversal	M				
7	0+240	0+280	Transversal	M				
7	0+240	0+280	Transversal	M				
7	0+240	0+280	Transversal	M				
7	0+240	0+280	Transversal	M	8.43	m	21.07	26.58
8	0+280	0+320	Borde	L	0.91	m	2.29	3.26
8	0+280	0+320	Longitudinal	L				
8	0+280	0+320	Longitudinal	L				
8	0+280	0+320	Longitudinal	L				
8	0+280	0+320	Longitudinal	L	3.34	m	8.35	6.61
8	0+280	0+320	Longitudinal	M				
8	0+280	0+320	Longitudinal	M	5.61	m	14.03	21.45
8	0+280	0+320	Pulimento	M				
8	0+280	0+320	Pulimento	M	3.18	m2	1.10	0.00
8	0+280	0+320	Transversal	L				
8	0+280	0+320	Transversal	L				
8	0+280	0+320	Transversal	L				
8	0+280	0+320	Transversal	L				

57.44

5.00

72.54

Muy bueno

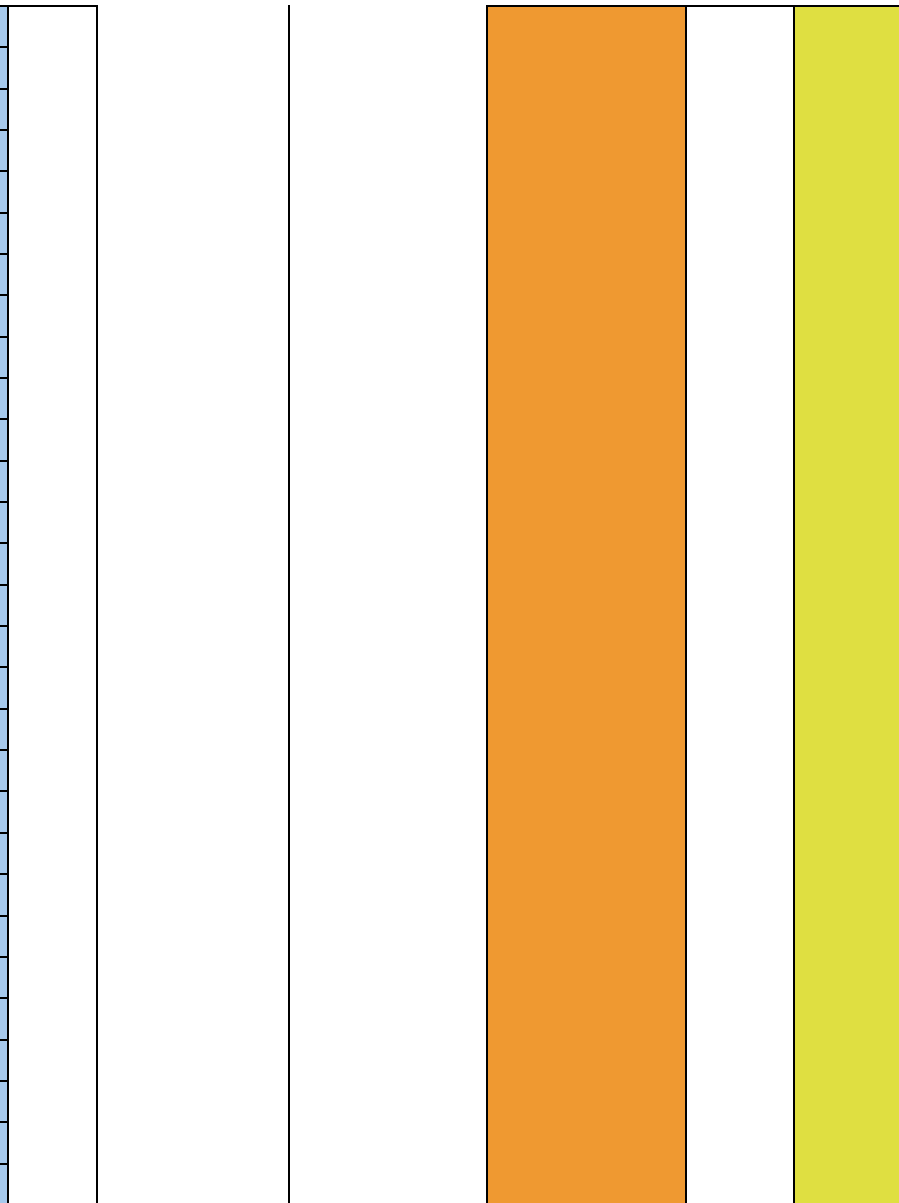
8	0+280	0+320	Transversal	L					34.46	3.00	79.88	Muy bueno		
8	0+280	0+320	Transversal	L										
8	0+280	0+320	Transversal	L										
8	0+280	0+320	Transversal	L										
8	0+280	0+320	Transversal	L	6.52	m	16.30	10.64						
8	0+280	0+320	Transversal	M										
8	0+280	0+320	Transversal	M										
8	0+280	0+320	Transversal	M	3.11	m	7.79	15.48						
9	0+320	0+360	Exudación	L										
9	0+320	0+360	Exudación	L										
9	0+320	0+360	Exudación	L	0.81	m2	0.28	0.00						
9	0+320	0+360	Longitudinal	L	1.27	m	3.17	2.22						
9	0+320	0+360	Longitudinal	M	3.32	m	8.31	16.20						
9	0+320	0+360	Pulimento	L	0.78	m2	0.27	0.00						
9	0+320	0+360	Transversal	L	1.18	m	2.95	1.90						
9	0+320	0+360	Transversal	M										
9	0+320	0+360	Transversal	M										
9	0+320	0+360	Transversal	M	2.75	m	6.87	14.13						
10	0+360	0+400	Exudación	L	0.13	m2	0.04	0.00						
10	0+360	0+400	Longitudinal	L										
10	0+360	0+400	Longitudinal	L	2.67	m	6.67	5.57						
10	0+360	0+400	Pulimento	M										
10	0+360	0+400	Pulimento	M										
10	0+360	0+400	Pulimento	M										
10	0+360	0+400	Pulimento	M	11.22	m2	3.87	0.43						
10	0+360	0+400	Transversal	H	4.99	m	12.48	38.27						
10	0+360	0+400	Transversal	L										
10	0+360	0+400	Transversal	L										
									49.82	3.00	69.12	Bueno		

10	0+360	0+400	Transversal	L	2.66	m	6.65	5.55					
11	0+400	0+440	Exudación	L									
11	0+400	0+440	Exudación	L	2.79	m2	0.96	0.06					
11	0+400	0+440	Exudación	M	4.04	m2	1.39	3.97					
11	0+400	0+440	Longitudinal	L									
11	0+400	0+440	Longitudinal	L	1.16	m	2.91	1.83					
11	0+400	0+440	Pulimento	L									
11	0+400	0+440	Pulimento	L									
11	0+400	0+440	Pulimento	L									
11	0+400	0+440	Pulimento	L	1.91	m2	0.66	0.00					
11	0+400	0+440	Pulimento	M	2.09	m2	0.72	0.00					
11	0+400	0+440	Transversal	L									
11	0+400	0+440	Transversal	L									
11	0+400	0+440	Transversal	L									
11	0+400	0+440	Transversal	L	5.28	m	13.21	9.35					
11	0+400	0+440	Transversal	M									
11	0+400	0+440	Transversal	M									
11	0+400	0+440	Transversal	M	5.26	m	13.15	20.76					
12	0+440	0+480	Borde	H	2.36	m	5.90	17.47					
12	0+440	0+480	Borde	M	2.89	m	7.22	12.06					
12	0+440	0+480	Exudación	L	0.01	m2	0.00	0.00					
12	0+440	0+480	Longitudinal	L									
12	0+440	0+480	Longitudinal	L									
12	0+440	0+480	Longitudinal	L	3.81	m	9.52	7.52					
12	0+440	0+480	Longitudinal	M									
12	0+440	0+480	Longitudinal	M									
12	0+440	0+480	Longitudinal	M	7.46	m	18.64	25.04					
12	0+440	0+480	Pulimento	L	2.61	m2	0.90	0.00					
									35.97	3.00	78.82	Muy bueno	
									92.47	6.00	54.76	Regular	

13	0+480	0+520	Transversal	L					149.59	8.00	30.12	Pobre
13	0+480	0+520	Transversal	L								
13	0+480	0+520	Transversal	L								
13	0+480	0+520	Transversal	L								
13	0+480	0+520	Transversal	L								
13	0+480	0+520	Transversal	L								
13	0+480	0+520	Transversal	L	6.14	m	15.36	10.25				
13	0+480	0+520	Transversal	M								
13	0+480	0+520	Transversal	M								
13	0+480	0+520	Transversal	M								
13	0+480	0+520	Transversal	M								
13	0+480	0+520	Transversal	M								
13	0+480	0+520	Transversal	M								
13	0+480	0+520	Transversal	M								
13	0+480	0+520	Transversal	M								
13	0+480	0+520	Transversal	M	8.33	m	20.81	26.47				
14	0+520	0+560	Exudación	L	0.11	m2	0.04	0.00				
14	0+520	0+560	Longitudinal	H								
14	0+520	0+560	Longitudinal	H								
14	0+520	0+560	Longitudinal	H	9.55	m	23.87	53.94				
14	0+520	0+560	Longitudinal	L								
14	0+520	0+560	Longitudinal	L								
14	0+520	0+560	Longitudinal	L								
14	0+520	0+560	Longitudinal	L								
14	0+520	0+560	Longitudinal	L	2.55	m	6.39	5.37				
14	0+520	0+560	Longitudinal	M								
14	0+520	0+560	Longitudinal	M								
14	0+520	0+560	Longitudinal	M								

14	0+520	0+560	Longitudinal	M	6.74	m	16.85	23.65				
14	0+520	0+560	Piel de cocodrilo	L								
14	0+520	0+560	Piel de cocodrilo	L	1.12	m2	0.39	5.20				
14	0+520	0+560	Piel de cocodrilo	M								
14	0+520	0+560	Piel de cocodrilo	M	5.88	m2	2.03	28.32				
14	0+520	0+560	Pulimento	L	1.97	m2	0.68	0.00				
14	0+520	0+560	Transversal	H	2.09	m	5.23	23.27				
14	0+520	0+560	Transversal	L								
14	0+520	0+560	Transversal	L								
14	0+520	0+560	Transversal	L								
14	0+520	0+560	Transversal	L								
14	0+520	0+560	Transversal	L								
14	0+520	0+560	Transversal	L								
14	0+520	0+560	Transversal	L								
14	0+520	0+560	Transversal	L								
14	0+520	0+560	Transversal	L								
14	0+520	0+560	Transversal	L								
14	0+520	0+560	Transversal	L								
14	0+520	0+560	Transversal	L	7.32	m	18.29	11.48				
14	0+520	0+560	Transversal	M								
14	0+520	0+560	Transversal	M								
14	0+520	0+560	Transversal	M								
14	0+520	0+560	Transversal	M								
14	0+520	0+560	Transversal	M	5.08	m	12.71	20.41				
15	0+560	0+600	Exudación	L								
15	0+560	0+600	Exudación	L								
15	0+560	0+600	Exudación	L	0.95	m2	0.33	0.00				
15	0+560	0+600	Longitudinal	H	4.29	m	10.72	35.45				
15	0+560	0+600	Longitudinal	L								
									93.30	6.00	54.35	Regular

16	0+600	0+640	Longitudinal	L				
16	0+600	0+640	Longitudinal	L	4.96	m	12.39	9.00
16	0+600	0+640	Longitudinal	M				
16	0+600	0+640	Longitudinal	M				
16	0+600	0+640	Longitudinal	M				
16	0+600	0+640	Longitudinal	M				
16	0+600	0+640	Longitudinal	M				
16	0+600	0+640	Longitudinal	M				
16	0+600	0+640	Longitudinal	M				
16	0+600	0+640	Longitudinal	M				
16	0+600	0+640	Longitudinal	M				
16	0+600	0+640	Longitudinal	M				
16	0+600	0+640	Longitudinal	M				
16	0+600	0+640	Longitudinal	M				
16	0+600	0+640	Longitudinal	M	30.04	m	75.11	40.87
16	0+600	0+640	Piel de cocodrilo	L	0.65	m2	0.22	3.98
16	0+600	0+640	Piel de cocodrilo	M	3.44	m2	1.19	23.16
16	0+600	0+640	Pulimento	L				
16	0+600	0+640	Pulimento	L				
16	0+600	0+640	Pulimento	L	6.58	m2	2.27	0.00
16	0+600	0+640	Transversal	M	0.63	m	1.57	3.66
16	0+600	0+640	Transversal	L				
16	0+600	0+640	Transversal	L				
16	0+600	0+640	Transversal	L				
16	0+600	0+640	Transversal	L				
16	0+600	0+640	Transversal	L				
16	0+600	0+640	Transversal	L				
16	0+600	0+640	Transversal	L				
16	0+600	0+640	Transversal	L				
16	0+600	0+640	Transversal	L				



18	0+680	0+720	Longitudinal	L				
18	0+680	0+720	Longitudinal	L				
18	0+680	0+720	Longitudinal	L				
18	0+680	0+720	Longitudinal	L				
18	0+680	0+720	Longitudinal	L				
18	0+680	0+720	Longitudinal	L				
18	0+680	0+720	Longitudinal	L				
18	0+680	0+720	Longitudinal	L				
18	0+680	0+720	Longitudinal	L	124.83	m	312.07	28.90
18	0+680	0+720	Longitudinal	M				
18	0+680	0+720	Longitudinal	M				
18	0+680	0+720	Longitudinal	M	10.75	m	26.88	29.20
18	0+680	0+720	Piel de cocodrilo	L	1.07	m2	0.37	5.08
18	0+680	0+720	Transversal	L				
18	0+680	0+720	Transversal	L				
18	0+680	0+720	Transversal	L				
18	0+680	0+720	Transversal	L				
18	0+680	0+720	Transversal	L	7.08	m	17.70	11.23
18	0+680	0+720	Transversal	M				
18	0+680	0+720	Transversal	M				
18	0+680	0+720	Transversal	M				
18	0+680	0+720	Transversal	M	7.97	m	19.92	26.04
19	0+720	0+760	Exudación	L	0.32	m2	0.11	0.00
19	0+720	0+760	Longitudinal	L				
19	0+720	0+760	Longitudinal	L				
19	0+720	0+760	Longitudinal	L				
19	0+720	0+760	Longitudinal	L				

83.96	4.00	52.63	Regular			

19	0+720	0+760	Longitudinal	L					57.09					
19	0+720	0+760	Longitudinal	L										
19	0+720	0+760	Longitudinal	L										
19	0+720	0+760	Longitudinal	L										
19	0+720	0+760	Longitudinal	L										
19	0+720	0+760	Longitudinal	L										
19	0+720	0+760	Longitudinal	L	36.93	m	92.32	27.67						
19	0+720	0+760	Longitudinal	M	2.38	m	5.96	12.94						
19	0+720	0+760	Pulimento	L	2.46	m2	0.85	0.00						
19	0+720	0+760	Transversal	L										
19	0+720	0+760	Transversal	L										
19	0+720	0+760	Transversal	L										
19	0+720	0+760	Transversal	L										
19	0+720	0+760	Transversal	L										
19	0+720	0+760	Transversal	L										
19	0+720	0+760	Transversal	L										
19	0+720	0+760	Transversal	L										
19	0+720	0+760	Transversal	L										
19	0+720	0+760	Transversal	L										
19	0+720	0+760	Transversal	L	26.18	m	65.45	23.03						
19	0+720	0+760	Transversal	M	5.03	m	12.58	20.31						
20	0+760	0+800	Longitudinal	L										
20	0+760	0+800	Longitudinal	L										
20	0+760	0+800	Longitudinal	L										
20	0+760	0+800	Longitudinal	L	6.49	m	16.23	10.62						
20	0+760	0+800	Longitudinal	M	7.12	m	17.80	24.38						
20	0+760	0+800	Parcheo	M	0.79	m2	0.27	5.01						
										4.00	69.04	Bueno		

20	0+760	0+800	Pulimento	L	1.48	m2	0.51	0.00						
20	0+760	0+800	Pulimento	M	0.40	m2	0.14	0.00						
20	0+760	0+800	Transversal	L										
20	0+760	0+800	Transversal	L										
20	0+760	0+800	Transversal	L										
20	0+760	0+800	Transversal	L	15.05	m	37.62	17.08						
20	0+760	0+800	Transversal	L										
21	0+800	0+840	Exudación	L	4.10	m2	1.41	0.18	0.18	0.00	99.82	Excelente		
21	0+800	0+840	Longitudinal	L										
21	0+800	0+840	Longitudinal	L										
21	0+800	0+840	Longitudinal	L										
21	0+800	0+840	Longitudinal	L										
21	0+800	0+840	Longitudinal	L										
22	0+840	0+880	Longitudinal	L	9.52	m	23.80	13.30	42.28	2.00	68.40	Bueno		
22	0+840	0+880	Longitudinal	M										
22	0+840	0+880	Longitudinal	M										
22	0+840	0+880	Longitudinal	M										
22	0+840	0+880	Longitudinal	M	10.56	m	26.41	28.98						
22	0+840	0+880	Transversal	L	0.33	m	0.82	0.00						
23	0+880	0+920	Longitudinal	L					57.06	3.00	64.06	Bueno		
23	0+880	0+920	Longitudinal	L										
23	0+880	0+920	Longitudinal	L	4.34	m	10.86	8.36						
23	0+880	0+920	Longitudinal	M										
23	0+880	0+920	Longitudinal	M	4.83	m	12.06	19.91						
23	0+880	0+920	Pulimento	L	3.51	m2	1.21	0.00						
23	0+880	0+920	Pulimento	M	10.62	m2	3.66	0.33						
23	0+880	0+920	Transversal	M										

23	0+880	0+920	Transversal	M					31.52	3.00	81.94	Muy bueno		
23	0+880	0+920	Transversal	M	10.10	m	25.25	28.46						
24	0+920	0+960	Longitudinal	L										
24	0+920	0+960	Longitudinal	L										
24	0+920	0+960	Longitudinal	L	3.36	m	8.40	6.64						
24	0+920	0+960	Longitudinal	M	2.06	m	5.16	11.74						
24	0+920	0+960	Pulimento	L	0.72	m2	0.25	0.00						
24	0+920	0+960	Transversal	M	2.44	m	6.11	13.15						
25	0+960	1+000	Longitudinal	L	1.42	m	3.54	2.70	26.50	3.00	85.45	Excelente		
25	0+960	1+000	Pulimento	L	1.37	m2	0.47	0.00						
25	0+960	1+000	Transversal	L										
25	0+960	1+000	Transversal	L	1.29	m	3.23	2.30						
25	0+960	1+000	Transversal	M										
25	0+960	1+000	Transversal	M	5.64	m	14.10	21.50						

Esta programación contempla cada uno de los aspectos de cálculo y condiciones que aplica el método PCI de forma automatizada, suprimiendo valores que el método pide que no se consideren en diferentes casos y además tiene una escala de colores personalizada para la calificación final.

Figura 4.3 Escala de calificación de colores utilizado en el PCI

	EXCELENTE
	MUY BUENO
	BUENO
	REGULAR
	POBRE
	MUY POBRE
	COLAPSADO

Fuente: Elaboración propia

4.1 Representación gráfica de resultados del PCI

Tabla 4.3 Resumen de fallas con severidad por cada tramo

Tramo	Tipo de Falla	Nombre	Cantidad	Severidad		
				H	M	L
N° 1 Km 0+000 Km 0+040	Área	Exudación	0	0	0	0
		Parcheo	0	0	0	
		Piel de cocodrilo	1	0	0	1
		Pulimento	4	0	2	2
	Lineal	Borde	3	0	1	2
		Longitudinal	1	0	0	1
Transversal		2	0	1	1	
N° 2 Km 0+040 Km 0+080	Área	Exudación	1	0	0	1
		Parcheo	1	0	0	1
		Piel de cocodrilo	1	0	0	1
		Pulimento	3	0	0	3
	Lineal	Borde	0	0	0	0
		Longitudinal	1	1	0	0
Transversal		5	0	4	1	
N° 3 Km 0+080 Km 0+120	Área	Exudación	0	0	0	0
		Parcheo	0	0	0	0
		Piel de cocodrilo	4	0	3	1
		Pulimento	1	0	1	0
	Lineal	Borde	0	0	0	0
		Longitudinal	7	0	4	3
Transversal		7	0	3	4	
N° 4 Km 0+120 Km 0+160	Área	Exudación	1	0	0	1
		Parcheo	0	0	0	0
		Piel de cocodrilo	0	0	0	0
		Pulimento	1	0	0	1
	Lineal	Borde	0	0	0	0
		Longitudinal	5	2	2	1
Transversal		11	0	2	9	
N° 5 Km 0+160 Km 0+200	Área	Exudación	0	0	0	0
		Parcheo	1	0	1	0
		Piel de cocodrilo	1	0	1	0
		Pulimento	0	0	0	0
	Lineal	Borde	0	0	0	0
		Longitudinal	4	2	1	1
Transversal		4	0	2	2	
N° 6	Área	Exudación	0	0	0	0
		Parcheo	0	0	0	0
		Piel de cocodrilo	0	0	0	0

Km 0+200 Km 0+240	Lineal	Pulimento	0	0	0	0
		Borde	0	0	0	0
		Longitudinal	4	1	2	1
		Transversal	11	0	5	6
N° 7 Km 0+240 Km 0+280	Área	Exudación	0	0	0	0
		Parcheo	0	0	0	0
		Piel de cocodrilo	0	0	0	0
		Pulimento	5	0	2	3
	Lineal	Borde	0	0	0	0
		Longitudinal	5	0	2	3
		Transversal	14	0	8	6
N° 8 Km 0+280 Km 0+320	Área	Exudación	0	0	0	0
		Parcheo	0	0	0	0
		Piel de cocodrilo	0	0	0	0
		Pulimento	2	0	2	0
	Lineal	Borde	1	0	0	1
		Longitudinal	6	0	2	4
		Transversal	13	0	3	10
N° 9 Km 0+320 Km 0+360	Área	Exudación	3	0	0	3
		Parcheo	0	0	0	0
		Piel de cocodrilo	0	0	0	0
		Pulimento	1	0	0	1
	Lineal	Borde	0	0	0	0
		Longitudinal	2	0	1	1
		Transversal	4	0	3	1
N° 10 Km 0+360 Km 0+400	Área	Exudación	1	0	0	1
		Parcheo	0	0	0	0
		Piel de cocodrilo	0	0	0	0
		Pulimento	4	0	4	0
	Lineal	Borde	0	0	0	0
		Longitudinal	2	0	0	2
		Transversal	4	1	0	3
N° 11 Km 0+400 Km 0+440	Área	Exudación	3	0	1	2
		Parcheo	0	0	0	0
		Piel de cocodrilo	0	0	0	0
		Pulimento	6	0	1	5
	Lineal	Borde	0	0	0	0
		Longitudinal	2	0	0	2
		Transversal	7	0	3	4
N° 12 Km 0+440	Área	Exudación	1	0	0	1
		Parcheo	0	0	0	0
		Piel de cocodrilo	0	0	0	0
		Pulimento	1	0	0	1

Km 0+480	Lineal	Borde	2	1	1	0
		Longitudinal	6	0	3	3
		Transversal	12	0	4	8
N° 13 Km 0+480 Km 0+520	Área	Exudación	0	0	0	0
		Parcheo	0	0	0	0
		Piel de cocodrilo	0	0	0	0
		Pulimento	1	0	0	1
	Lineal	Borde	0	0	0	0
		Longitudinal	9	1	3	5
		Transversal	24	1	10	13
N° 14 Km 0+520 Km 0+560	Área	Exudación	1	0	0	1
		Parcheo	0	0	0	0
		Piel de cocodrilo	4	0	2	2
		Pulimento	1	0	0	1
	Lineal	Borde	0	0	0	0
		Longitudinal	12	3	4	5
		Transversal	18	1	5	12
N° 15 Km 0+560 Km 0+600	Área	Exudación	3	0	0	3
		Parcheo	0	0	0	0
		Piel de cocodrilo	2	0	0	2
		Pulimento	3	0	0	3
	Lineal	Borde	0	0	0	0
		Longitudinal	9	1	5	3
		Transversal	8	0	4	4
N° 16 Km 0+600 Km 0+640	Área	Exudación	0	0	0	0
		Parcheo	0	0	0	0
		Piel de cocodrilo	2	0	1	1
		Pulimento	3	0	0	3
	Lineal	Borde	1	0	0	1
		Longitudinal	23	4	13	6
		Transversal	55	0	27	28
N° 17 Km 0+640 Km 0+680	Área	Exudación	0	0	0	0
		Parcheo	0	0	0	0
		Piel de cocodrilo	4	0	2	2
		Pulimento	1	0	0	1
	Lineal	Borde	1	0	0	1
		Longitudinal	21	1	6	14
		Transversal	33	0	11	22
N° 18 Km 0+680	Área	Exudación	0	0	0	0
		Parcheo	0	0	0	0
		Piel de cocodrilo	1	0	0	1
		Pulimento	0	0	0	0
	Lineal	Borde	0	0	0	0

Km 0+720		Longitudinal	23	0	3	20
		Transversal	10	0	4	6
N° 19 Km 0+720 Km 0+760	Área	Exudación	1	0	0	1
		Parcheo	0	0	0	0
		Piel de cocodrilo	0	0	0	0
		Pulimento	1	0	0	1
	Lineal	Borde	0	0	0	0
		Longitudinal	12	0	1	11
		Transversal	14	0	1	13
N° 20 Km 0+760 Km 0+800	Área	Exudación	0	0	0	0
		Parcheo	1	0	1	0
		Piel de cocodrilo	0	0	0	0
		Pulimento	2	0	1	1
	Lineal	Borde	0	0	0	0
		Longitudinal	5	0	1	4
		Transversal	5	0	0	5
N° 21 Km 0+800 Km 0+840	Área	Exudación	1	0	0	1
		Parcheo	0	0	0	0
		Piel de cocodrilo	0	0	0	0
		Pulimento	0	0	0	0
	Lineal	Borde	0	0	0	0
		Longitudinal	6	0	0	6
		Transversal	0	0	0	0
N° 22 Km 0+840 Km 0+880	Área	Exudación	0	0	0	0
		Parcheo	0	0	0	0
		Piel de cocodrilo	0	0	0	0
		Pulimento	0	0	0	0
	Lineal	Borde	0	0	0	0
		Longitudinal	6	0	5	1
		Transversal	1	0	0	1
N° 23 Km 0+880 Km 0+920	Área	Exudación	0	0	0	0
		Parcheo	0	0	0	0
		Piel de cocodrilo	0	0	0	0
		Pulimento	2	0	1	1
	Lineal	Borde	0	0	0	0
		Longitudinal	5	0	2	3
		Transversal	3	0	3	0
N° 24 Km 0+920 Km 0+960	Área	Exudación	0	0	0	0
		Parcheo	0	0	0	0
		Piel de cocodrilo	0	0	0	0
		Pulimento	1	0	0	1
	Lineal	Borde	0	0	0	0
		Longitudinal	4	0	1	3

		Transversal	1	0	1	0
N° 25	Área	Exudación	0	0	0	0
		Parcheo	0	0	0	0
		Piel de cocodrilo	0	0	0	0
		Pulimento	1	0	0	1
Km 0+960 Km 1+000	Lineal	Borde	0	0	0	0
		Longitudinal	1	0	0	1
		Transversal	4	0	2	2

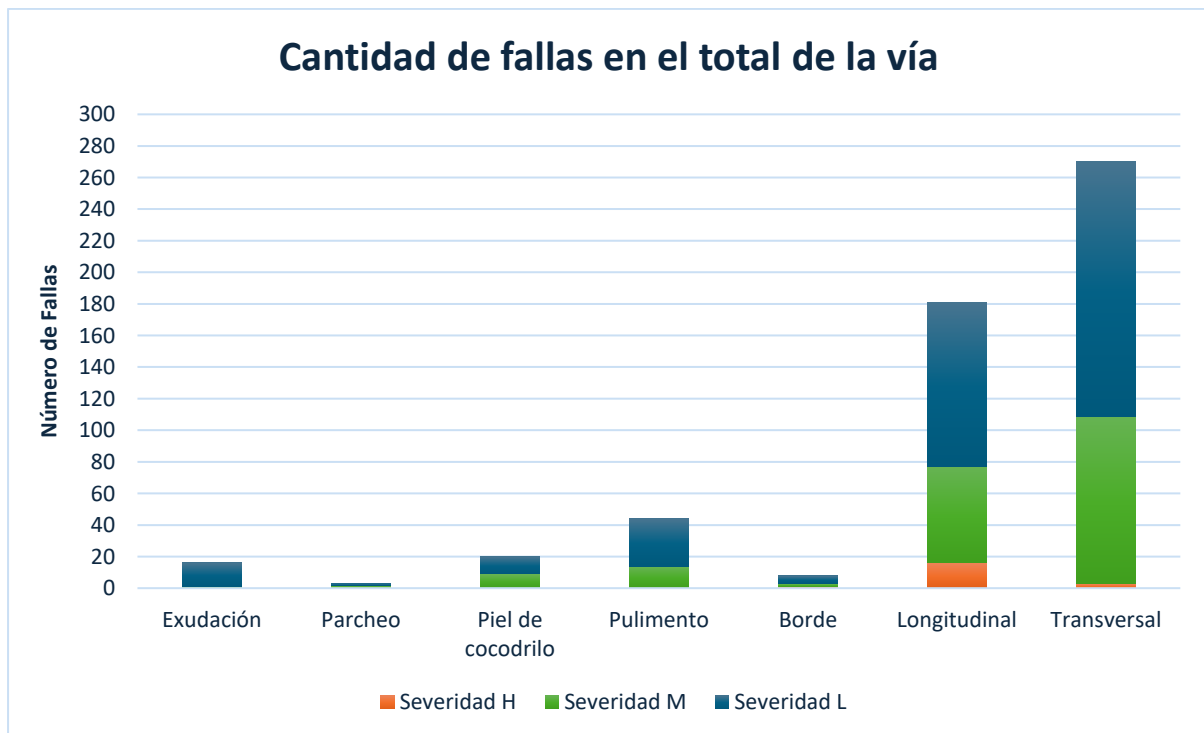
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.4 Resumen de fallas con severidad del tramo total

Tramo	Tipo de Falla	Nombre	Cantidad	Severidad		
				H	M	L
TOTAL Km 0+000 Km 1+000	Área	Exudación	16	0	1	15
		Parcheo	3	0	2	1
		Piel de cocodrilo	20	0	9	11
		Pulimento	44	0	14	30
	Lineal	Borde	8	1	2	5
		Longitudinal	181	16	61	104
		Transversal	270	3	106	161

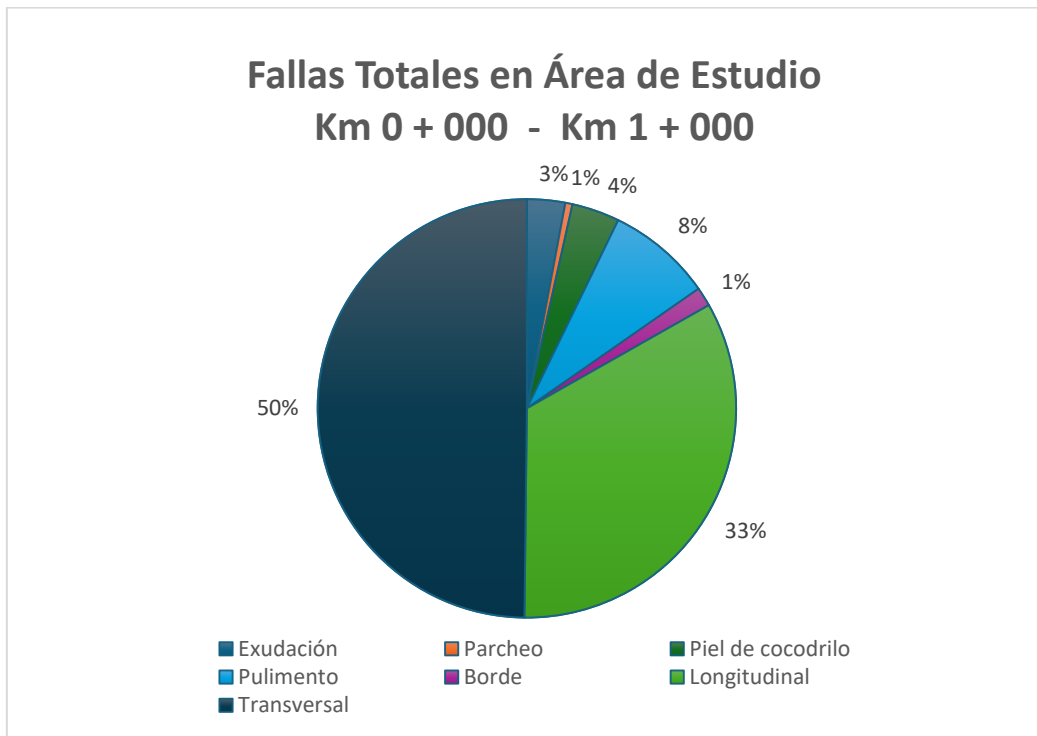
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.4 Cantidades de fallas según su severidad del tramo total



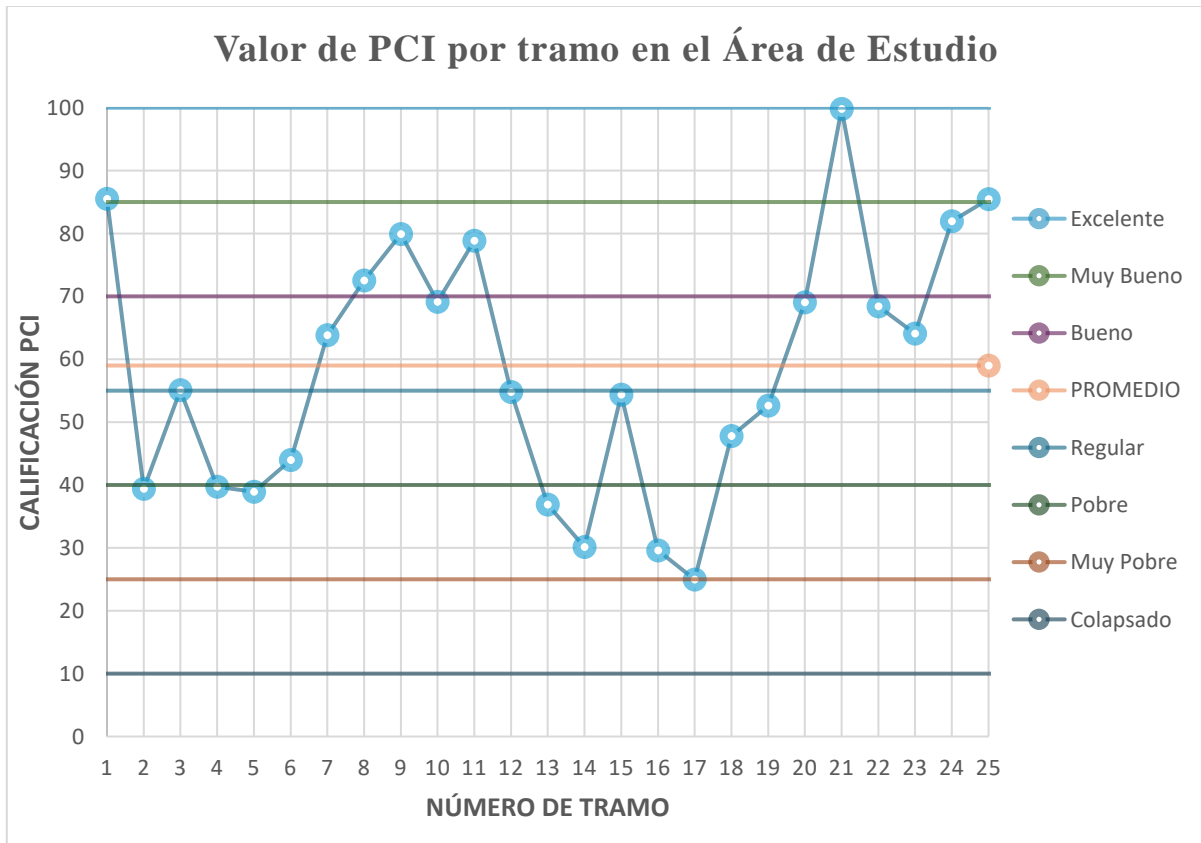
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.5 Cantidad de Fallas en porcentaje en todo el tramo total



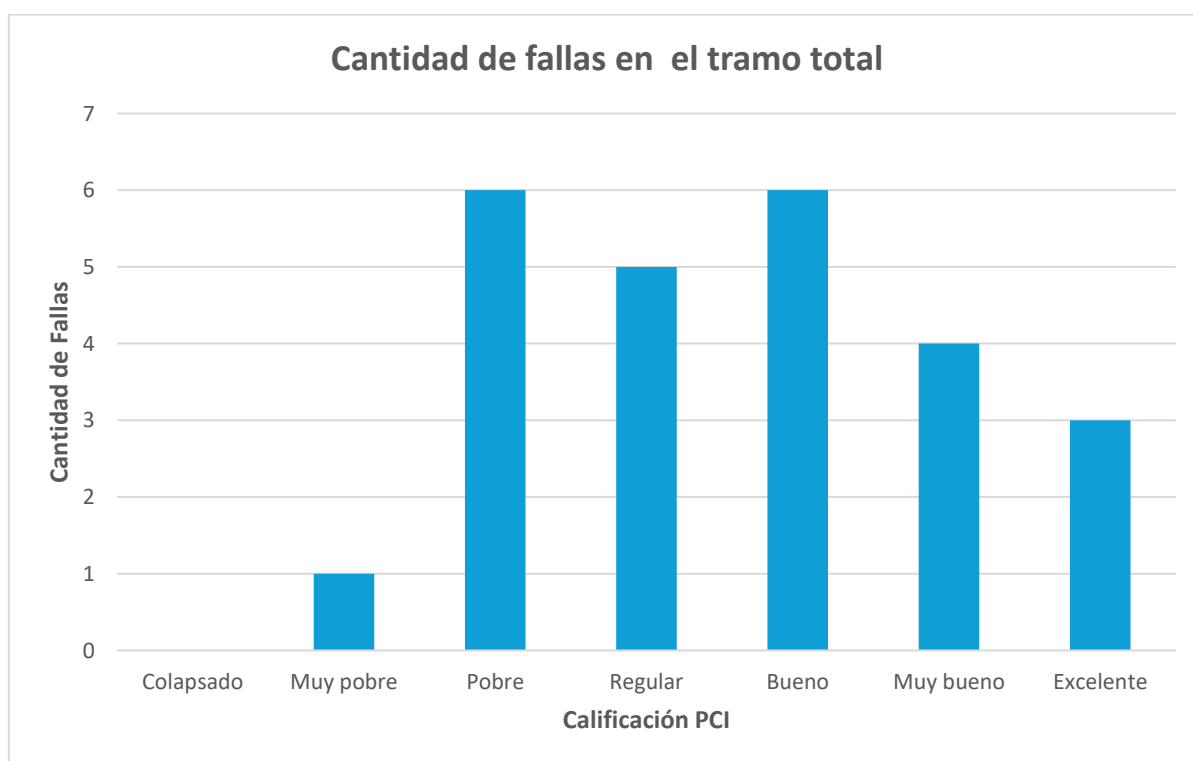
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6 Resumen de valores de PCI en todo el tramo total



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7 Resumen de severidad del tramo total



Fuente: Elaboración propia

4.2 Análisis de resultados e interpretación del estado del pavimento.

Según la figura 4.4, se observa que la mayoría de las fallas en el tramo total de la vía son de tipo transversal lineal, con una predominancia de severidad baja, seguida de fallas de severidad media. Las fallas de severidad alta en esta categoría son significativamente menores, con un número inferior a 10 a lo largo del tramo. La segunda categoría más frecuente es la de fallas longitudinales, que igualmente muestran un predominio de severidad baja, seguidas por un incremento en las fallas de severidad media. No obstante, las fallas de severidad alta en esta categoría son las más numerosas entre las fallas longitudinales. A continuación, en menor proporción, se encuentran las fallas de pulimiento, principalmente de severidad baja y media, seguidas de las fallas de piel de cocodrilo, que presentan una distribución casi equilibrada entre severidad baja y media. Las fallas de exudación se presentan principalmente con severidad baja, seguidas de las fallas de borde con severidad baja y media, y finalmente, las fallas de parcheo, que son casi inexistentes y de severidad baja.

Acorde a la figura 4.5 La falla predominante en la vía es la transversal, que representa el 50% del total de las fallas identificadas en el estudio, seguida de las fallas longitudinales, con un 33%. Esto indica que la vía presenta una alta proporción de agrietamientos, aunque, al ser principalmente de severidad baja y media, se puede inferir que las fisuras no son profundas o

que han sido selladas con asfalto, lo que reduce su severidad y mejora la puntuación final del PCI. Las imágenes obtenidas corroboran que varias de estas grietas han sido intervenidas, lo que sugiere que podría haberse realizado un estudio previo en la zona. A continuación, la siguiente falla más frecuente, con un 8%, es el pulimiento, lo cual representa un desgaste normal de la calzada. El 9% restante de las fallas corresponde a daños menores que, aunque representen una pequeña proporción, también influyen en la calificación general del pavimento.

En la figura 4.6, se observa una amplia variación en los valores de PCI a lo largo de los tramos. Los primeros tramos presentan una calificación entre "regular" y "pobre", mientras que los tramos centrales varían entre "muy bueno", "bueno", "regular" y "pobre". Los tramos finales vuelven a mostrar una calificación de "excelente" a "bueno". Esta variabilidad en las calificaciones es característica de sectores como este, donde tanto la superestructura como la infraestructura sufren daños debido a factores como desgaste natural, cambio climático, el tipo de suelo y el entorno en el que se ha construido la vía. Con base en esto, podemos determinar que la calificación promedio del PCI de la vía es buena con tendencia a regular, ya que, aunque la mayoría de las fallas son de severidad baja, la acumulación de estas en grandes cantidades y aparición de nuevas fallas que son las de menor porcentaje, a pesar de las intervenciones previas, como el sellado de grietas, las nuevas fisuras y el desgaste progresivo se hacen cada vez más evidentes afectando significativamente la calificación., lo que convierte la vía en más peligrosa para la circulación, especialmente considerando el tipo de tráfico que soporta.

En la figura 4.7, se puede observar que no existen tramos colapsados, pero se identifican diferentes rangos de calificación a lo largo de la vía. Un tramo tiene una calificación de "muy pobre", 6 tramos son clasificados como "pobre", 6 tramos como "bueno", 5 tramos como "regular", 4 tramos como "muy bueno" y 3 tramos como "excelente". Esto confirma que la mayoría de los tramos se encuentran entre "bueno" y "pobre", con una tendencia hacia "regular". Este análisis permite emitir un criterio de mantenimiento por tramos en donde se debe priorizar las áreas con calificación "pobre" y "muy pobre", ya que son las que presentan mayor deterioro, también es necesario considerar intervenciones preventivas o en su defecto correctivas en los tramos "bueno" y "regular" dependiendo si previamente ya han sido intervenidas para evitar que se deterioren aún más, y realizar un seguimiento continuo en los tramos "muy bueno" y "excelente" para mantener su estado.

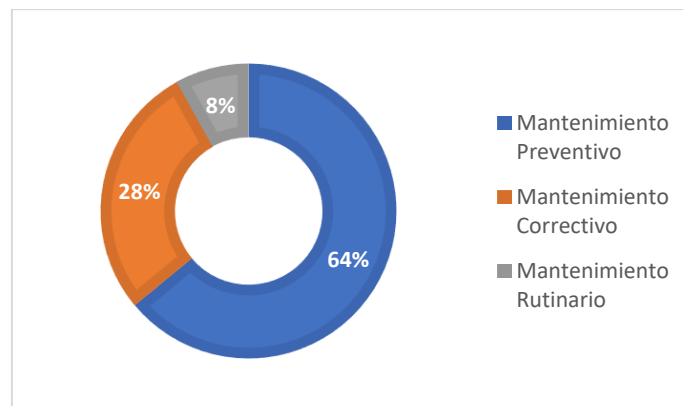
4.3 Elaboración de la propuesta de mantenimiento.

Tabla 4.5 Escala de colores del tramo total y propuesta de mantenimiento

Tramo	Calificación	Propuesta de Mantenimiento
1	Excelente	Mantenimiento Rutinario
2	Pobre	Mantenimiento Correctivo
3	Bueno	Mantenimiento Preventivo
4	Pobre	Mantenimiento Correctivo
5	Pobre	Mantenimiento Correctivo
6	Regular	Mantenimiento Preventivo
7	Bueno	Mantenimiento Preventivo
8	Muy bueno	Mantenimiento Preventivo
9	Muy bueno	Mantenimiento Preventivo
10	Bueno	Mantenimiento Preventivo
11	Muy bueno	Mantenimiento Preventivo
12	Regular	Mantenimiento Preventivo
13	Pobre	Mantenimiento Correctivo
14	Pobre	Mantenimiento Correctivo
15	Regular	Mantenimiento Preventivo
16	Pobre	Mantenimiento Correctivo
17	Muy Pobre	Mantenimiento Correctivo
18	Regular	Mantenimiento Preventivo
19	Regular	Mantenimiento Preventivo
20	Bueno	Mantenimiento Preventivo
21	Excelente	Mantenimiento Rutinario
22	Bueno	Mantenimiento Preventivo
23	Bueno	Mantenimiento Preventivo
24	Muy bueno	Mantenimiento Preventivo
25	Excelente	Mantenimiento Rutinario

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8 Resumen de recomendación de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

Según los datos de la tabla 4.5 y la figura 4.8, podemos deducir que la recomendación de mantenimiento predominante entre los tramos es el mantenimiento preventivo, con una distancia aproximada de 640 metros. Esto es seguido por el mantenimiento correctivo, con una distancia de 280 metros, y el mantenimiento rutinario con aproximadamente 80 metros. A partir de las ortofotos, se observa que este sitio tiene tanto tramos ya intervenidos con sellado de grietas y relleno de fisuras, como nuevas fallas que aún no han recibido estas intervenciones. Sin embargo, a pesar de los resultados obtenidos, el mantenimiento preventivo no sería la opción más adecuada. Esto se debe a que, aunque se resellen las fisuras existentes y se sellen nuevas, con el paso del tiempo, las fisuras seguirán incrementándose y es probable que el sellado de las fisuras anteriores se levante nuevamente, provocando un ciclo repetitivo sin solución a largo plazo. En cambio, si se opta por el mantenimiento correctivo, se podría realizar un análisis más detallado del estado estructural del pavimento con estudios complementarios y, llevar a cabo un fresado con repavimentación superficial o incluso una repavimentación total de todos los tramos estudiados. Estas alternativas no solo resolverían las fisuras existentes, sino que también abordarían los rasgos de desgaste que el pavimento presenta, proporcionando una solución duradera y eficiente y que no implica mantenimientos recurrentes aparte de solo los rutinarios. Este enfoque garantizaría una mayor durabilidad del pavimento y cubriría los factores de tiempo, eficiencia y resistencia de manera más integral que el mantenimiento preventivo.

Figura 4.9 Ejemplo de Fresado en vía



Fuente: (Involucra S.L, 2025)

CAPITULO V

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones.

El análisis realizado mediante el método PCI, apoyado en la fotogrametría con UAVs, permitió obtener un diagnóstico detallado y preciso del estado superficial del pavimento mediante ortofotos en alta resolución en el tramo de la vía a Ibarra, los resultados obtenidos a través de estas, reflejan un pavimento que presenta tanto fallas menores como deterioros significativos en ciertos tramos, lo que resalta la necesidad de un mantenimiento correctivo para asegurar la durabilidad y eficiencia de la vía.

El PCI calculado a partir de los datos fotogramétricos y el análisis de las unidades de muestreo indicó que la mayoría de los tramos evaluados presentan una condición que varía entre regular y pobre, con una calificación promedio de PCI de 59, lo que se considera una condición "buena". La mayor parte del deterioro se debe a la presencia de fisuras transversales y longitudinales, las cuales son predominantes en la vía. No se identificaron tramos colapsados, pero se observa que la vida útil del pavimento está comprometida si se realizan mantenimientos de carácter preventivo. Este diagnóstico fue respaldado por los mapas y registros gráficos generados, que permitieron una comprensión clara de la distribución espacial del deterioro a lo largo del tramo evaluado.

A partir de los resultados obtenidos, se propone un plan de mantenimiento vial enfocado en intervenciones correctivas. Se recomienda priorizar la rehabilitación superficial, que incluye trabajos de fresado y repavimentación en los tramos más dañados, ya sea de forma total o por tramos, lo cual se analizará mediante estudios adicionales que contemplen la estructura del pavimento con especial atención a las áreas con fisuras graves y desgaste excesivo. Se optó por la propuesta de corrección más efectiva y duradera ya que permitiría solucionar el problema de manera integral, sin una constante intervención y que necesitaría solo mantenimiento rutinario.

En base a los resultados obtenidos para cada tramo, se ha observado que el desgaste del pavimento está directamente relacionado con diversos factores, como el tipo de tráfico, el clima, el entorno y las condiciones a las que está sometido el pavimento. Estos factores han causado una gran variabilidad en los resultados, reflejando cómo diferentes áreas de la vía experimentan deterioros de distinta magnitud. Ante esta situación, lo más eficiente es

considerar un mantenimiento integral que corrija la mayoría de los problemas en la vía, con el objetivo de optimizar los recursos disponibles y asegurar la durabilidad del pavimento.

Los UAVs demostraron ser herramientas altamente efectivas y precisas como complemento en el cálculo del PCI, ya que permitieron mediante ortofotos de alta resolución tener información realista y a disposición del evaluador, considerando parámetros en los resultados del cálculo que pueden cambiar el rumbo de la elección del tipo de mantenimiento escogido, ya que se puede realizar un análisis detallado de la superficie del pavimento y evitar posibles vacíos de información no recolectados en campo. Esta tecnología no solo optimiza el proceso de levantamiento de información, sino que también mejora la eficiencia y exactitud en la evaluación de fallas, lo que respalda la propuesta de un plan de mantenimiento más efectivo y adaptado a las condiciones reales de la vía.

5.2 Recomendaciones.

Es muy importante tener criterio al momento de realizar una propuesta de mantenimiento, de manera que exista concordancia con los resultados obtenidos, pero también con base en la eficiencia que se tendrá al aplicar la decisión en el campo, considerando la disponibilidad de recursos, los tiempos de ejecución y el impacto a largo plazo de las intervenciones. La propuesta debe no solo resolver los problemas inmediatos, sino también garantizar que el pavimento reciba el tratamiento adecuado para prolongar su vida útil sin necesidad de intervenciones constantes.

Es esencial el desarrollo y capacitación del uso de UAVs, softwares y tecnologías en el campo de la ingeniería civil y específicamente en estudios de ingeniería vial, debido a la capacidad de estas herramientas para proporcionar datos precisos y actualizados de manera rápida y eficiente. Estas tecnologías permiten monitorear de forma continua el estado de las vías, reduciendo tiempo en comparación con métodos tradicionales, además de mejorar la precisión del diagnóstico y las decisiones de mantenimiento.

Es esencial realizar una evaluación detallada de las características técnicas del UAV antes de su implementación, para garantizar su aprovechamiento máximo en el levantamiento fotogramétrico, eligiendo adecuadamente el tipo de UAV según las necesidades específicas y contexto del proyecto de evaluación vial. La selección correcta del modelo y las especificaciones técnicas del UAV, como la resolución de la cámara, la autonomía de vuelo y

sus sistemas GNSS y GPS, además asegurar que las imágenes capturadas sean de alta calidad y que el proceso de mapeo sea eficiente y preciso.

Se recomienda que tanto el gobierno central como los gobiernos seccionales implementen este tipo de tecnologías dentro de su estrategia de gestión y mantenimiento vial, considerando la eficacia de los resultados que generan. Además de que constantemente surgen nuevos avances que incluso permiten la automatización de estos sistemas, lo que generaría una acción rápida y eficiente ante problemas viales, mejorando la capacidad de respuesta con la optimización de los procesos y la gestión más moderna y sostenible de las vías.

6. Bibliografía

- Involucra S.L. (2025). *En qué consiste el fresado de pavimento*. Obtenido de Involucra S.L. Empresa Constructora: <https://involucrasl.es/en-que-consiste-el-fresado-de-pavimento/>
- AASHTO. (2012). *AASHTO Pavement Management Guide (2nd ed.)*. Obtenido de American Association of State Highway and Transportation Officials: <https://store.transportation.org/Item/CollectionDetail?ID=117>
- Asphalt Institute. (2018). *Introduction to Asphalt Pavements*. Obtenido de Asphalt Institute: <https://www.asphaltinstitute.org/engineering/engineering-asphalt/>
- ASTM D6433. (2024). *Standard practice for roads and parking lots pavement condition index surveys (ASTM D6433-24)*. Obtenido de ASTM D6433: <https://store.astm.org/d6433-24.html>
- Austroroads. (2019). *Guide to Pavement Technology Part 3: Pavement Surfacing*s. Obtenido de Austroroads: <https://austroads.gov.au/infrastructure/pavements/guide-to-pavement-technology>
- Colomina, I., & Molina, P. (2014). *Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review*. doi:10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013
- DJI. (11 de 08 de 2025). *DJI Store*. Obtenido de Support for Mavic Air 2: <https://www.dji.com/ca/support/product/mavic-air-2>
- DJI Enterprise. (2022). *A guide to drone surveying, deliverables, accuracy, and workflows*. Obtenido de DJI Enterprise: <https://enterprise-insights.dji.com/blog/all-about-drone-surveying>
- Esri. (2023). *Ortho Mapping in ArcGIS Pro Part I: Getting Organized with a Workspace*. Obtenido de Esri: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/arcgis-pro/imagery/ortho-mapping-workspace>
- Federal Aviation Administration. (2018). *Airport Pavement Maintenance Manual*. Obtenido de Federal Aviation Administration: https://www.faa.gov/airports/central/airport_compliance/pavement_maintenance#benefit
- Fernández-Hernández, J., González-Aguilera, D., & Rodríguez-Gonzálvez, P. (2022). *UAV photogrammetry for road surface analysis and infrastructure assessment*. Retrieved from MDPI – Remote Sensing: <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/3/643>

- FHWA. (2025). *Practical Guide for Quality Management of Pavement Condition Data Collection*. Obtenido de FHWA:
https://www.fhwa.dot.gov/pavement/management/qm/data_qm_guide.pdf
- Giordani, C., & Leone, D. (2024). *Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario*. Obtenido de Pavimentos:
https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_ano/civil1/files/IC%20I-Pavimentos.pdf
- Google Earth. (2025). *Google Earth Pro*. Obtenido de
<https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>
- Huang, W.-Q., Feng, L., & He, Y.-L. (2024). *LTPLN: Automatic pavement distress detection*. Retrieved from PLOS ONE:
https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371%2Fjournal.pone.0309172&utm_source
- Huang, Y. H. (2004). *Pavement analysis and design*. Obtenido de Pearson Higher Education:
<https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/pavement-analysis-and-design/P200000003346/9780131424739>
- Jiménez, R. (2024). *Adron.es*. Obtenido de GSD ¿Por qué es importante elegir el GSD Adecuado para sus vuelos de inspección?: <https://adron.es/blog/gsd/fotogrametria/>
- Litchi. (2025). *FlyLitchi*. Obtenido de Plan de vuelo Litchi App: <https://flylitchi.com/hub>
- Luhmann, Thomas, Robson, Stuart, Kyle, Simon, . . . Jan. (2020). *Close-Range Photogrammetry and 3D Imaging*. doi:10.1515/9783110607253
- Morlok, E. (2018). *The McGraw-Hill civil engineering PE exam depth guide transportation engineering*. Obtenido de CRAI Biblioteca:
https://crailandivarlibrary.primo.exlibrisgroup.com/discovery/fulldisplay?context=L&vid=502URL_INST:502URL&search_scope=MyInstitution&tab=LibraryCatalog&docid=alma990000599060107696
- MTOP. (2022). *Guía metodológica para la evaluación del estado de los pavimentos*. Obtenido de Ministerio de Transporte y Obras Públicas:
<https://www.obraspublicas.gob.ec>
- PIARC – World Road Association. (2023). *Road Maintenance and Pavement Management Practices*. Obtenido de PIARC: <https://www.piarc.org/en/log-in.htm?path=/ressources/documents2/Rome-2013/20745,10-Importance-of-Road-Maintenance.pdf>

- Pix4D S.A. (2022). *Pix4Dmapper User Manual*. Obtenido de Pix4D:
<https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202559989>
- Transportation Research Board. (2018). *Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program*. Obtenido de National Academies of Sciences:
<https://www.nationalacademies.org/publications/25041>
- Transportation Research Board. (2018). *Pavement Management Systems: A Synthesis of Highway Practice*. Obtenido de National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/25138/pavement-management-systems-a-synthesis-of-highway-practice>
- Tudefran, A. (2024). *El Mantenimiento y Reparación de Pavimento*. Obtenido de ASFALTOS TUDEFRAN: <https://www.asfaltostudefran.com/estrategias-para-el-mantenimiento-y-la-reparacion-de-pavimentos-asfalticos/>
- U.S. Army Corps of Engineers. (2001). *Pavement repair assessment pioneer continues to help ensure smoother roads and runways*. Obtenido de Engineer Research and Development Center (ERDC): <https://www.erdc.usace.army.mil/Media/News-Stories/Article/2855419/pavement-repair-assessment-pioneer-continues-to-help-ensure-smoother-roads-and/>
- U.S. Geological Survey. (2021). *Unmanned Aircraft Systems (UAS) Data Collection Guidelines*. Obtenido de U.S. Geological Survey:
<https://www.usgs.gov/science/science-explorer/maps-and-mapping>
- Windy. (2025). *Windy.com*. Obtenido de Pronostico del tiempo con Windy:
<https://www.windy.com/es/-Lluvia-truenos-rain?rain,0.038,-78.070,11>
- Wolf, P., & Dewitt, B. (2021). *Elements of photogrammetry with applications in GIS*. Obtenido de Elements of Photogrammetry with Application in GIS, Fourth Edition:
https://books.google.com.ec/books/about/Elements_of_Photogrammetry_with_Applicat.html?id=bCx5rmWMHyAC&redir_esc=y
- World Bank. (2023). *Road Asset Management and Maintenance Strategies*. Obtenido de World Bank:
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/099031224094538560/pdf/P123961178c7ca0771b4c519484c8e2d00d.pdf>
- World Road Association [PIARC]. (2019). *Road Asset Management Manual*. Obtenido de World Road Association (PIARC): <https://roads-assets.piarc.org/en>

7. Anexos

Tablas usadas en la programación de la hoja de cálculo de Índice de Condición de Pavimento, para ábacos cálculo de VD Y CDV

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

EXUDACIÓN			
Densidad	Valor Deducido		
	L	M	H
0.10	0	0	2.20
0.20	0	0.80	2.70
0.30	0	1.40	3.10
0.40	0	1.80	3.50
0.50	0	2.10	3.90
0.60	0	2.40	4.30
0.70	0	2.60	4.70
0.80	0	2.80	5.10
0.90	0	2.95	5.50
1.00	0.10	3.30	5.80
2.00	0.30	5.00	8.70
3.00	0.60	6.00	11.00
4.00	0.90	7.00	13.10
5.00	1.20	8.10	14.90
6.00	1.70	9.10	16.60
7.00	2.10	10.10	18.20
8.00	2.60	11.20	19.70
9.00	3.10	12.20	21.10
10.00	3.40	13.00	23.00
20.00	5.90	18.30	34.10
30.00	8.20	22.40	41.60
40.00	10.30	25.80	47.90
50.00	12.40	28.80	53.40
60.00	14.30	31.50	58.40
70.00	16.20	34.00	63.00
80.00	18.10	36.40	67.30
90.00	19.90	38.60	71.30
100.00	21.60	40.60	75.10

GRIETA DE BORDE			
Densidad	Valor Deducido		
	L	M	H
0.10	0	0	0
0.20	0	0	0
0.30	0	0	0
0.40	1.20	3.90	7.90
0.50	1.20	4.30	8.20
0.60	1.30	4.60	8.40
0.70	1.40	4.80	8.60
0.80	1.50	5.10	8.80
0.90	1.60	5.30	9.00
1.00	1.70	5.50	9.20
2.00	3.20	7.10	10.70
3.00	3.40	8.40	12.90
4.00	3.60	9.50	14.70
5.00	3.80	10.40	16.20
6.00	4.00	11.20	17.60
7.00	4.30	11.90	18.90
8.00	4.50	12.60	20.10
9.00	4.70	13.20	21.20
10.00	4.90	13.80	22.30
20.00	7.10	18.40	30.50
30.00	9.30	21.80	36.70
40.00	11.50	24.60	41.90
50.00	13.70	26.90	46.40
60.00	15.90	29.10	50.40
70.00	0	0	0
80.00	0	0	0
90.00	0	0	0
100.00	0	0	0

LONGITUDINAL O TRANSVERSAL			
Densidad	Valor Deducido		
	L	M	H
0.10	0	0	0
0.20	0	0	0
0.30	0	0	0
0.40	0	0	4.30
0.50	0	0	4.90
0.60	0	1.40	5.60
0.70	0	1.70	6.20
0.80	0	1.90	6.70
0.90	0	2.10	7.30
1.00	0	2.40	7.80
2.00	0.10	4.60	12.30
3.00	2.00	6.90	16.10
4.00	3.30	9.20	19.50
5.00	4.30	11.50	22.60
6.00	5.10	13.00	25.50
7.00	5.80	14.30	28.20
8.00	6.40	15.80	30.80
9.00	7.00	17.10	32.50
10.00	8.00	18.30	34.30
20.00	12.20	26.10	50.30
30.00	15.10	30.60	59.70
40.00	17.70	33.90	66.30
50.00	19.90	36.40	71.50
60.00	22.00	38.40	75.70
70.00	23.90	40.10	79.30
80.00	25.60	41.60	82.30
90.00	27.30	43.00	85.10
100.00	28.90	44.20	87.50

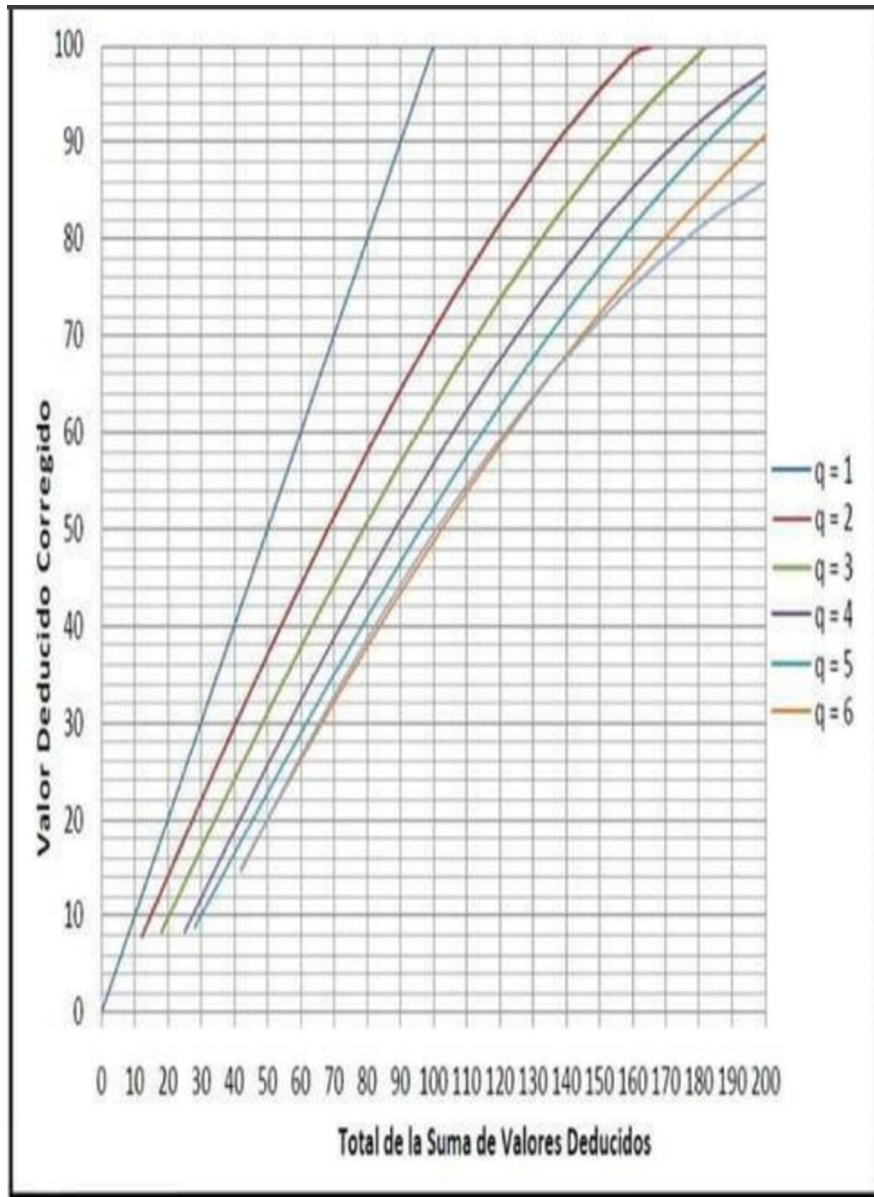
PARCHEO Y ACOMETIDAS			
Densidad	Valor Deducido		
	L	M	H
0.10	0	3.70	6.50
0.20	0	4.50	9.20
0.30	0	5.20	11.20
0.40	0	6.00	12.90
0.50	1.20	6.70	14.40
0.60	1.40	7.50	15.80
0.70	1.60	8.20	17.10
0.80	1.90	9.00	18.30
0.90	2.10	9.70	19.40
1.00	2.30	10.10	19.40
2.00	4.40	14.30	26.00
3.00	6.60	17.40	30.80
4.00	8.00	20.10	34.80
5.00	9.90	22.40	38.20
6.00	11.70	24.60	41.20
7.00	13.20	26.50	44.00
8.00	14.60	28.30	46.50
9.00	15.70	30.00	48.90
10.00	16.80	31.50	52.00
20.00	23.70	41.00	67.50
30.00	27.80	47.90	73.10
40.00	30.70	53.40	77.00
50.00	32.90	58.20	80.10
60.00	0	0	0
70.00	0	0	0
80.00	0	0	0
90.00	0	0	0
100.00	0	0	0

PULIMENTO			
Densidad	Valor		
	L	M	H
0.10	0	0	0
0.20	0	0	0
0.30	0	0	0
0.40	0	0	0
0.50	0	0	0
0.60	0	0	0
0.70	0	0	0
0.80	0	0	0
0.90	0	0	0
1.00	0	0	0
2.00	0	0	0
3.00	0	0	0
4.00	0.50	0.50	0.50
5.00	1.20	1.20	1.20
6.00	1.80	1.80	1.80
7.00	2.30	2.30	2.30
8.00	2.80	2.80	2.80
9.00	3.10	3.10	3.10
10.00	3.50	3.50	3.50
20.00	6.50	6.50	6.50
30.00	8.30	8.30	8.30
40.00	10.10	10.10	10.10
50.00	11.80	11.80	11.80
60.00	13.60	13.60	13.60
70.00	15.40	15.40	15.40
80.00	17.10	17.10	17.10
90.00	18.90	18.90	18.90
100.00	20.70	20.70	20.70

TOTAL DE VALORES	VALOR CORREGIDOS PARA CADA q						
	1	2	3	4	5	6	7
0.0	0.0	0	0	0	0	0	0
10.0	10.0	0	0	0	0	0	0
12.0	12.0	8.0	0	0	0	0	0
18.0	18.0	12.5	8.0	0	0	0	0
20.0	20.0	14.0	10.0	0	0	0	0
25.0	25.0	18.0	13.5	8.0	0	0	0
28.0	28.0	20.4	15.6	10.4	8.0	0	0
30.0	30.0	22.0	17.0	12.0	10.0	0	0
40.0	40.0	30.0	24.0	19.0	17.0	0	0
42.0	42.0	31.4	25.4	20.4	18.2	15.0	15.0
50.0	50.0	37.0	31.0	26.0	23.0	20.0	20.0
60.0	60.0	44.0	38.0	33.0	29.0	26.0	26.0
70.0	70.0	51.0	44.5	39.0	35.0	32.0	32.0
80.0	80.0	58.0	50.5	45.0	41.0	38.0	38.0
90.0	90.0	64.0	57.0	51.0	46.0	44.0	44.0
100.0	100.0	71.0	63.0	57.0	52.0	49.0	49.0
110.0	100	76.0	68.0	62.0	57.0	54.0	54.0
120.0	100	81.0	73.0	68.0	62.0	59.0	59.0
130.0	100	86.0	78.5	73.0	67.0	63.0	63.0
135.0	100	88.5	81.5	75.5	69.5	65.0	65.0
140.0	100	91.0	84.0	78.0	72.0	68.0	67.0
150.0	100	94.0	88.0	82.0	76.0	72.0	70.0
160.0	100	98.0	93.0	86.0	81.0	76.0	74.0
166.0	100	100.0	94.8	88.4	83.4	79.0	75.2
170.0	100	100.0	96.0	90.0	85.0	81.0	76.0
180.0	100	100.0	99.0	93.0	88.0	84.0	79.0
182.0	100	100.0	100.0	93.6	88.6	84.8	79.6
190.0	100	100.0	100.0	96.0	91.0	88.0	82.0
200.0	100	100.0	100.0	98.0	94.0	90.0	84.0

#	X			x1		x2		y1		y2		Y		PCI	Tramo	m	Existentes	Cumple
	suma v.d	q	q corregido	SUM MEN	SUM MAY	COR MEN	COR MAY	pendiente	V CORREG									
1	33.55	4	4	30	40	12.0	19.0	0.7	14.49	85.51	1	8.91	5	SI				
2	96.03	3	3	90	100	57.0	63.0	0.6	60.62	39.38	2	4.99	4	SI				
3	91.87	6	6	90	100	44.0	49.0	0.5	44.94	55.06	3	7.51	6	SI				
4	106.59	4	4	100	110	57.0	62.0	0.5	60.29	39.71	4	5.01	5	SI				
5	125.25	7	7	120	130	59.0	63.0	0.4	61.10	38.90	5	5.02	7	NO				
6	98.42	4	4	90	100	51.0	57.0	0.6	56.05	43.95	6	6.30	5	SI				
7	65.31	4	4	60	70	33.0	39.0	0.6	36.19	63.81	7	7.74	4	SI				
8	57.44	5	5	50	60	23.0	29.0	0.6	27.46	72.54	8	8.21	5	SI				
9	34.46	3	3	30	40	17.0	24.0	0.7	20.12	79.88	9	9.42	3	SI				
10	49.82	3	3	42	50	25.4	31.0	0.7	30.88	69.12	10	6.67	4	SI				
11	35.97	3	3	30	40	17.0	24.0	0.7	21.18	78.82	11	8.28	5	SI				
12	92.47	6	6	90	100	44.0	49.0	0.5	45.24	54.76	12	7.88	6	SI				
13	130.32	6	6	130	135	63.0	65.0	0.4	63.13	36.87	13	5.52	6	NO				
14	149.59	8	7	140	150	67.0	70.0	0.3	69.88	30.12	14	5.23	8	NO				
15	93.30	6	6	90	100	44.0	49.0	0.5	45.65	54.35	15	6.93	7	NO				
16	151.06	9	7	150	160	70.0	74.0	0.4	70.42	29.58	16	3.42	9	NO				
17	165.12	9	7	160	166	74.0	75.2	0.2	75.02	24.98	17	7.20	9	NO				
18	100.45	5	5	100	110	52.0	57.0	0.5	52.22	47.78	18	7.50	5	SI				
19	83.96	4	4	80	90	45.0	51.0	0.6	47.37	52.63	19	7.64	4	SI				
20	57.09	4	4	50	60	26.0	33.0	0.7	30.96	69.04	20	7.94	4	SI				
21	0.18	0	0	0	10	0.2	0.2	0	0.18	99.82	21	10.17	1	SI				
22	42.28	2	2	42	50	31.4	37.0	0.7	31.60	68.40	22	7.52	2	SI				
23	57.06	3	3	50	60	31.0	38.0	0.7	35.94	64.06	23	7.57	4	SI				
24	31.52	3	3	30	40	17.0	24.0	0.7	18.06	81.94	24	8.98	3	SI				
25	26.50	3	3	25	28	13.5	15.6	0.7	14.55	85.45	25	8.21	3	SI				

Falla	Severidad	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Piel de Cocodrilo	L	3.1	3.8	4.6	5.3	6.1	6.9	7.6	8.4	9.1	9.9	16.7	20.7	23.6	25.8	27.6	29.1	30.5	31.6	33	40.8	45.9	49.5	52.4	54.7	56.6	58.3	59.8	61.1
Piel de Cocodrilo	M	6.4	9.3	11.6	13.5	15.3	16.8	18.3	19.7	20.9	22	28.2	32.5	35.6	38	39.9	41.6	43	44.3	45.6	55.4	60.9	64.8	67.8	70.2	72.3	74.1	75.7	77.1
Piel de Cocodrilo	H	11.8	15.6	18.4	20.6	22.6	24.3	25.9	27.3	28.6	29.9	40.05	45.5	49.3	52.2	54.6	56.7	58.4	60	61.3	70.4	75.8	79.5	82.5	84.9	86.9	88.6	90.2	91.6
Exudación	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0.6	0.9	1.2	1.7	2.1	2.6	3.1	3.4	5.9	8.2	10.3	12.4	14.3	16.2	18.1	19.9	21.6
Exudación	M	0	0.8	1.4	1.8	2.1	2.4	2.6	2.8	2.95	3.3	5	6	7	8.1	9.1	10.1	11.2	12.2	13	18.3	22.4	25.8	28.8	31.5	34	36.4	38.6	40.6
Exudación	H	2.2	2.7	3.1	3.5	3.9	4.3	4.7	5.1	5.5	5.8	8.7	11	13.1	14.9	16.6	18.2	19.7	21.1	23	34.1	41.6	47.9	53.4	58.4	63	67.3	71.3	75.1
Borde	L	0	0	0	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	3.2	3.4	3.6	3.8	4	4.3	4.5	4.7	4.9	7.1	9.3	11.5	13.7	15.9	0	0	0	0
Borde	M	0	0	0	3.9	4.3	4.6	4.8	5.1	5.3	5.5	7.1	8.4	9.5	10.4	11.2	11.9	12.6	13.2	13.8	18.4	21.8	24.6	26.9	29.1	0	0	0	0
Borde	H	0	0	0	7.9	8.2	8.4	8.6	8.8	9	9.2	10.7	12.9	14.7	16.2	17.6	18.9	20.1	21.2	22.3	30.5	36.7	41.9	46.4	50.4	0	0	0	0
Longitudinal	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	2	3.3	4.3	5.1	5.8	6.4	7	8	12.2	15.1	17.7	19.9	22	23.9	25.6	27.3	28.9
Longitudinal	M	0	0	0	0	0	1.4	1.7	1.9	2.1	2.4	4.6	6.9	9.2	11.5	13	14.3	15.8	17.1	18.3	26.1	30.6	33.9	36.4	38.4	40.1	41.6	43	44.2
Longitudinal	H	0	0	0	4.3	4.9	5.6	6.2	6.7	7.3	7.8	12.3	16.1	19.5	22.6	25.5	28.2	30.8	32.5	34.3	50.3	59.7	66.3	71.5	75.7	79.3	82.3	85.1	87.5
Transversal	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	2	3.3	4.3	5.1	5.8	6.4	7	8	12.2	15.1	17.7	19.9	22	23.9	25.6	27.3	28.9
Transversal	M	0	0	0	0	0	1.4	1.7	1.9	2.1	2.4	4.6	6.9	9.2	11.5	13	14.3	15.8	17.1	18.3	26.1	30.6	33.9	36.4	38.4	40.1	41.6	43	44.2
Transversal	H	0	0	0	4.3	4.9	5.6	6.2	6.7	7.3	7.8	12.3	16.1	19.5	22.6	25.5	28.2	30.8	32.5	34.3	50.3	59.7	66.3	71.5	75.7	79.3	82.3	85.1	87.5
Parqueo	L	0	0	0	0	1.2	1.4	1.6	1.9	2.1	2.3	4.4	6.6	8	9.9	11.7	13.2	14.6	15.7	16.8	23.7	27.8	30.7	32.9	0	0	0	0	0
Parqueo	M	3.7	4.5	5.2	6	6.7	7.5	8.2	9	9.7	10.1	14.3	17.4	20.1	22.4	24.6	26.5	28.3	30	31.5	41	47.9	53.4	58.2	0	0	0	0	0
Parqueo	H	6.5	9.2	11.2	12.9	14.4	15.8	17.1	18.3	19.4	19.4	26	30.8	34.8	38.2	41.2	44	46.5	48.9	52	67.5	73.1	77	80.1	0	0	0	0	0
Pulimento	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1.2	1.8	2.3	2.8	3.1	3.5	6.5	8.3	10.1	11.8	13.6	15.4	17.1	18.9	20.7
Pulimento	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1.2	1.8	2.3	2.8	3.1	3.5	6.5	8.3	10.1	11.8	13.6	15.4	17.1	18.9	20.7
Pulimento	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1.2	1.8	2.3	2.8	3.1	3.5	6.5	8.3	10.1	11.8	13.6	15.4	17.1	18.9	20.7



SECCIÓN	NOMBRE DE FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD	U	DENSIDAD	X	X1	X2	Y1	Y2	m	Y
							DENS MEN	DENS MAY	V.D. MEN	V.D. MAY	PENDIENTE	V.D. INTER
1	Borde	L	0	m	0.00		0	0	0	0	0	0.00
1	Borde	L	3.174081	m	7.94		7	8	4.3	4.5	0.2	4.49
1	Borde	M	4.028984	m	10.07		10	20	13.8	18.4	0.46	13.83
1	Longitudinal	L	0.631193	m	1.58		1	2	0	0.1	0.1	0.06
1	Piel de cocodrilo	L	1.092537	m2	0.38		0.3	0.4	4.6	5.3	7	5.14
1	Pulimento	L	0	m2	0.00		0	0	0	0	0	0.00
1	Pulimento	L	5.757406	m2	1.99		1	2	0	0	0	0.00
1	Pulimento	M	0	m2	0.00		0	0	0	0	0	0.00
1	Pulimento	M	3.105788	m2	1.07		1	2	0	0	0	0.00
1	Transversal	L	0.325073	m	0.81		0.8	0.9	0	0	0	0.00
1	Transversal	M	1.746014	m	4.37		4	5	9.2	11.5	2.3	10.04
2	Exudación	L	1.927199	m2	0.66		0.6	0.7	0	0	0	0.00
2	Longitudinal	H	10.667651	m	26.67		20	30	50.3	59.7	0.94	56.57
2	Parcheo	L	0.12346	m2	0.04		0	0.1	0	0	0	0.00
2	Piel de cocodrilo	L	3.726903	m2	1.29		1	2	9.9	16.7	6.8	11.84
2	Pulimento	L	0	m2	0.00		0	0	0	0	0	0.00
2	Pulimento	L	0	m2	0.00		0	0	0	0	0	0.00
2	Pulimento	L	10.649978	m2	3.67		3	4	0	0.5	0.5	0.34
2	Transversal	L	0.30615	m	0.77		0.7	0.8	0	0	0	0.00
2	Transversal	M	0	m	0.00		0	0	0	0	0	0.00
2	Transversal	M	0	m	0.00		0	0	0	0	0	0.00
2	Transversal	M	0	m	0.00		0	0	0	0	0	0.00
2	Transversal	M	9.050369	m	22.63		20	30	26.1	30.6	0.45	27.28
3	Longitudinal	L	0	m	0.00		0	0	0	0	0	0.00
3	Longitudinal	L	0	m	0.00		0	0	0	0	0	0.00
3	Longitudinal	L	3.537084	m	8.84		8	9	6.4	7	0.6	6.91
3	Longitudinal	M	0	m	0.00		0	0	0	0	0	0.00
3	Longitudinal	M	0	m	0.00		0	0	0	0	0	0.00
3	Longitudinal	M	0	m	0.00		0	0	0	0	0	0.00
3	Longitudinal	M	8.498671	m	21.25		20	30	26.1	30.6	0.45	26.66
3	Piel de cocodrilo	L	0.555705	m2	0.19		0.1	0.2	3.1	3.8	7	3.74
3	Piel de cocodrilo	M	0	m2	0.00		0	0	0	0	0	0.00
3	Piel de cocodrilo	M	0	m2	0.00		0	0	0	0	0	0.00
3	Piel de cocodrilo	M	6.438226	m2	2.22		2	3	28.2	32.5	4.3	29.15
3	Pulimento	M	4.219375	m2	1.45		1	2	0	0	0	0.00
3	Transversal	L	0	m	0.00		0	0	0	0	0	0.00
3	Transversal	L	0	m	0.00		0	0	0	0	0	0.00