



**PROTOCOLO PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS DE CAMPO EN  
AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS PARA DAÑOS Y FISURAS POR MEDIO DE  
CÁMARAS DE ALTO RENDIMIENTO Y PROCESAMIENTO DE DATOS EN EL  
SOFTWARE LDis 2.7.9 PARA AIM INGENIEROS S.A.S.**

Juan Diego Isaza Vera

Informe de práctica académica presentado para optar al Título de Ingeniero Civil

Asesor

Carlos Alberto Vega Posada, Ph.D. in Civil and Environmental Engineering

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental  
Ingeniería Civil  
Medellín  
2023

---

**Cita**

(Isaza Vera, 2023)

---

**Referencia**

Isaza Vera, J. D. (2023). *Protocolo para el procesamiento de datos de campo en auscultación de pavimentos para daños y fisuras por medio de cámaras de alto rendimiento y procesamiento de datos en el software LDis*

**Estilo APA 7 (2020)**

2.7.9 para AIM Ingenieros S.A.S Semestre de Industria. Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia.

---



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Julio Cesar Saldarriaga Molina.

**Jefe departamento:** Lina María Berronet Cadavid.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

Este logro es dedicado principalmente a mi madre quien es la persona más importante y ha estado durante todo mi proceso de formación en la Universidad, a mi familia que son un ejemplo y me motivan a seguir y concluir este bonito proceso. A mis amigos y compañeros de universidad que me brindaron apoyo y saben lo duro que puede ser este proceso pero que se puede lograr.

## **Agradecimientos**

Agradezco inmensamente a la Universidad de Antioquia por brindarme la mejor formación para ser un buen profesional y una muy buena persona, por brindarme cada espacio para sentirme seguro y no rendirme en el proceso, por darme a conocer mejor el mundo y ser capaz de tomar decisiones y ser crítico al momento de hacerlo, de igual manera a cada profesor que estuvo dispuesto a brindarme su conocimiento.

A la empresa AIM Ingenieros S.A.S quien me acogió de la mejor manera y permitió aplicar los conocimientos adquiridos durante mi formación y además enseñarme muchísimo más, brindarme la confianza y ser parte de su grupo de trabajo.

A mis padres que son mi mayor pilar, que me motivan a seguir y por quienes continuo y quiero darles el triunfo merecido de mi proceso de formación, a mi familia que son mi referencia, quienes tomo de ejemplo por ser personas que no se rinden y han logrado salir adelante y que me brindan todo su apoyo porque saben que puedo lograrlo.

A mis amigos que hicieron parte desde el momento que ingresé a la universidad y de cierta manera motivan a continuar con el proceso y saber que cada uno está logrando sus metas, les agradezco porque hicieron de mi día a día más ameno.

## Tabla de contenido

Resumen .....	8
Abstract .....	9
Introducción .....	10
1 Objetivos .....	11
1.1 Objetivo general .....	11
1.2 Objetivos específicos.....	11
2 Marco teórico .....	12
2.1 Daños y Fisuras .....	14
3 Metodología .....	18
4 Resultados .....	21
4.1 Protocolo en auscultación de pavimentos para daños y fisuras por medio de cámaras de alto rendimiento y procesamiento de datos en el software LDis 2.7.9.....	22
4.1.1 Trabajos de Campo .....	22
4.1.1.1 Selección de las Vías .....	22
4.1.1.2 Equipos.....	23
4.1.1.3 Calibración de las cámaras y software de video .....	24
4.1.1.4 Procedimiento para el registro en campo .....	25
4.1.2 Trabajos de oficina.....	26
4.1.2.1 Identificación de la vía .....	26
4.1.2.2 Software LDis 2.7.9 .....	26
4.1.2.3 Recepción e identificación de archivos.....	28
4.1.2.4 Procedimiento.....	29
4.1.2.5 Metodología VIZIR.....	37
4.1.3 Formatos de Resultados .....	43

4.1.3.1 Informe .....	49
5 Análisis.....	51
6 Conclusiones .....	53
Referencias .....	55
Anexos.....	57

### Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Daños y Fisuras mas comunes .....	15
<b>Tabla 2.</b> Capacidades de Servicio.....	17
<b>Tabla 3.</b> Glosario .....	21
<b>Tabla 4.</b> Comandos para el software LDis 2.7.9 .....	34
<b>Tabla 5.</b> Deterioros Tipo A.....	38
<b>Tabla 6.</b> Deterioros Tipo B.....	39
<b>Tabla 7.</b> Niveles de Severidad deterioros Tipo A .....	40
<b>Tabla 8.</b> Niveles de severidad deterioros Tipo B .....	41
<b>Tabla 9.</b> Formato 1 para levantamiento de daños.....	44
<b>Tabla 10.</b> Formato 2 para levantamiento de daños.....	45
<b>Tabla 11.</b> Presentación de datos para Índice de estado .....	47
<b>Tabla 12.</b> Tabla resumen de área afectada. ....	48

## Lista de Ilustraciones

<b>Ilustración 1.</b> Equipo de video para auscultación de Daños y Fisuras.....	24
<b>Ilustración 2.</b> Calibración del equipo de video .....	25
<b>Ilustración 3.</b> Ventana principal Software LDis .....	28
<b>Ilustración 4.</b> Disposición de archivos en el disco duro .....	29
<b>Ilustración 5.</b> Separador decimal .....	30
<b>Ilustración 6.</b> Cargar imágenes – Panel principal .....	31
<b>Ilustración 7.</b> Nueva base de datos .....	32
<b>Ilustración 8.</b> Medidas para la vía.....	33
<b>Ilustración 9.</b> Registro de Daños y Fallas .....	35
<b>Ilustración 10.</b> Catalogo y selección de tipo de falla.....	36
<b>Ilustración 11.</b> Exportar Excel .....	36
<b>Ilustración 12.</b> Datos dispuestos en archivo Excel .....	37
<b>Ilustración 13.</b> Tablas para $lf$ y $ld$ – cálculo del $Is$ .....	42
<b>Ilustración 14.</b> Carpeta de entrega .....	50

.

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Metodología.....	18
<b>Figura 2.</b> Comparación levantamiento de daños .....	52

## Siglas, acrónimos y abreviaturas

<b>AIM</b>	Arredondo Madrid Ingenieros Civiles
$I_s$	Índice de deterioro Superficial
$l_d$	Índice de Deformación
$l_f$	Índice de Fisuración

---

## Resumen

Los pavimentos rígidos y flexibles son vulnerables directamente a las cargas repetitivas que deben soportar, por este motivo se van evidenciando en el tiempo la aparición de daños y fisuras, es decir el continuo paso del tránsito vehicular y la exposición al clima cambiante van generando efectos de forma gradual deteriorando poco a poco la superficie de los pavimentos y manifestándose en forma de daños y fisuras. De esta manera para poder mantener las vías en condiciones buenas de operación, es recomendable realizar el estudio, trabajo de campo y recolección de información de los daños y fisuras e identificar de que tipo son y que área es afectada por estas y por consiguiente darles el mantenimiento adecuado a las vías, claro está que no es el único parámetro determinante para la calificación de las vías en operación. Los procedimientos en campo para la toma de datos han cambiado y se han adaptado a las nuevas regulaciones de seguridad y salud en el trabajo, en este caso se implementa un equipo de cámaras de alto rendimiento las cuales recolectan la información de la vía a evaluar y a su vez toma un registro fotográfico, estos datos serán procesados luego en el Software LDis 2.7.9 y Excel teniendo en cuenta diferentes procesos utilizados en AIM Ingenieros S.A.S. y recursos bibliográficos.

*Palabras clave: Pavimento rígido, Pavimento flexible, Daños, Fisuras, Auscultación, Vías, Cámaras.*

### **Abstract**

Rigid and flexible pavements are directly vulnerable to the repetitive loads that pavements must support, and for this reason the appearance of damage and cracks becomes evident over time, i.e., the continuous passage of vehicular traffic and exposure to the changing climate gradually deteriorate the surface of the pavements and manifest themselves in the form of damage and cracks. Thus, in order to maintain the roads in good operating conditions, it is advisable to carry out the study, field work and collection of information on damages and cracks and to identify what type are and what area is affected by them, and consequently to give them the appropriate maintenance, although this is not the only determining parameter for the qualification of the roads in operation. The field procedures for data collection have changed and have been adapted to the new regulations of safety and health at work, in this case a high performance camera equipment is implemented which collects the information of the road to be evaluated and in turn takes a photographic record, these data will be processed later in the LDis 2.7.9 and Excel software taking into account different processes used in AIM Ingenieros S.A.S. and bibliographic resources.

*Key words: Rigid pavement, Flexible pavement, Damage, Cracks, Auscultation, Roads, Chambers, maintenance.*

---

## Introducción

“La auscultación de pavimentos es un proceso que sirve para evaluar el estado actual del pavimento, brindando una herramienta de apoyo que permita determinar cuándo realizar un mantenimiento preventivo” (Berrio & Ussa, 2012). Entre estos parámetros o indicadores que se deben evaluar, están las Grietas y las Fisuras causadas principalmente por las cargas repetitivas de vehículos que transitan todos los días y el cambio de clima al que están expuestas las vías, debido a estos factores se genera desgaste del pavimento (flexible o rígido) generando daños superficiales. Anteriormente se implementaban métodos manuales para la medición de los diferentes indicadores (que hoy en día algunas empresas siguen utilizando), para los daños históricamente se realizaba un recorrido continuo en las vías identificando la presencia de dichos daños, tomando fotos y anotando medidas para luego ser clasificados, evaluados y analizados.

La empresa AIM Ingenieros S.A.S con más de 41 años de experiencia en el campo de la ingeniería civil cuenta con diversos servicios como Consultoría, Interventoría y Administración, especialidades en diseño de pavimentos y auscultación de vías y estudios de geología y geotecnia, entre otros. En el servicio de auscultación se realiza la medición de indicadores como rugosidad, ahuellamiento, resistencia al deslizamiento, daños y fisuras, parámetros que hacen referencia a aspectos funcionales de las vías. Ahora bien, para el tema de daños se venía implementando en la empresa un trabajo de campo por medio de una comisión que camina la vía tomando los datos, metodología que ha cambiado, ahora se viene implementando un equipo de cámaras de alto rendimiento las cuales, toman el registro en campo cada cierta distancia y georreferenciando cada imagen, estos datos serán procesados en el software LDis 2.7.9 para hacer la clasificación y caracterización de estos daños, lo que evita exponer el personal de campo a accidentes por la circulación de vehículos.

Dentro de AIM Ingenieros este método de registro de campo es nuevo, por lo que se pretende con este proyecto explicar el debido proceso para el procesamiento de los datos registrados en campo para los daños y fisuras de las vías, describir correctamente los equipos, realizar un protocolo a seguir desde el trabajo en campo hasta el correcto uso del software, teniendo en cuenta las guías y normas correspondiente para este proyecto.

## **1 Objetivos**

### **1.1 Objetivo general**

Formular un protocolo para el procesamiento de datos de campo en auscultación de pavimentos para daños y fisuras por medio de cámaras de alto rendimiento y procesamiento de datos en el software LDis 2.7.9 para AIM Ingenieros.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Revisar e implementar guías, normas, instructivos y demás referencias para pavimentos rígidos y flexibles en evaluación de daños para el desarrollo adecuado del proyecto.
- Describir los procedimientos correspondientes para el registro en campo de daños y fisuras con el fin de documentar el proceso, mostrar los formatos a utilizar para los resultados, mostrar los equipos adecuados para realizar el trabajo y registrar los resultados obtenidos.
- Explicar el funcionamiento y el procedimiento llevado a cabo con el software LDis 2.7.9 para el levantamiento de datos por medio de las fotos recibidas del trabajo en campo.
- Implementar el procedimiento realizado y documentado para AIM Ingenieros para los próximos proyectos y personal encargado.

---

## 2 Marco teórico

Entre los parámetros funcionales y estructurales que se miden para las vías en operación y forman parte de la auscultación para pavimentos, frecuentemente están los daños y fisuras, procedimientos que son de gran importancia ya que “La auscultación tiene como objetivo proporcionar la información necesaria para establecer un diagnóstico detallado de la estructura del pavimento para identificar estos defectos y, posiblemente, redimensionar las soluciones de mantenimiento a implementar” (El Ayadi et al., 2011) Además, los pavimentos, a través de los años, van desmejorando su calidad y su funcionalidad debido a las altas cargas repetitivas a las que son sometidos cada día, según el DAEP, 1990 los pavimentos manifiestan desgaste en la superficie de forma continua y creciente, esto debido principalmente a la cantidad de vehículos que transitan y al constante cambio de clima por lo que no son fallas que se presenten súbitamente. Entonces es preciso y adecuado realizar estudios, cálculos y demás procedimientos para el correcto mantenimiento de las vías.

No todos los pavimentos trabajan de la misma manera, se clasifican por como estos transmiten los esfuerzos que genera el tránsito de vehículos. Estos pueden ser pavimentos flexibles, semirrígidos, rígidos y articulados, pero en sí:

“El pavimento es una estructura vial conformada por una o varias capas de materiales seleccionados que se construyen técnicamente sobre la subrasante, y es capaz de resistir: las cargas impuestas por el tránsito, la acción del medio ambiente, transmitir al suelo de apoyo o fundación, esfuerzos y deformaciones tolerables y además proporcionar la circulación de los vehículos con rapidez, comodidad, seguridad y economía” (Buitrago & Cano, 2011).

Debido a los factores mencionados anteriormente, en el tiempo se manifiestan de forma superficial en distintas fallas por lo que es preciso el mantenimiento de las vías.

Entre las fallas más comunes podemos encontrar: agrietamientos, hundimientos, corrugación, fisuras, peladuras, entre muchas otras, para dar algunos ejemplos la norma ASTM, 2023 define las fisuras longitudinales como aquellas que se presentan paralelas al eje central del pavimento y las Fisuras transversales como aquellas que se presentan aproximadamente en ángulo recto al eje central del pavimento, el Parcheo lo define como un área de pavimento existente que

es reemplazada por material nuevo para ser reparada, cada una se presenta por causas diferentes, y que tienen un manejo particular. Lo importante es monitorear las características típicas de los daños en las carreteras, es decir, las grietas superficiales en los pavimentos de manera oportuna y precisa es necesario poder identificar y detectar para evaluar estas grietas y fisuras a tiempo mientras estén en la etapa más temprana desde su aparición permitiendo que la estructura dure mucho más y se alargue su vida útil (Deng et al., 2023). Para cada caso es saber cómo proceder al mejoramiento de dicha falla y son varios los métodos que permiten la medición y caracterización de los diferentes daños y fisuras identificando al área afectada del pavimento, dependiendo de cuál sea el caso se implemente la solución más favorable.

Es preciso entonces, desde el diseño de los pavimentos, visualizar estas posibles fallas y prever de forma adecuada la aparición de las mismas para un buen desempeño del pavimento. Las fallas hacen parte de los indicadores de comportamiento, estos son “características del pavimento que pueden medirse cuantitativamente y correlacionarse con las consideraciones subjetivas de los usuarios” (IBCH, 2006) y según esto deben ser cuantificadas según su tipo, severidad y cantidad. Uno de los métodos de reconocimiento de las fallas, se basa en imágenes que suelen ser procesadas para poder cuantificar y observar el área afectada en los pavimentos, por lo cual será el objeto de estudio para desarrollar este proyecto.

Para la empresa AIM Ingenieros S.A.S., entre sus mejoras y cambios en los procesos llevados a cabo para sus trabajos y servicios esta la implementación de las cámaras de alto rendimiento para el registro de los daños y fisuras en las vías, se pasará de un método manual a uno más moderno y tecnológico, por lo cual no se tiene mucho conocimiento acerca de este método dentro de dicha empresa, se conoce un poco acerca de su funcionamiento pero no sobre su procesamiento por lo cual se realizara todo el estudio para el análisis de los datos y la optimización de la información, y así dejar un registro para entender cada parte del proceso, desde su funcionamiento en campo hasta el análisis en el software LDis 2.7.9 y las tablas reporte en Excel.

## 2.1 Daños y Fisuras

Para pavimento flexible se ha mencionado anteriormente se pueden presentar daños y fisuras por diferentes motivos como el clima y las cargas que transitan día a día sobre ellos. Son varias las fallas que en general se pueden presentar en un pavimento, realizando una inspección adecuada, hay varios manuales y catálogos que pueden ser utilizados para la identificación de estas fallas por lo cual es conveniente describirlas para comprender cada una de ellas. Cada daño y cada fisura que se presenta puede presentarse por causas diferentes y de esta misma manera cada uno de estos tiene un tratamiento diferente para poder darle solución.

Dependiendo mucho del proyecto se puede seleccionar los tramos en donde se desea realizar la inspección, normalmente se solicita el servicio para toda las calzadas y carriles de la vía. Los deterioros que se encuentren en el levantamiento pueden presentar grados de severidad donde pueden cubrir más área de afectación o daños que implica cambiar la superficie del pavimento, es preciso entonces mencionar los daños más comunes que se encuentran en las vías, esto según varios catálogos de fallas se realiza una inspección y se seleccionaron los más frecuentes, sus definiciones son sacadas de estos catálogos y manuales (**Tabla 1. Daños y Fisuras mas comunes**Tabla 1), tales como:

- Common Distresses on Flexible Pavements. (Caltrans & Task Group CP2. s.f)
- Distress Identification Manual. (FHWA, 2014)
- Pavement Distress Identification Manual. (FHWA, s.f)
- Pavement Condition Index (PCI). (Vásquez, 2002)

*Tabla 1. Daños y Fisuras mas comunes*

Término	Definición
Fisura Longitudinal	Fisuras aproximadamente paralelas a la línea central del pavimento. Estas fisuras que no se asocian a las cargas, pero su ubicación es significativa.
Fisura Transversal	Fisuras que son predominantemente perpendiculares a la línea central del pavimento y no están ubicadas sobre juntas de construcción.
Fisura por Fatiga	Fisuras en la capa asfáltica causadas por cargas de tráfico repetidas.
Piel de cocodrilo	Es una serie de Fisuras interconectadas de varias etapas de desarrollo. Se desarrolla en un patrón de muchos lados que se asemeja a la malla de gallinero o la piel de cocodrilo. Puede ocurrir en cualquier parte del carril de la vía y presenta un área considerable.
Fisuras en Bloque	Patrón formado por las fisuras que tiende a dividir el pavimento en piezas aproximadamente rectangulares, sus dimensiones varían.
Fisura de Borde	Fisuras bastante constantes que se encuentran adyacentes al borde del pavimento, son normalmente fisuras longitudinales fuera de la trayectoria de la rueda.
Baches	Agujeros en forma de cuenco que se presentan en la superficie del pavimento, su tamaño puede variar.
Parcheo	Porción de superficie de pavimento que ha sido removida y/o reemplazada por material adicional aplicado al pavimento después de la construcción original.
Ahuellamiento	Depresión superficial longitudinal en la trayectoria de la rueda.
Depresión	Áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor.
Abultamiento	Desplazamientos hacia arriba que se presentan en la superficie del pavimento.
Desplazamiento	Desplazamiento longitudinal de un área de la superficie del pavimento, generalmente se produce por el aceleración y frenado de vehículos.
Descascaramiento	Pérdida de una gran área de la superficie del pavimento. Por lo general, hay una clara separación de la superficie del pavimento de la capa inferior.
Exudación	Película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante que usualmente llega a ser pegajosa.

Término	Definición
Pulimiento de agregado	Aglutinante superficial desgastado para exponer el agregado grueso, se puede volver suave al tacto, se reduce la adherencia.
Pérdida de agregados/ película ligante	Pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado.
Afloramiento de agua	Filtración o expulsión de agua debajo del pavimento a través de grietas.
Segregación	Separación del agregado grueso del agregado fino debido al mal manejo de la mezcla en varios puntos durante las operaciones de producción, acarreo y colocación.
Escalonamiento	Diferencia entre los niveles del borde del pavimento y la berma.

*Fuente: Propia - Adaptación de las definiciones de los Manuales: Common Distresses on Flexible Pavements, Distress Identification Manual, Pavement Distress Identification Manual y Pavement Condition Index (PCI).*

Todos estos deterioros influyen directamente en la circulación de vehículos, de tal manera que el volumen del tránsito puede aumentar o disminuir lo que repercute además en la Capacidad de Servicio de la vía. La Capacidad se refiere a la cantidad máxima de vehículos que pueden transitar por algún tramo o sector de una vía en un determinado tiempo en las propias condiciones de la vía y el tráfico vehicular (INVIAS, 2020), según esto, la vía a evaluar puede bajar de manera significativa su capacidad de servicio debido a gran cantidad de deterioros que pueda presentar, aumentando el tráfico ya que los vehículos no tendrán gran suficiente área para transitar con libertad. Se presentan en la Tabla 2 algunas características de cada nivel de servicio brindadas por el INVIAS:

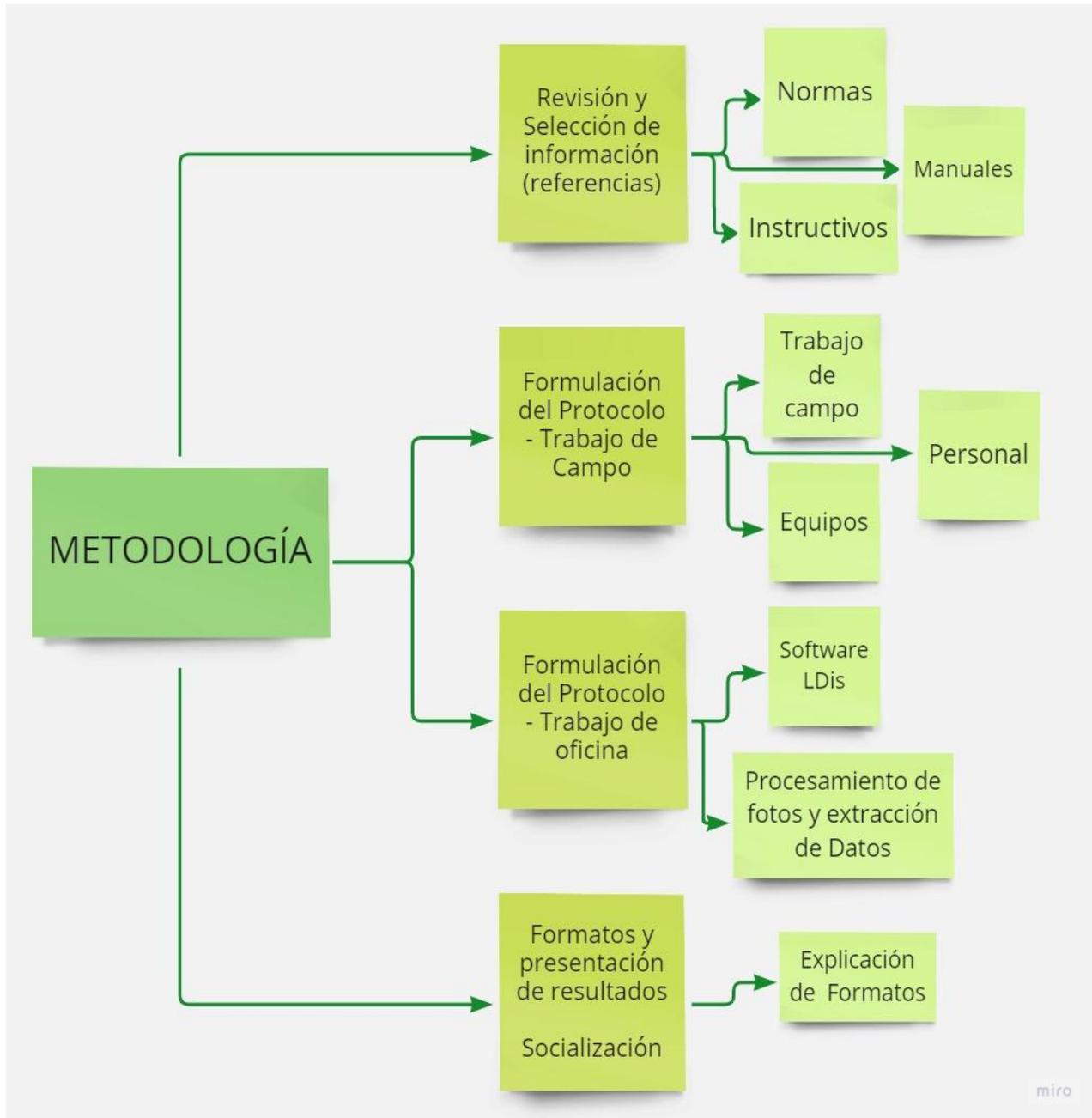
**Tabla 2. Capacidades de Servicio**

Nivel A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Flujo libre en la vía</li> <li>- especificaciones geométricas adecuadas</li> <li>- libertad para conducir con la velocidad deseada</li> <li>- facilidad alta de maniobrar dentro de la corriente vehicular</li> <li>- Casi nula interferencia con otros vehículos</li> <li>- Condiciones de acuerdo con la Topografía</li> </ul>
Nivel B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aparición de restricciones de flujo libre</li> <li>- Especificaciones geométricas reducidas</li> <li>- Velocidad deseada disminuida</li> <li>- Facilidad de maniobrar reducida</li> <li>- Adelantar vehículos con frecuencia para aumentar velocidad</li> <li>- Nivel de libertad y comodidad bueno</li> </ul>
Nivel C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condiciones medias con flujo estable</li> <li>- Restricciones geométricas y pendientes</li> <li>- Interferencias tolerables con otros vehículos</li> <li>- Libertad de conducir afectada</li> <li>- Deficiencias en la vía aceptables</li> <li>- Libertad y comodidad adecuado</li> </ul>
Nivel D	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Flujo aun estable</li> <li>- Restricciones geométricas y pendientes</li> <li>- No hay libertad de conducción con velocidad deseada</li> <li>- Interferencias frecuentes con otros vehículos</li> <li>- Condiciones de vía defectuosas</li> <li>- Libertad y comodidad deficiente</li> </ul>
Nivel E	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad de circulación baja pero el transito fluye</li> <li>- Imposibilidad de adelantar</li> <li>- Perturbaciones que generan congestión en el transito</li> <li>- Limitaciones en la vía obliga a una velocidad similar a la velocidad de capacidad</li> <li>- Condiciones de inseguridad</li> <li>- Libertad y comodidad baja</li> </ul>
Nivel F	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Circulación congestionada</li> <li>- Volumen de demanda mayor a la capacidad de la vía</li> <li>- Velocidades inferiores a la velocidad de capacidad</li> <li>- Flujo irregular</li> <li>- Constantes paradas y avances</li> <li>- Olas largas de vehículos</li> <li>- Condiciones adversas de la vía</li> <li>- Velocidades irregulares</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia – Adaptado de INVIAS.

### 3 Metodología

Figura 1. Metodología



Fuente: Elaboración Propia.

---

Fase 1. Dicha fase consiste en revisar, estudiar y seleccionar referencias bibliográficas que estén relacionadas y permitan identificar aspectos importantes en temas de auscultación de vías y pavimentos, levantamientos de daños, mantenimiento y mejoramiento de pavimentos para la realización del proyecto. Se tendrán en cuenta principalmente normas y manuales como:

- Norma ASTM D6433 - Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys
- Norma AASHTO 93 – AASHTO guide for Design of Pavement Structures
- Norma INV E813 – determinación del Índice de Deterioro Superficial de un Pavimento Asfáltico Mediante el Método Vizir
- Catálogo: Common Distresses on Flexible Pavements From Maintenance Technical Advisory Guide
- Manual: Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program
- Manual: Pavement Distress Identification Manual for the NPS Road Inventory Program
- Instructivo para la Inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras

Fase 2. En esta fase se describirán y documentarán los procedimientos, métodos y trabajos de campo que deben ser realizados para consolidar el protocolo de levantamiento de daños tales como: descripción de los equipos y su calibración, explicación de los trabajos correspondientes en campo (metodología empleada), seguridad del personal en campo, posibles errores en las mediciones.

Fase 3. Realizar el procesamiento de la información capturada en campo, por medio de trabajo realizado en oficina en el software LDis 2.7.9, realizar la selección del registro fotográfico, identificar los daños y las fisuras pertenecientes a las vías que se vayan a evaluar, verificación de la severidad de los daños y fisuras y de esta manera poder realizar una adecuada extracción de los datos para poder ser trabajados luego en los formatos correspondientes.

Fase 4. Esta fase se refiere al diligenciamiento de los formatos para la entrega de los resultados una vez se tengan los datos procesados, presentar las alternativas y explicar cómo deben ser dispuestos los datos en dichos formatos.

Fase 5. Socialización del protocolo con el área de Pavimentos de AIM Ingenieros para dejar registro y pueda ser implementado como guía para el levantamiento de daños en la auscultación de vías y pavimentos.

## 4 Resultados

### Propósito

Presentar un protocolo en auscultación de pavimentos para daños y fisuras con cámara de alto rendimiento y manejo del software LDis 2.7.9 para AIM Ingenieros S.A.S, debido a que son procesos y metodologías nuevas dentro de la empresa, con el fin dejar plasmado el instructivo y los pasos a seguir para su buen funcionamiento, plasmar la gestión del conocimiento y que los nuevos practicantes puedan tomarlo como referencia para su aprendizaje y su desarrollo.

### Alcance

Como resultado final de este proyecto se presentará el protocolo para el procesamiento de datos de campo en auscultación de pavimentos para daños y fisuras por medio de cámaras de alto rendimiento y procesamiento de datos en el software LDis 2.7.9 para AIM ingenieros S.A.S.

*Tabla 3. Glosario*

<b>Término</b>	<b>Definición</b>
Pavimento	Conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados (INVIAS, 2018)
Pavimento flexible	Formados por una o más capas asfálticas que están apoyadas sobre capas de base y subbase conformadas por materiales granulares, materiales corregidos o estabilizados con diversos agentes. (Buitrago & Cano, 2011)
Pavimento Rígido	Constituidos por losas de hormigón apoyadas sobre una subbase de material granular natural o directamente sobre la subrasante.(Buitrago & Cano, 2011)
Autopista	Vía especialmente diseñada para altas velocidades de operación con los sentidos de flujos aislados por medio de separadores, sin intersecciones a nivel y con control total de accesos. (INVIAS)
Auscultación	"Proceso que sirve para evaluar el estado actual del pavimento, brindando una herramienta de apoyo que permita determinar cuándo realizar un mantenimiento preventivo". (Berrio & Ussa, 2012)
índice de Estado	"resultado que corresponde a la sumatoria de los productos efectuados entre la calificación ponderada de cada elemento medido (rugosidad, fisuras y grietas, resistencia al deslizamiento, estado de las bermas, zonas laterales, señalización, ahuellamiento y deformaciones) por su respectivo factor de influencia" (ANI, sf)

Término	Definición
Daños y Fisuras	Afectaciones que se presentan en el pavimento y que puedan llegar a afectar la circulación cómoda y segura de los vehículos. (Buitrago & Cano, 2011)
Mantenimiento	Brindar un servicio de alto nivel para garantizar la seguridad de los usuarios de la vía, los medios de transporte, las mercancías y los bienes muebles, también limitar la propagación de más daños necesarios para ser reparados. (MTLS, 2023)
Vía	Zona de uso público o privado abierta al público destinada al tránsito de público, personas y/o animales. (INVIAS)
Deterioros	Alteración producida en la superficie de un pavimento asfáltico, la cual puede ser producida, entre otras, por la acción de las cargas del tránsito, el agua, las acciones climáticas y, en algunos casos, por deficiencias en los procesos de producción y construcción, así como por la calidad de los materiales. (Z, n.d.)

*Fuente: Elaboración Propia.*

#### **4.1 Protocolo en auscultación de pavimentos para daños y fisuras por medio de cámaras de alto rendimiento y procesamiento de datos en el software LDis 2.7.9**

##### **4.1.1 Trabajos de Campo**

Como aspectos previos a todo el trabajo de campo y técnico, para la realización de los trabajos de auscultación, se debe tener en cuenta la formulación económica del trabajo, la cual consiste en elaborar la cotización y conocer la manera en que se dan las negociaciones previas con el cliente, ajustando precios y demás condiciones para la ejecución del contrato de obra.

Debido a que el proyecto consiste en una guía para entender y comprender el levantamiento de daños y fisuras en la auscultación de pavimentos, contendrá gran cantidad de imágenes que ayudarán a la explicación de cada uno de los procesos.

##### **4.1.1.1 Selección de las Vías**

El levantamiento de daños puede ser realizado en diferentes vías, se tienen en cuenta aspectos como la longitud, tipo de pavimento y localización. Según su función, las vías se pueden clasificar como primarias, secundarias y terciarias. Las vías primarias por ser vías nacionales y de

mayor importancia deben de ser por obligación vías pavimentadas mientras que las vías secundarias y terciarias no necesariamente deben estarlo, pueden presentarse como vías pavimentadas o en afirmado.

Sin embargo, por objeto del proyecto, la auscultación se debe realizar para vías que se encuentren pavimentadas, ya que los daños y las fisuras que se desean encontrar es directamente sobre la superficie de los pavimentos, es decir, vías que no hayan sido intervenidas para su pavimentación no aplicarían para este proceso de auscultación.

#### **4.1.1.2 Equipos**

Para el levantamiento de los daños y fisuras se necesita un equipo completo de registro, descripción y clasificación de los daños en los diferentes pavimentos de las vías del país, tal como se muestra en la Ilustración 1.

El equipo principal consta:

- Dos cámaras de video de alto rendimiento, estas cámaras vienen con su respectivo hosting, con sus accesorios correspondientes y además cada cámara cuenta con sus lentes de alta definición con una resolución de 1920X1200 pixeles.
- Computador portátil conectado y adaptado a las cámaras para la recepción de los datos obtenidos, con pantalla de resolución full HD y viene con su teclado y mouse.
- Software de captura de imágenes integrado directamente a las cámaras y al computador para la recolección de imágenes.
- Sistema de Posicionamiento GPS
- Inversor de potencia, el cual distribuye la energía y alimenta al computador y al software.
- Vehículo en el cual son instaladas las cámaras y el equipo completo de video para la captura de los datos en las vías, este vehículo debe ser espacioso para un óptimo trabajo de campo.

*Ilustración 1. Equipo de video para auscultación de Daños y Fisuras.*



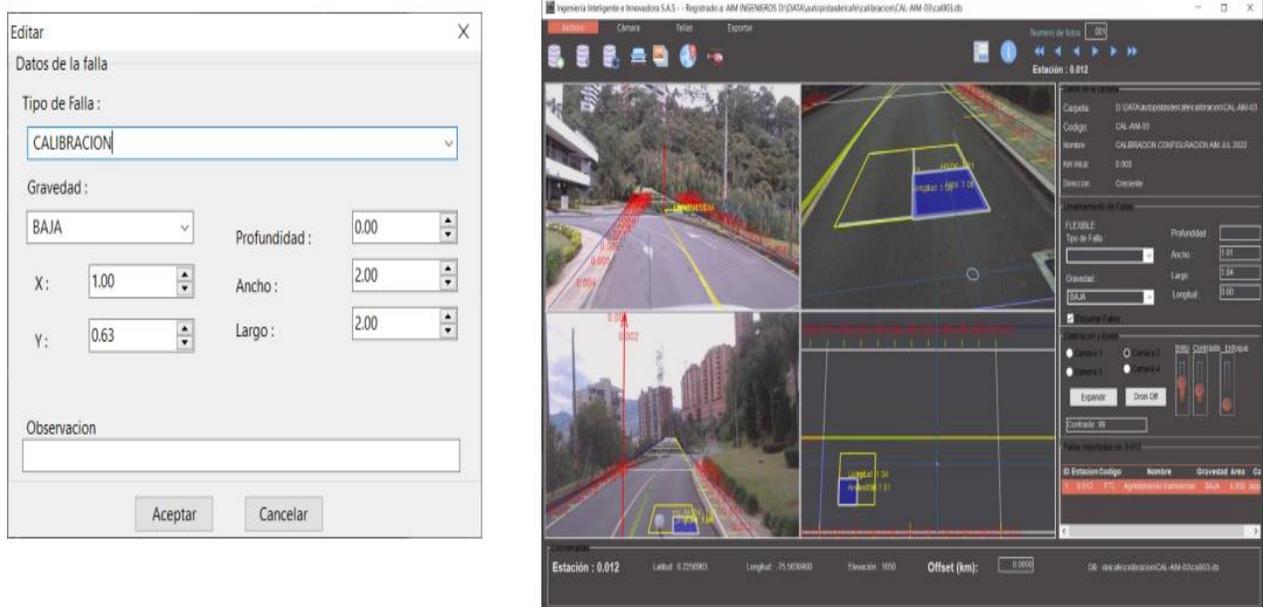
*Fuente: AIM Ingenieros SAS*

#### **4.1.1.3 Calibración de las cámaras y software de video**

La calibración de estos equipos es un proceso que brinda confiabilidad en los resultados, que sea lo más compatible posible con los resultados esperados para que puedan ser analizados y usados posteriormente. La calibración en este caso compara los resultados que se obtienen en campo, con estándares establecidos y así poder cumplir con requisitos en la entrega de informes, brindar calidad en el servicio, procurar un buen mantenimiento de los equipos, y reducir costos.

Para la calibración de las cámaras procede entonces, por parte del personal autorizado y capacitado , trazar sobre la vía pavimentada dos cuadrados, un cuadrado externo de 2 m de lado y un cuadrado interno de 1 m de lado, al par de cuadrados ya dibujados en el pavimentos se les toma el registro fotográfico con las cámaras y se pasa al software, en este se miden y se verifican las medidas de los cuadrados (Ilustración 2), por último se compara la diferencia en las mediciones y tanto para el eje X como el eje Y se tiene un error máximo del 7.5%

*Ilustración 2. Calibración del equipo de video*



*Fuente: AIM Ingenieros SAS*

**4.1.1.4 Procedimiento para el registro en campo**

Luego de saber cuál es el proyecto (vía en cuestión para la ejecución de la auscultación), se realiza todo el transporte del equipo y personal adecuado para los trabajos de campo al sitio correspondiente. Una vez ubicados en el proyecto, se toman las lecturas según el abscisado de la vía y así los registros tomados queden georreferenciados.

El vehículo, con las cámaras instaladas y todo el personal, se pone en marcha y las cámaras comienzan a hacer su trabajo, tomando el registro fotográfico cada 10 m, las fotos se van guardando

por medio del software de almacenamiento, el personal a su vez va anotando observaciones puntuales del estado de la vía y verificando que si estén funcionando correctamente las cámaras.

Al finalizar la totalidad de las fotos, estas son guardadas en carpetas con su respectivos KML, de la misma manera que se separan en carpetas marcadas, cada una corresponde a un tramo de vía, esto según el abscisado y división de la vía evaluada. Por último, el disco duro se manda para trabajo de oficina.

#### **4.1.2 Trabajos de oficina**

Para los trabajos correspondientes a funciones técnicas para la auscultación de pavimentos, es necesario que previamente se hayan mandado a un disco duro, con todos los registros tomados en campo, para realizar su procesamiento.

Para esta parte se mostrarán ejemplos, haciendo referencia a proyectos de forma general, es decir, no se darán nombres propios por confidencialidad de los proyectos en AIM Ingenieros S.A.S pero se presentarán de una forma adecuada para su comprensión.

##### **4.1.2.1 Identificación de la vía**

Es fundamental saber la localización y características de la vía y el pavimento, pero también es preciso conocer su longitud, sus tramos y su abscisado, esto para poder llevar un orden adecuado en la realización de la auscultación. Es recomendable entonces separar cada tramo de la vía para ir generando los archivos de resultados llevando un orden seguro.

##### **4.1.2.2 Software LDis 2.7.9**

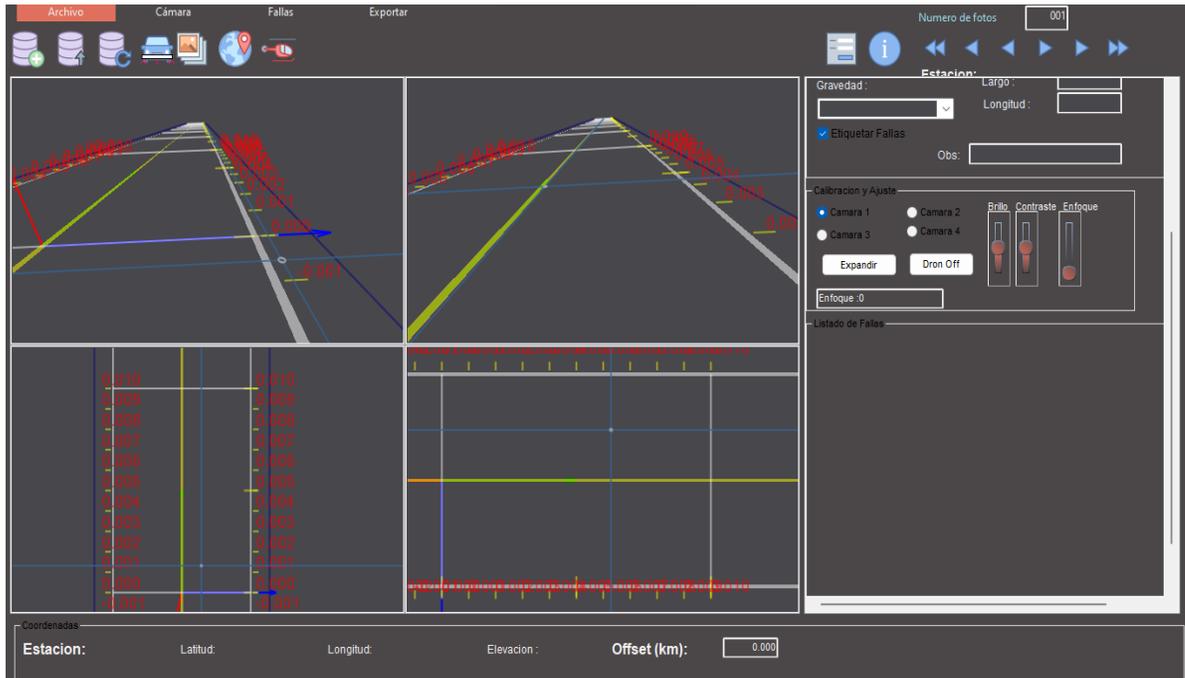
El Software LDis 2.7.9 es adquirido a través de Ingeniería Inteligente e Innovadora S.A.S quien es la responsable de su desarrollo y funcionamiento.

El software LDis 2.7.9 está compuesto de varias partes (Ilustración 3):

- Panel de Visualización de imágenes: este es el panel principal de trabajo, en este se pueden visualizar las fotos y las diferentes vistas (máximo 4 perspectivas) tomadas en campo y en las cuales se pueden acercar para mirar más detalladamente las imágenes.

- 
- Panel de Datos de la carpeta: en este se muestra la ubicación de la carpeta, nombre del tramo y de la vía, la abscisa inicial y en qué dirección están las fotos.
  - Panel de Levantamiento de Fallas: permite mirar el tipo de falla presentada en el pavimento, la gravedad de la misma, sus medidas y un espacio para observaciones.
  - Panel de Calibración y ajuste: ayuda a visualizar mejor las imágenes, teniendo ajustes de brillo, contraste y enfoque, además poder expandir alguna de las vistas disponibles a un tamaño considerable para mejor evaluación de las fallas.
  - Panel de Listado de Fallas: al ir seleccionando y clasificando las fallas, estas se podrán ver listadas en este panel, según la foto que estén, se irán enumerando para un mejor registro, mostraran el número, estación o foto, código, nombre, gravedad, área y el carril donde se encuentre, además se puede modificar desde este panel cada una de las fallas registradas previamente.
  - Panel de Coordenadas: se muestra la Estación (número de foto), latitud, longitud y elevación de cada una de las fotos.
  - Panel para pasar las fotos: permite ir pasando foto por foto para el registro y evaluación.
  - Panel de Archivo, Cámara, Fallas y Exportar.
    - a. Archivo: permite cargar una nueva base de datos o abrir una previamente creada, cargar las carpetas con las fotos, cargar un KML y visualizar la cantidad de fotos y seleccionar la deseada.
    - b. Cámara: permite modificar la geometría de la vía, medidas de anchos de carril y berma, de esta misma manera guardar y abrir algunas medidas previamente creadas y apagar o mostrar las guías del panel principal por medio del “visibilidad del marco”.
    - c. Fallas: en esta opción se puede abrir el catálogo seleccionado de fallas y de igual manera insertar o quitar alguna falla o daño, permite insertar un ancho o área en el panel principal, presenta tres opciones en las que se selecciona el tipo de pavimento y organizar algunas medidas en general
    - d. Exportar: esta última opción está relacionada con terminar algún recorrido de fotos ya que permite exportar las fotos con las fallas encontradas, se genera un archivo Excel donde se visualizan cada una de las fallas encontradas en orden con sus características, de igual manera permite exportar la ubicación del tramo con las fotos y falla o generar un paquete completo que puede ser guardado en el computador.

*Ilustración 3. Ventana principal Software LDis*



*Fuente: Elaboración Propia – Software LDis 2.7.9.*

Adicionalmente el software cuenta con licencia para utilizarlo, estas deben ser activadas con un código único según la serie y código de registro de cada computador a utilizar. Estas licencias son compradas y adquiridas con anterioridad por AIM Ingenieros S.A.S.

#### 4.1.2.3 Recepción e identificación de archivos

Luego de recibir el disco duro por parte del personal de trabajo de campo con todas las carpetas y datos en relación con la vía a evaluar, tales como: carpetas con registro fotográfico, KML (localización del proyecto), descripción y GPS localización (ver Ilustración 4) y de haber hecho un reconocimiento previo de dicha vía se procede a abrir el software para el levantamiento de daños y fisuras.

El disco duro viene entonces con la carpeta general con el nombre del proyecto en este caso, de forma general Proyecto 1, dentro de esta vienen los diferentes tramos que componen la vía separados por carpeta: Tramo 1, Tramo 2... hasta Tramo N, dentro de cada uno de estos tramos, en caso de ser doble calzada viene separada por calzada derecha y calzada izquierda y por último

cada carpeta contiene los archivos para poder realizar la auscultación de dicho tramo, cada carpeta llamada CM contiene las fotos tomadas por el equipo de video mínimo aparecen dos de estas carpetas enumeradas correspondientes a vistas diferentes de la vía.

- CM1 formato JPG
- CM2 formato JPG
- Descripción formato Documento de texto
- GPS\_LOC Formato Excel
- KML

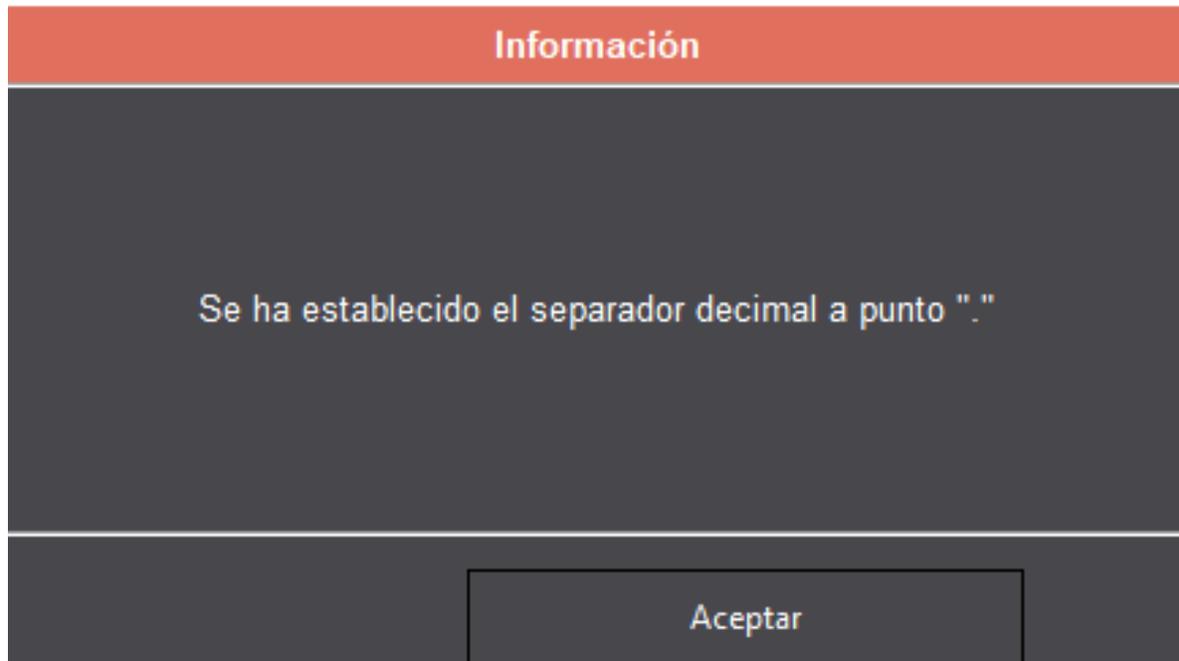
*Ilustración 4. Disposición de archivos en el disco duro*



*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.1.2.4 Procedimiento

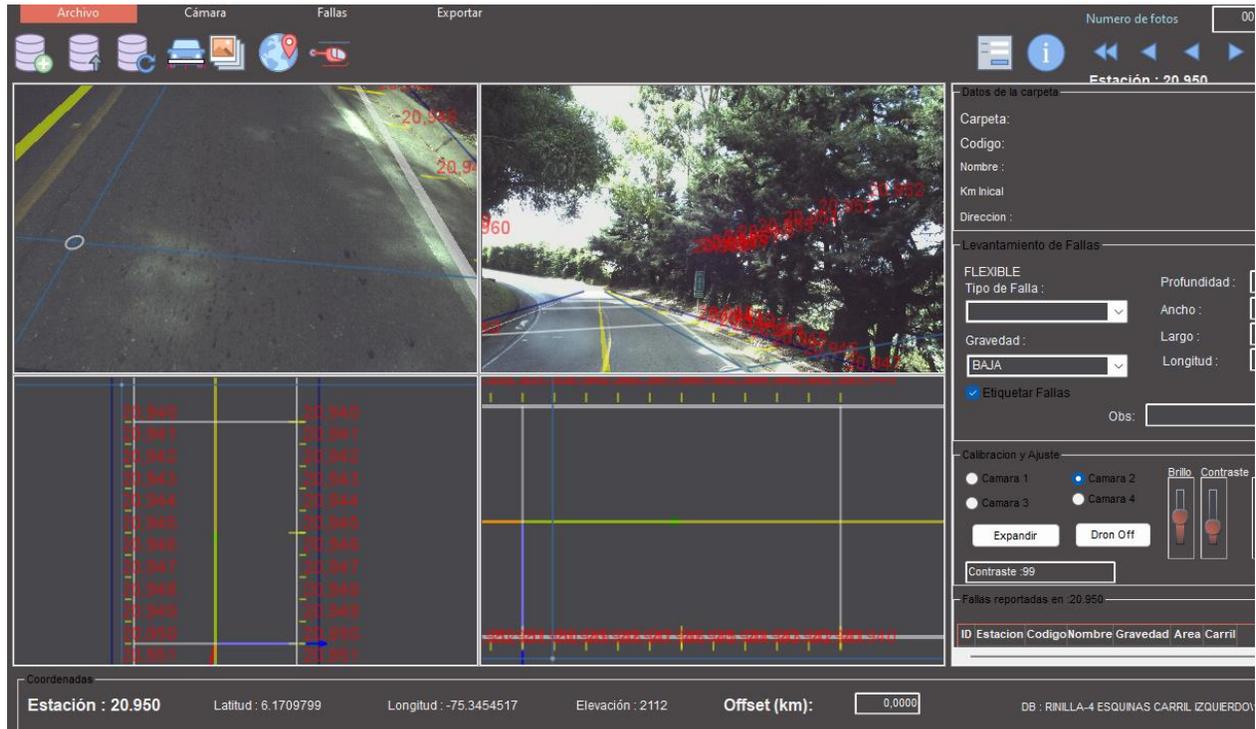
1. Se abre el software LDis 2.7.9 para el levantamiento de daños y fisuras el cual mostrará en primer aviso como se ha establecido el separador decimal (ver Ilustración 5) y al darle en “Aceptar” se abre el panel principal del software.

*Ilustración 5. Separador decimal*

*Fuente: Elaboración Propia – Software LDis 2.7.9.*

2. En primer lugar corresponde a cargar las fotos, en el panel principal en la opción Archivo se procede a dar clic en el icono de imagen: “cargar imágenes”, se despliega una ventana donde se selecciona la capeta donde se encuentra uno de los tramos de la vía y se abren los archivos lo que permite cargar las fotos para su visualización. Mínimamente se trabajan con dos vistas del pavimento, es decir, cámara 1 y cámara 2. Ilustración 6

*Ilustración 6. Cargar imágenes – Panel principal*



*Fuente: Elaboración Propia – Software LDis 2.7.9.*

3. Para poder trabajar sobre las imágenes es fundamental generar los datos del proyecto, para esto seleccionamos el primer icono a la izquierda del panel superior en la opción de Archivo el cual se identifica con un símbolo “más” y significa “Nueva BD” – Nueva Base de Datos – entonces se despliega una ventana en la cual por defecto ya viene establecido el nombre, el código, inicio, fin y superficie y simplemente se deben de llenar los espacios correspondientes a Responsable donde se indica la empresa, en este caso AIM Ingenieros S.A.S y Catalogo el cual se utiliza catalogo Vizir, y luego se guarda el proyecto en la carpeta deseada (preferiblemente donde estén ubicadas las carpetas de las fotos correspondientes a dicho tramo). Ilustración 7

*Ilustración 7. Nueva base de datos*

Datos del proyecto

Nombre : AUTOPISTA 1

Codigo : TRAMO 1

Responsable : AIM INGENIEROS SAS

Inicio : 0,000

Fin : 0,000

Superficie : Flexible

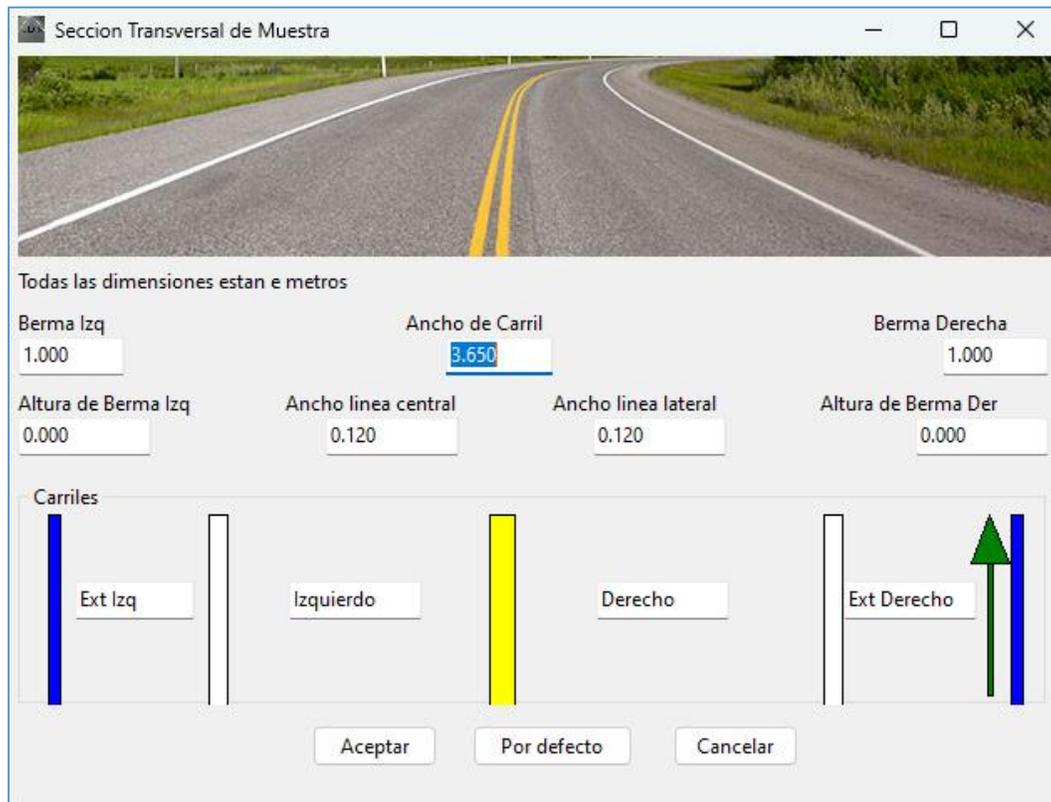
Catalogo : vizir\_colombia.cat

Aceptar Cancelar

*Fuente: Elaboración Propia – Software LDis 2.7.9.*

4. En este punto se comienza con el levantamiento de daños y fisuras, en la parte superior izquierda de la ventana del software en la opción Cámara se encuentra el botón “Sección de vía” con el cual se pueden organizar las medidas de la vía como se muestra en la Ilustración 8 e ir modificando estos valores a lo largo del recorrido.

*Ilustración 8. Medidas para la vía*



*Fuente: Elaboración Propia – Software LDis 2.7.9.*

5. Cada cámara muestra las líneas de división para identificar las bermas, las líneas laterales y centrales, los carriles y un abscisado cada 10 m, estas guías no siempre coinciden con los ejes horizontales reales de las vías por lo cual se deben de cuadrar manualmente, este procedimiento se realiza por medio de teclas con funciones rápidas moviendo y rotando los ejes en 3D, las teclas se muestran en la Tabla 4:

**Tabla 4. Comandos para el software LDis 2.7.9**

<b>Combinación de Teclas</b>	<b>Acción</b>
Mayusc + Flecha Arriba (Presionado CTRL ajuste fino)	Desplazar eje X hacia adelante
Mayusc + Flecha Abajo (Presionado CTRL ajuste fino)	Desplazar eje X hacia atrás
Mayusc + Flecha Der (Presionado CTRL ajuste fino)	Desplazar eje Y hacia la derecha
Mayusc + Flecha Izq (Presionado CTRL ajuste fino)	Desplazar eje Y hacia la izquierda
ALT + Flecha Arriba (Presionado CTRL ajuste fino)	Rotar el eje Y (Pitch) hacia abajo
ALT + Flecha Abajo (Presionado CTRL ajuste fino)	Rotar el eje Y (Pitch) hacia arriba
ALT + Flecha Der (Presionado CTRL ajuste fino)	Rotar el eje Z (Yaw) hacia derecha
ALT + Flecha Izq (Presionado CTRL ajuste fino)	Rotar el eje Z (Yaw) hacia Izquierda
ALT + INICIO (Presionado CTRL ajuste fino)	Rotar el eje X (Roll) hacia derecha
ALT + FIN (Presionado CTRL ajuste fino)	Rotar el eje X (Roll) hacia izquierda
CTRL+E	Expandir o Contraer la Imagen actual
W	Avanzar
S	Retroceder
I	Ir a una abscisa determinada
CTRL+ Rueda del mouse	Zoom en la cámara seleccionada
F , INSERT	Menú para insertar una falla
G, T	Disminuir, Aumentar Brillo
H, Y	Disminuir, Aumentar Contraste
1	Cambiar a gravedad BAJA
2	Cambiar a gravedad MEDIA
3	Cambiar a gravedad ALTA
4	Cambiar a gravedad NO TIENE
6, 7, 8, 9	Volver a Insertar una falla reciente
TAB	Seleccionar falla siguiente
DEL / SUPR	Eliminar falla

*Fuente: Ingeniería Inteligente e Innovadora S.A.S*

6. A medida que se pasan las fotos y en alguna de estas se identifica algún daño o fisura sobre el pavimento flexible o pavimento rígido se procede con su registro, se alinea las guías con los ejes reales con las teclas mencionadas anteriormente y con el cursor se traza un rectángulo alrededor del daño (Ilustración 9), de esta manera se identifica que área del pavimento puede estar afectada.

*Ilustración 9. Registro de Daños y Fallas*

*Fuente: Elaboración Propia – Software LDis 2.7.9.*

7. Al tener seleccionada el área se abre el catálogo de fallas mostrado en la Ilustración 10 presionando la tecla f y entre todas las opciones se selecciona la que se asemeje al daño o fisura encontrado y esta queda registrada en el panel de listado de fallas, se repite este proceso para la totalidad de las fotos en las que se identifiquen más daños o fisuras y para cada uno de los tramos que conforman la vía.

*Ilustración 10. Catalogo y selección de tipo de falla*



*Fuente: Elaboración Propia – Software LDis 2.7.9.*

8. Al momento de ir finalizando cada tramo es pertinente extraer los datos, en la Opción Exportar, damos clic en Excel, se abre una pequeña ventana como la de la Ilustración 11 en la que seleccionamos dos opciones: “Crear enlaces a la fotos” y “Exportar Coords X,Y,Z” de esta manera damos en aceptar y guardamos el archivo formato xlsx en la carpeta que dispongamos para dicho tramo de vía.

*Ilustración 11. Exportar Excel*



*Fuente: Elaboración Propia – Software LDis 2.7.9.*

Cada uno de los archivos guardados correspondiente a cada tramo de la vía se dispone entonces para ser editado, seleccionar los valores medidos y disponerlos en los formatos que se explicaran más adelante. Cada archivo viene con los datos distribuidos por columnas de la siguiente manera como se muestra en la Ilustración 12.

- Estación.
- Cod\_falla (código de falla).
- Superficie.
- Nombre\_falla.
- Gravedad.
- Ancho.
- Largo.
- Profundidad.
- X, Y y Z.
- Foto.
- Longitud.
- Latitud.
- Elevación.
- Carril.

*Ilustración 12. Datos dispuestos en archivo Excel.*

estacion	cod_falla	superficie	nombre_falla	gravedad	ancho	largo	profundidad	x	y	z	foto	longitud	latitud	elevacion	carril
15.630	FB	FLEXIBLE	Fisura de borde	BAJA	0.35	3.62	0	-1.815	3.249	0		-75.2741434	9.3668884	186	Derecho
16.390	PL	FLEXIBLE	de la película d	BAJA	0.86	0.68	0	-0.273	1.181	0		-75.2731211	9.3731461	206	Derecho
17.570	EX	FLEXIBLE	Exudación	BAJA	0.75	8.17	0	-0.331	2.451	0		-75.270447	9.3834587	192	Derecho
19.980	BA	FLEXIBLE	cheos y parche	BAJA	0.25	1.21	0	-0.699	3.174	0		-75.2626342	9.4032647	226	Derecho

*Fuente: Elaboración Propia.*

#### 4.1.2.5 Metodología VIZIR

Esta metodología francesa permite realizar una auscultación adecuada para pavimentos asfálticos ya que establece un Índice de deterioro superficial calculado a partir del área afectada sobre la longitud total de vía. Se caracteriza por ser una metodología de fácil entendimiento debido a que clasifica la totalidad de los daños en dos categorías (Tabla 5 y Tabla 6): Tipo A y Tipo B, de igual manera presenta 3 niveles de severidad para cada uno de los deterioros y muestra los procedimientos para plasmar los resultados encontrados y calcular el Índice de deterioro superficial.

- Tipo A. se refiere a deterioros debido a la capacidad estructural del pavimento flexible
- Tipo B. se refiere a deterioros debido a la capacidad funcional del pavimento flexible.

Este método visual de auscultación permite entonces calcular el  $I_s$  el cual lo clasifica en tres niveles distintos:

- Rango 1 y 2 es una calificación Buena
- Rango 3 y 4 es una calificación Regular
- Rango 5, 6 y 7 es una calificación Deficiente

*Tabla 5. Deterioros Tipo A*

NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	UNIDAD DE MEDIDA
Ahuellamiento	AH	m
Depresiones o hundimientos longitudinales	DL	m
Depresiones o hundimientos transversales	DT	m
Fisuras longitudinales por fatiga	FLF	m
Fisuras piel de cocodrilo	FPC	m
Bacheos y parcheos	B	m

*Fuente: Metodología VIZIR, (Leguizamo, s.f.).*

**Tabla 6. Deterioros Tipo B**

NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	UNIDAD DE MEDIDA
Fisura longitudinal de junta de construcción	FLJ	m
Fisura transversal de junta de construcción	FTJ	m
Fisuras de contracción térmica	FCT	m
Fisuras parabólicas	FP	m
Fisura de borde	FB	m
Ojos de pescado	O	unidad
Desplazamiento, abultamiento o ahuellamiento de la mezcla	DM	m
Pérdida de la película de ligante	PL	m
Pérdida de agregados	PA	m
Descascaramiento	D	m <sup>2</sup>
Pulimento de agregados	PU	m
Exudación	EX	m
Afloramiento de mortero	AM	m
Afloramiento de agua	AA	m
Desintegración de los bordes del pavimento	DB	m
Escalonamiento entre calzada y berma	ECB	m
Erosión de las bermas	EB	m
Segregación	S	m

Fuente: Metodología VIZIR, (Leguizamo, s.f.).

La metodología describe la gravedad de cada deterioro separándola en 3 niveles distintos identificados con los números 1, 2 y 3 donde 1 es “Baja”, 2 es “Media” y 3 es “Alta” y cada uno se identifica con un color: 1 – Blanco, 2 – Gris y 3 – Negro (Tabla 7 y Tabla 8).

Tabla 7. Niveles de Severidad deterioros Tipo A

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD		
	1	2	3
Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales	Sensible al usuario, pero poco importante Prof. < 20 mm	Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos. 20 mm ≤ Prof. ≤ 40 ≤ mm	Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios. Prof. > 40 mm
Grietas longitudinales por fatiga	Grietas finas en la huella de rodamiento. <6 mm	Grietas abiertas y a menudo ramificadas.	Grietas muy ramificadas, y/o muy abiertas. Bordes de grietas ocasionalmente degradados.
Piel de cocodrilo	Piel de cocodrilo formada por mallas (> 500 mm) con grietas finas, sin pérdida de materiales.	Mallas más densas (< 500mm), con pérdidas ocasionales de materiales, desprendimientos y ojos de pescado en formación.	Mallas con grietas muy abiertas y con fragmentos separados. Las mallas son muy densas (<200 mm), con pérdida ocasional o generalizada de materiales.
Bacheos y parcheos	Intervención de superficie ligada a deterioros tipo B.	Intervenciones ligadas a deterioros tipo A	
		Comportamiento satisfactorio de la reparación.	Ocurrencia de fallas en las zonas reparadas.

Fuente: Metodología VIZIR, (Leguizamo, s.f.).

**Tabla 8. Niveles de severidad deterioros Tipo B**

DETERIORO		NIVEL DE GRAVEDAD				
		1		2		3
Grietas longitudinales de junta de construcción		Fina y única (< 10 mm)	- Ancha (> 10 mm) sin desprendimiento o - Fina ramificada		Ancha con desprendimientos o ramificada	
Grietas de contracción térmica.		Grietas finas	Anchas sin desprendimiento, o finas con desprendimientos o fisuras ramificadas		Anchas con desprendimientos	
Grietas parabólicas.		Grietas finas	Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos	
Grietas de borde		Grietas finas	Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos	
Abultamientos		h < 20 mm	20 mm ≤ h ≤ 40 mm		h > 40 mm.	
Ojos de pescado* (por cada 100 m)	Cantidad.	< 5	5 a 10	< 5	> 10	
	Diámetro (mm)	≤ 300	≤ 300	≤ 1000	≤ 300	
Desprendimientos: - Pérdida de película de ligante. - Pérdida de agregado		Pérdidas aisladas	Pérdidas continuas		Pérdidas generalizadas y muy marcadas	
Descascaramiento	Prof.(mm)	≤ 25	≤ 25	> 25	> 25	
	Área(m <sup>2</sup> )	≤ 0,8	> 0,8	≤ 0,8	> 0,8	
Pulimento agregados		No se definen niveles de gravedad				
Exudación		Puntual, área específica	Continúa sobre las trayectorias por donde circulan las ruedas del vehículo.		Continúa y muy marcada, en diversas aéreas.	
Afloramientos: - De mortero - De agua		Localizados y apenas perceptibles	Intensos		Muy intensos	
Desintegración de los bordes del pavimento		Inicio de la desintegración, sectores localizados	La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o más.		Erosión extrema que conduce a la desintegración del revestimiento asfáltico	
Escalonamiento entre calzada y berma		Desnivel entre 10 y 50 mm	Desnivel entre 50 y 100 mm		Desnivel superior a 100 mm	
Erosión de las bermas		Erosión incipiente	Erosión pronunciada		La erosión pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios.	
Segregación**		No se definen niveles de gravedad				

Fuente: Metodología VIZIR, (Leguizamo, s.f.).

Para unificar toda la información recolectada en campo se calcula primero la gravedad de cada deterioro mediante la Ecuación 1:

**Ecuación 1. Cálculo de la gravedad de los deterioros**

$$G = \frac{l_1 + 2l_2 + 3l_3}{l_1 + l_2 + l_3}$$

Donde:

- G= gravedad.

-  $l_i$  es la longitud ocupada por el deterioro con severidad  $i$  dentro de cada sección equivalente de 100 m.

El resultado debe ser ponderado y clasificado de la siguiente manera:

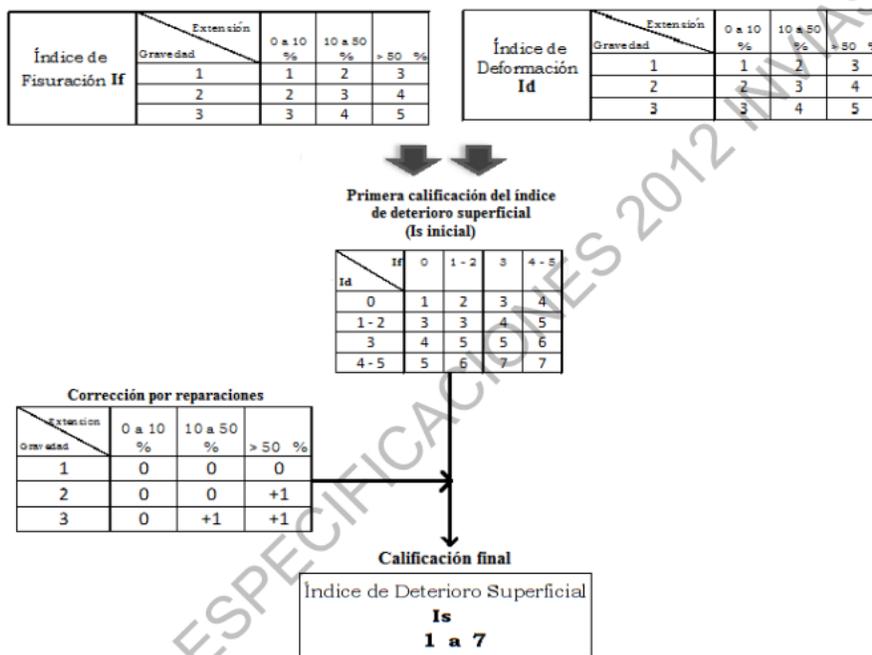
-  $G < 1.5 = 1$

-  $1.5 \leq G < 2.5 = 2$

-  $G \geq 2.5 = 3$

Por último, se calcula el Índice de Deterioro superficial el cual corresponde a la combinación del cálculo de  $l_f$ : Índice de fisuración el del  $l_d$ : Índice de deformación de acuerdo con la Ilustración 13 donde se muestran las tablas y el paso a paso:

**Ilustración 13. Tablas para  $l_f$  y  $l_d$  – cálculo del  $I_s$**



Fuente: Metodología VIZIR, (Z, s.f.).

### 4.1.3 Formatos de Resultados

Dentro de AIM Ingenieros S.A.S se manejan dos formatos para presentar los datos encontrados en campo y registro de valores para Índice de Estado. En este ítem se presentan los formatos luego del procesamiento de datos en el software LDis 2.7.9 y de haber extraído los archivos en formato xlx deben ser pasado a los formatos de entrega de Campo y Calificado:

1. El primer formato (Tabla 9) corresponde a una segunda clasificación de los daños encontrados en el levantamiento, divididos en 5 categorías según el Anexo II: Catalogo de tipología de fisuras en pavimentos, donde solo se tendrán en cuenta las fisuras y grietas
  - Categoría 2: Fisuras de una sola línea, longitudinales, suelen tener tendencia a ramificarse.
  - Categoría 4: Fisuras poco ramificada con tendencia a formar una malla, aparece por sectores.
  - Categoría 6: Fisuras con forma de malla en superficie más grande.
  - Categoría 8: Fisura en forma de malla que forman “piel de cocodrilo” y se presenta algún desprendimiento de material en algunas fisuras.
  - Categoría 10: Fisuras muy generalizadas con gran desprendimiento de material e inclusive formación de baches.

Este formato permite revisar el área afectada por las fisuras al igual que el área de las bermas afectadas siguiendo el abscisado del tramo a evaluar, las dimensiones de la vía, y las 5 categorías diferentes. En el Anexo 1 se muestra la tabla complementaria para el cálculo del porcentaje de área afectada que contiene las fórmulas vinculadas que por motivos de confidencialidad solo se mostrará la tabla.

Tabla 9. Formato 1 para levantamiento de daños

LEVANTAMIENTO DE DAÑOS																
		CONCESION: TRAMO:				CONTRATANTE:				EVALUADOR:				ANCHO DE CALZADA		OBSERVACIONES
		ABCISIA INICIAL: ABCISIA FINAL:				FECHA DE EVALUACION:										
ABCISIA	FISURA FORMADA EN UNA SOLA LINEA GENERALMENTE LONGITUDINAL Y AISLADA CON TENDENCIA A RAMIFICARSE (m2)		FISURA RAMIFICADA CON TENDECIA A FORMAR UNA MALLA GENERALIZADA EN SECTORES DE PAVIMENTO. (m2)		FISURA EN FORMA DE MALLA QUE ABARCA UNA SUPERFICIE MAS AMPLIA DE PAVIMENTO Y CON TENDENCIA A FORMAR LA PIEL DE COCOTRILO. (m2)		PIEL DE COCOTRILO DESPRENDIMIENTO DE MATERIAL EN CORRESPONDENCIA CON ALGUNAS FISURA. (m2)		FISURA TOTALMENTE GENERALIZADA CON DESPRENDIMIENTO DE PANES DE MATERIAL Y FORMACION DE BACHES. (m2)		ÁREA AFECTADA EN BERMAS. (m2)		LONG. BERMAS			
	CATEGORIA 2		CATEGORIA 4		CATEGORIA 6		CATEGORIA 8		CATEGORIA 10		Area Afectada en Bermas		Long Bermas			
	Carril		Carril		Carril		Carril		Carril		Carril		Carril			
	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	INICIO TRAMO	
<b>K0+00</b>																
K0+050	1.202165		0.56		2.66						7.6		1.1	2	9	
K0+100		5.692219		4.3355	3.58		5.43	8.15								
K0+150	0.760011	4.111348		1.2312	2.85		6.13									
K0+200	1.006356	1.686734	0.77	5.7375	2.4		3.6			5.17						
K0+250	0.70949	7.402042	1						0.1736		0.55					
K0+300	0.627697	4.328425	1.54	1.685666					12.5321							
K0+350		10.11962	2.88		2.39		6.56		7.1514	2.56						
K0+400	1.27741	9.104202	0.85	1.1625												
K0+450	1.034075								3.146							
<b>K0+500</b>		<b>0.45606</b>											0.8	1.7	6.9	
K0+550	1.519335															
K0+600										2.55						
K0+650																
K0+700																
K0+750																
K0+800		1.139244														
K0+850																
K0+900		0.457699														
K0+950		0.422885														
<b>K01+000</b>				<b>0.09443</b>									<b>0.11</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>6.9</b>
K01+050		1.057712														
K01+100										0.77		0.11				
K01+150				7.3145					7.9942							
K01+200									1.1096							
K01+250																
K01+300																
K01+350																
K01+400		0.643876														
K01+450	0.61358								0.0726							
<b>K01+500</b>							<b>0.92</b>						<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>6.7</b>	
K01+550					2.19											
K01+600																
K01+650										0.95						
K01+700		1.00825														
K01+750																
K01+800																
K01+850										0.361						
K01+900																
K01+950																
<b>K02+000</b>	<b>1.470422</b>								<b>0.0858</b>				<b>0.2</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	
K02+050																
K02+100				2.5428						0.48						
K02+150																
K02+200																
K02+250	0.970385															
K02+300	0.357435															
K02+350																
K02+400																
K02+450																
<b>K02+500</b>													<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6.9</b>	
K02+550	1.296617															
K02+600	2.312942															
K02+650																
K02+700																
K02+750																
K02+800																
K02+850																
K02+900																
K02+950		0.724883		0.602												
<b>K03+000</b>													<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6.8</b>	

Fuente: AIM Ingenieros S.A.S.

2. El segundo formato (Tabla 10) involucra todos los daños y fisuras encontrados en el tramo avaluado, anotando cada uno en la abscisa correspondiente, en este formato se pueden anotar valores con relación a el tipo de falla, severidad, medidas, bermas, vía y abscisado del tramo.

**Tabla 10. Formato 2 para levantamiento de daños.**

		Formato de campo para levantamiento de daños									
Contratante: _____ Proyecto: _____ Tramo : _____ Carril : _____				Superficie : _____ Fecha (dd/mm/aa): _____							
CODIGO DE VIA	SEGMENTO	ABSCISA	TIPO-SUPER	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	LONGITUD	ANCHO	BERMA DERECHA	ANCHO DE VIA	BERMA IZQUIERDA	OBSERVACIONES
	1	k0+000	FLEXIBLE	Sin fallas	1						
	1	k0+006	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	2	1.11	0.37				
	1	k0+006	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	2	2.4	0.94				
	1	k0+007	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	2	2.16	0.72				
	1	k0+007	FLEXIBLE	Fisuras longitudinales por fatiga	2	1.17	0.57				
	1	k0+008	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	2	1.02	0.82				
	2	k0+020	FLEXIBLE	Sin fallas							
	3	k0+040	FLEXIBLE	Sin fallas							
	4	k0+060	FLEXIBLE	Sin fallas							
	4	k0+069	FLEXIBLE	Fisura transversal de junta de construcción	2	0.18	1.03				
	4	k0+069	FLEXIBLE	Fisura transversal de junta de construcción	2	0.29	1.25				
	5	k0+080	FLEXIBLE	Sin fallas							
	6	k0+100	FLEXIBLE	Sin fallas							
	7	k0+120	FLEXIBLE	Sin fallas							
	8	k0+140	FLEXIBLE	Sin fallas							
	8	k0+147	FLEXIBLE	zamiento o abultamiento o ahuellamiento de la	1	6.11	0.26				
	8	k0+154	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	1	4.05	0.68				
	9	k0+160	FLEXIBLE	Sin fallas							
	10	k0+180	FLEXIBLE	Sin fallas							
	10	k0+180	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	1	2.56	0.5				
	10	k0+180	FLEXIBLE	Fisuras longitudinales por fatiga	1	3.71	0.58				
	11	k0+200	FLEXIBLE	Sin fallas							
	11	k0+200	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	2	1.22	1.47				
	11	k0+200	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	2	2.36	2.31				
	11	k0+211	FLEXIBLE	zamiento o abultamiento o ahuellamiento de la	1	5.66	0.66				
	11	k0+211	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	2	1.46	0.75				
	11	k0+211	FLEXIBLE	Fisuras longitudinales por fatiga	3	8.85	0.74				
	11	k0+212	FLEXIBLE	Fisura transversal de junta de construcción	1	1.15	3.03				
	12	k0+220	FLEXIBLE	Sin fallas							
	12	k0+221	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	2	0.89	0.27				
	12	k0+221	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	2	0.47	0.82				
	12	k0+221	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	2	0.43	0.99				
	12	k0+221	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	2	2.94	0.57				
	12	k0+222	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	1	0.4	0.76				
	12	k0+231	FLEXIBLE	Fisuras longitudinales por fatiga	2	4.89	0.65				
	12	k0+234	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	3	1.25	0.62				
	13	k0+240	FLEXIBLE	Sin fallas							
	13	k0+243	FLEXIBLE	Fisuras longitudinales por fatiga	2	5.44	0.59				
	13	k0+243	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	2	1.2	0.74				
	13	k0+253	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	2	3.11	0.7				
	13	k0+255	FLEXIBLE	Fisura transversal de junta de construcción	2	0.79	2.37				
	14	k0+260	FLEXIBLE	Sin fallas							
	14	k0+263	FLEXIBLE	Fisuras piel de cocodrilo	2	2.66	1.07				
	14	k0+263	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	2	0.51	0.83				
	14	k0+263	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	2	3.33	0.92				
	14	k0+263	FLEXIBLE	Fisura transversal de junta de construcción	2	0.68	1.66				
	14	k0+273	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	1	0.4	0.89				
	14	k0+273	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	2	1.752	0.234				
	15	k0+280	FLEXIBLE	Sin fallas							
	15	k0+295	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	2	1.13	0.95				
	15	k0+295	FLEXIBLE	Fisuras piel de cocodrilo	3	2.34	1.11				
	15	k0+295	FLEXIBLE	Fisuras piel de cocodrilo	3	2.12	1.35				
	15	k0+295	FLEXIBLE	Fisuras piel de cocodrilo	3	4.22	1.13				
	16	k0+300	FLEXIBLE	Sin fallas							
	16	k0+305	FLEXIBLE	Fisura transversal de junta de construcción	1	0.7	3.08				
	16	k0+305	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	2	1.82	1.36				
	16	k0+305	FLEXIBLE	zamiento o abultamiento o ahuellamiento de la	1	6.82	0.56				
	17	k0+320	FLEXIBLE	Sin fallas							
	17	k0+326	FLEXIBLE	zamiento o abultamiento o ahuellamiento de la	1	3.65	0.47				
	17	k0+326	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	1	0.63	0.48				
	17	k0+337	FLEXIBLE	Fisura transversal de junta de construcción	1	0.42	1.38				
	17	k0+337	FLEXIBLE	Fisuras de contracción térmica	2	0.93	0.97				
	18	k0+340	FLEXIBLE	Sin fallas							
	18	k0+348	FLEXIBLE	zamiento o abultamiento o ahuellamiento de la	1	4.05	0.45				
	18	k0+348	FLEXIBLE	zamiento o abultamiento o ahuellamiento de la	1	3.9	0.24				
	18	k0+348	FLEXIBLE	Fisura transversal de junta de construcción	2	1.08	1.76				
	18	k0+359	FLEXIBLE	zamiento o abultamiento o ahuellamiento de la	1	3.84	0.27				
	18	k0+359	FLEXIBLE	Fisura transversal de junta de construcción	1	1.12	1.68				

Fuente: AIM Ingenieros S.A.S.

3. El formato de calificación se presenta para el cálculo del Índice de estado, donde se evalúa en conjunto cada tramo de la vía y en cada una de sus calzadas y carriles (Tabla 11). El rango de calificación para cada tramo se realiza por kilómetro verificando el porcentaje de área afectada por los daños y fisuras, los rangos de calificación son:

- $0 < \% < 0.5 = 5 - \left(\frac{\% - 0}{0.5}\right) \rightarrow \text{Muy Bueno}$
- $0.5 \leq \% < 3 = 4 - \left(\frac{\% - 0.5}{2.5}\right) \rightarrow \text{Bueno}$
- $3 \leq \% < 5 = 3 - \left(\frac{\% - 3}{2}\right) \rightarrow \text{Regular}$
- $\% \geq 5 = 2 - \left(\frac{(\% - 5) * 2}{95}\right) \rightarrow \text{Malo}$

Tabla 11. Presentación de datos para Índice de estado

ABSCISA		CARRIL DERECHO		CARRIL CENTRAL		CARRIL IZQUIERDO		PROMEDIO DEL TRAMO	
		% Area de Afec	CALIFICACIÓN	% Area de Afec	CALIFICACIÓN	% Area de Afec	CALIFICACIÓN	% Area de Afec	CALIFICACIÓN
<b>TRAMO 1</b>									
k 00+000	k 01+000	0.3	4.39 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.2	4.70 Muy bueno
k 01+000	k 02+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 02+000	k 03+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 03+000	k 04+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 04+000	k 05+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	4.92 Muy bueno	0.0	4.96 Muy bueno
k 05+000	k 06+000	0.0	4.96 Muy bueno			0.0	4.92 Muy bueno	0.0	4.94 Muy bueno
k 06+000	k 07+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.4	4.24 Muy bueno	0.2	4.62 Muy bueno
<b>TRAMO 2</b>									
k 00+000	k 01+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 01+000	k 02+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 02+000	k 03+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 03+000	k 04+000	0.1	4.84 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	4.92 Muy bueno
k 04+000	k 05+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.1	4.90 Muy bueno	0.0	4.95 Muy bueno
k 05+000	k 06+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 06+000	k 07+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.1	4.75 Muy bueno	0.1	4.87 Muy bueno
<b>TRAMO 3</b>									
k 00+000	k 01+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 01+000	k 02+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 02+000	k 03+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 03+000	k 04+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 04+000	k 05+000	0.5	3.99 Bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.3	4.48 Muy bueno
k 05+000	k 06+000	0.1	4.80 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	4.90 Muy bueno
k 06+000	k 07+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
<b>TRAMO 4</b>									
k 00+000	k 01+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 01+000	k 02+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 02+000	k 03+000	0.6	3.95 Bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.3	4.38 Muy bueno
k 03+000	k 04+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 04+000	k 05+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 05+000	k 06+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 06+000	k 07+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
<b>TRAMO 5</b>									
k 00+000	k 01+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 01+000	k 02+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 02+000	k 03+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 03+000	k 04+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	4.99 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 04+000	k 05+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 05+000	k 06+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 06+000	k 07+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 07+000	k 08+000	0.3	4.39 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.2	4.70 Muy bueno
k 08+000	k 09+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 09+000	k 10+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 10+000	k 11+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	4.99 Muy bueno	0.0	4.99 Muy bueno
k 11+000	k 12+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 12+000	k 13+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 13+000	k 14+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 14+000	k 15+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 15+000	k 16+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 16+000	k 17+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 17+000	k 18+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 18+000	k 19+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	5.00 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno
k 19+000	k 20+000	0.0	5.00 Muy bueno			0.0	4.99 Muy bueno	0.0	5.00 Muy bueno

Fuente: AIM Ingenieros S.A.S.

Para el índice del estado se hace el cálculo teniendo en cuenta 4 parámetros fundamentales: Índice de Regularidad Internacional (IRI), Ahuellamiento, Fricción y Fisuras, donde cada parámetro tiene un factor de influencia y consiguiente se realiza una calificación ponderada y se calcula el índice para cada uno de los tramos, el factor de influencia para este parámetro de Daños y Fisuras es equivalente al 20%. (Tabla 12)

Ahora bien, para cuando solo es entrega de resultados y dependiendo de las solicitudes del cliente, se pueden presentar unas tablas resúmenes separadas por tramos indicando el porcentaje de área afectada para cada carril y para cada calzada.

*Tabla 12. Tabla resumen de área afectada.*

<b>PROYECTO AUTOPISTA 1</b>			
<b>Carril</b>	<b>área total m2</b>	<b>Área Afectada m2</b>	<b>Porcentaje área afectada</b>
<b>TRAMO 1</b>			
<b>Carril 1</b>	10250	186.2	1.82%
<b>Carril 2</b>	10300	129.5	1.26%
<b>Carril 3</b>	10400	33.0	0.32%
<b>TRAMO 2</b>			
<b>Carril 1</b>	800	4.6	0.58%
<b>Carril 2</b>	650	10.8	1.66%
<b>Carril 3</b>	550	8.4	1.53%
<b>TRAMO 3</b>			
<b>Carril 1</b>	150	14.7	9.80%
<b>Carril 2</b>	150	6.6	4.40%
<b>Carril 3</b>	150	12.6	8.40%
<b>TRAMO 4</b>			
<b>Carril 1</b>	350	19.3	5.51%
<b>Carril 2</b>	350	7.6	2.17%
<b>Carril 3</b>	350	5.9	1.69%

*Fuente: AIM Ingenieros S.A.S.*

En conjunto con los valores y mediciones ya dispuestos en los formatos de resultados se debe de realizar un archivo con la evidencia fotográfica, donde se ponen las fotos más significativas o que presenten daños y fisuras de mayor área, en el Anexo 2 se muestra un pequeño fragmento del formato utilizado.

#### **4.1.3.1 Informe**

Con todos los resultados dispuestos en los formatos y previamente calificados se realiza el informe de entrega para el cliente donde se plasman los datos más importantes, el informe es una recolección de datos acerca del contrato, de la empresa, del cliente y los resultados obtenidos en campo.

El informe este compuesto por:

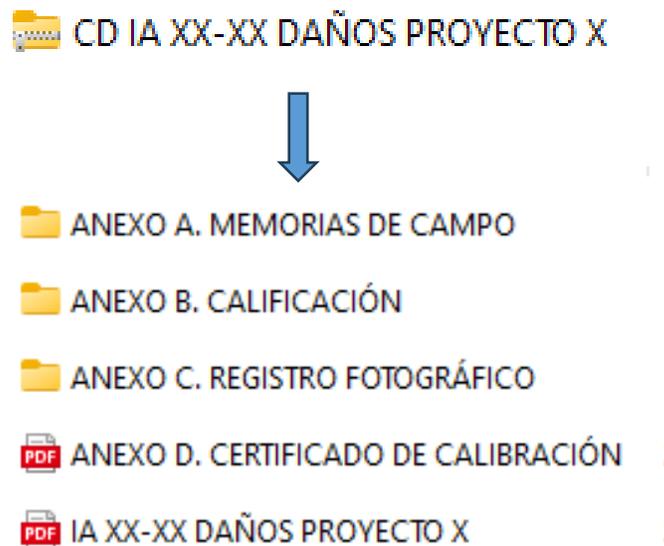
- Portada.
- Tabla de Versiones, modificaciones.
- Tabla de contenido.
- Listado de tablas, Figuras, Anexos.
- Introducción
- Objetivo general y específicos.
- Descripción del proyecto.
- Localización del proyecto.
- Tramificación del proyecto (opcional).
- Descripción de los trabajos a realizar.
- Equipos de medición.
- Descripción de los parámetros.
- Resultados obtenidos para cada parámetro.
- Graficas de calificación de cada parámetro.
- Análisis de resultados
- Conclusiones.
- Recomendaciones.
- Bibliografía.
- Anexos.

Por temas de confidencialidad se presenta un formato de portada en el Anexo 3 como evidencia de los formatos de Informe.

Por último, al tener todos los archivos listos se dispone a crear la carpeta de entrega, en esta se disponen los archivos de forma ordenada tanto el informe, como los resultados en campo y la calificación en caso de requerirse e inclusive el registro fotográfico, todos los archivos para poder ser entregados se comprimen en un archivo ZIP como se muestra en la **Ilustración 14. Carpeta de entrega** Ilustración 14:

- MEMORIAS DE CAMPO
- CALIFICACIÓN
- REGISTRO FOTOGRAFICO
- CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
- INFORME

**Ilustración 14. Carpeta de entrega**



*Fuente: Elaboración Propia - Carpetas de entrega*

---

## 5 Análisis

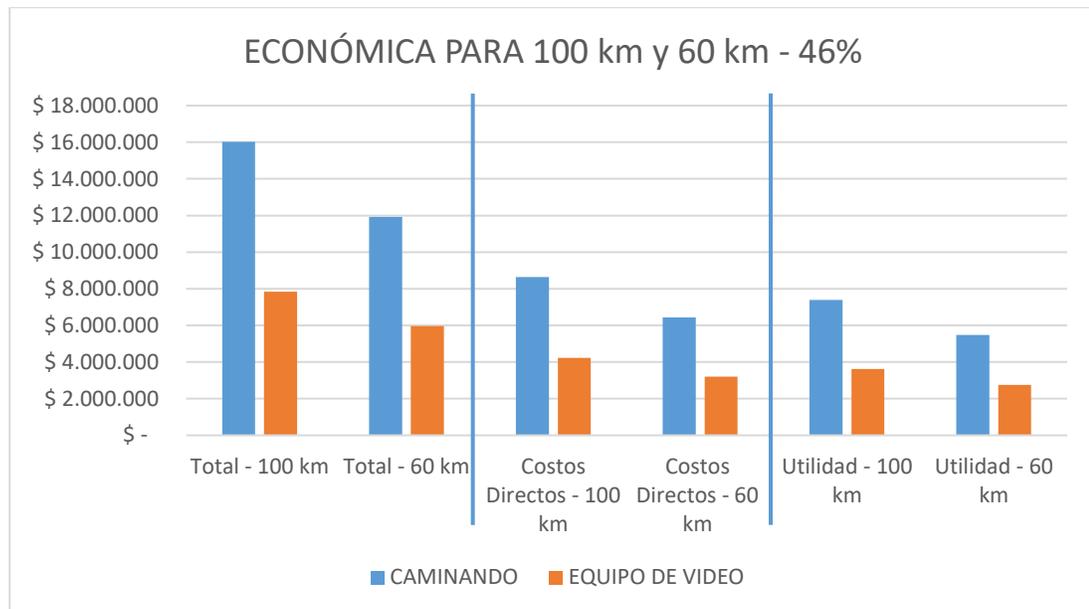
Se evidencia que el cambio de metodología manual para el levantamiento de Daños y fisuras a una metodología más sistemática por medio de cámaras de alto rendimiento trae consigo mejoras para el trabajo técnico en AIM Ingenieros S.A.S. permitiendo reducir costos directos y garantizando una mayor seguridad para el personal de campo, por lo tanto, dentro del mercado se pueden presentar ofertas para los clientes manteniendo un buen precio, pero reflejando una economía para ellos.

El valor de los costos directos para los trabajos de campo representa significativamente una reducción en precios, esto es debido a que la cantidad de días de ejecución de los proyectos se reduce e implica obtener una economía tanto en salarios del conductor y el operador, viáticos, equipos y transporte, de esta manera se pueden presentar propuestas económicas más llamativas para los clientes manteniendo una buena rentabilidad para la empresa.

De igual manera se incrementa el trabajo en oficina ya que implica un aumento en el tiempo de dedicación para cada proyecto, claro está, esto depende mucho de la longitud y demás características de la vía. Al presentarse mucha información por medio de fotografías que deben de ser analizadas para el levantamiento de daños, se genera un incremento en el cobro de honorarios del personal de oficina, pero, al realizar una comparación entre este incremento y lo que se reduce en campo, se proyecta un avance y una mejora para la empresa frente al mercado, además de que los tiempos de entrega no se ven afectados para los proyectos debido a que los tiempos del trabajo en oficina se compensan con el tiempo reducido para los trabajos en campo.

Al realizar simulaciones de cotizaciones se evidencia que los costos y valor total de la propuesta es reducido, en este caso se presentan dos ejemplos, tanto para 100 km como para 60 km de vía con una utilidad esperada del 46% donde se logra observar que los costos y el total de la propuesta económica baja hasta casi un cincuenta por ciento de lo que costaría realizar las mediciones caminando, sin dejar de lado que las longitudes y tramos de las vías varían al igual que su ubicación por lo que hay factores como viáticos y transporte de maquinaria que influyen en los precios (Figura 2).

**Figura 2. Comparación levantamiento de daños**



*Fuente: Elaboración Propia.*

Referente al Software LDis 2.7.9 el cual, para ir clasificando las diferentes Fallas presentadas en los pavimentos de las vías, lo hace por medio de rectángulos o cuadrados que varían su largo y ancho, estas medidas en muchos casos no suelen ser tan significativas debido a que son demasiadas pequeñas en comparación con el área total del tramo de vía que se esté evaluado, sin embargo, en ocasiones las áreas seleccionadas para algún deterioro puede ser un tanto mayor de lo que realmente puede estar afectado debido a la forma de selección y clasificación del sistema, esto ayuda a contemplar una mayor área asegurando mayor confiabilidad en los resultados, pero sería de gran ayuda que tuviera la posibilidad de generar formas libres para ser más precisos con las áreas sin necesidad de generar errores en el cálculo final.

---

## 6 Conclusiones

- Se logra la formulación del protocolo en auscultación de pavimentos para Daños y Fisuras de los pavimentos explicando paso por paso el procedimiento de ejecución de las diferentes actividades en campo y en oficina lo cual cumple y permite con la gestión del conocimiento para el área de pavimentos dentro de AIM Ingenieros S.A.S., permitiendo que esta se transmita de una forma clara y sea lo bastante entendible para los nuevos practicantes o personal interesado dentro de la empresa y de esta manera seguir brindando puntualidad y calidad en los resultados brindados a los diferentes clientes.
- Dentro de los trabajos de campo que reducen los costos directos que implican una economía para los clientes manteniendo una buena rentabilidad para la empresa, este tiempo es compensado por el trabajo de oficina ya que se debe revisar todo el registro fotográfico de forma precisa para brindar resultados correctos siendo de igual manera puntuales en la entrega de los proyectos.
- Al evidenciarse una reducción en los costos y precios de los servicios prestados en la auscultación de pavimentos, permite seguir en el mercado ofreciendo precios más bajos, pero manteniendo la seguridad, calidad y puntualidad para los clientes.
- Como muchos proyectos suelen ser concesiones viales de gran cantidad de kilómetros y divididos en varios tramos, es recomendable encontrar la manera que el software LDis 2.7.9 o por parte del personal realice una clasificación en campo previa a los trabajos de oficina para que el tiempo de este también se reduzca. Además, en cuanto al Software tener la posibilidad de seleccionar áreas con formas diferentes a cuadrados o rectángulos para tener una mayor precisión a la hora de calcular el área afectada.

- Al verse reducido notablemente el tiempo de actividades en campo para el levantamiento de Daños y Fisuras, se generan beneficios para la empresa tales como menor manejo del tiempo, es decir, los equipos y personal de trabajo estará mas disponible para la realización de otras mediciones o inclusive de realizar varios levantamientos para diferentes vías en menor tiempo, de esta manera la oferta del servicio incrementa favoreciendo a los clientes y a su vez generar mayores ingresos para la Empresa.

---

## Referencias

ANI. (s.f.). INDICE DE ESTADO. Agencia Nacional de Infraestructura. <https://www.ani.gov.co/glosario/indice-de-estado>

ASTM. (2023). *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys 1. D 6433 - 23*. <https://doi.org/10.1520/D6433-23>

Berrio, L., & Ussa, A. (2012). *AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS MEDIANTE INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES*. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/9359/BerrioCorreaLauraAndrea2012.pdf;jsessionid=8CCBB17742CD35ABD72A843D341FA659?sequence=2>

Buitrago, J., & Cano, P. (2011). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE METODOLOGÍAS DE AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES*. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/3655/BuitragoVelandiaJohanaAstrid2011.pdf;jsessionid=AD2476EC6A09754208A8104D055A239D?sequence=2>

Caltrans, & Task Group CP2. (s.f.). *Common Distresses on Flexible Pavements From... Maintenance Technical Advisory Guide (MTAG)*.

DAEP. (1990). *REPUBLICA DOMINICANA MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES “Año del Fomento de la Vivienda.”*

Deng, L., Zhang, A., Guo, J., & Liu, Y. (2023). *An Integrated Method for Road Crack Segmentation and Surface Feature Quantification under Complex Backgrounds. Remote Sensing, 15(6)*. <https://doi.org/10.3390/rs15061530>

El Ayadi, A., Picoux, B., & Petit, C. (2011). Dynamic auscultation of a damaged flexible pavement. *Proceedings of the 13th International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing*. <https://doi.org/10.4203/ccp.96.201>

FHWA. (s.f.). *PAVEMENT DISTRESS IDENTIFICATION MANUAL for the NPS ROAD INVENTORY PROGRAM.*

FHWA. (2014). *DISTRESS IDENTIFICATION MANUAL for the Long-Term Pavement Performance Program.*

IBCH. (2006). *DISEÑO DE PAVIMENTOS (AASHTO - 93).*

INVIAS. (s.f.). *Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles (Tercera versión).* <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/11026-manual-de-capacidad-y-niveles-de-servicio-para-carreteras-de-dos-carriles-2020/file>

INVIAS. (2016). *Clasificación de las Carreteras.* <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/2-uncategorised/2706-clasificacion-de-las-carreteras>

Leguízamo, P. (s.f.). *ANEXO B Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carreteras.*

*Ministry of Transport and Logistic Services. (2023). Road Maintenance.* <https://mot.gov.sa/en/Roads/Pages/RoadsMaintenance.aspx>

Vásquez. (2002). *PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS.* <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

Z, M. (s.f.). *METODOLOGIA VIZIR.* <https://es.scribd.com/document/428098949/Metodo-Vizir>

**Anexos**

**Anexo 1. Tablas complementarias para cálculo de área afectada**

ABSCISA		CATEGORIA 2		CATEGORIA 4		CATEGORIA 6	
INICIAL	FINAL	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER
K00+000	K01+000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
K01+000	K02+000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
K02+000	K03+000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
K03+000	K04+000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
K04+000	K05+000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
K05+000	K06+000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
K06+000	K07+000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
K07+000	K08+000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
K08+000	K09+000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

CATEGORIA 8		CATEGORIA 10		SUMATORIA ÁREAS		DAÑOS PONDERADOS	
IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ÁREA CARRIL	COEF F			DAÑOS		DAÑOS%	
	IZQ	DER	PROM	DER	IZQ	DER	IZQ
0.0	0.0	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!
0.0	0.0	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!
0.0	0.0	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!
0.0	0.0	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!
0.0	0.0	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!
0.0	0.0	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!
0.0	0.0	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!
0.0	0.0	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!
0.0	0.0	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!
0.0	0.0	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!

Fuente: AIM Ingenieros S.A.S.

*Anexo 2. Formato registro fotográfico*

 <p><b>INGENIEROS CIVILES S.A.S</b></p>	<b>REGISTRO FOTOGRAFICO - LEVANTAMIENTO DE DAÑOS</b>																				
	CONCESION: _____ CONTRATANTE: _____	EVALUADOR: _____ FECHA EVALUACIÓN: _____																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">TRAMO</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">FOTO 1</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">KM</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">TRAMO</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">FOTO 2</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">KM</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>					TRAMO		FOTO 1		KM						TRAMO		FOTO 2		KM		
	TRAMO																				
	FOTO 1																				
	KM																				
	TRAMO																				
	FOTO 2																				
	KM																				

*Fuente: AIM Ingenieros S.A.S.*

**Anexo 3. Formato Portada de Informe.**

IA XX-XX




**LEVANTAMIENTO DE DAÑOS EN PROYECTO X**

Imagen del Proyecto

**CONTRATANTE:**

IMAGEN DEL CONTRATANTE

- E-Mail: [pavimentos@aimingenieros.com.co](mailto:pavimentos@aimingenieros.com.co)
- Medellín, 28 de junio de 2023
- QR RF: [quejasyreclamos@aimingenieros.com.co](mailto:quejasyreclamos@aimingenieros.com.co)
- Califica nuestro servicio ingresando en el siguiente link: [Encuesta de satisfacción del cliente](#)



 Dirección: Carrera 43 B No. 16 - 95 Oficina 1701 Edificio C.C.I. El Poblado
  Teléfono: 440 00 40

Fuente: AIM Ingenieros S.A.S.

**Anexo 4. Rangos de Calificación**

Elemento	Unidad de medida de calificación	Rango de calificación			
		Muy bueno 5-4	Bueno 4-3	Regular 3-2	Malo 2-0
Rugosidad	IRI (m/km)	1-2.5	2.5-3.5	3.5-5.5	>5.5
Ahuellamiento y Deformaciones	mm	0-10	10-20	20-35	>35
Fisuras y grietas	% de área afectada	0-0.5	0.5-3.0	3.1-5	>5
Resistencia al deslizamiento	Coef. Resist. al desliz	100-55	55-45	45-35	<35

*Fuente: AIM Ingenieros S.A.S.*

**Anexo 5. Factor de Influencia.**

Elemento	Factor de influencia (%)
Rugosidad	40%
Ahuellamiento y Deformaciones	20%
Fisuras	20%
Resistencia al deslizamiento	20%

*Fuente: AIM Ingenieros S.A.S.*