

# **ANÁLISIS COMPARATIVO DE METODOLOGÍAS DE AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES**

**JOHANNA ASTRID BUITRAGO VELANDIA  
DIANA PATRICIA CANO OSORIO**



**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERÍA - DIRECCIÓN DE POSGRADOS  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS  
BOGOTÁ  
2011**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE METODOLOGÍAS DE AUSCULTACIÓN DE  
PAVIMENTOS FLEXIBLES**

**JOHANNA ASTRID BUITRAGO VELANDIA  
DIANA PATRICIA CANO OSORIO**

**Proyecto de Grado para optar al título de  
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS**

**Director  
PhD. OSCAR REYES ORTIZ.**



**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERÍA - DIRECCIÓN DE POSGRADOS  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS  
BOGOTÁ  
2011**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

**DIRECTOR**

---

**JURADO**

**Bogotá, Mayo 22 de 2011**

***Dedicado a Dios y a la Virgen, quienes han sido los que han guiado cada uno de mis pasos, por esta vida que me permitieron vivir. A mis papas, quienes jamás han dejado de apoyarme en todos los aspectos de mi vida, a mis hermanos quienes con sus consejos me han ayudado a tomar decisiones positivas en mi vida.***

***Al angelito que llego hace 11 meses Juana Gabriela, que es la luz, el sol y la vida entera de mi familia.***

***Johanna Astrid Buitrago Velandia.***

***Este logro se lo dedico principalmente a Dios que me dio la sabiduría para terminar esta fase de mi vida. A mis padres que me apoyaron en todo momento y me ayudaron a salir adelante. A mi esposo William y a la persona más importante en el mundo, mi hijo.***

***Diana Patricia Cano Osorio.***

## **AGRADECIMIENTOS**

**Expresamos nuestros sinceros agradecimientos a:**

**Al director de proyecto Ingeniero Oscar Reyes Ortiz, y los docentes de la especialización en pavimentos de la Universidad Militar Nueva Granada, quienes nos guiaron y dieron las pautas necesarias para la realización de las etapas de este trabajo.**

**A todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron parte del desarrollo y culminación de esta nueva etapa, familiares, amigos compañeros, profesores, jefes y en general, a los que estuvieron de la mano aportando su conocimiento o apoyo durante el proceso de estudio y trabajo de grado.**

## RESUMEN

El presente trabajo describe el procedimiento llevado a cabo en la comparación de las dos metodologías de inspección visual que ha implementado el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), en la evaluación, clasificación y calificación de vías de la Ciudad de Bogotá DC, las cuales han sido calibradas para condiciones locales y hacen parte de un estudio de diagnóstico de la malla vial de esta ciudad.

Las metodologías objeto del presente estudio corresponden, en primera instancia se tiene la propuesta por el cuerpo de Ingenieros Militares de los Estados Unidos, la cual a través de un trabajo de investigación realizado por una firma consultora de la ciudad de Bogotá, fue calibrada para las condiciones de esta ciudad; la cual será comparada con el análisis propuesto en la metodología de auscultación visual PCI, corresponde a la norma americana ASTM D6433-07, para condiciones locales (Colombia), el Ingeniero Luis Vásquez de la Universidad Nacional de Manizales, ha realizado una calibración y adopción del método.

El análisis es realizado en tres vías seleccionadas aleatoriamente, teniendo en cuenta la clasificación efectuada por el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), como: malla vial arterial, malla vial intermedia y malla vial local. A partir de la inspección visual por las dos metodologías a las tres vías evaluadas, se obtendrán los índices de condición superficial, representativos de cada metodología y a su vez se definirá la clasificación de acuerdo con las mismas. Con el fin de establecer cuál de los dos métodos evalúa y representa mejor las condiciones reales del estado de las vías, se realiza una comparación en los resultados obtenidos y de acuerdo con el criterio ingenieril y de especialista en pavimentos se definirá cual se adopta a las condiciones existentes. Así mismo, se efectúa el impacto y la influencia del área o unidad de muestreo en la que debe ser subdividido el tramo a evaluar, de acuerdo con los lineamientos establecidos en cada metodología.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCION .....	16
1. OBJETIVOS.....	3
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
2. JUSTIFICACION .....	5
3. GENERALIDADES .....	7
3.1 DEFINICION DE PAVIMENTO .....	7
3.2 TIPOS DE PAVIMENTO .....	7
3.3 SISTEMAS DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS .....	9
3.4 ESTADO DE LOS PAVIMENTOS.....	10
3.4.1 Estudio de regularidad superficial .....	10
3.4.2 Estudio de Deflexiones. ....	13
3.4.2.1. Viga Benkelman.....	14
3.4.2.2. Deflectometro de impacto FWD (Falling Weigth Deflectometer).....	14
3.4.3 Estudio de Daños y Deterioros. ....	15
3.4.3.1. METODOLOGÍA Paver, (Cuerpo De Ingenieros Civiles De Estados Unidos). ....	17
3.4.3.2. Metodología PCI (Paviment Condition Index). ....	21

4. PROCEDIMIENTO Y METODOLOGÍA DE ANÁLISIS.....	26
4.1 TRABAJO DE CAMPO .....	26
4.2 ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO .....	26
4.3 INFORME FINAL .....	27
5. EVALUACIÓN DE LA CONDICION DE LA SUPERFICIE DE RODADURA .....	28
5.1 EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA - VÍA ARTERIAL.....	31
5.1.1 Evaluación condición Superficial - Metodología PCI.....	31
5.1.2 Evaluación condición Superficial - Metodología IDU 2008.....	36
5.2 EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA - VÍA INTRERMEDIA .....	38
5.2.1 Evaluación condición Superficial - Metodología PCI. ....	38
5.2.2 Evaluación condición Superficial - Metodología IDU 2008.....	41
5.3 EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA - VÍA LOCAL. ....	44
5.3.2 Evaluación condición Superficial - Metodología IDU 2008. ....	47
6. COMPARACIÓN METODOLOGÍAS DE AUSCULTACIÓN PCI E IDU 2008 - INFLUENCIA DEL NÚMERO DE DAÑOS Y ÁREA DE INSPECCIÓN.....	50
6.1 COMPARACIÓN, RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN.....	50
6.5 EVALUACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA POR METODOLOGÍA (PCI, CONSIDERANDO UN ÁREA MAYOR .....	52
6.5.1 Evaluación de la Vía Arterial.....	52

6.5.2. Evaluación de la Vía Intermedia. ....	54
6.5.3. Evaluación de la Vía Local.....	55
6.5.4. Clasificación final de las tres vías evaluadas, Arterial, Intermedia y Local. ....	57
6.6 EVALUACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA POR METODOLOGÍA PCI, CONSIDERANDO UN ÁREA MENOR.....	57
6.6.1 Evaluación de la Vía Arterial.....	57
6.6.2 Evaluación de la Vía Intermedia. . ....	60
6.6.2 Evaluación de la Vía Local.....	63
6.7 EVALUACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA POR METODOLOGÍA PAVER, CONSIDERANDO UN ÁREA MENOR. ....	67
6.7.1 Comparación del MDR, para Variaciones de Área. ....	68
6.7.2 Comparación Clasificación final Metodologías de Auscultación PCI Y MDR .....	68
CONCLUSIONES .....	70
BIBLIOGRAFIA.....	73

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura No. 1. Perfilógrafo láser RSP – L5.....	12
Figura No. 2. Esquema del Rugosímetro Merlín.....	12
Figura No. 3. Curvas de calibración PAVER para el deterioro del pavimento flexible en la ciudad de Bogotá .....	19
Figura No. 4. Localización Carrera 50 (Avenida Batallón Caldas) entre Calle 22 sur y Calle 2.....	29
Figura No. 5. Localización Carrera 21 entre Calle 2 sur y Calle 17. ....	29
Figura No. 6. Localización Carrera 21 entre Calle 2 sur y Calle 17. ....	30
Figura No. 7. Tipo de datos vía arterial.....	36
Figura No. 8 Distribución gráfica porcentual de los daños existentes en la Carrera 21.....	39
Figura No. 9. Distribución porcentual de los daños, Vía Intermedia – Metodología IDU 2008.....	42
Figura No. 10. Distribución porcentual de los daños, Vía Local – Metodología PCI. ....	45
Figura No. 11. Distribución porcentual de los daños, Vía Local – Metodología IDU 2008.....	48

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla No. 1. Valor de MDR y tipo de condición para cada uno de los rangos.	20
Tabla No. 2. Códigos y daños Metodología IDU 2008	21
Tabla No. 3. Rangos de Clasificación del PCI	22
Tabla No. 4. Códigos y daños Metodología PCI.	23
Tabla No. 5. Preclasificación por Estado Superficial Metodología de Auscultación PCI.	25
Tabla No. 6. Códigos y daños de la superficie en La vía ARTERIAL según PCI.	32
Tabla No. 7. Clasificación de la vía arterial, según metodología PCI.	33
Tabla No. 8. Porcentaje por estado de superficie de rodadura.	35
Tabla No. 9. Códigos y daños de la superficie, metodología IDU 2008.	36
Tabla No. 10. Clasificación de la vía arterial, según metodología IDU 2008.	37
Tabla No. 11. Porcentaje por estado de superficie de rodadura.	38
Tabla No. 12. Códigos y daños de la superficie en La vía INTERMEDIA según PCI.	<b>39</b>
Tabla No. 13. Estado y clasificación de las unidades de muestreo.	40
Tabla No. 14. Porcentaje por estado de superficie de rodadura.	41
Tabla No. 15. Códigos y daños de la superficie	42

Tabla No. 16. Estado y clasificación de las unidades de muestreo.	43
Tabla No. 17. Porcentaje por estado de superficie de rodadura.	43
Tabla No. 18. Códigos y daños de la superficie vía Local.	44
Tabla No. 19. Clasificación estado superficial por unidad de muestreo. Metodología PCI.	45
Tabla No. 20. Porcentaje por estado de superficie de rodadura.	46
Tabla No. 21. Códigos y daños de la superficie.	47
Tabla No. 22. Estado de las unidades de la vía Local. Metodología IDU 2008.	48
Tabla No. 23. Porcentaje por estado de superficie de rodadura vía Local.	49
Tabla No. 24. Evaluación condición del pavimento vías Arterial, Intermedia y Local.	51
Tabla No. 25. Estado de las unidades de la vía arterial. Según metodología PCI, considerando un área mayor a la definida por la metodología.	53
Tabla No. 26. Estado y porcentaje de las unidades de muestreo, vía arterial. Según metodología PCI, considerando un área a la definida por la metodología	53
Tabla No. 27. Estado de las unidades de la vía Intermedia. Según metodología PCI, considerando un área mayor a la definida por la metodología.	54
Tabla No. 28. Estado y porcentaje de las unidades de muestreo,	

Vía Intermedia - Según metodología PCI, considerando un área mayor a la definida por la metodología.	55
Tabla No. 29. Estado de las unidades de la vía local. Según metodología PCI, considerando un área mayor a la definida por la metodología.	55
Tabla No. 30. Estado y porcentaje de las unidades de muestreo, vía local; Según metodología PCI.	56
Tabla No. 31. Clasificación estado superficial por vía, considerando un área mayor a la definida por la metodología.	57
Tabla No. 32. Estado de las unidades de la vía Arterial. Según metodología PCI, considerando un área menor a la definida por la metodología.	58
Tabla No. 33. Estado y porcentaje de las unidades de muestreo, vía Arterial. Según metodología PCI, considerando un área menor a la definida por la metodología.	60
Tabla No. 34. Estado de las unidades de la vía Intermedia. Según metodología PCI, considerando un área menor a la definida por la metodología.	61
Tabla No. 35. Estado y porcentaje de las unidades de muestreo, vía Intermedia, Según metodología PCI, considerando un área menor a la definida por la metodología.	63
Tabla No. 36. Estado y porcentaje de las unidades de muestreo, vía local, Según metodología PCI, considerando un área menor a la	

definida por la metodología.	64
Tabla No. 37. Estado y porcentaje de las unidades de muestreo, vía local, Según metodología PCI, considerando un área menor a la definida por la metodología.	65
Tabla No. 38. Cuadro comparativo de las áreas de inspección Metodología PCI,	66
Tabla No. 39. Clasificación Vial - Metodología IDU 2008. - Área Menor.	67
Tabla No. 40. Estado y porcentaje de las unidades de muestreo, vía Local, Según metodología PAVER	68
Tabla No. 41. Clasificación Vial - Metodologías de auscultación PCI e IDU 2008.	69

## **LISTA DE ANEXOS**

ANEXO A. INFORMACIÓN DE CAMPO.

ANEXO B. PROCESAMIENTO Y RESULTADOS - METODOLOGÍA DE AUSCULTACIÓN PCI.

ANEXO C. PROCESAMIENTO Y RESULTADOS -METODOLOGÍA DE AUSCULTACIÓN IDU 2008.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de obras viales en el país en los últimos años ha venido creciendo debido a que el gobierno se ha encargado de proporcionar más y mejores opciones de transporte y movilización de personas o carga, garantizando para ello comodidad, seguridad y a su vez tiempos de recorrido menores. Con el fin de mantener las condiciones iniciales de operación de las vías se hace necesario la implementación de metodologías con las que se pueda dar un diagnóstico de la evolución de la estructura del pavimento y que a su vez se pueda hacer una interpretación del estado con el que se decida el tipo de intervención que requiere la vía para seguir prestando un buen servicio al usuario, hasta llegar al final de su vida útil, para la que fue diseñada.

Con el fin de dar un criterio de diagnóstico, se deben evaluar aspectos tanto en condiciones superficiales de la vía como del paquete estructural que lo compone, para ello en la actualidad se cuenta con métodos de evaluación superficial considerados como metodologías de inspección visual entre las cuales se establecen diferentes tipos, adoptadas de países extranjeros, las cuales han sido calibradas a condiciones locales. En cuanto a la evaluación estructural, se presentan métodos no destructivos como la toma de deflectometría por medio de equipos que simulan el daño causado por una rueda de un eje estándar; además se pueden aplicar métodos destructivos como la ejecución de sondeos o apiques por medio de los cuales sea posible determinar el estado y las características del material que compone la estructura de pavimento.

Una de las variables más importantes en el momento de realizar un diagnóstico vial es la evaluación del estado superficial, el cual en Colombia se evalúa a través de la inspección visual, aplicando alguna de las metodologías creadas con el fin

de tener parámetro que contribuya a tener una clasificación y calificación de la vía evaluada.

A nivel de la ciudad de Bogotá, se han venido implementando dos metodologías de diagnóstico vial, PCI e IDU 2008 (será llamada de esta manera durante el desarrollo del presente trabajo, ya que está en función de los criterios de evaluación de la metodología propuesta por el cuerpo de Ingenieros Militares de los Estados Unidos PAVER, pero fue calibrada para condiciones locales), las cuales tienen diferentes criterios de evaluación de los pavimentos, pero que finalmente buscan determinar los planes de mantenimiento o rehabilitación que se requiere según el estado en el que éstos se encuentren, de tal manera que la intervención a nivel económico sea la mejor y que garantice el buen desempeño de la estructura a través del tiempo.

El presente trabajo se desarrolla con el fin de realizar la aplicación de las dos metodologías de inspección visual en vías aleatorias de la ciudad de Bogotá y construidas con capa de rodadura en concreto asfáltico y efectuar una evaluación confiable del estado actual de las mismas y a su vez realizar una comparación de cada una de las bondades de estas metodologías.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar un análisis comparativo del diagnóstico funcional de vías urbanas localizadas en la ciudad de Bogotá D.C construidas en pavimentos flexibles, mediante la metodología calibrada para condiciones locales por el Instituto de Desarrollo Urbano IDU utilizada hasta el año 2008 (basada en la metodología del cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos PAVER) y la metodología PCI (Paviment Condition Index basada en la norma ASTM D6433-07), con el fin de verificar cual se ajusta mejor al estado real del pavimento.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Estudiar tres (3) vías definidas en función a la clasificación vial, IDU (Malla vial Arterial, Malla vial Intermedia y Malla vial Local).
- ✓ Establecer a partir de las metodologías estudiadas los porcentajes de daño presentes en cada una de las vías seleccionadas.
- ✓ Analizar la influencia de la diferencia del tipo de daños implícitos en cada una de las metodologías evaluadas, determinando las ventajas y desventajas de cada una.
- ✓ Evaluar la diferencia existente en los resultados de diagnóstico entre las dos metodologías en función de la clasificación del índice estado superficial.
- ✓ Definir la influencia de la variación en el área de intervención de cada segmento de vía, en los resultados de la evaluación de las mismas.

- ✓ Concluir con respecto a la aplicación de las dos metodologías, cual es la que mejor se ajusta en realidad a las condiciones específicas del pavimento de las vías estudiadas, para determinar las medidas de rehabilitación y mejoramiento.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Los sistemas de gestión de pavimentos se han convertido en una herramienta fundamental en la determinación de las actividades de mejoramiento y rehabilitación vial, encaminadas al mantenimiento de las condiciones iniciales de operación, servicio y seguridad que ofrece una vía nueva. En Colombia y la mayoría de países americanos, estos sistemas de gestión, se basan en metodologías que buscan obtener un índice de estado superficial vial calculado en función del análisis de las patologías presentes en el pavimento identificadas a través de modelos de inspección visual. No obstante, cada metodología tiene un modo particular de calificar los tipos de daños, dándoles una relevancia distinta, de tal forma que en la práctica, se observa que dos metodologías distintas aplicadas sobre una misma unidad de evaluación, pueden presentar grandes variaciones en sus resultados, catalogando el índice de estado de dicha unidad con resultados muy distantes y por lo tanto determinando medidas de intervención diferentes entre sí.

En la ciudad de Bogotá DC, se han venido implementando dos metodologías de diagnóstico vial, las cuales tienen diferentes criterios de evaluación de los pavimentos, pero que finalmente buscan determinar los planes de mantenimiento o rehabilitación que se requiere, según el estado en el que éstos se encuentren, de tal manera que la intervención a nivel económico sea la mejor y que garantice el buen desempeño de la estructura a través del tiempo.

La aplicación de las dos metodologías en tres tipos de vías (arterial, intermedia y local), construidas con capa de rodadura en concreto asfáltico, servirá para hacer una evaluación confiable del estado actual de las mismas y además permitirá establecer una comparación de las bondades que cada una presenta.

De una buena evaluación del pavimento depende la optimización de los recursos de inversión en el corto, mediano y largo plazo, lo cual, contribuye al buen desarrollo y control de bienes y servicios de una comunidad.

## 3. GENERALIDADES

### 3.1 DEFINICIÓN DE PAVIMENTO

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<sup>1</sup>.

### 3.2 TIPOS DE PAVIMENTO

Los pavimentos se clasifican de acuerdo con la forma como se transmite al suelo de soporte, los esfuerzos generados por los vehículos.

✓ **Pavimentos flexibles.** Están formados por una carpeta asfáltica apoyada sobre una o varias capas de gran flexibilidad (admiten grandes deformaciones sin rotura bajo la aplicación de la carga) que transmite los esfuerzos al terreno de soporte repartiéndolos mediante un mecanismo de disipación de tensiones, los cuales van disminuyendo paulatinamente con la profundidad<sup>2</sup>.

✓ **Pavimentos semi-rígidos.** Aunque este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal o químicos. El empleo de estos aditivos tiene la

---

<sup>1</sup> HIGUERA SANDOVAL, Carlos Hernando. Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras. Guías de clase. Escuela de Transporte y Vías, Facultad de Ingeniería. UPTC. Tunja, 2005. p. 3.

<sup>2</sup> GARCÉS, Claudia; GARRO, Olga; ARIAS, Libardo. Pavimentos. Universidad de Medellín. Medellín, 1997. p. 26.

finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas de pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a distancias tales que encarecerían notablemente los costos de construcción<sup>3</sup>.

✓ **Pavimentos rígidos.** Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia.

Además como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aún cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejercen poca influencia en el diseño del espesor del pavimento<sup>4</sup>.

✓ **Pavimentos articulados.** Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta capa puede ir apoyada sobre una capa delgada de arena, la cual, a su vez, se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de ésta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circularán por dicho pavimento<sup>5</sup>.

---

<sup>3</sup> MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras. Universidad Católica de Colombia. Santa fe de Bogotá, 1998. p. 5.

<sup>4</sup> Ibid., p. 6.

<sup>5</sup> Ibid., p. 7.

### 3.3 SISTEMAS DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS

Definido por la FHWA. “Es un conjunto de herramientas o métodos para ayudar a quienes toman decisiones en hallar estrategias costo efectivas para evaluar, mantener y proveer pavimentos en una condición aceptable; quienes toman estas decisiones deben estar informados del impacto de unas alternativas con respecto a otras, utilizando herramientas de programación lineal, análisis económico, grupos interdisciplinarios, árboles de decisión, y otros”<sup>6</sup>. Las prácticas de gestión de pavimentos se basan en la idea de encontrar una combinación de costos - tratamientos efectiva aplicable en un tiempo determinado para dar el nivel deseado de operación y servicio; evaluando varias estrategias, usando el impacto esperado de tratamientos de mantenimiento en el desempeño futuro de la vía para así identificar las necesidades de tratamientos y las combinaciones de acciones de mantenimiento preventivo, y rehabilitación que proveerán la condición global deseada, dentro de las restricciones impuestas.

Los Sistemas de Gestión de Pavimentos surgieron como una necesidad, especialmente en los países desarrollados, donde después de construir extensas redes de carreteras que requirieron cuantiosas inversiones de mantenimiento, cuando se comenzó a observar un deterioro prematuro en los pavimentos, con relación al período de diseño. Además motivaron su aparición aspectos tales como los recursos limitados para invertir en mantenimiento de carreteras, los cambios técnicos de pesos y dimensiones de los vehículos, la escasez de materiales que cumplieran las especificaciones, y por su puesto el deseo de mejorar el conocimiento en lo relacionado con las metodologías de diseño, técnicas constructivas y caracterización de materiales; de estos hechos se llegó a la conclusión que no existe un pavimento de cero mantenimiento; cualquier pavimento, por muy bien diseñado y construido que se encuentre requiere algún

---

<sup>6</sup> De acuerdo a la Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos, (FHWA).

tipo de mantenimiento para cumplir su servicio durante el período para el que fue diseñado.

Aunque la Gestión de Pavimentos surgió no hace muchos años como un sistema estructurado, las actividades que la integran no son del todo nuevas; de alguna forma, las entidades que tenían a su cargo la construcción de pavimentos realizaban algunas actividades de mantenimiento, pero cuyas decisiones no eran las mejores, ya que muchas veces estaban basadas en criterios subjetivos, aspectos políticos y experiencias personales y locales no documentadas.

La Gestión de Pavimentos, como actividad gerencial, supera las deficiencias anteriores y basa sus decisiones en una serie de herramientas y métodos que permiten tomar decisiones objetivas, soportadas en criterios técnicos que conducen a mantener en buen estado los pavimentos y optimizar los recursos disponibles, además, puede ser aplicada no sólo hacia la parte de pavimentos sino también pueden ser consideradas en un contexto más amplio, como el componente básico de un Sistema de Administración Integral de Carreteras.

### **3.4 ESTADO DE LOS PAVIMENTOS**

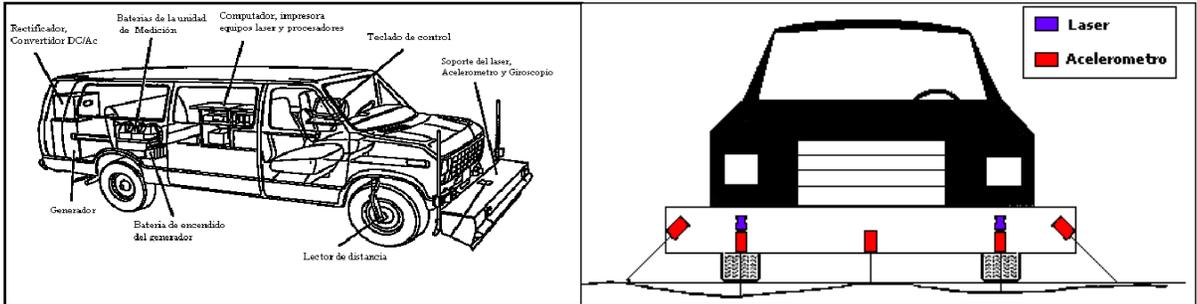
La consideración del tipo de pavimento y las solicitudes proporcionadas por el tránsito vehicular combinado con el clima, no son suficientes a la hora de diagnosticar el estado de una estructura de pavimento. En general todas las fallas estructurales y funcionales de los pavimentos se reflejan en la superficie de la carpeta, por lo que tomando en cuenta este comportamiento, normalmente se recurre a hacer estudios superficiales que es más económico.

**3.4.1 Estudio de regularidad superficial.** El Índice de Regularidad Internacional (IRI), es un indicador sobre la condición que presenta un pavimento superficialmente. Se puede definir este indicador como la suma de

desplazamientos verticales, en metros que se presentaron al transitar por un kilómetro de tramo carretero, por lo tanto su unidad de medida es m/Km. Con la colaboración internacional y bajo la supervisión del Banco Mundial se ha establecido el IRI (Índice de Rugosidad Internacional) como parámetro para determinar las irregularidades y deformaciones de una vía bajo especificaciones estandarizadas.

La calidad de la superficie de rodadura es el factor más importante para el usuario de la vía, no sólo influye en la comodidad del usuario sino en el costo del funcionamiento del vehículo. Además del estado estructural de la calzada, esta característica se considera como parámetro determinante para juzgar la necesidad de realizar trabajos que impliquen el mejoramiento del perfil longitudinal de la vía . Este parámetro puede ser calculado mediante diferentes equipos, los más utilizados en Colombia son el El perfilógrafo RSP-L5 (Road Surface Profiler), el cual revela en forma continua el carril de circulación que se desea medir, recorriendo el mismo a una velocidad superior a 30 Km/h; funciona mediante 7 sensores ubicados en una viga transversal que a su vez va montada en el bumper delantero de un vehículo: contando además con 2 acelerómetros y 5 láseres. La rugosidad en ambas huellas se mide a partir de los sensores acelerómetros y láser que se encuentran en cada una respectivamente. La medición de la distancia es llevada a cabo por un dispositivo (odómetro) colocado en la rueda del vehículo, el cual al girar da la lectura de la distancia recorrida tanto por el vehículo como por la viga que sostiene los sensores anteriormente mencionados (aceleraciones verticales).

**Figura No. 1. Perfilógrafo láser RSP – L5.**

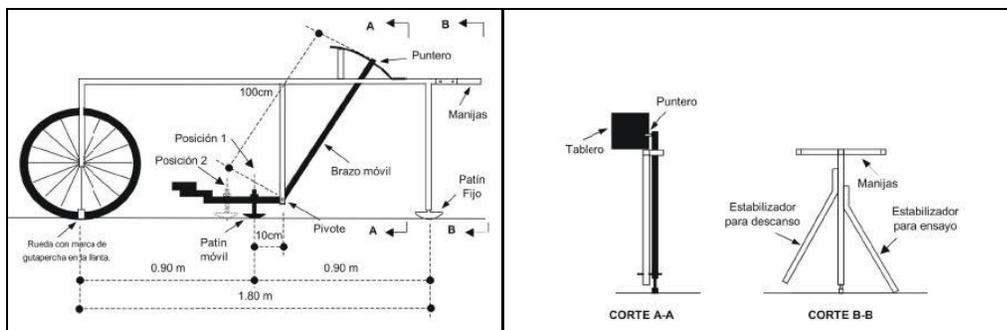


Fuente: [www.camineros.com/&imágenes/perfilógrafoláser RSP-L5](http://www.camineros.com/&imágenes/perfilógrafoláser RSP-L5)

Los resultados son grabados y archivados en medio magnético por un computador ubicado en interior del vehículo para posterior análisis de la información obtenida.

El rugosímetro MERLIN (acrónimo de la terminología inglesa Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation), consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal. Para facilidad de desplazamiento y operación, el elemento vertical delantero es una rueda, mientras que el trasero tiene adosados lateralmente dos soportes inclinados, uno en el lado derecho para fijar el equipo sobre el suelo durante los ensayos y otro en el lado izquierdo para descansar el equipo. El elemento horizontal se proyecta, hacia la parte trasera, con 2 manijas que permiten levantar y movilizar el equipo.

**Figura No. 2. Esquema del Rugosímetro Merlín**



Fuente. Registro Imágenes Auscultar SAS

Aproximadamente en la parte central del elemento horizontal, se proyecta hacia abajo una barra vertical que no llega al piso, en cuyo extremo inferior pivotea un brazo móvil.

El extremo inferior del brazo móvil está en contacto directo con el piso, mediante un patín empernado y ajustable, el cual se adecua a las imperfecciones del terreno, mientras que el extremo superior termina en un puntero o indicador que se desliza sobre el borde de un tablero, de acuerdo con la posición que adopta el extremo inferior del patín móvil al entrar en contacto con el pavimento. La relación de brazos entre los segmentos extremo inferior del patín móvil-pivote y pivote-puntero es 1 a 10, de manera tal que un movimiento vertical de 1 mm, en el extremo inferior del patín móvil, produce un desplazamiento de 1 cm del puntero.

Perfilometro ROMDAS (Road Measurement Data Acquisition System), Perfilógrafo Dinámico ROMDAS, es un equipo de alta eficiencia en la medición, con el que se puede medir la regularidad en cualquier ruta, aeropuerto o vía circulable por vehículos independientemente de la estructura del pavimento.

El equipo de adquisición de datos cuenta con un sistema de registro de vídeo. En la parte frontal del vehículo se encuentra ubicada una cámara que registra las imágenes cuando se realiza un estudio.

El vídeo digitalizado se encuentra sincronizado con la captura de datos, mediante la inserción de una etiqueta que cuando corre el archivo de vídeo permite observar los datos de las características de la carretera que se actualizan a cada momento (velocidad, distancia, perfiles, eventos, GPS, etc.).

**3.4.2 Estudio de Deflexiones.** La evaluación estructural de pavimentos consiste, básicamente, en la determinación de la capacidad portante del sistema pavimento

– subrasante de una estructura vial existente, en cualquier momento de su vida de servicio, lo anterior, con el fin de establecer y cuantificar las necesidades de rehabilitación, cuando el pavimento se acerca al fin de su vida de servicio o cuando el pavimento va a cambiar de función. La medición deflectométrica es efectuada mediante equipos tales como la Viga Benkelman o el deflectómetro de impacto FWD (Falling Weigh Deflectometer).

**3.4.2.1. Viga Benkelman.** Con las deflexiones producidas por el eje trasero de un camión lastrado con 8,200 Kg, medidas a través de Viga Benkelman, se determina la capacidad estructural de la carpeta de los pavimentos flexibles evaluados en campo, mediante la medición directa de la máxima deflexión que presenta la carpeta. El estudio se realiza a lo largo de toda la red carretera pavimentada, definiendo los puntos en los cuales se someterá la carga de prueba estándar sobre el eje trasero del camión lastrado, y registrando las diferentes temperaturas presentadas dentro de la carpeta y la temperatura ambiental.

**3.4.2.2. Deflectómetro de impacto FWD (Falling Weigh Deflectometer).** Es un equipo ampliamente utilizado en el mundo para la evaluación del estado estructural de pavimentos flexibles, semirígidos y rígidos. La principal ventaja del deflectómetro de impacto frente a los equipos clásicos de deflectometría es el análisis de la capacidad de soporte mediante el cálculo inverso de los módulos de rigidez de las capas de un pavimento a partir de los cuencos de deflexión registrados<sup>7</sup>.

El funcionamiento del deflectómetro se basa en la aplicación de una carga dinámica en el pavimento (simulando el paso de la rueda de un vehículo pesado) causada por la caída de dos masas sobre un plato circular (diámetro 0.30m). Las

---

<sup>7</sup> HIGUERA SANDOVAL, Carlos Hernando. Nociones sobre evaluación y rehabilitación de estructuras de pavimento Guías de clase. Escuela de Transporte y Vías, Facultad de Ingeniería. UPTC. Tunja, 2006. p. 92-94.

deflexiones se miden con sensores que monitorean el movimiento vertical de la superficie de un pavimento debido a la aplicación de dicha carga.

Las deflexiones son una medida de la deformación elástica que experimenta un pavimento con la aplicación de una carga dinámica la cual trata de simular el paso de los vehículos sobre la estructura a analizar.

**Figura No. 3. Equipo de Deflectómetro de Impacto FWD Jils 20.**



Fuente. Registro Fotográfico APC SAS.

**3.4.3 Estudio de Daños y Deterioros.** Se denomina falla o daño todo tipo de deterioro que se presenta en el pavimento y que pueda llegar a afectar la circulación cómoda y segura de los vehículos; estos daños informan sobre la condición y las posibles causas del mismo. Una de las medidas básicas para determinar la condición del pavimento, son los defectos existentes. En términos generales, existen dos clases y diferentes tipos de defectos asociados a cada clase de pavimento, estos son:

- ✓ **Estructural:** Asociado con la capacidad del pavimento para soportar las cargas del tránsito.
- ✓ **Funcional:** Asociado con la seguridad, calidad y comodidad del viaje.

Un pavimento que tiene defectos estructurales también tendrá defectos funcionales, mientras que un pavimento que tiene defectos funcionales puede ser estructuralmente sano. Cada clase de defecto, funcional o estructural, a su vez tiene diferentes tipos de defectos. Durante la evaluación, cada clase de defecto debe ser identificado usando como mínimo tres factores: clase, severidad y cantidad o extensión.

Además cada clase de defecto es el resultado de una o más variables, las cuales cuando se conocen bien, proveen mayor comprensión sobre las causas del deterioro del pavimento, lo que ayuda a orientar al ingeniero a seleccionar la técnica más apropiada de mantenimiento y/o rehabilitación.

- ✓ **Clase de defecto:** se determina por observación visual; hay ciertas clases de defectos que sólo se presentan en un tipo específico de pavimento.
- ✓ **Severidad:** Indica el nivel de gravedad del daño; la mayoría de defectos pueden tener diversos grados de condición de severidad; los niveles de severidad dependen de los diferentes métodos de evaluación. La definición de los niveles es subjetiva, pero describen diferentes categorías de progresión de las clases de defectos, que a su vez están asociados con las necesidades de mantenimiento y/o rehabilitación. Para establecer los límites de los niveles de severidad, se deben usar criterios claros, de tal forma que al recolectar la información de campo se evite la subjetividad al categorizar los diferentes niveles de deterioro presentes en el pavimento.

- ✓ **Cantidad o extensión:** Hace referencia a la extensión del defecto en la sección del pavimento que está siendo evaluada; para cada defecto se debe establecer una unidad de medida; las medidas más utilizadas son: m., m<sup>2</sup>, unidades. Se debe medir la cantidad de cada clase de defecto, discriminada por cada nivel de severidad.

La información obtenida de los inventarios permite establecer tramos homogéneos de la vía de acuerdo con el estado del pavimento, la solución de construcción y calcular las cantidades de obra correspondientes a los trabajos de reparación.

Para la clasificación de los tipos de daño en los pavimentos flexibles, existen diferentes metodologías las más utilizadas en Colombia corresponden a: Banco Mundial, VIZIR, INVIAS, Cuerpo de Ingenieros Militares de Estados Unidos (PAVER) y PCI (Paviment Condition Index), norma ASTM D6433-07. El proyecto de investigación planteado integra estas últimas dos metodologías haciendo un análisis comparativo entre las dos, a continuación se presenta la descripción general de cada una, de acuerdo con las adaptaciones realizadas por el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) para la ciudad de Bogotá.

**3.4.3.1. Metodología PAVER, (Cuerpo de Ingenieros Militares de Estados Unidos).** La metodología PAVER consiste en medir de manera exacta, el porcentaje de área afectada y la severidad de las fallas presentes en la superficie de pavimento y mediante la utilización de curvas se obtiene los pesos que se le asignan a cada una de ellas, representando de esta forma mediante el índice el nivel de los daños y su comportamiento a las solicitudes de carga.

La calibración de las curvas PAVER, se realizó para Bogotá en un proyecto de Inventario y Diagnóstico Vial realizado por el IDU en el año 2000, la firma TNM utilizó la metodología PAVER para el cálculo del MDR (Modified Distress Rating), en siete localidades, calibrando cada una de las curvas que permiten la obtención

los pesos asignados, según las condiciones de Bogotá (Información obtenida de los Documentos Maestros de Inventario y Diagnóstico Vial – IDU – 2000).

Los daños superficiales se califican según el índice de falla denominado MDR (Modified Distress Rating) o índice de daños de la superficie del pavimento. Este parámetro varía de 0 a 100, donde 0 simboliza una vía completamente destruida y 100 una vía en perfecto estado superficial. El índice MDR se calcula bajo la siguiente expresión basada en la metodología propuesta por el Washington State Department of Transportation (WSDOT).

$$MDR = 100 - \sqrt{\left(\sum pn_i^2\right)}$$

Donde  $pn$ , es el peso de ponderación del daño según su severidad y extensión.

Este cálculo se basa en los valores deducibles obtenidos de las respectivas curvas o pesos en función del grado de severidad y de la extensión del daño de acuerdo con el sistema PAVER desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos.

La determinación de los valores deducibles para cada tipo de daño se logra mediante el uso de las curvas PAVER considerado en los trabajos de campo. Conociendo el porcentaje de extensión de la superficie dañada en el pavimento (eje X) se intercepta con la curva que representa la respectiva severidad (alta, media o baja) y se establece el valor deducible (eje Y).

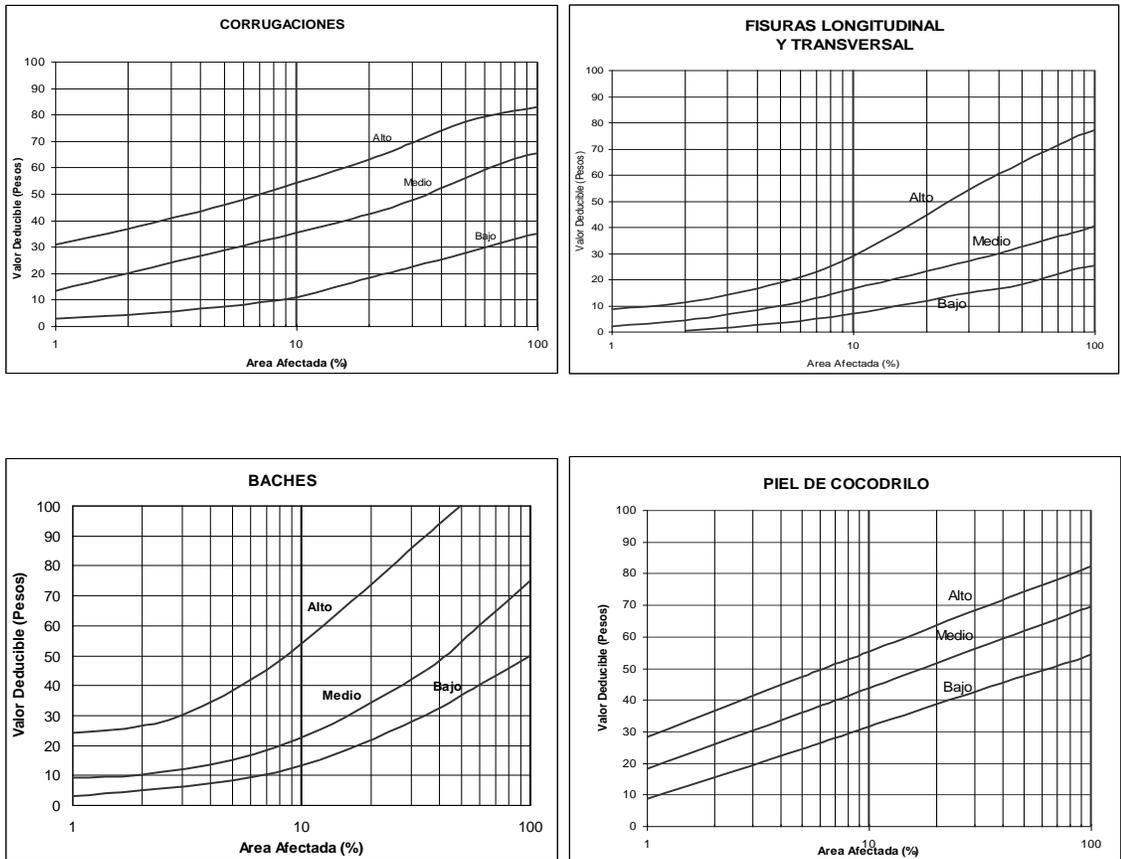
Estos valores deducibles se introducen en la fórmula antes mencionada, obteniéndose el valor del MDR. En el caso de vías con alto grado de deterioro, la raíz cuadrada de la sumatoria de los pesos al cuadrado puede resultar mayor que

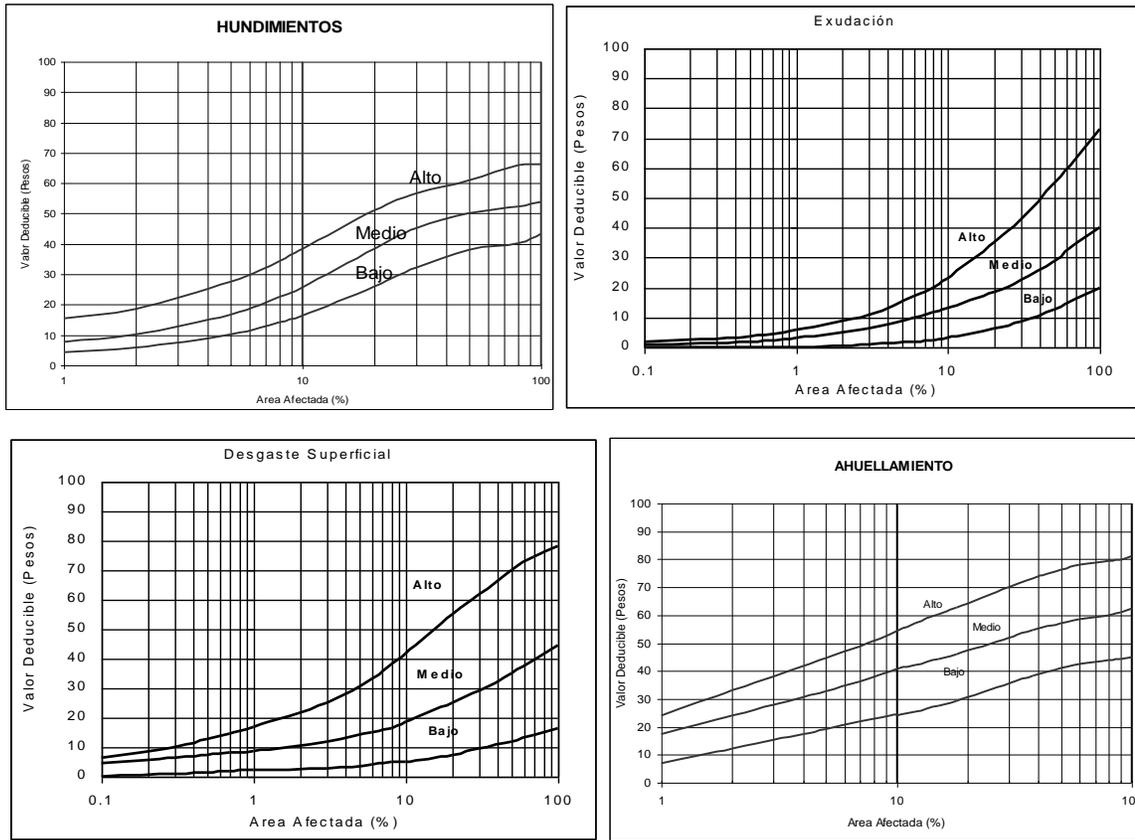
100 por lo cual, al realizar el cálculo se obtendrían valores negativos. Por definición, el MDR es un índice positivo, en estos casos, se asigna un MDR igual a cero.

Las curvas empleadas corresponden a la metodología para recolección y entrega de datos de inventario y diagnóstico para la actualización de la base de datos de inventarios de la malla vial y espacio público versión 1.1 del 28 de Enero de 2006. Para los daños de exudación y desgaste superficial no fueron calibradas las curvas, por lo cual se utilizaron las curvas **PAVER** originales correspondientes.

A continuación se observan las curvas de deterioro para el pavimento flexible.

**Figura No. 4. Curvas de calibración PAVER para el deterioro del pavimento flexible en la ciudad de Bogotá**





Fuente: Metodología para la recolección y entrega de datos de inventario y diagnóstico para la actualización de la base de datos de inventario de malla vial y espacio público. Versión 1.1. IDU.

La clasificación del **MDR** de acuerdo con los rangos establecidos por la metodología propuesta por el WS DOT- Washington State Department of Transportation, se presenta a continuación.

Tabla No. 42. Valor de MDR y tipo de condición para cada uno de los rangos.

CLASIFICACIÓN	INTERVALO DE MDR	CALIFICACIÓN
VERDE	100 Y 79	EXCELENTE
AMARILLO	78 Y 59	BUENO
NARANJA	58 Y 40	REGULAR
ROJO	39 Y 0	MALO

Fuente: Metodología para la recolección y entrega de datos de inventario y diagnóstico para la actualización de la base de datos de inventario de malla vial y espacio público. Versión 1.1. IDU.

El inventario de daños es efectuado mediante el manual de fallas del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), el cual propone 13 tipos de daños para pavimentos flexibles que al momento de su procesamiento se incluyen dentro de una falla asociada para poder hacer el cálculo del MDR a través de las curvas PAVER, ya que esta metodología solo contempla 9 daños.

Tabla No. 43. Códigos y daños Metodología IDU 2008

SUPERFICIE	METODOLOGÍA MANUAL DE INVENTARIO (IDU)		FALLA ASOCIADA EN METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO	
FLEXIBLE	14	Peladuras	3	Desgaste Superficial
	15	Exudación de asfalto	5	Exudación
	16	Baches descubiertos	8	Bache
	17	Desintegración de bordes	8	Bache
	18	Hundimiento	9	Hundimiento
	19	Corrugaciones y desplazamientos	6	Corrugación
	20	Ahuellamiento	4	Ahuellamiento
	21	Fisuramiento longitudinal	2	Fisura longitudinal
	22	Fisuramiento transversal	1	Fisura Transversal
	23	Fisuramiento de borde	2	Fisura longitudinal
	24	Fisuramiento en bloque	7	Piel de Cocodrilo
	25	Fisuramiento piel de cocodrilo	7	Piel de Cocodrilo
	26	Fisuramiento por reflexión de juntas	1	Fisura Transversal

Fuente: Metodología para la recolección y entrega de datos de inventario y diagnóstico para la actualización de la base de datos de inventario de malla vial y espacio público. Versión 1.1. IDU.

**3.4.3.2. Metodología PCI (Paviment Condition Index).** La metodología PCI corresponde a la norma americana ASTM D6433-07, para condiciones locales

(Colombia), el Ingeniero Luis Vásquez de la Universidad Nacional de Manizales, ha realizado una calibración y adopción del método.

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales se presentan a continuación<sup>8</sup>.

Este índice varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. A continuación se presenta una tabla en la que se hace relación de los diferentes rangos de diagnóstico que contempla la metodología.

Tabla No. 44. Rangos de Clasificación del PCI

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

Fuente: INGEPAV (Ingeniería de Pavimentos). Luis Ricardo Vásquez.

### **Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento.**

Como primera medida se hace la exploración visual en campo en la cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los

<sup>8</sup> VÁZQUES VARELA, Luis Ricardo. INGEPAV (Ingeniería de Pavimentos).Manizales.2002.p.2.

mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. Los daños que relaciona la metodología están descritos en la siguiente tabla.

Tabla No. 45. Códigos y daños Metodología PCI.

Tipo de Falla	Descripción de la Falla
1	Piel de Cocodrilo
2	Exudación
3	Agrietamiento en Bloque
4	Abultamientos y Hundimientos
5	Corrugación
6	Depresión
7	Grieta de Borde
8	Grieta de Reflexión de Junta
9	Desnivel carril / berma
10	Grietas Long y Transversal
11	Parcheo
12	Pulimiento de Agregados
13	Huecos
14	Cruce de Vía Férrea
15	Ahuellamiento
16	Desplazamiento
17	Grieta Parabólica
18	Hinchamiento
19	Desprendimiento de Agregados

Fuente: Elaboración Propia.

La metodología hace el registro del segmento o tramo evaluado dividiéndolo en unidades de muestreo las cuales están definidas de acuerdo a un rango de área establecido de 230 +- 93 m<sup>2</sup>.

La obtención del índice PCI se hace a partir de la información tomada en campo, se basa en los “Valores Deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

- **Cálculo para Carreteras con Capa de Rodadura Asfáltica.**

Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos:

1. a. Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño. El daño puede medirse en área, longitud ó por número según su tipo.

1. b. Divida la cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la densidad del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

1. c. Determine el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño”, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

Etapa 3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

3. a. Determine el número de valores deducidos, q, mayores que 2.0.

3. b. Determine el “Valor Deducido Total” sumando todos los valores deducidos individuales.

3. c. Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

3. d. Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que q sea igual a 1.

3. e. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

Etapa 4. Cálculo el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3.<sup>9</sup>

Dado que el proyecto se desarrollará de acuerdo a las condiciones propuestas por el Instituto de Desarrollo Urbano, a continuación se presenta la clasificación del estado superficial, mediante metodología de auscultación PCI.

Tabla No. 46. Preclasificación por Estado Superficial Metodología de Auscultación PCI.

RANGO DEL PCI	ESTADO	CLASIFICACIÓN
0 - 25	MALO	ROJO
26 - 55	REGULAR	NARANJA
56 - 85	BUENO	AMARILLO
86 - 100	EXCELENTE	VERDE

Fuente. Instituto de Desarrollo Urbano – anexo técnico para distritos de conservación.

---

<sup>9</sup> VÁZQUES VARELA, Luis Ricardo. INGEPAV (Ingeniería de Pavimentos). Manizales. 2002. p.6-8.

## **4. PROCEDIMIENTO Y METODOLOGÍA DE ANÁLISIS**

El desarrollo del presente proyecto se basó, en la ejecución de diferentes actividades secuenciales con el fin de alcanzar los objetivos propuestos. A partir de la selección de tres vías construidas en pavimento flexible, localizadas en la ciudad de Bogotá D.C. y clasificadas de acuerdo a lineamientos del Instituto de Desarrollo Urbano IDU en Malla vial Arterial, Malla Vial Intermedia y Malla Vial Local, se efectúa el análisis descrito a continuación.

### **4.1 TRABAJO DE CAMPO**

Consiste en la selección de las vías objeto de estudio, teniendo en cuenta que la longitud total del tramo a evaluar corresponda a un kilómetro por cada vía. Una vez elegidos los sectores, se realiza la auscultación visual de acuerdo con las patologías establecidas por las metodologías a emplear. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin.

### **4.2 ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO**

Parte de la recopilación y el procesamiento de los datos obtenidos en campo para cada una de las metodologías evaluadas, con el fin de realizar el análisis y comparación de los resultados en las vías objeto de estudio.

El análisis es efectuado a través de la determinación del porcentaje de daños existente, además de la influencia de la diferencia en los tipos de patologías implícitas en cada una de las metodologías estudiadas y la evaluación de los tramos seleccionados en función del cálculo del índice de estado superficial.

### **4.3 INFORME FINAL**

Una vez finalizada la estructuración de los datos recolectados en campo, se efectúa el diagnóstico de las vías objeto de estudio, realizando una comparación de los resultados obtenidos, con el fin de dar un punto de vista con respecto a cuál de las dos metodologías empleadas se ajusta mejor al estado real del pavimento. Adicionalmente se hace una verificación en el efecto que podría causar la definición de áreas de muestreo diferentes a las estimadas en cada metodología.

Finalmente se obtienen conclusiones y recomendaciones sobre el trabajo ejecutado.

## 5. EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA

El inventario de daños se realizó teniendo en cuenta el tipo, severidad y extensión de los mismos. La longitud total a evaluar corresponde a tres kilómetros, definidos en un kilómetro por cada tipo de vía en estudio (Malla Vial Arterial, Malla Vial Intermedia y Malla Vial Local).

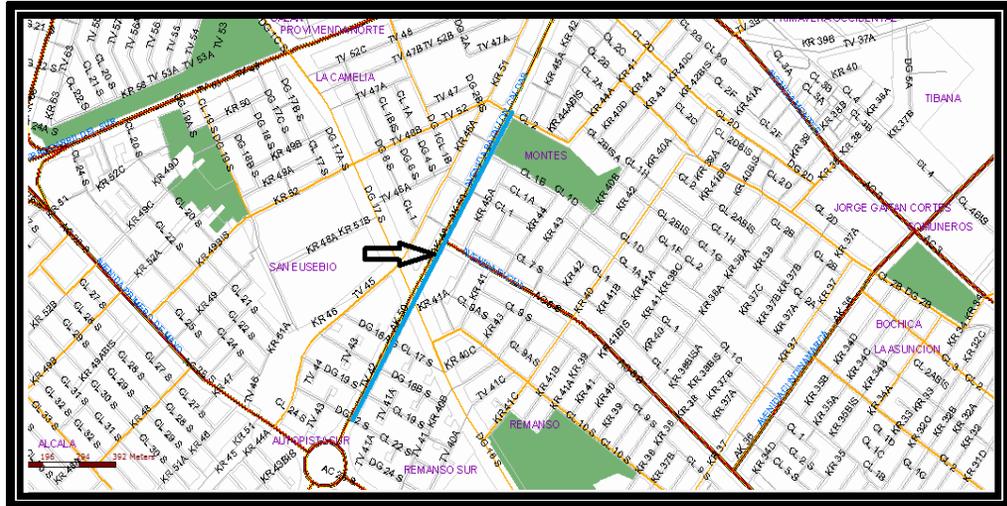
- ✓ **Malla Vial Arterial.** Se seleccionó la vía ubicada en la localidad de Puente Aranda, correspondiente a la Carrera 50 (Avenida batallón Caldas) entre Calle 22 sur y Calle 2, calzada oriental, en una longitud de un kilómetro. Cuenta con un ancho promedio de 10m correspondientes a tres carriles de circulación de ancho 3.33 m aproximadamente.

**Figura No. 5. Fotografía Carrera 50 (Avenida Batallón Caldas)**



Fuente. Elaboración Propia.

**Figura No. 6. Localización Carrera 50 (Avenida Batallón Caldas) entre Calle 22 sur y Calle 2.**



Fuente: [www.idu.gov.co/mapas](http://www.idu.gov.co/mapas).

- ✓ **Malla Vial intermedia.** Corresponde a la Carrera 21 entre Calle 2 sur y Calle 17, ubicada en la localidad Antonio Nariño, cuenta con calzada única de ancho promedio de 9 m y dos carriles de circulación.

**Figura No. 7. Localización Carrera 21 entre Calle 2 sur y Calle 17.**



Fuente: [www.idu.gov.co/mapas](http://www.idu.gov.co/mapas).

**Figura No. 8. Fotografía Carrera 21.**



Fuente. Elaboración Propia.

- ✓ **Malla Vial Local:** Se seleccionó la vía ubicada en la localidad de Teusaquillo, Carrera 15 entre Calle 45 y Calle 54, en una longitud de un kilómetro y ancho promedio de 7m.

**Figura No. 9. Localización Carrera 21 entre Calle 2 sur y Calle 17.**



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura No. 10. Fotografía Carrera 15.**



Fuente: Elaboración Propia.

## **5.1 EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA - VÍA ARTERIAL**

Como fue presentado, la vía clasificada dentro de la malla vial arterial y que es objeto del presente estudio, corresponde a la Avenida Carrera 50, la cual cuenta con dos calzadas cada una con tres carriles de circulación en sentido norte-sur y sur-norte respectivamente. Con el fin de ejecutar los objetivos propuestos se consideró un área total de 10.000 m<sup>2</sup>, correspondiente a una longitud 1000 m y un ancho de 10 m (evaluando solo la calzada oriental, sentido de circulación sur-norte).

**5.1.1 Evaluación condición Superficial - Metodología PCI.** Dadas las condiciones expuestas por la metodología, el tramo objeto de estudio quedó

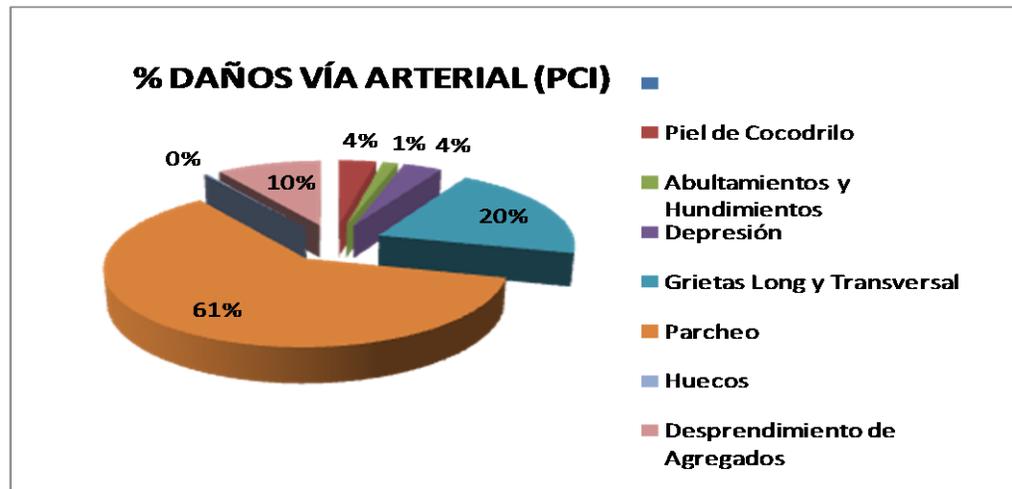
compuesto por 31 unidades de muestreo, teniendo en cuenta el rango límite que la metodología exige, cada unidad cuenta con una longitud de 31,5 m y ancho de 10 m, para un área de 315 m<sup>2</sup>. A continuación se presenta una tabla resumen de las patologías encontradas a lo largo del corredor, definiendo la más frecuente.

Tabla No. 47. Códigos y daños de la superficie en La vía ARTERIAL según PCI.

TIPO DE DAÑO	CÓDIGO	SEVERIDAD			ÁREA TOTAL DEL DAÑO	% DE AREA AFECTADA	% TIPO DE DAÑO
		L	M	H			
Piel de Cocodrilo	1.00	46.06	11.55	3.00	60.61	0.62	3.47
Abultamientos y Hundimientos	4.00	7.80	7.80	9.00	24.60	0.25	1.41
Depresión	6.00	46.30	12.20	4.50	63.00	0.65	3.61
Griteas Long y Transv	10.00	215.00	368.41	11.00	354.20	3.63	20.31
Parcheo	11.00	448.14	1.04	250.92	1067.47	10.93	61.20
Huecos	13.00		165.70	2.49	3.53	0.04	0.20
Desprendimiento de agregados	19.00			5.20	170.90	1.75	9.80
TOTAL					1744.31	17.86	100.00

Fuente: Elaboración propia.

**Figura No. 11. Distribución gráfica porcentual de los daños existentes en la Avenida Carrera 50 entre Calle 22 Sur y Calle 2.**



Fuente. Elaboración Propia.

Es evidente, que el daño más frecuente corresponde al parcheo con un 60%, seguido de las grietas longitudinales y transversales con un 20%, en tercer lugar se presentan los desprendimientos de agregados con un 10%, en menor proporción se presentan huecos, abultamientos, depresiones y huecos.

Luego de la aplicación de la metodología PCI y obtener la clasificación de los daños encontrados, se presenta la siguiente tabla resumen, con la clasificación por unidad de muestreo obtenida.

**Tabla No. 48. Clasificación de la vía arterial, según metodología PCI.**

No. UNIDADES	ABS INICIO	ABS. FINAL	PCI	CLASIFICACIÓN
1	0	31.5	69	BUENO
2	31.5	63	77	MUY BUENO
3	63	94.5	78	MUY BUENO
4	94.5	126	78	MUY BUENO

<b>No. UNIDADES</b>	<b>ABS INICIO</b>	<b>ABS. FINAL</b>	<b>PCI</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
5	126	157.5	78	MUY BUENO
6	157.5	189	52	REGULAR
7	189	220.5	70	BUENO
8	220.5	252	73	MUY BUENO
9	252	283.5	94	EXCELENTE
10	283.5	315	29	REGULAR
11	315	346.5	60	BUENO
12	346.5	378	66	BUENO
13	378	409.5	43	REGULAR
14	409.5	441	58	BUENO
15	441	472.5	76	MUY BUENO
16	472.5	504	28	MALO
17	504	535.5	19	MUY MALO
18	535.5	567	38	MALO
19	567	598.5	40	MALO
20	598.5	630	56	BUENO
21	630	661.5	78	MUY BUENO
22	661.5	693	70	BUENO
23	693	724.5	66	BUENO
24	724.5	756	63	BUENO
25	756	787.5	98	EXCELENTE
26	787.5	819	100	EXCELENTE
27	819	850.5	28	MALO
28	850.5	882	83	MUY BUENO
29	882	913.5	85	MUY BUENO
30	913.5	945	100	EXCELENTE
31	945	976.5	93	EXCELENTE

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo presentado en la tabla anterior, a continuación se hace un resumen de los resultados presentados obteniendo el porcentaje total por tipo de clasificación.

Tabla No. 49. Porcentaje por estado de superficie de rodadura.

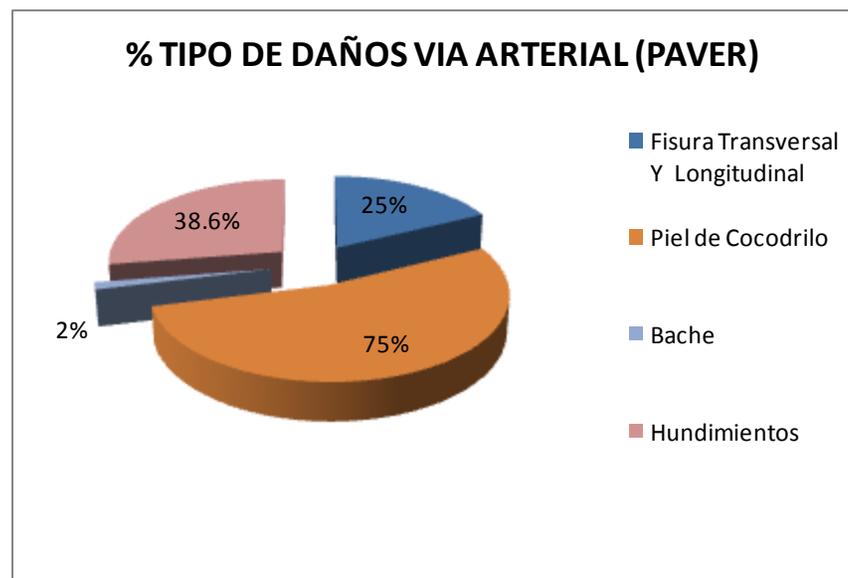
ESTADO	UNIDADES DE MUESTREO	LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	5	149.5	15%
MUY BUENO	9	283.5	28%
BUENO	9	283.5	28%
REGULAR	3	94.5	9%
MALO	4	126	13%
MUY MALO	1	31.5	3%
FALLADO	0	0	0%

Fuente. Elaboración Propia

La mayoría del tramo evaluado se encuentra clasificado como bueno y muy bueno observando un 28% (cada uno) de la longitud total. En regular estado se encuentra un porcentaje de 9%, en mal estado un 13% y finalmente se presenta un 3% de la vía en muy mal estado.

**5.1.2 Evaluación condición Superficial - Metodología IDU 2008.** De acuerdo con la metodología, la inspección visual se realizará en tramos definidos por el especialista, por lo tanto, para efectos del presente estudio se tomaron unidades de muestreo de 100 m de longitud, obteniendo los resultados presentados a continuación.

**Figura No. 12. Tipo de datos vía arterial**



Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla No. 50. Códigos y daños de la superficie, metodología IDU 2008.**

TIPO DE DAÑO	CODIGO	SEVERIDAD			AREA TOTAL DEL DAÑO	% DE AREA AFECTADA EN LA VIA	% TIPO DE DAÑO
		A	M	B			
Fisura Transversal Y Longitudinal	1+2	1,67	3,82	1,37	6,857	0,07	24,93
Desgaste Superficial	3	0,00	0	0	0	0,00	0,00
Ahuellamiento	4	0	0	0	0	0,00	0,00
Exudación	5	0	0	0	0	0,00	0,00
Corrugación	6	0	0	0	0	0,00	0,00
Piel de Cocodrilo	7	8,08	8,52	4,05	20,648	0,21	75,07
Bache	8	0,19	0,35	0,00	0,544	0,01	1,98

TIPO DE DAÑO	CODIGO	SEVERIDAD			AREA TOTAL DEL DAÑO	% DE AREA AFECTADA EN LA VIA	% TIPO DE DAÑO
		A	M	B			
Hundimiento	9	4,23	1,62	4,76	10,611	0,11	38,58
<b>TOTALES</b>		14,17	14,31	10,18	27,505	0,28	100

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior, se observa que el daño con mayor participación en la vía auscultada corresponde a la piel de cocodrilo con porcentaje de 75.07%, seguido a éste se tienen los hundimientos con un 38.58%, continuando con un 24.93% de fisuras longitudinales y transversales y el daño de menor incidencia en corresponde a los baches. De acuerdo con la sectorización efectuada en la siguiente tabla se presenta, la clasificación obtenida por unidad de muestro, en función del valor del estado de la superficie de rodadura expresado en MDR.

Tabla No. 51. Clasificación de la vía arterial, según metodología IDU 2008.

No.	ABS INICIO	ABS. FINAL	MDR	CLASIFICACIÓN
1	0	100	84	EXCELENTE
2	100	200	86	EXCELENTE
3	200	300	72	BUENO
4	300	400	62	BUENO
5	400	500	64	BUENO
6	500	600	34	MALO
7	600	700	74	BUENO
8	700	800	85	EXCELENTE
9	800	900	77	BUENO
10	900	1000	93	EXCELENTE

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla No. 52. Porcentaje por estado de superficie de rodadura.

ESTADO	UNIDADES DE MUESTREO	LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	4	400	40%
BUENO	5	500	50%
REGULAR	0	0	0%
MALO	1	100	10%

Fuente. Elaboración Propia.

El 50% de las unidades de muestro inspeccionadas se encuentran en buen estado de acuerdo con la clasificación de la metodología IDU 2008, el 40% en excelente estado y el 10% restante en malo estado.

## 5.2 EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA - VÍA INTERMEDIA

La vía seleccionada corresponde a la Carrera 21, la cual cuenta con una calzada y dos carriles de circulación por sentido vial (Norte - Sur y Sur - Norte). La inspección se realizó en un área total de 9000 m<sup>2</sup>, obteniendo los resultados que se presentan a continuación.

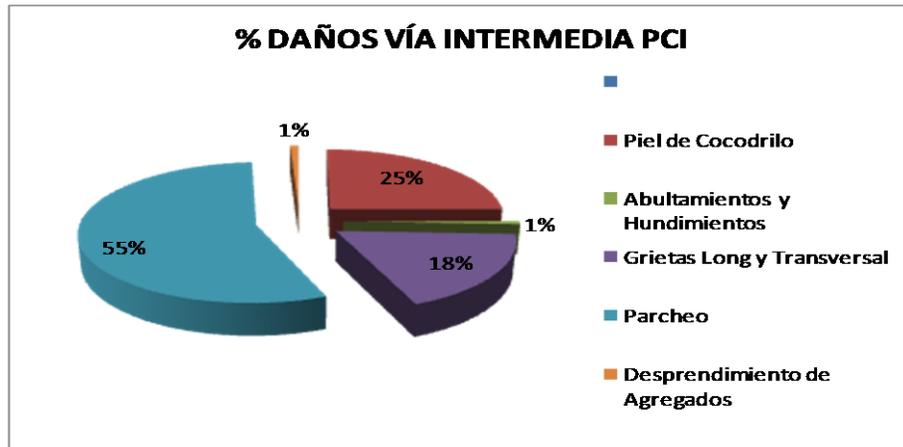
**5.2.1 Evaluación condición Superficial - Metodología PCI.** De acuerdo con las condiciones establecidas por la metodología en estudio se definieron las condiciones expuestas por la metodología, el tramo objeto de estudio quedó compuesto por 31 unidades de muestreo, teniendo en cuenta el rango límite que la metodología exige, cada unidad cuenta con una longitud de 32 m y ancho de 9 m, para un área de 288 m<sup>2</sup>. A continuación se presenta una tabla resumen de las patologías encontradas a lo largo del corredor, definiendo la más frecuente.

Tabla No. 53. Códigos y daños de la superficie en La vía INTERMEDIA según PCI.

TIPO DE DAÑO	CÓDIGO	SEVERIDAD			ÁREA TOTAL DEL DAÑO	% DE AREA AFECTADA	% TIPO DE DAÑO
		L	M	H			
Piel de Cocodrilo	1	117.24	258.14	14.31	389.69	4.36	25
Abultamientos y Hundimientos	4	1.21	9.05	0	10.26	0.11	0.66
Grietas Long y Transv	10	43.2	126.6	112.65	282.65	3.16	18.13
Parqueo	11	187.97	251.42	423.41	862.8	9.66	56.35
Desprendimiento de agregados	19	0.23	8.56	4.63	13.42	0.15	0.86
TOTAL					1558.82	17.45	100

Fuente: Elaboración propia.

Figura No. 13. Distribución gráfica porcentual de los daños existentes en la Carrera 21.



Fuente: Elaboración Propia.

Al igual que la vía de clasificación arterial, el daño más frecuente presente en la carrera 21 corresponde al parqueo con una participación de 55%, seguido se identifica la piel de cocodrilo con un 25%, seguida de un 18% de patologías descritas como grietas longitudinales y transversales.

La clasificación por unidad de muestro, se presente a continuación.

Tabla No. 54. Estado y clasificación de las unidades de muestreo.

No. UNIDADES DE MUESTREO	ABS INICIO	ABS. FINAL	PCI	CLASIFICACIÓN
1	0	32	74	MUY BUENO
2	32	64	80	MUY BUENO
3	64	96	33	MALO
4	96	128	45	REGULAR
5	128	160	55	REGULAR
6	160	192	44	REGULAR
7	192	224	44	REGULAR
8	224	256	59	BUENO
9	256	288	75	MUY BUENO
10	288	320	61	BUENO
11	320	352	65	BUENO
12	352	384	42	REGULAR
13	384	416	45	REGULAR
14	416	448	49	REGULAR
15	448	480	95	EXCELENTE
16	480	512	82	MUY BUENO
17	512	544	29	MALO
18	544	576	25	MALO
19	576	608	19	MUY MALO
20	608	640	50	REGULAR
21	640	672	35	MALO
22	672	704	50	REGULAR
23	704	736	29	MALO
24	736	768	29	MALO
25	768	800	44	REGULAR
26	800	832	61	BUENO
27	832	864	25	MALO
28	864	896	21	MUY MALO
29	896	928	22	MUY MALO
30	928	964	46	REGULAR
31	964	1000	38	MALO

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la clasificación presentada, a continuación se relaciona un resumen por clasificación.

Tabla No. 55. Porcentaje por estado de superficie de rodadura.

ESTADO	UNIDADES DE MUESTREO	LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	1	32	3%
MUY BUENO	0	128	13%
BUENO	8	128	13%
REGULAR	17	260	26%
MALO	5	356	36%
MUY MALO	0	96	10%
FALLADO	0	0	0%

Fuente: Elaboración Propia.

El 52% del tramo evaluado se encuentra en estado regular y malo, un 26% en clasificación buena y muy buena y tan solo un 3% está en excelente estado.

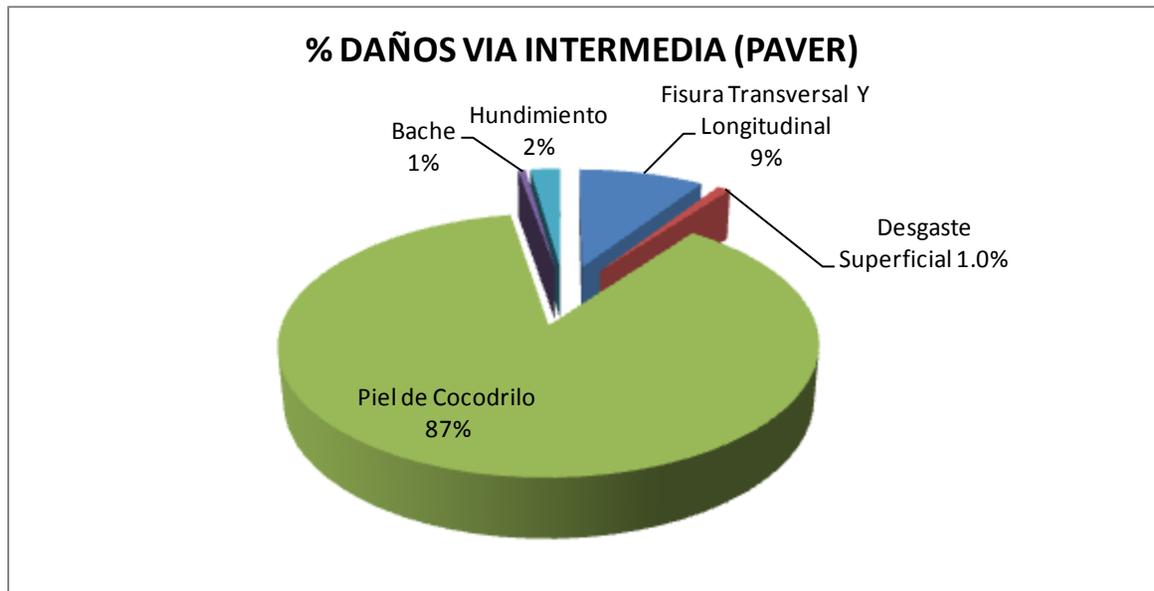
**5.2.2 Evaluación condición Superficial - Metodología IDU 2008.** De acuerdo con la metodología, la inspección visual se realizará en tramos definidos por el especialista, por lo tanto, para efectos del presente estudio se tomaron unidades de muestreo de 100 m de longitud, obteniendo los resultados presentados a continuación.

Tabla No. 56. Códigos y daños de la superficie.

TIPO DE DAÑO	CODIGO	SEVERIDAD			AREA TOTAL DEL DAÑO	% DE AREA AFECTADA EN LA VIA	% TIPO DE DAÑO
		A	M	B			
Fisura Transversal Y Longitudinal	1+2	0,94	4,64	1,72	7,31	0,08	9,5
Desgaste Superficial	3	0,00	0,60	0,00	0,60	0,01	0,8
Piel de Cocodrilo	7	19,03	35,88	14,30	69,21	0,78	89,8
Bache	8	0,00	0,44	0,00	0,44	0,00	0,6
Hundimiento	9	1,02	0,61	0,12	1,76	0,02	2,3
<b>TOTALES</b>		21,00	42,18	16,14	77,12	0,87	100,0

Fuente: Elaboración propia.

Figura No. 14. Distribución porcentual de los daños, Vía Intermedia – Metodología IDU 2008.



Fuente: Elaboración propia.

El daño presentado con más frecuencia en la longitud total del tramo evaluado (1000 m), corresponde a la piel de cocodrilo con un porcentaje de 89.8%, en seguida se observan las fisuras longitudinales y transversales (9.5%).

La clasificación por unidad de muestreo se presenta en la siguiente tabla.

Tabla No. 57. Estado y clasificación de las unidades de muestreo.

No.	ABS INICIO	ABS. FINAL	MDR	CLASIFICACIÓN
1	0	100	50	REGULAR
2	100	200	50	REGULAR
3	200	300	52	REGULAR
4	300	400	44	REGULAR
5	400	500	67	BUENO
6	500	600	53	REGULAR
7	600	700	59	BUENO
8	700	800	57	BUENO
9	800	900	43	REGULAR
10	900	1000	61	BUENO

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la clasificación del estado, a continuación se presenta un resumen, determinando el porcentaje y longitud del estado actual de la vía.

Tabla No. 58. Porcentaje por estado de superficie de rodadura.

ESTADO	UNIDADES DE MUESTREO	LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	0	0	0%
BUENO	4	400	40%
REGULAR	6	600	60%
MALO	0	0	0%

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla anterior evidencia que el sector se encuentra en regular estado, contando con un 60% de la longitud total auscultada y el 40% restante se encuentra clasificada como en buen estado.

### 5.3 EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA - VÍA LOCAL.

Como se mencionó anteriormente, la vía local seleccionada corresponde a la Carrera 15 entre Calle 45 y la Calle 54. El tramo cuenta con una calzada en doble sentido de circulación con ancho promedio de 7 m y para efectos de la aplicación del presente trabajo de grado se definió una longitud total de 1000 m (área total inspeccionada de 7000 m<sup>2</sup>).

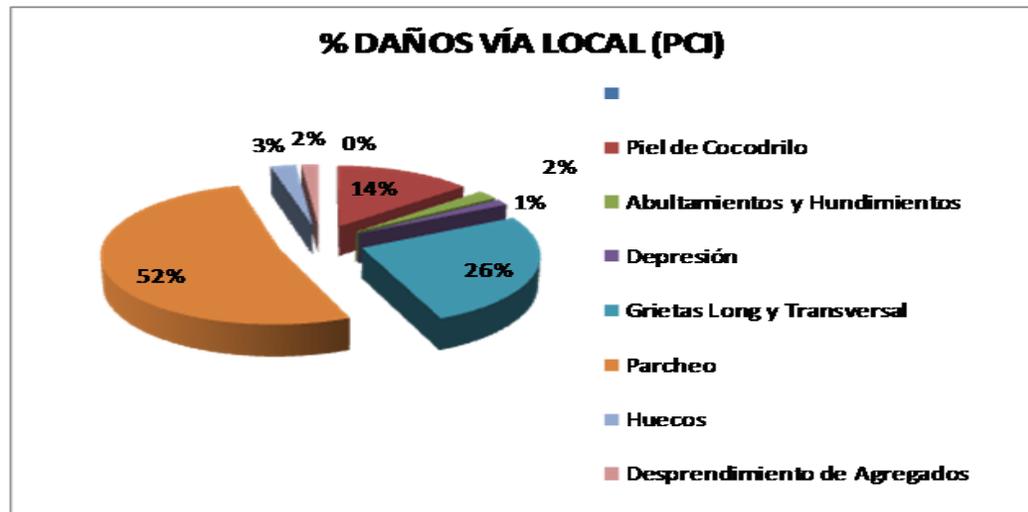
**5.3.1 Evaluación condición Superficial - Metodología PCI.** Teniendo en cuenta los 7000 m<sup>2</sup> de área a evaluar, se efectúa la subdivisión del tramo en los subtramos exigidos por la metodología aplicada, es decir localizando el área total en áreas menores sujetas al rango: no menor de 137 m<sup>2</sup> y no mayor a 315 m<sup>2</sup>, de tal manera se identificaron 25 unidades de muestreo, las cuales presentan las siguientes patologías (las cuales son representadas en la figura que se presenta a continuación).

Tabla No. 59. Códigos y daños de la superficie vía Local.

TIPO DE DAÑO	CODIGO	SEVERIDAD			AREA TOTAL DEL DAÑO	% AREA AFECTADA EN LA VIA	% TIPO DE DAÑO
		L	M	H			
Piel de Cocodrilo	1	61,15	209,19	43,52	313,86	4,07	13,99
Abultamientos y Hundimientos	4	49,00	0,00	0,00	49,00	0,64	2,18
Depresión	6	11,95	6,00	14,25	32,20	0,42	1,43
Grietas Long y Transversal	10	244,00	245,20	95,30	584,50	7,58	26,05
Parqueo	11	626,35	383,40	157,94	1167,69	15,15	52,04
Huecos	13	5,00	10,00	43,00	58,00	0,75	2,58
Desprendimiento de Agregados	19	0,00	23,50	15,25	38,75	0,50	1,73
<b>TOTALES</b>		997,45	877,29	369,26	2244,00	29,11	100

Fuente: Elaboración propia.

**Figura No. 15. Distribución porcentual de los daños, Vía Local – Metodología PCI.**



Fuente: Elaboración Propia.

Para este caso se observa que la mayor parte del porcentaje de daño reportado, también es el parcheo con 52,04% seguido de un porcentaje de 26.05% de fisuras longitudinales y transversales, un porcentaje cercano al 14% de piel de cocodrilo, y en menor proporción se encuentran depresiones, desprendimientos, y huecos.

**Tabla No. 60. Clasificación estado superficial por unidad de muestreo. Metodología PCI.**

No. UNIDADES DE MUESTREO	ABS INICIO	ABS FINAL	PCI	CLASIFICACIÓN
1	0	41,7	12	MUY MALO
2	41,7	83,4	37	MALO
3	83,4	125,1	42	REGULAR
4	125,1	166,8	15	MUY MALO
5	166,8	208,5	21	MUY MALO

No. UNIDADES DE MUESTREO	ABS INICIO	ABS FINAL	PCI	CLASIFICACIÓN
6	208,5	248,5	31	MALO
7	248,5	288,5	31	MALO
8	288,5	328,5	32	MALO
9	328,5	368,5	5	FALLADO
10	368,5	408,5	29	MALO
11	408,5	448,5	7	FALLADO
12	448,5	488,5	80	MUY BUENO
13	488,5	528,5	33	MALO
14	528,5	568,5	74	MUY BUENO
15	568,5	608,5	47	REGULAR
16	608,5	648,5	29	MALO
17	648,5	688,5	60	BUENO
18	688,5	728,5	31	MALO
19	728,5	768,5	31	MALO
20	768,5	808,5	45	REGULAR
21	808,5	848,5	48	REGULAR
22	848,5	888,5	80	BUENO
23	888,5	928,5	1	FALLADO
24	928,5	968,5	27	MALO
25	968,5	1000	99	EXCELENTE

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 61. Porcentaje por estado de superficie de rodadura.

ESTADO	UNIDADES DE MUESTREO	LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	1	31.5	3%
MUY BUENO	2	80	8%
BUENO	2	80	8%

ESTADO	UNIDADES DE MUESTREO	LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
REGULAR	4	161.7	16%
MALO	10	401.7	40%
MUY MALO	3	125.1	13%
FALLADO	3	121.7	12%

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con lo presentado en la tabla anterior, el 40% de la longitud total auscultada se encuentra en mal estado, 16% en regular estado, 13% en malo, bueno y muy bueno en 8% (cada uno) y un 3% en excelente estado.

**5.3.2 Evaluación condición Superficial - Metodología IDU 2008.** Al igual que las dos vías presentadas, se dividió el área total evaluada de acuerdo a criterio, por lo tanto, se describen 25 unidades de muestreo de 100 m de longitud y 7 m (en promedio) de ancho. A continuación se presenta una tabla donde se relaciona el porcentaje de por daño, severidad y el área total afectada.

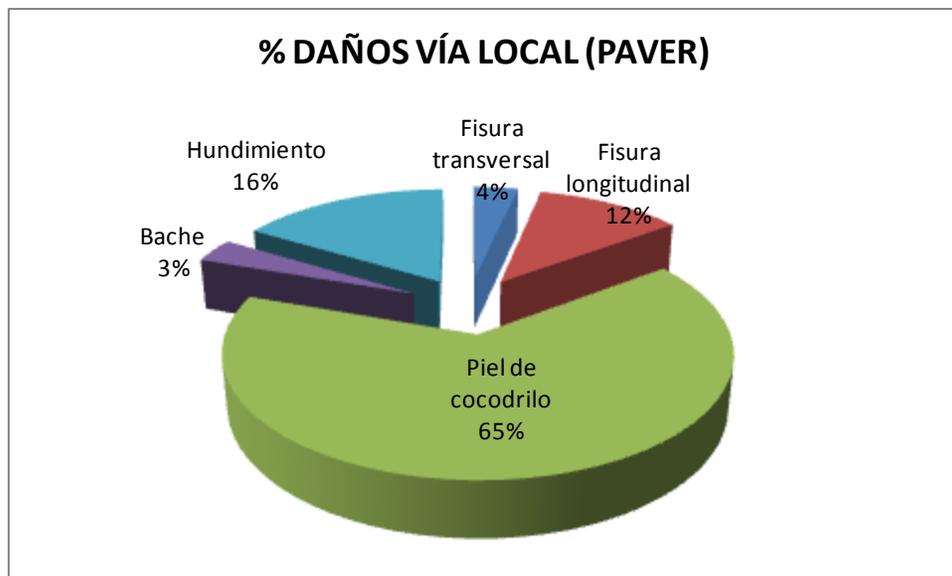
Tabla No. 62. Códigos y daños de la superficie.

TIPO DE DAÑO	CODIGO	SEVERIDAD			AREA TOTAL DEL DAÑO	% DE AREA AFECTADA EN LA VIA	% TIPO DE DAÑO
		A	B	M			
Fisura Transversal	1	0,30	0,92	2,08	3,30	0,02	3,48
Fisura Longitudinal	2	2,07	4,91	3,94	10,92	0,06	11,48
Desgaste Superficial	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ahuellamiento	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Exudación	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Corrugación	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Piel de cocodrilo	7	20,31	12,10	29,64	62,06	0,32	65,28
Bache	8	0,25	0,25	2,69	3,19	0,02	3,36
Hundimiento	9	1,39	5,40	8,81	15,60	0,08	16,41

TIPO DE DAÑO	CODIGO	SEVERIDAD			AREA TOTAL DEL DAÑO	% DE AREA AFECTADA EN LA VIA	% TIPO DE DAÑO
		A	B	M			
TOTALES		24,33	23,58	47,16	95,07	0,49	100,00

Fuente: Elaboración propia.

**Figura No. 16. Distribución porcentual de los daños, Vía Local – Metodología IDU 2008.**



Fuente: Elaboración propia.

Una vez efectuado el procedimiento para la obtención del valor de MDR, se realiza la clasificación del estado superficial de cada una de las unidades de muestreo evaluadas, obteniendo los resultados presentados a continuación.

**Tabla No. 63. Estado de las unidades de la vía Local. Metodología IDU 2008.**

N° UNIDAD	ABS INICIO	ABS FINAL	MDR	CLASIFICACIÓN
1	0	100	44	REGULAR
2	100	200	38	MALO

N° UNIDAD	ABS INICIO	ABS FINAL	MDR	CLASIFICACIÓN
3	200	300	49	REGULAR
4	300	400	51	REGULAR
5	400	500	56	REGULAR
6	500	600	79	EXCELENTE
7	600	700	43	REGULAR
8	700	800	62	BUENO
9	800	900	86	EXCELENTE
10	900	1000	47	REGULAR

Fuente: Elaboración propia.

De la clasificación presentada, es posible efectuar un análisis en función del porcentaje de longitud por estado de la superficie de rodadura.

Tabla No. 64. Porcentaje por estado de superficie de rodadura vía Local.

ESTADO	UNIDADES DE MUESTREO	LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	2	200	20%
BUENO	1	100	10%
REGULAR	6	600	60%
MALO	1	100	10%

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con la clasificación presentada, se observa que el 60% de la longitud total inspeccionada se encuentra en regular estado, un 20% en excelente, regular y malo en un 10 % respectivamente.

## **6. COMPARACIÓN METODOLOGÍAS DE AUSCULTACIÓN PCI E IDU 2008 - INFLUENCIA DEL NÚMERO DE DAÑOS Y ÁREA DE INSPECCIÓN.**

A continuación se hará la comparación de las metodologías de auscultación estudiadas en el presente informe, relacionando la influencia en la diferencia del tipo de daños, implícitos en cada una de las metodologías evaluadas y el área de inspección mínima y máxima que cada una exige, determinando las ventajas y desventajas de cada una.

### **6.1 COMPARACIÓN, RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN**

Teniendo en cuenta los resultados presentados en el capítulo anterior, a continuación se presenta la comparación, en cuanto a la clasificación por estado del área total evaluada (10.000 m<sup>2</sup>), por las dos metodologías de auscultación evaluadas.

Tabla No. 65. Evaluación condición del pavimento vías Arterial, Intermedia y Local.

ARTERIAL							INTERMEDIA							LOCAL						
No. UNIDADES	ABS INICIO	ABS. FINAL	PCI	CLASIFICACIÓN	MDR	CALSIFICACIÓN	No. UNIDADES DE MUESTREO	ABS INICIO	ABS. FINAL	PCI	CLASIFICACIÓN	MDR	CLASIFICACIÓN	No. UNIDADES DE MUESTREO	ABS INICIO	ABS FINAL	PCI	CLASIFICACIÓN	MDR	CLASIFICACIÓN
1	0	31.5	69	BUENO	84	EXCELENTE	1	0	32	74	MUY BUENO	50	REGULAR	1	0	41,7	12	MUY MALO	44	REGULAR
2	31.5	63	77	MUY BUENO			2	32	64	80	MUY BUENO			2	41,7	83,4	37	MALO		
3	63	94.5	78	MUY BUENO			3	64	96	33	MALO			3	83,4	125,1	42	REGULAR		
4	94.5	126	78	MUY BUENO	86	EXCELENTE	4	96	128	45	REGULAR	50	REGULAR	4	125,1	166,8	15	MUY MALO	38	MALO
5	126	157.5	78	MUY BUENO			5	128	160	55	REGULAR			5	166,8	208,5	21	MUY MALO		
6	157.5	189	52	REGULAR			6	160	192	44	REGULAR			6	208,5	248,5	31	MALO		
7	189	220.5	70	BUENO	72	BUENO	7	192	224	44	REGULAR	52	REGULAR	7	248,5	288,5	31	MALO	49	REGULAR
8	220.5	252	73	MUY BUENO			8	224	256	59	BUENO			8	288,5	328,5	32	MALO		
9	252	283.5	94	EXCELENTE			9	256	288	75	MUY BUENO			9	328,5	368,5	5	FALLADO		
10	283.5	315	29	REGULAR	62	BUENO	10	288	320	61	BUENO	44	REGULAR	10	368,5	408,5	29	MALO	51	REGULAR
11	315	346.5	60	BUENO			11	320	352	65	BUENO			11	408,5	448,5	7	FALLADO		
12	346.5	378	66	BUENO			12	352	384	42	REGULAR			12	448,5	488,5	80	MUY BUENO		
13	378	409.5	43	REGULAR	64	BUENO	13	384	416	45	REGULAR	67	BUENO	13	488,5	528,5	33	MALO	79	EXCELENTE
14	409.5	441	58	BUENO			14	416	448	49	REGULAR			14	528,5	568,5	74	MUY BUENO		
15	441	472.5	76	MUY BUENO			15	448	480	95	EXCELENTE			15	568,5	608,5	47	REGULAR		
16	472.5	504	28	MALO	34	MALO	16	480	512	82	MUY BUENO	53	REGULAR	16	608,5	648,5	29	MALO	43	REGULAR
17	504	536.5	19	MUY MALO			17	512	544	29	MALO			17	648,5	688,5	60	BUENO		
18	536.5	567	38	MALO			18	544	576	25	MALO			18	688,5	728,5	31	MALO		
19	567	598.5	40	MALO	74	BUENO	19	576	608	19	MUY MALO	59	BUENO	19	728,5	768,5	31	MALO	62	B
20	598.5	630	56	BUENO			20	608	640	50	REGULAR			20	768,5	808,5	45	REGULAR		
21	630	661.5	78	MUY BUENO			21	640	672	35	MALO			21	808,5	848,5	48	REGULAR		
22	661.5	693	70	BUENO	85	EXCELENTE	22	672	704	50	REGULAR	57	BUENO	22	848,5	888,5	80	BUENO	86	EXCELENTE
23	693	724.5	66	BUENO			23	704	736	29	MALO			23	888,5	928,5	1	FALLADO		
24	724.5	756	63	BUENO			24	736	768	29	MALO			24	928,5	968,5	27	MALO		
25	756	787.5	98	EXCELENTE	77	BUENO	25	768	800	44	REGULAR	43	REGULAR	25	968,5	1000	99	EXCELENTE	47	REGULAR
26	787.5	819	100	EXCELENTE			26	800	832	61	BUENO			PROMEDIO		38	REGULAR			
27	819	850.5	28	MALO			27	832	864	25	MALO			56	REGULAR					
28	850.5	882	83	MUY BUENO	93	EXCELENTE	28	864	896	21	MUY MALO	61	BUENO	28	864	896	21	MUY MALO	56	REGULAR
29	882	913.5	85	MUY BUENO			29	896	928	22	MUY MALO			29	896	928	22	MUY MALO		
30	913.5	945	100	EXCELENTE			30	928	964	46	REGULAR			30	928	964	46	REGULAR		
31	945	976.5	93	EXCELENTE			31	964	1000	38	MALO			31	964	1000	38	MALO		
PROMEDIO			66	BUENO			73	BUENO	PROMEDIO					47	REGULAR	54	REGULAR			

Fuente. Elaboración Propia.

En la tabla anterior se presenta la clasificación de las vías evaluadas, teniendo en cuenta cada una de las metodologías de auscultación objeto de este estudio. Como se observa, a pesar de tener una diferencia en la clasificación de los subtramos seleccionados, la clasificación final, la cual corresponde al promedio del índice de condición superficial obtenido por las metodologías de auscultación (PCI y MDR), es igual, ya que la vía definida como Arterial se encuentra clasificada como estado bueno y la intermedia y local en estado regular. De acuerdo con lo anterior, se puede decir que la diferencia en el número de daños que cada una de las metodologías presenta, no representa un cambio significativo en la clasificación final del mismo. Sin embargo, es posible definir que para efectos prácticos de toma de información en campo, la metodología IDU 2008 (evaluada en función de la metodología PAVER, del cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos), es una buena alternativa, ya que considera tan solo 9 daños.

Con el fin de identificar si el área a inspeccionar tiene algún efecto en los resultados de evaluación y clasificación del tramo vial evaluado, se presenta a continuación un análisis considerando un área mayor y una menor de la exigida por las metodologías.

## **6.5 EVALUACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA POR METODOLOGÍA PCI, CONSIDERANDO UN ÁREA SUPERIOR A LOS RANGOS DEFINIDOS EN LA METODOLOGÍA.**

Dado que el programa **PCI UNAL**, no considera para su cálculo áreas mayores ni menores al rango establecido por la metodología, este cálculo se efectúa en forma manual, obteniendo los datos resumidos a continuación, discriminados por tipo de vía.

**6.5.1 Evaluación de la Vía Arterial.** Con el fin de obtener un área mayor a la evaluada de acuerdo a las condiciones que la metodología exige y de hacer una

consideración práctica de estudio, se definieron 16 unidades de muestreo, cada una de 63 m de longitud, correspondientes al doble de la longitud permitida. A continuación se presentan los resultados.

Tabla No. 66. Estado de las unidades de la vía arterial. Según metodología PCI, considerando un área mayor a la definida por la metodología.

UNIDAD No.	ABSCISA		VALOR PCI	CLASIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL		
1	0	63	70	BUENO
2	63	126	70	BUENO
3	126	189	56	BUENO
4	189	252	70	BUENO
5	252	315	51	REGULAR
6	315	378	60	BUENO
7	387	441	51	REGULAR
8	441	504	48	REGULAR
9	504	567	24	MALO
10	567	630	48	REGULAR
11	630	693	83	BUENO
12	693	756	62	BUENO
13	756	819	98	EXCELENTE
14	819	882	29	REGULAR
15	882	945	82	BUENO
16	945	1000	96	EXCELENTE

Fuente: Elaboración propia

Tabla No. 67. Estado y porcentaje de las unidades de muestreo, vía arterial. Según metodología PCI, considerando un área a la definida por la metodología

ESTADO	N°UNIDADES	LONGITUD	PORCENTAJE
EXCELENTE	2	118	13%
BUENO	8	504	50%

ESTADO	N°UNIDADES	LONGITUD	PORCENTAJE
REGULAR	5	315	31%
MALO	1	63	6%
TOTAL	16	1000	100

Fuente: Elaboración propia

De los resultados presentados, se observa que el 50% de las unidades de muestreo se encuentran en buen estado, 31% en regular, 13% en excelente y un 6% en mal estado.

**6.5.2. Evaluación de la Vía Intermedia.** Dadas las condiciones del tramo, las unidades de muestreo a evaluar quedan definidas con 64 m de longitud. Los resultados son presentados en la siguiente tabla.

Tabla No. 68. Estado de las unidades de la vía Intermedia. Según metodología PCI, considerando un área mayor a la definida por la metodología.

UNIDAD No.	ABSCISA		VALOR PCI	CLASIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL		
1	0	64	80	BUENO
2	64	128	44	REGULAR
3	128	192	47	REGULAR
4	192	256	87	EXCELENTE
5	256	320	72	BUENO
6	320	384	32	REGULAR
7	384	448	47	REGULAR
8	448	512	84	BUENO
9	512	576	30	REGULAR
10	576	640	22	MALO
11	640	704	38	REGULAR
12	704	768	30	REGULAR
13	768	832	56	BUENO

UNIDAD No.	ABSCISA		VALOR PCI	CLASIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL		
14	832	896	22	MALO
15	896	960	38	REGULAR
16	960	1000	48	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

Tabla No. 69. Estado y porcentaje de las unidades de muestreo, vía Intermedia - Según metodología PCI, considerando un área mayor a la definida por la metodología.

RANGO	N°UNIDADES	LONGITUD	PORCENTAJE
EXCELENTE	1	64	6%
BUENO	4	256	25%
REGULAR	9	552	56%
MALO	2	128	13%
TOTAL	16	1000	100

Fuente. Elaboración Propia.

El 56% de las unidades de muestreo se encuentran en un regular estado, seguida de un 25% en buen estado, 13% en estado malo y 6% en excelente estado.

**6.5.3. Evaluación de la Vía Local.** Las unidades de muestreo a evaluar en esta vía corresponden al doble de la consideración realizada, teniendo en cuenta los límites permitidos por la metodología, por lo tanto se tienen 13 unidades de 83.4 m de longitud.

Tabla No. 70. Estado de las unidades de la vía local. Según metodología PCI, considerando un área mayor a la definida por la metodología.

UNIDAD No.	ABSCISA		VALOR PCI	CLASIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL		
1	0	83,4	20	MALO

UNIDAD No.	ABSCISA		VALOR PCI	CLASIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL		
2	83,4	166,8	22	MALO
3	166,8	248,5	32	REGULAR
4	248,5	328,5	44	REGULAR
5	328,5	408,5	13	MALO
6	408,5	488,5	24	MALO
7	488,5	568,5	52	REGULAR
8	568,5	648,5	34	REGULAR
9	648,5	728,5	39	REGULAR
10	728,5	808,5	34	REGULAR
11	808,5	888,5	51	REGULAR
12	888,5	968,5	20	MALO
13	968,5	1000	95	EXLENTE

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos, a continuación se presenta el porcentaje de longitud total por calcificación del estado superficial.

Tabla No. 71. Estado y porcentaje de las unidades de muestreo, vía local; Según metodología PCI.

RANGO	N°UNIDADES	LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	1	31,5	8
BUENO	0	0	0
REGULAR	7	561,7	54
MALO	5	406,8	38
TOTAL	13	1000	100

Fuente: Elaboración propia

El mayor porcentaje de unidades de muestreo se encuentran en regular estado, seguidas de un 38% en mal estado y un 8% en excelente estado.

**6.5.4. Clasificación final de las tres vías evaluadas, arterial, intermedia y local.** Teniendo en cuenta los resultados presentados en los numerales 6.5.1, 6.5.2 y 6.5.3, a continuación se presenta la clasificación final obtenida por tramo evaluado.

Tabla No. 72. Clasificación estado superficial por vía, considerando un área mayor a la definida por la metodología.

VÍA	PCI	CLASIFICACIÓN
ARTERIAL	62	BUENO
INTERMEDIA	49	REGULAR
LOCAL	37	REGULAR

Fuente. Elaboración Propia.

La clasificación final obtenida, no difiere de la estimada con las condiciones dispuestas por la metodología, sin embargo es posible identificar que el valor del índice de estado superficial (PCI), es menor para las vías arterial y local, sin embargo la clasificación es la misma. Por lo tanto para la clasificación final, no es indispensable contar con límites de longitudes de auscultación.

## **6.6 EVALUACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA POR METODOLOGÍA PCI, CONSIDERANDO UN ÁREA MENOR**

**6.6.1 Evaluación de la Vía Arterial.** Tomando como dimensión del área de la unidad de muestreo aproximadamente la mitad de la que se había tomado inicialmente para el cálculo del PCI, la clasificación es la siguiente:

Tabla No. 73. Estado de las unidades de la vía Arterial. Según metodología PCI, considerando un área menor a la definida por la metodología.

UNIDAD No.	ABSCISA		VALOR PCI	CLASIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL		
1	0	16	60	BUENO
2	16	32	88	BUENO
3	32	48	60	BUENO
4	48	64	82	BUENO
5	64	80	92	EXCELENTE
6	80	96	84	BUENO
7	96	112	70	BUENO
8	112	128	91	EXCELENTE
9	128	144	84	BUENO
10	144	160	85	BUENO
11	160	176	50	REGULAR
12	176	192	88	EXCELENTE
13	192	208	74	BUENO
14	208	224	71	BUENO
15	224	240	78	BUENO
16	240	256	78	BUENO
17	256	272	80	BUENO
18	272	288	71	BUENO
19	288	304	90	EXCELENTE
20	304	320	78	BUENO
21	320	336	32	REGULAR
22	336	352	60	BUENO
23	352	368	66	BUENO
24	368	384	64	BUENO
25	384	400	52	REGULAR
26	400	416	52	REGULAR
27	416	432	52	REGULAR
28	432	448	95	EXCELENTE
29	448	464	84	BUENO

UNIDAD No.	ABSCISA		VALOR PCI	CLASIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL		
30	464	480	66	BUENO
31	480	496	22	MALO
32	496	512	76	BUENO
33	512	528	22	MALO
34	528	544	18	MALO
35	544	560	26	REGULAR
36	560	576	86	EXCELENTE
37	576	592	32	REGULAR
38	592	608	65	BUENO
39	608	624	78	BUENO
40	624	640	46	REGULAR
41	640	656	90	EXCELENTE
42	656	672	71	BUENO
43	672	688	94	EXCELENTE
44	688	704	93	EXCELENTE
45	704	720	66	BUENO
46	720	736	35	REGULAR
47	736	752	70	BUENO
48	752	768	38	REGULAR
49	768	784	99	EXCELENTE
50	784	800	99	EXCELENTE
51	800	816	100	EXCELENTE
52	816	832	38	REGULAR
53	832	848	52	REGULAR
54	848	864	33	REGULAR
55	864	880	72	BUENO
56	880	896	74	BUENO
57	896	912	82	BUENO
58	912	928	88	EXCELENTE
59	928	944	99	EXCELENTE
60	944	960	99	EXCELENTE

UNIDAD No.	ABSCISA		VALOR PCI	CLASIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL		
61	960	976	91	EXCELENTE
62	976	1000	91	EXCELENTE

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla No. 74. Estado y porcentaje de las unidades de muestreo, vía Arterial. Según metodología PCI, considerando un área menor a la definida por la metodología.

CLASIFICACIÓN	N°UNIDADES	LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	17	278	27
BUENO	29	464	47
REGULAR	13	208	21
MALO	3	48	5
TOTAL	62	992	100

Fuente. Elaboración Propia.

El mayor porcentaje de unidades de muestreo se encuentran en estado bueno, seguida de un estado excelente, regular y por ultimo con un 5% estado malo.

**6.6.2 Evaluación de la Vía Intermedia.** Al igual que la vía arterial el criterio de longitud máxima a inspeccionar será la mitad de la longitud que exige como mínima la metodología, por lo tanto serán evaluadas 62 unidades de muestreo de 16 m de longitud. A continuación se presentan los resultados.

Tabla No. 75. Estado de las unidades de la vía Intermedia. Según metodología PCI, considerando un área menor a la definida por la metodología.

UNIDAD No.	ABSCISA		VALOR PCI	CLASIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL		
1	0	16	66	BUENO
2	16	32	68	BUENO
3	32	48	100	EXCELENTE
4	48	64	73	BUENO
5	64	80	68	BUENO
6	80	96	34	REGULAR
7	96	112	93	EXCELENTE
8	112	128	92	EXCELENTE
9	128	144	60	BUENO
10	144	160	60	BUENO
11	160	176	50	REGULAR
12	176	192	42	REGULAR
13	192	208	92	REGULAR
14	208	224	86	EXCELENTE
15	224	240	78	BUENO
16	240	256	82	BUENO
17	256	272	80	BUENO
18	272	288	85	BUENO
19	288	304	59	REGULAR
20	304	320	63	BUENO
21	320	336	60	BUENO
22	336	352	60	BUENO
23	352	368	51	BUENO
24	368	384	64	BUENO
25	384	400	36	REGULAR
26	400	416	44	REGULAR
27	416	432	42	REGULAR
28	432	448	74	BUENO
29	448	464	100	EXCELENTE

UNIDAD No.	ABSCISA		VALOR PCI	CLASIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL		
30	464	480	90	EXCELENTE
31	480	496	90	EXCELENTE
32	496	512	78	BUENO
33	512	528	28	MALO
34	528	544	24	MALO
35	544	560	16	MALO
36	560	576	60	BUENO
37	576	592	40	REGULAR
38	592	608	40	REGULAR
39	608	624	71	BUENO
40	624	640	44	REGULAR
41	640	656	54	REGULAR
42	656	672	26	REGULAR
43	672	688	54	REGULAR
44	688	704	60	BUENO
45	704	720	30	REGULAR
46	720	736	36	REGULAR
47	736	752	52	REGULAR
48	752	768	24	MALO
49	768	784	64	BUENO
50	784	800	40	REGULAR
51	800	816	71	BUENO
52	816	832	62	BUENO
53	832	848	74	BUENO
54	848	864	48	REGULAR
55	864	880	16	MALO
56	880	896	22	MALO
57	896	912	10	MALO
58	912	928	64	BUENO
59	928	944	70	BUENO
60	944	960	38	REGULAR

UNIDAD No.	ABSCISA		VALOR PCI	CLASIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL		
61	960	976	26	REGULAR
62	976	1000	46	REGULAR

Fuente. Elaboración Propia.

A continuación se presenta un resumen del número de unidades por estado superficial, obteniendo los porcentajes de cada una.

Tabla No. 76. Estado y porcentaje de las unidades de muestreo, vía Intermedia, Según metodología PCI, considerando un área menor a la definida por la metodología.

CLASIFICACIÓN	N°UNIDADES	LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	7	112	11
BUENO	26	416	42
REGULAR	22	360	35
MALO	7	112	12
TOTAL	62	1000	100

Fuente. Elaboración Propia.

El porcentaje de unidades de muestreo en excelente estado es 11%, de bueno 42%, de regular de 35% y malo de 12%.

**6.6.2 Evaluación de la Vía Local.** La longitud máxima a inspeccionar será la mitad de la longitud que exige como mínima la metodología, por lo tanto serán evaluadas 50 unidades de muestreo de 20.9 m de longitud. A continuación se presentan los resultados.

Tabla No. 77. Estado y porcentaje de las unidades de muestreo, vía local, Según metodología PCI, considerando un área menor a la definida por la metodología.

UNIDAD No.	ABSCISA		VALOR PCI	CLASIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL		
1	0	20,9	16	MALO
2	20,9	41,7	34	REGULAR
3	41,7	62,6	28	REGULAR
4	62,6	83,4	33	REGULAR
5	83,4	104,3	36	REGULAR
6	104,25	125,1	52	REGULAR
7	125,1	146	52	REGULAR
8	146	166,8	36	REGULAR
9	166,8	187,7	16	MALO
10	187,7	208,5	34	REGULAR
11	208,5	228,5	18	MALO
12	228,5	248,5	85	BUENO
13	248,5	268,5	70	BUENO
14	268,5	288,5	72	BUENO
15	288,5	308,5	52	BUENO
16	308,5	328,5	30	REGULAR
17	328,5	348,5	14	MALO
18	348,5	368,5	10	MALO
19	368,5	388,5	30	REGULAR
20	388,5	408,5	24	MALO
21	408,5	428,5	0	MALO
22	428,5	448,5	50	REGULAR
23	448,5	468,5	51	REGULAR
24	468,5	488,5	77	BUENO
25	488,5	508,5	36	REGULAR
26	508,5	528,5	44	REGULAR
27	528,5	548,5	51	REGULAR
28	548,5	568,5	74	BUENO
29	568,5	588,5	44	REGULAR

UNIDAD No.	ABSCISA		VALOR PCI	CLASIFICACIÓN
30	588,5	608,5	42	REGULAR
31	608,5	628,5	28	REGULAR
32	628,5	648,5	24	MALO
33	648,5	668,5	60	BUENO
34	668,5	688,5	60	BUENO
35	688,5	708,5	56	BUENO
36	708,5	728,5	18	MALO
37	728,5	748,5	54	REGULAR
38	748,5	768,5	44	REGULAR
39	768,5	788,5	63	BUENO
40	788,5	808,5	44	REGULAR
41	808,5	828,5	54	REGULAR
42	828,5	848,5	24	MALO
43	848,5	868,5	68	BUENO
44	868,5	888,5	84	BUENO
45	888,5	908,5	14	MALO
46	908,5	928,5	6	MALO
47	928,5	948,5	6	MALO
48	948,5	968,5	34	REGULAR
49	968,5	988,5	98	EXCELENTE
50	988,5	1000	86	EXCELENTE

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla No. 78. Estado y porcentaje de las unidades de muestreo, vía local, Según metodología PCI, considerando un área menor a la definida por la metodología.

CALIFICACION	N°UNIDADES	LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	2	31,5	4
BUENO	12	240	24
REGULAR	23	466,8	46
MALO	13	261,7	26
TOTAL	50	1000	100

Fuente. Elaboración Propia.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los numerales anteriores, se presenta a continuación un contraste de éstos al variar las magnitudes de las áreas de las unidades de muestreo.

Tabla No. 79. Cuadro comparativo de las áreas de inspección Metodología PCI,

VIA	PCI					
	ÁREA INICIAL		ÁREA MAYOR		ÁREA MENOR	
	ESTADO	PCI	ESTADO	PCI	ESTADO	PCI
ARTERIAL	BUENO	66	BUENO	62	BUENO	70
INTERMEDIA	REGULAR	47	REGULAR	49	BUENO	57
LOCAL	REGULAR	38	REGULAR	37	REGULAR	43

Fuente. Elaboración Propia.

Es evidente que no existe una gran diferencia en la clasificación final de cada una de las vías evaluadas, sólo en el cálculo con áreas menores, la cual se debe a una consideración más específica y menos global del área evaluada, igualmente se observa que en condiciones iniciales, es decir para el área seleccionada según el rango dado por la normatividad de la metodología PCI, los resultados de la clasificación y sus porcentajes respectivos también están en un valor promedio, entre los obtenidos con áreas mayores y menores.

Posiblemente, el hecho de que la metodología recomiende estos rangos de valores, se deba a la facilidad de los cálculos, y a un mejor ajuste estadístico de los resultados, mas no a la representación real del estado de la vía.

## 6.7 EVALUACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA POR METODOLOGÍA IDU 2008, CONSIDERANDO UN ÁREA MENOR.

Aunque la metodología IDU 2008, no establece un rango de magnitudes para el área de la unidad de muestreo y su elección se basa en criterios de homogeneidad de las condiciones físicas del área, a continuación se realizará el cálculo del MDR para las tres vías analizadas, tomando como unidad de diseño la mitad de la inicialmente tomada, con el fin de establecer las posibles variaciones en su resultado, además poder compararlas más equitativamente con los resultados obtenidos mediante la metodología PCI.

Tomando como dimensión del área de la unidad de muestreo aproximadamente la mitad de la que se había tomado inicialmente para el cálculo del MDR, es decir, serán evaluadas 20 unidades de muestreo de 50 m de longitud, por cada una de las vías en estudio, a continuación se presentan los resultados obtenidos.

Tabla No. 80. Clasificación Vial - Metodología IDU 2008. - Área Menor.

No UNIDAD	ARTERIAL				INTERMEDIA				LOCAL			
	ABS INICIO	ABS FINAL	MDR	CLASIFICACION	ABS INICIO	ABS FINAL	MDR	CLASIFICACION	ABS INICIO	ABS FINAL	MDR	CLASIFICACION
1	0	50	85	EXCELENTE	0	50	81	EXCELENTE	0	50	51	REGULAR
2	50	100	93	EXCELENTE	50	100	43	REGULAR	50	100	39	MALO
3	100	150	96	EXCELENTE	100	150	59	BUENO	100	150	47	REGULAR
4	150	200	86	EXCELENTE	150	200	44	REGULAR	150	200	37	MALO
5	200	250	77	BUENO	200	250	51	REGULAR	200	250	43	REGULAR
6	250	300	83	EXCELENTE	250	300	54	REGULAR	250	300	75	BUENO
7	300	350	63	BUENO	300	350	40	REGULAR	300	350	52	REGULAR
8	350	400	90	EXCELENTE	350	400	60	BUENO	350	400	49	REGULAR
9	400	450	94	EXCELENTE	400	450	56	REGULAR	400	450	49	REGULAR
10	450	500	67	BUENO	450	500	100	EXCELENTE	450	500	87	EXCELENTE
11	500	550	49	REGULAR	500	550	52	REGULAR	500	550	95	EXCELENTE
12	550	600	50	REGULAR	550	600	57	REGULAR	550	600	69	BUENO
13	600	650	83	EXCELENTE	600	650	58	REGULAR	600	650	39	MALO
14	650	700	77	EXCELENTE	650	700	58	REGULAR	650	700	62	BUENO
15	700	750	94	EXCELENTE	700	750	55	REGULAR	700	750	63	BUENO
16	750	800	88	EXCELENTE	750	800	60	BUENO	750	800	64	BUENO
17	800	850	78	BUENO	800	850	42	REGULAR	800	850	100	EXCELENTE
18	850	900	93	EXCELENTE	850	900	46	REGULAR	850	900	76	BUENO
19	900	950	100	EXCELENTE	900	950	57	REGULAR	900	950	43	REGULAR
20	950	1000	93	EXCELENTE	950	1000	68	BUENO	950	1000	53	REGULAR
PROMEDIO			82	EXCELENTE	PROMEDIO		57	BUENO	PROMEDIO		60	BUENO

Fuente. Elaboración Propia.

La tabla presentada, refleja una clasificación final del estado superficial de la vía arterial excelente, de la intermedia y local bueno.

**6.7.1 Comparación del MDR, para Variaciones de Área.** Teniendo en cuenta los resultados iniciales obtenidos y la evaluación con la consideración de estimar un área menor de la tomada inicialmente, se presenta a continuación la comparación en cuanto a la clasificación del estado superficial obtenido.

Tabla No. 81. Estado y porcentaje de las unidades de muestreo, vía Local, Según metodología PAVER

VIA	MDR			
	ÁREA INICIAL		ÁREA MENOR	
	ESTADO	PORCENTAJE	ESTADO	PORCENTAJE
ARTERIAL	BUENO	73	EXCELENTE	82
INTERMEDIA	REGULAR	54	BUENO	57
LOCAL	REGULAR	56	BUENO	60

Fuente. Elaboración Propia.

Es evidente que la tendencia en los resultados presentados, es creciente, es decir, aumentó el valor del MDR para las tres vías, por lo tanto la clasificación general de los tramos cambio, de manera positiva.

**6.7.2 Comparación Clasificación final Metodologías de Auscultación PCI E IDU 2008.**

A continuación se presentan los resultados obtenidos objeto de comparación.

Tabla No. 82. Clasificación Vial - Metodologías de auscultación PCI e IDU 2008.

VIA	PCI			MDR	
	AREA INICIAL	ÁREA MAYOR	ÁREA MENOR	ÁREA INICIAL	ÁREA MENOR
	ESTADO	ESTADO	ESTADO	ESTADO	ESTADO
ARTERIAL	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	EXCELENTE
INTERMEDIA	REGULAR	REGULAR	BUENO	REGULAR	BUENO
LOCAL	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	BUENO

Fuente. Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los análisis realizados y presentados en el desarrollo del actual informe, los resultados obtenidos de acuerdo con los lineamientos que cada metodología exige, son muy similares entre las dos, es decir, las clasificaciones fueron idénticas en las dos metodologías haciendo la aplicación de las mismas de acuerdo a los requerimientos exigidos, por lo tanto podría decirse que con cualquiera de las dos metodologías, el estudio del estado superficial de una vía puede ser evaluado con la certeza de estar obteniendo condiciones "reales"; sin embargo, vale la pena aclarar que si las condiciones de las metodologías son cambiadas los cambios en los resultados son relevantes, por lo tanto, además de la buena aplicación de la metodología, es necesario tener en cuenta el criterio de un especialista que valide o cambie la clasificación y por ende la intervención que se debe hacer a la vía inspeccionada.

## 7. CONCLUSIONES

- ✓ Al establecer una comparación de las metodologías de auscultación visual, que ha venido implementando el Instituto de Desarrollo Urbano IDU, al nivel local (Bogotá), es posible definir que cada metodología teniendo en cuenta sus criterios de evaluación, clasificaron las vías evaluadas en el mismo rango, es decir, la vía arterial clasificó por las dos metodologías como en estado superficial bueno, la intermedia al igual que la local en estado regular. Sin embargo, se pudo establecer que cada metodología tiene sus propios rangos y evaluación de los daños implícitos en estas, concluyendo que no es posible cambiar los estándares o límites permitidos, ya que los cálculos y estimaciones de peso por cada daño están en función del área que pueda afectar la patología presentada en un área de tramo a evaluar.
  
- ✓ Como se presentó, la metodología de auscultación IDU 2008 como fue catalogada durante el desarrollo del trabajo, la cual fue estimada en función a los lineamientos de la metodología PAVER, propuesta por el cuerpo de Ingenieros Militares de los Estados Unidos, establecía tan solo 9 tipos de daño, los cuales de acuerdo con los resultados obtenidos son suficientes para estimar la condición real de la superficie de rodadura, para una vía que no haya sido objeto de ningún tipo de mantenimiento, ya que no considera si esta ha tenido un tipo de intervención a manera de reparación (como parcheo), lo cual si contempla la metodología PCI y le da un peso especial cuando este tipo de daño se presenta.
  
- ✓ La metodología IDU 2008, no tiene ninguna consideración o norma para establecer el área de las secciones en las que será dividido un tramo a inspeccionar, por lo cual en el primer caso (en consideraciones establecidas

por cada método de inspección visual) comparando los tres tipos de vía, puede esto afectar o verse reflejado en el resultado de la calificación.

- ✓ Si bien es cierto, se demostró que al efectuar una variación en los límites establecidos en el área de inspección de las dos metodologías de auscultación, la clasificación del estado superficial de las vías no cambio substancialmente; es indispensable verificar que la aplicación de cualquiera de las dos metodologías se hagan teniendo en cuenta los lineamientos establecidos en las mismas.
- ✓ Teniendo en cuenta que la evaluación realizada en este informe estaba enfocada a las condiciones de evaluación y de diagnóstico para la malla vial de la ciudad de Bogotá, es posible definir que en condiciones prácticas de estimaciones y nivel de intervención, es mejor utilizar la metodología de auscultación PCI, ya que considera áreas menores de intervención lo cual implica un ahorro en las inversiones por tipo de mantenimiento, no obstante, la evaluación de intervención se debería realizar por unidad de muestreo y no por el promedio de las mismas, ya que no se está dando un criterio real y se podría estar subvalorando o sobrevalorando el resultado y la condición existente.
- ✓ Aunque las metodologías son claras en los pasos que debe seguir para la recopilación y evaluación de un inventario de daños, es indispensable el criterio y experiencia del evaluador o auscultador (patólogo), ya que dependiendo de cada persona los daños se ven de diferente forma, algunos se clasifican más graves de lo que parecen y otros en cambio pueden no clasificarse tan graves, lo que concluye en diferentes apreciaciones de un solo tipo de daño.
- ✓ Actualmente, en el mercado existen programas (software) que facilitan el procesamiento y análisis de la información de un sistema de gestión de pavimentos; dichos programas deben ser considerados sólo como una

herramienta, la cual no sustituye el criterio del especialista que considera factores más específicos de cada tramo o vía en evaluación.

## BIBLIOGRAFÍA

GARCÉS, Claudia; GARRO, Olga; ARIAS, Libardo. Pavimentos. Universidad de Medellín. Medellín, 1997.

HIGUERA SANDOVAL, Carlos Hernando. Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras. Guías de clase. Escuela de Transporte y Vías, Facultad de Ingeniería. UPTC. Tunja, 2005.

----- . Nociones sobre evaluación y rehabilitación de estructuras de pavimento Guías de clase. Escuela de Transporte y Vías, Facultad de Ingeniería. UPTC. Tunja, 2006.

----- . ----- . Escuela de Transporte y Vías, Facultad de Ingeniería. UPTC. Tunja, 2006.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO. Documentos maestros de inventario y diagnóstico vial.2000.

MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras. Universidad Católica de Colombia. Santa fe de Bogotá, 1998.

MEXICO. Asociación mexicana de ingeniería de vías terrestres, A.C. Sistema de administración de pavimentos. 2005.

VÁZQUES VARELA, Luis Ricardo. INGEPAV (Ingeniería de Pavimentos).Manizales.2002.