

**METODOLOGIA PARA RECOLECCION Y ANALISIS DE INFORMACION
PRIMARIA COMO SOPORTE AL MODELO DE GESTION DE PAVIMENTOS EN
LA RED VIAL DE BUCARAMANGA.**

CARLOS RENE LOPEZ CANDELA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2010**

**METODOLOGIA PARA RECOLECCION Y ANALISIS DE INFORMACION
PRIMARIA COMO SOPORTE AL MODELO DE GESTION DE PAVIMENTOS EN
LA RED VIAL DE BUCARAMANGA.**

Proyectista:

CARLOS RENE LOPEZ CANDELA

**Trabajo de Grado Modalidad Práctica Empresarial para optar al título de
Ingeniero Civil**

Director:

EDUARDO ALBERTO CASTAÑEDA PINZON

Tutor de Práctica:

SANDY JAIR YANES SÁNCHEZ

Ingeniero Civil

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2010

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo al Ingeniero Eduardo Castañeda, por compartir sus experiencias y por servirme como guía para la elaboración de este trabajo, Al ingeniero Sandy por imprimir todo ese conocimiento en Arcgis y por su motivación hacia la investigación, y sobre todos los Ingenieros, auxiliares y compañeros de trabajo del grupo de investigación Geomatica.

DEDICATORIA

A Dios por Todo, A mis Padres por la paciencia y el sacrificio, A mi hermano por mostrarme el camino indicado, a mis amigos por acompañarme en las buenas y en las malas, al todo el grupo de investigacion Geomatica por hacer posible este trabajo, y a todos que de una u otra manera sin darme cuenta aportaron su granito de arena.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
1. EMPRESA CONVENIO	3
2. CONCEPTOS BASICOS	4
2.1. SEGMENTO VIAL	4
2.2. NODO.....	4
2.3. CODIGO DE RED	5
2.4. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA.....	5
2.5. GEORREFERENCIACIÓN	6
2.6. ARCGIS.....	7
2.7. SHAPEFILE.....	8
2.8. DICCIONARIO DE DATOS	8
2.9. MODEL BUILDER	9
2.10. PDA	9
3. METODOLOGIA	11
3.1. RECOLECCION DE INFORMACION	13
3.1.1. ABSCISADO	15
3.1.2. INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTO	18
3.1.3. REGISTRO MULTIMEDIA	27
3.1.4. ENSAYOS DE ALTO RENDIMIENTO	33
3.1.5. VIGA BENKELMAN	41
3.2. ANALISIS DE LA INFORMACION	42
3.2.1. CALCULO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MDR (MODIFIED DISTRESS RATING).....	45
3.2.2. PROGRAMACION METODOLOGIA MDR	49
4. PRODUCTOS	52

4.1.RECOLECCION Y ADMINISTRACION DE INFORMACION	52
4.1.1ABSCISADO	53
4.1.1.INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTO	54
4.1.2.COMISION MULTIMEDIA.....	57
4.1.3.COMISION DE ALTO RENDIMIENTO.....	58
4.1.1.VIGA BENKELMAN	62
4.2.ANALISIS	63
4.2.1.HERRAMIENTA PARA CALCULO DE MDR	63
4.2.2.INDICES DE EVALUACION DE ESTADOS DE LA RED VIAL.....	69
5. CONCLUSIONES	82
6. RECOMENDACIONES.....	84
7. BIBLIOGRAFIA.....	85

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Elementos del un segmento vial.	4
Figura 2. Código de red de un elemento vial.....	5
Figura 3. Sistema de información geográfico.	6
Figura 4. Puntos de referencia de registro multimedia.	7
Figura 5. Diccionario de Datos comisión Multimedia.....	9
Figura 6. PDA (Asistente Digital Personal).	10
Figura 7. Clasificación de la red vial de Bucaramanga.	12
Figura 8. Medición con Odómetro, Comisión de Abscisado.....	17
Figura 9. Medición de pendientes con inclinómetro.	25
Figura 10. Medición de sumideros.....	26
Figura 11. Fallas identificadas por inventario	26
Figura 12. Representación de la captura de imágenes cada 20 m.....	28
Figura 13. Panorámica frontal	29
Figura 14. Fachada derecha frontal.....	29
Figura 15. Fachada derecha posterior.....	30
Figura 16. Pavimento posterior.....	30
Figura 17. Panorámica posterior	31
Figura 18. Fachada izquierda posterior	31
Figura 19. Fachada izquierda frontal	32
Figura 20. Equipo para toma de Deflectometria FWD KUAB	36
Figura 21. Esquema de los componentes que conforman el equipo Romdas para la medición del Índice Rugosidad IRI.....	38
Figura 22. Georradar	39
Figura 23. Imagen de deflexión tomada con viga benkelman	42

Figura 24.	Ecuacion para calculo de MDR.	48
Figura 25.	Funcionamiento de Model Builder	50
Figura 26.	Componentes de un modelo en Model Builder	51
Figura 27.	Visualizacion en Arcgis del shp de Pavimentos.....	54
Figura 28.	Visualización en Arcgis del shape de Pendientes	55
Figura 29.	Vizualizacion en Arcgis del shape de sumideros.....	56
Figura 30.	Visualización en Arcgis del shape de multimedia	58
Figura 31.	Visualizacion en Arcgis del shape de Deflectometria	60
Figura 32.	Visualizacion en Arcgis del shape de IRI.....	61
Figura 33.	Visualizacion en Arcgis del shape de viga Benkelman.....	63
Figura 34.	Fallas del ejemplo de calculo de MDR	64
Figura 35.	Modelo En Argis para el calculo de MDR	66
Figura 36.	Estados del pavimento en Bucaramanga	71
Figura 37.	Estados de pavimentos por clase de red.....	72
Figura 38.	Estado de pavimento de la red primaria	73
Figura 39.	Estado de pavimento de la red secundaria	73
Figura 40.	Estado de pavimento de la red terciaria	74
Figura 41.	Cuantificación de fallas en la red.....	76
Figura 42.	Fallas que más afectan la red	79
Figura 43.	División de la ciudad por comunas	80
Figura 44.	Fisura longitudinal	87
Figura 45.	Fisura transversal.....	87
Figura 46.	Grietas en Bloque.....	89
Figura 47.	Hundimiento	93
Figura 48.	Ondulación	94
Figura 49.	Baches	95
Figura 50.	Cabezas duras	97
Figura 51.	Desgaste Superficial.....	98
Figura 52.	Exudación.....	99
Figura 53.	Pulimento de Agregado.....	100

Figura 54.	Parches	102
Figura 55.	Ancho grietas	104
Figura 56.	Grietas de Esquina	105
Figura 57.	Grietas longitudinales	106
Figura 58.	Grieta Transversal	107
Figura 59.	Grietas en Bloque.....	108
Figura 60.	Fisuración por retracción	109
Figura 61.	Separación de Juntas Longitudinales.....	110
Figura 62.	Escalonamiento de juntas longitudinales y transversales.....	111
Figura 63.	Deterioro del Sello	112
Figura 64.	Desportillamiento de Juntas	113
Figura 65.	Descascaramiento.....	114
Figura 66.	Desintegración.....	115
Figura 67.	Levantamiento Localizado	117
Figura 68.	Hundimientos o asentamientos	118
Figura 69.	Parches	120

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Comisiones de campo..... 13
Tabla 2	Tramos inventariados, Comisión Abscisado. 18
Tabla 3	Diccionario de datos inspección visual de pavimentos 20
Tabla 4	Tipos de Fallas en pavimento flexible. 22
Tabla 5	Tipos de Fallas en Pavimento RÍgido..... 23
Tabla 6	Clasificación estado superficial del pavimento según valor de MDR ... 46
Tabla 7	Atributos Shape Comisión de Abscisado. 53
Tabla 8	Visualización en Arcgis del shape de Abscisado 53
Tabla 9	Atributos Shape Comisión de fallas 54
Tabla 10	Atributos Shape Comisión de pendientes. 55
Tabla 11	Atributos Shape Comisión de sumideros 56
Tabla 12	Atributos Shape comisión Multimedia 57
Tabla 13	Atributos Shape comisión FWD 59
Tabla 14	Atributos Shape comisión IRI 61
Tabla 15	Atributos Shape Comisión Georadar..... 62
Tabla 16	Atributos Shape Viga Benkelman..... 62
Tabla 17	Fallas presentes en el ejemplo de cálculo del MDR..... 64
Tabla 18	Cálculos para el ejemplo de MDR..... 65
Tabla 19	Shape necesario como input para el modelo de Arcgis 66
Tabla 20	Pavimentos existentes en Bucaramanga 70
Tabla 21	Estados de pavimentos por clase de red 72
Tabla 22	Estados de los corredores viales de la red Primaria 75
Tabla 23	Cuantificación de fallas en la red 77
Tabla 24	Fallas que más afectan la red 78
Tabla 25	Estado de los pavimentos por comunas 81

LISTADO DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. TIPOS DE FALLAS EN PAVIMENTOS.....	86
ANEXO B. GRAFICAS PARA ENCONTRAR VALORES DE DEDUCCION	121
ANEXO C. ALGORITMO PARA CALCULAR VALORES DE DEDUCCION	126

RESUMEN

TITULO: METODOLOGÍA PARA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN PRIMARIA COMO SOPORTE AL MODELO DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS EN LA RED VIAL DE BUCARAMANGA.*

AUTOR: LÓPEZ CANDELA, Carlos René.**

PALABRAS CLAVES: Gestión, Pavimentos, Metodología, Inventario, Bucaramanga, Red, Vías.

CONTENIDO: La Universidad Industrial de Santander (UIS) presento a la alcaldía de Bucaramanga una propuesta para la optimización del espacio vial y el ordenamiento territorial, esta propuesta se hace tangible con el contrato 077 del 2009 en el cual se especifica la implementación de un Modelo de Gestión de Pavimentos (MGP) para la ciudad; Los MGP no son algo nuevo en Colombia, el primero en implementar uno fue el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) con su llamado Sistema de Administración de Pavimentos (SAPCOL), estos MGP buscan administrar el presupuesto de la ciudad destinado para el mantenimiento y la construcción de vías proponiendo que tipos de reparaciones tienen que hacerse en cuales vías y en qué momento. Dentro de las actividades a realizar para poder implementar un MGP está la creación de una base de datos con los tipos, severidades, magnitudes de las fallas presentes en los pavimentos, además de rugosidades, espesores, y deflexiones de la estructura de esta misma. Este proyecto se enfoco en describir las metodologías, los recursos y los alcances de cada una de las comisiones encargadas de recopilar la información en campo, también describe las metodologías y los software utilizados para el procesamiento de la información en oficina. Concluye cual es el estado actual de la malla vial para vías clasificadas como primarias, secundarias y terciarias, además muestra estadísticas de cuáles son los tipos de daños mas comunes en la malla vial y cuáles de estos son los que perjudican de una manera notable la calidad de los pavimentos.

*Proyecto de Grado

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Ing. Eduardo Castañeda. Tutor: Sandy Jair Yáñez Sánchez

ABSTRACT

TITLE: METHODS FOR DATA COLLECTION AND ANALYSIS PRIMARY TO SUPPORT PAVEMENT MANAGEMENT MODEL IN THE ROAD NETWORK OF BUCARAMANGA

AUTHOR: LÓPEZ CANDELA, Carlos René.**

KEY WORDS: Management, Pavement, Methodology, Inventory, Bucaramanga, Network, Pathways.

CONTENT: Industrial University of Santander (UIS) presented to the mayor's office of Bucaramanga a proposal for optimization of road space and land use planning, this proposal becomes tangible with the 077's 2009 contract which specifies the implementation of a Management Model Pavement (PGMs) for the city; The PGMs are not new in Colombia, the first one to implement it was the National Roads Institute (INVIAS) with the Pavement Management System (SAPCOL), they seek to manage the budget MGP intended for city maintenance and construction of lines suggesting types of repairs knowing in which ways and at what time they must be made. Among the activities to be undertaken to implement a MGP is the creation of a database with the types, severity, magnitude of the glitches in the pavements, as well as roughness, thickness, and deflections of the structure of that. This project focuses on describing the methodologies, resources and scope of each of the committees to gather the information in the field. It also describes the methodologies and software used for information processing in office. Concludes, the current state of the highway network for roads classified as primary, secondary and tertiary, which also displays statistics of which are the most common types of damage in the highway network and which of them are damaging in a remarkable way the quality Pavement.

*Thesis

**Faculty of Physical-Mechanical Engineerings.. Civil Engineering School. Director: Mr. Eduardo Castaneda. Tutor: Sandy Jair Sanchez Yanez

INTRODUCCIÓN

Un plan de gestión de pavimentos (PGP) es un sistema conformado por los siguientes ítems: planeación, implementación, verificación y ajuste de las actividades tendientes a un desempeño satisfactorio de los pavimentos de una red vial. El primero de estos ítems se encarga de adoptar una estrategia para cumplir con las metas y las fechas programadas, así como de la organización, el diseño y la asignación de recursos; la implementación es la parte tangible de el PGP, esta tiene como compromiso la construcción de las vías de acuerdo a lo diseñado y a la ejecución del programa de mantenimiento, rehabilitación y reposición de los pavimentos, el ítem encargado de contrastar lo planeado con lo ejecutado es el de verificación, la parte final del PGP toma acciones correctivas y de mejora que se incorporan a un planeamiento ajustado.

Colombia cuenta con un plan de gestión de pavimentos llamado sistema de administración de pavimentos SAPCOL, este sistema fue desarrollado adaptando el sistema BELMAN de Dinamarca a las condiciones colombianas para carreteras con pavimento flexible o con tratamientos superficiales. SAPCOL fue instalado en el instituto nacional de vías y se complementa con el uso de HDM-III para definir los estándares del mantenimiento en vías con afirmados.

La planeación de un plan de gestión de pavimentos esta priorizada por las actividades diarias de empleo y manipulación de gran cantidad de información, lo cual puede ocupar la mayor parte del tiempo laboral en procesos de adquisición, archivo, búsqueda y utilización de datos para la toma de decisiones acertadas. Esta información y su calidad es la encargada de darle credibilidad y confiabilidad a los modelos de predicción del comportamiento del pavimento y en especial a su capa de rodadura, por estas razones, la base para trabajar cualquier plan de

gestión de pavimentos es poseer una información acorde con el grado de responsabilidad y compromiso que se desea asumir.

Dentro de los objetivos de este proyecto de grado esta explicar la metodología utilizada por las comisiones de pavimentos, registro multimedia, índice de rugosidad superficial, IRI, georadar, y FWD (Falling weight deflectometer) para recolectar la información en campo; detalla como esta información recolectada en campo fue administrada y corregida para construir un sistema de información geográfico.

El estado superficial de pavimentos es un indicador clave a la hora de implementar un plan de gestión de pavimentos, este nos indica que tipo de intervención se tendrá que hacer sobre el pavimento para poderlo llevar a un estado óptimo. Uno de los objetivos de este proyecto es seleccionar una metodología para evaluar el estado superficial de los pavimentos, ajustarla a las características propias de la ciudad y del levantamiento echo por las comisiones y crear una herramienta capaz de automatizar la metodología escogida.

Al final del proceso se espera obtener un sistema de información geográfico, una herramienta para el cálculo del estado superficial de los pavimentos y un informe con estadísticas de el estado actual de las vías en la ciudad de Bucaramanga.

1. EMPRESA CONVENIO

Geomatica, gestión y optimización de sistemas fue creado en Mayo de 1998. Entre sus bases estratégicas esta proyectarse en el sistema nacional de investigación aplicada o innovación tecnológica. El objetivo fundamental de esta estrategia es lograr la inserción del grupo y de sus investigadores adscritos a las comunidades científicas nacionales e internacionales. Tiene la responsabilidad social de desarrollar el talento humano, lograr el objetivo de sensibilización y formación de investigadores, estudiantes de pregrado y posgrado, empresarios, funcionarios públicos y privados, y a la sociedad en general, en las areas relacionadas con el transporte urbano y rural, conservación y preservación de recursos naturales, optimización de sistemas y en el uso de nuevas tecnologías aplicadas a la geociencia.

La Universidad Industrial de Santander UIS, por intermedio de La Escuela de Ingeniería Civil y el grupo de investigación Geomatica, presento al Municipio de Bucaramanga, una oferta técnica y económica para la ELABORACIÓN DEL INVENTARIO DE TRÁFICO, DEL INVENTARIO PARCIAL VIAL Y OPTIMIZACIÓN DE LOS DISEÑOS DE CINCO INTERSECCIONES VIALES DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA; ajustada a los requerimientos especificados para este tipo de proyectos.

Dentro del componente de infraestructura de la malla vial se encuentran dos componentes principales, la caracterización geométrica de la malla vial y la caracterización de la calidad del pavimento o capa de rodadura, este libro detalla la metodología y análisis de la información recopilada de estos componentes

2. CONCEPTOS BASICOS

Este proyecto fundamenta sus bases sobre el levantamiento geométrico de las vías y el levantamiento de las fallas de los pavimentos. Toda esta información levantada formara parte de una base de datos georreferenciada o sistema de información geográfica que será visible sobre un software especializado en esta area, para poder entender el avance del libro es necesario primero definir algunos conceptos relacionados con estos temas.

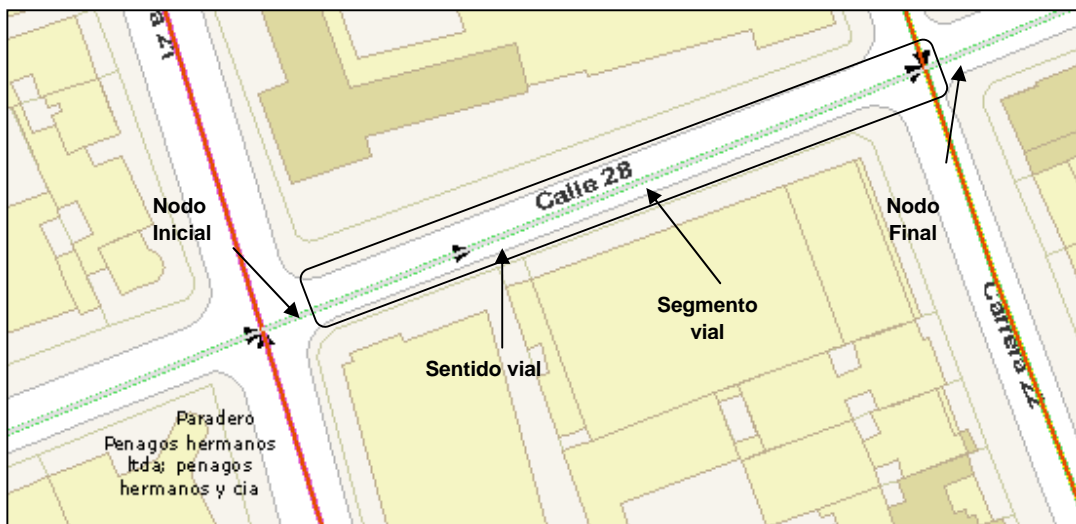
2.1. SEGMENTO VIAL

Porción de vía entre dos (2) intersecciones, compuesto por un nodo inicial, un nodo final, una dirección y sentidos definidos, según el orden creciente de la nomenclatura de la ciudad (de occidente a oriente y de norte a sur).

2.2. NODO

Intersección de mínimo dos (2) ejes de segmentos de vías.

Figura 1. Elementos del un segmento vial.



Fuente: Elaboración propia

2.3. CODIGO DE RED

Código de identificación vial, el cual es el número de identificación del segmento.

Figura 2. Código de red de un elemento vial.



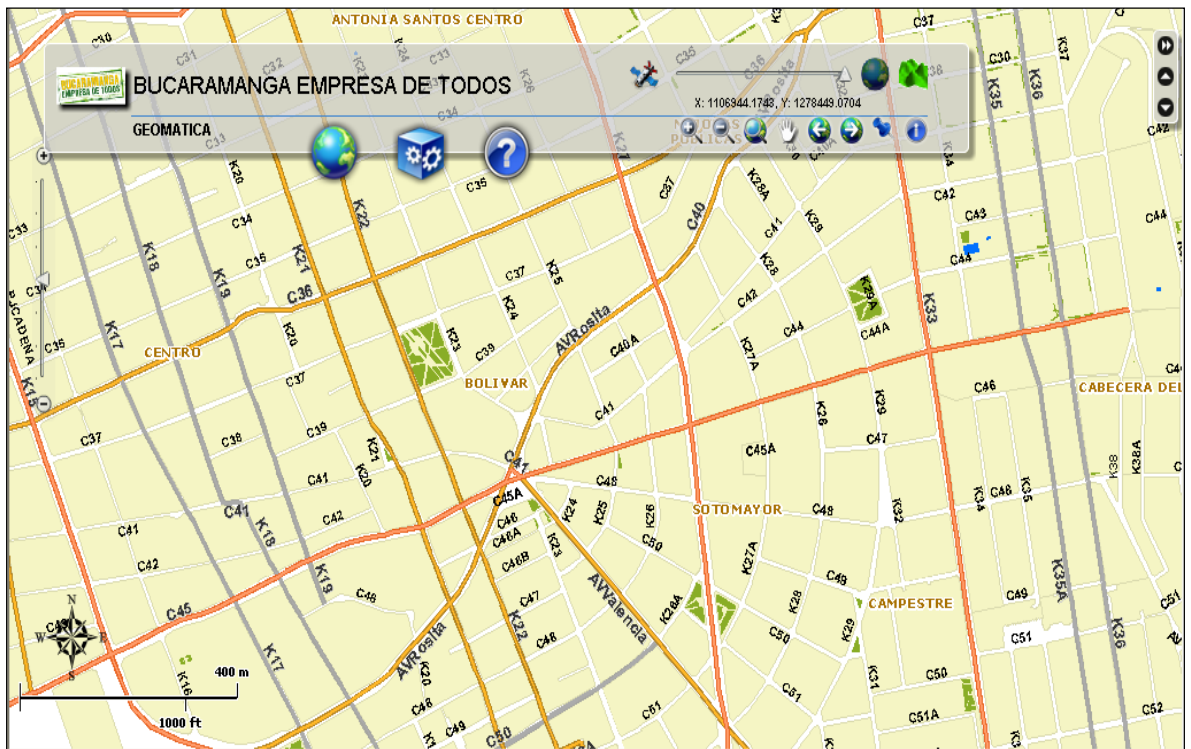
Fuente: Elaboración propia

2.4. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA

Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información. En el sentido más estricto, es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten

a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones.

Figura 3. Sistema de información geográfico.



Fuente: Elaboración propia

2.5. GEORREFERENCIACIÓN

La georreferenciación es el posicionamiento en el que se define la localización de un objeto espacial (representado mediante punto, vector, área, volumen) en un sistema de coordenadas y datum determinado.

La georreferenciación, en primer lugar, posee una definición tecno-científica, aplicada a la existencia de las cosas en un espacio físico, mediante el establecimiento de relaciones entre las imágenes de raster o vector sobre una proyección geográfica o sistema de coordenadas, por ello la georreferenciación se

convierte en central para los modelados de datos realizados por los sistemas de información geográfica (sig).

Figura 4. Puntos de referencia de registro multimedia.



Fuente: Elaboración propia

2.6. ARCGIS

ArcGIS Desktop es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o SIG. Producido y comercializado por ESRI, bajo el nombre genérico ArcGIS se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica.

2.7. SHAPEFILE

El formato ESRI Shapefile (SHP) es un formato de archivo informático de datos espaciales desarrollado por la compañía ESRI, quien crea y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica como ArcGIS. Actualmente se ha convertido en formato estándar para el intercambio de información geográfica entre Sistemas de Información Geográfica por la importancia que los productos ESRI tienen en el mercado SIG y por estar muy bien documentado. También puede ser definido como un formato vectorial de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos.

2.8. DICCIONARIO DE DATOS

El diccionario de datos es un archivo que puede ser cargado a una PDA (Asistentes de datos personales) mediante el software ArcPad. El objetivo de un diccionario de datos es dar precisión sobre los datos que se manejan en un sistema de información geográfico, trabaja con cajas de texto evitando así malas interpretaciones o ambigüedades.

Figura 5. Diccionario de Datos comisión Multimedia.

Attribute Name	Value
ABSCISA	100
¥ FOTOGRAFIAS ¥	
ADELANTE	15k1133
DER 1	15k1134
DER 2	15k1135
PAVIMENTO	15k1136
ATRAS	15k1137
IZQ 1	15k1138
IZQ 2	15k1139
OBSERVACIONES	

Summary | Attributes | 68% Precisions

Positions: 21
Std Deviation: 0,2 m

Filename: 15K.SSF
Status: New
Offset: <None>

Fuente: Elaboración Propia

2.9. MODEL BUILDER

Model Builder es una herramienta de análisis que se incluye con ArcGIS Desktop. Esta Disponible desde el licenciamiento ArcView, por lo que esta disponible para todos los usuarios de ArcGIS Desktop.

2.10. PDA

PDA, del inglés *Personal Digital Assistant (Asistente Digital Personal)*, es un computador de mano que puede realizar muchas de las funciones de una computadora de escritorio, pero con la ventaja de ser portátil.

Figura 6. PDA (Asistente Digital Personal).



Fuente: Internet - Wikipedia

3. METODOLOGIA

Cuando se comenzó a pensar en el plan de gestión de pavimentos se hizo necesario definir una priorización de las vías de Bucaramanga, ya que algunas, como las avenidas y vías principales, necesitaban más atención que aquellas vías de barrios o de poco tráfico vehicular y por ende una jerarquización de los métodos a utilizar en la recolección de información. Fue así como se definieron cuatro tipos de vías con base en su función, uso, localización y características geométricas que cumplen dentro de la estructura urbana. Los cuatro tipos fueron primarias, secundarias, terciarias y peatonales. Los criterios para esta clasificación son expuestas a continuación.

Las primeras que se clasificaron y las más importantes fueron las **Vías Primarias**, estas vías son las que por su alto nivel de tráfico son principales para la movilidad de la ciudad. Constituyen las vías que alimentan zonas urbanas y permiten conectarse con las vías intermunicipales y a su vez se identifican por su función de estructuración de actividades intraurbanas. Dentro de las vías que se encuentran en esta clasificación están la carrera 33 y la calle 45. Después se clasificaron las **Vías Secundarias**, que se caracterizan por su función de polos de atracción de la actividad urbana y están orientadas a canalizar el tráfico lento, público y privado, estas se encargan de conectar los barrios con la parte urbana de la ciudad. Por último se clasificaron las vías que estaban por fuera de las dos clasificaciones anteriores, estas fueron llamadas **Vías Terciarias** y un ejemplo de estas son las vías de barrios.

Por fuera de las anteriores clasificaciones se encuentran las vías peatonales, estas vías no son de importancia para este proyecto de grado ya que no son carretables y por ende no sería útil hacerlas parte de un plan de gestión de pavimentos.

3.1. RECOLECCION DE INFORMACION

Después de hacer la clasificación por jerarquización de la malla vial se definieron las comisiones de campo necesarias para que recolectaran la información útil pensando en el plan de gestión de pavimentos. Se definieron comisiones de campo teniendo en cuenta el nivel de importancia de las vías, cuanto más importante era la clasificación de una vía más exactitud tendría que tener el ensayo realizado, El siguiente cuadro resume las comisiones de campo existentes, sus actividades y en que tipo de vía realizaron su trabajo.

Tabla 1 Comisiones de campo.

COMISION	ACTIVIDAD	VIAS ATAREADAS
Abscisado	Abcisar los 100km objeto del inventario, para esto las comisiones materializaron en campo, marcas cada 20m sobre sardinel y se georreferenciaron para cargarse en la cartografía básica. (Permiten dar referencia a las siguientes comisiones)	Vías primarias
Señalización	Capturan el inventario georreferenciado de señales horizontales, verticales, nomenclatura vial, semaforización, hitos de la ciudad, identifica número de carriles, sentidos viales, identifica los giros permitidos en intersecciones, entre otros elementos.	Vías primarias, vías secundarias y vías terciarias.
Inspección visual de pavimentos	Identificación y georreferenciación de los tipos de fallas de los pavimentos, su área y grado de severidad, así mismo captura las pendientes longitudinales y bombeos, como la caracterización funcional de sumideros.	Vías primarias, vías secundarias y vías terciarias.
Perfiles Viales	Levantamiento de dos perfiles viales por cuadra tomando medidas horizontales (separadores, calzadas, andenes, zonas verdes, antejardines, voladizos) y medidas verticales relativas (altura de sardinel, altura promedio de andén y altura promedio de entrada del predio), identifica edificaciones tipo (ruedas y/o inamovibles), caracteriza los andenes mediante indicadores de	Vías primarias, vías secundarias y vías terciarias.

	funcionalidad.	
Registro multimedia	Comisión exclusiva para la captura de un registro fotográfico con capturas de siete tomas cada 20 metros sobre los corredores viales, en la que se permite evidenciar panorámicas frontales y posteriores como captura de registro de estados de pavimentos, y fotos laterales de fachadas izquierdas y derechas. Cada punto de captura debidamente georreferenciado.	Vias primarias, vías secundarias y vías terciarias.
Deflectómetro de impacto dinámico (FWD). Alto Rendimiento.	Equipo especializado para la captura de la variable de deflexión característica (milésimas de milímetro), después de impactar una carga sobre el pavimento y registrar con sensores su deformación, dato fundamental para determinar la capacidad estructural del pavimento, se tiene previsto realizar cada 50 metros aprox.	Vias primarias.
Perfilógrafo Láser (IRI). Alto Rendimiento.	Con este equipo se registra de forma continua y por carril, la macrorugosidad del pavimento, es un variable internacionalmente asociada en los modelos matemáticos de deterioro de pavimento.	Vias primarias.
Georradar (GPR). Alto Rendimiento.	Con este equipo se captura los espesores de las capas de la estructura de pavimento, de forma continua y por carril.	Vias primarias.
Rugosímetro manual	Este ensayo determina la macrorugosidad del pavimento, variable internacionalmente asociada en los modelos matemáticos de deterioro de pavimento.	Vias secundarias y vías terciarias.
Viga Benkelman	Equipo cuya medida se utiliza tradicionalmente como deflexión patrón para el diseño de refuerzos o sobrecarpetas en pavimentos flexibles. Consta de un brazo o palanca que permite medir la deflexión sobre el pavimento de un eje de una volqueta cargada y aforada. Se realizo dos medidas por cuadra sobre la malla vial.	Vias secundarias y vías terciarias.
Extracción de Núcleos	Con el equipo extractor de núcleos eléctrico se tomó los testigos para determinar los espesores de las carpetas asfálticas, con una frecuencia de 300 m aproximadamente.	Vias secundarias y vías terciarias.

Fuente: Elaboración propia

Para que las comisiones de campo pudieran empezar a trabajar sobre mapas bases fue necesario buscar la siguiente informacion:

- Mapa básico del área urbana de Bucaramanga en formato shape.
- Actualizaciones del mapa básico por parte del IGAC.
- Malla vial en formato shape.
- Imágenes aéreas Vexcel 2007 y 2008.

Algunas de las comisiones de campo trabajaron con una PDA cargada con el Software ArcPad, estas comisiones al final de la jornada obtenían archivos tipos shp directamente de la PDA, no era necesario ninguna clase de digitalización, solo era necesario una revisión, corrección y consolidación de los datos. Otras comisiones como las de alto rendimiento no contaban con este tipo de ayudas tecnológicas, debido a esto la información tuvo que ser ubicada espacialmente.

Debido a que una o varias comisiones estaban a cargo de diferentes ingenieros o auxiliares, solo serán presentados en este libro las comisiones que se me fueron encomendadas, las que sirvieron como guía para otras comisiones y las que aporten información necesaria para el cálculo de el estado superficial del pavimento.

En este capítulo será presentado individualmente cada comisión, describiendo las actividades que tenían que realizar, los equipos utilizados, el recurso humano necesario y los tramos inventariados.

3.1.1. ABSCISADO.

La comisión de abscisado fue la primera en salir a trabajar en campo, esto debido a que su producto sería utilizado por las comisiones que necesitaban una guía o referencia de distancias en la calle, comisiones como la de multimedia que tomaba

un registro fotográfico cada 20 metros, o las de alto rendimiento que también tomaban medidas cada intervalo de distancia.

3.1.1.1. Procedimiento. El objetivo de este grupo de trabajo consistió en medir la longitud de los tramos definidos dentro de las vías primarias o vías correspondientes a la red de alto flujo vehicular en la dirección para las carreras Norte-Sur y para las calles Occidente-Oriente y la materialización de marcas de abscisas cada 20m sobre la parte superior del sardinel con pintura de señalización. Por ejemplo, la abscisa K0+020 se marca como “ $\frac{0}{020}$ ”, y la raya corresponde a la ubicación de la abscisa.

El personal contaba con mapas de la cartografía básica (manzaneo existente), sobre el que se registraba las abscisas de los puntos, así como los de inicio y final por cuadra.

Esta comisión sirvió como guía para otras comisiones próximas a salir a campo, comisiones como la de multimedia o las comisiones de alto rendimiento, las cuales necesitaban tener una abscisa de donde guiarse

3.1.1.2. Personal y equipo para la medición

- **Recurso humano**

La Universidad conformó dos comisiones de trabajo cada una con dos auxiliares de ingeniería, para trabajar en las tareas de abscisado del inventario vial en el área urbana del Municipio de Bucaramanga:

- **Equipos**

Las herramientas utilizadas por la comisión para las actividades en campo fueron:

- Odómetro análogo con la capacidad de medición hasta 9 999 m, resolución $\pm 0,01$ m, diámetro de rueda de 0,35 m y tecla de puesta en cero.
- Cinta métrica y flexómetro.
- Formatos de campo.
- Elementos de seguridad, chaleco reflectivo, botas con punta dura, gafas de protección, camisa manga larga, bloqueador solar.

Figura 8. Medición con Odómetro, Comisión de Abscisado



Fuente: Elaboración propia

3.1.1.3. Tramos inventariados

La comisión de abscisado ejecutó las actividades de campo sobre las vías catalogadas como primarias, estas fueron:

Tabla 2 *Tramos inventariados, Comisión Abscisado.*

N°	CORREDOR	INICIO	FINAL
1	Carrera 9	Av. Quebrada Seca	Calle 45
2	Carrera 14	Calle 13	Calle 45
3	Carrera 17	Calle 17	Calle 61
4	Carrera 18	Calle 9	Calle 55
5	Carrera 19	Boulevard Bolivar	Calle 45
6	Carrera 21	Calle 11	Diagonal 15
7	Carrera 22	Calle 10	Calle 58
8	Carrera 30	Calle 10	Calle 36
9	Carrera 33	calle 14	Calle 63
10	Carrera 33 A	Calle 14	Calle 34
11	Carrera 36	Calle 34	Calle 56
12	Calle 12	Carrera 15	Carrera 24
13	Calle 14	Carrera 24	Carrera 33A
14	Calle 22	Boulevard Santander	Boulevard Bolivar
15	Calle 33	Carrera 9	Carrera 33
16	Calle 34	Carrera 9	Carrera 47
17	Calle 36	Carrera 11	Carrera 37
18	Calle 37	Carrera 9	calle 36
19	Calle 45	Carrera 9	Carrera 39
20	Calle 45	Carrera 14W	Vía Palenque
21	Calle 55	Carrera 15	Av. González Valencia
22	Calle 56	Plaza Mayor	Carrera 36
23	Calle 61	Puente el Bueno	Diagonal 15
24	Calle 105	Carrera 16	Puente Provenza
25	Boulevard Bolivar	Carrera 15	Carrera 27
26	Boulevard Santander	Carrera 15	Carrera 24
	Glorieta San Francisco		
	Glorieta Estadio		
27	Av. Quebrada Seca	Carrera 10	K2+500 Vía Cucúta
28	Av. La Rosita	Diagonal 15	Carrera 32
29	Av. González Valencia	Calle 45	Calle 63
30	Viaducto la Flora	Calle 63	Circunvalar 35
31	Terminal	Puente el Bueno	Calle 105
32	Calle 93	Autopista	Neomundo
33	Tramo Provenza		

Fuente: Elaboracion Propia

3.1.2. INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTO.

La auscultación de pavimentos permite a través de técnicas invasivas y no invasivas, realizar la evaluación de estado de un pavimento. La inspección visual, es una técnica no invasiva que puede ser aplicada en forma manual o mecanizada y que permite identificar y caracterizar los defectos superficiales de un pavimento.

Esta inspección visual de pavimentos fue concedida como respaldo directo del plan de gestión de pavimentos, el procesamiento de los datos de esta comisión determina el estado de un pavimento y los tipos de fallas que aquejan a la red, podemos obtener a partir de esta información que tramos viales están deteriorados y cuales son las intervenciones a seguir para llevar la malla a un estado óptimo. Para este proyecto de grado la información recolectada por la comisión de pavimentos fue crucial para obtener resultados y estadísticas en un capítulo posterior.

3.1.2.1. Descripción. Para esta actividad se asignó una comisión que identificó y registró los daños presentes en la estructura del pavimento, las pendientes longitudinales, pendientes transversales y estructuras de drenaje. El personal de trabajo recorrió los tramos viales cuadra a cuadra registrando la información en la PDA (Asistente de datos personales). La PDA fue equipada con el software Arcpad, herramienta de la familia Esri, y a su vez este fue equipado con el diccionario de datos creado para la comisión de pavimentos, este diccionario de datos es expuesto a continuación.

3.1.2.2. Diccionario de datos

El diccionario de datos facilita la recolección de información en campo, también evita que se cometan errores o ambigüedades gracias a que son utilizadas cajas de texto o formularios. El diccionario utilizado por la comisión de auscultación de pavimentos es el siguiente:

Tabla 3 Diccionario de datos inspección visual de pavimentos

Entidad:	Sumideros		
Entidad vinculante:	Sumideros	Tipo de entidad vinculante	Gráfica (punto)
Suministro:	Comisión 4B INSPECCIÓN DEL PAVIMENTO		
Observación:			

Campo		Descripción	Dominio
1	Identificador	Consecutivo	Auto numérico
2	Tipo de sumidero	Selección de una opción	
3	Ancho (Entrada Agua)	En metros (m)	Numérico
4	Longitud (Entrada Agua)	En metros (m)	Numérico
5	Nivelación (bombeo de la	Longitudinal	Numérico
		Transversal	Numérico
6	Observación	Elementos no contemplados	Genera peligro
			Deterioro (Estado físico)

Entidad:	Pavimento		
Entidad vinculante:	Fallas del pavimento	Tipo de entidad vinculante	Gráfica (punto)
Suministro:	Comisión 4B INSPECCIÓN DEL PAVIMENTO		
Observación:			

Campo		Descripción	Dominio
1	Identificador	Consecutivo	Auto numérico
2	Pendiente	En porcentaje (%)	Numérico
2	Tipo de falla	Selección de una opción	PENDIENTES
3	Longitud	En metros (m)	Numérico
4	Ancho	En metros (m)	Numérico
5	Severidad	Selección de una opción	Baja Media Alta
6	Observación	Elementos no contemplados	Si No (BITÁCORA)

Fuente:Elaboracion Propia

3.1.2.3. Información recolectada

Dentro de las actividades asignadas para la comisión de pavimentos están:

- Inventario de fallas del pavimento.
- Inventario de sumideros.
- Pendiente longitudinal de tramo vial (cuadra)
- Pendiente transversal (bombeos).

Cada comisión se conformó por un ingeniero civil capacitado para tener un criterio acertado a la hora de elegir y consignar el tipo de falla y su severidad. Los tipos de fallas por pavimento y los criterios de la severidad se resumen a continuación, así como las características de drenaje, pendientes longitudinales y transversales.

- **Pavimento flexible**

Los daños que presenta una estructura de pavimento flexible pueden ser clasificados en cinco categorías:

- FISURAS
- DEFORMACIONES
- PERDIDA DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA
- DAÑOS SUPERFICIALES
- PARCHES

Dentro de cada categoría existen diferentes deterioros que se originan por diversos factores, a continuación se presenta un resumen de estos tipos de fallas y en el **anexo 1** se explica con detalle cada uno de estos deterioros, mostrando los criterios para seleccionar un nivel de severidad, las causas de estas fallas y sus posibles consecuencias, además de un registro fotográfico de cada una de ellas.

Tabla 4 Tipos de Fallas en pavimento flexible.

PAVIMENTO FLEXIBLE				
TIPO DE DAÑO	CONVENCIONES	SEVERIDADES		
		BAJA	MEDIA	ALTA
FISURAS				
FISURA LONG. Y TRANS. (m)	GL-GT	Fisura < 1mm	1mm < Fisura < 3mm	Fisura > 3mm
GRIETAS EN BLOQUE (m ²)	GB	Fisura < 1mm	1mm < Fisura < 3mm	Fisura > 3mm
PIEL DE COCODRILO (m ²)	PC	Fisuras longitudinales paralelas < 1mm	Poligonos pequeños con aberturas entre 1mm-3mm	Poligonos con aberturas > 3mm
DEFORMACIONES				
AHUELLAMIENTO (m ²)	A	Profundidad < 10mm	10 mm < Profundidad < 25mm	Profundidad >25mm
HUNDIMIENTOS (m ²)	H	Profundidad < 20 mm	20mm < Profundidad < 40mm	Profundidad >40mm
ONDULACION (m ²)	OND	Profundidad < 10mm	10 mm < Profundidad < 20 mm	Profundidad > 20mm
PERDIDA DE LA CAPA DE LA ESTRUCTURA				
BACHES (m ²)	BCH	Profundidad < 25mm	25 mm < Profundidad < 50mm	Profundidad > 50mm
DESCASCARAMIENTO (m ²)	DC	Profundidad < 10mm	10 mm < Profundidad < 25mm	Profundidad >25mm
DAÑOS SUPERFICIALES				
CABEZAS DURAS (m ²)	CD	N/A	N/A	N/A
DESGASTE SUPERFICIAL (m ²)	DSU	Irregularidades hasta de 3mm	3mm < Irregularidades < 10 mm	Desintegracion de la superficie
EXUDACION (m ²)	EX	La exudacion se hace visible	exceso de asfalto libre	presencia significativa de asfalto en la superficie
PULIMENTO DE AGREGADO (m ²)	PU	N/A	N/A	N/A
PERDIDA DE AGREGADO (m ²)	PA	Se Observan pequeños huecos con extension mayor a 0,15 m	Mayor desprendimiento, separacion entre 0.05 m- 0.15m	Desprendimiento extensivo separaciones < 0.05 m
PARCHES				
PARCHES ABULTADOS (m ²)	AB	Prominencia < 10 mm	10 mm < Prominencia < 20 mm	Prominencia > 20 mm
PARCHES HUNDIDOS (m ²)	HU	Profundidad < 20 mm	20 mm < Profundidad < 40 mm	Profundidad > 40 mm
PARCHES CON GRIETAS PERIMETRALES (m ²)	GP	Abertura Fisura < 1mm	1 mm < Abertura Fisura < 3mm	Abertura Fisura >3 mm

Fuente:Elaboracion Propia

- **Pavimento rigido**

Los diferentes tipos de daños que pueden presentar un pavimento rigido pueden ser agrupados en cuatro categorías generales:

- FISURAS
- DETERIORO DE LAS JUNTAS
- BACHES Y DESCASCARAMIENTOS
- HUNDIMIENTOS
- PARCHES

A continuación se presentan los daños correspondientes a cada categoría y nivel de severidad. El **Anexo 2** puede ser consultado si se desea tener una información mas detallada de cada uno de estos daños, su forma de medición, sus posibles causas, criterios para elegir el nivel de severidad asi como un registro fotográfico para cada tipo de falla.

Tabla 5 Tipos de Fallas en Pavimento Rígido

PAVIMENTO RIGIDO				
TIPO DE DAÑO	CONVENCIONES	SEVERIDADES		
		BAJA	MEDIA	ALTA
FISURAS				
GRIETA DE ESQUINA (M)	GE	Sellada abertura<3mm	3mm<abertura<10mm	>10mm
GRIETA LONGITUDINAL (M)	GL	Sellada abertura<3mm	3mm<abertura<10mm	>10mm Escalonamiento >15mm
GRIETA TRANSVERSAL (M)	GT	Sellada abertura<3mm	3mm<abertura<10mm	>10mm Escalonamiento >6mm
GRIETAS EN BLOQUE (M²)	GB	-	-	Siempre que exista
FISURACION POR RETRACCIÓN (M²)	FR	Fisura sin descascaramiento	Fisura+ Descascaramiento, menos 10% dañada	Fisura+ Descascaramiento, mas 10% dañada
JUNTAS				
SEPARACION JUNTAS LONGITUDINALES (M)	SJ	abertura<3mm	3mm<abertura<25mm	>25mm
ESCALONAMIENTO JUNTAS (M)	EJL	Desnivel < 5mm	5<Desnivel<10	desnivel>10mm
	EJT			
DETERIORO DEL SELLO (M)	DST-DSL	5% de longitud deficiente	5%< Long.Deficiente<25%	>25%
DESPORTILLAMIENTO DE JUNTAS (M)	DPL-DPL	Pequeños fracturamientos a 80 mm de la junta	Mas de 80 mm y prof. < 25mm	Mas de 80 mm y prof. >25 mm
BACHES Y DESCASCARAMIENTOS				
DESCASCARAMIENTO (M²)	DE	Perdida material prof.< 5mm	5< prof< 15mm	>15mm

DESINTEGRACION (M²)	DI	Pequeños desprendimientos	Peladuras, desprendimiento material fino	Peladura, superf. Rugosa, desprendimiento agregado grueso
BACHES (M²)	BCH	Prof. 25 mm	25mm< prof 50mm	>50mm
HUNDIMIENTOS				
LEVANTAMIENTO LOCALIZADO (M)	LET	Elevación< 5mm	5< Elevación<10	Elevación>10 mm
	LEL			
HUNDIMIENTO ASENTAMIENTO (M²)	HU	HU<20mm	20<HU<40	HU>40mm
ONDULACIÓN (M)	ON	Desnivel < 5mm	5<Desnivel<10	desnivel>10mm
PARCHES				
PARCHES (M²)	PCHA	Buena condición	media	Reparación urgente
	PCHC			

Fuente:Elaboracion Propia

- **Pendientes del Segmento**

La pendiente es calculada como la razón entre la diferencia de altura entre dos puntos y la distancia horizontal entre los mismos expresada en porcentaje aproximado al entero, sin decimales. La pendiente de una calzada es positiva si aumenta en el mismo sentido en que avanza la nomenclatura y es negativa si se presenta en sentido opuesto a esta.

La recolección de esta información se clasificó en pendientes longitudinales y transversales o peralte de cada tramo, estos datos también eran ubicados espacialmente de la misma manera que se hizo con las fallas de los pavimentos.

Figura 9. Medición de pendientes con inclinómetro.



Fuente: Registro fotográfico del Inventario Urbano de Bucaramanga

- **Drenajes**

Los drenajes tienen como propósito alejar las aguas de las carreteras. Esto evita su influencia negativa, tanto en el aspecto de la estabilidad de su infraestructura, como en sus condiciones de transitabilidad.

El número de alcantarillas, sus medidas y su estado sobre un tramo vial nos indica si la transitabilidad sobre este sector es buena o mala, para poder saber esta condición se hizo un inventario de los drenajes existentes. Los datos consignados por las comisiones de campo hacían referencia al tipo de sumidero inventariado, en este caso podíamos tener 4 tipos de sumideros, mixto, rejilla en la calzada, rejilla en la cuneta y ventana, las características geométricas como ancho, longitud y altura.

Los datos fueron ubicados espacialmente de la misma manera que se hizo con las fallas de los pavimentos y pendientes.

Figura 10. Medición de sumideros



Fuente: Registro fotográfico del Inventario Urbano de Bucaramanga

3.1.2.4. Personal y equipo para la medición

- **Recurso humano**

Para la inspección visual de pavimento se conformó dos comisiones de trabajo en campo cada una de un ingeniero y un auxiliar de ingeniería.

Figura 11. Fallas identificadas por inventario



Fuente: Registro fotográfico del Inventario Urbano de Bucaramanga

- **Equipo**

- Cinta métrica y flexometro
- PDA (HP iPAQ. 116 Classic Handheld)
- Formatos de campo.
- Inclinómetro digital DNM 120 L, Mide el ángulo en ° y la inclinación en % o mm/m, Las flechas de dirección indican la desviación respecto a la línea horizontal o vertical.
- Elementos de seguridad, chaleco reflectivo, botas con punta dura, gafas de protección, camisa manga larga, bloqueador solar.

3.1.2.5. Tramos inventariados

El grupo de trabajo desarrolló las actividades de campo sobre las vías de alto, mediano y bajo flujo vehicular, en aproximadamente 520 km/calzada de los 550 km/calzada que presenta la red vial de Bucaramanga, aclarando que la diferencia se presenta porque no se trabajo sobre la red troncal del sistema de transporte masivo (Metrolínea), en las vías concesionadas y en algunos sectores donde fue imposible el acceso a las comisiones por el tema de seguridad.

3.1.3. REGISTRO MULTIMEDIA

El registro multimedia es de las comisiones que mas volumen de información recolecto, esta comisión registra toda la ciudad con 7 fotografías cada 20 metros. Toda esta información puede ser consultada via internet entrando a la dirección web <http://garza.uis.edu.co/BUCARAMANGAGIS/INDEX.HTML>.

3.1.3.1. Descripción

El objetivo de esta comisión fue capturar un registro fotográfico de manera secuencial de los tramos viales del inventario. La metodología de captura consiste en una comisión conformada por un fotógrafo profesional, un auxiliar de ingeniería (para georreferenciar los puntos de captura de fotografías) y un vehículo con su conductor.

Esta comisión se detiene cada 20m sobre el corredor inventariado y captura 7 fotografías con los siguientes objetivos: Panorámica Frontal, Panorámica Posterior, Pavimento Posterior, Fachadas frontal izquierda, Fachadas posterior izquierda; Fachadas posterior derecha y Fachada frontal derecha, como se muestra en el siguiente esquema. El sentido de avance para registrar fotos es indicada por el sentido vehicular del tramo.

Figura 12. Representación de la captura de imágenes cada 20 m



Fuente: Elaboración Propia

A continuación se muestra un ejemplo de captura de fotografías por punto realizado sobre la Carrera 13 entre Avn. Quebrada Seca y la Calle 30.

Figura 13. Panorámica frontal



Fuente: Inventario Urbano de Bucaramanga

Figura 14. Fachada derecha frontal



Fuente: Inventario Urbano de Bucaramanga

Figura 15. Fachada derecha posterior



Fuente: Inventario Urbano de Bucaramanga

Figura 16. Pavimento posterior



Fuente: Inventario Urbano de Bucaramanga

Figura 17. Panorámica posterior



Fuente: Inventario Urbano de Bucaramanga

Figura 18. Fachada izquierda posterior



Fuente: Inventario Urbano de Bucaramanga

Figura 19. Fachada izquierda frontal



Fuente: Inventario Urbano de Bucaramanga

3.1.3.2. Equipos y recurso humano

- **Recurso humano**

Para la comisión de Registro Multimedia el grupo de trabajo en campo se conformo por un fotógrafo profesional, un auxiliar de ingeniería y el conductor de la camioneta

3.1.3.2.1. Equipos

- Cámaras digitales.
- GPS (Trimble GeoXM) para georeferenciar los puntos de toma de registro.
- Vehículo tipo camioneta 4x4.
- Elementos de seguridad, chaleco reflectivo, botas con punta dura, gafas de protección, camisa manga larga, bloqueador solar.

3.1.3.3. Tramos inventariados

El grupo de trabajo desarrolló las actividades de campo sobre las vías de alto, mediano y bajo flujo vehicular, registrando fotografías en aproximadamente 520 km/calzada de los 550 km/calzada que presenta la red vial de Bucaramanga, aclarando que la diferencia se presenta porque no se trabajó sobre la red troncal del sistema de transporte masivo (Metrolinea), en las vías concesionadas y en algunos sectores donde fue imposible el acceso a las comisiones por el tema de seguridad.

Además se inventario información sobre parte de la red peatonal que correspondió en casi 60 km.

3.1.4. ENSAYOS DE ALTO RENDIMIENTO

Los ensayos de alto rendimiento están conformados por la comisión de deflectometría, la de georadar y la Índice de rugosidad superficial **IRI**, estas tres comisiones trabajaron únicamente sobre las vías de alto tráfico vehicular o sobre las llamadas vías primarias. En la figura 6 y la Tabla 2 fueron expuestas estas vías más detalladamente.

3.1.4.1. Estudio deflectométrico.

3.1.4.1.1. Descripción.

La evaluación de la capacidad estructural de un pavimento es posible mediante las mediciones de deflexión, a partir de dichas mediciones se obtienen las variables fundamentales para el diagnóstico, análisis y/o diseño de la estructura de pavimento para soportar las cargas de tráfico en un periodo de diseño.

El análisis estructural del pavimento puede realizarse ágilmente y con mayor confiabilidad mediante la utilización del deflectómetro de impacto FWD que permite aplicar una carga estandarizada sobre la estructura y determinar el cuenco completo de deflexiones. Posteriormente por retrocálculo se determinan las variables estructurales del pavimento existente.

Mediante la evaluación del cuenco de las deflexiones se puede determinar la capacidad estructural y calcular las variables del pavimento como son: Módulo Resiliente de la Subrasante (M_r), Módulo Equivalente de los materiales del pavimento existente (E_p) y Número Estructural SN, todo lo anterior bajo la metodología AASHTO.

El principio del equipo consiste en aplicar una carga dinámica en el pavimento (para el presente proyecto 40 KN) causada por la caída de una masa sobre un plato circular (diámetro 0.30 m), cuya superficie de contacto se asemeja al de la rueda de un camión. Las deflexiones producidas son medidas por medio de un grupo de sismómetros, ubicados directamente bajo el plato de carga (D0) y a distancias de 0.30, 0.60, 0.90, 1.20, 1.50 y 1.80m de distancia del centro del mismo. La ventaja del FWD KUAB 50-2m empleado como equipo de mediciones de deflexión se debe, entre otras cosas, a tener un plato segmentado lo cual hace que la superficie de contacto se acomode a las pequeñas deformaciones que puedan presentarse en el pavimento, obteniéndose al final resultados más acordes con la realidad.

La ventaja de llevar a cabo mediciones de deflexión con este tipo de equipo es su versatilidad, alta precisión, rapidez en la toma y procesamiento de los datos, que permite tomar las decisiones del caso en forma inmediata.

En cada tramo se realizaron dos (2) mediciones de deflexión, asegurando de esta manera la repetitividad de los resultados dentro de un intervalo de desviaciones.

Durante la toma de mediciones se tuvieron en cuenta las siguientes recomendaciones:

- No debe haber agua estancada en la superficie del pavimento.
- No debe observarse comportamiento viscoelástico de la superficie del pavimento.
- Se debe asegurar que la totalidad de la placa de impacto esté en contacto con la superficie del pavimento.

3.1.4.1.2. Equipos y recurso humano

Recurso humano

La comisión de trabajo se conformó por el conductor del vehículo, un ingeniero especialista y un auxiliar de ingeniería, estos ensayos los realizó la firma Ingeniería y gestión vial - GEVIAL LTDA

Equipo

Equipo de auscultación estructural de pavimentos FWD KUAB responde al concepto genérico de DEFLECTOMETRO DE IMPACTO. El equipo consta de un vehículo tractor, donde esta instalado el sistema de control del remolque, donde van instalados los sistemas de aplicación de carga, medida de deflexiones y toma de testigos, cubierto por una carcasa metálica que le protege del agua, aceite, polvo, etc.

El sistema de medida y el sistema hidráulico están controlados por un pc portátil, instalado en el vehículo de arrastre, desde donde el operador organiza la ejecución y la recogida de la información. A a continuación se muestran fotografías del equipo FWD KUAB.

Figura 20. Equipo para toma de Deflectometría FWD KUAB



Fuente: Informe Comisiones de Gevial Ltda.

3.1.4.2. Perfilómetro laser

3.1.4.2.1. Descripción

La calidad de la superficie de rodadura es el factor más importante para el usuario de la carretera, no sólo influye en la comodidad de éste si no en el

costo de operación vehicular. Además del estado estructural de la calzada, esta característica se considera como un parámetro determinante para juzgar la necesidad de acometer inspecciones visuales detalladas durante la vida de servicio de la vía.

El índice internacional de rugosidad de la superficie conocido como IRI, por sus siglas en inglés de International Roughness Index, es una medida de referencia de las deformaciones de la carretera; se ha puesto a punto en el marco de una colaboración internacional bajo la supervisión del Banco Mundial. El índice IRI es una medida de la influencia del perfil longitudinal de la carretera en la calidad de la rodadura, expresada por la respuesta dinámica de un vehículo en movimiento. Se define mediante un tratamiento matemático del perfil longitudinal de la calzada en la huella por simulación, de los desplazamientos verticales de una rueda al circular a 80 km/h. El IRI, expresado en metros por kilómetro o en milímetros por kilómetro, representa la media de los desplazamientos o ascensos y descensos por unidad de distancia.

3.1.4.2.2. Equipos y Recurso Humano

Recurso humano

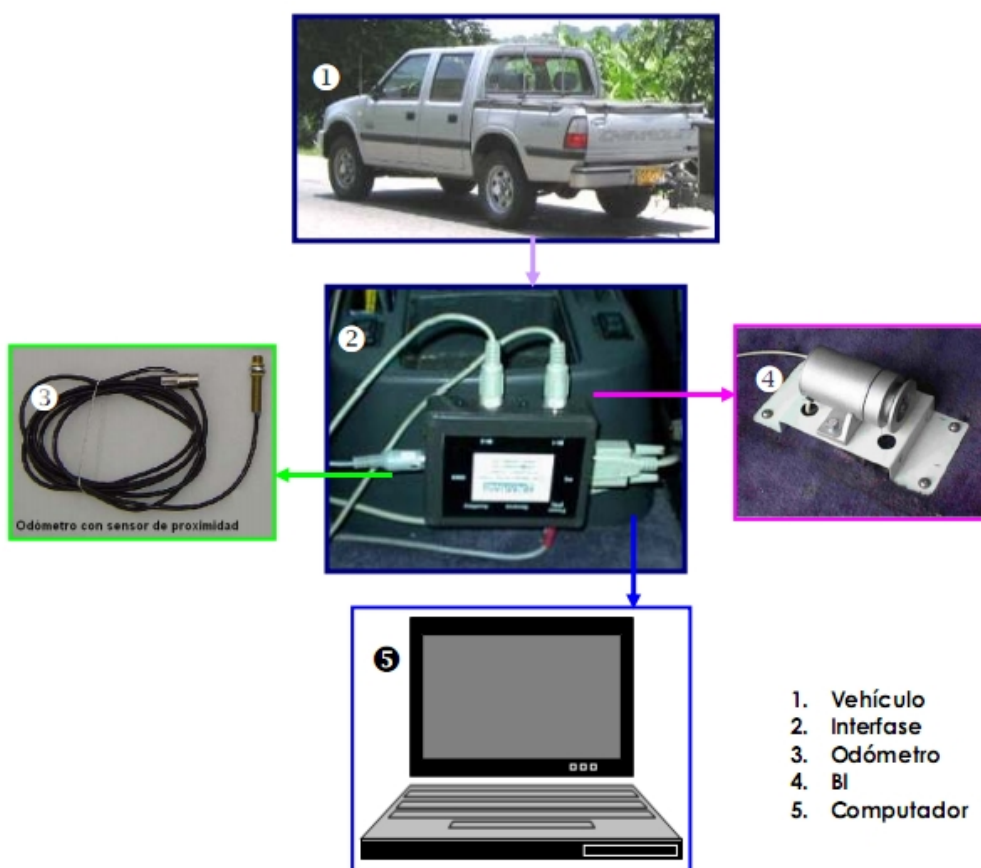
La comisión de trabajo se conformó por el conductor del vehículo y un ingeniero especialista, estos ensayos los realizó la firma Ingeniería y gestión vial - GEVIAL LTDA

Equipos

La evaluación de la regularidad superficial se llevó a cabo con un equipo integrador de oscilaciones (Bump Integrator – BI), desarrollado para el sistema ROMDAS (Road Measurement Data Acquisition System), fabricado por

Data Collection Ltd. Con este sistema se obtiene básicamente una lectura continua de las oscilaciones de la superficie del pavimento a intervalos de distancia predeterminadas (50 m) en unidades de metros acumulados por kilómetro recorrido (m/Km). Se muestra a continuación un esquema de los componentes que conforman el equipo de medida de rugosidad.

Figura 21. Esquema de los componentes que conforman el equipo Rondas para la medición del Índice Rugosidad IRI



Fuente: Informe de Gevial Ltda.

El Banco Mundial clasifica el equipo ROMDAS dentro de los métodos de medida clase 3 (tipo respuesta), ya que recurre al uso de una ecuación de correlación para la estimación del IRI (Índice de Regularidad Internacional). Este

es un equipo de medición de respuesta dinámica, su principio de funcionamiento se basa en medir los movimientos del eje trasero del vehículo, por medio del Bump Integrador (BI), los resultados de estas mediciones son acumulados.

3.1.4.3. Mediciones con georradar.

3.1.4.3.1. Descripción.

El radar de subsuelo o Georradar es una técnica no destructiva, que esta basada en la emisión y propagación de ondas electromagnéticas en un medio, con la posterior recepción de las reflexiones que se producen en sus discontinuidades.

Los principios de funcionamiento de un Georadar no difieren mucho de los de un Radar común, lo que cambia es el medio de propagación; el primero es un material sólido (generalmente no homogéneo), mientras que en el segundo se trata aire (material homogéneo). La incidencia de la energía de una onda electromagnética sobre las heterogeneidades, provocara fenómenos de reflexión, refracción y difracción que serán detectados por la antena receptora. Por lo tanto lo que un GPR detectara, son los cambios en propiedades de los materiales del subsuelo, pues estas propiedades, junto con las características de la onda, serán las que rigen la propagación de la energía por el medio. El Georradar posee un sistema de control llamado X3M el cual tiene la capacidad de controlar antenas blindadas de 100, 250, 500 y 800 Mhz, estas definen la profundidad a las que será posible tomar datos de las capas del suelo.

Figura 22. Georradar



Fuente: Informe de Gevial Ltda.

Las antenas blindadas permiten que no se presente interferencia por objetos que se encuentren cerca del equipo. Para el almacenamiento de la información se conecta el equipo a un computador portátil el cual por medio del puerto de alta velocidad Ethernet se comunica y además posee un software que puede recolectar la información de acuerdo a la necesidad que se requiera.

3.1.4.3.2. Equipos y Recursos Humanos

Recurso humano

La comisión de trabajo se conformó por el conductor del vehículo, un ingeniero especialista y un auxiliar de ingeniería, estos ensayos los realizó la firma Ingeniería y gestión vial - GEVIAL LTDA

Equipos

Las mediciones para encontrar espesores de capa de pavimentos se hace por medio de un vehículo que aproximadamente puede ir a una velocidad de 10km/h, este ensayo se hará continuamente por un carril de la calzada (100km/calzada).

3.1.5. VIGA BENKELMAN

3.1.5.1. Descripción

La medida de las deflexiones, es la base de la mayoría de los procesos de evaluación estructural existentes hoy en día. Aunque existen otras medidas que pueden dar una idea del estado estructural del firme, la deflexión en superficie es, sin duda, la que ofrece las posibilidades de análisis más amplias.

Su principio de operación es ampliamente conocido y consiste en medir el desplazamiento vertical del pavimento ante la aplicación de una carga estática. Consta de un brazo o palanca que permite medir la deflexión sobre el pavimento de un eje de una volqueta cargada.

Este ensayo se realiza colocando el extremo de la viga entre las dos ruedas gemelas de la volqueta, midiendo la recuperación vertical de la superficie del pavimento cuando el camión avanza y se retira.

3.1.5.2. Equipos y Recurso Humano.

- **Recurso humano**

Para la comisión de Viga Benkelman el grupo de trabajo en campo se conformó por el conductor de la volqueta y dos auxiliares de Ingeniería.

- **Equipos**

- Viga Benkelman
- GPS (Trimble GeoXM) para georeferenciar puntos.

- Vehículo tipo volqueta.
- Elementos de seguridad, chaleco reflectivo, botas con punta dura, gafas de protección, camisa manga larga, bloqueador solar.

Figura 23. Imagen de deflexión tomada con viga benkelman



Fuente: Tomada de Internet

3.1.5.3. Tramos inventariados

El grupo de trabajo desarrolló las actividades de campo sobre las vías de mediano flujo vehicular y en parte de la red terciaria, las mediciones de deflexión en el inventario vial urbano en Bucaramanga se realizo en 270 km/calzada aproximadamente.

3.2. ANALISIS DE LA INFORMACION

Desde el comienzo del inventario vial la meta siempre a sido proponer un modelo de gestión de pavimentos para la ciudad de Bucaramanga, implementar una

metodología de reparación y de conservación para que las vías presten un servicio optimo en toda la ciudad.

Dentro de los pasos a seguir que definimos en el plan de gestión de pavimentos estaba asignarle un índice de estado a todos los tramos de la malla que fueran vehiculares, y poder automatizar este procedimiento con algún software para así poder procesar grandes cantidades de datos sin que tomara mucho tiempo.

Existen diferentes metodologías para calcular un índice de condición del pavimento o metodologías que se encargan de gestionar el mantenimiento de estos, a continuación presentamos algunos de ellos.

El sistema PAVER fue desarrollado por el cuerpo de ingenieros de las fuerzas armadas de los estados unidos, contiene una base de datos estructurada en forma de árbol con programas de interface. Trabaja con los conceptos de rama, ruta, calle y mediante secciones homogéneas. Introduce un índice de condición de pavimento (PCI). Hace una evaluación visual completa mediante predicciones lineales de mantenimiento y rehabilitación. Entrega un resumen de la evaluación de cada tramo con todas las posibles alternativas y evaluación económica de cada una de ellas para elaborar un presupuesto considerando un PCI mínimo.

CALTRANS requiere inspecciones de daños de rugosidad y de estado superficial, selecciona estrategias de mantenimiento mediante un árbol de decisiones para cada una de las fallas de la estrategia y selección la que corrija todas, No calcula índice general de condición y hace predicciones de condición solo a nivel de red. Establece prioridades con base en la calidad de la circulación, el grado de deterioro y la clasificación del tránsito. Entrega una lista de prioridades, el presupuesto necesario y las estimaciones de recursos necesarios en el futuro.

BELMAN es un sistema usado en Dinamarca para la gestión de pavimentos. Con datos de tránsito de la condición superficial y una lista de opciones de mantenimiento, realiza funciones de optimización. Trabaja con secciones homogéneas una por una comparando hasta 5 o 6 opciones de mantenimiento. El sistema provee la mejor opción en cada sección, el costo de mantenimiento y la condición futura de las carreteras en función de un presupuesto asignado. Si la situación económica cambia el plan puede ser fácilmente ajustado. En el proceso de cálculo incluye la optimización de costos de los usuarios en gastos de operación vehicular además de los costos de carretera.

GIMP. Sistema chileno basado en el modelo HDM-III preparado por la dirección nacional de vialidad del ministerio de obras públicas. Parte de los datos del inventario vial con una auscultación continua de la superficie de rodadura y datos de tránsito del clima y de costos, define acciones de conservación con base en umbrales y políticas que pueden manejar restricciones presupuestarias. Permite comparación de alternativas e identifica la alternativa óptima. Produce informes técnicos, económicos y genera el plan de conservación.

En Colombia contamos con el sistema SAPCOL, este sistema fue adaptado a partir del sistema BELMAN de Dinamarca a las condiciones colombianas para carreteras de pavimento flexible o con tratamientos superficiales. Los datos requeridos son la condición del pavimento, el tránsito y datos complementarios que incluyen materiales, procedimientos de mantenimiento, obras complementarias y precios unitarios. Los datos sobre tránsito y condición del pavimento se recolectan periódicamente en forma rutinaria, mientras los datos complementarios revisan y actualizan anualmente. El sistema utiliza modelos de rugosidad, de capacidad de resistencia estructural, de inversión de capital, de costos de reparación, de costos de operación vehicular de optimización mediante el algoritmo de minimizar los costos de las entidades viales y maximizar el ahorro de los usuarios. Este sistema ha sido implementado por el instituto nacional de

vías. Se complementa con el uso de HDM III para definir los estándares del mantenimiento en vías con afirmados.

El INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO (IDU) de Bogotá implemento como metodología para conocer la condición del pavimento el MDR (Modified Distress Rating). El MDR se constituye en una de las metodologías más completas para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos flexibles dentro de los modelos de gestión de pavimentos en la actualidad. La metodología que es fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que serán explicadas en este libro.

El equipo técnico de la Universidad, después de analizar las diferentes metodologías para la determinación del estado superficial de los pavimentos adoptó la metodología MDR, esta metodología tiene un estándar internacional y además es de fácil implementación.

3.2.1. CALCULO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MDR (MODIFIED DISTRESS RATING)

El Modified distress rating (MDR, por sus siglas en inglés) se constituye en una de las metodologías más completas para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos flexibles dentro de los modelos de gestión de pavimentos en la actualidad. La metodología que es fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que serán explicadas en este libro.

Los daños superficiales en los pavimentos son un indicativo del estado y comportamiento de las vías y a través de estos se puede establecer su condición según el índice de fallas superficiales. Para la utilización del indicador MDR fue necesario definir un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta 100 para un pavimento en perfecto estado. En el siguiente cuadro se presentan los rangos de MDR con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla 6 *Clasificación del estado superficial del pavimento según valor de MDR*

Estado superficial	Rango MDR
Muy Buenos	80-100
Buenos	55-80
Regulares	30-55
Malos	0-30

Fuente: Elaboracion Propia

La primera etapa del proceso de calculo del indice de condicion superficial de pavimento (MDR) corresponde al trabajo de campo echo por la comisión de pavimentos en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad, y extensión de los mismos. El tipo de fallas levantadas, la metodología y el archivo shape generado por la comisión de pavimentos fue descrito en el capitulo 3.1.2.

Las unidades de calculo del estado superficial serán los segmentos viales, es decir, cada calle de la ciudad será evaluada individualmente con la metodología MDR.

El procedimiento para estimar el valor del indicador MDR es el siguiente:

El primer paso es calcular el area de cada una de las fallas que se encuentran dentro de un segmento vial. Este calculo se realiza utilizando la informacion recolectada por la comision de campo, mas propiamente, utilizando los shapes procesados en oficina y los atributos de ancho y largo de estos. En el caso de fallas del tipo fisuras longitudinales o fisuras transversales el area no puede ser calculada multiplicando el ancho por el largo de la falla, esto debido a que este tipo de fallas solo tienen alguna de estas dos longitudes, debido a esto el area de

estas fallas es calculada multiplicando alguna de estas dos medidas por una constante igual a 0.6. Este criterio fue tomado del manual del invias, pionero y lider en el area de diseño y gestion de vias.

Despues de calcular el area de las fallas que estan dentro de un segmento de via es necesario calcular el area del segmento que las contiene, la informacion necesaria para poder hacer este calculo fue suministrada por la comision de perfiles viales, esta comision solo fue nombrada en este libro en el capitulo 3.1, no se entro en detalle de esta comision ya que su aporte al plan de gestion de pavimentos es insignificativo, esta comision es mas importante en la otra parte del contrato del proyecto, en la parte de movilidad. Esta comision de perfiles suministro informacion de los anchos de calzada y longitud de cada segmento vial. Gracias a esta informacion solo era necesario multiplicar el ancho de la calzada por la longitud del tramo para obtener el area del tramo.

Calculado el area de las fallas y area del segmento que las contiene, es necesario para continuar con la metodología calcular el porcentaje de area afectada por las fallas en el segmento de via, este porcentaje de area afectada tiene que ser desagregada por tipo de falla y por severidad, es decir, en el caso de encontrarse dos fallas del mismo tipo pero de diferente severidad no pueden ser sumadas para obtener un porcentaje de afectación total, cada una tiene que tener un porcentaje de afectación, asi tendríamos entonces una serie de porcentajes de afectación separados por tipo de falla y por severidad.

Llegados a este punto es necesario definir el termino “valores de deduccion”. El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problema debido al gran numero de condiciones posibles, para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como una arquetipo de factor de ponderación, con el fin de

indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

La determinación de los valores deducibles se realiza mediante el uso de las curvas para cada tipo de falla que se encuentran en el anexo XXX, 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).

Después de obtener la serie de valores de deducción para cada tramo se aplica la siguiente ecuación:

Figura 24. Ecuación para cálculo de MDR.

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

pn = Valor deducido por daño y severidad.

Al final de este procedimiento se encuentra un valor de MDR entre 0 y 100, cabe aclarar que puede ser posible que de un valor negativo de MDR, la metodología lo admite, en este caso el valor de MDR es igual a 0, quiere decir que el estado superficial del pavimento es malo.

Habiendo encontrado una metodología y aprendiendo como funcionaba el problema se sustentaba en el tiempo y las horas hombre necesarias para procesar todos los segmentos viales de las vías de Bucaramanga, era infancioso hacer esto manualmente, calle por calle, y que además fuera modificable fácilmente, para superar este impase se pensó en buscar algún software o método de programación que fuera de fácil manejo y que cumpliera con el objetivo final, que

era que calculara el valor de MDR de una manera dinámica y automática. La solución a este impase se explica a continuación.

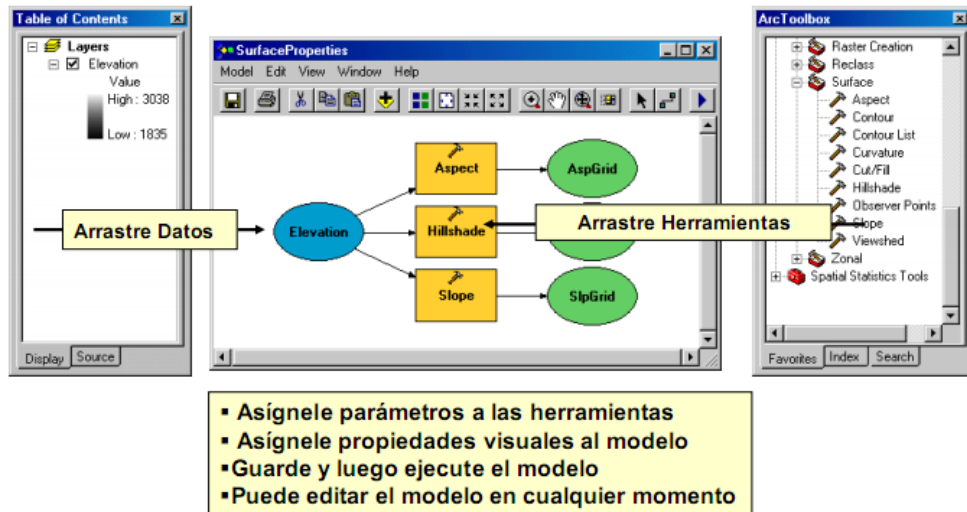
3.2.2. PROGRAMACION METODOLOGIA MDR

Teniendo los datos montados en un gestor de sistemas de información geográfico como lo es Arcgis tratamos de buscar alguna herramienta que hiciera lo que necesitábamos y que además se pudiera acoplar fácilmente a este Software, buscábamos no tener que migrar información a otro software para procesarlos, fue así como encontramos una herramienta llamada Model Builder, que traduce Constructor de Modelos.

El model builder es una herramienta muy útil a la hora de automatizar flujos de trabajos repetitivos, este paquete se puede usar en procesos complejos que toman gran cantidad de tiempo procesando datos y además trata de estandarizar los procesos que se tengan que realizar en cualquier trabajo, además de ser una herramienta de muy fácil uso.

La forma de usar model builder es muy simple, se puede decir que se fundamenta en arrastrar a el modelo los shps y las herramientas necesarias para construir, en este caso, la aplicación que calcule el estado superficial de los pavimentos. Como se muestra en la figura 16

Figura 25. Funcionamiento de Model Builder



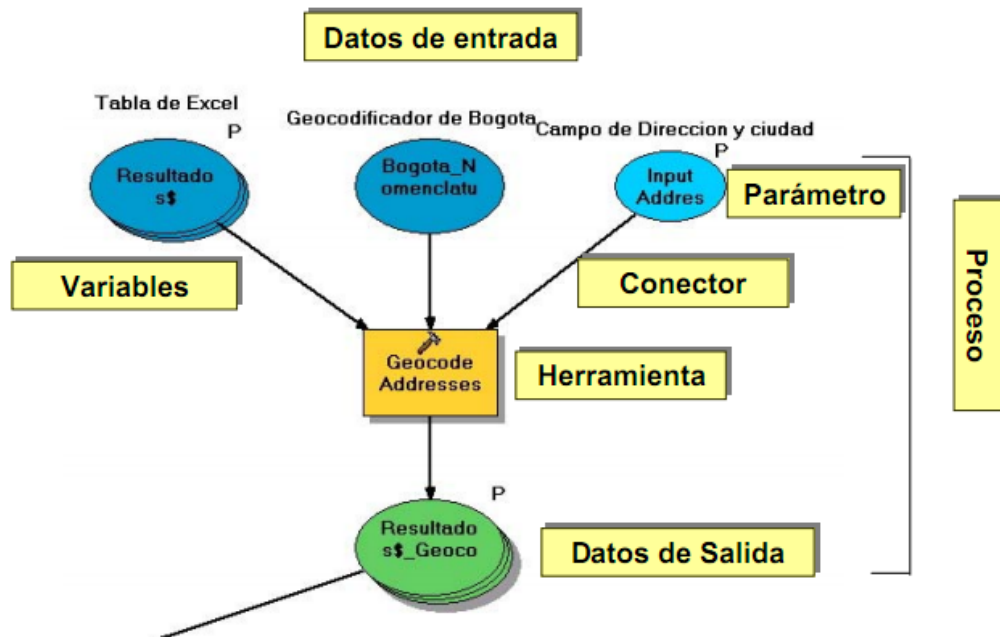
Fuente: Procalculo Prosis

Las partes que conforman un modelo son:

- Datos de Entrada: corresponde a los archivos tipo shps o tablas con las cuales empezaremos a trabajar. Se caracteriza por un ovalo de color azul.
- Herramienta: Funcion de Arcgis que realiza una acción sobre los shps o tablas. Tiene forma rectangular y color naranja.
- Conector: se encarga de indicar que herramienta es utilizada con cada uno de los datos de entrada. Se visualizan como flechas en el modelo.
- Datos de salida: Corresponde a los shapes generados después de hacer funcionar la herramienta creada. Son ovalos de color verde.
- Parametros: Esta opción nos permite hacer que algun shape de entrada pueda ser elegible a la hora de hacer correr el programa. Son ovalos de color magenta.

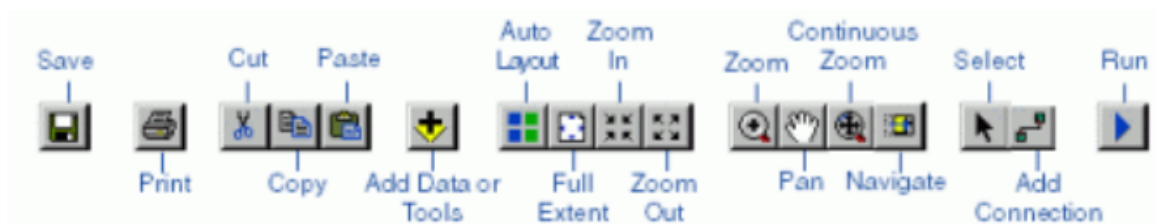
La siguiente figura muestra las partes de un modelo mas claramente.

Figura 26. Componentes de un modelo en Model Builder



Fuente: Procalculo Prosis

Model builder es una herramienta muy sencilla de manejar, esto se hace notable al ver sus pocos comandos en la barra de herramientas



4. PRODUCTOS

Al final de todo el proceso de recolección y análisis de información en campo se obtuvieron una serie de productos que serán expuestos en este capítulo.

4.1. RECOLECCIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE INFORMACIÓN

La información levantada en campo tiene que pasar por un proceso de “destilación” para asegurar su veracidad y su calidad, las labores que se le fueron asignadas en oficina tenían esta revisión como objetivo.

Otro de los objetivos del proyecto era construir una base de datos con toda la información recolectada en campo, para lograr este cometido es necesario unificar la información, que toda la información recolectada sea de la misma familia. El archivo tipo shape ubica espacialmente los elementos sobre un mapa asignándoles atributos a cada uno de ellos, este archivo se convirtió en el pilar de la base de datos a construir ya que este es un formato estándar en el ámbito de los sistemas de Información Geográfica.

Algunas comisiones de campo contaban con ayuda tecnológica como PDA's, o GPS, esta herramienta se encargaba de ahorrar la tarea de digitación y georreferenciación de datos en oficina, comisiones como la de oscultación de pavimentos contaban con PDA's, de esta manera la información de esta comisión solo tenía que ser revisada y corregida si fuera el caso, otras comisiones, como las de alto rendimiento no dispusieron de estas ayudas, luego la información de estas comisiones tuvo que ser georreferenciada en oficina. Este capítulo nos resume los resultados finales de la recolección en campo y su respectivo procesamiento en oficina para cada comisión.

4.1.1. ABSCISADO

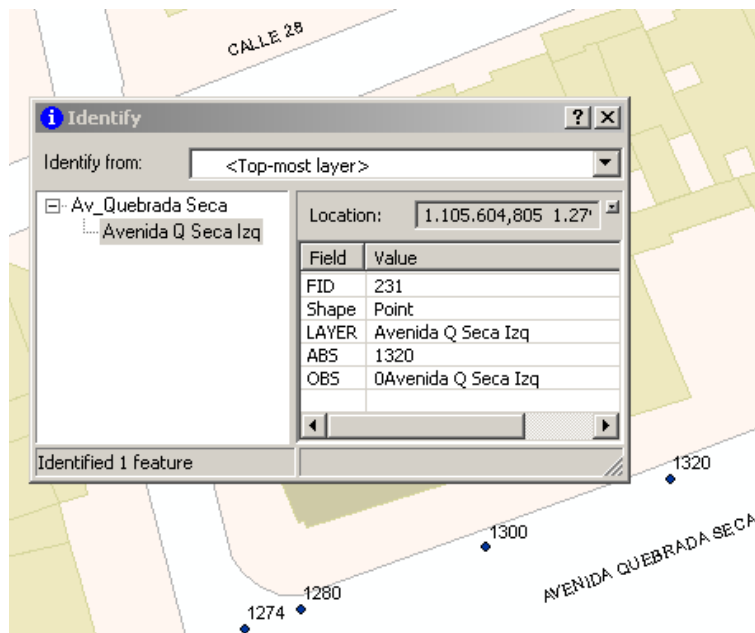
Esta comisión no contaba con una PDA para recoger la información, la tarea de digitar esta información fue encargada a un auxiliar de oficina, su tarea era plasmar en Arcgis la información que fue entregada por la comisión de campo en formato papel. Esta labor se realizaba creando un shape tipo punto y dibujando un punto por cada abscisa levantada en campo. El resultado fue un archivo tipo shape con los siguientes atributos:

Tabla 7 Atributos Shape Comisión de Abscisado.

CAMPO	DESCRIPCION
LAYER	Tramo de vía donde se tomo la medición
ABS	Valor de la Abscisa en el tramo.
OBS	Observaciones.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8 Visualización en Arcgis del shape de Abscisado



Fuente: Elaboracion Propia

4.1.2. INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTO

La comisión de Pavimentos fue provista de una PDA cargada con el software Arcpad, al final de la jornada obtenían archivos en tipo shape con toda la información levantada. Esta información fue recopilada, revisada, corregida y consolidada como un solo shp para toda Bucaramanga.

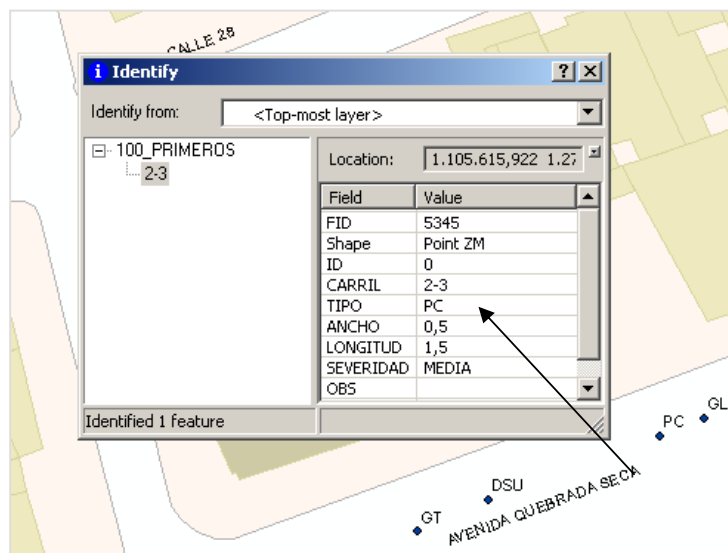
El shape de Pavimentos es tipo punto y muestra la caracterización de los tipos de fallas de la capa de rodadura de la vía. Los atributos contenidos en este shape son:

Tabla 9 Atributos Shape Comisión de fallas

CAMPO	DESCRIPCION
CARRIL	Número de carriles afectados por la falla
TIPO	Tipo de falla inventariada
ANCHO	Ancho de la falla en unidades de metros (m)
LONGITUD	Largo de la falla en unidades de metros (m)
SEVERIDAD	Severidad o gravedad de la falla
OBS	Observaciones

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 27. Visualización en Arcgis del shp de Pavimentos.



Fuente: Elaboracion propia

El shape de pendientes es tipo punto, y contiene los atributos que se levantaron en campo acerca de las pendientes transversales y longitudinales de los segmentos viales las cuales se definieron de la siguiente manera:

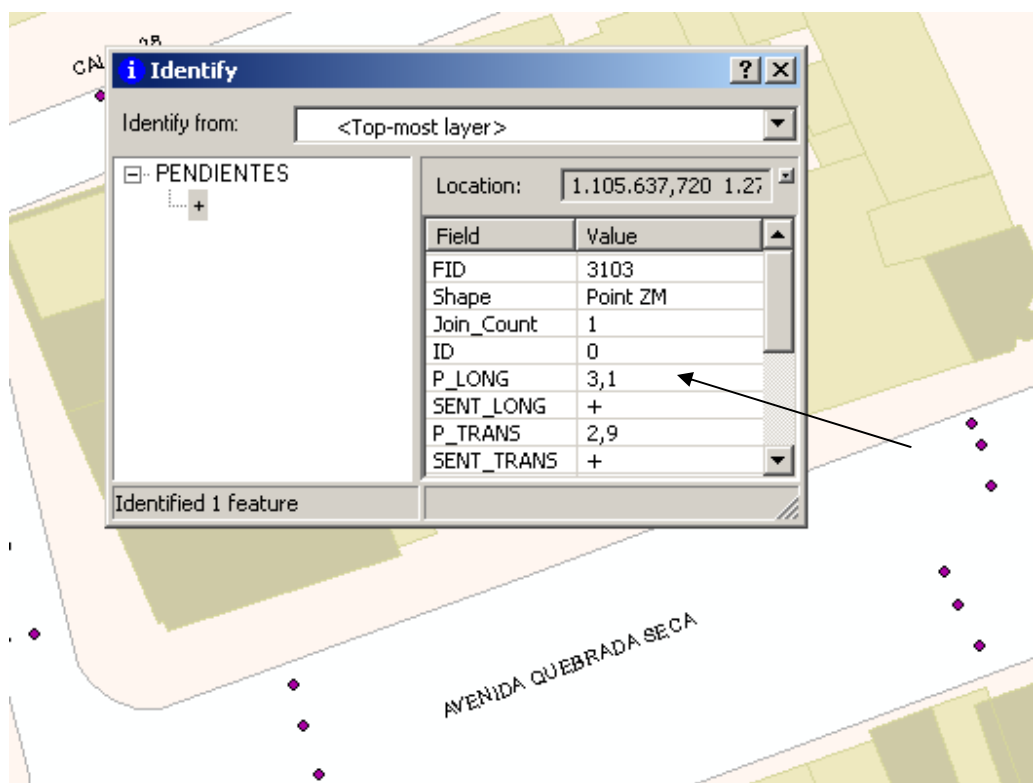
Shape de pendientes

Tabla 10 Atributos Shape Comisión de pendientes.

CAMPO	DESCRIPCION
P_LONG	Valor de la pendiente longitudinal de el tramo
SENT LONG	Signo de la pendiente, su valor es positivo si aumenta en el mismo en el que aumenta la nomenclatura, y negativa si aumenta en el sentido contrario
P TRANS	Corresponde al valor de la pendiente transversal o peralte.
SENT TRANSV	Signo o sentido de la pendiente transversal, es positiva si la inclinación del peralte se inclina hacia fuera de la calzada, y negativa si se inclina en sentido contrario.

Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Visualización en Arcgis del shape de Pendientes



Fuente: Elaboración Propia

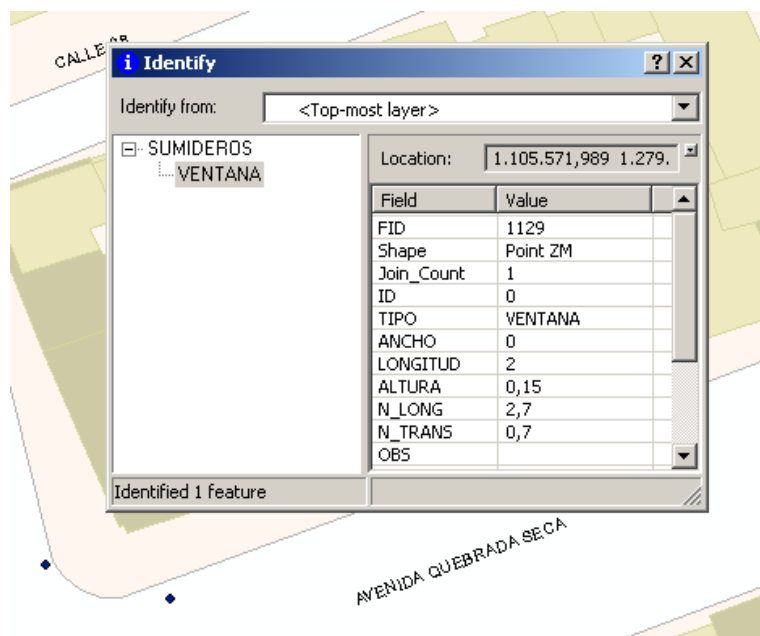
La siguiente tabla muestra los atributos del shape de sumideros creado por la comisión de pavimentos.

Tabla 11 Atributos Shape Comisión de sumideros

CAMPO	DESCRIPCION
TIPO	Se refiere al tipo de sumidero inventariado, en este caso podíamos tener 4 tipos de sumideros, mixto, rejilla en la calzada, rejilla en la cuneta y ventana.
ANCHO	Ancho de la cuneta por donde entra el agua.
LONGITUD	Valor de la longitud de la cuneta por donde entra el agua
ALTURA	Valor de la altura de la cuneta por donde entra el agua
N LONG	El valor de la pendiente longitudinal en el sentido que entra el agua a la cuneta.
N TRANS	Valor de la pendiente en el sentido perpendicular al sentido en el que entra el agua al sumidero.
OBS	Se registra cualquier anomalía encontrada en la cuneta, en este mismo espacio se consigna el estado de la cuneta y su funcionalidad.

Fuente: Elaboración propia

Figura 29. Visualización en Arcgis del shape de sumideros



Fuente: Elaboración Propia

4.1.3. COMISION MULTIMEDIA

La comisión multimedia estaba dotada de un GPS (Trimble GeoXM), el cual registraba la localización del punto donde se hacía una secuencia de registros fotográficos, el GPS generaba un archivo en formato .SSF el cual podía ser visto y exportado a formato tipo shape utilizando el software GPS pathfinder office 3.0. La siguiente tabla muestra los atributos del shape.

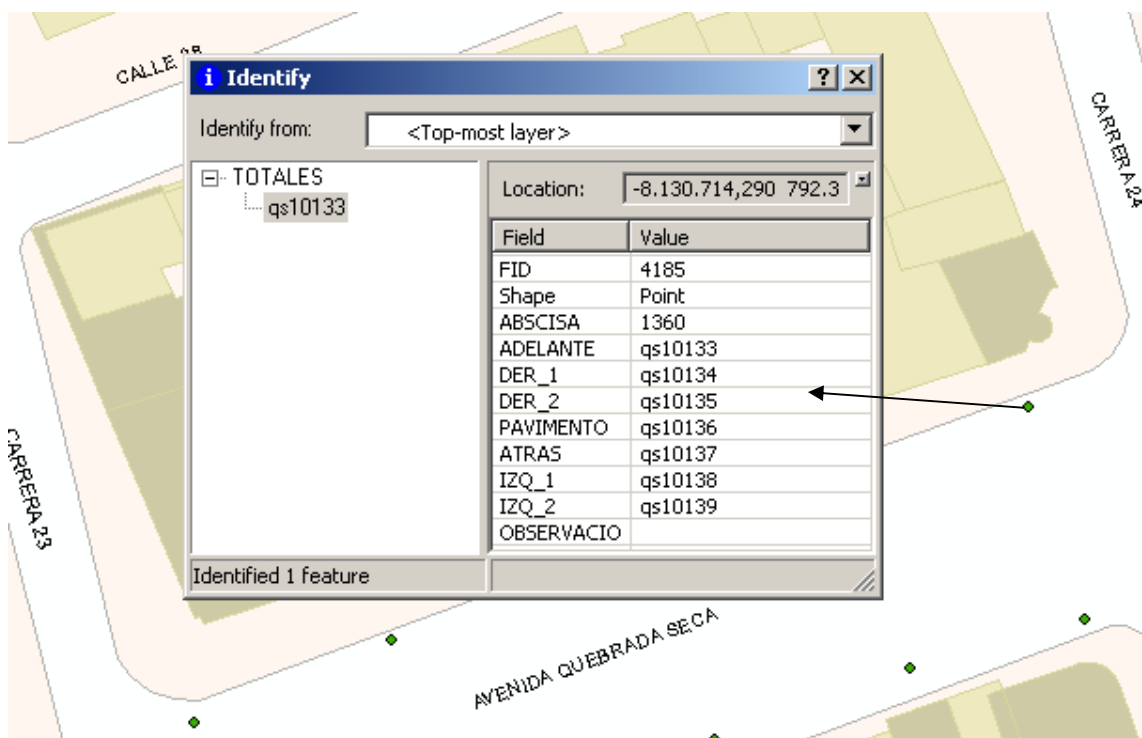
Tabla 12 *Atributos Shape comisión Multimedia*

CAMPO	DESCRIPCION
ABSCISA	Abscisa donde se tomo el registro fotográfico, a partir de la primera serie de fotos del tramo.
ADELANTE	Nombre de Foto que registra la panorámica Frontal.
DER_1	Nombre de Foto que registra la fachada derecha Frontal.
DER_2	Nombre de Foto que registra la fachada derecha Posterior.
PAVIMENTO	Nombre de Foto que registra el pavimento Posterior.
ATRÁS	Nombre de Foto que registra la panorámica Posterior.
IZQ_1	Nombre de Foto que registra la fachada izquierda Posterior.
IZQ_2	Nombre de Foto que registra la fachada izquierda Frontal.
OBS	OBSERVACIONES

Fuente:Elaboracion Propia

El trabajo en campo de esta comisión tenía que ser bien coordinado para que la información registrada en el gps del nombre de la foto correspondiera efectivamente a el de la foto. Esto con el fin de que cuando se hiciera una consulta en el sistema de información geográfico mostrara una información verídica y no la de otro sitio.

Figura 30. Visualización en Arcgis del shape de multimedia



Fuente:Elaboracion Propia

4.1.4. COMISION DE ALTO RENDIMIENTO

Los ensayos de alto rendimiento están conformados por la comisión de deflectometría, la de georadar y la Índice de rugosidad superficial **IRI**, estas tres comisiones trabajaron únicamente sobre las vías de alto tráfico vehicular o sobre las llamadas vías primarias. En la figura 6 y la Tabla 2 fueron expuestas estas vías más detalladamente.

4.1.4.1. Estudio deflectométrico

Como se dijo en el capítulo 3.1.4.2, estos ensayos de alto rendimiento fueron realizados por la firma contratista GEVIAL Ltda con la compañía en campo de un auxiliar de ingeniería de la UIS, Los resultados fueron entregados pasado un tiempo al grupo de investigación GEOMATICA, la información fue entregada en

formato pdf y en formato de Excel, debido a esto la información tuvo que ser ubicada espacialmente.

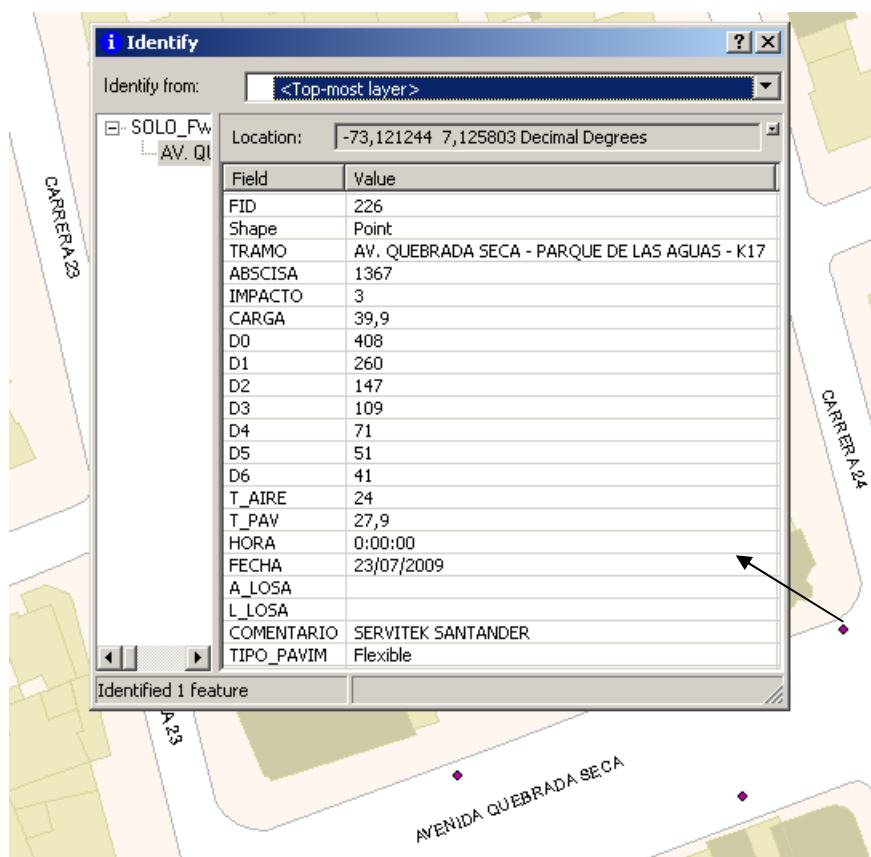
La espacialización de la información fue realizada por un auxiliar de ingeniería y orientada por el pasante. Se generó un shape tipo punto, la ubicación de cada punto en Arcgis correspondía a un sitio donde se tomó una medida con el deflectómetro, al final la información contenida por cada punto del shape contenían la siguiente información:

Tabla 13 *Atributos Shape comisión FWD*

CAMPO	DESCRIPCION
TRAMO	Tramo de las vías primarias en las que tomaron una serie de medidas.
TIPO DE PAVIMENTO	Tipo de pavimento en el sitio de la medición.
ABSCISA	Abscisa en la que se tomó la medida, recordar que las vías primarias fueron abscisadas.
IMPACTO	Numero de impacto que registro la medición
CARGA	Carga generada sobre el pavimento en el momento de la toma de datos
Do a D6	Deflexiones tomadas por los sismómetros a 0, 0.30, 0.60, 0.90, 1.20, 1.50 y 1.80m
T_AIRE	Temperatura ambiente en el momento del ensayo.
T_PAV	Temperatura del pavimento en el momento del ensayo.
FECHA	Fecha en que se tomó el ensayo.
A_LOSA	Ancho de la losa en caso que los datos hubieran sido tomados sobre pavimento rígido
L_LOSA	Largo de la losa en caso que los datos hubieran sido tomados sobre pavimento rígido.
COMENTARIO	Comentarios
TIPO PAV	Tipo de pavimento en el que se realizó el ensayo.

Fuente:Elaboracion Propia

Figura 31. Visualización en Arcgis del shape de Deflectometria



Fuente: Elaboracion Propia

4.1.4.2. Perfilometro laser

Esta Información también fue entregada por GEVIAL en formato PDF y Excel, los datos de esta comisión también tuvieron que ser georreferenciados en Arcgis.

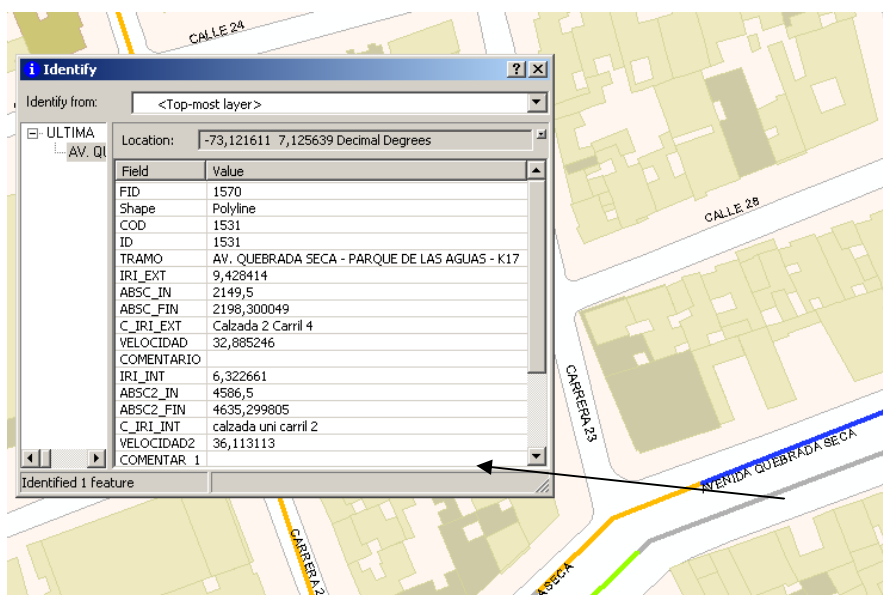
Esta comisión registraba un dato por cada 50 metros recorridos, por este motivo la información fue espacializada utilizando un shape tipo línea, cada línea representa un tramo con esta longitud, a continuación se muestran los atributos de cada una de estas líneas.

Tabla 14 Atributos Shape comisión IRI

CAMPO	DESCRIPCION
TRAMO	Tramo de las vías primarias en las que tomaron una serie de medidas.
IRI_EXT	Valor del IRI en el carril externo
ABSCISA_IN	Abscisa donde se empezaron a tomar las medidas del carril externo
ABSCISA_FIN	Abscisa donde se terminaron de tomar los datos del carril externo.
C_IRI_EXT	Especifica la calzada y el carril donde se tomaron los datos.
VELOCIDAD	Velocidad promedio a la que se desplazaba el vehículo cuando se tomaron las medidas en el carril externo.
COMENTARIO	Comentarios
IRI_INT	Valor del IRI en el carril Interno
ABSC2_IN	Abscisa donde se empezaron a tomar las medidas del carril Interno
ABSC2_FIN	Abscisa donde se terminaron de tomar los datos del carril interno
C_IRI_INT	Especifica la calzada y el carril donde se tomaron los datos
VELOCIDAD2	Velocidad promedio a la que se desplazaba el vehículo cuando se tomaron medidas en el carril interno
COMENTAR1	Tipo de pavimento en el que se realizo el ensayo.

Fuente:Elaboracion Propia

Figura 32. Visualización en Arcgis del shape de IRI



Fuente: Elaboración Propia

4.1.4.3. Mediciones con georradar

Esta Información fue entregada por GEVIAL en formato PDF y Excel, los datos de esta comisión también tuvieron que ser georreferenciados en Arcgis.

Esta comisión registraba un dato por cada cuadra recorrida, por este motivo la información fue espacializada utilizando un shape tipo línea, cada línea representa un tramo con esta longitud, a continuación se muestran los atributos de cada una de estas líneas.

Tabla 15 *Atributos Shape Comisión Georradar*

CAMPO	DESCRIPCION
VIA	Vías primarias en las que se tomaron una serie de datos.
SEGMENTO	Segmento de la vía en la que se tomo un dato.
CAP_ASF (cm)	Espesor de la capa Asfáltica medida en cm.
CAP_GRAN (cm)	Espesor de la capa Granular medida en cm.

Fuente: Elaboracion Propia

4.1.5. VIGA BENKELMAN

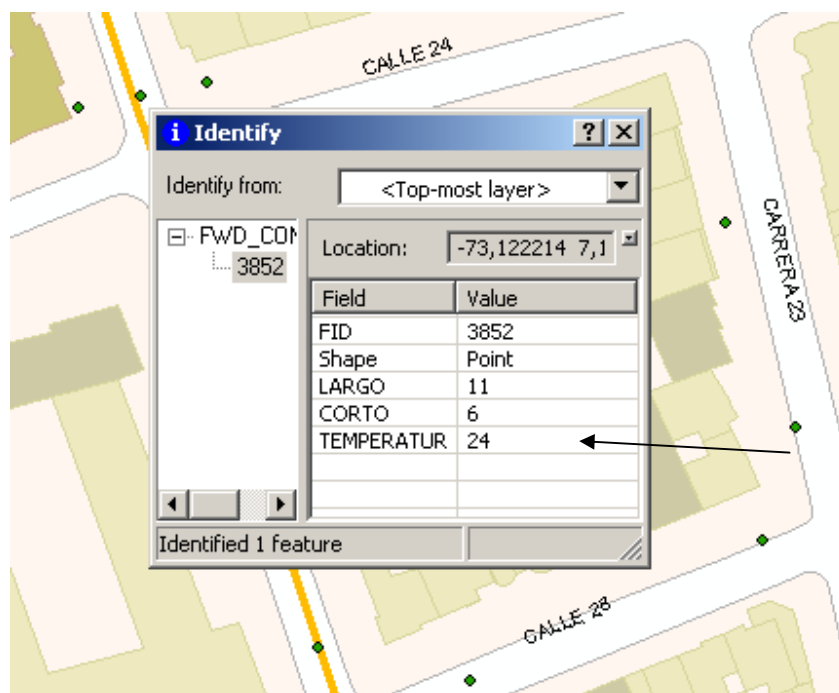
La comisión de viga benkelman estaba dotada de un GPS (Trimble GeoXM), el cual registraba la localización del punto donde se una medida con la viga benkelman, el GPS generaba un archivo en formato .SSF el cual podía ser visto y exportado a formato tipo shape utilizando el software GPS pathfinder office 3.0. La siguiente tabla muestra los atributos del shape.

Tabla 16 *Atributos Shape Viga Benkelman*

CAMPO	DESCRIPCION
LARGO	Deflexion en el centro de carga
CORTO	Deflexion a 20 cm del radio de carga
TEMPERATURA	Temperatura del pavimento

Fuente:Elaboracion Propia

Figura 33. Visualización en Arcgis del shape de viga Benkelman



Fuente: Elaboración propia

4.2. ANALISIS

Dentro de los productos finales del proceso de practica en el inventario vial y de la recolección y administración de la información de las comisiones de campo estuvo la implementación de un proceso de cálculo del estado superficial de los pavimentos, pero esta metodología era virtualmente imposible hacerla de a un tramo a la vez, así fue que nació la idea de aprovechar alguna herramienta tecnológica para poder automatizar el proceso de calculo, este capitulo explica como se desarrollo esta idea y cuales fueron las estadísticas de los estados de los pavimentos de la ciudad de Bucaramanga.

4.2.1. HERRAMIENTA PARA CALCULO DE MDR

Para explicar el desarrollo de la herramienta en ArcGis se hace necesario primero hacer un ejercicio con un segmento de vía, el tramo de vía escogido para este ejemplo fue el del código 102257, este tramo corresponde a la calle 18 entre las carreras 18 y 19.

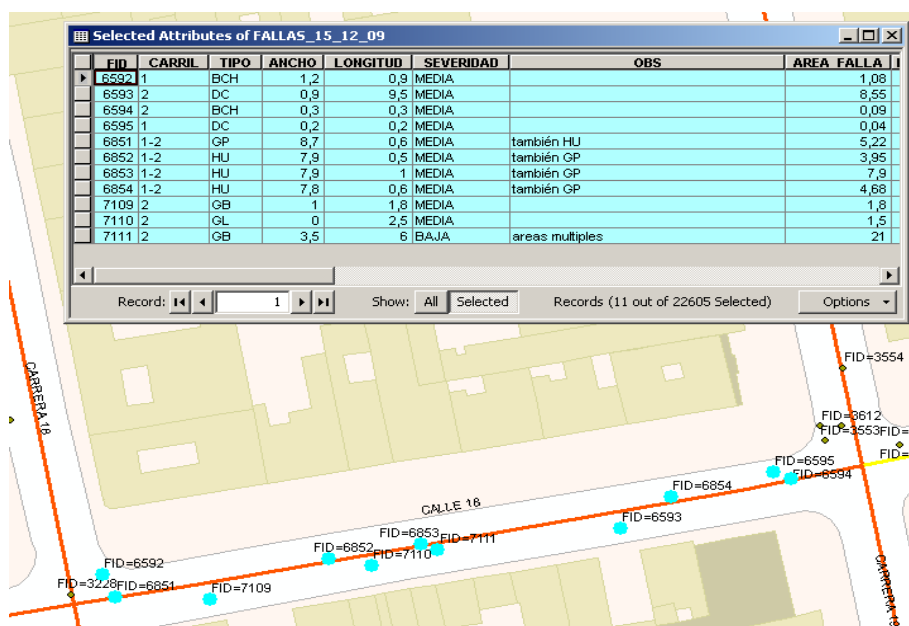
Las fallas con el segmento escogido para ser desarrollado se muestran en la siguiente tabla, además se muestra una imagen extraída del sistema de información geográfica.

Tabla 17 Fallas presentes en el ejemplo de cálculo del MDR

CARRIL	TIPO	ANCHO	LONGITUD	OBSERVACIONES
1	BCH	1,2	0,9	
2	DC	0,9	9,5	
2	BCH	0,3	0,3	
1	DC	0,2	0,2	
1-2	GP	8,7	0,6	Tambien HU
1-2	HU	7,9	0,5	Tambien GP
1-2	HU	7,9	1	Tambien GP
1-2	HU	7,8	0,6	Tambien GP
2	GB	1	1,8	
2	GL	0	2,5	
2	GB	3,5	6	Areas multiples

Fuente:Elaboracion Propia

Figura 34. Fallas del ejemplo de cálculo de MDR



Fuente: Elaboracion Propia

Calculo del área del segmento

Según la información suministrada por la comisión de perfiles viales, el ancho de la calzada es de 8,05 m, y el largo del tramo de 96 m, luego, el area del segmento es igual a 772,8 m².

Se procede a calcular la densidad de la falla en el tramo, se utilizan las graficas del **Anexo 2** para hallar los valores de deducción, se elevan al cuadrado y se totalizan, la siguiente tabla resume este procedimiento

Tabla 18 Cálculos para el ejemplo de MDR

CARRIL	TIPO	ANCHO (m)	LONGITUD (m)	AREA (m ²)	DENSIDAD	VAL DEDUCC	VAL_DED ²
1	BCH	1,2	0,9	1,08	0,001398	8,3	68,89
2	DC	0,9	9,5	8,55	0,011064	22,3	497,29
2	BCH	0,3	0,3	0,09	0,000116	1,86	3,4596
1	DC	0,2	0,2	0,04	0,000052	1,11	1,2321
1-2	GP	8,7	0,6	5,22	0,006755	20,97	439,7409
1-2	HU	7,9	0,5	3,95	0,005111	19,87	394,8169
1-2	HU	7,9	1	7,9	0,010223	22,05	486,2025
1-2	HU	7,8	0,6	4,68	0,006056	20,56	422,7136
2	GB	1	1,8	1,8	0,002329	6,35	40,3225
2	GL	0	2,5	1,5	0,001941	4,87	23,7169
2	GB	3,5	6	21	0,027174	8,73	76,2129
						TOTAL	2454,5979

Fuente:Elaboracion Propia

Por ultimo se aplica la ecuación de la figura 24:

$$MDR = 100 - \sqrt{(2454,59)} = 50,45$$

Obtenemos un valor de MDR= 50,45, lo que indica que el tramo inventariado se encuentra en un estado regular.

El insumo necesario para el calculo del MDR sobre ArcGis consta de dos shapes, el primero de estos es tipo punto y contiene información de la comisión de pavimentos y el segundo shape es el de la comisión de perfiles, los atributos del shape de pavimentos son:

Tabla 19 Shape necesario como input para el modelo de Arcgis

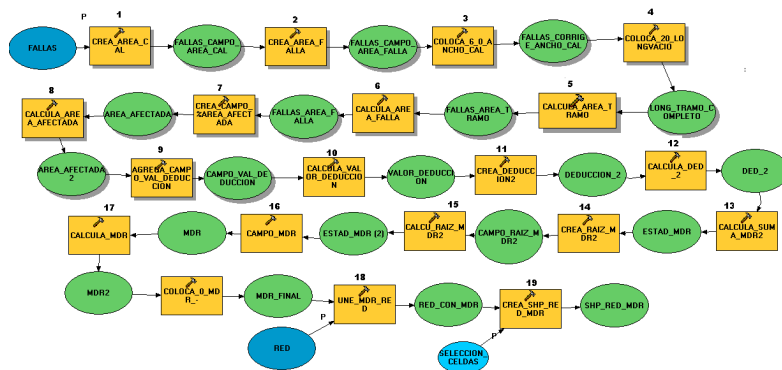
CAMPO	DESCRIPCION
TIPO	Tipo de falla inventariada
ANCHO	Ancho de la falla en unidades de metros (m)
LONGITUD	Largo de la falla en unidades de metros (m)
SEVERIDAD	Severidad o gravedad de la falla
LONG TRAMO	Longitud del tramo inventariado
ANCHO TRAMO	Ancho del tramo inventariado
CODRED	Codigo de Red del tramo.

Fuente: Elaboracion Propia

El segundo shape necesario es tipo línea y contiene los atributos de la malla vial, para el caso de la creación del modelo el único atributo que es útil de este shape es el código de red de cada elemento.

El modelo será mostrado en una imagen y a partir de ahí será explicada cada parte que lo conforma.

Figura 35. Modelo En Arcgis para el cálculo de MDR



Fuente: Elaboracion Propia

La anterior figura muestra el modelo completo numerando cada uno de los procesos realizados. Vale la pena recordar que los ovalos azules corresponden a la información inicial o input del modelo, en este caso sería el shape de fallas con la información descrita en la tabla 4; los rectángulos naranjas son las herramientas que modifican el shp de entrada, estos aparecen con una numeración en su parte superior, los ovalos verdes son el producto o output del paso de un ovalo verde por un rectángulo naranja, es decir, el resultado de la modificación hecha sobre un shape por una herramienta de ArcGIS. A continuación se describe paso a paso la metodología.

1. Crea un campo en el shape FALLAS con el nombre de AREA_CAL, la función encargada de realizar esto se llama add field.
2. Crea un campo en el shape FALLAS con el nombre de AREA_FALLA, la función encargada de realizar esto se llama add field.
3. Existen valores iguales a 0 en el atributo de ancho de calzada; para que el modelo corra correctamente es necesario que ningún valor de ancho de calzada sea igual a 0. El proceso número 3 se encarga de hacer que los valores iguales a 0 sean reemplazados por 6, la herramienta de ArcGIS encargada de esto se llama calculate field.
4. Existen valores iguales a 0 en el atributo de longitud tramo; para que el modelo corra correctamente es necesario que ningún valor de longitud tramo sea igual a 0. El proceso número 4 se encarga de hacer que los valores iguales a 0 sean reemplazados por 20, la herramienta de ArcGIS encargada de esto se llama calculate field.
5. Calcula el área del tramo multiplicando el largo de la calle por el ancho de la calzada. La herramienta de ArcGIS encargada de esto se llama Calculate field.

6. Calcula el area del tramo multiplicando el largo de la calle por el ancho de la calzada. La herramienta de Arcgis encargado de esto se llama Calculate field.
7. Calcula el área de la falla multiplicando el largo por el ancho de cada una de ellas. La herramienta de Arcgis encargado de esto se llama Calculate field.
8. Calcula el porcentaje de area afectada por un tipo de falla en cada cuadra o segmento vial, se calcula dividiendo el area de la falla sobre el area de la cuadra. La herramienta encargada de este proceso se llama Calculate field.
9. Agrega un campo llamado Valor de deducción al shape de puntos. La herramienta encargada de esta acción se llama add field.
10. El valor de deducción se fundamenta en las graficas del anexo 2, el valor de deducción es funcion de el porcentaje de area afectada en un tramo de via por un tipo de falla, con su respectivo grado de severidad. Para poder materializar este paso del modelamiento fue necesario hacer una programacion en visual basic fusionado con la herramienta calculate field de Arcgis, en el anexo 3 podemos consultar el codigo de visual basic utilizado.
11. Crea un campo llamado deducción 2, este campo es creado con la herramienta calculate field.
12. Se calcula el valor de deducción al cuadrado sobre el campo creado en el numeral 11. La herramienta que realiza este proceso se llama calculate field.
13. En este paso se suman todos los valores de deducción al cuadrado de un mismo tramo, la herramienta que se encarga de este procedimiento se llama summary statistics.

14. Se crea un campo llamado Raiz_ded2, la herramienta a utilizar, add field.
15. Se calcula la raíz del valor encontrado en el paso 11.
16. Se crea un campo llamado MDR. Add field se encarga de esta tarea.
17. Calcula el valor de MDR con el calculo igual a $100 - \text{valor del paso 15}$.
18. Le coloca el valor de MDR a cada uno de los tramos de Bucaramanga, la herramienta se llama join y se encarga de unir el shape resultante del proceso hasta el punto 17 con el shape de la red vial. El atributo que hace posible este proceso es el código de red, ya que cada valor de MDR tiene un código que corresponde a un elemento en la red, de esta manera ahí un punto de anclaje entre estos dos shapes.
19. Por ultimo se exporta la malla con los valores de MDR.

4.2.2. INDICES DE EVALUACION DE ESTADOS DE LA RED VIAL

Despues de correr el modelo de Arcgis sobre toda la malla vial de Bucaramanga se obtuvieron estadisticas discriminadas por tipos de vias: primarias, secundarias o terciarias, estas estadisticas también están dadas por comunas, se conocieron cuales eran las fallas que mas afectaban cada tipo de red etc, toda esta información será mostrada a continuación.

4.2.2.1. ESTADOS DE PAVIMENTOS PARA BUCARAMANGA

Tabla 20 Pavimentos existentes en Bucaramanga

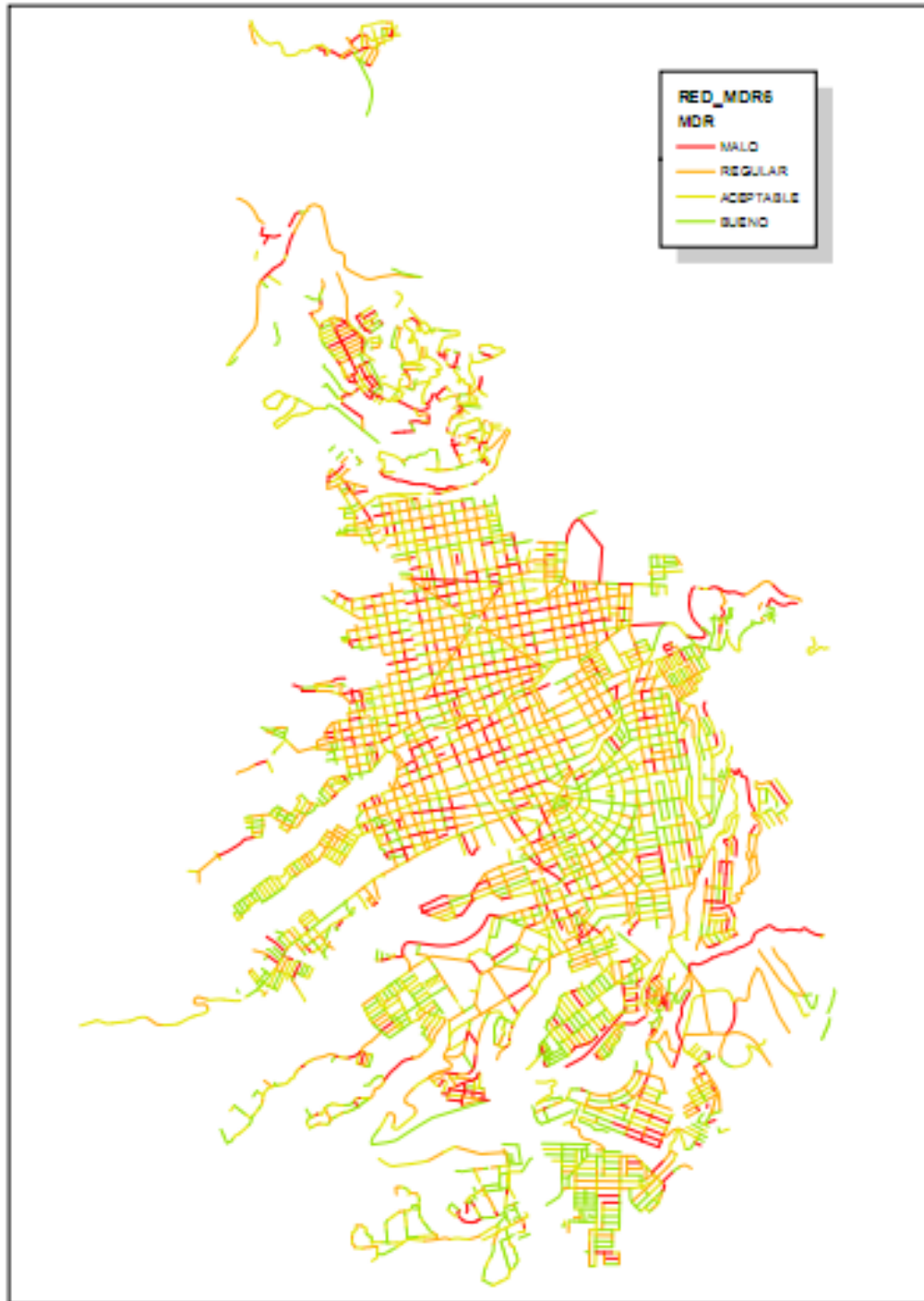
	VEHICULAR
TIPO PAVIMENTO	%
FLEXIBLE	93,28%
RIGIDO	3,85%
OTROS	2,88%

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior nos muestra el porcentaje de pavimentos existentes en la red vial de Bucaramanga haciendo una distinción de los diferentes tipos de pavimentos, podemos observar como el área existente en pavimento flexible corresponde al 93.28% del total de pavimento existente en la red, por este motivo las estadísticas de estados serán calculados solamente para este tipo de pavimentos y utilizando la metodología descrita en el numeral 3.2.1.

A continuación se muestra el mapa de Bucaramanga con sus segmentos pintados, cada color representa un estado del pavimento, en este caso el rojo indica que el pavimento está en mal estado, el naranja que esta en regular estado, el amarillo en un estado aceptable y el verde que esta bueno el pavimento.

Figura 36. Estados del pavimento en Bucaramanga



Fuente: Elaboración propia

La anterior figura muestra los estados de los pavimentos en las vías del casco urbano de Bucaramanga, los mejores estados se encuentran hacia los barrios ubicados en el oriente, del mismo modo se observa que la zona norte y la parte occidental de la ciudad la capa de rodadura se encuentra en un deterioro considerable.

4.2.2.2. ESTADOS DEL PAVIMENTO SEGÚN EL TIPO DE RED

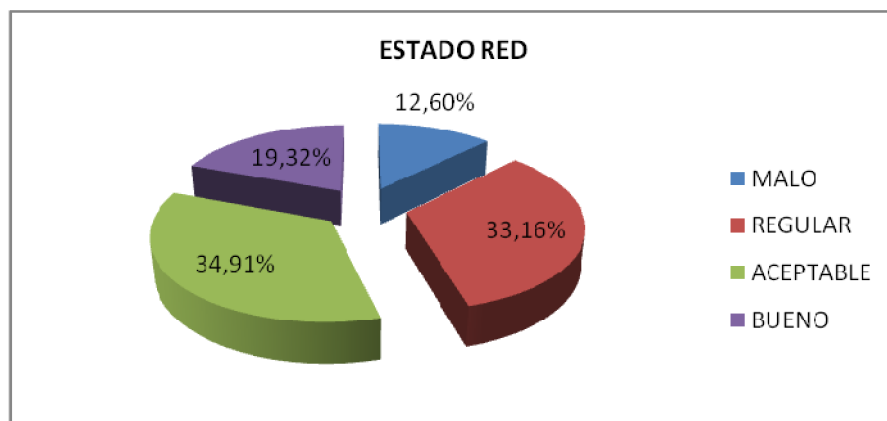
Tabla 21 Estados de pavimentos por clase de red

ESTADO	PRIMARIA		SECUNDARIA		TERCIARIA	
	AREA (m ²)	PORCENTAJE (%)	AREA (m ²)	PORCENTAJE (%)	AREA (m ²)	PORCENTAJE (%)
Malo	81657,27	10,93	172653,04	12,66	129272,25	13,91
Regular	340799,05	45,62	442577,87	32,46	233504,45	25,13
Aceptble	267071,13	35,75	464599,11	34,08	334416,52	35,99
Bueno	57590,94	7,71	283533,12	20,80	231892,48	24,96
Total	747118,38	100,00	1363363,14	100,00	929085,69	100,00

Fuente: Elaboración propia

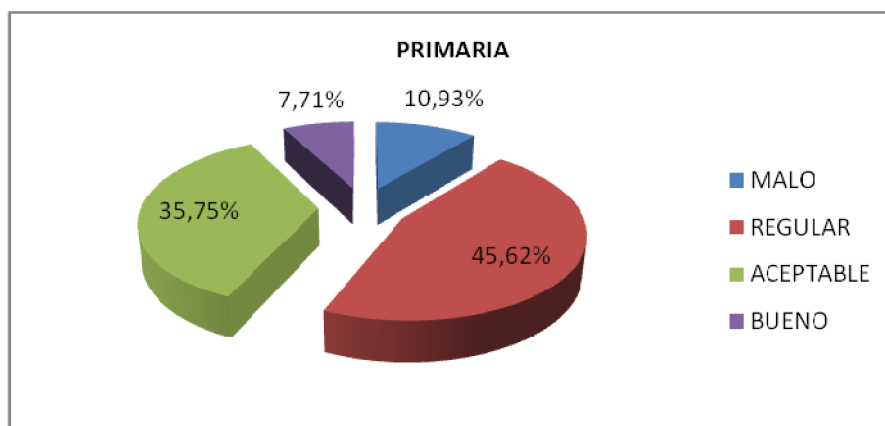
La anterior tabla muestra el área correspondiente a las redes primaria, secundaria y terciaria destacando el estado que presenta la capa de rodadura, resaltando que el 10,93% de la red primaria se encuentra en mal estad. En las siguiente figuras se representa en detalle la distribución porcentual de los estados que presenta la malla vial.

Figura 37. Estados de pavimentos por clase de red



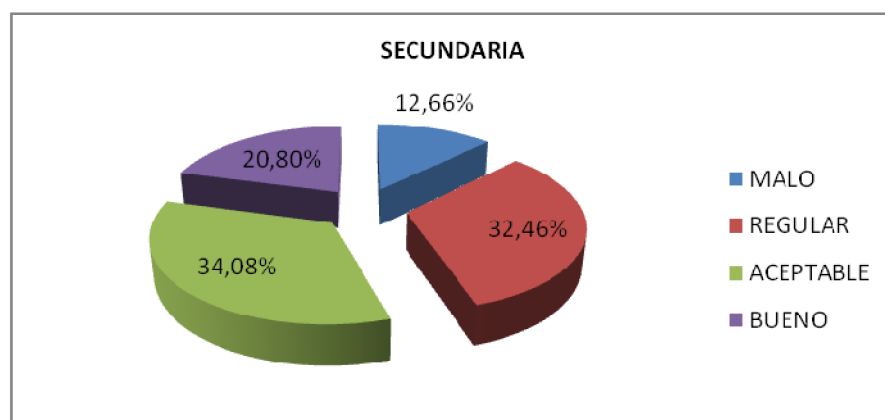
Fuente: Elaboración propia

Figura 38. Estado de pavimento de la red primaria



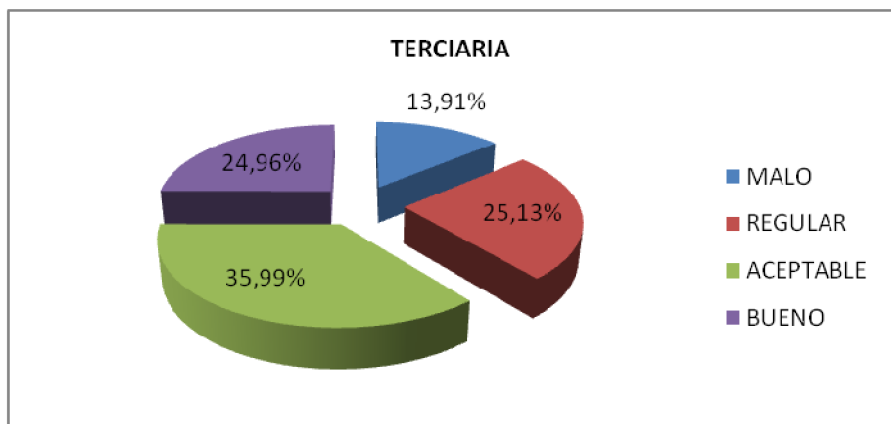
Fuente: Elaboración propia

Figura 39. Estado de pavimento de la red secundaria



Fuente: Elaboración propia

Figura 40. Estado de pavimento de la red terciaria



Fuente: Elaboración propia

El estado de la red primaria subdividida por corredores viales se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 22 Estados de los corredores viales de la red Primaria

TRAMO	MALO		REGULAR		ACEPTABLE		BUENO	
	AREA (m ²)	PORCENTAJE (%)	AREA (m ²)	PORCENTAJE (%)	AREA (m ²)	PORCENTAJE (%)	AREA (m ²)	PORCENTAJE (%)
K9	0,00	0,00	10130,38	66,71	4655,41	30,65	400,92	2,64
K14	3315,36	20,45	8250,63	50,88	3915,42	24,15	733,48	4,52
K17	776,94	2,74	14071,41	49,55	10668,43	37,56	2884,27	10,16
K18	5946,14	25,52	12272,80	52,67	2999,43	12,87	2083,05	8,94
K19	1777,54	12,75	8589,34	61,62	3122,52	22,40	450,66	3,23
K21	2463,25	7,58	7532,49	23,17	20036,91	61,62	2482,00	7,63
K22	1439,13	6,07	4610,82	19,46	12325,64	52,01	5324,13	22,46
K30	738,40	4,34	11303,88	66,50	4062,35	23,90	893,66	5,26
K33	3182,45	8,10	18249,13	46,47	14729,67	37,50	3112,89	7,93
K32A	644,73	15,81	1907,05	46,75	770,08	18,88	757,23	18,56
K36	1218,93	9,84	4745,46	38,30	5130,96	41,41	1296,49	10,46
C12	6213,28	71,56	370,56	4,27	2098,22	24,17	0,00	0,00
C14	2488,60	15,56	3992,20	24,95	6896,66	43,11	2620,67	16,38
C22	6058,82	80,99	697,60	9,33	724,50	9,68	0,00	0,00
C33	1545,20	8,56	15004,95	83,11	1505,13	8,34	0,00	0,00
C34	5136,75	23,48	8546,19	39,06	7092,15	32,42	1103,10	5,04
C36	0,00	0,00	6303,82	20,97	20102,41	66,87	3656,18	12,16
C37	0,00	0,00	7565,79	62,22	2783,10	22,89	1811,82	14,90
C45	589,68	1,96	7375,24	24,47	15967,00	52,97	6209,85	20,60
C64	4117,24	15,89	15427,00	59,54	5150,97	19,88	1216,70	4,70
C65	0,00	0,00	11659,80	53,35	10055,43	46,01	140,00	0,64
C93	3209,29	20,35	2984,42	18,93	7481,02	47,44	2093,14	13,27
C105	0,00	0,00	10632,53	56,70	5177,06	27,61	2941,24	15,69
AV ROSITA	0,00	0,00	6412,63	27,94	13434,38	58,53	3106,11	13,53
AV QSECA	6446,93	11,88	25871,61	47,68	19700,30	36,30	2245,44	4,14
AV VALENCIA	0,00	0,00	6340,03	38,29	8813,91	53,24	1402,52	8,47
C45 PALENQUE	0,00	0,00	6844,75	24,85	20700,29	75,15	0,00	0,00
TV ORIENTAL	0,00	0,00	18106,79	73,67	3832,89	15,59	2640,19	10,74
SALIDA CUCUTA	11314,87	65,18	4391,36	25,30	1651,93	9,52	0,00	0,00
TRANSVERSAL METROPOLITANA	0,00	0,00	8919,44	36,49	15522,78	63,51	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia

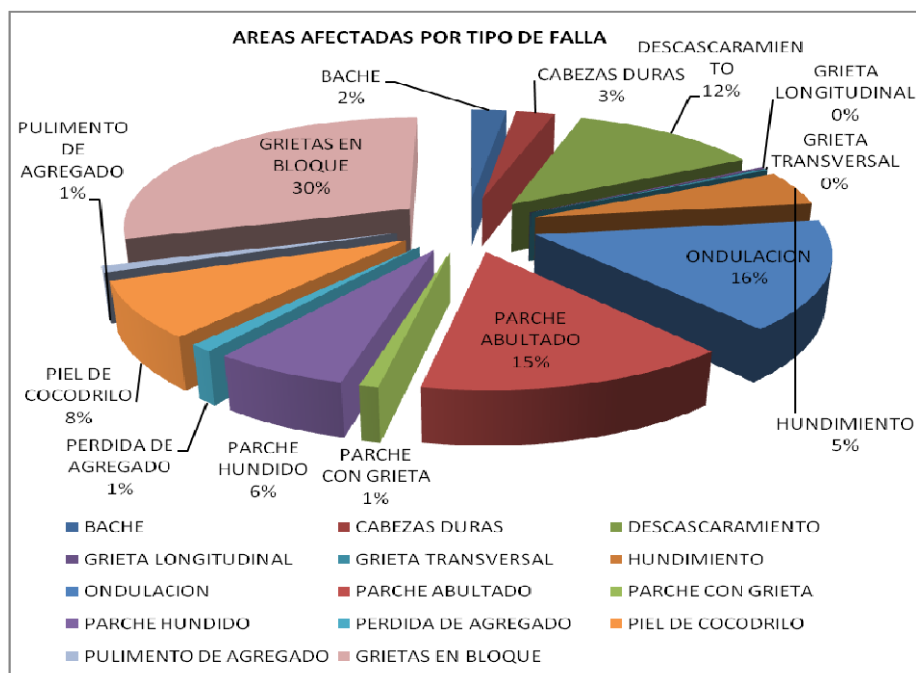
Vale aclarar que si un tramo tiene partes de pavimento dañado pero su calificación es buena se considera que toda el área de el tramo esta buena.

Podemos observar el grado de deterioro en el que se encuentran algunos corredores, el 71.56% del área de la calle 12 se encuentra en mal estado, así como el 80.90% de la calle 22. Por otro lado la Avenida la Rosita, la Avenida González Valencia se encuentran en buen estado, la carrera 33 esta afectada en el tramo de la calle 52, frente a la clínica Bucaramanga.

4.2.2.3. CUANTIFICACION DE FALLAS EN LA RED

El desgaste superficial afecta a más del 50 % de los pavimentos, aunque la severidad de este no es alta, por este motivo en la siguiente grafica este tipo de falla no se representara.

Figura 41. Cuantificación de fallas en la red



Fuente: Elaboración propia

El área afectada por fallas en los pavimentos se muestra a continuación:

Tabla 23 Cuantificación de fallas en la red

TIPO FALLA	PRIMARIA		SECUNDARIA		TERCIARIA		TOTAL RED	
	AREA (m ²)	PORCENTAJE (%)	AREA (m ²)	PORCENTAJE (%)	AREA (m ²)	PORCENTAJE (%)	AREA (m ²)	PORCENTAJE (%)
Bache	8376,70	1,61	4227,97	0,61	6236,65	1,41	18841,32	1,13
Cabezas duras	3487,49	0,67	9248,40	1,33	5215,30	1,18	17951,19	1,08
Descascaramiento	7742,23	1,48	44978,62	6,47	32745,68	7,38	85466,53	5,15
Desgaste superficial	343759,68	65,87	330379,54	47,54	178211,33	40,18	852350,54	51,34
Grieta longitudinal	755,46	0,14	916,26	0,13	701,34	0,16	2373,06	0,14
Grieta transversal	594,36	0,11	1067,52	0,15	463,08	0,10	2124,96	0,13
Hundimiento	6448,04	1,24	16272,81	2,34	18122,53	4,09	40843,38	2,46
Ondulacion	21677,14	4,15	49469,78	7,12	51709,96	11,66	122856,88	7,40
Parche abultado	17045,39	3,27	62486,49	8,99	27994,57	6,31	107526,45	6,48
Parche con grieta	2862,53	0,55	2622,06	0,38	3033,43	0,68	8518,02	0,51
Parche hundido	7527,80	1,44	20832,29	3,00	20082,06	4,53	48442,15	2,92
Perdida de agregado	4141,72	0,79	6446,03	0,93	1607,58	0,36	12195,33	0,73
Piel de cocodrilo	20066,66	3,84	31461,85	4,53	14723,16	3,32	66251,67	3,99
Pulimento de agregado	3399,50	0,65	3024,10	0,44	693,90	0,16	7117,50	0,43
Grietas en bloque	74008,07	14,18	111472,50	16,04	82004,77	18,49	267485,34	16,11
Total	521892,76	100,00	694906,21	100,00	443545,34	100,00	1660344,32	100,00

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.4. FALLAS QUE MÁS AFECTAN LA RED

La siguiente tabla muestra cuales son las fallas que mas afectan los pavimentos clasificadas para la red primaria, secundaria y terciaria.

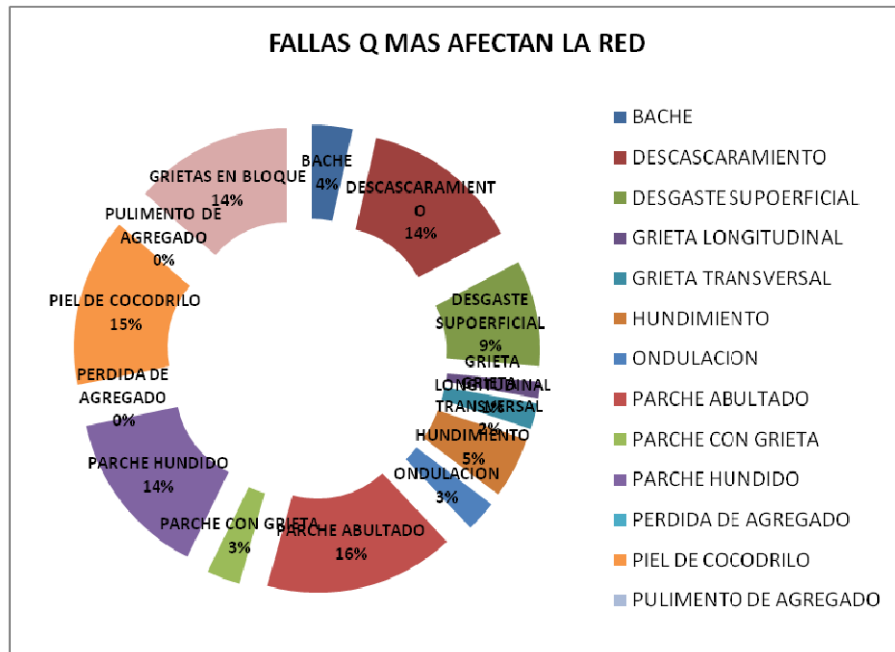
Tabla 24 *Fallas que más afectan la red*

TIPO FALLAS	PRIMARIA PORCENTAJE (%)	SECUNDARIA PORCENTAJE (%)	TERCIARIA PORCENTAJE (%)	TOTAL PORCENTAJE (%)
Bache	5,67	2,93	2,94	3,53
Descascaramiento	9,75	13,86	15,72	13,53
Desgaste superficial	9,47	8,79	9,59	9,18
Grieta longitudinal	1,54	1,45	1,25	1,41
Grieta transversal	2,39	2,55	1,57	2,22
Hundimiento	4,67	4,66	6,40	5,20
Ondulacion	1,92	2,36	3,66	2,66
Parche abultado	15,66	17,65	15,11	16,43
Parche con grieta	6,45	2,13	1,52	2,89
Parche hundido	11,03	15,41	15,92	14,61
Piel de cocodrilo	17,69	15,61	10,84	14,60
Grietas en bloque	13,77	12,61	15,48	13,74
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: Elaboración propia

La siguiente gráfica muestra cuales son las fallas que más deterioran el pavimento, no quiere decir que sean las más extensas sino que por su tipología son fallas que afectan en gran proporción a la capa de rodadura, por ejemplo, el desgaste superficial es un tipo de falla que tiene grandes extensiones pero no es una falla que amenace la capacidad de la estructura. En cambio los baches son fallas que aparecen en pequeñas extensiones, pero degradan severamente el pavimento.

Figura 42. Fallas que más afectan la red

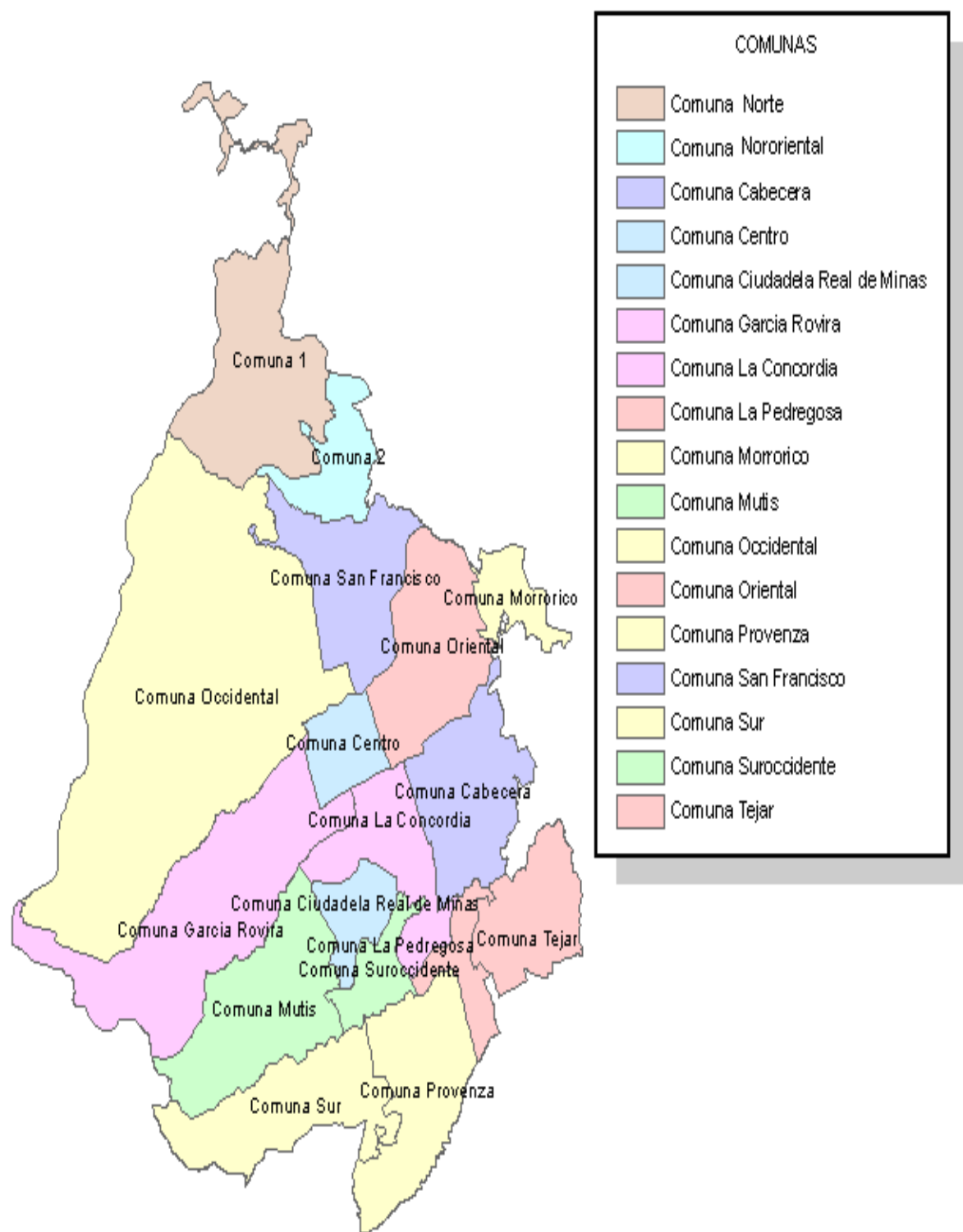


Fuente: Elaboración propia

4.2.2.5. ESTADÍSTICAS DE FALLAS POR COMUNAS

De acuerdo a la clasificación de las comunas del municipio de Bucaramanga se realizó un análisis de afectación de las vías por el daño de pavimentos por cada una de ellas, el siguiente mapa muestra esta clasificación.

Figura 43. División de la ciudad por comunas



Fuente: Elaboración propia

Tabla 25 Estado de los pavimentos por comunas

NOMBRE COMUNA	MALO		REGULAR		ACEPTABLE		BUENO	
	AREA (m ²)	PORCENTAJE (%)	AREA (m ²)	PORCENTAJE (%)	AREA (m ²)	PORCENTAJE (%)	AREA (m ²)	PORCENTAJE (%)
Comuna Norte	33680,71	8,78	45198,72	4,45	62425,72	5,86	23097,89	4,03
Comuna Nororiental	12598,31	3,28	13702,38	1,35	43220,63	4,06	10768,70	1,88
Comuna Cabecera	30814,56	8,03	113971,36	11,22	151036,08	14,17	81730,36	14,26
Comuna Centro	27522,38	7,18	91806,34	9,04	58367,64	5,48	15675,59	2,74
Comuna Ciudadela	20352,86	5,31	44489,03	4,38	26812,69	2,52	14134,22	2,47
Comuna Garcia Rovira	11200,66	2,92	41488,16	4,09	83142,28	7,80	36384,00	6,35
Comuna La Concordia	45734,78	11,92	64642,46	6,37	95905,91	9,00	56147,07	9,80
Comuna La Pedregosa	9928,04	2,59	27283,67	2,69	22984,25	2,16	20000,56	3,49
Comuna Mrrorico	7987,13	2,08	5993,61	0,59	6643,99	0,62	10541,95	1,84
Comuna Mutis	7269,28	1,90	31466,32	3,10	53299,32	5,00	29568,17	5,16
Comuna Occidental	27043,70	7,05	78529,03	7,73	72983,45	6,85	37818,21	6,60
Comuna Oriental	43355,66	11,30	164592,73	16,21	126937,73	11,91	67827,88	11,84
Comuna Provenza	19125,22	4,99	49109,81	4,84	54016,22	5,07	70552,94	12,31
Comuna San Francisco	58410,99	15,23	182906,03	18,01	139226,39	13,07	51178,15	8,93
Comuna Sur	3336,92	0,87	16719,17	1,65	42647,80	4,00	30070,03	5,25
Comuna Suroccidente	9889,14	2,58	7334,60	0,72	11543,10	1,08	11460,43	2,00
Comuna Lagos del Cacique	15332,23	4,00	36187,39	3,56	14345,62	1,35	6060,34	1,06
Total	383582,56	100,00	1015420,81	100,00	1065538,81	100,00	573016,53	100,00

Fuente: Elaboración propia

La anterior tabla muestra cuales son las comunas que presentan mayor afectación, podemos ver como las comunas Norte y Nororiental son las que presentan menor calidad en las vías por los daños en los pavimentos, así como las comunas de San Francisco y la de Concordia, por el contrario las comunas de Provenza y de Cabecera tienen buen estado en los pavimentos.

5. CONCLUSIONES

La oportunidad de realizar una practica empresarial en un grupo de investigación de prestigio como lo es Geomatica es la mejor manera de reforzar lo aprendido en las cátedras de la universidad, en esta ocasión los temas de pavimentos y de los sistemas de información geográfico se fusionaron y sirvieron como herramienta para obtener estadísticas de la malla vial de la ciudad de Bucaramanga.

Esta practica empresarial refuerza los conocimientos sobre las fallas que se pueden presentar en un pavimento, se conocieron las diferentes topologías existentes, cuales de estas son a causa de espesores de capas deficientes, a malos métodos constructivos, a cambios de temperatura; deformaciones de la subrasante etc.

El acompañamiento a la comisión de alto rendimiento fue una experiencia única, se presento la oportunidad de conocer instrumentación de última generación para hacer ensayos sobre pavimentos, ensayos como la deflectometria FWD, índice de rugosidad IRI, y Georradar para ver los espesores presentes en las diferentes capas del pavimento.

El manejo de la información en oficina fue la experiencia más educativa, se aprendió a manejar El software Arcgis en un nivel avanzado, a tal punto de llegar a programar la metodología para el calculo de el estado superficial MDR.

Los hardware y software utilizados para la recolección de información fue algo nuevo, hardware como GPS combinado con Pathfinder, o Arcpado combinado con PDA's fueron fundamentales para concluir con éxito la recolección de información.

El área de pavimentos de la red primaria en general se encuentran en regular estado, tan solo el 7,71% de esta red se encuentran en buen estado y el 35,75% se encuentra en aceptables condiciones, mientras que el 45,62% se presenta estados regulares.

Vías que se encuentran dentro de las vías primarias según la clasificación hecha al comienzo del libro y que tienen un alto grado de deterioro vale la pena resaltarlas, las calles 12 tiene un 71.56% de sus calles dañadas, mientras que la calle 22 un 80,90 %, para estas dos calles se hace necesaria una reconstrucción.

La vía que conduce hacia Cúcuta desde el Parque del Agua hasta el barrio Albania no presenta un deterioro tan alto como el de la calle 12 y la calle 22 pero se hace necesaria una restauración en gran parte de su extensión.

Los daños que más área afectan en la red primaria son: en primer lugar el desgaste superficial con un 65.87%, lo sigue las grietas en bloque con un 14.18%, las juntas de cocodrilo las ondulaciones no presentan tanta extensión de daño como el desgaste superficial o las fisuras en bloque pero su severidad es alta, hace que la calidad de las vías se vea muy afectada.

La red secundaria está en mal estado en un 12,66%, regular en un 32,46%, aceptable en 34.08% y bueno en el 20.8%. La red terciaria está en mal estado en un 13.91%, regular en un 25.13%, aceptable en un 35.99% y buena en un 24.96%. el mal estado de estas redes se encuentran agrupadas en algunas comunas, comunas como la comuna1, comuna2 que corresponden a la parte norte de la ciudad, comuna san francisco y comuna concordia presentan la mayor área de pavimentos en mal estado, mientras que comunas como cabecera, comuna oriental y comuna sur presentan pavimentos en buen estado.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda la implementación de un sistema de seguimiento y actualización de las fallas y estados de los pavimentos como mínimo con la periodicidad anual, que permita igualmente, calibrar los modelos de deterioro de la estructura en la red vial del municipio de Bucaramanga.

Es necesario definir un plan de gestión de pavimentos de la malla vial urbana de la ciudad, con el ánimo de estimar los recursos necesarios para el mantenimiento y recuperación de los pavimentos optimizando el presupuesto con el que cuenta la administración municipal, en el corto y mediano plazo.

Es necesario revisar la calidad de los procesos constructivos de los contratistas del Municipio, ya que las patologías presentadas en una proporción importante de los tramos, va ligado a omisiones o errores en los procesos constructivos, o en los diseños de las estructuras, los cuales no son coherentes con el uso o demanda actual de los mismos.

7. BIBLIOGRAFIA

- MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles
- MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual para la inspección visual de pavimentos Rígidos.
- ARY FERNANDO, BUSTAMANTE MUÑOS. Manual de administración de mantenimiento vial.
- GEOMATICA, UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Informe inventario de infraestructura vial del municipio de Bucaramanga.
- LUIS RICARDO VASQUEZ VARELA. Pavement Condition Index (PCI).
- INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO (IDU). Inventario de la malla vial de Bogotá.
- INGENIERIA Y GESTION VIAL, GEVIAL Ltda. Informe de mediciones de IRI y deflexiones, extracción de núcleos y georradar
- INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Norma INV E-790-07 Determinación del índice internacional de rugosidad (IRI) para medir la rugosidad de los pavimentos
- INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Norma INV E-794-07 Cálculo del índice internacional de rugosidad de carreteras (IRI) Utilizando medidas del perfil longitudinal
- INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Norma INV E-797-07 Medidas de deflexión en pavimentos.
- INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Norma INV E-798-07 Método para medir deflexiones mediante deflectómetro de impacto (FWD).

ANEXO A. TIPOS DE FALLAS EN PAVIMENTOS

En el capítulo 3.1.2 se presentó una Tabla con el resumen de los tipos de fallas inventariados para pavimentos flexibles y pavimentos rígidos, este anexo explica más detalladamente cada uno de los tipos de fallas levantadas por la comisión de pavimentos.

PAVIMENTO FLEXIBLE

Los daños que presenta una estructura de pavimento flexible pueden ser clasificados en cuatro categorías:

- FISURAS
- DEFORMACIONES
- PERDIDA DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA
- DAÑOS SUPERFICIALES
- PARCHES

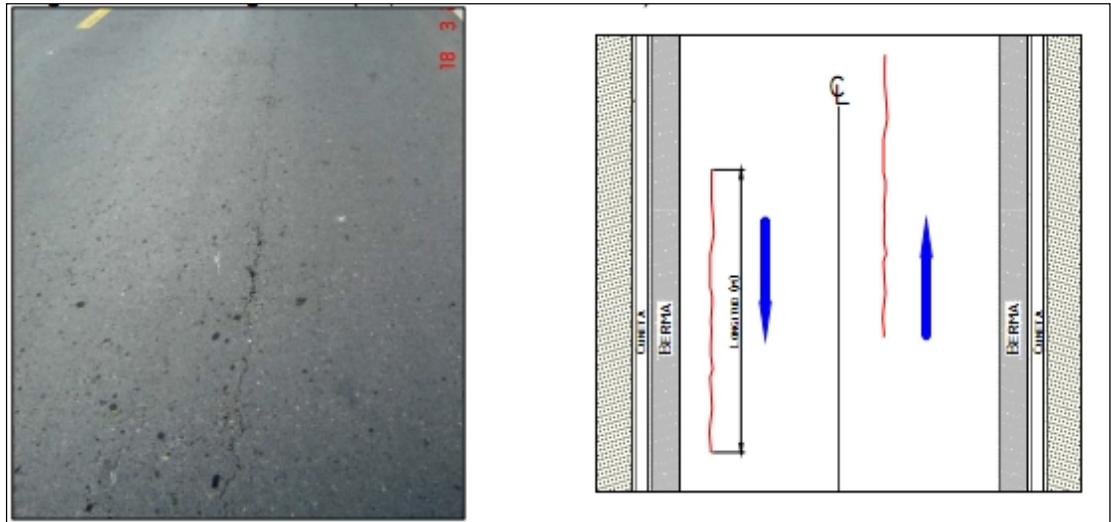
Dentro de cada categoría existen diferentes deterioros que se originan por diversos factores, a continuación se presenta la definición de cada uno de estos deterioros, sus severidades (clasificadas en Baja, Media y Alta) y las unidades de medida.

Fisuras

FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES (GL, GT),

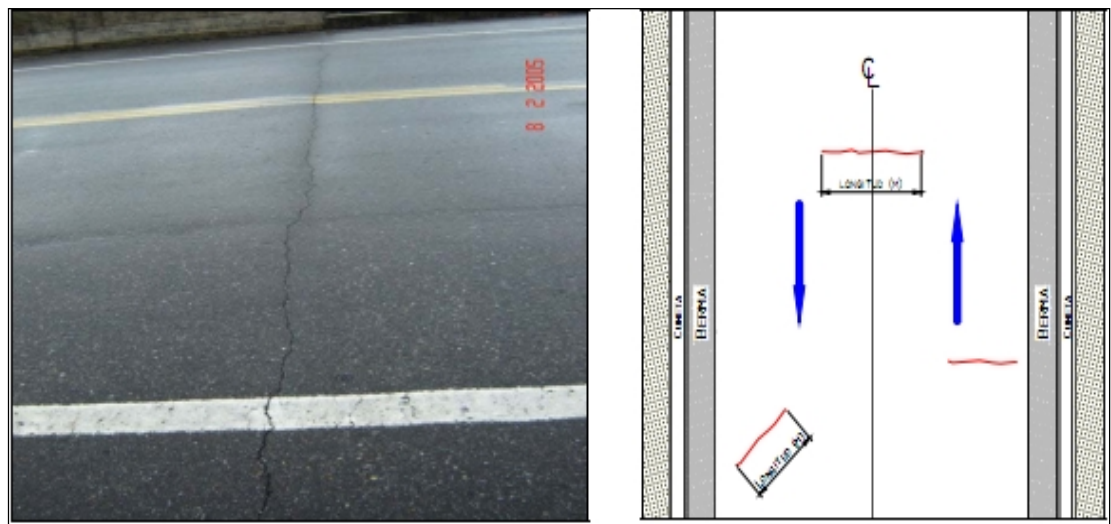
Corresponden a discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él. Son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, los cuales han superado la resistencia del material afectado.

Figura 44. Fisura longitudinal



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos flexibles INVIAS

Figura 45. Fisura transversal



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos flexibles INVIAS

Severidades:

Baja: Abertura de la fisura menor que 1 mm, cerrada o con sello en buen estado.

Media: Abertura de la fisura entre 1 mm y 3 mm, pueden existir algunas fisuras con patrones irregulares de severidad baja en los bordes o cerca de

ellos y pueden presentar desportillamientos leves; existe una alta probabilidad de infiltración de agua a través de ellas.

Alta: Abertura de la fisura mayor que 3 mm, pueden presentar desportillamientos considerables y fisuras con patrones irregulares de severidad media o alta en los bordes o cerca de ellos, puede causar movimientos bruscos a los vehículos.

Unidad de medición:

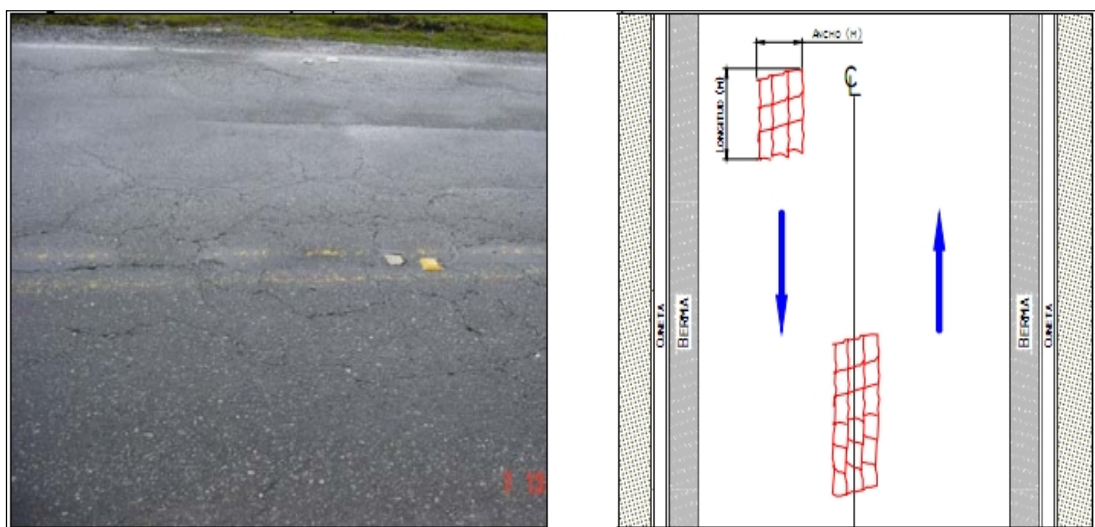
- Se miden en metros (m). Es posible determinar el área de afectación por este deterioro en metros cuadrados (m²) multiplicando la longitud total de fisuras por un ancho de referencia establecido en 0,6 m, esto para los fines del análisis del área total afectada.

GRIETA EN BLOQUE (GB).

Cuando se presenta este tipo de daño la superficie del asfalto es dividida en bloques de forma aproximadamente rectangular. Los bloques tienen lado promedio mayor que 0,30 m.

Este deterioro difiere de la piel de cocodrilo en que esta última aparece en áreas sometidas a carga, mientras que los bloques aparecen usualmente en áreas no cargadas. Sin embargo, es usual encontrar fisuras en bloque que han evolucionado en piel de cocodrilo por acción del tránsito. Por otra parte, la piel de cocodrilo generalmente está formada por bloques con más lados y ángulos agudos.

Figura 46. Grietas en Bloque



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos flexibles INVIAS

Severidades:

Baja: Los bloques se han comenzado a formar, pero no están claramente definidos y están conformados por fisuras de abertura menor que 1 mm, cerradas o con sello, no presentan desportillamiento en los bordes.

Media: Bloques definidos por fisuras de abertura entre 1 mm y 3 mm, o con sello fallado, que pueden o no presentar desportillamiento en los bordes.

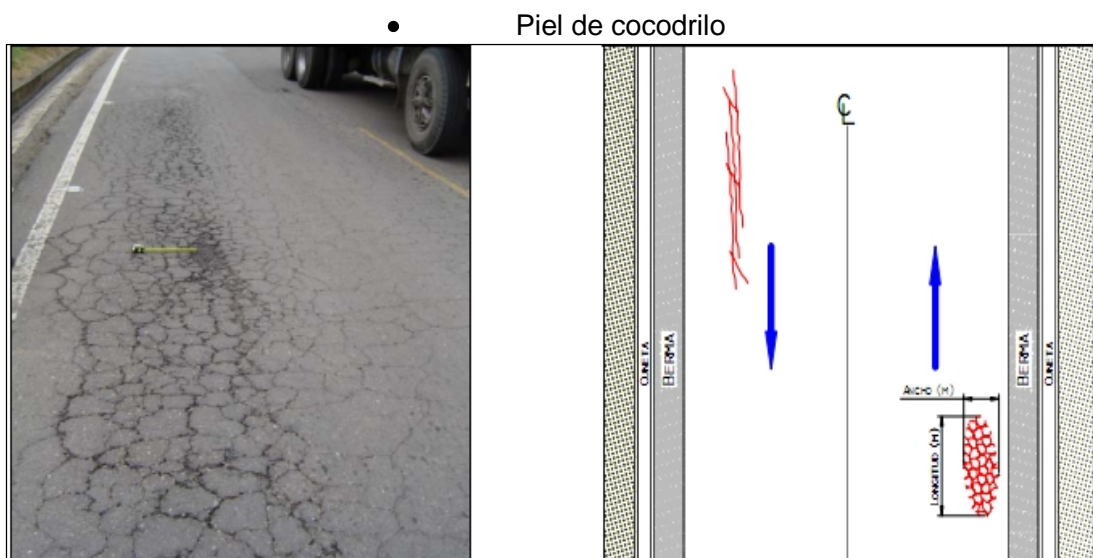
Alta: Bloques bien definidos por fisuras de abertura mayor que 3 mm, que pueden presentar un alto desportillamiento en los bordes.

Unidad de medición:

Se registra el área de superficie de pavimento afectada en metros cuadrados (m²). Puede existir un área en la que se presenten diferentes severidades, caso en el que se registra el área correspondiente a cada una, de ser posible, o de lo contrario se registra toda el área afectada y se asigna el mayor grado de severidad.

PIEL DE COCODRILO (PC).

Corresponde a una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de carga. La fisuración tiende a iniciarse en el fondo de las capas asfálticas, donde los esfuerzos de tracción son mayores bajo la acción de las cargas. Las fisuras se propagan a la superficie inicialmente como una o más fisuras longitudinales paralelas. Ante la repetición de cargas de tránsito, las fisuras se propagan formando piezas angulares que desarrollan un modelo parecido a la piel de un cocodrilo. Tales piezas tienen por lo general un diámetro promedio menor que 30 cm.



SEVERIDADES:

Baja: Serie de fisuras longitudinales paralelas (pueden llegar a tener aberturas de 3 mm), principalmente en la huella, que no presentan desportillamiento, con pocas o ninguna conexión entre ellas y no existe evidencia de bombeo.

Media: Las fisuras han formado un patrón de polígonos pequeños y angulosos, que pueden tener un ligero desgaste en los bordes y aberturas entre 1 mm y 3 mm, sin evidencia de bombeo.

Alta: Las fisuras han evolucionado (abertura mayor que 3 mm), se presenta desgaste o desportillamiento en los bordes y los bloques se encuentran sueltos o se mueven ante el tránsito, incluso llegando a presentar descascaramientos y bombeo.

UNIDAD DE MEDICIÓN:

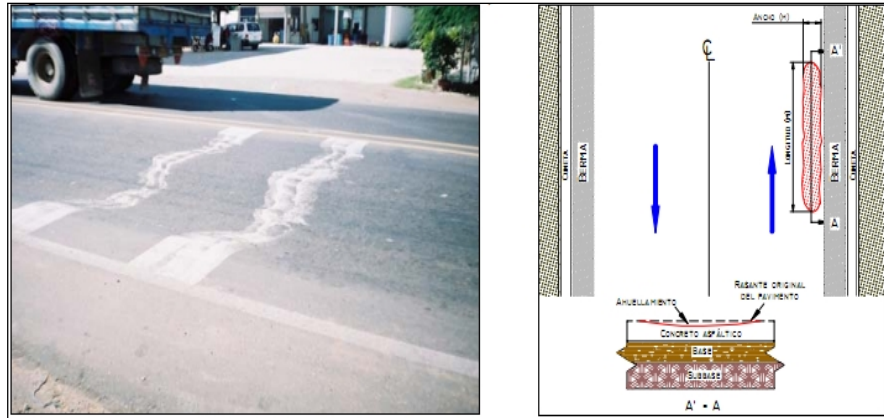
Se reporta el área afectada en metros cuadrados (m²). Cuando en un área se combinen varias severidades y no sea fácil diferenciar las áreas correspondientes a cada una, se reporta el área completa asignándole la mayor severidad que se presente.

Deformaciones

AMUEBLAMIENTO (A).

El ahuellamiento es una depresión de la zona localizada sobre la trayectoria de las llantas de los vehículos. Con frecuencia se encuentra acompañado de una elevación de las áreas adyacentes a la zona deprimida y de figuración. Un ahuellamiento significativo puede llevar a la falla estructural del pavimento y posibilitar el hidropilaje por almacenamiento de agua.

- Ahuellamiento



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos flexibles INVIAS

Severidades:

Baja: Profundidad menor que 10 mm.

Media: Profundidad entre 10 mm y 25 mm.

Alta: Profundidad mayor que 25 mm.

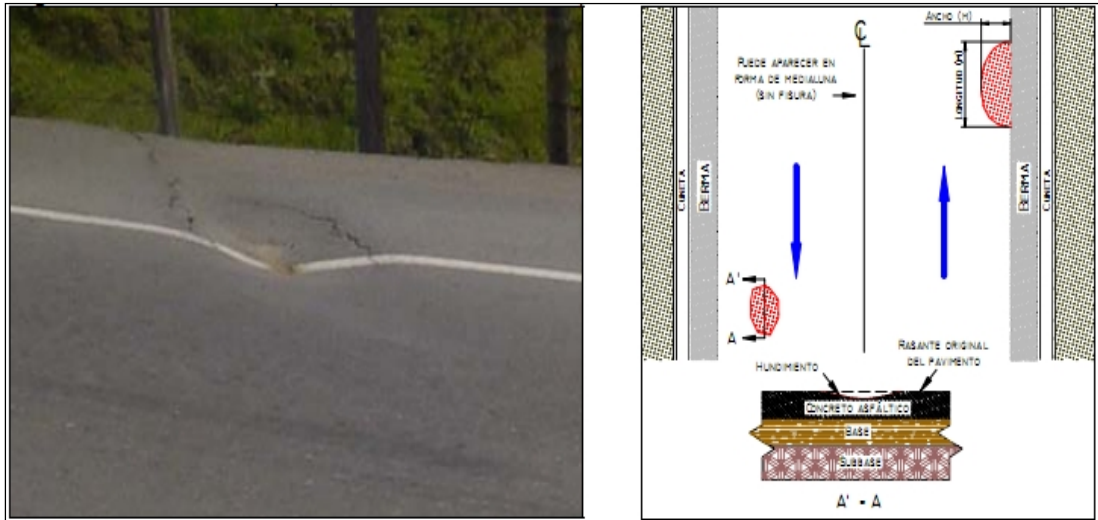
Unidad de medición:

Se mide en metros cuadrados (m²) de área afectada, asignando la severidad de acuerdo con la zona de mayor profundidad.

HUNDIMIENTO (H).

Los hundimientos corresponden a depresiones localizadas en el pavimento con respecto al nivel de la rasante. Este tipo de daño puede generar problemas de seguridad a los vehículos, especialmente cuando contienen agua pues se puede producir hidropneumático. Los hundimientos pueden estar orientados de forma longitudinal o transversal al eje de la vía, o pueden tener forma de medialuna.

Figura 47. Hundimiento



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos flexibles INVIAS

Severidades:

Baja: Profundidad menor que 20 mm, causa poca vibración al vehículo, sin generar incomodidad al conductor.

Media: Profundidad entre 20 mm y 40 mm, causa mayor vibración al vehículo generando incomodidad al conductor.

Alta: Profundidad mayor que 40 mm, causa vibración excesiva que puede generar un alto grado de incomodidad, haciendo necesario reducir la velocidad por seguridad.

Unidad de medición:

Se cuantifica el área afectada en metros cuadrados (m²).

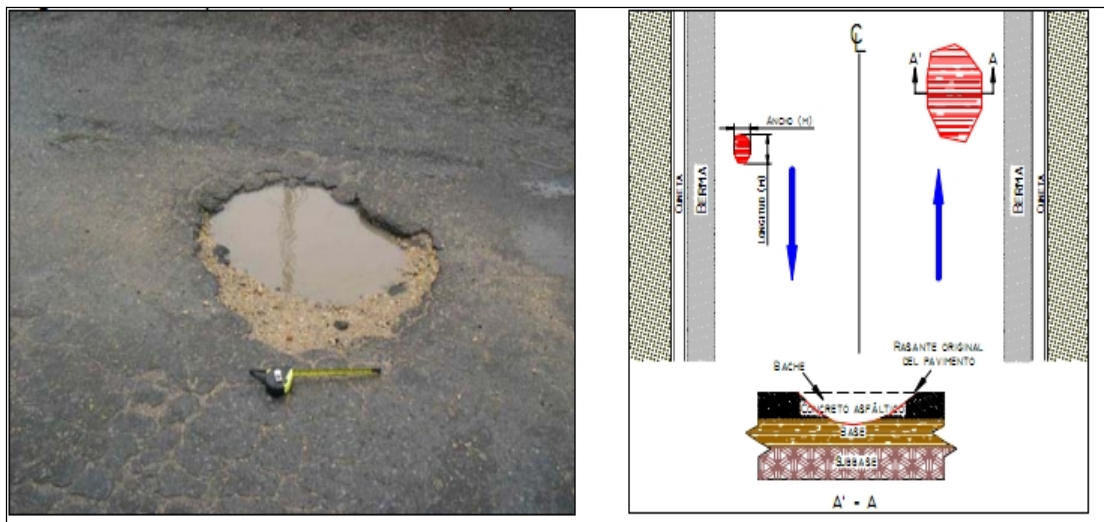
ONDULACIÓN (OND).

Pérdida de la capa de la estructura

BACHES (BCH).

Desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuestos los materiales granulares lo cual lleva al aumento del área afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito. Dentro de este tipo de deterioro se encuentran los ojos de pescado que corresponden a baches de forma redondeada y profundidad variable, con bordes bien definidos que resultan de una deficiencia localizada en las capas estructurales.

Figura 49. Baches



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos flexibles INVIAS

Severidades:

Baja: profundidad de afectación menor o igual que 25 mm, corresponde al desprendimiento de tratamientos superficiales o capas delgadas.

Media: profundidad de afectación entre 25 mm y 50 mm, deja expuesta la base.

Alta: profundidad de afectación mayor que 50 mm, que llega a afectar la base granular.

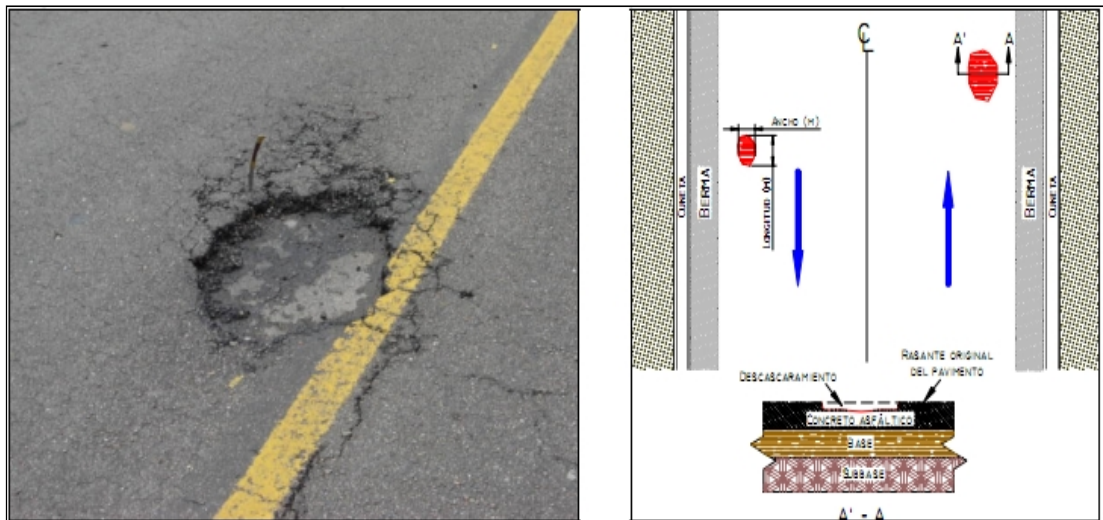
Unidad de medición:

Se miden en metros cuadrados (m²) de área afectada, registrando la mayor severidad existente.

DESCASCARAMIENTO (DC).

Este deterioro corresponde al desprendimiento de parte de la capa asfáltica superficial, sin llegar a afectar las capas asfálticas subyacentes.

- Descascaramiento



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos flexibles INVIAS

Severidades:

Baja: Profundidad menor que 10 mm.

Media: Profundidad entre 10 mm y 25 mm.

Alta: Profundidad mayor que 25 mm.

Unidad de medición:

Se registra el área afectada para cada severidad en metros cuadrados (m²).

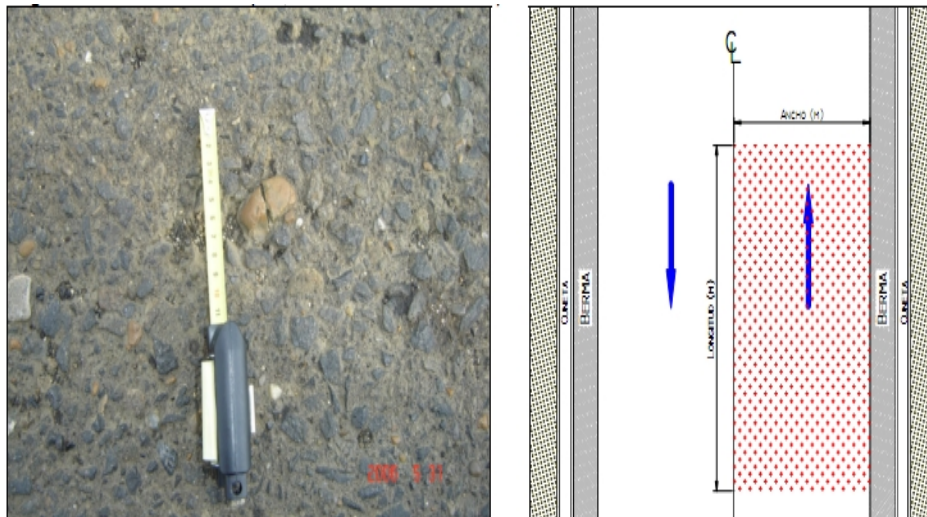
Daños superficiales

CABEZAS DURAS (CD).

Corresponde a la presencia de agregados expuestos fuera del mortero arena-asfalto, que puede llegar a aumentar la rugosidad del pavimento, provocando ruido excesivo para el conductor.

Figura 50.

Cabezas duras



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos flexibles INVIAS

Severidad:

No tiene grado de severidad asociado

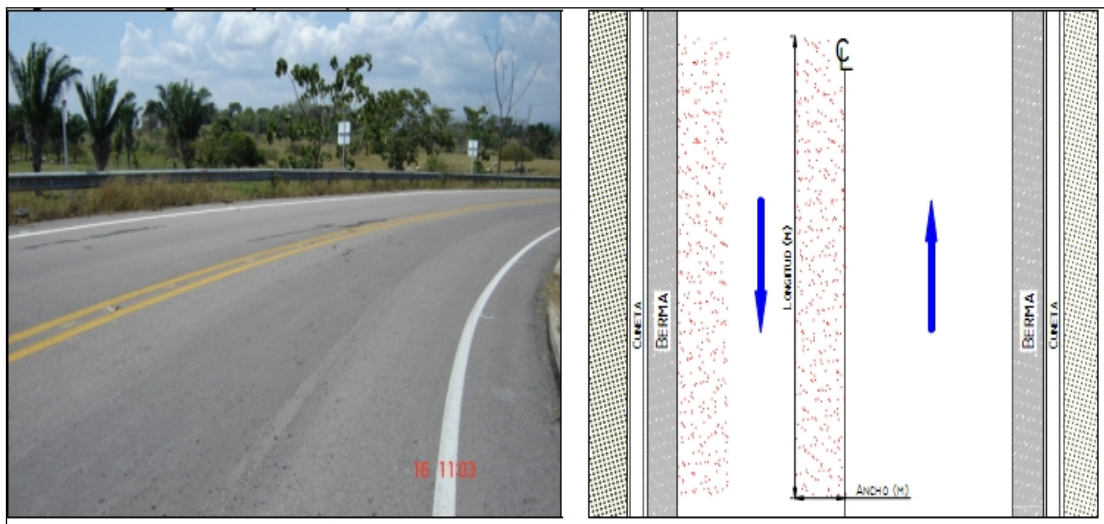
Unidad de medición:

Se mide en metros cuadrados (m²) y no tiene ningún grado de severidad asociado.

DESGASTE SUPERFICIAL (DSU).

Corresponde al deterioro del pavimento ocasionado principalmente por acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos. Se presenta como pérdida de ligante y mortero. Suele encontrarse en las zonas por donde transitan los vehículos. Este daño provoca aceleración del deterioro del pavimento por acción del medio ambiente y del tránsito.

Figura 51. Desgaste Superficial



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos flexibles INVIAS

Severidades:

Baja: Cuando la superficie ha perdido su textura uniforme y se muestra ligeramente áspera o rugosa, con irregularidades hasta de 3 mm aproximadamente.

Media: Cuando la profundidad de las irregularidades es mayor de 3 mm y llega a 10 mm. Se observan las partículas de agregado grueso, y se siente la vibración y una diferencia de sonido de las llantas al transitar sobre el pavimento.

Alta: Si en la superficie ha comenzado a producirse la desintegración superficial de la capa de rodadura y se presentan desprendimientos evidentes y partículas sueltas sobre la calzada.

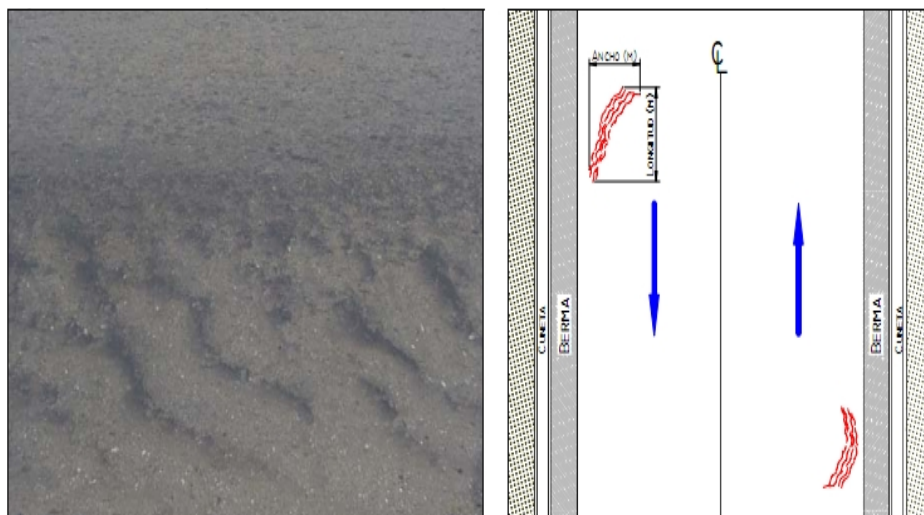
Unidad de medición:

Se mide en metros cuadrados (m²).

EXUDACIÓN (EX).

Este tipo de daño se presenta con una película o afloramiento del ligante asfáltico sobre la superficie del pavimento generalmente brillante, resbaladiza y usualmente pegajosa. Es un proceso que puede llegar a afectar la resistencia al deslizamiento.

Figura 52. Exudación



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos flexibles INVIAS

Severidades:

Puede clasificarse de acuerdo con el espesor de la película de asfalto exudado (teniendo en cuenta qué tanto se han cubierto los agregados superficiales):

Baja: La exudación se hace visible en la superficie, aunque en franjas aisladas y de espesor delgado que no cubre los agregados gruesos.

Media: Apariencia característica, con exceso de asfalto libre que conforma una película que cubre parcialmente los agregados, con frecuencia localizada en las huellas del tránsito; se torna pegajoso en los climas cálidos.

Alta: Presencia de una cantidad significativa de asfalto en la superficie cubriendo casi la totalidad de los agregados, lo que le da un aspecto húmedo de intensa coloración negra y se torna pegajoso en los climas cálidos.

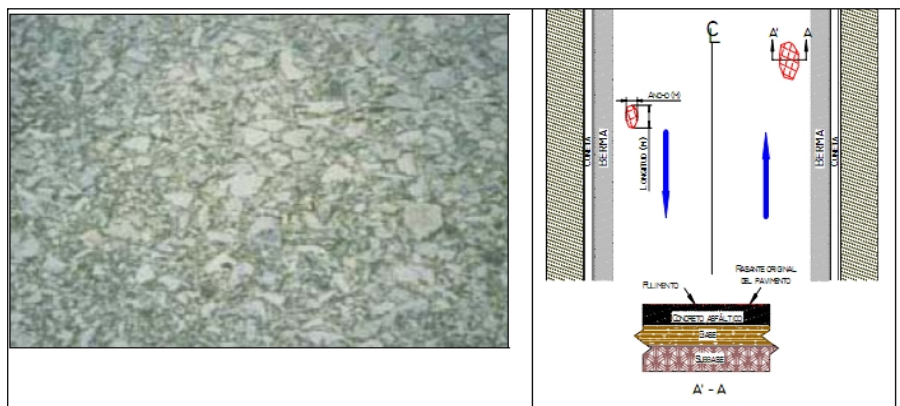
Unidad de medición:

Este tipo de daños es medido en metros cuadrados (m²) de acuerdo a la severidad.

PULIMENTO DEL AGREGADO (PU).

Este daño se evidencia por la presencia agregados con caras planas en la superficie o por la ausencia de agregados angulares, en ambos casos se puede llegar a afectar la resistencia al deslizamiento.

Figura 53. Pulimento de Agregado



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos flexibles INVIAS

Severidad:

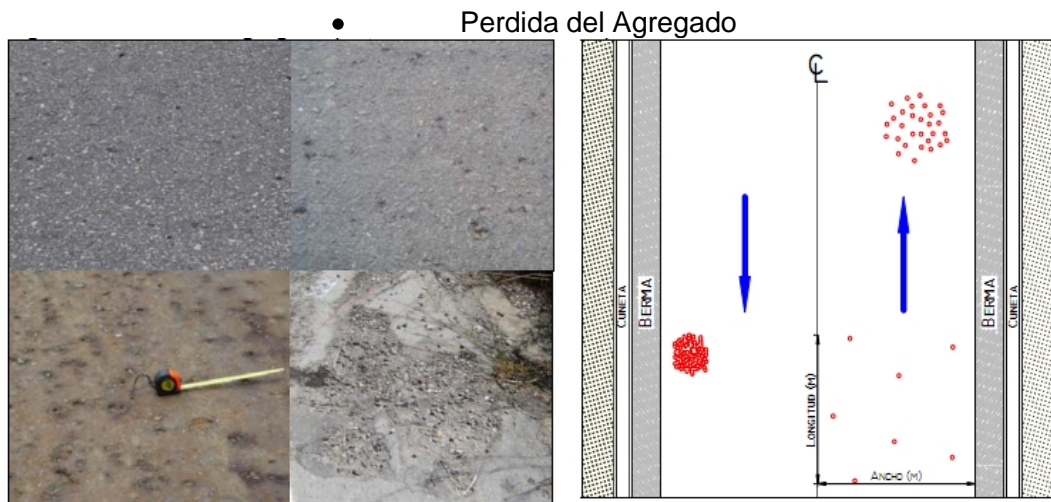
No tiene grado de severidad asociado

Unidad de medición:

Se mide en metros cuadrados (m²)

PÉRDIDA DE AGREGADO (PA).

Conocida también como desintegración, corresponde a la disgregación superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados, haciendo la superficie más rugosa y exponiendo de manera progresiva los materiales a la acción del tránsito y los agentes climáticos. Este tipo de daño es común en tratamientos superficiales, caso en el que pueden aparecer estrías en la dirección del riego y debe ser reportado como surcos.



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos flexibles INVIAS

Severidades:

Baja: Los agregados gruesos han comenzado a desprenderse y se observan pequeños huecos cuya separación es mayor a 0.15 m.

Media: Existe un mayor desprendimiento de agregados, con separaciones entre 0.05 m y 0.15 m.

Alta: Existe desprendimiento extensivo de agregados finos y gruesos con separaciones menores a 0.05 m, haciendo la superficie muy rugosa y se observan agregados sueltos.

Unidad de medición:

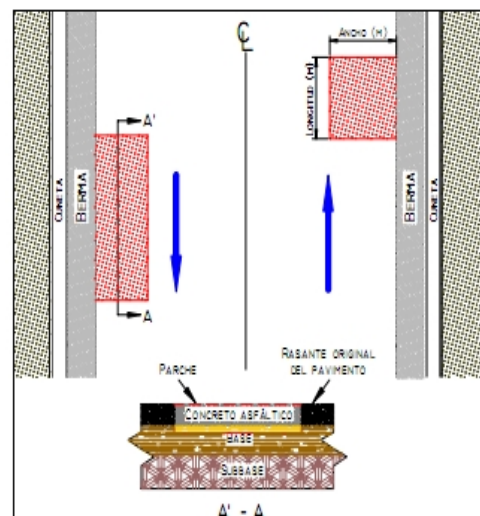
Se registra el área afectada de acuerdo con la severidad predominante, en metros cuadrados (m²).

Parches

Los parches corresponden a áreas donde el pavimento original fue removido y reemplazado por un material similar o diferente, ya sea para reparar la estructura (a nivel de concreto asfáltico o hasta los granulares) o para permitir la instalación o reparación de alguna red de servicios (acueducto, gas, etc.).

Figura 54.

Parches



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos flexibles INVIAS

PARCHES ABULTADOS (PA)

Este tipo de parche presenta una prominencia en su extensión.

SEVERIDAD

Baja: prominencia menor que 10 mm, causa poca vibración al vehículo, la cual no genera incomodidad al conductor.

Media: Profundidad entre 10 mm y 20 mm, causa una mayor vibración al vehículo generando incomodidad al conductor.

Alta: Profundidad mayor que 20 mm, causa una vibración excesiva que puede generar un alto grado de incomodidad, haciendo necesario reducir la velocidad por seguridad.

PARCHES HUNDIDOS (HU)

Son parches que un hundimiento con respecto a la rasante.

Severidad

Baja: Profundidad menor que 20 mm, causa poca vibración al vehículo, sin generar incomodidad al conductor.

Media: Profundidad entre 20 mm y 40 mm, causa mayor vibración al vehículo generando incomodidad al conductor.

Alta: Profundidad mayor que 40 mm, causa vibración excesiva que puede generar un alto grado de incomodidad, haciendo necesario reducir la velocidad por seguridad.

PARCHES CON GRIETAS PERIMETRAL (GP)

El parche con grieta perimetral presenta fisuras en sus bordes

Severidad

Baja: Abertura de la fisura menor que 1mm, cerrada o con sello en buen estado.

Media: Abertura de la fisura entre 1mm y 3mm, pueden existir algunas fisuras con patrones irregulares de severidad baja en los bordes o cerca de ellos.

Alta: Abertura de la fisura mayor que 3mm, pueden presentar desportillamientos considerables y fisuras con patrones irregulares de severidad media o alta en los bordes o cerca de ellos, puede causar movimientos bruscos a los vehículos.

Unidad de medición:

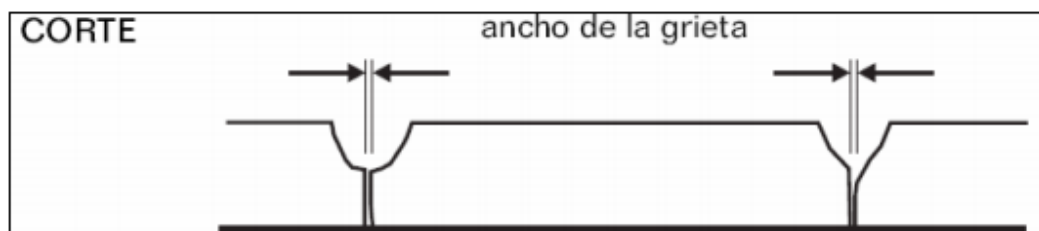
Se mide en metros cuadrados (m²).

PAVIMENTO RÍGIDO

Fisuras

En este inventario las grietas de ancho menor a 0,03 mm se denominan fisuras, en la siguiente figura se muestra el ancho que define una grieta. Este grupo de deterioros incluye todas las discontinuidades y fracturas que afectan las losas de concreto.

Figura 55. Ancho grietas



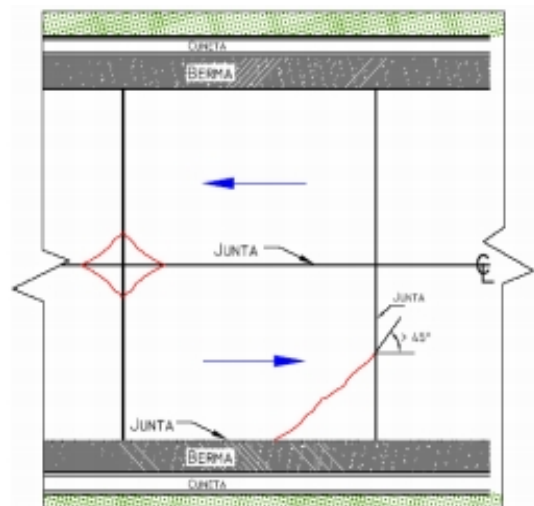
Fuente: Manual para la inspección de pavimentos rígidos INVIAS

GRIETAS DE ESQUINA (GE)

Este tipo de deterioro genera un bloque de forma triangular en la losa; se presenta generalmente al interceptar las juntas transversal y longitudinal, describiendo un ángulo mayor que 45° , con respecto a la dirección del tránsito. La longitud de los lados del triángulo sobre la junta de la losa varía entre 0,3 m y la mitad del ancho de la losa.

Figura 56.

Grietas de Esquina



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos rígidos INVIAS

Severidad

Baja: Grietas selladas o con abertura menor a 0,003 m (3 mm.). Escalonamiento imperceptible y el bloque de la esquina está completo.

Media: Aberturas entre 0,003 m y 0,01 m (3 – 10 mm).

Alta: Aberturas mayores a 0,01 m (10 mm). Se presenta escalonamiento y el bloque de la esquina está dividido en varias partes.

Unidad de medición:

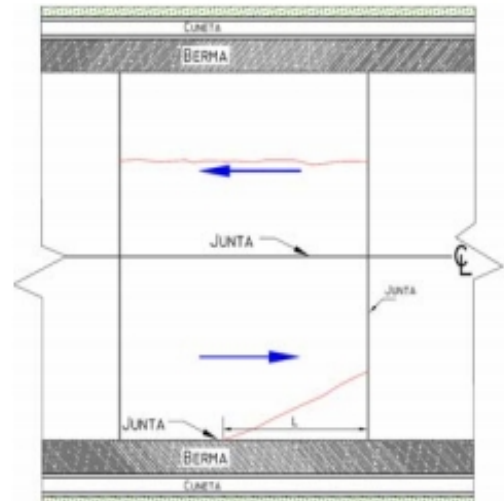
se mide en metros (m)

GRIETAS LONGITUDINALES (GL)

Grietas predominantemente paralelas al eje de la calzada o que se extienden desde una junta transversal hasta el borde de la losa, pero la intersección se produce a una distancia (L) mucho mayor que la mitad de la longitud de la losa. Este tipo de daño se presenta en todos los tipos de pavimento rígido.

Figura 57.

Grietas longitudinales



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos rígidos INVIAS

Severidad

Baja: grietas selladas o con abertura menor a 0,003 m (3 mm.). Escalonamiento imperceptible.

Media: Abertura entre 0,003 m y 0,01 m (3 – 10 mm).

Alta: Aberturas mayores a 0,01m (10 mm). Se presenta escalonamiento mucho mayor a 0,015 m (15 mm).

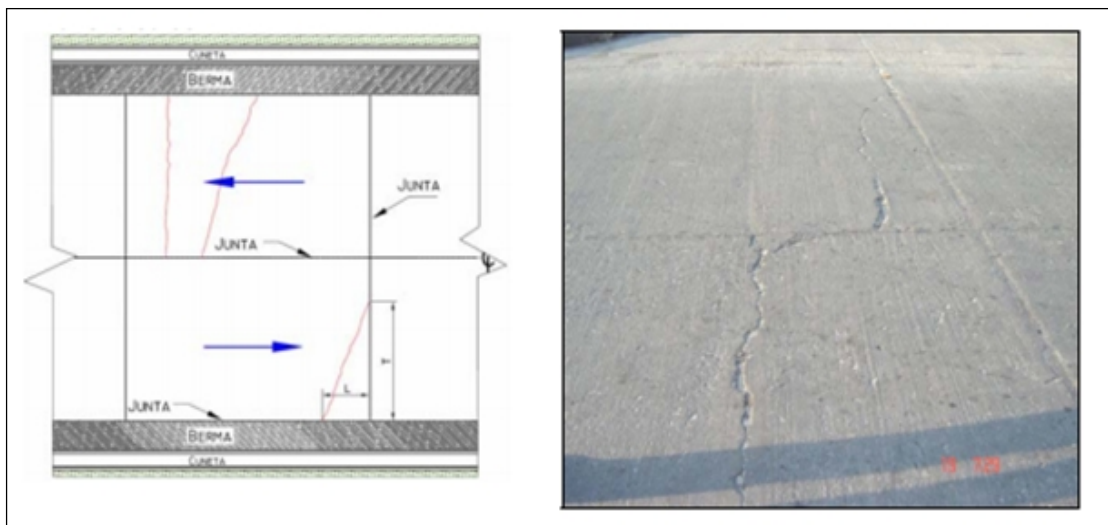
Unidad de medición:

se mide en metros (m)

GRIETA TRANSVERSAL (GT)

Grietas que se presentan perpendiculares al eje de circulación de la vía. Pueden extenderse desde la junta transversal hasta la junta longitudinal, siempre que la intersección con la junta transversal esté a una distancia del borde (T) mayor que la mitad del ancho de la losa y la intersección con la junta longitudinal se encuentra a una distancia inferior que la mitad del largo de la losa (L).

Figura 58. Grieta Transversal



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos rígidos INVIAS

Severidad

Baja: Grietas selladas o con abertura menor a 0,003 m (3 mm.). Escalonamiento imperceptible.

Media: Abertura entre 0,003 m y 0,01 m (3 – 10 mm).

Alta: Aberturas mayores a 0,01m (10 mm). Se presenta escalonamiento mucho mayor a 0,006 m (6 mm).

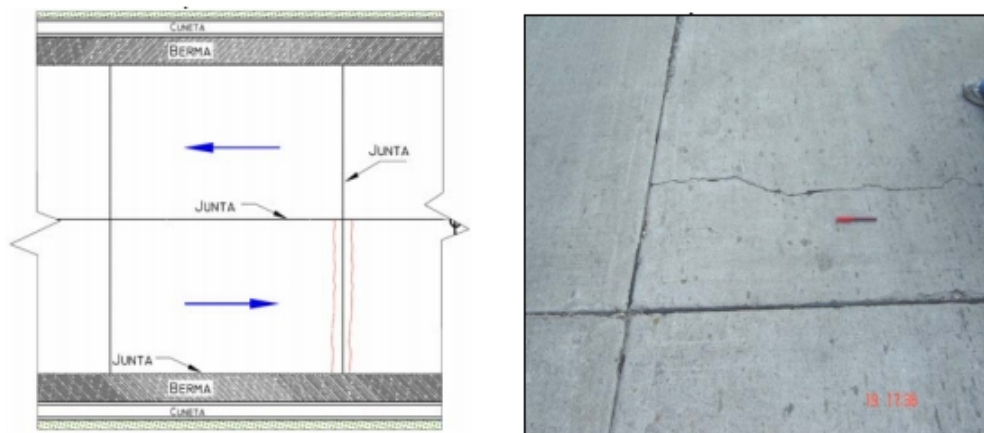
Unidad de medición:

se mide en metros (m)

GRIETAS EN BLOQUE O FRACTURAMIENTO MÚLTIPLE (GB)

Aparecen por la unión de grietas longitudinales y transversales formando bloques a lo largo de la placa. Este grupo también comprende las grietas en “Y”. Aunque se presenta en todos los tipos de pavimentos rígidos, es más frecuente que se presente en placas de concreto simple y en placas de concreto reforzado.

Figura 59. Grietas en Bloque



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos rígidos INVIAS

Severidad:

Siempre se considera un nivel de severidad alto.

Unidad de medición:

se mide en metros cuadrados (m²)

FISURACIÓN POR RETRACCIÓN O TIPO MALLA (FR)

Fisuras limitadas sólo a la superficie del pavimento. Frecuentemente, las grietas de mayores dimensiones se orientan en sentido longitudinal y se encuentran interconectadas por grietas más finas distribuidas en forma aleatoria

Figura 60.

Fisuración por retracción



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos rígidos INVIAS

Severidad:

La severidad de las fisuras de aparición temprana, se evalúa teniendo en cuenta la presencia de descascaramientos en los bordes de las fisuras, los niveles de severidad definidos, son:

Baja: Fisuramiento bien definido pero sin descascaramiento.

Media: Fisuramiento con descascaramiento que afecta menos del 10% de la superficie deteriorada.

Alta: Fisuramiento con descascaramiento que afecta al 10% o más de la superficie deteriorada.

Unidad de medición:

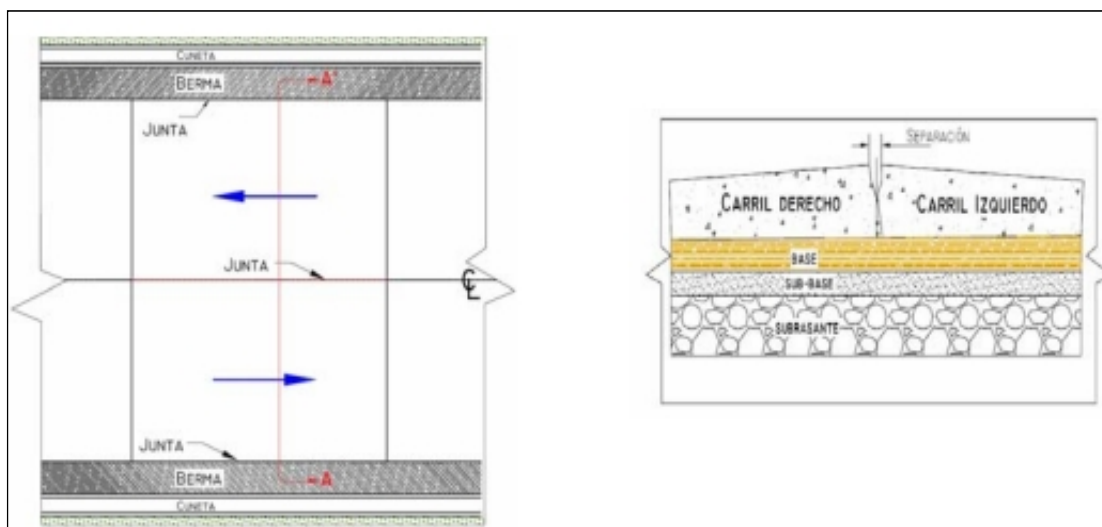
se mide en metros cuadrados (m²)

Daños en juntas

SEPARACIÓN DE JUNTAS LONGITUDINALES (SJ)

Corresponde a una abertura en la junta longitudinal del pavimento. Este tipo de daño se presenta en todos los tipos de pavimento rígido.

Figura 61. Separación de Juntas Longitudinales



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos rígidos INVIAS

Severidad:

Teniendo en cuenta la abertura de la junta inducida por corte que es de 6 mm, los niveles de severidad en la separación de juntas se dan por las aberturas extras a la abertura normal de la junta y se clasifican en:

Baja: Abertura menor a 0,003 m (3 mm.). Levantamiento imperceptible, desportillamiento mínimo.

Media: Abertura entre 0,003 m y 0,025 m (3 – 25 mm).

Alta: Aberturas mayores a 0,025m (10 mm). Se presenta diferencia de nivel entre losas adyacentes o altura sobre el nivel medio de la vía mucho mayor a 0,01 m (10 mm)

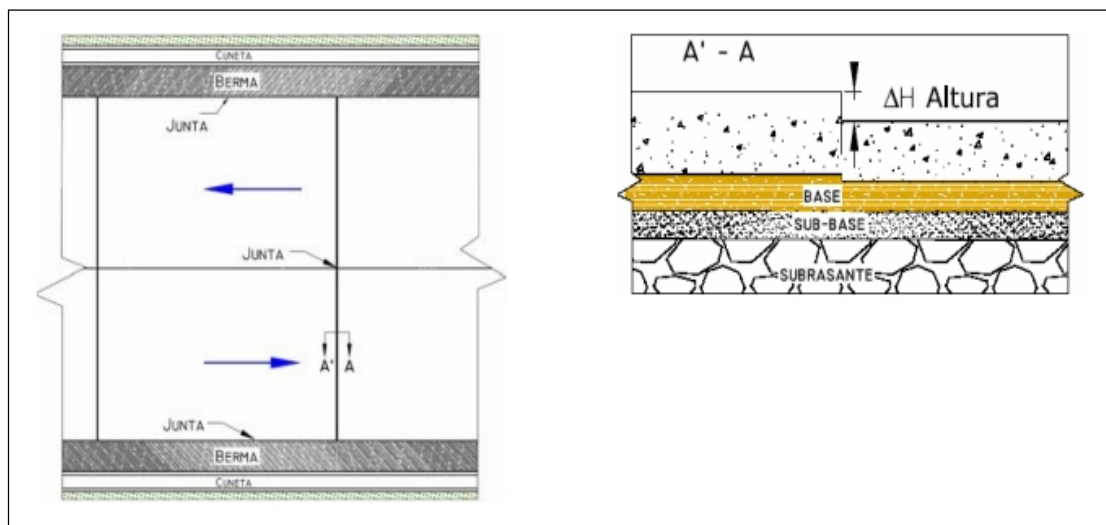
Unidad de medición:

se mide en metros (m)

ESCALONAMIENTO DE JUNTAS LONGITUDINALES (EJL) Y TRANSVERSALES (EJT)

Es una falla provocada por el tránsito que corresponde a un desnivel de la losa en su junta con respecto a una losa vecina.

Figura 62. Escalonamiento de juntas longitudinales y transversales



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos rígidos INVIAS

Severidad:

Teniendo en cuenta la diferencia de altura (desnivel) entre las placas adyacentes, los niveles de severidad se definen como:

Baja: desnivel menor a 0,005 m (5mm).

Media: desnivel entre 0,005 m (5 mm) y 0.01 m (10 mm).

Alta: desnivel mayor a 0,010 m (10 mm).

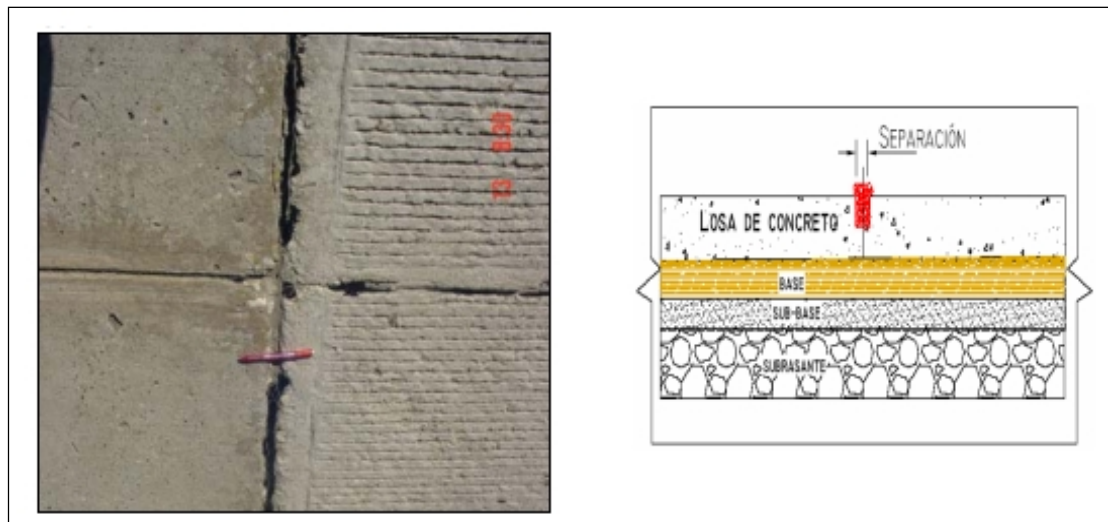
Unidad de medición:

se mide en metros (m)

DETERIORO DEL SELLO (DST - DSL)

Desprendimiento o rompimiento del sello de las juntas longitudinales o transversales, que permite la entrada de materiales incompresibles e infiltración de agua superficial.

Figura 63. Deterioro del Sello



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos rígidos INVIAS

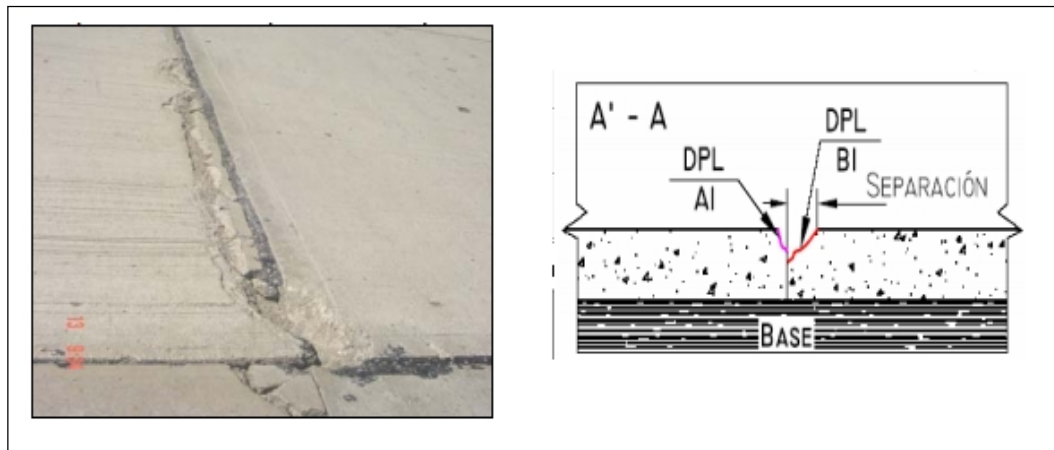
Unidad de Medición:

Se tomará la longitud en metros de la junta afectada por placa, especificando el nivel de severidad del daño.

DESPORTILLAMIENTO DE JUNTAS (DPT, DPL)

Desintegración de las aristas de una junta (longitudinal, transversal), con pérdida de trozos, que puede afectar hasta 0,15 m (15 cm) a lado y lado de la junta.

Figura 64. Desportillamiento de Juntas



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos rígidos INVIAS

Unidad de medición:

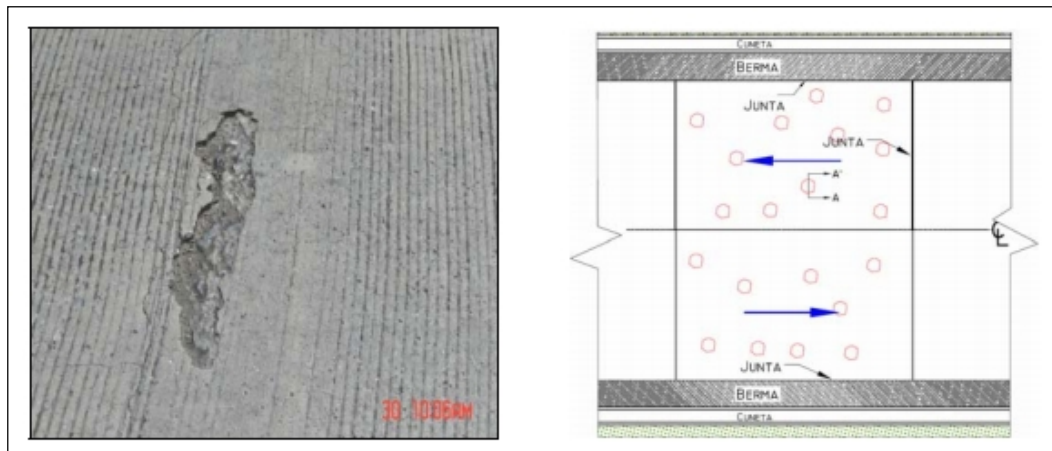
Se toma la longitud en metros de la junta afectada por placa y se reporta la severidad del daño.

Baches y descascaramientos

DESCASCARAMIENTO (DE)

Descascaramiento es la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15 mm, por desprendimiento de pequeños trozos de concreto.

Figura 65. Descascaramiento



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos rígidos INVIAS

Severidad:

Se definen los niveles de severidad de acuerdo a la profundidad a la cual ha existido pérdida de material superficial y se clasifican de la siguiente forma:

Baja: Pérdida de material superficial a una profundidad menos a 0,005 m (5 mm).

Media: Pérdida de material superficial a una profundidad de entre 0,005 m y 0.015 m (5 - 15 mm).

Alta: Pérdida de material superficial a una profundidad mayor a 0,015 m (15 mm).

Unidad de medición:

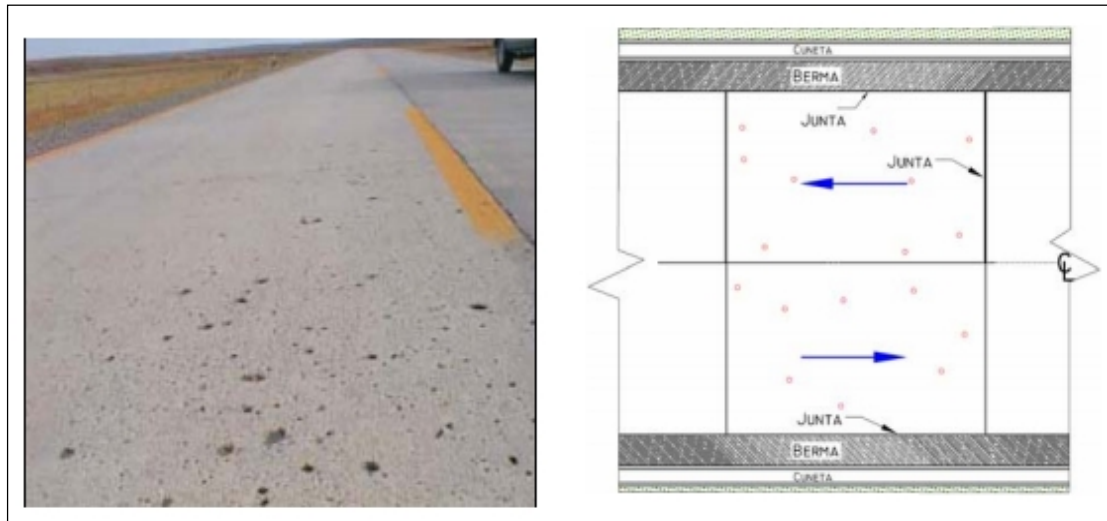
se mide en metros cuadrados (m²)

DESINTEGRACIÓN (DI)

Consiste en pérdida constante de agregado grueso en la superficie, debido a la progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de material

fino desprendido de matriz arena-cemento del concreto, provocando una superficie con pequeñas cavidades.

Figura 66. Desintegración



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos rígidos INVIAS

Severidad:

Se definen de acuerdo al área en la cual ha existido pérdida de material superficial, se clasifican de la siguiente forma:

Baja: Pequeños desprendimientos muy superficiales, puntuales o concentrados en pequeñas áreas, como remiendos.

Media: Peladuras generalizadas, se extienden en la superficie dando lugar a una textura abierta, pero los desprendimientos se limitan a material fino, solo superficialmente.

Alta: Peladuras generalizadas, se extienden en la superficie dando lugar a una superficie rugosa, con desprendimiento de agregado grueso formando cavidades o pequeños baches superficiales.

Unidad de medición:

se mide en metros cuadrados (m²)

Baches (BCH)

Desintegración de la losa de concreto y la remoción en una cierta área, formando una cavidad de bordes irregulares que incluso puede dejar expuesto el material de base.

Figura 67. Baches



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos rígidos INVIAS

Severidad:

Se definen de acuerdo a la profundidad a la cual ha existido pérdida de material, se clasifican de la siguiente forma:

Baja: Profundidad de afectación menor o igual que 25 mm.

Media: Profundidad de afectación entre 25 mm y 50 mm.

Alta: Profundidad de afectación mayor que 50 mm.

Unidad de medición:

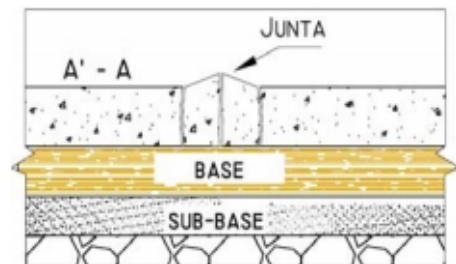
se mide en metros cuadrados (m²)

Hundimientos

LEVANTAMIENTO LOCALIZADO (LET, LEL)

Sobre-elevación abrupta de la superficie del pavimento, localizada generalmente en zonas contiguas a una junta ó una grieta, habitualmente el concreto afectado se quiebra en varios trozos

Figura 68. Levantamiento Localizado



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos rígidos INVIAS

Severidad:

La severidad se mide en función del efecto de esta falla en el nivel de serviciabilidad y muy especialmente en el riesgo que puede significar para los usuarios, partiendo de esto, los niveles de severidad se definen así:

Baja: Baja incidencia en la comodidad de manejo, apenas perceptible a velocidad de operación promedio. Elevación entre los bordes de la losa menor a 0,005 m (5 mm.)

Media: Moderada incidencia en la comodidad de manejo, genera incomodidad y obliga a disminuir velocidad de circulación. Elevación entre bordes de la losa entre 0,005 m (5 mm) y 0,010 m (10 mm).

Alta: El levantamiento causa un excesivo salto del vehículo, generando la pérdida de control del mismo, una sustancial incomodidad, y/o riesgo para la seguridad y/o daños al vehículo, siendo necesario reducir drásticamente la velocidad. Separación entre bordes de la losa mayor a 0,010 m (10 mm)

Unidad de medición:

se mide en metros (m)

HUNDIMIENTOS O ASENTAMIENTOS (HU)

Depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada; puede estar acompañado de agrietamiento significativo, debido al asentamiento de las losas.

Figura 69. Hundimientos o asentamientos



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos rígidos INVIAS

Severidad:

Se pueden diferenciar tres niveles de severidad (Bajo, Medio y Alto) según su incidencia en la comodidad de manejo, estos niveles se pueden asignar a la vía con base en la observación de automóviles circulando y se definen a continuación:

Baja: Profundidad menor que 20 mm, causa poca vibración al vehículo, sin generar incomodidad al conductor

Media: Profundidad entre 20 mm y 40 mm, causa mayor vibración al vehículo generando incomodidad al conductor.

Alta: Profundidad mayor que 40 mm, causa vibración excesiva que puede generar un alto grado de incomodidad, haciendo necesario reducir la velocidad por seguridad.

Unidad de medición:

se mide en metros (m)

ONDULACIONES (OND)

Las ondulaciones son la deformación de la superficie, generadas por un inadecuado proceso de nivelación durante la construcción.

Severidad:

Los niveles de severidad establecidos para las ondulaciones, están definidos con base en la molestia que puede generar la circulación sobre la vía, los niveles de severidad se definen así:

Baja: Baja incidencia en la comodidad de manejo, apenas perceptible a velocidad de operación promedio. Desnivel menor a 0,005 m (5 mm.)

Media: Moderada incidencia en la comodidad de manejo, genera incomodidad y obliga a disminuir velocidad de circulación. Desnivel entre 0,005 m (5 mm) y 0,010 m (10 mm).

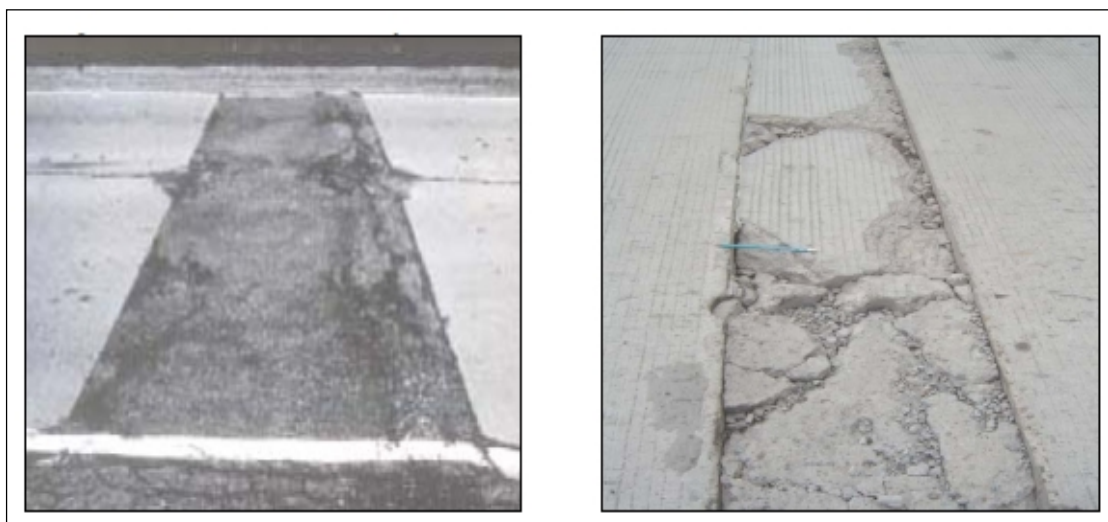
Alta: El desnivel causa un excesivo salto del vehículo, generando la pérdida de control del mismo, una sustancial incomodidad, y/o riesgo para la seguridad y/o daños al vehículo, siendo necesario reducir drásticamente la velocidad. Desniveles mayores a 0,010 m (10 mm)

Parches

PARCHES (PCHA - PCHC)

Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con un material similar o eventualmente diferente, para reparar el pavimento existente, también un parcheo por reparación de servicios públicos es una intervención que se ha ejecutado para permitir la instalación o mantenimiento de algún tipo de servicio público subterráneo

Figura 70. Parches



Fuente: Manual para la inspección de pavimentos rígidos INVIAS

ANEXO B. GRAFICAS PARA ENCONTRAR VALORES DE DEDUCCION

Este anexo muestra las graficas para calcular los valores de deducción, necesarios para aplicar la metodología explicada en el capitulo 3.2.1

Figura 71. Grafica para calculo de valores de deducción en Baches

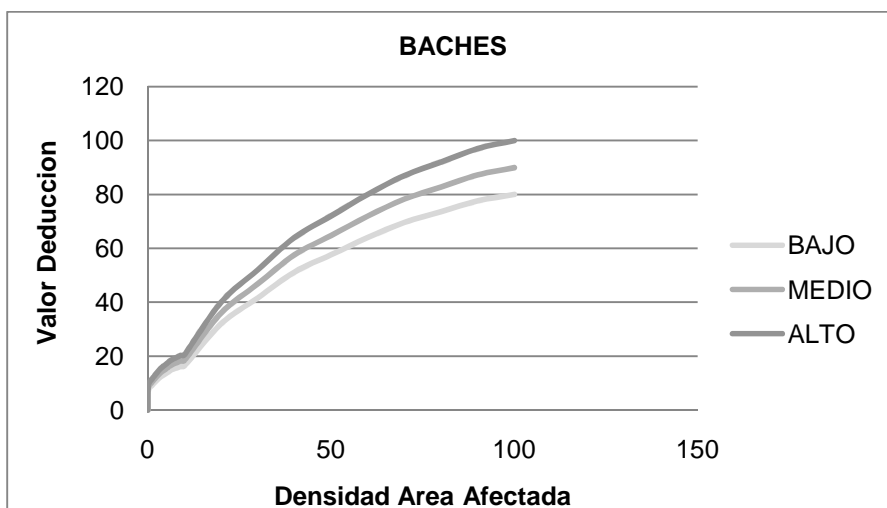


Figura 72. Grafica para calculo de valores de deducción en Ahuellamiento

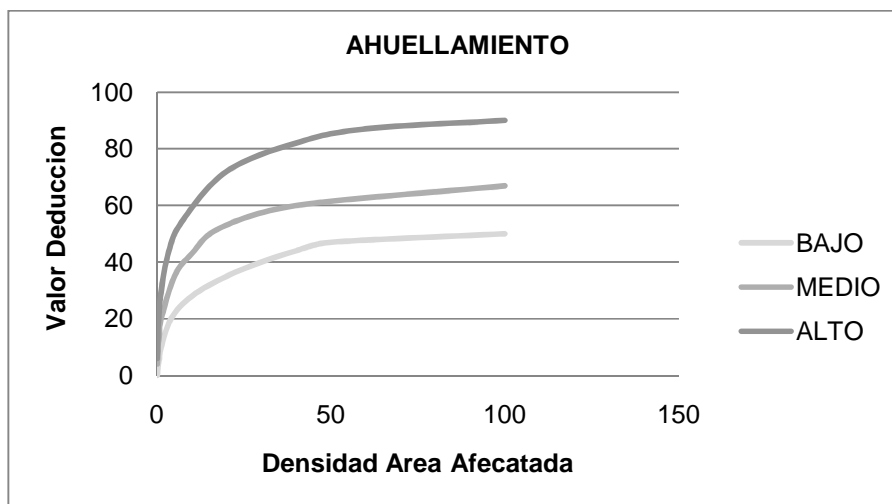


Figura 73. Grafica para calculo de valores de deducción en Fisura longitudinales y Transversales

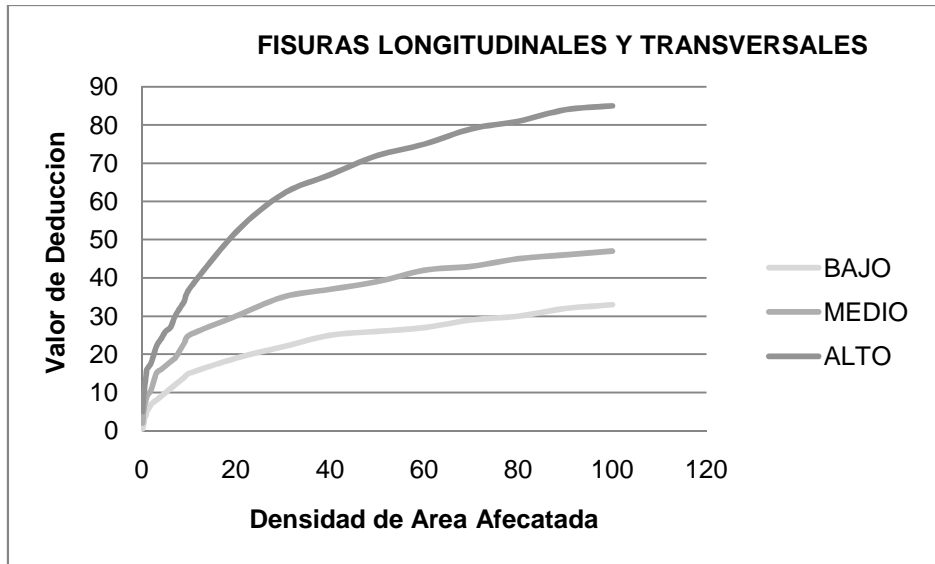


Figura 74. Grafica para calculo de valores de deducción en Hundimientos

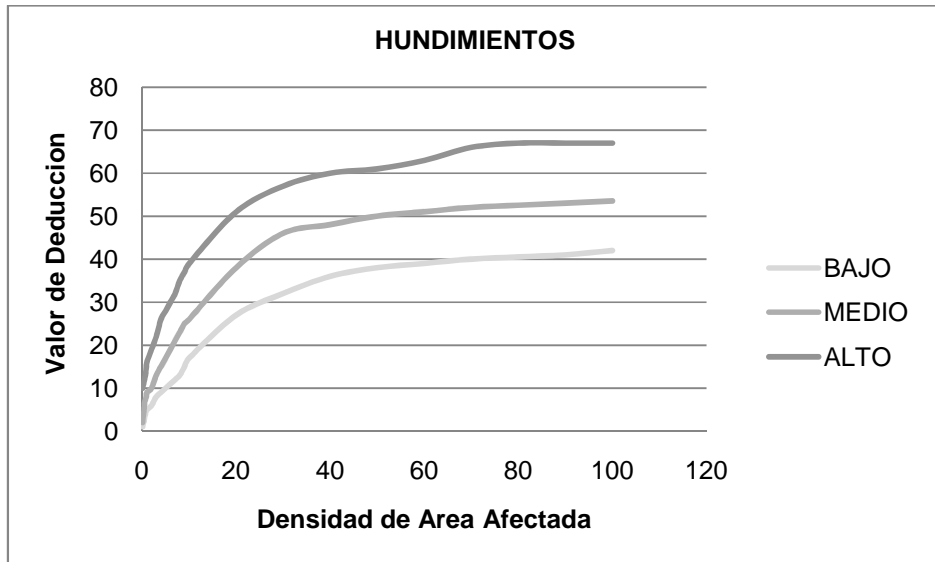


Figura 75. Grafica para calculo de valores de deducción en Fisuras en Bloque

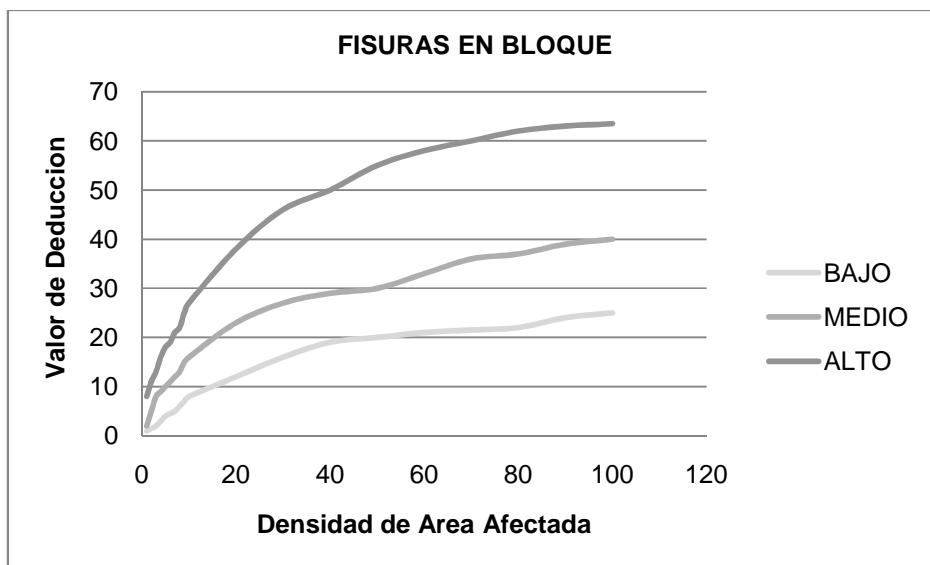


Figura 76. Grafica para calculo de valores de deducción en Piel de Cocodrilo

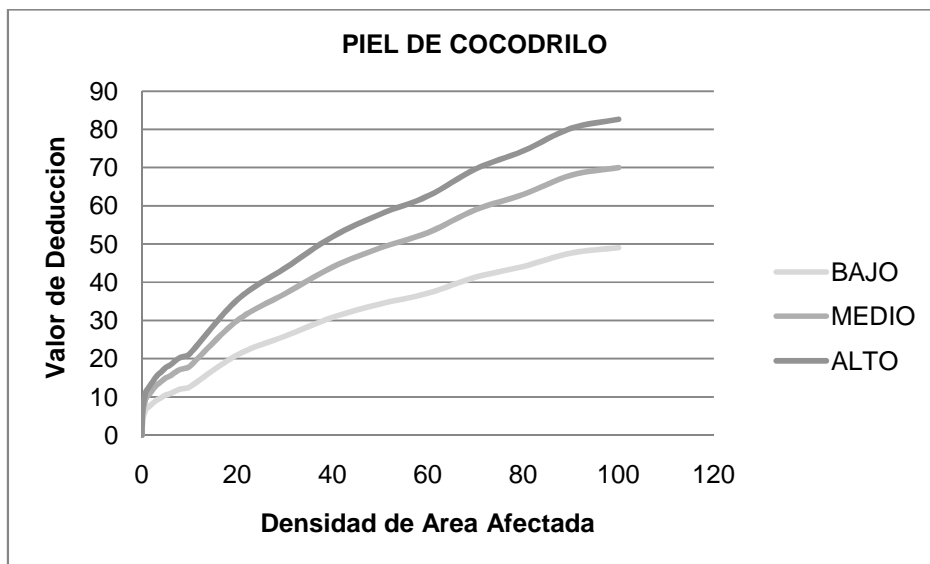


Figura 77. Grafica para calculo de valores de deducción en Ondulación

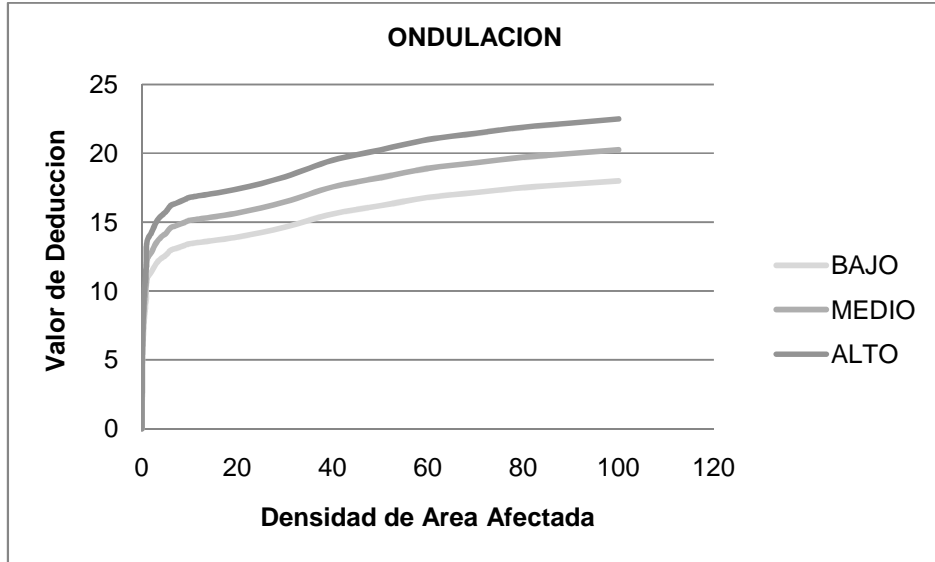


Figura 78. Grafica para calculo de valores de deducción en Descascaramiento

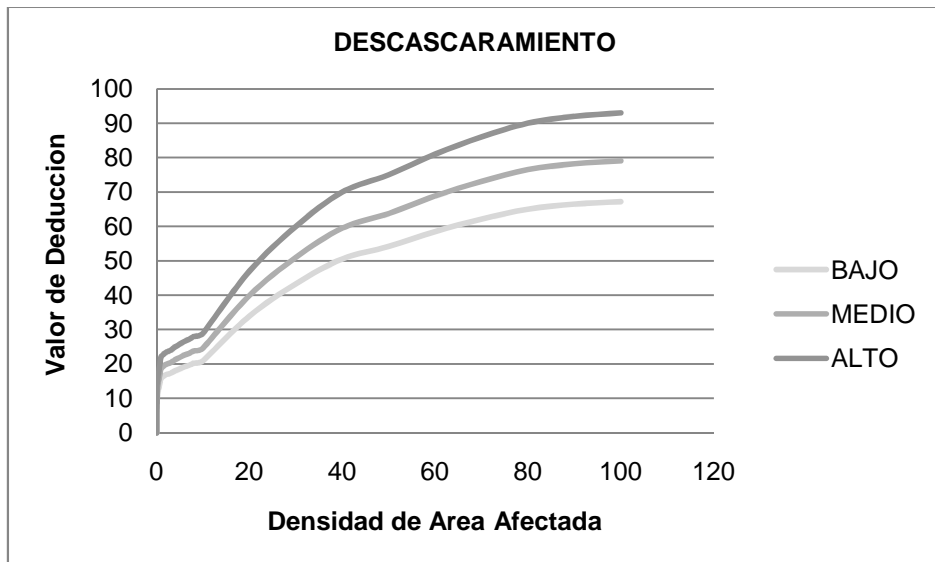


Figura 79. Grafica para calculo de valores de deducción en Desgaste Superficial

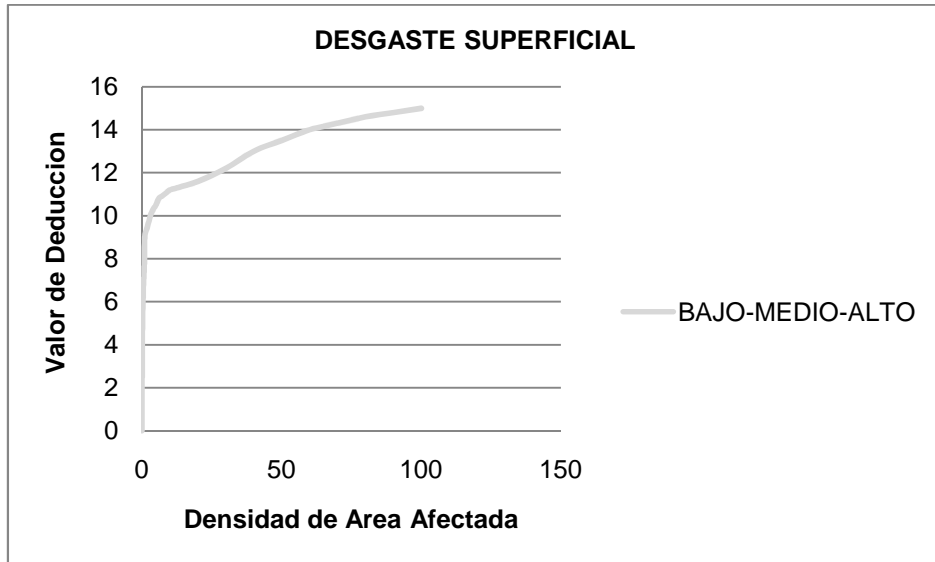
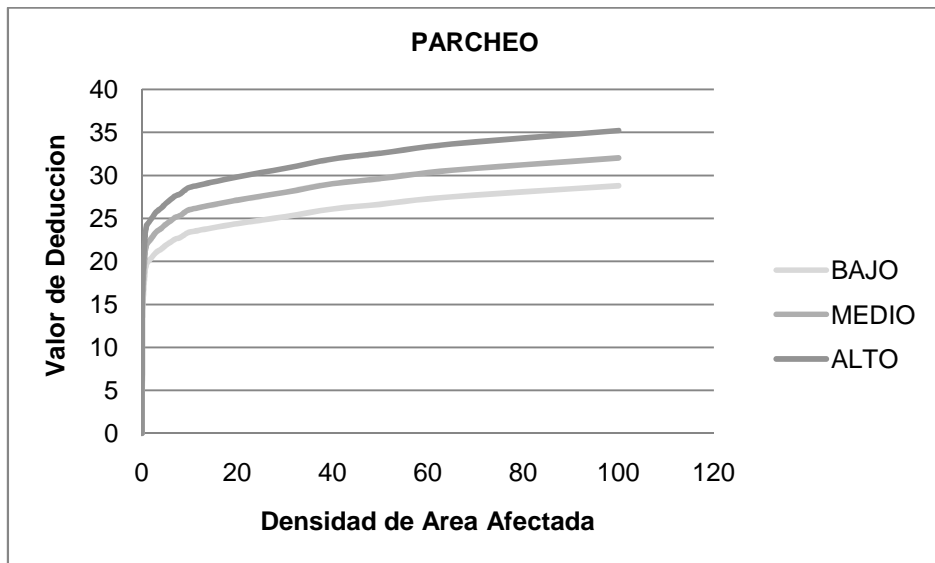


Figura 80. Grafica para calculo de valores de deducción en Parcheo




```

If [TIPO] = "A" And [severidad] = "MEDIA" Then
[VAL_DEDUCC] = 9.75 * Log([AREA_AFECT]) + 21.71
Else
  If [TIPO] = "A" And [severidad] = "ALTA" Then
    [VAL_DEDUCC] = 13.05 * Log([AREA_AFECT]) + 31.08
  Else
    End If
  End If
End If
End If

If [TIPO] = "GL" Or [TIPO] = "GT" Then
If [severidad] = "BAJA" And [AREA_AFECT] > 20 Then
[VAL_DEDUCC] = 8.479 * Log([AREA_AFECT]) - 6.756
Else
If [severidad] = "BAJA" And [AREA_AFECT] < 20 Then
[VAL_DEDUCC] = 0.00471 * [AREA_AFECT] ^ 3 - 0.181 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 2.61 * [AREA_AFECT] + 1.48
Else
  If [severidad] = "MEDIA" And [AREA_AFECT] > 20 Then
    [VAL_DEDUCC] = 10.52 * Log([AREA_AFECT]) - 1.447
  Else
    If [severidad] = "MEDIA" And [AREA_AFECT] < 20 Then
      [VAL_DEDUCC] = 0.00661 * [AREA_AFECT] ^ 3 - 0.26 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 3.85 * [AREA_AFECT] +
4.14
    Else
      If [severidad] = "ALTA" And [AREA_AFECT] > 20 Then
        [VAL_DEDUCC] = 20.48 * Log([AREA_AFECT]) - 8.532
      Else
        If [severidad] = "ALTA" And [AREA_AFECT] < 20 Then
          [VAL_DEDUCC] = -0.0708 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 3.51 * [AREA_AFECT] + 9.53
        Else
          End If
        End If
      End If
    End If
  End If
End If
End If
End If

If [TIPO] = "H" And [severidad] = "BAJA" And [AREA_AFECT] > 20 Then
[VAL_DEDUCC] = 8.954 * Log([AREA_AFECT]) + 1.631
Else
If [TIPO] = "H" And [severidad] = "BAJA" And [AREA_AFECT] < 20 Then
[VAL_DEDUCC] = -0.0191 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 1.61 * [AREA_AFECT] + 2.33
Else

  If [TIPO] = "H" And [severidad] = "MEDIA" And [AREA_AFECT] > 20 Then
    [VAL_DEDUCC] = 8.743 * Log([AREA_AFECT]) + 14.52
  Else
    If [TIPO] = "H" And [severidad] = "MEDIA" And [AREA_AFECT] < 20 Then
      [VAL_DEDUCC] = 0.00433 * [AREA_AFECT] ^ 3 - 0.177 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 3.52 * [AREA_AFECT] +
3.93
    Else
      If [TIPO] = "H" And [severidad] = "ALTA" And [AREA_AFECT] > 20 Then
        [VAL_DEDUCC] = 10.12 * Log([AREA_AFECT]) + 21.81
      Else
        If [TIPO] = "H" And [severidad] = "ALTA" And [AREA_AFECT] < 20 Then
          [VAL_DEDUCC] = 0.00564 * [AREA_AFECT] ^ 3 - 0.247 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 4.74 *
[AREA_AFECT] + 10
        End If
      End If
    End If
  End If
End If

```

```

        Else
            End If
        End If
    End If
    End If
End If
End If

If [TIPO] = "PC" And [severidad] = "BAJA" And [AREA_AFECT] > 0 And [AREA_AFECT] <= 0.1 Then
[VAL_DEDUCC] = -294.3 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 63.35 * [AREA_AFECT] + 0.052
Else
If [TIPO] = "PC" And [severidad] = "BAJA" And [AREA_AFECT] > 0.1 And [AREA_AFECT] <= 1 Then
[VAL_DEDUCC] = -3.59 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 7.65 * [AREA_AFECT] + 2.865
Else
If [TIPO] = "PC" And [severidad] = "BAJA" And [AREA_AFECT] > 1 And [AREA_AFECT] <= 10 Then
[VAL_DEDUCC] = -0.051 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 1.167 * [AREA_AFECT] + 5.936
Else
If [TIPO] = "PC" And [severidad] = "BAJA" And [AREA_AFECT] > 10 And [AREA_AFECT] <= 110 Then
[VAL_DEDUCC] = -0.002 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 0.658 * [AREA_AFECT] + 7.641
Else
    If [TIPO] = "PC" And [severidad] = "MEDIA" And [AREA_AFECT] > 0 And [AREA_AFECT] <= 0.1 Then
    [VAL_DEDUCC] = -420.4 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 90.5 * [AREA_AFECT] + 0.075
    Else
    If [TIPO] = "PC" And [severidad] = "MEDIA" And [AREA_AFECT] > 0.1 And [AREA_AFECT] <= 1 Then
    [VAL_DEDUCC] = -5.129 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 10.93 * [AREA_AFECT] + 4.092
    Else
    If [TIPO] = "PC" And [severidad] = "MEDIA" And [AREA_AFECT] > 1 And [AREA_AFECT] <= 10 Then
    [VAL_DEDUCC] = -0.073 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 1.667 * [AREA_AFECT] + 8.481
    Else
    If [TIPO] = "PC" And [severidad] = "MEDIA" And [AREA_AFECT] > 10 And [AREA_AFECT] <= 110 Then
    [VAL_DEDUCC] = -0.003 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 0.94 * [AREA_AFECT] + 10.91
    Else
        If [TIPO] = "PC" And [severidad] = "ALTA" And [AREA_AFECT] > 0 And [AREA_AFECT] <= 0.1 Then
        [VAL_DEDUCC] = -496.1 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 106.8 * [AREA_AFECT] + 0.089
        Else
        If [TIPO] = "PC" And [severidad] = "ALTA" And [AREA_AFECT] > 0.1 And [AREA_AFECT] <= 1 Then
        [VAL_DEDUCC] = -6.053 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 12.89 * [AREA_AFECT] + 4.829
        Else
        If [TIPO] = "PC" And [severidad] = "ALTA" And [AREA_AFECT] > 1 And [AREA_AFECT] <= 10 Then
        [VAL_DEDUCC] = -0.087 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 1.967 * [AREA_AFECT] + 10
        Else
        If [TIPO] = "PC" And [severidad] = "ALTA" And [AREA_AFECT] > 10 And [AREA_AFECT] <= 110 Then
        [VAL_DEDUCC] = -0.004 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 1.11 * [AREA_AFECT] + 12.88
        Else
            End If
        End If
        End If
        End If
    End If
    End If
    End If
    End If
End If
End If
End If
End If

```



```

[VAL_DEDUCC] = -0.006 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 1.117 * [AREA_AFECT] + 11.89
Else
  If [TIPO] = "DC" And [severidad] = "MEDIA" And [AREA_AFECT] > 0 And [AREA_AFECT] <= 0.1 Then
    [VAL_DEDUCC] = -652.6 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 202.9 * [AREA_AFECT] + 0.084
  Else
    If [TIPO] = "DC" And [severidad] = "MEDIA" And [AREA_AFECT] > 0.1 And [AREA_AFECT] <= 1 Then
      [VAL_DEDUCC] = -2.878 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 12.43 * [AREA_AFECT] + 12.76
    Else
      If [TIPO] = "DC" And [severidad] = "MEDIA" And [AREA_AFECT] > 1 And [AREA_AFECT] <= 10 Then
        [VAL_DEDUCC] = -0.029 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 1.065 * [AREA_AFECT] + 21.21
      Else
        If [TIPO] = "DC" And [severidad] = "MEDIA" And [AREA_AFECT] > 10 And [AREA_AFECT] <= 110 Then
          [VAL_DEDUCC] = -0.008 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 1.63 * [AREA_AFECT] + 16.46
        Else
          If [TIPO] = "DC" And [severidad] = "ALTA" And [AREA_AFECT] > 0 And [AREA_AFECT] <= 0.1 Then
            [VAL_DEDUCC] = -652.6 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 202.9 * [AREA_AFECT] + 0.084
          Else
            If [TIPO] = "DC" And [severidad] = "ALTA" And [AREA_AFECT] > 0.1 And [AREA_AFECT] <= 1 Then
              [VAL_DEDUCC] = -2.878 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 12.43 * [AREA_AFECT] + 12.76
            Else
              If [TIPO] = "DC" And [severidad] = "ALTA" And [AREA_AFECT] > 1 And [AREA_AFECT] <= 10 Then
                [VAL_DEDUCC] = -0.029 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 1.065 * [AREA_AFECT] + 21.21
              Else
                If [TIPO] = "DC" And [severidad] = "ALTA" And [AREA_AFECT] > 10 And [AREA_AFECT] <= 110 Then
                  [VAL_DEDUCC] = -0.008 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 1.63 * [AREA_AFECT] + 16.46
                Else
                  End If
                End If
              End If
            End If
          End If
        End If
      End If
    End If
  End If
End If
End If
End If
End If

If [TIPO] = "DSU" Then
  If [AREA_AFECT] > 0 And [AREA_AFECT] < 0.1 Then
    [VAL_DEDUCC] = -242.4 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 61.09 * [AREA_AFECT] + 0.101
  Else
    If [AREA_AFECT] > 0.1 And [AREA_AFECT] < 1 Then
      [VAL_DEDUCC] = -4.577 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 9.094 * [AREA_AFECT] + 3.269
    Else
      If [AREA_AFECT] > 1 And [AREA_AFECT] < 10 Then
        [VAL_DEDUCC] = -0.032 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 0.573 * [AREA_AFECT] + 8.49
      Else
        If [AREA_AFECT] > 10 And [AREA_AFECT] < 110 Then
          [VAL_DEDUCC] = -0 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 0.08 * [AREA_AFECT] + 10.26
        Else
          End If
        End If
      End If
    End If
  End If
End If

```

```

If [TIPO] = "AB" Or [TIPO] = "GP" Or [TIPO] = "HU" Then
  If [severidad] = "BAJA" And [AREA_AFECT] > 0.01 And [AREA_AFECT] < 0.1 Then
    [VAL_DEDUCC] = -719.3 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 205.3 * [AREA_AFECT] + 0.027
  Else
    If [severidad] = "BAJA" And [AREA_AFECT] > 0.1 And [AREA_AFECT] < 1 Then
      [VAL_DEDUCC] = -7.539 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 15 * [AREA_AFECT] + 12.19
    Else
      If [severidad] = "BAJA" And [AREA_AFECT] > 1 And [AREA_AFECT] < 10 Then
        [VAL_DEDUCC] = -0.026 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 0.665 * [AREA_AFECT] + 19.2
      Else
        If [severidad] = "BAJA" And [AREA_AFECT] > 10 And [AREA_AFECT] < 110 Then
          [VAL_DEDUCC] = -0 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 0.106 * [AREA_AFECT] + 22.41
        Else
          If [severidad] = "MEDIA" And [AREA_AFECT] > 0.01 And [AREA_AFECT] < 0.1 Then
            [VAL_DEDUCC] = -799.2 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 228.1 * [AREA_AFECT] + 0.03
          Else
            If [severidad] = "MEDIA" And [AREA_AFECT] > 0.1 And [AREA_AFECT] < 1 Then
              [VAL_DEDUCC] = -8.376 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 16.67 * [AREA_AFECT] + 13.54
            Else
              If [severidad] = "MEDIA" And [AREA_AFECT] > 1 And [AREA_AFECT] < 10 Then
                [VAL_DEDUCC] = -0.029 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 0.739 * [AREA_AFECT] + 21.33
              Else
                If [severidad] = "MEDIA" And [AREA_AFECT] > 10 And [AREA_AFECT] < 110 Then
                  [VAL_DEDUCC] = -0 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 0.118 * [AREA_AFECT] + 24.9
                Else
                  If [severidad] = "ALTA" And [AREA_AFECT] > 0.01 And [AREA_AFECT] < 0.1 Then
                    [VAL_DEDUCC] = -879.1 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 250.9 * [AREA_AFECT] + 0.033
                  Else
                    If [severidad] = "ALTA" And [AREA_AFECT] > 0.1 And [AREA_AFECT] < 1 Then
                      [VAL_DEDUCC] = -9.214 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 18.34 * [AREA_AFECT] + 14.9
                    Else
                      If [severidad] = "ALTA" And [AREA_AFECT] > 1 And [AREA_AFECT] < 10 Then
                        [VAL_DEDUCC] = -0.032 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 0.813 * [AREA_AFECT] + 23.46
                      Else
                        If [severidad] = "ALTA" And [AREA_AFECT] > 10 And [AREA_AFECT] < 110 Then
                          [VAL_DEDUCC] = -0 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 0.13 * [AREA_AFECT] + 27.39
                        Else
                          End If
                        End If
                      End If
                    End If
                  End If
                End If
              End If
            End If
          End If
        End If
      End If
    End If
  End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If

```

```

If [TIPO] = "GB" And [severidad] = "BAJA" And [AREA_AFECT] > 20 Then
  [VAL_DEDUCC] = 7.39 * Log([AREA_AFECT]) - 9.366
Else

```

```

If [TIPO] = "GB" And [severidad] = "BAJA" And [AREA_AFECT] < 20 Then
[VAL_DEDUCC] = -0.015 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 0.929 * [AREA_AFECT] - 0.328
Else

    If [TIPO] = "GB" And [severidad] = "MEDIA" And [AREA_AFECT] > 10 Then
[VAL_DEDUCC] = 10.68 * Log([AREA_AFECT]) - 9.884
    Else
    If [TIPO] = "GB" And [severidad] = "MEDIA" And [AREA_AFECT] < 10 Then
[VAL_DEDUCC] = -0.038 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 1.839 * [AREA_AFECT] + 1.47
    Else
        If [TIPO] = "GB" And [severidad] = "ALTA" And [AREA_AFECT] > 10 Then
[VAL_DEDUCC] = 16.24 * Log([AREA_AFECT]) - 9.595
        Else
        If [TIPO] = "GB" And [severidad] = "ALTA" And [AREA_AFECT] < 10 Then
[VAL_DEDUCC] = -0.044 * [AREA_AFECT] ^ 2 + 2.49 * [AREA_AFECT] + 6.017
        Else
            End If
        End If
    End If
End If
End If
End If

```