

**APOYO EN LA ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA  
MALLA VIAL EXISTENTE EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER,  
UTILIZANDO COMO PARÁMETROS LA PATOLOGÍA ACTUAL Y EL NIVEL DE  
SERVICIO.**

**ANDRÉS EDUARDO ROJAS SÁNCHEZ**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2010**

**APOYO EN LA ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA  
MALLA VIAL EXISTENTE EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER  
UTILIZANDO COMO PARÁMETROS LA PATOLOGÍA ACTUAL Y EL NIVEL DE  
SERVICIO.**

**Proyectista:**

**ANDRÉS EDUARDO ROJAS SÁNCHEZ**

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

**Director:**

**WILFREDO DEL TORO RODRÍGUEZ**

**Ingeniero Civil. Ph.D.**

**Tutor de Práctica:**

**SANDY JAIR YANEZ SÁNCHEZ**

**Ingeniero Civil**

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

**2010**

## Agradecimientos

Gracias a Dios por dejarme culminar las actividades sano y salvo; a mi padres por todo su apoyo: al profesor Hernán Porras, por brindarme la oportunidad de participar en el proyecto; a don Sandy, por compartir siempre su conocimiento; a Álvaro, por sus consejos; a Daniel ,por enseñarme; a Calle, Pablo, Pipe, Oscar y Harold, por capturar información con la cual pude construir mi aporte; a Yerli, por darme un lugar en la sala SIG; a Nossa por la paciencia, a Maya, Big Yonier, Arturo y Diego por su amistad incondicional; a la doctora Victoria, por su orientación profesional; a warín, por la esperanza y por último, a todos los que de alguna forma colaboraron para sacar adelante el proyecto .

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
OBJETIVO GENERAL .....	15
OBJETIVOS ESPECÍFICO.....	15
<b>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ENTORNO DE TRABAJO .....</b>	<b>16</b>
EMPRESA CON LA CUAL SE FIRMÓ EL CONVENIO.....	16
DATOS GENERALES DE LA EMPRESA .....	16
UBICACIÓN .....	16
PLAN DE TRABAJO.....	17
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN .....	18
<b>PARTE A: RESPONSABILIDADES OTORGADAS DURANTE EL PERIODO DE PRÁCTICA ....</b>	<b>19</b>
<b>RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA DE CAMPO. ....</b>	<b>19</b>
<i>Materialización del punto inicial y final de las vías. ....</i>	<i>19</i>
Objetivo: .....	20
Equipo usado:.....	20
Metodología usada: .....	21
Materialización del punto físico:.....	21
Materialización del punto espacial: .....	21
<i>Materialización de puntos de referencia con una frecuencia de 5 km. ....</i>	<i>23</i>
Objetivo: .....	24
Equipo usado:.....	24
Metodología usada: .....	25
Materialización del punto físico:.....	25
Materialización del punto espacial: .....	25
<i>Georeferenciación y abscisado de los puentes encontrados en cada vía evaluada. ....</i>	<i>26</i>
Objetivo: .....	27
Equipo usado:.....	27
Metodología usada: .....	27
<i>Evaluación de las patologías encontradas en la infraestructura y superestructura de los puentes en las vías evaluadas. ....</i>	<i>28</i>
Objetivo: .....	30
Equipo usado.....	30
Metodología usada: .....	30
Registro fotográfico o fílmico del puente.....	32
<i>Toma de muestras de subrasante y elaboración del ensayo de cono dinámico con frecuencia de 2.5 km .....</i>	<i>35</i>
Objetivo: .....	37
Equipo usado:.....	37
Metodología usada .....	37
<i>Toma de deflexiones en superficies con pavimento flexible por medio del ensayo de viga benkelman .....</i>	<i>39</i>
Objetivo: .....	40
Equipo usado:.....	40
Metodología usada .....	40
<b>RESUMEN DE LEVANTAMIENTO EN CAMPO:.....</b>	<b>41</b>
ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EN OFICINA .....	42

<i>Recepción y procesamiento de las muestras extraídas de la subrasante</i> .....	42
Objetivo: .....	42
Metodología usada: .....	42
<i>Generación de una metodología para dar diagnóstico a las vías secundarias del departamento de Santander y Norte de Santander.</i> .....	45
Objetivo: .....	45
Metodología usada: .....	45
<b>RESUMEN DE ACTIVIDADES REALIZADAS EN OFICINA</b> .....	<b>50</b>
ENSAYOS DE LABORATORIO POR VÍAS PROCESADAS DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER .....	51
ENSAYOS DE LABORATORIO POR VÍAS PROCESADAS DEL DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER ..	52
CANTIDADES DE OBRA OBTENIDAS PARA LAS VÍAS PRIORIZADAS DEL DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER .....	53
CANTIDADES DE OBRA OBTENIDAS PARA LAS VÍAS PRIORIZADAS DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER .	56
<b>1. PARTE B: APORTE</b> .....	<b>61</b>
INTRODUCCIÓN .....	61
<b>2. TIPOS DE INTERVENCIÓN EVALUADOS POR ESCENARIOS</b> .....	<b>62</b>
<b>3. ESTUDIO DE TRÁFICO Y DETERMINACIÓN DE EJES EQUIVALENTES</b> .....	<b>64</b>
3.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL ESTUDIO DE TRÁNSITO.....	64
3.2. MODELO APLICADO PARA LA DETERMINACIÓN DE EJES EQUIVALENTES .....	65
3.2.1. <i>Factores de daño por vehículos</i> .....	65
3.2.2. <i>Parámetros asumidos y fórmulas aplicadas</i> .....	66
3.2.3. <i>Modelo propuesto para el cálculo de ejes equivalentes y ejemplo de aplicación</i> .....	67
<b>4. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL</b> .....	<b>70</b>
4.1. ESTIMACIÓN DE LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) POR MEDIO DEL ENSAYO DE CONO DINÁMICO APLICADO A LA SUBRASANTE .....	70
4.2. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO ESTRUCTURAL CALCULADO.....	72
4.3. ESTIMACIÓN DE LA ESTRUCTURA .....	75
4.4. CÁLCULO DE CANTIDADES DE OBRA .....	77
4.5. MODELO PROPUESTO PARA EL CÁLCULO DE ESPESORES DE CAPA Y CANTIDADES DE OBRA EN CAPA DE RODADURA, EJEMPLO DE APLICACIÓN .....	77
<b>5. ALTERNATIVA DE MEJORAMIENTO POR AMPLIACIÓN DE CALZADA (ME_AC)</b> .....	<b>82</b>
5.1. FICHA DE RESUMEN DE ALTERNATIVA .....	82
5.2. METODOLOGÍA GENERAL (DIAGRAMA DE FLUJO).....	83
5.3. DEFINICIÓN DE LA SECCIÓN IDEAL PARA VÍAS DEPARTAMENTALES .....	84
5.4. ESTIMACIÓN DE LAS CANTIDADES DE OBRA .....	87
<b>6. EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN VÍAS EN AFIRMADO</b> .....	<b>89</b>
6.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA (DIAGRAMA DE FLUJO) .....	89
6.2. ROCERÍA O DESMONTE MANUAL EN LAS BERMAS (MA_A_R).....	91
6.3. REPARACIÓN DE BACHES EN SUBRASANTE (MA_A_BS).....	92
6.4. REPARACIÓN DE BACHES EN AFIRMADO (MA_A_BA) .....	92
6.5. PERFILADO DE LA SUPERFICIE EN AFIRMADO.....	93
6.6. MANTENIMIENTO EN LA SUBRASANTE QUE ACTÚA COMO SUPERFICIE DE RODADURA CUYO MATERIAL PREDOMINANTE ES LA ARENA (MA_A_MSARE) .....	95

6.7.	MANTENIMIENTO EN LA SUBRASANTE QUE ACTÚA COMO SUPERFICIE DE RODADURA CUYO MATERIAL PREDOMINANTE ES LA ARCILLA (MA_A_MSARC) .....	96
6.8.	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON CAL (MA_AMSC) .....	97
<b>7.</b>	<b>METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LAS VÍAS PAVIMENTADAS.....</b>	<b>99</b>
7.1.	SELLADOS DE FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES .....	99
7.2.	BACHEO SUPERFICIAL (MA_P_BS).....	103
7.3.	BACHEO PROFUNDO (MA_P_BP).....	105
7.4.	RECONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR DEL PAVIMENTO (MA_P_RBG) .....	108
<b>8.</b>	<b>EVALUACIÓN DE REHABILITACIÓN EN LAS VÍAS PAVIMENTADAS .....</b>	<b>110</b>
8.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA (DIAGRAMA DE FLUJO) .....	110
8.2.	PRELIMINARES DEL ENSAYO DE VIGA BENKELMAN .....	111
8.3.	CORRECCIÓN DE LA DEFLEXIÓN POR TEMPERATURA .....	111
8.4.	ESTIMACIÓN DE RADIO DE CURVATURA .....	113
8.5.	CLASIFICACIÓN POR TRÁNSITO.....	113
8.6.	CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	114
8.7.	ANÁLISIS DE LA DEFLEXIÓN CARACTERÍSTICA .....	114
8.8.	ESTIMACIÓN DEL REFUERZO .....	115
8.9.	ALGORITMO PARA LA ESTIMACIÓN DE REFUERZO.....	117
8.10.	FICHA RESUMEN.....	117
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>118</b>	
CONCLUSIONES GENERALES .....	118	
<i>Sobre el análisis de tránsito:</i> .....	118	
<i>Sobre el análisis de la capa de rodadura:</i> .....	118	
<i>Sobre el análisis de mantenimiento:</i> .....	119	
<i>Sobre el análisis de rehabilitación:</i> .....	119	
<b>RECOMENDACIONES:.....</b>	<b>120</b>	
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>121</b>	

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Formato de campo de dimensiones de puentes y pontones .....	31
Tabla 2. Vías inventariadas en campo .....	41
Tabla 3 Formato de entrega de ensayos de laboratorio para el Departamento de Santander.....	43
Tabla 4. Formato de entrega de ensayos de laboratorio para el Departamento de Norte de Santander .....	44
Tabla 5 Resumen de vías procesadas Santander.....	51
Tabla 6 Resumen de vías procesadas de Norte de Santander .....	52
Tabla 7. Resumen de cantidades de obra por vía para el mejoramiento de la capa de rodadura.....	53
Tabla 8. Resumen de cantidades de obra por vía para el mantenimiento de la capa de rodadura.....	54
Tabla 9 Resumen de cantidades de obra por vía para la rehabilitación de la capa de rodadura.....	55
Tabla 10 Resumen de cantidades de obra por vía para el mejoramiento de la capa de rodadura.....	56
Tabla 11.Continuación Resumen de cantidades de obra por vía para el mejoramiento de la capa de rodadura.....	57
Tabla 12. Resumen de cantidades de obra por vía para el mantenimiento de la capa de rodadura .....	58
Tabla 13. Resumen de cantidades de obra por vía para la rehabilitación de la capa de rodadura.....	59
Tabla 14. Continuación del resumen de cantidades de obra por vía para la rehabilitación de la capa de rodadura .....	60
Tabla 15.Alternativas de intervención analizadas por tipo de superficie y escenario .....	63
Tabla 16. Especificaciones para determinación del tráfico promedio diario .....	64
Tabla 17.Factores de daño.....	66
Tabla 18. Composición De Los Vehículos Comerciales Vk.....	68
Tabla 19. Factor de daño por tipo de vehículo .....	69
Tabla 20. Valores del parámetro Zr.....	72
Tabla 21. Algoritmo para cálculo de SN diseño.....	74
Tabla 22. Valores estipulados de ai .....	75
Tabla 23 Datos de ejemplo para cono dinámico .....	78
Tabla 24. Resultados CBR.....	79
Tabla 25. Modo de programación del número estructural de diseño.....	80
Tabla 26. Ficha: Ampliación de calzada.....	82

Tabla 27. Características de una vía secundaria según norma.....	84
Tabla 28. Tipo de vía vs. Velocidad de diseño .....	85
Tabla 29. Bombeo según tipo de superficie de rodadura .....	86
Tabla 23. Tipo de vía vs. Velocidad de diseño del tramo homogéneo .....	86
Tabla 30. . Estimaciones altura del talud para cálculo de cortes.....	87
Tabla 31. Definición de volumen de corte para cunetas.....	88
Ilustración 32. Diagrama de Flujo: Mantenimiento en afirmado.....	89
.....	90
Tabla 32. Actividades de la alternativa de intervención tipo mantenimiento en afirmado .....	90
Tabla 33. Ficha: Rocería .....	91
Tabla 34. . Ficha: Reparación de baches en subrasante .....	92
Tabla 35. Ficha: Reparación de baches en afirmado .....	93
Tabla 36. Ficha: Perfilado de la superficie en afirmado.....	94
Tabla 37. Ficha: Mantenimiento en la subrasante que actúa como superficie de rodadura (arena) .....	95
Tabla 38. Ficha: Mantenimiento en la subrasante que actúa como superficie de rodadura (arcilla) .....	96
Tabla 39. Ficha: Mejoramiento de subrasante con cal .....	98
Tabla 40. Actividades para la alternativa de intervención Mantenimiento en vías pavimentadas .....	99
Tabla 41. Ficha: Sellado de fisuras longitudinales y transversales .....	102
Tabla 42. Ficha: Bacheo especial .....	105
Tabla 43. Ficha: Bacheo profundo .....	107
Tabla 44. Ficha: Reconfirmación de base granular del pavimento .....	109
Tabla 45. Número de ejes equivalentes vs. Deflexión característica .....	114
Tabla 46. Deflexión vs. Clase de estructura .....	114
Tabla 47. Deflexiones admisibles para recepción de la obre para diferentes niveles para un eje de 13 T .....	115
Tabla 49. Refuerzo granular asfáltica y capa asfáltica de rodadura.....	116
Tabla 50. Ficha: Sobrecarpeta asfáltica .....	117

## LISTADO DE FIGURAS

Ilustración 1. Ubicación del Mojón inicial .....	19
Ilustración 2. Mojón inicial de referencia debidamente marcado .....	20
Ilustración 3. GPS Marca Trimble.....	21
Ilustración 4. Diccionario de datos para punto inicial y final .....	22
Ilustración 5. Materialización de un mojón de referencia.....	23
Ilustración 6. Marcas en los puntos de referencia intermedio .....	24
Ilustración 7. Diccionario de datos para puntos de referencia .....	25
Ilustración 8. Tipo de Puentes evaluados.....	26
Ilustración 9. Diccionario de datos para puentes y pontones .....	27
Ilustración 10. Registro fotográfico de un puente .....	28
Ilustración 11. Dimensionamiento de la estructura.....	28
Ilustración 12. Registro de fallas en estribos y apoyos.....	29
Ilustración 13. Registro de patologías en aletas.....	29
Ilustración 14. Registró frontal del puente desde el inicio y final .....	32
Ilustración 15. Registro perfil derecho .....	32
Ilustración 16. Registro perfil izquierdo .....	32
Ilustración 17. Registro de la loza. ....	33
Ilustración 18. Registro del bordillo izquierdo. ....	33
Ilustración 19. Registro del bordillo derecho. ....	33
Ilustración 20. Registro de estribo y cimentación inicial .....	33
Ilustración 21. Registro de estribo y cimentación final.....	34
Ilustración 22. Detalle de patologías .....	34
Ilustración 23. Elaboración del apique.....	35
Ilustración 24. Registro de espesores de capa.....	35
Ilustración 25. Almacenamiento de las muestras .....	36
Ilustración 26. Ensayo de cono dinámico y georeferenciación .....	36
Ilustración 27. Diccionario de datos para exploración de suelos. ....	38
Ilustración 28. Ensayo de viga benkelman calibrando los puntos .....	39
Ilustración 29 Ensayo de viga benkelman ejecutado.....	39
Ilustración 30. Diagrama de flujo: Metodología .....	83
Ilustración 31. Cunetas estándar.....	85
Ilustración 33. Diagrama de flujo: Metodología Rehabilitación .....	110

## RESUMEN

**TITULO:** Apoyo en la estimación de costos para el mejoramiento de la malla vial existente en el departamento de Santander, utilizando como parámetros la patología actual y el nivel de servicio.<sup>1</sup>

**AUTOR:** ROJAS Sánchez Andrés Eduardo.<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVES:** Inventario, Infraestructura Vial, Planeación, Fases, Equipo, Ensayos, Georreferenciación, Diccionario de Datos, Diseño, Pavimento, Inventario, Santander, Malla.

### DESCRIPCION:

Dada la importancia y el intervalo de tiempo en que se realiza un inventario vial a nivel departamental se vuelve una necesidad para las entidades territoriales municipales contar con un mecanismo soportado en el inventario , capaz de dar un horizonte sobre el estado actual de sus vías y la manera como deben priorizarse los recurso de inversión.

Con el objetivo de generar esa herramienta fue generada una metodología basada en las principales corrientes de diseño de pavimento en Colombia, dependiendo de la calidad del servicio al que se quiera llevar y la disposición económica que maneje la entidad interesada en realizar la inversión.

Se uso la metodología recomendad en el manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito para el diseño de pavimentos, el manual de diseño de la IDU para la rehabilitación de estructuras de pavimentos existentes e información de campo y laboratorio suministrada por el grupo de investigación GEOMATICA y la Universidad Industrial de Santander

El presente libro se divide en dos partes, una de ellas resume las actividades desarrolladas dentro del marco de la práctica y la otra establece una metodología para la estimación de costos para el mejoramiento de la malla vial existente en el departamento de Santander, utilizando como parámetros la patología actual y el nivel de servicio.

---

<sup>1</sup> Proyecto de Grado modalidad Práctica Empresarial

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Wilfredo del Toro Rodríguez . Codirector: Sandy Yanes Sánchez

## ABSTRACT

**TITLE:** Support in the estimate cost for the improvement of the existing road network in the department of Santander, using as parameters the current condition and level of service.\*

**AUTHOR:** ROJAS Sanchez, Andrés Eduardo.\*\*

**KEY WORDS:** Inventory, road infrastructure, planning, phases, equipment, tests, georeferencing, data dictionary, pavement design.

### DESCRIPTION:

The importance and the period of time between Roads Inventories at department level, it has been become in a necessity for the territorial entities have a tool based on the previous inventory capable to give an idea about the present state of their roads and the way they should prioritize the investment resources.

The principal purpose is to create the tool, but first of all we need a methodology based on the main currents of pavement design here in Colombia, depending on the quality of service and the economical disposition that handle the entity interested in perform the investment.

The development of this work was based on the recommended methodology of the pavement asphalt design manual of low transit, the design manual of IDU for rehabilitation of existing pavement structures and the field and lab information supplied already by Geomática and the university.

This book have two parts, the first contains all the duties that were my responsibilities during my practice and the second proposes a cost estimate methodology for the improvement of the road network at Santander Department using the current pathology and level of service.

---

\*Thesis (Bussines practice modality)

\*\* Faculty Mechanical-Physics. Civil Engineering School. Director: Wilfredo del Toro Rodríguez. Codirector: Sandy Yanes Sánchez.

## INTRODUCCIÓN

La oportunidad de conocer a fondo el sistema de la infraestructura vial de los departamentos de Santander y Norte Santander por medio de un inventario, ocurre una vez cada 20 años. Gracias al grupo de investigación Geomática de la Universidad Industrial de Santander, se tuvo la oportunidad de participar en este evento por medio de la modalidad de práctica empresarial, en la cual se pudo valorar el estado actual de las vías, constatar las principales patologías y recomendar soluciones con el objetivo de mejorar la comodidad de los usuarios y seguridad de las vías.

Para ejecutar el inventario vial se utilizó georeferenciación con el fin de lograr, por medio de un sistema de información geográfica, una base de datos dinámica y útil para alcaldías y gobernaciones de los departamentos de Santander y Norte de Santander, la cual fuera fácil de actualizar. Para alcanzar este objetivo fue necesario el uso del siguiente personal calificado:

- Inspectores de campo capacitados en cada una de las áreas que compone la infraestructura.
- Personal de oficina capacitado en sistemas de información geográfica.
- Personal de oficina capacitado en formulación evaluación y soluciones en patologías viales.

Este libro esta segmentado en dos capítulos, en el primero se explica las responsabilidades asignadas durante la práctica empresarial y en el segundo se describe la metodología formulada para estimar cantidades de obra necesarias, que generen soluciones a las patologías encontradas en el inventario vial enfocado a la capa de rodadura.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una metodología que, por medio de la información de campo capturada, genere un diagnóstico del estado actual y la solución a los principales problemas, así como las cantidades de obra que sirvan de apoyo en la estimación de costos para el mejoramiento de la malla vial existente en los departamentos de Santander y Norte de Santander, utilizando como parámetros la patología actual y el nivel de servicio.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICO**

- Observar, registrar y analizar la patología actual en la capa de rodadura de algunas vías secundarias de Santander, con el fin de adquirir experiencia para generar un diagnóstico acorde a los problemas actuales.
- Definir una metodología que de forma lineal y automática, procese la información capturada en el inventario vial.
- Generar distintos escenarios que sirvan de herramienta de decisión para las alcaldías en el momento de realizar una inversión.
- Adquirir el perfil de investigador que se requiere para ser parte del grupo de investigación Geomática de la Universidad Industrial de Santander

## DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ENTORNO DE TRABAJO

### EMPRESA CON LA CUAL SE FIRMÓ EL CONVENIO

GRUPO DE INVESTIGACIÓN GEOMÁTICA

### DATOS GENERALES DE LA EMPRESA

Fecha de creación: Mayo de 1998

Área predominante: Ciencias Exactas y de la Tierra; Geociencias

Programa: Colciencias

Principal: Electrónica, Telecomunicaciones e Informática

Secundario: Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat

### UBICACIÓN

Institución: Universidad Industrial de Santander - UIS

Dirección: UIS - Kra 27 Calle 9

Barrio: La Universidad

Código postal 678

Ciudad: Bucaramanga (Santander)

Teléfono: 6344000 Extensión: 2411 Fax: 6320744

E-mail: Geomatica@condorito.uis.edu.co

Home page: <http://albatros.uis.edu.co/~pagina/grupos/geomatica>

## **PLAN DE TRABAJO.**

Geomática, Gestión y optimización de sistemas, soporta su plan de trabajo en las siguientes bases estratégicas:

- Proyección del Grupo 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.
- Participar en la Convocatoria para Grupo y Centros de Colciencias. - Realizar eventos académicos, científicos y tecnológicos nacionales e internacionales con el propósito de difundir el conocimiento y el desarrollo en las líneas de investigación del Grupo.
- Divulgar los conocimientos y productos generados dentro del Grupo a través de la publicación de artículos, libros, ponencias, etc.
- Desarrollo del talento humano. El objetivo de esta estrategia es lograr la sensibilización y formación de investigadores, estudiantes de pregrado y posgrado, empresarios, funcionarios públicos y privados, y a la sociedad en general, en las áreas 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 Geociencias.
- Apoyar los programas académicos de pregrado de la UIS. - Diseñar y ofertar posgrados a nivel de especialización, diplomados y cursos en las áreas del conocimiento apropiados por el Grupo.
- Creación de líneas de especialización en la Maestría en Ingeniería de la UIS. - Consolidar y ofrecer permanentemente el Diplomado Uso de Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Investigación en Ingenierías.
- Propender por una cultura de investigación que proponga soluciones concretas a problemas específicos de los diferentes sectores de la sociedad del área de influencia del Grupo.

## LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Ingeniería de Preservación y Conservación de Recursos Naturales

Ingeniería de Transportes

Modelos de Optimización

Tecnologías Emergentes en Geociencias e Ingeniería

## RELACIÓN CON EL SECTOR PRODUCTIVO

Corporación Autónoma Regional de Santander - CAS

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga -  
CDMB

Departamento de Santander <sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Tomado de <http://www.uis.edu.co/portal/investigacion/centros/geomatica.html>

## PARTE A: RESPONSABILIDADES OTORGADAS DURANTE EL PERIODO DE PRÁCTICA

### RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA DE CAMPO.

#### MATERIALIZACIÓN DEL PUNTO INICIAL Y FINAL DE LAS VÍAS.

Ilustración 1. Ubicación del Mojón inicial



*La imagen corresponde al mojón del inicio de vía ubicado en la vía Vélez- Guavata en la cual se aprecia al secretario de infraestructura realizando acompañamiento a la comisión de campo.*

## Ilustración 2. Mojón inicial de referencia debidamente marcado



*La imagen corresponde al mojón inicial ya asignando se puede apreciar el código de la vía y el kilometraje inicial.*

### **Objetivo:**

Materialización de un punto físico usando un mojón testigo y un punto espacial por medio de GPS, que sirva como inicio y fin del abscisado de vía para alcaldías y gobernación.

### **Equipo usado:**

- Camioneta 4x4
- Sistema de posicionamiento global GPS
- Mojón de referencia
- Plantilla de letras

- Pintura acrílica
- Herramienta menor

### **Metodología usada:**

Por medio de concertación con los secretarios de infraestructura de cada alcaldía se determinaron los puntos de inicio y finalización de las vías asignadas por la gobernación.

### **Materialización del punto físico:**

Para tal fin, se usó un mojón que consta de un una tubería de aguas negras de 4 pulgadas de diámetro y 70 cm de longitud, rellena con concreto, la cual es enterrada a una profundidad de 50 cm.

Se realiza una inscripción vertical en la cual debe leerse claramente el código de la vía y abscisa inicial y final según sea el caso.

### **Materialización del punto espacial:**

Para lograr la georeferenciación de punto se usó un GPS marca Trimble Geo XH

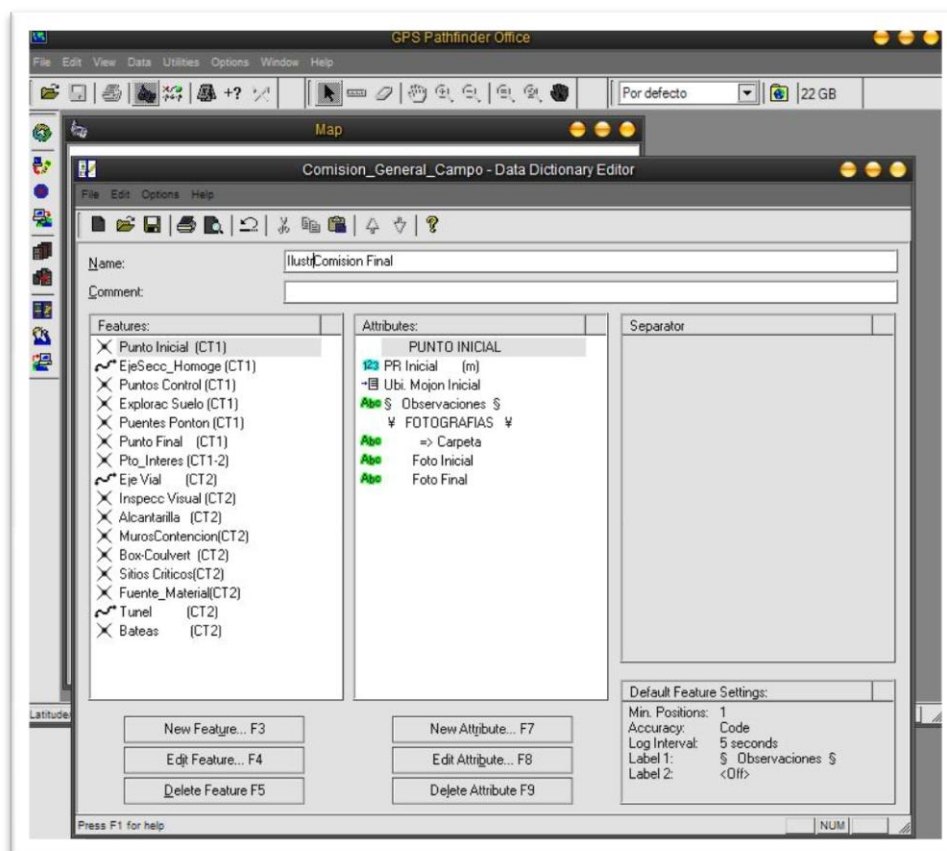
**Ilustración 3. GPS Marca Trimble**



*GPS tipo usado por las comisiones de campo*

Se utilizó un diccionario formulado en el programa Pathfinder de office, con el fin de procesar la información por medio de corrección diferencial y poder convertir a formato SHP de ArcMap.

**Ilustración 4. Diccionario de datos para punto inicial y final**



*La imagen corresponde al diccionario creado para la georeferenciación del mojón inicial y final*

Se coloca el GPS directamente sobre el mojón y se inicia la captura de puntos por medio de la herramienta Terrasyn, disponible en el GPS, que tiene la capacidad de reproducir el diccionario de datos. La toma de puntos debe hacerse al menos por 5 minutos para garantizar un error menor a los 5 m.

## MATERIALIZACIÓN DE PUNTOS DE REFERENCIA CON UNA FRECUENCIA DE 5 KM.

### Ilustración 5. Materialización de un mojón de referencia



*La imagen corresponde al momento en el que se procede a la ubicación del mojón de referencia k10+000 en la margen izquierda de la vía Vélez- Guavata*

Por problemas de espacio se realizó un salto de página. La imagen fue colocada en la página 10.

## Ilustración 6. Marcas en los puntos de referencia intermedio



*La imagen corresponde al mojón de referencia K10+000 ya instalado y marcado*

### **Objetivo:**

Materialización de un punto físico usando un mojón testigo y un punto espacial por medio de GPS, que sirva de referencia para la ubicación de estructuras cuando no se disponga de sistemas de posicionamiento global.

### **Equipo usado:**

- Camioneta 4x4
- Sistema de posicionamiento global GPS
- Mojón de referencia
- Plantilla de letras

- Pintura acrílica
- Herramienta menor
- Sistema de posicionamiento global GPS

### Metodología usada:

Por medio de un odómetro acondicionado a la camioneta cada 5 km se generó un punto de referencia.

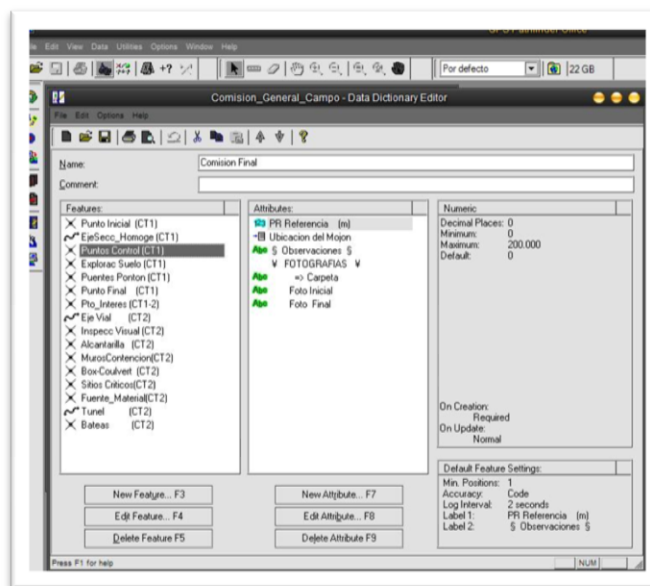
### Materialización del punto físico:

Se aplica el mismo procedimiento mencionado en la página 7 y 8 del presente libro

### Materialización del punto espacial:

Se aplica el mismo procedimiento mencionado en la página 7 y 8 del presente libro

**Ilustración 7. Diccionario de datos para puntos de referencia**



*La imagen corresponde al diccionario creado para la georeferenciación del mojón inicial y final*

Se coloca el GPS directamente sobre el mojón y se inicia la captura de puntos por medio de la herramienta Terrasyn, disponible en el GPS. La toma de puntos debe hacerse por lo menos durante minutos para garantizar un error menor a 5 m.

**GEOREFERENCIACIÓN Y ABSCISADO DE LOS PUENTES ENCONTRADOS EN CADA VÍA EVALUADA.**

**Ilustración 8. Tipo de Puentes evaluados**



*La imagen corresponde a un puente tipo viga sobre-loza localizado sobre la vía Vélez –Guavata, este tipo de puente es el más común encontrado en las vías de los dos departamentos*

## Objetivo:

Asignar una referencia espacial y una abscisa a cada puente encontrado en la vía.

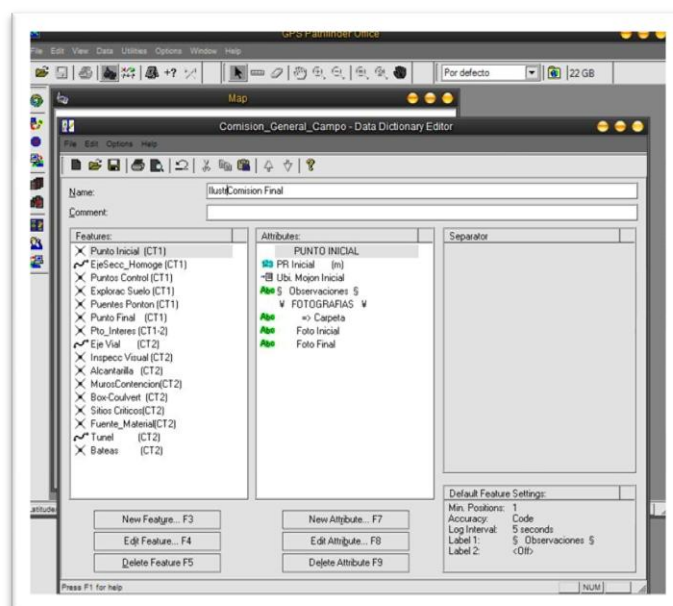
## Equipo usado:

- Camioneta 4x4 con un odómetro adaptado
- Sistema de posicionamiento global GPS

## Metodología usada:

Una vez se localiza la estructura, se define si es un pontón o puente, se acomoda la llanta amarrada al odómetro sobre el estribo inicial y se registra la lectura del odómetro en el GPS. Finalmente, se toma el punto de referencia espacial por el tiempo necesario y se procede a la inspección.

**Ilustración 9. Diccionario de datos para puentes y pontones**



*La imagen corresponde al diccionario creado para la georeferenciación del mojón inicial y final*

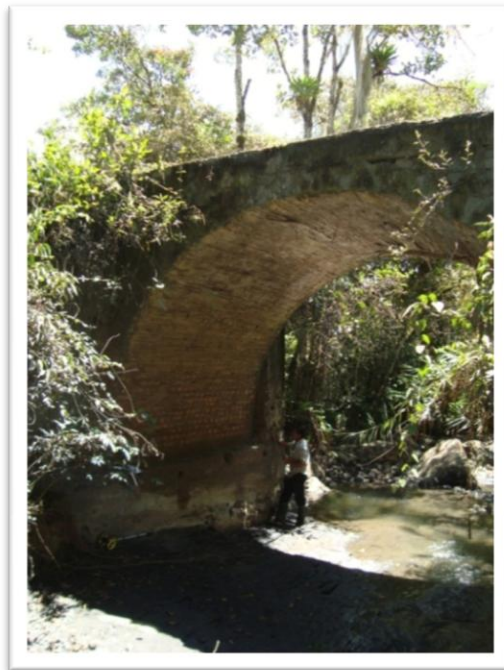
**EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS ENCONTRADAS EN LA INFRAESTRUCTURA Y SUPERESTRUCTURA DE LOS PUENTES EN LAS VÍAS EVALUADAS.**

**Ilustración 10. Registro fotográfico de un puente**



*La imagen corresponde al registro de un puente sobre la vía velez guavata*

**Ilustración 11. Dimensionamiento de la estructura**



*La imagen corresponde al momento en el que se mide la altura del estribo inicial del puente mencionado en la gráfica anterior.*

### **Ilustración 12. Registro de fallas en estribos y apoyos**



*La imagen corresponde al momento en el que se evalua el estado del estribo y cimentación del puente al que se hace referencia en la ilustración 10*

### **Ilustración 13. Registro de patologías en aletas**



*La imagen corresponde al momento en el que se evalua el estado de la aleta incial izquierda del puente al que se hace referencia en la ilustración 10*

**Objetivo:**

Recolectar el registro fotográfico de las patologías y dimensiones sobre la estructura evaluada.

**Equipo usado:**

- Arnés de seguridad
- Guantes
- Cámara filmadora
- Cámara fotográfica
- Decámetro
- Odómetro
- Flexómetro
- Sistema de posicionamiento global GPS

**Metodología usada:**


Para realizar el dimensionamiento del puente se registró los siguientes parámetros:

- Ancho del carril de entrada.
- Ancho del carril de salida.
- Longitud total entre estribos.
- Luz mayor
- Luz Menor
- Esviaje
- Longitud total entre bordillos.
- Galibo izquierdo y derecho.
- Espesor de placa.
- Altura de bordillos.

- Altura de estribos.
- Longitud de apoyo de los estribos.
- Tipo de superestructura y la estructura.
- Tipo de estribo.
- Tipo de cimentación.
- Tipo de losa
- Tipo de pilas
- Tipo de apoyos

El cual se llena en el siguiente formato:

Tabla 1. Formato de campo de dimensiones de puentes y pontones

		<b>MINISTERIO DE TRANSPORTE</b> <b>PROGRAMA PLAN VIAL REGIONAL</b> <b>INVENTARIO DE PUENTES</b>		<b>P V R - 1 4A</b>	
Realizado por	_____			FECHA:	____ - ____ - ____
Nombre vía	_____			PR INICIAL	K _____ + _____
Nombre Puente	_____			PR FINAL	K _____ + _____
ID PUENTE	_____				
NÚMERO	_____	DE	_____		

PASOS						
No.	Tipo Paso	Primero (S/N)	Sup/Inf (S/I)	Galibo		
1				I	IM	DM
2						
<b>DATOS ADMINISTRATIVOS</b>						
Año de reconstrucción: _____						
Dirección de atasc. de la carret. (N/S/E/O): _____						
Requisitos de inspección: _____						
Número de secciones de inspección: _____						
Estación de cortejo: _____						
Fecha de recolección de datos: _____						
Obstáculo que salva: _____						
<b>DATOS TÉCNICOS</b>						
<b>Geometría</b>						
Número de luces: _____						
Número de camiles: _____						
Longitud luz menor (m): _____						
Longitud luz mayor (m): _____						
Longitud total (m): _____						
Ancho del tablero (m): _____						
Ancho del separador (m): _____						
Ancho del andén izquierdo (m): _____						
Ancho del andén derecho (m): _____						
Ancho de calzada (m): _____						
Ancho entre bordillos (m): _____						
Ancho del acceso (m): _____						
Altura de pilas (m): _____						
Altura de estribos (m): _____						
Longitud de apoyo en pilas (m): _____						
Longitud de apoyo en estribos (m): _____						
Puente en terraplén (S/N): _____						
Puente en Curva / Tangente (C/T): _____						
Esviajamiento (ora): _____						
<b>SUPER ESTRUCTURA, Tipo principal</b>						
Tipo de estructuración transversal: _____						
Tipo de estructuración longitudinal: _____						
Material: _____						
<b>SUPER ESTRUCTURA, Tipo secundario</b>						
Tipo de estructuración transversal: _____						
Tipo de estructuración longitudinal: _____						
Material: _____						

SUBESTRUCTURA		
ESTRIBOS	PILAS	
Tipo: _____	Tipo: _____	
Material: _____	Material: _____	
Tipo de cimentación: _____	Tipo de cimentación: _____	
<b>LOSA</b>		
Tipo: _____	SEÑALES	
Material: _____	Carga máxima	
Tipo de cimentación: _____	Velocidad máxima	
<b>DETALLES</b>		
Tipo de baranda: _____	Otra	
Superf. de rodadura: _____		
Junta de expansión: _____		
<b>APOYOS</b>		
Tipo de apoyos fijos sobre estribos: _____		
Tipo de apoyos móviles sobre estribos: _____		
Tipo de apoyos fijos en pilas: _____		
Tipo de apoyos móviles en pilas: _____		
Tipo de apoyos fijos en vigas: _____		
Tipo de apoyos móviles en vigas: _____		
Vehículo de diseño: _____		
Clase de distribución de carga: _____		
<b>MIEMBROS INTERESADOS</b>		
Propietario: _____		
Departamento: _____		
Municipio: _____		
<b>POSICION GEOGRAFICA</b>		
Grados	Minutos	Altitud (m)
Latitud (N)	_____	_____
Longitud (O)	_____	_____
Paso por el cauce (S/N)	_____	Long. Variante
Existe variante (S/N)	_____	Estado (B/R/M)
<b>OBSERVACIONES</b>		
_____		
_____		
_____		
_____		
_____		

## Registro fotográfico o fílmico del puente

Para generar el registro fotográfico o fílmico se implementó el orden que se muestra entre la ilustración 14 y la ilustración 23

*Las siguientes ilustraciones hacen referencia a un puente levantado en la vía Vélez Guavata y muestra la secuencia fotográfica realizada*

**Ilustración 14. Registró frontal del puente desde el inicio y final**



**Ilustración 15. Registro perfil derecho**



**Ilustración 16. Registro perfil izquierdo**



**Ilustración 17. Registro de la loza.**



**Ilustración 18. Registro del bordillo izquierdo.**



**Ilustración 19. Registro del bordillo derecho.**



**Ilustración 20. Registro de estribo y cimentación inicial**



**Ilustración 21. Registro de estribo y cimentación final**



**Ilustración 22. Detalle de patologías**



**TOMA DE MUESTRAS DE SUBRASANTE Y ELABORACIÓN DEL ENSAYO DE CONO DINÁMICO  
CON FRECUENCIA DE 2.5 KM**

**Ilustración 23. Elaboración del apique**



*La gráfica hace referencia al momento en el cual se realiza el apique se puede observar que se realiza sobre la margen derecha a 60 cm de la cuneta*

**Ilustración 24. Registro de espesores de capa**



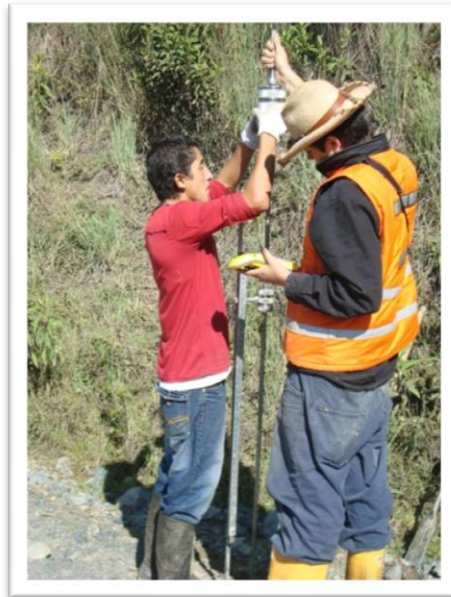
*La gráfica hace referencia a la forma en la cual se realizan los apiques*

### Ilustración 25. Almacenamiento de las muestras



*La gráfica hace referencia al momento en el cual se dispone a almacenar la muestra*

### Ilustración 26. Ensayo de cono dinámico y georeferenciación



*La gráfica hace referencia al momento en el cual se realiza el ensayo de cono dinámico sobre el apique realizado.*

**Objetivo:**

Realizar apiques en los cuales se obtenga como producto, espesores de capa, una muestra de 5 kg representativa de la subrasante para análisis de laboratorio y datos de ensayo de cono dinámico .

**Equipo usado:**

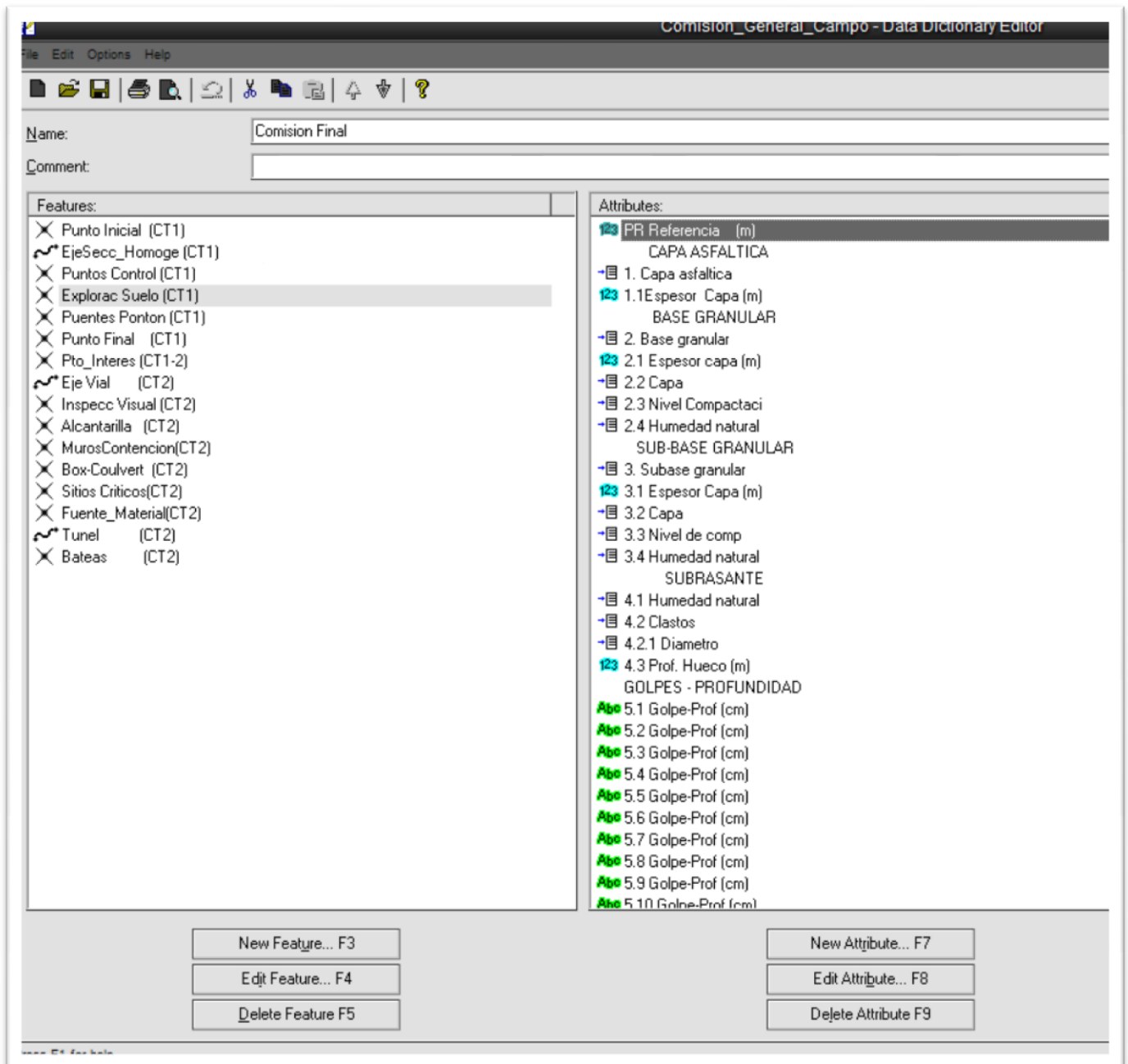
- Camioneta 4x4.
- Herramienta menor.
- Penetrometro de cono dinámico.
- Sistema de posicionamiento global GPS.

**Metodología usada**

Se realiza una perforación circular de 30 cm de diámetro a una profundidad de 60 cm, en la cual se mide los espesores de capa encontrados, se da una descripción general del tipo de suelo y propiedades cuantitativas encontradas tales como humedad, consistencia, compactación, presencia de clastos (rocas de mas de 4 pulgadas), gradación de la base y subbase.

Una vez guardadas las muestras, se realiza el ensayo de cono dinámico confinando la punta con 5 golpes. Las lecturas de penetración se hacen en intervalos de 5 golpes y a una profundidad máxima de 80 cm. Toda esta información se guarda en un diccionario de datos creado en el GPS, con el fin de agilizar el procesamiento de la información.

Ilustración 27. Diccionario de datos para exploración de suelos.



*La imagen corresponde al diccionario creado para la georeferenciación del apique así como para el almacenamiento de la información recolectada.*

**TOMA DE DEFLEXIONES EN SUPERFICIES CON PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DEL ENSAYO DE VIGA BENKELMAN**

**Ilustración 28. Ensayo de viga benkelman calibrando los puntos**



*La gráfica hace referencia al momento en el cual se posiciona y calibra la viga benkelman en la via San vicente- La renta*

**Ilustración 29 Ensayo de viga benkelman ejecutado**



*La gráfica hace referencia al momento en el cual se realiza la lectura correspondiente en la via Zapatoca - Giron*

**Objetivo:**

Determinar por medio del ensayo de viga benkelman la deflexión característica de las vías cuya superficie de rodadura sea pavimento flexible.

**Equipo usado:**

- Termómetro digital
- Volqueta
- Viga benkelman
- Odómetro peatonal

**Metodología usada**

Por medio de concertación con la gobernación, se definen las frecuencias de toma de datos en las vías a evaluar.

El ensayo se realizó con los siguientes parámetros:

- La frecuencia se realizó cada 250 m o 500 m
- Sólo se realizaron ensayos de viga benkelman a vías priorizadas por las gobernaciones.
- El ensayo se realizó sólo sobre la margen derecha de la vía a una distancia de 50 cm de la berma.
- Se tomó un registro de temperatura en cada punto evaluado
- No fueron evaluados los puntos que presentaron la falla estructural de piel de cocodrilo con un porcentaje mayor al 30% del área visible.

En la tabla 2 se realiza la descripción de las vías inventariadas durante la práctica.

## RESUMEN DE LEVANTAMIENTO EN CAMPO:

*Tabla 2. Vías inventariadas en campo*

CODIGO DE LA VÍA	NOMBRE	FLEXIBLE	AFIRMADO	km Totales	EJE	MUESTRAS	FM	Puntos interes	PUENTES	P FINAL	PTO CONTROL
45AST12-1	JESUS MARIA-CASINO-SUCRE-BOLIVAR		22.833	22,83	3,00	9,00	2,00	5,00	3,00	22833,00	4,00
45AST14	PUENTE NACIONAL-GUAVATA	434	12.166	12,60	2,00	5,00	1,00	9,00		12600,00	2,00
62ST02	VELEZ-CHIPATA-LAPAZ	8.900	17.700	26,60	2,00	10,00	1,00	10,00	8,00	26600,00	5,00
62ST04-1	EL POLVERO-EL PEÑON		8.868	8,87	1,00	3,00		2,00		8868,00	1,00
62ST04	PALOBLANCO-BOLIVAR		14.555	14,56	2,00	3,00	3,00	3,00		14555,00	2,00
62ST05	VELEZ-GUAVATA-SUCRE		23.413	23,41	3,00	9,00	1,00	14,00	4,00	23413,00	4,00
4704	VADOREAL-SUAITA-AGUADA-LA PAZ-MIRABUENO-SANTA HELENA	5.986	82.503	88,49	5,00	34,00	6,00	14,00	26,00	88489,00	19,00

## **ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EN OFICINA**

### **RECEPCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS EXTRAÍDAS DE LA SUBRASANTE**

#### **Objetivo:**

Recibir y coordinar el procesamiento de las muestras en campo.



#### **Metodología usada:**

Las muestras fueron recibidas y almacenadas por lotes; la referenciación y ubicación de las mismas se realizó por medio de un formato Excel.

Los ensayos fueron realizados por un Ing. civil profesional del laboratorio. A cada muestra extraída de los apiques, se le hicieron los ensayos de humedad natural y clasificación por composición granulométrica y límites de Atterberg. Las muestras se tomaron de acuerdo con la norma E-101, se describieron por la norma E-102, se conservaron y transportaron de acuerdo con la norma E-103. Así mismo, se prepararon para los ensayos siguiendo la norma E-104. (Para la clasificación de suelos se realizaron los ensayos E-123, E-125, E-126).

Los datos de campo fueron procesados usando un formato de Excel diseñado para tal fin.

Tabla 3 Formato de entrega de ensayos de laboratorio para el Departamento de Santander

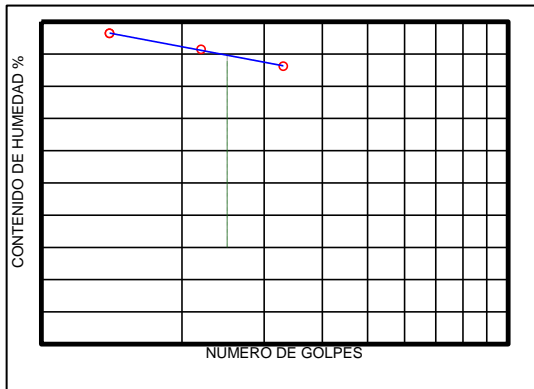
	<b>REGISTRO</b> <b>ENSAYO DE CLASIFICACIÓN</b> <b>LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN</b> <b>NORMA : I.N.V E - 122 - E - 123 - E - 125 - E - 126</b>	
<b>COD VIA :</b> 45AST12-1		<b>ABCISA :</b> 22500
<b>SECTOR :</b> JESUS MARIA-CASINO-SUCRE - BOLIVAR		

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**

LÍMITE LÍQUIDO				
Determinación No	1	2	3	4
Número de Golpes	33	22	14	14
Recipiente No.	159	157	158	158
P <sub>1</sub>	28,95	26,41	25,15	25,15
P <sub>2</sub>	22,23	20,28	19,20	19,20
P <sub>3</sub>	6,64	6,87	6,85	6,85
P <sub>W</sub>	6,718	6,129	5,954	5,954
P <sub>S</sub>	15,59	13,41	12,35	12,35
W%	43,1	45,7	48,2	48,2

LÍMITE PLÁSTICO				
Recipiente No.	191	192		
P <sub>1</sub>	18,55	17,50		
P <sub>2</sub>	16,01	15,09		
P <sub>3</sub>	6,97	6,57		
P <sub>W</sub>	2,539	2,413		
P <sub>S</sub>	9,03	8,52		
W%	28,1	28,3		

P<sub>1</sub> = Peso Recipiente + Suelo Húmedo, en g  
 P<sub>2</sub> = Peso Recipiente + Suelo Seco, en g  
 P<sub>3</sub> = Peso Recipiente, en g      P<sub>W</sub> = P<sub>1</sub> - P<sub>2</sub>  
 P<sub>W</sub> = Peso del Agua, en g      P<sub>S</sub> = P<sub>2</sub> - P<sub>3</sub>  
 P<sub>S</sub> = Peso Suelo Seco, en g      w = (P<sub>W</sub> / P<sub>S</sub>) x 100  
 W = Contenido de agua, en %



**GRADACIÓN**

Peso inicial: 108,70,00			Peso final: 103,80		
Tamiz, plg	Tamiz, mm	Peso	% Reten.	% Ret.Acum	% Pasa
3"	76,10				
2 1/2"	64,00				
2"	50,80				
1 1/2"	38,10	0,0			100,0%
1"	25,40	0,0			100,0%
3/4"	19,00	0,0			100,0%
1/2"	12,70	21,5	0,0%		100,0%
3/8"	9,51	20,7	19,0%	19,0%	81,0%
4	4,76	105,3	0,0%	19,0%	81,0%
8	2,38	0,0			
10	2,00	135,8	0,0%	19,0%	81,0%
12	1,68	0,0			
20	1,19	76,5	0,0%		
30	0,59	0,0			
40	0,42	40,0	36,8%	55,8%	44,2%
60	0,30	24,9	0,0%		
80	0,18	0,0			
100	0,15	29,1			
200	0,07	14,0	12,9%	95,5%	4,5%
Pasa 200	19,2	4,9	4,5%	100,0%	0,0%
Total		108,7			

**RESULTADOS**

Límite Líquido      44,8 %  
 Límite Plástico      28,2 %  
 Índice Plástico      16,6 %

Gravas      19,0%  
 Arenas      76,4%  
 Finos      4,5%

**CLASIFICACIÓN**

Índice de Grupo      0  
 A.A.S.H.T.O.      A - 2 - 7  
 U.S.C      SP

OBSERVACIONES:

---



---



REVISO

ELABORO

ING, APROBO

No se permiten diferencias mayores al 2% entre dos ensayos de LP del mismo material

Tabla 4. Formato de entrega de ensayos de laboratorio para el Departamento de Norte de Santander

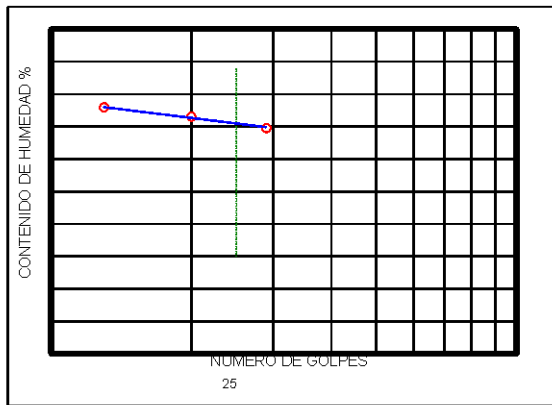
	<b>REGISTRO</b> <b>ENSAYO DE CLASIFICACIÓN</b> <b>LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN</b> <b>NORMA : I.N.V E - 122 - E - 123 - E - 125 - E - 126</b>	
<b>COD VIA :</b> 70NS07 <b>SECTOR :</b> VILLA DEL ROSARIO-RANGONVALIA	<b>ABSCISA :</b> 45000	

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**

LÍMITE LÍQUIDO				
Determinación No	1	2	3	3
Número de Golpes	29	20	13	13
Recipiente No.	221	73	319	319
P <sub>1</sub>	25,59	22,23	26,49	26,49
P <sub>2</sub>	20,91	18,22	21,04	21,04
P <sub>3</sub>	7,46	7,25	6,68	6,68
P <sub>w</sub>	4,680	4,010	5,450	5,450
P <sub>s</sub>	13,45	10,97	14,36	14,36
W%	34,8	36,6	38,0	38,0

LÍMITE PLÁSTICO				
Recipiente No.	44	56		
P <sub>1</sub>	32,69	29,37		
P <sub>2</sub>	29,46	26,48		
P <sub>3</sub>	16,79	15,27		
P <sub>w</sub>	3,230	2,890		
P <sub>s</sub>	12,67	11,21		
W%	25,5	25,8		

P<sub>1</sub> = Peso Recipiente + Suelo Húmedo, en g  
 P<sub>2</sub> = Peso Recipiente + Suelo Seco, en g  
 P<sub>3</sub> = Peso Recipiente, en g      P<sub>w</sub> = P<sub>1</sub> - P<sub>2</sub>  
 P<sub>w</sub> = Peso del Agua, en g      P<sub>s</sub> = P<sub>2</sub> - P<sub>3</sub>  
 P<sub>s</sub> = Peso Suelo Seco, en g      w = (P<sub>w</sub> / P<sub>s</sub>) x 100  
 W = Contenido de agua, en %



No se permiten diferencias mayores al 2% entre dos ensayos de LP del mismo material

**GRADACIÓN**

Peso inicial	665,10,00		Peso final: 438,60		
Tamiz, plg	Tamiz, mm	Peso	% Reten.	% RetAcum	% Pasa
3"	76,10	0,0			100,0%
2 1/2"	64,00	0,0			100,0%
2"	50,80	0,0			100,0%
1 1/2"	38,10	0,0			100,0%
1"	25,40	0,0			100,0%
3/4"	19,00	46,6	7,0%	7,0%	93,0%
1/2"	12,70	3,8	0,6%	7,6%	92,4%
3/8"	9,51	16,6	2,5%	10,1%	89,9%
4	4,76	48,5	7,3%	17,4%	82,6%
8	2,38	0,0		17,4%	82,6%
10	2,00	73,4	11,0%	28,4%	71,6%
12	1,68	0,0		28,4%	71,6%
20	1,19	99,4	14,9%	43,3%	56,7%
30	0,59	0,0		43,3%	56,7%
40	0,42	58,2	8,8%	52,1%	47,9%
60	0,30	34,2	5,1%	57,2%	42,8%
80	0,18	0,0		57,2%	42,8%
100	0,15	28,0	4,2%	61,4%	38,6%
200	0,07	29,9	4,5%	65,9%	34,1%
Pasa 200	0,0	226,5	34,1%	100,0%	0,0%
Total		665,1			
P1		662,9			
P200 ini		2,2			

**RESULTADOS**

Límite Líquido      35,5 %  
 Límite Plástico      25,6 %  
 Índice Plástico      9,8 %

Gravas      17,4%  
 Arenas      48,6%  
 Finos      34,1%

**CLASIFICACIÓN**

Índice de Grupo      0  
 A.A.S.H.T.O.      A - 2 - 4  
 U.S.C      SM

OBSERVACIONES:

---



---

REVISO

ELABORO

ING, APROBÓ

## **GENERACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA DAR DIAGNÓSTICO A LAS VÍAS SECUNDARIAS DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER Y NORTE DE SANTANDER.**

### **Objetivo:**

- Procesar de manera rápida toda la información de campo para generar un diagnóstico del estado actual.
- Generar soluciones, por escenarios, a las principales patologías encontradas en las vías secundarias priorizadas de los departamentos de Santander y Norte de Santander.
- Generar cantidades de obra que sirvan como apoyo en la estimación de costos para el mejoramiento de la malla vial existente en los departamentos de Santander y Norte de santander, utilizando como parámetros la patología actual y el nivel de servicio.

### **Metodología usada:**

Para determinar el estado óptimo de una vía, se tuvo claro que las principales características que garantizan condiciones satisfactorias al tránsito vehicular, son la capacidad de soporte y la regularidad superficial, buscando siempre la seguridad y comodidad de los usuarios.

La capacidad de soporte se refiere a la resistencia estructural de la vía para resistir las cargas vehiculares repetidamente sobre ellas. Por tal razón, los materiales de la estructura del pavimento deben cumplir con normas de calidad relacionados con durabilidad, resistencia, geometría y evitar en lo posible materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales.

La regularidad superficial tiene relación con las condiciones físicas por donde circulan los vehículos en cuanto a rugosidad, deformación, textura, estado y

limpieza, relacionadas con las patologías y fallas inventariadas, tales como baches, ondulaciones, hundimientos, grietas, entre otras, que afectan sustancialmente la comodidad, seguridad y economía de los usuarios.

Los departamentos en estudio tienen claro y definido cómo invertir el dinero para mejorar las condiciones actuales de la red vial secundaria departamental; Se consideró que debido a que la capa de rodadura es el elemento de más peso en un presupuesto vial por sus altos costos en movimientos de tierra, maquinaria, materiales y su transporte, se plantearan tres alternativas para tratar la estructura de la capa de rodadura y dejar a libre escogencia del gobierno que le corresponda las cuales son:

- Capa de rodadura en afirmado
- Capa de rodadura con tres capas clase 1 (la más superficial una mezcla densa fría tipo 2, base granular y subbase)
- Capa de rodadura con tres capas clase 2,(la más superficial una mezcla densa fría tipo 2, una base estabilizada con emulsión tipo 3 y la subbase).

En la evaluación de mejoramiento se analizaron tres escenarios posibles el primero es una capa de afirmado que no genera aporte estructural pero sí protege la banca de problemas de insuficiencia de drenaje; la segunda alternativa propone un diseño típico (capa asfáltica, base granular y sub base granular) y la tercera es una variante al diseño típico que reemplaza la capa de base por suelo estabilizado con emulsión asfáltica.

Para estimar los espesores de capa, se aplicó la metodología recomendada en el MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA VÍAS CON BAJOS

VOLÚMENES DE TRÁNSITO, del cual se resume a continuación los pasos a seguir.

- Se estimó un número de ejes equivalentes para un período de diseño de 10 años y un nivel de confiabilidad del 80% aplicando la metodología recomendada en el numeral 2.9.1.2 pág. 25 del documento “Metodología de diagnóstico y estimación de costos para capa de rodadura de los departamentos de Santander y Norte de Santander”.el cual se encuentra en la parte B de este libro
- Se estimó el ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) por medio del ensayo de cono dinámico usado la metodología recomendada en el numeral 6.1.2 a la 6.3 pág. 66 a la 70 del MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS PARA VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO, del ing ALFONSO MONTEJO FONSECA (que correlaciona el número de golpes dados para alcanzar una profundidad determinada con el CBR).
- Para la estimación de número estructural se utilizó la ecuación de la AASHTO aplicando la metodología recomendada en el numeral 5.2.1 pág. 78. del MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS PARA VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO del ing ALFONSO MONTEJO FONSECA, (la cual por medio de una ecuación lineal y un número estructural calculado estima los espesores de capa)
- Para evaluar la funcionalidad del diseño estructural (SN construido) se usó la ecuación de la AASHTO de multicapa y los coeficientes recomendados en el numeral 5.2.3, 5.2.4, 5.3 pág. 79-80 (referirse al ítem anterior)

- Para determinar la sobrecarpeta se tomaron lecturas de deflexión por medio del ensayo de viga Benkelman con una frecuencia de 250 m para vías priorizadas y 500 m para vías no priorizadas por las gobernaciones.
- Se usó la metodología recomendada por la norma del instituto de Desarrollo Urbano (IDU) 2002 TITULO B CAPITULO B.5, B.6, B.7 la cual se resume a continuación:
- Se realiza corrección por temperatura aplicando la metodología del manual de diseño de pavimentos asfálticos de bajos volúmenes de tránsito del ing Alfonso Montejó Fonseca que (consiste en llevar la deflexión medida de cualquier temperatura a una estándar de 20°C)
- Se calcula la deflexión característica de la vía siguiendo la metodología recomendada en el numeral B.7.3.1 pág. 55 de la IDU.(por medio de una ecuación que es igual a la media geométrica de todos los datos sumada a la desviación estándar aumentada un 30%).
- Se evalúa el tipo de Tráfico basado en el número de ejes equivalentes de la vía y la metodología recomendada en de la tabla B.4.6 pág. 31 de la IDU.(da una clasificación del tránsito dependiente del número de ejes equivalente que va a soportar la estructura)
- Se evalúa la deflexión admisible basado en el  $D_0$  y la metodología recomendada en la tabla B.7.1 pág. 55 .(da una clasificación de la deflexión por medio de rangos admisibles que garanticen estabilidad estructural).

- Se clasifica la capa de rodadura según la metodología recomendada en el numeral B.5.4 pág. 52.(dependiendo de la deflexion se asigna un tipo de estructurara).
- Se calculó el refuerzo de diseño usando la metodología recomendad en el numeral B.5.5 pág. 53 y 54.

Para el mantenimiento de la vías en afirmado se aplicó el conocimiento recopilado en la tesis de grado **MANUAL DE TECNOLOGÍAS PARA EL MANTENIMIENTO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS** / NINO ÁLVAREZ, EDGAR; JIMÉNEZ, VÍCTOR HUGO; GÓMEZ, JORGE, DIR.; UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL. TESIS (PREGRADO); BUCARAMANGA:

Para el mantenimiento de las vías en pavimento flexible se aplicó el conocimiento recopilado en **GUÍA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS ASFALTICOS EN CARRETERAS;** ALFONSO MONTEJO

Para obtener información más detallada referirse a la parte B de este libro.

## RESUMEN DE ACTIVIDADES REALIZADAS EN OFICINA

Para el Departamento de Santander se procesaron alrededor de 500 muestras de laboratorio que corresponden a 64 vías secundarias

Se diagnosticó aproximadamente 921 km de la red secundaria.

Para el Departamento de Norte de Santander se procesaron alrededor de 199 muestras de laboratorio que corresponden a 18vías secundarias

Se diagnosticó aproximadamente 545 km de la red secundaria

A continuación se detallan las vías levantadas por departamentos y escenarios

## ENSAYOS DE LABORATORIO POR VÍAS PROCESADAS DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER

*Tabla 5 Resumen de vías procesadas Santander*

CODIGO	NOMBRE DE LA VIA	CODIGO	NOMBRE DE LA VIA	CODIGO	NOMBRE DE LA VIA	CODIGO	NOMBRE DE LA VIA
45AST12-1	JESUS MARIA-CASINO-SUCRE - BOLIVAR	57ST06	CRUCE RUTA 57 - VALLE DE SAN JOSE - PUENTE PALENQUE	45AST15-1	GAMBITA-ARCABUCO (LIM BOY)	45AST07	BUCARAMANGA-LAPLAYA-MATANZA - SURATA-CALIFORNIA
45AST12-3	FLORIAN - ALBANIA	64ST01	ZAPATOCA-GIRON	4704	VADO REAL -SUAITA-AGUADA - LA PAZ - MIRABUENO-SANTA HELENA DEL OPÓN	55BY13	LA PALMERA-EL ESPINO-EL COCUY- SECTOR LA PALMERA-TIENDA NUEVA( LIM. BOYACA)
62ST02	VELEZ CHIPATA LA PAZ	66ST03	Azufrada-Sabana de torres	45ASTA	PASO POR GUEPSA	55ST02-1	RAMAL A MOLAGAVITA
45AST14	PUENTE NACIONAL GUAVATA	6402	ZAPATOCA-GALAN - BARICHARA(CRUCES GUANE)	45AST05	BERLIN - CURCE RUTA 64 (PUENTE PUNTIADERO)	55BY13	LA PALMERA-EL ESPINO-EL COCUY- SECTOR LA PALMERA-TIENDA NUEVA( LIM. BOYACA)
45AST12	PUENTE NACIONAL-JESUS MARIA-LA VENTA-FLORIAN	64ST03	RAMAL A VILLANUEVA	47ST05	LA PLANCHA- SAN BENITO-GUEPSA	45ST04	TRONCAL MAG MED-EL CENTRO-EL INTRA(BARRANCA)
62ST05	VELEZ GAUVATA SUCRE	45ASTD	PASO POR CURITI	4704	VADO REAL -SUAITA-AGUADA - LA PAZ - MIRABUENO-SANTA HELENA DEL OPÓN	45ST05	TRONCAL MAG MED-YARIMA-SABANALES
45ABY01	SABOYA - EL DIAMANTE	45ASTC	PASO POR PINCHOTE	45AST03	TAPIAS - CONFINES - CHARALÁ	45AST19	CONFIRMAR NOMBRE
60BY06	PIEDRA GORDA-ALBANIA-DIAMANTE-LA VENTA (SECTOR LA VENTA-LIMITES BOY)	55ST06	PERALONSO-TABETA- LIM. BOYACA	45A06B	PASO POR GUAPOTA Y PALMAS DEL SOCORRO	47ST02	EL TOPON -SABANALES- LLANA CALIENTE
45AST01	PUENTE NACIONAL-LA CAPILLA	64ST05	TRANSVERSAL 64(SAN GIL) - CABRERA	47AST04-1	EL TIRANO-GUADALUPE-CONTRATAACION-GUACAMAYO	4706	EL CARMEN-CRUCES RUTA 64 (SAN VICENTE)
62ST04	PALO BLANCO-BOLIVAR	66ST02	BARRANCABERMEJA - PTO. WILCHES	45AST04	SOCORRO-SIMACOTA-CHIMA - CONTRATACIÓN	4705	EL TOPON-EL CARMEN
62ST04-1	EL POLVERO-EL PEÑON	45ST06	TRONCAL MAGD MEDIO (EL 15)- PUERTO WILCHES	57ST02	CHARALA-COROMORO	47ST01	EL TOPON-CENTENARIO-LA PIRAGUA
45AST12-2	FLORIAN-LABELLEZA-CASINO	6401	YE DE BARRANCA-TRONCAL DEL MAD. MEDIO-SAN VICENTE-ZAPATOCA	45A06B	PASO POR GUAPOTA Y PALMAS DEL SOCORRO	45ST03	TRONCAL M.M-EL GUAMO-LA ARAGUA-SANTA HELENA
45AST15	VADOREAL-GAMBITA-El Pical	66ST01	RAMAL A TONA	57ST05	LA PLANCHA- SAN BENITO-GUEPSA	45AST07-1	LA PLAYA-CHARTA
45AST20	PIEDRECUESTA-LA GRANJA-CHOCOITA	66ST04	BERLIN-VETAS-CALIFORNIA	45AST05	BERLIN - CURCE RUTA 64 (PUENTE PUNTIADERO)	45AST11	RIONEGRO-LLANO DE PALMAS
4707	LA YE(SAN VICENTE) LA RENTA	45AST19	TRES ESQUINAS-PUNTA DE LA MESA	57ST04	RUTA 57 (PUENTE PALENQUE) - OCAMONTE	45AST09	RAMAL A LAS BOCAS
				5701	DUITAMA-SAN GIL-SECTOR SAN GIL-TALADRO(LIM.BOY)	45AST19-1	TRES ESQUINAS LA PUNTA MESA

*La tabla anterior hace referencia a las vías que con una frecuencia de 2.5 Km se le realizaron ensayos de laboratorio de suelos para poder caracterizar la subrasante del Departamento de Santander.*

## ENSAYOS DE LABORATORIO POR VÍAS PROCESADAS DEL DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER

Tabla 6 Resumen de vías procesadas de Norte de Santander

CODIGO	NOMBRE DE LA VIA
66NS05	ALTAMIRA - CUCUTILLA - ARBOLEDAS - PUENTE GOMEZ
4710	MALPASO - CACHIRA - EL DIAMANTE(Tienda)
55SN06	DON JUANA - DURANIA - VILLA SUCRE
66SN01	LA LAGUNA - SILOS - BABEGA
55SN04	EL DIAMANTE - CHINACOTA
55SN05	RAMAL A BOCHALEMA
66SN02	RAMAL A MUTISCUA
55SN03	RAMAL PAMPLONITA
55SN07	LA DON JUANA - CHINACOTA - RAGONVALIA - HERRAN
70SN010	ASTILLEROS - LA PUNTA-CRUCÉ 5507
70SN06	CUCUTÁ - VILLA DEL ROSARIO (BOCONO - EL CUJI - RUMICHACA)
70SN12	VARIANTE LA FLORESTA-PINAR DEL RIO-ANILLO VIAL
70SN10-1	AGUALASAL - LA FLORIDA - TIBÚ
70SN03	LA SANJUANA-BUCARASICA
7009A	SARDINATA -LOURDES - GRAMALOTE - PUENTE GOMEZ - CORNEJO
66SN04	ISCALA - TOLEDO - CHORROCOLORADO
66SN01	LA LAGUNA - SILOS - BABEGA

La tabla anterior hace referencia a las vías que con una frecuencia de 2.5 Km se le realizaron ensayos de laboratorio de suelos para poder caracterizar la subrasante del Departamento de Norte de Santander.

## CANTIDADES DE OBRA OBTENIDAS PARA LAS VÍAS PRIORIZADAS DEL DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER

Tabla 7. Resumen de cantidades de obra por vía para el mejoramiento de la capa de rodadura

COD. VIA	NOMBRE DE LA VIA	LONGITUD DE LA VIA	EN AFIRMADO	EN FLEXIBLE	MEJORAMIENTO																		
					CORTE DE TALUDES (ME_AC)	MOVIMIENTO DE SUELO POR BOMBEO (ME_B)		MOVIMIENTO DE SUELO POR CUNETAS (ME_PC)	ALTERNATIVA 1 (ME_ALT1)		ALTERNATIVA 2 (ME_ALT2)						ALTERNATIVA 3 (ME_ALT3)						
						m3	m3		m3	m3	cm	m3	m3	m3	cm	cm	cm	m3	m3	m3	cm	cm	cm
4710	MALPASO - CACHIRA - EL DIAMANTE(Tienda)	47,000	44,658	2,342	285,643	16,567	7,100	3,132	87,083	30	14,514	43,542	43,542	5.0	15.0	15.0	14,514	43,542	43,542	5.0	15.0	15.0	
55NS05	RAMAL A BOCHALEMA	3,128	-	3,128	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.5	15.0	15.0	-	-	-	7.5	15.0	15.0	
55NS06	DON JUANA - DURANIA - VILLA SUCRE	38,687	22,273	16,414	164,322	5,484	2,350	1,069	43,432	30	10,858	21,716	21,716	7.5	15.0	15.0	10,858	21,716	21,716	7.5	15.0	15.0	
55NS07	LA DON JUANA - CHINACOTA - RAGONVALIA - HERRAN	55,104	42,825	12,279	269,995	7,772	3,331	6,070	83,509	30	20,877	41,754	41,754	7.5	15.0	15.0	20,877	41,754	41,754	7.5	15.0	15.0	
66NS01	LA LAGUNA - SILOS - BABEGA	23,244	16,085	7,159	56,498	4,114	1,763	881	31,366	30	5,267	15,683	15,683	5.0	15.0	15.0	5,267	15,683	15,683	5.0	15.0	15.0	
66NS04	ISCALA - TOLEDO - CHORROCOLORADO	40,261	11,827	28,434	31,516	1,676	718	881	23,063	30	3,844	11,531	11,531	5.0	15.0	15.0	3,844	11,531	11,531	5.0	15.0	15.0	
66NS05	ALTAMIRA - CUCUTILLA - ARBOLEDAS - PUENTE GOMEZ	104,000	73,224	30,776	360,846	14,735	6,280	10,401	142,787	30	23,798	71,393	71,393	5.0	15.0	15.0	23,798	71,393	71,393	5.0	15.0	15.0	
7009A	SARDINATA - LOURDES - GRAMALOTE - PUENTE GOMEZ - COR	68,000	23,762	44,238	51,773	6,283	2,554	1,342	46,336	30	12,356	23,168	23,168	8.0	15.0	15.0	11,584	23,168	23,168	7.5	15.0	15.0	
70NS03	LA SANJUANA-BUCARASICA	14,650	14,650	-	112,563	1,120	480	1,233	28,568	30	4,761	14,284	14,284	5.0	15.0	15.0	4,761	14,284	14,284	5.0	15.0	15.0	
70NS06	CUCUTÁ - VILLA DEL ROSARIO (BOCONO - EL CUJI - RUMICHA	5,795	-	5,795	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.0	15.0	30.0	-	-	-	7.5	15.0	30.0	
70NS07	VILLA DEL ROSARIO-RANGONVALIA	45,885	41,275	4,610	302,732	14,116	6,050	2,837	80,486	30	20,122	40,243	80,486	7.5	15.0	30.0	13,414	40,243	40,243	7.5	15.0	15.0	
70NS10-1	AGUALASAL - LA FLORIDA - TIBÚ	64,600	527	64,073	-	94	40	27	1,028	30	343	685	1,028	10.0	20.0	30.0	257	685	1,028	7.5	20.0	30.0	
70NS12	VARIANTE LA FLORESTA-PINAR DEL RIO-ANILLO VIAL	3,480	-	3,480	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.5	15.0	20.0	-	-	-	7.5	15.0	15.0	
74NS01	LA VEGA - EL CARMEN - SUMARE	31,410	30,446	964	88,725	13,040	5,478	1,792	59,370	30	14,842	29,685	29,685	7.5	15.0	15.0	14,842	29,685	29,685	7.5	15.0	15.0	

La tabla anterior hace referencia a las cantidades de obra estimadas para el mejoramiento de las vías en afirmado o subrasante del departamento de Norte de Santander, la forma como se calcularon estas cantidades de obra se explican mas adelante y las memorias correspondientes a van en el anexo de este libro.

Tabla 8. Resumen de cantidades de obra por vía para el mantenimiento de la capa de rodadura

COD. VIA	NOMBRE DE LA VIA	LONGITUD DE LA VIA	EN AFIRMADO	EN FLEXIBLE	MANTENIMIENTO												
					Sellados de fisuras longitudinales y transversales	Sellados de fisuras en bloque	Bacheo superficial	Bacheo Profundo	Reconfirmación de Base Granular del pavimento	ROCERIA	Reparación de Baches en subrasante	Reparación de baches en afirmado	Perfilado de la superficie en afirmado	Mantenimiento en la subrasante que actúa como superficie de rodadura cuyo material predominante es la arena	Por exploración de suelos e inspección visual Mantenimiento en la subrasante que actúa como superficie de rodadura cuyo material predominante es la arcilla	Mejoramiento de subrasante con cal	
					ESTRUCTURA CON PAVIMENTO FLEXIBLE					ESTRUCTURA EN AFIRMADO O DESTAPADO							
					(MA_P_SFLT)	(MA_P_SFB)	(MA_P_BS)	(MA_P_BP)	(MAPRBG)	(MA_A_R)		(MA_A_B)	(MA_A_PS)	(MA_A_MSARE)	(MA_A_MSARC)	(MA_AMSC)	
m2	m2	m2	m2	m2	m_L	m3	m3	m2	m3	m3	m3						
4710	MALPASO - CACHIRA - EL DIAMANTE(Tienda)	47,000	44,658	2,342							84,861	-	582	14,404	4,633	-	
55NS05	RAMAL A BOCHALEMA	3,128	-	3,128													
55NS06	DON JUANA - DURANIA - VILLA SUCRE	38,687	22,273	16,414													
55NS07	LA DON JUANA - CHINACOTA - RAGONVALIA - HERRAN	55,104	42,825	12,279							87,633	-	3,324	40,545	395	229	
66NS01	LA LAGUNA - SILOS - BABEGA	23,244	16,085	7,159													
66NS04	ISCALA - TOLEDO - CHORROCOLORADO	40,261	11,827	28,434													
66NS05	ALTAMIRA - CUCUTILLA - ARBOLEDAS - PUENTE GOMEZ	104,000	73,224	30,776	-	2,160	7,200	43,225	-	149,905	-	838	27,300	336	-	-	
7009A	SARDINATA -LOURDES - GRAMALOTE - PUENTE GOMEZ -COR	68,000	23,762	44,238	-	48,660	3,500	25,180	13,100		53,391	-	435	16,145	2,215	-	
70NS03	LA SANJUANA-BUCARASICA	14,650	14,650	-													
70NS06	CUCUTÁ - VILLA DEL ROSARIO (BOCONO - EL CUJI - RUMICHA	5,795	-	5,795	-	2,585	1,880	4,225	-								
70NS07	VILLA DEL ROSARIO-RANGONVALIA	45,885	41,275	4,610	-	576	-	2,620	-								
70NS10-1	AGUALASAL - LA FLORIDA - TIBÚ	64,600	527	64,073													
70NS12	VARIANTE LA FLORESTA-PINAR DEL RIO-ANILLO VIAL	3,480	-	3,480													
74NS01	LA VEGA - EL CARMEN - SUMARE	31,410	30,446	964	-	250	1,940	-	-	78,966	-	-	-	-	-	-	

La tabla anterior hace referencia a las cantidades de obra estimadas para el mejoramiento de las vías en afirmado y pavimento flexible del Departamento de Norte de Santander, la forma como se calcularon estas cantidades de obra se explican mas adelante y las memorias correspondientes a van en el anexo de este libro.

Tabla 9 Resumen de cantidades de obra por vía para la rehabilitación de la capa de rodadura

COD. VIA	NOMBRE DE LA VIA	LONGITUD DE LA VIA	EN AFIRMADO	EN FLEXIBLE	REHABILITACION		
					REFUERZO	TRAMO A REPAVINTAR	VOLUMEN DE PAVIMENTO
					ESTRUCTURA CON PAVIMENTO FLEXIBLE		
					m	m_L	m3
4710	MALPASO - CACHIRA - EL DIAMANTE(Tienda)	47,000	44,658	2,342			
55NS05	RAMAL A BOCHALEMA	3,128	-	3,128	0.07	3,128	1,422
55NS06	DON JUANA - DURANIA - VILLA SUCRE	38,687	22,273	16,414	0.07	38,503	15,635
55NS07	LA DON JUANA - CHINACOTA - RAGONVALIA - HERRAN	55,104	42,825	12,279			
66NS01	LA LAGUNA - SILOS - BABEGA	23,244	16,085	7,159	0.07	23,244	8,619
66NS04	ISCALA - TOLEDO - CHORROCOLORADO	40,261	11,827	28,434			
66NS05	ALTAMIRA - CUCUTILLA - ARBOLEDAS - PUENTE GOMEZ	104,000	73,224	30,776	0.07	104,000	36,243
7009A	SARDINATA -LOURDES - GRAMALOTE - PUENTE GOMEZ -COR	68,000	23,762	44,238	0.07	69,003	14,729
70NS03	LA SANJUANA-BUCARASICA	14,650	14,650	-			
70NS06	CUCUTÁ - VILLA DEL ROSARIO (BOCONO - EL CUJI - RUMICHA	5,795	-	5,795			
70NS07	VILLA DEL ROSARIO-RANGONVALIA	45,885	41,275	4,610	0.07	45,885	14,974
70NS10-1	AGUALASAL - LA FLORIDA - TIBÚ	64,600	527	64,073			
70NS12	VARIANTE LA FLORESTA-PINAR DEL RIO-ANILLO VIAL	3,480	-	3,480			
74NS01	LA VEGA - EL CARMEN - SUMARE	31,410	30,446	964			

La tabla anterior hace referencia a las cantidades de obra estimadas para la rehabilitación de las vías en pavimento flexible del Departamento de Norte de Santander, la forma como se calcularon estas cantidades de obra se explican mas adelante y las memorias correspondientes a van en el anexo de este libro.

## CANTIDADES DE OBRA OBTENIDAS PARA LAS VÍAS PRIORIZADAS DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER

*Tabla 10 Resumen de cantidades de obra por vía para el mejoramiento de la capa de rodadura*

CODIGO VIA	LONGITUD DE LA VIA	EN AFIRMADO	EN FLEXIBLE	MEJORAMIENTO																	
				CORTE DE TALUDES	MOVIMIENTO DE SUELO POR BOMBEO		MOVIMIENTO DE SUELO POR CUNETAS	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2						ALTERNATIVA 3					
								(ME_ALT1)	(ME_ALT1)	(ME_ALT2)			(ME_ALT2)			(ME_ALT3)			(ME_ALT3)		
										m3	cm	m3	m3	m3	cm	cm	cm	m3	m3	m3	cm
m	mL	mL	m3	m3	m3	m3	cm	m3	m3	m3	cm	cm	cm	m3	m3	m3	cm	cm	cm		
4704	88489	78743	9666	894515.05	53318.18	22850.65	3895.43	153548.85	30	38387.21	153548.85	153548.85	7.5	15	30	38387.2125	76774.425	76774.425	7.5	15	15
4707	42329	23975	17953	141708.10	8543.05	3661.31	2177.53	42486.60	30	10621.65	21243.30	28324.40	7.5	15	20	10621.65	21243.3	21243.3	7.5	15	15
6401	112659	83692	28967	755969.70	28294.76	112126.33	8704.33	163199.40	30	40799.85	108799.60	108799.60	7.5	20	20	40799.85	81599.7	108799.6	7.5	15	20
45A06B	20800	27444	2406	260877.08	6891.93	2953.68	2216.70	53515.80	30	8919.30	26757.90	26757.90	5	15	15	8919.3	26757.9	26757.9	5	15	15
45ABY01	9445	9445	0	57251.00	6443.72	2761.59	924.23	18417.75	30	3069.63	9208.88	9208.88	5	15	15	3069.625	9208.875	9208.875	5	15	15
45AST04	55000	39885	15115	555905.30	6546.78	2805.76	1972.13	77775.75	30	19443.94	38887.88	38887.88	7.5	15	15	19443.9375	38887.875	38887.875	7.5	15	15
45AST04-2	15730	x	x	236134.75	5596.78	2398.62	711.50	x	X	x	x	x	0	0	0	x	x	x	0	0	0
45AST06	750	p	0	0.00	0.00	0.00	0.00	p	p	p	p	p	0	0	0	p	p	p	0	0	0
45AST12	49600	46956	2644	231002.25	35055.17	15023.64	4470.08	91564.20	30	15260.70	45782.10	45782.10	5	15	15	15260.7	45782.1	45782.1	5	15	15
45AST12-2	36270	29946	6324	336722.75	23248.18	9963.50	2105.48	58394.70	30	9732.45	38929.80	38929.80	5	20	20	9732.45	29197.35	29197.35	5	15	15
45AST15	43500	37302	6198	171489.90	27627.06	11840.17	3648.53	72738.90	30	12123.15	36369.45	48492.60	5	15	20	12123.15	36369.45	36369.45	5	15	15
45AST19-1	9345	p	p	0.00	0.00	0.00	0.00	p	p	p	p	p	7.5	15	15	p	p	p	7.5	15	15
45ASTC	2475	p	p	0.00	0.00	0.00	0.00	p	p	p	p	p	7.5	15	25	p	p	p	7.5	15	15
45ASTD	5160	3090	2070	28091.00	366.24	156.96	131.25	6025.50	30	1506.38	3012.75	3012.75	7.5	15	15	1506.375	3012.75	3012.75	7.5	15	15
45ST05	30367	30000	367	89176.10	16164.90	6927.81	1481.55	58500.00	30	9750.00	29250.00	29250.00	5	15	15	9750	29250	29250	5	15	15
45ST06	46523	0	0	0.00	870.48	373.06	247.10	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55BY13	24582	24030	0	220282.25	7586.63	3251.41	1472.10	47554.65	30	11888.66	23777.33	23777.33	7.5	15	15	11888.6625	23777.325	23777.325	7.5	15	15
55ST05	13026	11237	4792	151727.50	4996.33	2141.28	566.55	21912.15	30	5478.04	10956.08	10956.08	0	0	0	5478.0375	10956.075	10956.075	0	0	0

*La tabla anterior hace referencia a las cantidades de obra estimadas para el mejoramiento de las vías en afirmado o subrasante del Departamento de Santander, la forma como se calcularon estas cantidades de obra se explican mas adelante y las memorias correspondientes a van en el anexo de este libro*

Tabla 11. Continuación Resumen de cantidades de obra por vía para el mejoramiento de la capa de rodadura

CODIGO VIA	LONGITUD DE LA VIA	EN AFIRMADO	EN FLEXIBLE	MEJORAMIENTO																	
				CORTE DE TALUDES		MOVIMIENTO DE SUELO POR BOMBEO		MOVIMIENTO DE SUELO POR CUNETAS		ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2					ALTERNATIVA 3				
				(ME_AC)	(ME_B)	(ME_PC)	(ME_ALT1)	(ME_ALT1)	(ME_ALT2)		(ME_ALT2)			(ME_ALT3)			(ME_ALT3)				
				m	mL	mL	m3	m3	m3	m3	cm	m3	m3	m3	cm	cm	cm	m3	m3	m3	cm
57ST02	16029	p	p	121870.75	4807.31	2060.28	1068.68	p	p	p	p	p	7.5	15	15	p	p	p	7.5	15	15
57ST06	15029	p	p	115680.75	1909.30	818.27	1212.85	p	p	p	p	p	7.5	15	15	p	p	p	7.5	15	15
60BY06	20800	20800	0	169996.70	15056.34	6452.72	1751.85	40560.00	30	6760.00	20280.00	20280.00	5	15	15	6760	20280	20280	5	15	15
62ST02	27800	17874	9926	67656.95	12758.57	5467.96	929.93	34854.30	30	5528.25	17427.15	17427.15	5	15	15	5809.05	17427.15	17427.15	5	15	15
62ST04	14555	14342	213	54702.00	9236.93	3958.69	947.30	27966.90	30	4661.15	13983.45	13983.45	5	15	15	4661.15	13983.45	13983.45	5	15	15
62ST05	23413	22792	1047	126867.50	15605.84	6688.22	1499.38	100378.20	30	16729.70	50189.10	50189.10	5	15	15	16729.7	50189.1	50189.1	5	15	15
6402	52504	52504	0	342351.90	16246.97	6962.99	6838.58	102382.80	30	17063.80	51191.40	51191.40	5	15	15	17063.8	51191.4	51191.4	5	15	15
64ST05	20360	x	x	152972.50	1605.46	688.05	2031.13	x	0	x	x	x	0	0	0	x	x	x	0	0	0
66ST01	19043	16132	2911	85576.00	2913.32	1248.57	807.83	31457.40	30	7649.36	15728.70	15728.70	7.5	15	15	7864.35	15728.7	15728.7	7.5	15	15
66ST02	44012	15573	28439	36628.80	6381.25	2734.82	951.23	30367.35	30	7591.84	20244.90	30367.35	7.5	20	30	7591.8375	15183.675	30367.35	7.5	15	30
66ST04	36454	36741	1932	208375.75	10977.72	4704.74	1762.35	67317.90	30	11219.65	33658.95	67317.90	5	15	30	11219.65	33658.95	33658.95	5	15	15

La tabla anterior hace referencia a las cantidades de obra estimadas para el mejoramiento de las vías en afirmado o subrasante del Departamento de Santander, la forma como se calcularon estas cantidades de obra se explica más adelante y las memorias correspondientes van en el anexo de este libro.

Tabla 12. Resumen de cantidades de obra por vía para el mantenimiento de la capa de rodadura

CODIGO VIA	LONGITUD DE LA VIA	EN AFIRMADO	EN FLEXIBLE	MANTENIMIENTO											
				Sellados de fisuras longitudinales y transversales	Sellados de fisuras en bloque	Bacheo superficial	Bacheo Profundo	Reconfirmación de Base Granular del pavimento	ROCERIA	Reparación de baches en afirmado	Perfilado de la superficie en afirmado	Mantenimiento en la subrasante que actúa como superficie de rodadura cuyo material predominante es la arena	Por exploración de suelos e inspección visual Mantenimiento en la subrasante que actúa como superficie de rodadura cuyo material predominante es la arcilla	Mejoramiento de subrasante con cal	
				ESTRUCTURA CON PAVIMENTO FLEXIBLE					ESTRUCTURA EN AFIRMADO O DESTAPADO						
				(MA_P_SFLT)	(MA_P_SFB)	(MA_P_BS)	(MA_P_BP)	(MAPRBG)	(MA_A_R)	(MA_A_B)	(MA_A_PS)	(MA_A_MSARE)	(MA_A_MSARC)	(MA_AMSC)	
m	mL	mL	m2	m2	m2	m2	m2	m_L	m3	m2	m3	m3	m3		
57ST02	16029	p	p	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
57ST06	15029	p	p	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
60BY06	20800	20800	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20000	114	460	338.4	727.92	11460
62ST02	27800	17874	9926	0	0.00	35941.76	26531.81	24293.28	32000	543.9	37528	8919.72	0	0	0
62ST04	14555	14342	213	0	0.00	0.00	0.00	0.00	26000	669.48	2360	13168.56	0	0	0
62ST05	23413	22792	1047	0	0.00	0.00	0.00	0.00	106000	39.6	44512.2	2452.8	1487.952	0	0
6402	52504	52504	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	46000	54	18607	3694.32	0	0	0
64ST05	20360	x	x	9085.269848	2894.24	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0
66ST01	19043	16132	2911	0	0.00	5200.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0
66ST02	44012	15573	28439	0	538.20	18879.81	8286.80	27704.81	0	0	0	0	0	0	0
66ST04	36454	36741	1932	0	0.00	0.00	13347.84	0.00	0	0	0	0	0	0	0

La tabla anterior hace referencia a las cantidades de obra estimadas para el mantenimiento de las vías en afirmado y pavimento flexible del Departamento de Santander la forma como se calcularon se explica más adelante y las memorias correspondientes van en el anexo de este libro.

Tabla 13. Resumen de cantidades de obra por vía para la rehabilitación de la capa de rodadura

CODIGO VIA	LONGITUD DE LA VIA	EN AFIRMADO	EN FLEXIBLE	REHABILITACION		
				REFUERZO	TRAMO A REPAVINTAR	VOLUMEN DE PAVIMENTO
				ESTRUCTURA CON PAVIMENTO FLEXIBLE		
				m	m_L	m3
4704	88489	78743	9666	7 CA	8715	3552.675
4707	42329	23975	17953	7 CA	42329	16778.4904
6401	112659	83692	28967	0	0	0
45A06B	20800	27444	2406	10 CA	23350	9346.667
45ABY01	9445	9445	0	0	0	0
45AST04	55000	39885	15115	10 CA	15115	9434.364
45AST04-2	15730	x	x	0	0	0
45AST06	750	p	0	0	0	0
45AST12	49600	46956	2644	0	0	0
45AST12-2	36270	29946	6324	0	0	0
45AST14	12600	12600	0	0	0	0
45AST15	43500	37302	6198	0	0	0
45AST19-1	9345	p	p	0	0	0
45ASTC	2475	p	p	0	0	0
45ASTD	5160	3090	2070	7 CA	2070	851.48
45ST05	30367	30000	367	0	0	0
45ST06	46523	0	0	0	0	0
55BY13	24582	24030	0	0	0	0

La tabla anterior hace referencia a las cantidades de obra estimadas para la rehabilitación de las vías en pavimento flexible del Departamento de Santander , la forma como se calcularon estas cantidades de obra se explican mas adelante y las memorias correspondientes a van en el anexo de este libro .

Tabla 14. Continuación del resumen de cantidades de obra por vía para la rehabilitación de la capa de rodadura

CODIGO VIA	LONGITUD DE LA VIA	EN AFIRMADO	EN FLEXIBLE	REHABILITACION		
				REFUERZO	TRAMO A REPAVINTAR	VOLUMEN DE PAVIMENTO
				ESTRUCTURA CON PAVIMENTO FLEXIBLE		
				m	m_L	m3
57ST02	16029	p	p	0	0	0
57ST06	15029	p	p	0	0	0
60BY06	20800	20800	0	0	0	0
62ST02	27800	17874	9926	0	0	0
62ST04	14555	14342	213	0	0	0
62ST05	23413	22792	1047	0	0	0
6402	52504	52504	0	0	0	0
64ST05	20360	x	x	0	0	0
66ST01	19043	16132	2911	0	0	0
66ST02	44012	15573	28439	0	0	0
66ST04	36454	36741	1932	0	0	0

La tabla anterior hace referencia a las cantidades de obra estimadas para la rehabilitación de las vías en pavimento flexible del Departamento de Santander , la forma como se calcularon estas cantidades de obra se explican mas adelante y las memorias correspondientes a van en el anexo de este libro .

## **1. PARTE B: APOORTE**

### **INTRODUCCIÓN**

Este documento forma parte de los productos entregados por el grupo de investigación Geomática de la Universidad Industrial de Santander, en el marco del contrato de servicios de consultoría 110 de 2008 entre el Ministerio de Transporte y la Universidad Industrial de Santander, para la Elaboración y/o actualización de los inventarios viales de los departamentos de Norte de Santander y Santander.

El presente documento contiene la metodología de diagnóstico de la capa de rodadura y ejemplos de cálculo de cantidades de obra, esta metodología se aplicó a las vías priorizadas y aquellas con un tráfico promedio diario (TPD) superior a 150 vehículos, del Departamento de Santander y Norte de Santander.

La metodología se presenta en el siguiente esquema: una primera parte, el equipo técnico del grupo de investigación Geomática de la Universidad Industrial de Santander, detalla las alternativas de intervención sobre las vías de acuerdo al tipo de superficie existente y al escenario propuesto (mejoramiento, mantenimiento o rehabilitación), posteriormente se presenta para cada alternativa estudiada su procedimiento de cálculo y consideraciones específicas empleadas. Para una mayor comprensión de la metodología, se incluyeron ejemplos de cálculo para cada alternativa estudiada, de tal forma que permita una fácil lectura de las tablas anexas como memorias de cálculo.

## **2. TIPOS DE INTERVENCIÓN EVALUADOS POR ESCENARIOS**

El grupo de investigación Geomática de la Universidad Industrial de Santander, por medio de jornadas de concertación en conjunto con los funcionarios de las secretarías de infraestructura departamentales, definió la siguiente matriz de tipos de intervención, de acuerdo a la superficie y escenarios esperados (entendiéndose por escenario las actividades de mejoramiento, mantenimiento o rehabilitación). No fue posible definir una expectativa de inversión única por vía, el grupo de investigación Geomática de la Universidad presenta cinco presupuestos de acuerdo a diferentes alcances de intervención.

En la siguiente tabla se presenta las alternativas de intervención evaluadas de acuerdo las condiciones de tipo de superficie actual y escenario de inversión.

Posteriormente, se presenta las connotaciones del cálculo de ejes equivalentes como complementario al estudio de tránsito.

Tabla 15. Alternativas de intervención analizadas por tipo de superficie y escenario

TIPO DE SUPERFICIE CAPA DE RODADURA	ESCENARIO	ALTERNATIVAS DE INTERVENCION	COD	DESCRIPCION	PRESUPUESTOS					
					MEJORAMIENTO			MANT. FLEXIBLE	REHABILITACION	MANT. AFIRMADO
					P1	P2	P3	P4	P5	P6
AFIRMADO	MEJORAMIENTO	Ampliación de calzada	ME_AC	Ampliación del ancho de banca por medio de corte en talud superior	X	X	X			
		Perfilado de las cunetas	ME_PC	Generar un perfilado en subrasante de las cunetas	X	X	X			
		Mejoramiento del bombeo	ME_B	Generar corte y terraplén para mejorar la pendiente del bombeo	X	X	X			
		Mejoramiento alt 1 AFIRMADO	ME_ALT1	Capa de 30 cm de afirmado sin aporte estructural		X				
		Mejoramiento alt 2 CA;BG;SB	ME_ALT2	Capa asfáltica + base granular + subbase granular	X					
		Mejoramiento alt 3 CA;BEE;SB	ME_ALT3	Capa asfáltica + base estabilizada con emulsión + subbase granular			X			
	MANTENIMIENTO	Rocería	MA_A_R	Eliminación de materia orgánica						X
		Reparación de baches en subrasante	MA_A_BS	Reconfirmación puntual de la subrasante						X
		Reparación de baches en afirmado	MA_A_BA	Reconfirmación puntual del afirmado						X
		Perfilado de la superficie en afirmado	MA_A_PS	Corte por medio de niveladora						X
		Mantenimiento en la subrasante que actúa como superficie de rodadura cuyo material predominante es la arena	MA_A_MSARE	Mejoramiento de subrasante						X
		Mantenimiento en la subrasante que actúa como superficie de rodadura cuyo material predominante es la arcilla	MA_A_MSARC	Mejoramiento de subrasante						X
		Mejoramiento de subrasante con cal	MA_AMSC	Mejoramiento de subrasante						X
PAV. FLEXIBLE	MANTENIMIENTO	Sellados de fisuras longitudinales y transversales	MA_P_SFLT	sellado de fisuras				X		
		Sellados de fisuras en bloque	MA_P_SFB	sellado de fisuras				X		
		Bacheo superficial	MA_P_BS	Reconfirmación puntual de la capa asfáltica				X		
		Bacheo Profundo	MA_P_BP	Reconfirmación puntual de la capa asfáltica				X		
		Reconfirmación de Base Granular del pavimento	MAPRBG	Reconfirmación puntual de la capa asfáltica				X		
	REHABILITACION	SOBRE CARPETA ASFALTICA	RE_SCA	Instalación de una sobre carpeta para mejorar la protección					X	

### 3. ESTUDIO DE TRÁFICO Y DETERMINACIÓN DE EJES EQUIVALENTES

#### 3.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL ESTUDIO DE TRÁNSITO

La recopilación de la información se realizó conforme a las especificaciones técnicas del Ministerio de Transporte para el presente contrato, y resumidas a continuación.

*Tabla 16. Especificaciones para determinación del tráfico promedio diario*

##### Determinación Del Tráfico Promedio Diario

Este trabajo consiste en determinar el volumen y la composición vehicular del flujo que pasa por un sitio dado durante cada una de las horas que conforman un periodo específico mediante un conteo manual de tránsito.

Para la determinación del tráfico promedio diario, el Ministerio de Transporte tiene prevista como mínimo la instalación de la cantidad de estaciones de conteo que se mencionan a continuación en cada Departamento del presente grupo:

DEPARTAMENTO	ESTACIONES DE CONTEO
SANTANDER	15
NORTE DE SANTANDER	26

La ubicación de dichas estaciones deberá establecerse por el consultor y someterse a aprobación de la Secretaría de Infraestructura departamental y del Ministerio de Transporte. Dichas estaciones deberán abarcar los principales flujos del Departamento con el objeto de realizar una estimación aproximada del flujo en la red vial a cargo del ente territorial.

Los conteos se deberán realizar como mínimo durante 3 días de una misma semana en un periodo de tiempo mínimo de 12 horas. La selección de estos días deberá obedecer al comportamiento típico<sup>2</sup> (2 días) y atípico<sup>3</sup> (1 día) del flujo vehicular en la zona, al igual que la determinación del horario en el que se realizará la toma de información.

El consultor deberá analizar el comportamiento del flujo en la zona para determinar los periodos de toma de información y someterlos a consideración de la Secretaría de Infraestructura departamental y del Ministerio de Transporte, con el fin de establecer un periodo en el cual se realice una observación representativa del comportamiento del flujo vehicular en la región.

Durante el conteo se establecerá la composición vehicular del tráfico de la vía clasificado de la siguiente manera:

Autos o vehículos livianos.

Buses y busetas.

Camión pequeño de dos (2) ejes.

Camión grande de dos (2) ejes.

Camión de tres (3) ejes.

Camión de cuatro (4) ejes.

Camión de cinco (5) ejes.

Camión de seis (6) ejes.

Durante la realización del conteo, el aforador deberá determinar la cantidad de vehículos que pasan por la estación, clasificándolos de acuerdo a lo expuesto anteriormente y totalizando la cantidad de los mismos.

### **3.2. MODELO APLICADO PARA LA DETERMINACIÓN DE EJES EQUIVALENTES**

Debido a que la información histórica de TPD, es insuficiente, se procedió a aplicar la metodología sin series históricas del manual de diseño de bajo tráfico del INVIAS.

#### **3.2.1. FACTORES DE DAÑO POR VEHÍCULOS**

Se adoptó la tabla de factor de daño, del manual de bajo de tráfico del INVIAS, cuyos factores de daño (FD) indicados son el resultado del análisis de las cargas por eje de aproximadamente trescientos mil vehículos evaluados en los operativos

de pesaje realizados por el INVIAS en las vías a su cargo durante el período 2000-2006.

Tabla 17. Factores de daño

Tipo de vehículo	Factor de daño (FD)	
	Vacío	Cargado
Autos		0.0
Bus grande		1.0
C2p	0.01	1.01
C2g	0.08	2.72
C3-C4	0.24	3.72
C5	0.25	4.88
> C5	0.26	5.23

Fuente bibliográfica /2/

### 3.2.2. PARÁMETROS ASUMIDOS Y FÓRMULAS APLICADAS

Se asumieron los siguientes parámetros que condicionan el diseño.

Periodo de diseño (n) equivalente a 10 años,

Tasa de crecimiento anual ( r ) equivalente a 3 %,

Ancho de calzada mínima de 6,0 m de acuerdo con el documento / 2/,

Factor direccional (Fd) igual 0,75 para el ancho de calzada de 6,0 m,

Confiabilidad igual a 0,95 %.

Para calcular el número de ejes equivalentes en el carril de diseño (tránsito normal) en el año base se usó la fórmula recomendada por la ASHHTO

$$N_{80 \text{ kN carril de diseño(normal), año base}} = 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} * \left[ \sum_{i=1}^k \left( \text{Vehículos Comerciales} \frac{\text{día}}{\text{ambas direcciones}} * \%V_k * FD_k \right) \right] * Fd$$

Donde:

$\%V_k$  : porcentaje de participación de cada tipo de vehículos en fracción

$FD_k$  : factor de conversión de vehículos a ejes equivalentes

$Fd$  : factor direccional los valores y la fórmula se explicaron páginas atrás

$N_{80\text{ kN}}$  carril de diseño (normal) acumulado

Corresponde al número de ejes equivalentes en el carril de diseño para el período de diseño de 10 años (tránsito normal). Para estimar este valor se usó la fórmula:

$$N_{80\text{ kN Carril de diseño (normal),acumulado}} = N_{80\text{ kN Carril de diseño (normal),año base}} \times \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Donde

$r$  es la tasa de crecimiento

$n$  es el período de diseño del pavimento

$N_{80\text{ kN}}$  carril de diseño

Corresponde al número de ejes equivalentes en el carril de diseño durante el período de diseño normal con el nivel de confianza dado. Para este valor se usó la fórmula dada por el manual de tráfico bajo la cual se menciona a continuación:

$$N'_{80\text{ kN Carril de diseño (normal)}} = N_{80\text{ kN Carril de diseño (normal),acumulado}} \times (10^{0.05 \cdot Z_r})$$

Donde:

$Z_r$  es un parámetro estadístico descrito más adelante

Como resultado se obtiene la cantidad de ejes equivalentes necesarios para el diagnóstico.

### 3.2.3. MODELO PROPUESTO PARA EL CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES Y EJEMPLO DE APLICACIÓN

Para calcular el número de ejes equivalentes se aplicó el siguiente algoritmo:

Definición de la vía a petición de la interventoría (Se analizará una vía Sardineta-Lourdes-Gramalote-Cornejo cód. 7009A)

Una vez estimado el valor de TPD se tiene la siguiente información

Un valor de TPD y un porcentaje de participación del mismo para el caso a explicar es el siguiente:

TPD: 350 vehículos/día

*Tabla 18. Composición De Los Vehículos Comerciales Vk*

CARROS	49%
BUSET	4%
BUSES	11%
C2_A	27%
C2_B	7%
C3_C4	2%
C5_C6	1%

Se definen los parámetros de diseño:

Periodo de diseño: 10 años

Referencia bibliográfica /2/ página 6 párrafo 4

Tasa de crecimiento actual: 3%

Referencia bibliográfica /2/ página 9 tabla 2.3 Niveles de tránsito.

Ancho de calzada: 6 m

Ancho de calzada mínimo fuente bibliográfica /4/

Factor direccional: 0.5

Referencia bibliográfica /2/ página 13 tabla 2.5 Tránsito por adoptar para el diseño según el ancho de calzada factor direccional (Fd)

## Factores de daño

Referencia bibliográfica /2/ página 11

Tabla 19. Factor de daño por tipo de vehículo

Autos	FD=0
Buses	FD=1
C2p	FD=1,01
C2g	FD=2,72
C3 C4	FD=3,72
C5	FD=4,88
>C5	FD=5,23

Valores de Zr para distintos valores de confiabilidad

Referencia bibliográfica /2/ página 16 tabla 2.6.

Se diseñó para un nivel de confianza del 80 % el cual produce un Zr de 0.842

Para calcular el número acumulada de ejes equivalentes en el carril de diseño (tránsito normal) en el año base se realizó el siguiente cálculo para cada tipo de vehículo

$$(FD * TPD * V_k) * Fd * 365_{\text{días/año}}$$

$$N_{80kndiseño(normal)} = (0 * 349.5 * (49/100) + 1 * 349.5 * (4/100) + 1 * 349.5 * (11/100) + 1.01 * 349.5 * (27/100) + 2.72 * 349.5 * (7/100) + 3.72 * 349.5 * (2/100) + 4.88 * 349.5 * (1/100) + 5.23 * 349.5 * (1/100)) * 0.75 * 365 = 66629$$

Para calcular el número acumulado de ejes equivalentes en el carril de diseño para el periodo de diseño (n) en tránsito normal se realizó le siguiente cálculo para cada tipo:

Referencia bibliográfica /2/ página 29 numeral 5

$$N_{80 Kn \text{ (normal) acumulado}} = 66629 * \frac{(1 + 3/100)^{10} - 1}{3/100} = 763 830$$

Para calcular el número de ejes equivalentes en el carril de diseño (tránsito normal) con el nivel de confianza dado.

$$N_{80K \text{ Carril de diseño (normal),acumulado}} \times (10^{0.05 \cdot 0.842}) = 841 583$$

De esta manera se estimó el número de ejes equivalentes para cada vía levantada en el inventario vial.

## 4. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

### 4.1. ESTIMACIÓN DE LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) POR MEDIO DEL ENSAYO DE CONO DINÁMICO APLICADO A LA SUBRASANTE

Para poder estimar la capacidad portante de la subrasante se decidió por realizar el ensayo de cono dinámico que correlaciona el índice de penetración con el CBR de la subrasante, este ensayo se realizó con los siguientes parámetros:

Profundidad del apique: 0.3 m

Penetración máxima: 0.8 m

Frecuencia: 2.5 km ensayo/km

Correlación: Fórmula recomendada por el manual de bajo tráfico

Correlación:

$$CBR = \frac{292}{(PDC)^{1.12}}$$

Donde:

CBR: en porcentaje

PDC: índice PDC, en mm/golpe

#### Determinación de PDC

El índice PDC es la relación entre la penetración máxima alcanzada por el cono dinámico y la cantidad total de golpes necesarios para alcanzarla

#### Determinación del CBR representativo

El valor de  $CBR_{\text{diseño}}$  para cada tramo se determinó aplicando el siguiente criterio: el 80 % de los valores de CBR determinados para el tramo deben ser mayores o iguales al CBR de  $CBR_{\text{diseño}}$ .

## 4.2. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO ESTRUCTURAL CALCULADO

La ecuación básica de diseño empleado para el dimensionamiento de las estructuras, propuesta por la AASHTO, tiene en cuenta condiciones de tránsito, confiabilidad, servicio y resistencia de la Subrasante. Se diseñó la hoja de cálculo en Excel para determinar el parámetro número estructural calculado SN aplicando la ecuación de la metodología de AASHTO 1993:

$$\text{Log } N_{80kN} = Z_r \times S_o + 9.36 \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \left[ \frac{\text{Log}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} \right] + 2.32 \text{Log } M_r - 8.07$$

Donde:

$N_{80 kN}$ : Número acumulado de ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño durante el período de diseño

$Z_r$ ,

$S_o$ : error normal igual a 0,44

$Z_o$ : desviación estándar normal igual a -1.65

$SN$ : Número estructural en pulgadas

$\Delta PSI$ : Pérdida de servicio igual a 2,2

$M_r$ : Módulo resiliente de la Subrasante, en psi.

Tabla 20. Valores del parámetro  $Z_r$

Confiabilidad	$Z_r$
70%	0.524
75%	0.674
80%	0.842
85%	1.036
90%	1.282
95%	1.645
96%	1.751
97%	1.881
98%	2.055
99%	2.328

La ecuación para el cálculo de  $\Delta PSI$  es

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

$P_o$ : Es el índice de servicio del periodo

$P_t$ : Es el índice de fin de periodo

La ASSHTO recomienda un valor de  $P_o = 4.2$

$M_r$  (Modulo resiliente):

Una vez establecido el valor del CBR de la subrasante de la Unidad definitiva de diseño se deberá calcular el valor del Módulo Resiliente, utilizando la correlación Propuesta por la AASHTO que se indica a continuación.

$$M_r = 2555 \times (CBR)^{0.64}$$

Donde:

$M_r$ : Valor del Módulo Resiliente, lb/pulg<sup>2</sup>

$CBR$ : en porcentaje

Con base de valores obtenidos de  $CBR_{\text{diseño}}$  se escogen alternativas predeterminadas en las cartas del documento.

Teniendo en cuenta que las cartas habían diseñadas para la confiabilidad de 70 % se requiere realizar el control si el valor  $SN_{\text{diseño}}$  es mayor o igual del  $SN$  calculado para las estructuras propuestas.

Espesores mínimos de capas estructurales deben cumplir con dos condiciones:

El espesor de capas granulares estabilizadas y por razones tecnológicas no pueden ser menores de 15 cm,

El espesor de capa asfáltico mínimo de 5 cm para el tránsito menor a 150 vehículos/día y 7,5 cm para el tránsito mayor a 150 vehículos/día.

El modelo de hoja se cálculo para  $SN_{\text{diseño}}$  se muestra a continuación

Algoritmo para la hoja de cálculo de  $SN_{\text{diseño}}$

Tabla 21. Algoritmo para cálculo de  $SN_{\text{diseño}}$

PARÁMETRO	VALOR	
$CBR_{\text{diseño}} \%$	Variable	
Periodo de diseño (años)	Constante	
Índice de servicio del periodo	Constante	
Confiabilidad %	Constante	
$S_0$ desviación estándar	Constante	
$N_{80 \text{ kN}}$ carril de diseño (normal)	Variable	
$\Delta PSI$	Constante	
$Z_r$	Constante	
$M_r$	Constante	
Cálculo de $SN$	$SN$	Solución
	$\text{Log}(w_{18})$	Ecuación
	$Z_r * S_0 - 0,2 - 8,07$	Ecuación
	$9,36 * \text{Log}(SN + 1)$	Ecuación
	$\text{Log}(\Delta PSI / 4,2 - 1,5)$	Ecuación
	$(SN + 1)^{5,19}$	Ecuación
	$0,4 + (1094 / (SN + 1)^{5,19})$	Ecuación
	$2,32 * \text{log}(M_r)$	Ecuación

### 4.3. ESTIMACIÓN DE LA ESTRUCTURA

El cálculo de SN para cada alternativa estructural se hace aplicando la ecuación propuesta por el método de AASHTO para un modelo de multicapa:

$$SN = a_1 \cdot h_1 + a_2 \cdot m_2 \cdot h_2 + a_3 \cdot m_3 \cdot h_3$$

Los coeficientes  $a_i$  y  $m_i$  se determinan de acuerdo con el tipo del clima por temperatura y humedad. Para unificar el cálculo se estipularon los siguientes valores:

Tabla 22. Valores estipulados de  $a_i$

Tipo de capa	$a_i$
MDF-2	0,37
BG	0,14
SBG	0,12
BEE-3	0,20
AFR	0,08

Mi=1

En caso que el valor de SN calculado está por debajo del  $SN_{\text{diseño}}$  se hizo el reajuste de los espesores de las alternativas predeterminadas hasta conseguir el valor SN calculado mayor o igual al  $SN_{\text{diseño}}$ . Finalmente se reportan las alternativas con espesores corregidos con valores múltiples a 0,5 cm.

## Alternativas estructurales

Alternativas estructurales escogidas del MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO son:

Alternativa 1: AFR

Alternativa 2: MDF-2 + BG + SBG

Alternativa 3: MDF-2 + BEE-3 + SBG

Materiales para la construcción de capas estructurales se rigen por las normas:

AFR

Afirmado, INV artículo 311

BG

Base granular, INV Artículo 330

SBG

Sub base granular INV artículo 320

MDF-2

Mezcla densa en frío tipo 2, INV artículo 440

BEE-.3

Suelo estabilizado con emulsión, INV artículo 340

#### **4.4. CÁLCULO DE CANTIDADES DE OBRA**

Para estimar las cantidades de obra requeridas para el mejoramiento de la vía se utilizó la siguiente fórmula:

(Espesores de capa de cada diseño)\*(Ancho de carril)\*(Tramo homogéneo)

La longitud del tramo homogéneo se estimó en la información recolectada de sección homogénea.

#### **4.5. MODELO PROPUESTO PARA EL CÁLCULO DE ESPESORES DE CAPA Y CANTIDADES DE OBRA EN CAPA DE RODADURA, EJEMPLO DE APLICACIÓN**

Se analizará la vía Sardineta-Lourdes-Gramalote-Cornejo cód. 7009A.

Se realizaron apiques en los cuales se auscultó los espesores de las capas estructurales, se recolectaron muestras de la subrasante, la cuales fueron procesadas en el laboratorio (limites de atterberg y granulometrías) y se realizó ensayo de cono dinámico a una profundidad de 0.6 m de la capa superior del punto a ensayar, esta información fue recolectada en toda la vía ya que presentan tráfico mayor a 150 vehículos día y es una vía priorizada por la gobernación del respectivo del Departamento de Norte de Santander.

Para este ejemplo se va a utilizar la información levantada en la abscisa: k2+500; de la cual se puede describir lo siguiente:

El punto a inspeccionar no tiene pavimento asfáltico

El punto posee una capa de base granular de 10 cm de espesor

El resultado de cono dinámico fue el siguiente (por problemas de espacio los resultados fueron transcritos en la siguiente página):

Tabla 23 Datos de ejemplo para cono dinámico

5-9
5-21
5-24
5-28
5-33
5-40
5-46
5-55
5-61
5-65
5-72
5-87

Para la estimación del PDC se utiliza la última lectura: 5-87

De la cual se deduce lo siguiente:

Que la profundidad máxima alcanzada fue de 87 cm o 870 mm

Que la cantidad de golpes usados para ese valor fue de 55 (descontando los 5 golpes de confinamiento de la punta).

Que el PDC calculado es  $PDC = (870/55) = 15.82$

Aplicando la fórmula que se encuentra en la pág. 66 núm. De la referencia /2/ que:

$$CBR = \frac{292}{15.82^{1.12}} = 13.25$$

Se aplica el mismo procedimiento para toda la estructura y se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 24. Resultados CBR

Abscisa	CBR
0	13,38
2500	15,82
5000	13,38
8000	7,38
10000	8,00
12500	9,67
15000	15,82
17500	8,78
20000	4,91
25000	21,00
27500	15,64
30000	4,22
32500	13,23
35000	43,50
37500	17,00
40000	17,00
45000	3,71
47500	168,00
50000	24,57
52500	10,12
55000	12,62
60000	12,62
62500	5,00
65000	7,22
67500	6,00

Aplicando la fórmula Percentil de Excel al 20% se obtuvo el CBR representativo de la vía.

Función=PERCENTIL ((conjunto de CBR estimados en la tabla 24); 20%) =12.2

Se estimó el número estructural existente por medio de la ecuación estructural

$$SN = (0.34*0 + 0.14*0.1*1 + 0.12*0*1)*39.37=0.6$$

Para estimar el número estructura de diseño se usó la fórmula de la referencia bibliográfica /2/ pág. 78 núm. 5.2.1 por medio de la función buscar objetivo se estimó lo siguiente:

Tabla 25. Modo de programación del número estructural de diseño

<b>CBR %</b>	12,23	
<b>Periodo de diseño (años)</b>	10,00	
<b>Indice de servicio del periodo</b>	4,20	
<b>Confiabilidad %</b>	80,00	
<b>S<sub>0</sub> desviación estandar</b>	0,45	
<b>N<sub>80 kN</sub></b>	1.011.395	
<b>ΔPSI</b>	2,20	
<b>Zr</b>	-0,84	
<b>Mr</b>	12.684	
<b>Calculo de SN</b>	<b>Sn</b>	2,58
	<b>Log(w18)</b>	6,00
	<b>Zr*S<sub>0</sub>-0,2-8,07</b>	-8,65
	<b>9,36*Log(SN+1)</b>	5,18
	<b>Log(Δpsi/4,2-1,5)</b>	-0,09
	<b>(SN+1)<sup>5,19</sup></b>	747,32
	<b>0,4+(1094/(SN+1)<sup>5,19</sup>)</b>	1,86
	<b>2,32*log(Mr)</b>	9,52
	<b>Formula</b>	0,00

Cuando la celda de la fórmula llega a 0, el valor estimado de SN corresponde al valor estimado para el tráfico en la vía.

Para estimar los espesores requerido el SN construido debe ser mayor que el SN calculado, para lograrlo se usó nuevamente la ecuación de número estructural

Para la alternativa 2

$$SN \text{ construido} = 8/2,54 * 0,34 + 15/2,54 * 0,14 + 15/2,54 * 0,12 = 2.6$$

De lo cual se concluye que:

$$SN = 2.6$$

$$MDF - 2 = 8 \text{ cm}$$

$$BG = 15 \text{ cm}$$

$$SBG = 15 \text{ cm}$$

Para la alternativa 3

$$SN=7.5/2,54*0,34+15/2,54*0,2+15/2,54*0,12=2.89$$

$$SN=2.89$$

$$MDF-2=7.5 \text{ cm}$$

$$BG=15 \text{ cm}$$

$$SBG= 15 \text{ cm}$$

Las cantidades de obra sólo se calcularon para tramos homogéneos con superficie en afirmado o destapado. De la siguiente manera:

Se analizará en tramos comprendido entre la abscisa K0+000 y la abscisa K1+889 con ancho de calzada de 6 m.

Para la alternativa 1 afirmado se tiene:

Espesor de capa 30 cm

$$\text{Volumen} = (30/100)*6.5*(1889-0)=3684 \text{ m}^3$$

Para la alternativa 1:

MDF-2=8 cm

$$\text{Volumen} = (8/100)*6.5*(1889-0)=982$$

BG=15 cm

$$\text{Volumen} = (15/100)*6.5*(1889-0) =1842$$

SBG= 15 cm

$$\text{Volumen} = (15/100)*6.5*(1889-0) =1842$$

De la misma manera se calcularon todas las alternativas para estimar el diagnóstico de la capa de rodadura.

## 5. ALTERNATIVA DE MEJORAMIENTO POR AMPLIACIÓN DE CALZADA (ME\_AC)

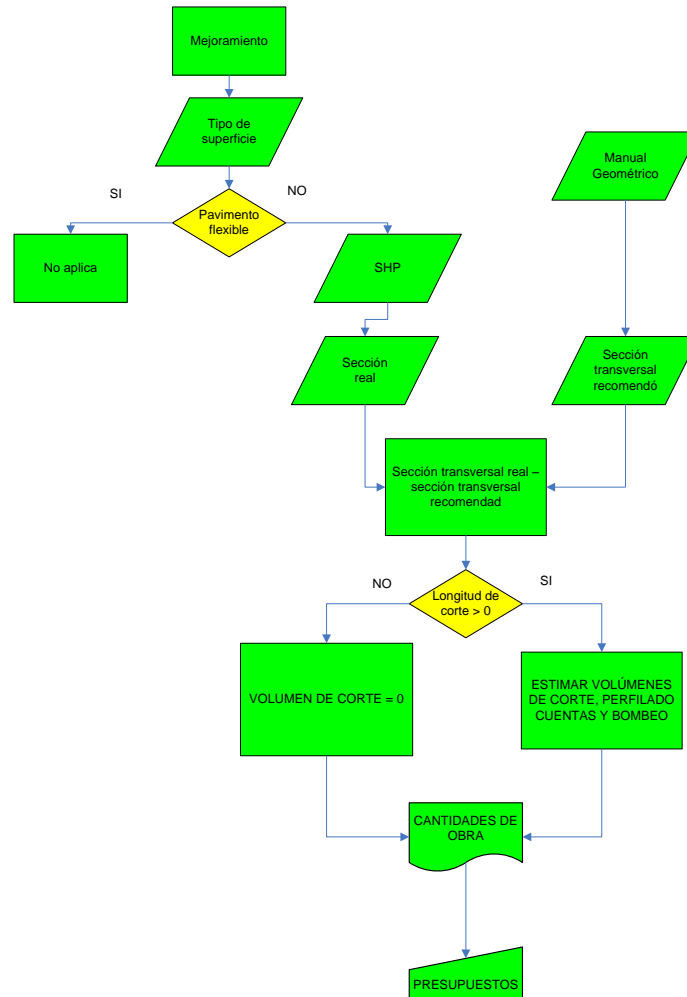
### 5.1. FICHA DE RESUMEN DE ALTERNATIVA

*Tabla 26. Ficha: Ampliación de calzada*

ME_AC	Ampliación de calzada	
PROBLEMA O FALLA	El ancho de banca no cumple con las condiciones de seguridad y comodidad establecidas por el manual de diseño geométrico	
DESCRIPCIÓN SOLUCIÓN	Generar un corte en el talud superior para lograr un ancho de banca adecuado	
CRITERIOS DE APLICACIÓN	Si la diferencia entre en ancho de banca ideal y el ancho de banca recomendado es menor que 0	
ÍTEMS PRESUPUESTO	UNIDAD	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO
Movimiento de suelo en taludes	m3	Se estima el volumen (usando un paralelogramo) de corte por sección homogénea de tramo el cual depende de la longitud a ampliar y el tipo de terreno

## 5.2. METODOLOGÍA GENERAL (DIAGRAMA DE FLUJO)

Ilustración 30. Diagrama de flujo: Metodología



Para este modelo se tiene estimado mejorar la sección trasversal de cada vía a una sección óptima que garantice la seguridad y comodidad recomendadas en el manual geométrico de vías.

El perfil trasversal ideal consta de una cuneta, dos bermas, una calzada que cumplen los requerimientos mínimos de la norma.

El modelo extrae la información de SHP y organiza para cada sección.

### 5.3. DEFINICIÓN DE LA SECCIÓN IDEAL PARA VÍAS DEPARTAMENTALES

Para las vías departamentales según el manual de diseño geométrico de carreteras del Ministerio de Transporte e Instituto Nacional de Vías edición 1997, donde se destacan aspectos que se describen en el Tabla siguiente:

Tabla 27. Características de una vía secundaria según norma

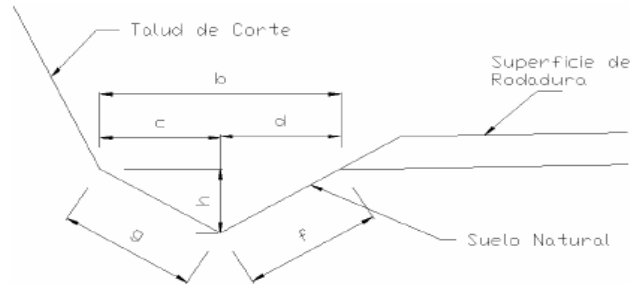
COMPONENTE	V. PRINCIPAL	VIA SECUNDARIA	VIA TERCIARIA	OBSERVAC.
Derecho de vía	15 metros a lado y lado de la vía	Entre 10 y 12 metros	Entre 8 y 10 metros	Se mide a cada lado del eje de la vía. Decreto 2770/53
Ancho de Corona		Mínimo 7.0 metros.	Mínimo 6.0 metros.	-
Ancho de calzada	Mínimo 7.30	Mínimo 6.0 metros	Mínimo 5.0 metros	-
Ancho de carril	Mínimo 3.65	Mínimo 3.0 metros	Mínimo 2.5 metros	-
Ancho de berma	Mínimo 1.80	Mínimo 0.5 metros	Mínimo 0.50 metros	-
Pendiente longitudinal		Máximo 12%	Máximo 14%	Debe contemplar la longitud crítica de ascenso
Velocidad de diseño		Mínimo 40.0Km/hr.	Mínimo 30.0Km/hr.	Depende del tipo de terreno
Radio mínimo de curvatura		Mínimo 50.0 metros	Mínimo 30.0 metros	
Pasos a desnivel (altura libre)		Mínimo 4.9 metros	Mínimo 4.5 metros	Para pasos vehiculares y peatonales.
Distancia entre el borde de la vía y la cota máxima de inundación		Mínimo 30.0 metros	Mínimo 30.0 metros	Depende del caudal del río. Decreto 2811/74

Fuente: Secretaría de transporte e Infraestructura vial, Gobernación de Santander.

Fuente bibliográfica /4/

## Tipo de cuneta

**Ilustración 31. Cunetas estándar**



Fuente bibliográfica /2/

Para definir el tipo de cuneta se utilizó el ancho existente en campo que al ser comparado con el ancho *b* de la tabla 31 generará un pre-dimensionamiento.

## Tipo de bermas

El ancho de las bermas para las vías departamentales se estimó de acuerdo con el documento de diseño geométrico tabla 5.4

*Tabla 28. Tipo de vía vs. Velocidad de diseño*

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO ( $V_{TR}$ ), km/h									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas <sup>1</sup>	Plano	-	-	-	-	-	-	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	2.0/1.0	2.0/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Montañoso	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/0.5	2.0/1.0	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/0.5	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	2.00	2.00	2.50	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	1.80	2.00	2.00	2.50	-
	Montañoso	-	-	-	-	1.50	1.50	1.80	1.80	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	1.50	1.50	1.80	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	1.00	1.50	1.80	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	1.00	1.00	1.50	1.80	-	-	-
	Montañoso	-	-	0.50	0.50	1.00	1.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-
Terciaria <sup>2</sup>	Plano	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	0.50	1.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-

<sup>1</sup> Berma derecha/Berma izquierda

<sup>2</sup> Berma cuneta

Fuente bibliográfica /4/ Se seleccionó un valor de 0,5 m de berma para el modelo.

## Bombeo

Tabla 29. Bombeo según tipo de superficie de rodadura

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	BOMBEO (%)
Superficie de concreto hidráulico o asfáltico	2
Tratamientos superficiales	2 - 3
Superficie de tierra o grava	2 - 4

Fuente bibliográfica /4/

Se seleccionó un valor mínimo de 4% en pendiente de bombeo y se cargó los valores superiores al 4% de bombeo en caso de que la sección real así lo presente.

## Ancho de calzada

Los valores normativos se tomaron de la siguiente tabla

Tabla 23. Tipo de vía vs. Velocidad de diseño del tramo homogéneo

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO ( $V_{TR}$ ) (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Montañoso	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Montañoso	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	7.00	7.00	7.00	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	7.00	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Montañoso	-	-	6.60	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	6.00	6.60	7.00	-	-	-	-	-
Terciaria	Plano	-	-	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	6.00	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente bibliográfica /4/

Se seleccionó un valor mínimo de ancho de calzada de 6 m. para los calculos realizados.

#### 5.4. ESTIMACIÓN DE LAS CANTIDADES DE OBRA

Para estimar las cantidades de obra se realiza el siguiente algoritmo

1. Se calcula el ancho real de la banca.
2. Se calcula el ancho mínimo recomendado de banca.
3. El valor de ampliación de bancada se calcula como la diferencia entre el ancho de sección real y el ancho mínimo de diseño.
4. Se estimó que el valor de la altura promedio del talud en función del tipo de terreno.

Tabla 30. . Estimaciones altura del talud para cálculo de cortes

TERRENO	H (m)
ESCARPADO Y MONTAÑOSO	5
ONDULADO	3
PLANO	0

El área de sección transversal de corte se calcula como el producto entre la ampliación y altura de talud.

El volumen de corte teórico se definió como el promedio entre dos áreas de corte consecutivas multiplicada por la longitud entre dichas áreas (la longitud entre áreas está definida por dos secciones cercanas)

Para corregir el bombeo de la rasante existente el corte se genera por la corrección de pendiente de bombeo

$$A = \frac{b \cdot b \cdot (\Delta m_{\text{bombeo}})}{200} \quad \text{donde } b \text{ es la banca y } m \text{ es la pendiente}$$

El volumen de corte teórico para bombeo se definió como el promedio entre dos áreas de corte consecutivas multiplicada por la longitud entre dichas áreas (la longitud entre áreas está definida por la sección homogénea)

El volumen de corte para cuentas se definió como el promedio entre dos áreas de corte consecutivas tomadas de la tabla 31, y multiplicada por la longitud entre dichas áreas (la longitud entre áreas está definida por la sección homogénea)

*Tabla 31. Definición de volumen de corte para cunetas*

	<b>b</b> <b>Ancho</b>	<b>h</b> <b>Profundidad</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>Area</b> <b>m<sup>2</sup>.</b>
Cuneta Tipo 3-A	1.00	0.30	0.50	0.50	0.58	0.58	0.150
Cuneta Tipo 3-B	0.80	0.25	0.40	0.40	0.47	0.47	0.100
Cuneta Tipo 3-C	0.50	0.20	0.25	0.25	0.32	0.32	0.050

Fuente bibliográfica /2/

## 6. EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN VÍAS EN AFIRMADO

### 6.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA (DIAGRAMA DE FLUJO)

Ilustración 32. Diagrama de Flujo: Mantenimiento en afirmado

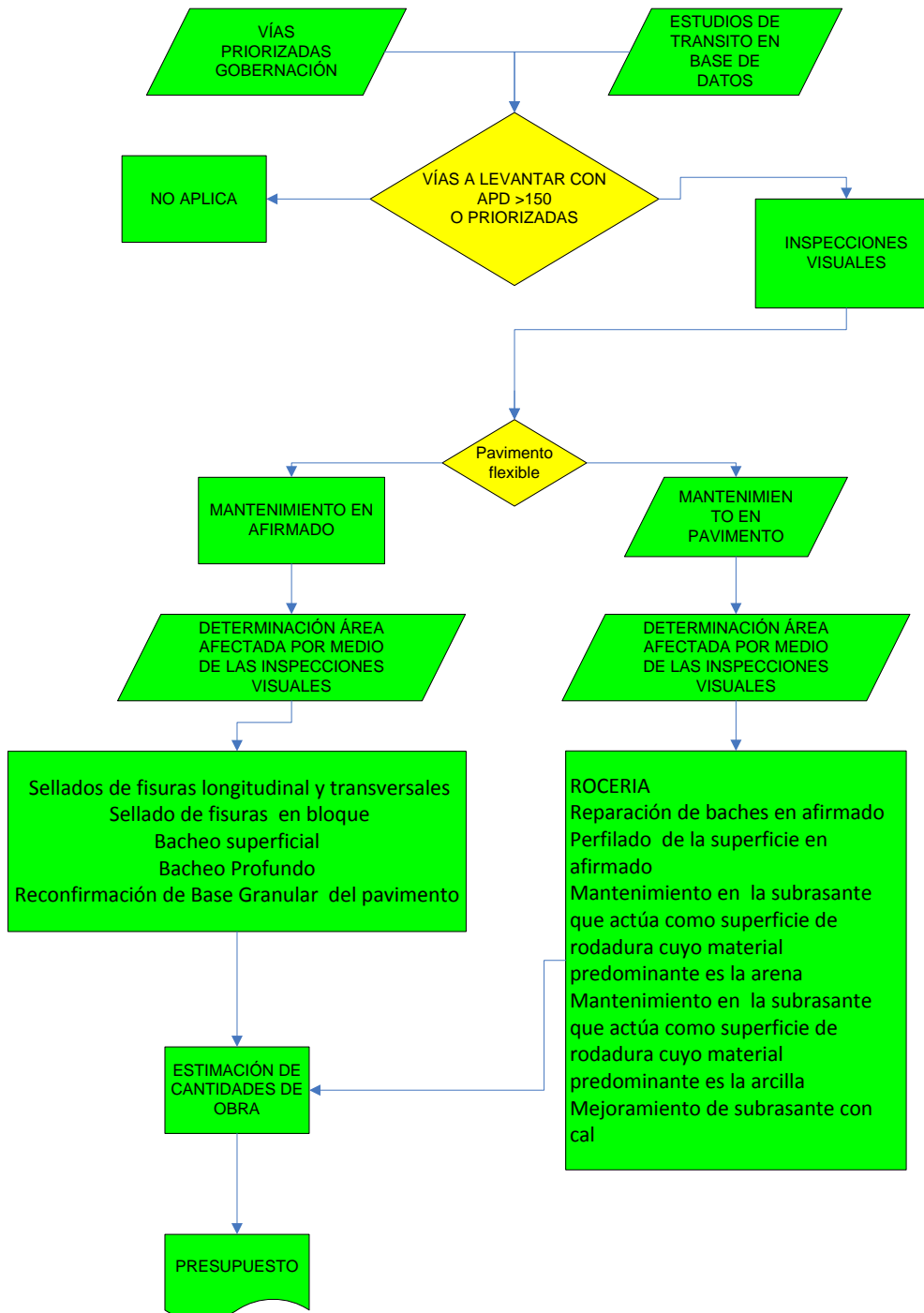


Tabla 32.Actividades de la alternativa de intervención tipo

	Superficie en afirmado	superficie en subrasante	Superficie en pavimento flexible	CORTE DE SECCION INAPROPIADO	DRENAJE INADECUADO	HUNDIMIENTO	POSOS	AHUELLAMIENTO	PERDIDA DE AGREGADO
vías en afirmado									
ROCERIA				APLICA PARA TODO EL TRAMO	APLICA PARA TODO EL TRAMO	APLICA PARA TODO EL TRAMO	APLICA PARA TODO EL TRAMO	APLICA PARA TODO EL TRAMO	APLICA PARA TODO EL TRAMO
Reparación de baches en subrasante		X		X	X	X	AREA > 150m2/Km	X	X
Reparación de baches en afirmado	X			X	X	X	AREA > 100m2/Km	X	X
Perfilado de la superficie en afirmado	X			AREA > 100m2/Km			X	AREA > 100m2/Km	X
Mantenimiento en la subrasante que actúa como superficie de rodadura cuyo material predominante es la arena						AREA > 100m2/Km Y SUELO ARENOSO			
Por exploración de suelos e inspección visual Mantenimiento en la subrasante que actúa como superficie de rodadura cuyo material predominante es la arcilla						AREA > 100m2/Km Y SUELO ARCILLOSO			
Mejoramiento de subrasante con cal	Tramo completo de vía con suelo arcilloso con CBR menor a 10% y limite liquido mayor a 10%								

## 6.2. ROCERÍA O DESMONTE MANUAL EN LAS BERMAS (MA\_A\_R)

Eliminación y retiro de la vegetación que haya crecido en la zona correspondiente al derecho de la vía.

Criterio de ejecución:

Vegetación con altura mayor a 60 cm. Y que se encuentre a una distancia máxima de 1.20 m medidos desde el inicio de la berma o lado transitable.

Unidad: metros cuadrados

La actividad de mantenimiento preventivo se calculará por medio de la longitud y asumiendo un ancho 1.2 m medidos desde la banca de la vía hacia la cuneta.”

Fuente bibliográfica /1/

Tabla 33. Ficha: Rocería

MA_A_R		Rocería
PROBLEMA O FALLA	Vegetación con altura mayor a 60 cm. Y que se encuentre a una distancia máxima de 1.20 m medidos desde el inicio de la berma o lado transitable.	
DESCRIPCIÓN SOLUCIÓN	Eliminación y retiro de la vegetación que haya crecido en la zona correspondiente al derecho de la vía	
CRITERIOS DE APLICACIÓN	Aplica a todos los tramos	
ÍTEMS PRESUPUESTO	UNIDAD	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO
Rocería	m2	El valor se estimó como dos veces la longitud del tramo multiplicado por 1,2 m

### 6.3. REPARACIÓN DE BACHES EN SUBRASANTE (MA\_A\_BS)

Sólo aplica a caminos que carezcan de capa de afirmado y consistirá en la remoción de los materiales excesivamente húmedos que se encuentren en las depresiones o baches formados por la acción de tráfico pesado.

Criterio de ejecución. Área afectada mayor a 150 m<sup>2</sup> por kilómetro de camino.

Unidad metros cubicos

La actividad de mantenimiento preventivo se dará en m<sup>3</sup> de material reemplazado y se calculara para un espesor promedio de 0.6 m”

Fuente bibliográfica /1/

Tabla 34. . Ficha: Reparación de baches en subrasante

MA_A_BS		Reparación de baches en subrasante
PROBLEMA O FALLA	Presencia de áreas excesivamente húmedas que se encuentren en las depresiones o baches formados por la acción de tráfico pesado.	
DESCRIPCIÓN SOLUCIÓN	Reemplazar el material afectado	
CRITERIOS DE APLICACIÓN	Área afectada mayor a 150 m <sup>2</sup> por kilómetro de camino.	
ÍTEMS PRESUPUESTO	UNIDAD	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO
Reparación en baches	m <sup>3</sup>	Área afectada por un espesor de 0,6 m

### 6.4. REPARACIÓN DE BACHES EN AFIRMADO (MA\_A\_BA)

Sólo aplica en vías con afirmado y consiste en la explotación, transporte, colocación y compactación de material afirmado, similar al existente para rellenar los baches formados en la superficie.

Área afectada mayor a 100 m<sup>2</sup> por kilómetro de camino.

Unidad metros cúbicos

La actividad de mantenimiento preventivo se dará en m<sup>3</sup> de material reemplazado y se calculará para un espesor promedio de 0.3 m”

Fuente bibliográfica /1/

Tabla 35.Ficha: Reparación de baches en afirmado

MA_A_BA		Reparación de baches en afirmado
PROBLEMA O FALLA	Presencia de áreas excesivamente húmedas que se encuentren en las depresiones o baches formados por la acción de tráfico pesado.	
DESCRIPCIÓN SOLUCIÓN	Reemplazar el material afectado	
CRITERIOS DE APLICACIÓN	Área afectada mayor a 100 m <sup>2</sup> por kilómetro de camino	
ÍTEMS PRESUPUESTO	UNIDAD	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO
Reparación de baches	m <sup>3</sup>	Área afectada por un espesor de 0,6 m

## 6.5. PERFILADO DE LA SUPERFICIE EN AFIRMADO

Consiste en corregir las patologías de la superficie del afirmado que se hayan producido por la acción de tráfico pesado o agentes atmosféricos utilizando equipos mecánicos para restituir su uniformidad y mejorar las pendientes longitudinales y transversales para mejorar el drenado de la vía.

Criterio de ejecución: Área afectada mayor a 100 m<sup>2</sup> por kilómetro de camino sólo aplica a superficies con afirmado, con fallas de ondulaciones, material suelto o ahuellamientos mayores a 2”.

Unidad: La actividad de mantenimiento preventivo se dará en metros cuadrados

Para poder programar esta actividad se aplicó un filtro que consta en discriminar el tipo de superficie de rodadura dejando como hábil el afirmado y como patologías a solucionar se dejaron el ahuellamientos y corte de sección inapropiado.

Fuente bibliográfica /1/.

Tabla 36. Ficha: Perfilado de la superficie en afirmado

MA_A_PS		Perfilado de la superficie en afirmado
PROBLEMA O FALLA	Ondulaciones y ahuellamientos de severidad alta que afectan el tránsito de la vía	
DESCRIPCIÓN SOLUCIÓN	Perfilar de nuevo la zona afectada	
CRITERIOS DE APLICACIÓN	Área afectada mayor a 100 m <sup>2</sup> por kilómetro de camino	
ÍTEMS PRESUPUESTO	UNIDAD	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO
Perfilado	m <sup>2</sup>	Para poder programar esta actividad se aplicó un filtro que consta en discriminar el tipo de superficie de rodadura dejando como hábil el afirmado y como patologías a solucionar se dejaron el ahuellamientos y corte de sección inapropiado

## 6.6. MANTENIMIENTO EN LA SUBRASANTE QUE ACTÚA COMO SUPERFICIE DE RODADURA CUYO MATERIAL PREDOMINANTE ES LA ARENA (MA\_A\_MSARE)

Remoción hasta 0.6 m del materia arenoso y mezclarlo con arcilla para darle cierta lega a las partículas de arena y para evitar la pérdida de material o en su defecto colocar una capa de afirmado bien gradado.

Criterio de ejecución

Subrasante que funciona como superficie de rodadura que posea ahuellamientos y sea en su mayoría arenas.

.Unidad

La actividad de mantenimiento preventivo se dará en m3.”

Fuente bibliográfica /1/

*Tabla 37. Ficha: Mantenimiento en la subrasante que actúa como superficie de rodadura (arena)*

MA_A_MSARE	Mantenimiento en la subrasante que actúa como superficie de rodadura cuyo material predominante es la arena	
PROBLEMA O FALLA	Superficie arenosa con ahuellamientos de severidad alta	
DESCRIPCIÓN SOLUCIÓN	Remoción hasta 0.6 m del materia arenoso y mezclarlo con arcilla para darle cierta lega a las partículas de arena y para evitar la pérdida de material o en su defecto colocar una capa de afirmado bien gradado	
CRITERIOS DE APLICACIÓN	Subrasante que funciona como superficie de rodadura que posea ahuellamientos y sea en su mayoría arenas	
ÍTEMS PRESUPUESTO	UNIDAD	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO
mantenimiento en arenas	m3	Área afectada por un espesor de 0,6 m

## 6.7.MANTENIMIENTO EN LA SUBRASANTE QUE ACTÚA COMO SUPERFICIE DE RODADURA CUYO MATERIAL PREDOMINANTE ES LA ARCILLA (MA\_A\_MSARC)

Colocación de una sobre capa de afirmado para mejorar el comportamiento de la arcilla.

Criterio de ejecución

Subrasante que funciona como superficie de rodadura que posea ahuellamientos y sea en su mayoría arcillas. Para poder programar esta actividad se generó un filtro que discrimina cualquier clasificación que no sea arcilla o limo (que contenga en su primer valor la letra C (primera letra en la clasificación de las arcillas) o M (primera letra en la clasificación de los limos) según clasificación de las A.A.S.H.T.O.). Y se aplicó como volumen el producto entre el área de HUNDIMIENTO o HUND y una profundidad de 0.6 m.

Unidad

La actividad de mantenimiento preventivo se dará en m3.”

Fuente bibliográfica /1/

*Tabla 38.Ficha: Mantenimiento en la subrasante que actúa como superficie de rodadura (arcilla)*

MA_A_MSARC	Mantenimiento en la subrasante que actúa como superficie de rodadura cuyo material predominante es la arcilla	
PROBLEMA O FALLA	Superficie arcillosa con ahuellamientos de severidad alta	
DESCRIPCIÓN SOLUCIÓN	Mejoramiento de la resistencia escarificando la subrasante agregando cal y agua.	
CRITERIOS DE APLICACIÓN	Subrasante que funciona como superficie de rodadura que posea ahuellamientos y sea en su mayoría arenas	
ÍTEMS PRESUPUESTO	UNIDAD	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO
mantenimiento en arenas	m3	Área afectada por un espesor de 0,6 m

## 6.8. MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON CAL (MA\_AMSC)

Descripción e la actividad: Mejoramiento de la resistencia escarificando la subrasante agregando cal y agua.

Criterio de ejecución:

Superficies arcillosas con daños considerables y en los cuales el límite líquido sea mayor a 10% y el CBR menor al 10 %

Para valores de límite líquido menor a 50%

Porcentaje de cal (%) =  $0.12 * LL$  (%)

Para valores de límite líquido mayor a 50%

Porcentaje de cal (%)=6%

Unidad

La actividad de mantenimiento preventivo se dará en m<sup>3</sup>

Para poder programar esta actividad se generó un filtro que discrimina cualquier clasificación que no sea arcilla (que contenga en su primer valor la letra C (primera letra en la clasificación de las arcillas) según clasificación de las A.A.S.H.T.O.). Luego se analiza el valor del CBR si es menor a 10% al igual que el del límite líquido se recomienda tratar el tramo si cumple la condición doble.

Fuente bibliográfica /1/

Por problemas de espacio la ficha 40 fue transcrita en la siguiente hoja

Tabla 39.Ficha: Mejoramiento de subrasante con cal

MA_AMSC		Mejoramiento de subrasante con cal
PROBLEMA O FALLA	Superficie arcillosa con ahuellamientos de severidad alta	
DESCRIPCIÓN SOLUCIÓN	Remoción hasta 0.6 m del materia arenoso y mezclarlo con arcilla para darle cierta lega a las partículas de arena y para evitar la pérdida de material o en su defecto colocar una capa de afirmado bien gradado	
CRITERIOS DE APLICACIÓN	Subrasante que funciona como superficie de rodadura que posea ahuellamientos y sea en su mayoría arcillas	
ÍTEMS PRESUPUESTO	UNIDAD	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO
mantenimiento en arcillas	m3	Superficies arcillosas con daños considerables y en los cuales el limite líquido sea mayor a 10% y el CBR menor al 10 % Para valores de límite líquido menor a 50% Porcentaje de cal (%) = $0.12 * LL$ (%) Para valores de límite liquido mayor a 50% Porcentaje de cal (%)=6%

## 7. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LAS VÍAS PAVIMENTADAS

Se utilizó la “GUÍA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS ASFALTICOS EN CARRETERAS” planteada por el INVIAS el cual se puede descargar de <http://www.invias.gov.co/> la cual servirá soporte para la definición de las alternativas de intervención.

A continuación se presenta un cuadro resumen de las actividades de mantenimiento y criterios de aplicación.

Tabla 40. Actividades para la alternativa de intervención Mantenimiento en vías pavimentadas

	Superficie en pavimento flexible	AHULLA	HUNDA	GRILGTA	GRTRVA	COCODA	BACABIERA
vías pavimentadas							
Sellados de fisuras longitudinales y transversales	x			area>1500 ml/km	area>1500 ml/km		
Sellados de fisuras en bloque	x				se suman		
Bacheo superficial	x						Area>25% de un kilómetro de vía
Bacheo Profundo	x		se suman			Area>25% de un kilómetro	
Reconfirmación de Base Granular del pavimento	x	Area>25% de un kilómetro	Area>25% de un kilómetro				

### 7.1. SELLADOS DE FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

Descripción de la actividad

El sello de fisuras (aberturas iguales o menores a 3 mm) y de grietas (aberturas mayores a 3 mm) consiste en la colocación de materiales especiales sobre o dentro de las fisuras o en realizar el relleno con materiales especiales dentro de las grietas.

El objetivo del sello de fisuras y de grietas es impedir la entrada de agua y la de materiales incompresibles como piedras o materiales duros dentro de ellas y, de

esta manera, minimizar y/o retardar la formación de agrietamientos más severos como los de piel de cocodrilo y la posterior aparición de baches.

La actividad de sellado de fisuras y grietas debe ser realizada en el menor tiempo posible después de que ellas se han desarrollado y han hecho su aparición visible en el pavimento. Lo anterior requiere de inspecciones permanentes de la calzada con el fin de identificar su presencia prontamente después de su aparición. Especial atención se debe tener antes de los períodos de lluvia.

Se recomienda realizar las siguientes actividades dependiendo del tipo de falla:

Fisuras y grietas hasta 6 mm de ancho.

Emplear riegos de liga con emulsiones asfálticas tipo CSS-1 diluidas en agua en proporción 1: 1

Grietas entre 6 mm y 20 mm de ancho.

Emplear como selladores, asfaltos modificados con polímeros y con caucho o sellantes elastoméricos.

Grietas entre 20 mm y 70 mm de ancho.

Utilizar como sellador una mezcla de arena-

Emulsión asfáltica tipo CRS-1 o CRS-2 con una dosis no inferior que 18% de emulsión.

También se podrán emplear emulsiones modificadas con elastómeros.

Criterio de ejecución

- Áreas con fisuras y/o grietas de fatiga de la estructura del pavimento, caracterizadas por presentar una serie de ellas casi sin conexión entre sí y que la suma total de grietas sea mayor a 150 m por cada 100 mL de vía y que sean mayores a 6 mm de ancho.
- Fisuras y/o grietas de contracción que forman una serie de bloques grandes y generalmente con esquinas o ángulos agudos de entre 0,1 m<sup>2</sup> y 10 m<sup>2</sup>, cuyo

origen está en diferenciales térmicos o en cambios volumétricos en la mezcla asfáltica, en la base o en la subrasante, en mezclas muy rígidas. Se deben sellar cualquiera sea su ancho y mayores a 10 m<sup>2</sup>.

- Fisuras y/o grietas longitudinales coincidentes o sensiblemente paralelas al eje de la calzada. Se distinguen, entre ellas, las de junta, causadas por una débil unión constructiva entre carriles; las longitudinales de origen térmico o por fallas en la subrasante y que la suma total de grietas sea mayor a 150 m por cada 100 mL de vía y que sean mayores a 6 mm de ancho.
- Fisuras y/o grietas de reflexión que se presentan en las capas asfálticas colocadas sobre pavimentos de concreto o sobre una base tratada con cemento. Se deben sellar cualquiera sea su ancho.

Proceso de filtrado

Se determinara la suma de las longitudes de la falla Fisuras longitudinales y transversales (FL, FT) si la suma de las longitudes de las fallas es menor a 150 m en un tramo de 50 m de vía se da un valor de 1, si es menor se da un valor de 0 y se deberá escoger como actividad relleno de baches de igual manera para las fallas de bloque de igual manera se programara para la patología

Unidad de medida

La unidad de medida de esta actividad es: metro lineal

Fuente bibliográfica /3/

Por problemas de espacio la ficha 42 fue transcrita en la siguiente hoja

Tabla 41. Ficha: Sellado de fisuras longitudinales y transversales

MA_P_SFLT		Sellados de fisuras longitudinales y transversales	
PROBLEMA O FALLA	Fisuras que permiten la permeabilización de la base y subbase		
DESCRIPCIÓN SOLUCIÓN	Impedir la entrada de agua y la de materiales incompresibles como piedras o materiales duros dentro de ellas y, de esta manera, minimizar y/o retardar la formación de agrietamientos más severos como los de piel de cocodrilo y la posterior aparición de baches		
CRITERIOS DE APLICACIÓN	Áreas con fisuras y/o grietas de fatiga de la estructura del pavimento, caracterizadas por presentar una serie de ellas casi sin conexión entre sí y que la suma total de grietas sea mayor a 150 m por cada 100 mL de vía y que sean mayores a 6 mm de ancho.		
ÍTEMS PRESUPUESTO	UNIDAD	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO	
Sellado de fisuras	m2	Se determinara la suma de las longitudes de la falla Fisuras longitudinales y transversales (FL, FT) si la suma de las longitudes de las fallas es menor a 150 m en un tramo de 50 m de vía se da un valor de 1, si es menor se da un valor de 0 y se deberá escoger como actividad relleno de baches de igual manera para las fallas de bloque de igual manera se programara para la patología	

## 7.2. BACHEO SUPERFICIAL (MA\_P\_BS)

### Descripción de la actividad

El Bacheo Superficial consiste en la reparación de baches, entendidos éstos como las desintegraciones parciales del pavimento en forma de hueco, cuya reparación se conoce como bacheo. Generalmente tienen su origen en mezclas mal dosificadas o con compactación insuficiente. Esta actividad es una de las más difundidas técnicamente en la conservación de pavimentos flexibles. El Bacheo Superficial comprende la reparación de baches y el reemplazo de áreas del pavimento que se encuentren deterioradas, siempre que afecten exclusivamente a la carpeta asfáltica, encontrándose en buenas condiciones la base granular y demás capas de suelos.

El objetivo del Bacheo Superficial es recuperar las condiciones para una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez y economía. Además, para minimizar y/o retardar la formación de daños más severos en el pavimento.

La actividad de Bacheo Superficial debe ser realizada en el menor tiempo posible después de que los baches se han desarrollado y su aparición es visible en el pavimento. Lo anterior requiere de inspecciones permanentes de la calzada, con el fin de identificar su presencia con la mayor prontitud después de su aparición. Especial atención se debe tener antes de las estaciones o períodos de lluvia.

### Criterio de ejecución

Áreas agrietadas por fatiga de la estructura del pavimento, caracterizadas por presentar una serie de grietas y fisuras interconectadas entre sí, pero con un grado de severidad que no muestra la presencia de trozos separados sueltos.

- Baches poco profundos, entendiéndose como tales, aquéllos cuya profundidad Alcanza menos de 50 mm

- Desplazamiento de áreas localizadas de la carpeta conocidas como corrugaciones o distorsiones.

#### Proceso de filtrado

Se determinaran la cantidad total de áreas de severidad media y baja de la patología baches y el área total para la patología descascaramiento si es mayor a un 25% del área total de un kilómetro de vía se dará un valor de 1 y se programará la reparación para valores menores a 25% se dará un valor de 0 y no se programará reparación.

#### Unidad de medida

Esta unidad se programara en m<sup>2</sup>

Fuente bibliográfica /3/

Por problemas de espacio la ficha 43 fue transcrita en la siguiente hoja

Tabla 42. Ficha: Bacheo especial

MA_P_BS		Bacheo superficial
PROBLEMA O FALLA	Desintegraciones parciales del pavimento en forma de hueco	
DESCRIPCIÓN SOLUCIÓN	Recuperar las condiciones para una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez y economía. Además, para minimizar y/o retardar la formación de daños más severos en el pavimento	
CRITERIOS DE APLICACIÓN	Baches poco profundos, entendiéndose como tales, aquéllos cuya profundidad Alcanza menos de 50 mm	
ÍTEMS PRESUPUESTO	UNIDAD	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO
Bacheo superficial	m2	Se determinaran la cantidad total de áreas de severidad media y baja de la patología baches y el área total para la patología descascaramiento si es mayor a un 25% del área total de un kilómetro de vía se dará un valor de 1 y se programara la reparación para valores menores a 25% se dará un valor de 0 y no se programara reparación

### 7.3. BACHEO PROFUNDO (MA\_P\_BP)

Descripción de la actividad

El Bacheo Profundo consiste en la reparación, bacheo o reemplazo de una parte severamente deteriorada de la estructura de un pavimento flexible, cuando el daño afecte tanto a las capas asfálticas como, parte de la base y subbase.

El procedimiento se debe aplicar para reparar áreas que presenten fallas originadas por agrietamientos de las diversas capas asfálticas y/o por debilitamiento de la base, subbase y/o subrasante.

El objetivo del Bacheo Profundo es recuperar las condiciones estructurales y superficiales para una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez y economía. Además, para minimizar y/o retardar la formación de daños más severos en el pavimento.

La actividad de Bacheo Profundo debe ser realizada en el menor tiempo posible después de que los baches se han desarrollado y su aparición es visible en el pavimento. Lo anterior requiere de inspecciones permanentes de la calzada con el fin de identificar su presencia prontamente después de su aparición. Especial atención se debe tener antes de las estaciones o períodos de lluvia.

#### Criterio de ejecución

- Áreas agrietadas por fatiga de la estructura del pavimento, caracterizadas por presentar una serie de grietas y fisuras interconectadas entre sí, las que forman trozos de ángulos agudos, normalmente menores a 30 cm. en el lado más largo y muestran la presencia de pequeños trozos separados sueltos. Generalmente a este tipo de daño se le denomina “piel de cocodrilo”.
- Baches profundos, entendiéndose como tales aquéllos cuya profundidad es mayor de 50 mm.
- Sectores que presenten surgencia o eyección de agua y/o finos desde el fondo del pavimento a través de las grietas; muchas veces estos lugares son claramente visibles después de un período de precipitaciones, por los depósitos de suelos finos que quedan como manchas de otro color sobre el pavimento o las bermas.

#### Proceso de filtrado

Se suma las áreas de baches de severidad alta con las áreas que corresponden a piel de cocodrilo para cualquier severidad, si el valor es mayor al 25% del área total de un kilómetro de vía se dará un valor de 1 y se programara la reparación para valores menores a 25% se dará un valor de 0 y no se programara reparación.

#### Unidad de medida

La unidad se programara en m<sup>2</sup>

Tabla 43. Ficha: Bacheo profundo

MA_P_BP		Bacheo Profundo
PROBLEMA O FALLA	Parte severamente deteriorada de la estructura de un pavimento flexible, cuando el daño afecte tanto capas asfálticas como, , parte de la base y subbase	
DESCRIPCIÓN SOLUCIÓN	Recuperar las condiciones estructurales y superficiales para una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez y economía. Además, para minimizar y/o retardar la formación de daños más severos en el pavimento.	
CRITERIOS DE APLICACIÓN	Áreas agrietadas por fatiga de la estructura del pavimento, caracterizadas por presentar una serie de grietas y fisuras interconectadas entre sí, las que forman trozos de ángulos agudos, normalmente menores a 30 cm. en el lado más largo y muestran la presencia de pequeños trozos separados sueltos. Generalmente a este tipo de daño se le denomina “piel de cocodrilo”. Baches profundos, entendiéndose como tales aquéllos cuya profundidad es mayor de 50 mm.	
ÍTEMS PRESUPUESTO	UNIDAD	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO
bacheo profundo	m2	Se suma las áreas de baches de severidad alta con las áreas que corresponden a piel de cocodrilo para cualquier severidad, si el valor es mayor al 25% del área total de un kilómetro de vía se dará un valor de 1 y se programara la reparación para valores menores a 25% se dará un valor de 0 y no se programara reparación

## **7.4. RECONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR DEL PAVIMENTO (MA\_P\_RBG)**

### Descripción de la actividad

Consiste en escarificar, conformar, nivelar y compactar la base granular existente, con adición de nuevo material conforme con las dimensiones, alineamientos y pendientes señalados por el INVIAS.

El objetivo es eliminar huellas, deformaciones, ondulaciones, producidos por la capa de base, en la capa de concreto asfáltico para lograr una superficie uniforme.

Es recomendable ejecutar los trabajos en período de estiaje, con el objeto de lograr el óptimo contenido de humedad en la reconfirmación de la base. Se deben utilizar materiales seleccionados aprobados para base granular para la reposición acorde con los niveles de la base.

### Criterio de ejecución

Superficies que presenten ahuellamientos de severidad media o alta y hundimientos de severidad media o alta

#### Proceso de filtrado

Se suma las áreas de ahuellamientos con las áreas que corresponden a hundimientos para severidad media y alta, si el valor es mayor al 25% del área total de un kilómetro de vía se dará un valor de 1 y se programara la reparación para valores menores a 25% se dará un valor de 0 y no se programara reparación

### Unidad de medida

Se dará en m<sup>2</sup>

Fuente bibliográfica /3/

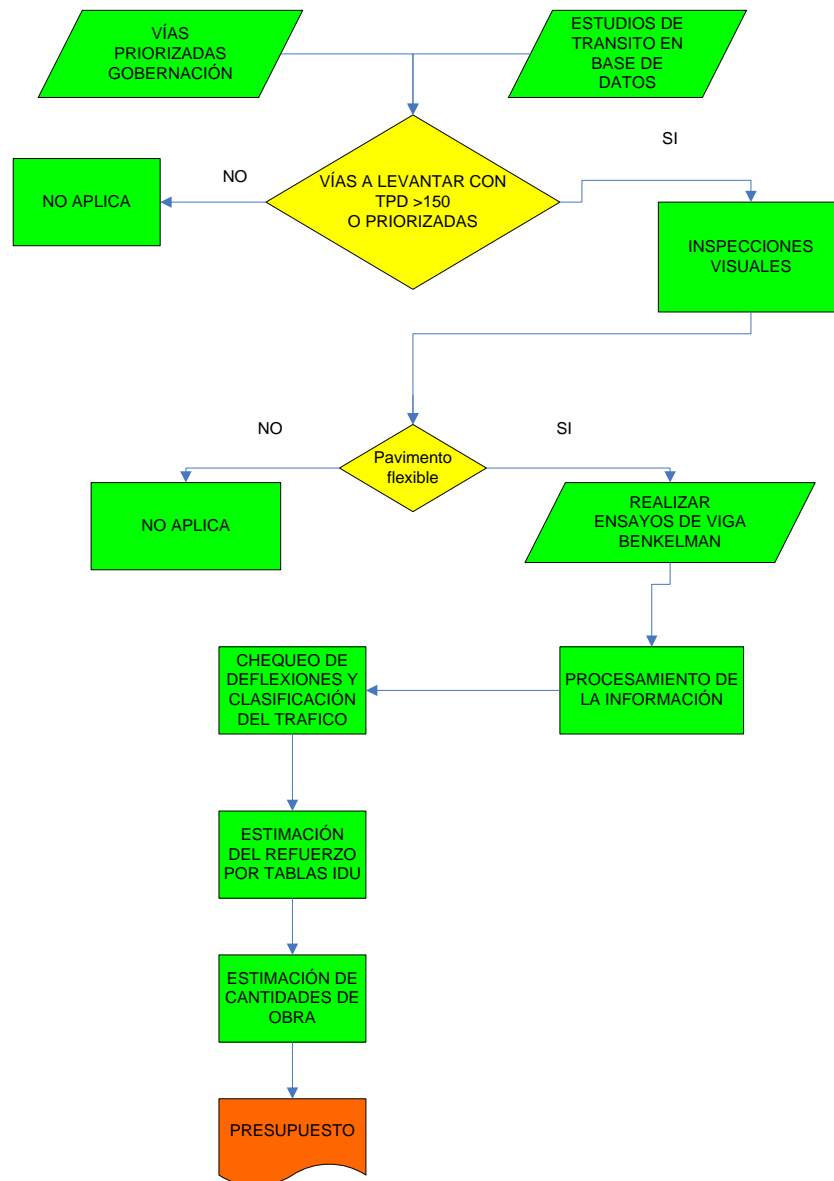
Tabla 44. Ficha: Reconfirmación de base granular del pavimento

MAPRBG		Reconfirmación de Base Granular del pavimento
PROBLEMA O FALLA	Huellas, deformaciones, ondulaciones, producidos por la capa de base, en la capa	
DESCRIPCIÓN SOLUCIÓN	Escarificar, conformar, nivelar y compactar la base granular existente, con adición de nuevo material conforme con las dimensiones, alineamientos y pendientes señalados por el INVIAS	
CRITERIOS DE APLICACIÓN		
ÍTEMS PRESUPUESTO	UNIDAD	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO
Reconfirmación base granular	m2	Se suma las áreas de ahuellamientos con las áreas que corresponden a hundimientos para severidad media y alta, si el valor es mayor al 25% del área total de un kilómetro de vía se dará un valor de 1 y se programara la reparación para valores menores a 25% se dará un valor de 0 y no se programara reparación

## 8. EVALUACIÓN DE REHABILITACIÓN EN LAS VÍAS PAVIMENTADAS

### 8.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA (DIAGRAMA DE FLUJO)

Ilustración 33. Diagrama de flujo: Metodología Rehabilitación



## **8.2. PRELIMINARES DEL ENSAYO DE VIGA BENKELMAN**

Para realizar el diagnóstico de rehabilitación se realizó el ensayo de viga Benkelman siguiendo la “Norma INV E-794-07, E-795 del Invia Medida la deflexión de un pavimento empleando la viga Benkelman”.

Se realizó un primer filtro que consiste en limpiar las vías pavimentadas por el área afectada en kilometraje total pavimentado de tal manera que si el área total que presenta patologías diversas son mayores que el 40 % y menores al 4% no se contempla para la evaluación.

El segundo filtro para la selección de los tramos finales se concertó con las respectivas secretarías de infraestructuras de los departamentos, las cuales identificaron las vías con posibilidad de intervenir, decidiendo si era o necesario realizar ensayo de viga Benkelman, estas decisiones se registraron mediante acta que se anexa al presente documento, tanto para la Gobernación de Santander como para la Norte de Santander.

## **8.3. CORRECCIÓN DE LA DEFLEXIÓN POR TEMPERATURA**

Siguiendo la metodología registrada en el libro MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO del Ing. Alfonso Motejo Fonseca se aplicó la siguiente fórmula para corrección por temperatura y factor de viga.

Factor de viga: debido a la geometría de la viga el factor elegido fue de 4

Para poder estimar la deflexión característica se realizó la corrección por temperatura citando al Ing. Motejo

“Las deflexiones características deben referirse a una temperatura normal de 20°C.

No se requiere corrección por temperatura en estructuras de pavimentos compuestas por tratamiento superficial o mezclas asfálticas delgadas, colocadas sobre bases cuyo, modulo de rigidez sea insensible a cambios de temperatura.

Si las carpetas asfálticas son gruesas, el efecto de la temperatura sobre la deflexión tienen mayor importancia, por lo que se ha recomendado aplicar algún factor de corrección, el cual se determinara así

$$D_{C_{20^{\circ}C}} = \frac{D_c(T)}{1+(T-20)*8 \times 10^{-4}}$$

Donde (T): Deflexión característica de la sección para la temperatura del pavimento en el momento del ensayo

## 8.4. ESTIMACIÓN DE RADIO DE CURVATURA

La fórmula usada para estimar el radio de curvatura es el siguiente:

$$RC = \frac{3125}{l_0 - l_{25}}$$

Donde:

$L_{25}$  es la deflexión medida a 25 cm de la ubicación de la carga

$L_0$  es la deflexión medida sobre la carga

### DEFLEXIÓN CARACTERÍSTICA

Citando al título B del manual del institutode desarrollo urbanistico(IDU) índice

B.7.3.1 deflexión característica para pavimentos

“La deflexión característica es igual a la deflexión media más 1.3 de la desviación estándar

$$D_c = (D_m + 1.3\delta)$$

$D_c$  es la deflexión característica

$D_m$  es el promedio aritmético de todas las muestras

$\delta$  es la desviación estándar de todas las muestras

## 8.5. CLASIFICACIÓN POR TRÁNSITO

Citando la IDU 2002 titulo B diseño de pavimentos se tiene lo siguiente:

Tabla 45. Número de ejes equivalentes vs. Deflexión característica

Clase de tránsito	Número de ejes equivalentes	Deflexión característica 1/100 mm
T1	$N < 5 \cdot 10^5$	150
T2	$5 \cdot 10^5 N < 1.5 \cdot 10^6$	100
T3	$1.5 \cdot 10^6 N < 4.0 \cdot 10^6$	65
T4	$4.0 \cdot 10^6 N < 1.0 \cdot 10^7$	40
T5	$1 \cdot 10^7 N < 2.0 \cdot 10^7$	30

## 8.6. CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Para estimar la clase de estructura evaluada con viga Benkelman se aplica la tabla del manual generada por el instituto de desarrollo urbanístico IDU índice B.5-1 que corresponde al numeral B.5.4

Tabla 46. Deflexión vs. Clase de estructura

	Deflexión característica (1/100 mm) (eje de 130 kN (13 Ton))					
(1/100 mm)	0 - 50	50 - 75	75 - 100	100 - 150	150 - 200	200 - 300
Clase de estructura C <sub>i</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>

## 8.7. ANÁLISIS DE LA DEFLEXIÓN CARACTERÍSTICA

Para el análisis de deflexiones se usó la tabla de la IDU B.7.1 del capítulo 7 la cual se cita a continuación.

Tabla 47. Deflexiones admisibles para recepción de la obra para diferentes niveles para un eje de

13 T

CLASE DE TRÁNSITO	NÚMERO ACUMULADO DE VEHÍCULOS COMERCIALES	NÚMERO DE VEHÍCULOS COMERCIALES POR DÍA	DEFLEXIÓN CARACTERÍSTICA 1/100 mm
T1	$N < 5 \cdot 10^5$	$VC/día < 50$	150
T2	$5 \cdot 10^5 \leq N < 1.5 \cdot 10^6$	$50 \leq VC/día < 150$	100
T3	$1.5 \cdot 10^6 \leq N < 4.0 \cdot 10^6$	$150 \leq VC/día < 300$	65
T4	$4.0 \cdot 10^6 \leq N < 1.0 \cdot 10^7$	$300 \leq VC/día < 750$	40
T5	$1.0 \cdot 10^7 \leq N < 2.0 \cdot 10^7$	$750 \leq VC/día < 2000$	30

## 8.8. ESTIMACIÓN DEL REFUERZO

Para estimar el refuerzo se aplicó la metodología de la IDU tablas 5.2-2 y 5.2-3

Anotaciones especiales:

Se asumió como espesor mínimo de sobre carpeta para mejorar las condiciones de seguridad 7 cm de CA (capa asfáltica caliente tipo 2)

Se asumió los espesores de reparación de T1 igual a los de T2

A continuación se muestran las tablas de cálculo propuestas por la IDU

Tabla 48. Refuerzos en granulares tratados con ligantes hidráulicos y capa asfáltica de rodadura

		Clase de la estructura existente					
		C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>
Clase de Tránsito	T <sub>5</sub>		2 x 7 CA 25 GH	2 x 7 CA 25 GH	2 x 7 CA 28 GH	2 x 7 CA 28 GH <sup>(1)</sup>	2 x 7 CA 28 GH
	T <sub>4</sub>			8 CA 25 GH	8 CA 25 GH	8 CA 28 GH	8 CA 28 GH
	T <sub>3</sub>		(2)		6 CA 25 GH	6 CA 25 GH	6 CA 25 GH
	T <sub>2</sub>					6 CA 22 GH	6 CA 25 GH
	T <sub>1</sub>						

Nota:

(1) Casos sombreados : estos casos no se encuentran generalmente. Se recomienda realización de estudios particulares.

(2) Para estos casos, la solución de refuerzo está dada en la Tabla B.5-3.

Tabla 49. Refuerzo granular asfáltica y capa asfáltica de rodadura

Clase de Tránsito	T <sub>i</sub>	C <sub>j</sub>													
		C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>			C <sub>3</sub>			C <sub>4</sub>			C <sub>5</sub>			C <sub>6</sub>
			e <sub>1</sub> <sup>2</sup>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	
T5		8 CA	8	8	8	8	8	10 <sup>4</sup>	8	8	10 <sup>4</sup>	8	8	(1)	
		15 GA	12	12	18	15	12	18	18	15	18	18	15	(1)	
T4		2 x 7 CA			8 CA	2 x 7 CA ó 12 GA+8 CA		8	8	8	8	8	8	8	
		(3)			15 GA	12 GA+8 CA		18	15	12	18	15	12	18	
T3		(3)			10 CA			6 CA	2 x 7 CA ó 12 GA+6 CA		6	6	6	6	
		(3)			10 CA			15 GA	12 GA+6 CA		18	15	12	18	
T2		(3)			10 CA			10 CA			6	6	6	6	
		(3)			10 CA			10 CA			15	12	12	12	

Notas:

- (1) Casos sombreados: estos casos no se encuentran generalmente. Se recomienda la realización de estudios particulares.
- (2) e<sub>1</sub>, e<sub>2</sub>, e<sub>3</sub> son, los espesores de la capa de rodadura de la antigua calzada.
  - e<sub>1</sub> < 5 cm
  - 5 cm < e<sub>2</sub> < 10 cm
  - e<sub>3</sub> > 10 cm
 Si la capa de rodadura está muy fisurada se deberá reducir en una clase el espesor real en el sitio.
- (3) En estos casos el refuerzo no es necesario, sin embargo si la capa de rodadura debe renovarse (por razones de seguridad, por ejemplo) la solución adoptada depende del problema a resolver y tendrá en cuenta la intensidad del tránsito.
- (4) Para obtener mejores calidades superficiales, se podrá admitir una reparación con una capa de GA de 20 cm de espesor y reemplazar la estructura 18 GA + 10 CA por la estructura 20 GA + 8 CA

## 8.9. ALGORITMO PARA LA ESTIMACIÓN DE REFUERZO

Se realizan las correcciones por temperatura a todos los puntos examinados.

Se determina la deflexión característica de cada tramo.

Se verifica que cada tramo cumpla con la deflexión admisible

Se clasifica el tránsito

Se clasifica la estructura

Se estima el refuerzo usando las tablas B.5-2

Se estiman cantidades de obra multiplicando la longitud de la vía por el ancho y la altura de refuerzo

## 8.10. FICHA RESUMEN

Tabla 50. Ficha: Sobrecarpeta asfáltica

RE_SCA	SOBRE CARPETA ASFÁLTICA	
PROBLEMA O FALLA	Fallas generales que pueden deteriorar el pavimento en el futuro	
DESCRIPCIÓN SOLUCIÓN	Compactación de una sobrecarpeta asfáltica para preservar el confort y seguridad de la subrasante	
CRITERIOS DE APLICACIÓN	Según norma IDU	
ÍTEMS PRESUPUESTO	UNIDAD	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO
Sobrecarpeta asfáltica	m3	Área afectada por un espesor estimado usando la metodología IDU

## **CONCLUSIONES**

### **CONCLUSIONES GENERALES**

- Se concluye que la red vial secundaria de los departamentos de Santander y Norte de Santander son las principales fuentes de progreso y economía en los centros urbanos, por tal motivo, es importante la difusión e implementación de la información capturada en el inventario vial para que los gobernantes de turno sean capaces de tomar decisiones centradas sobre la mejor alternativa de inversión en las vías secundarias a su cargo.
- El principal problema de la red secundaria de los departamentos de Santander y Norte de Santander, son de insuficiencia de drenaje ya que afectan notoriamente la seguridad y la comodidad de los usuarios de las vías. Basado en esta información, se concluye que antes de realizar cualquier inversión en la capa de rodadura es necesario mejorar las condiciones de drenaje.

### **SOBRE EL ANÁLISIS DE TRANSITO:**

- Se concluye que el tráfico promedio diario evaluado en las vías es menor a 150 vehículos diarios para las vías del Departamento de Santander, está compuesto en su mayoría de vehículos ligeros (motos y carros)
- Se concluye que el tráfico promedio diario evaluado en las vías, es superior a 300 vehículos diarios para las vías del Departamento Norte de Santander, compuesto en su mayoría de camiones de carga pesados (tipo C4).

### **SOBRE EL ANÁLISIS DE LA CAPA DE RODADURA:**

- Se concluye que el ancho de calzada promedio es de 4 metros.
- Se concluye que las secciones transversales no tienen pendiente que generen un bombeo eficiente.
- Se concluye que la mayoría de vías son transitadas usando como capa de rodadura la subrasante, este problema sumado a la falta de obras de drenaje, disminuye cada año la capacidad aportante del suelo e incentiva la aparición de sitios críticos
- Se concluye que existen vías secundarias las cuales debido al abandono están dejando de ser transitadas generando pérdidas importantes al patrimonio del Departamento.

- Se concluye que por el bajo tránsito promedio diario encontrado la mayoría de vías no requieren una estructura mayor a la mínima exigida por el INVIAS para un periodo de diseño de 10 años.

#### **SOBRE EL ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO:**

- Se concluyó que la implementación del afirmado en vías secundarias como alternativa para mejorar el confort, no es recomendable si no se tiene recursos suficientes para generar un mantenimiento constante ya que el material por efecto de escorrentía es removido por completo de la subrasante.
- La actividad de reperfilado en las vías con superficie de rodadura en afirmado esta siendo realizada por personal no calificado que destruye las pocas estructuras de drenaje existente y deja sin protección la subrasante ya que el material removido nunca es reemplazado, por ello se concluye que esta actividad, de ser posible, debe evitarse.
- Se concluye que la falta de rocería en las vías secundarias hace que el ancho de calzada transitable se reduzca considerablemente generando condiciones poco seguras al usuario.
- Se concluye que no hay diferencia entre las vías terciarias y secundarias en la mayoría de las provincias del Departamento de Santander.
- Se concluye que el principal problema de la capa de rodadura de la red secundaria del Departamento de Santander es de arcillas expansivas.

#### **SOBRE EL ANÁLISIS DE REHABILITACIÓN:**

- Se concluye que la mayoría de las vías evaluadas del los departamentos de Santander y norte requieren una capa de 7 cm de sobre carpeta para mejorar la seguridad de los usuarios

## **RECOMENDACIONES:**

- Agudizar el grado de las severidades de las inspecciones visuales de la capa de rodadura ya que no son representativas.
- Realizar el ensayo de viga benkelman sobre superficies en afirmado con una frecuencia de 500 m para mejorar la homogenización de la subrasante
- Antes de iniciar actividades de campo se recomienda tener bien definida la metodología de diagnóstico.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### Fuente 1

MANUAL DE TECNOLOGÍAS PARA EL MANTENIMIENTO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS / NINO ÁLVAREZ, EDGAR; JIMÉNEZ, VÍCTOR HUGO; GÓMEZ, JORGE, DIR.; UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL. TESIS (PREGRADO); BUCARAMANGA: UIS, 2000

### Fuente 2

MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS PARA VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO; ALFONSO MONTEJO FONSECA Subdirector de Apoyo Técnico (E) – Instituto Nacional de Vías, Bogotá ,2007

### Fuente 3

GUÍA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN CARRETERAS; ALFONSO MONTEJO FONSECA Subdirector de Apoyo Técnico (E) – Instituto Nacional de Vías, Bogotá ,2008

### Fuente 4

Manual de diseño geométrico de carreteras del Ministerio de Transporte e Instituto Nacional Edición año 2008.