

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia	Aprobado	Pág.		
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO	1(1)		

AUTORES	GISELA ANDREA MURGAS ZULETA SINDY VANESA CONTRERAS SANCHEZ
FACULTAD	FACULTAD DE INGENIERIAS
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA CIVIL
DIRECTOR	WILLINTON HERNESTO CARRASCAL MUÑOZ
TÍTULO DE LA TESIS	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES QUE INCIDEN EN EL DETERIORO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES EN LAS VÍAS PRINCIPALES DE LOS BARRIOS EL RAMAL, SAN ANTONIO, EL BOSQUE, LOS ALMENDROS, EL BAMBO Y LA CORUÑA, DEL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER

RESUMEN

LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE REFIERE A LA IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES QUE INCIDEN EN EL DETERIORO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES, TOMANDO COMO CASO DE ESTUDIO LAS VÍAS PRINCIPALES DE LOS BARRIOS EL RAMAL, SAN ANTONIO, EL BOSQUE, LOS ALMENDROS, EL BAMBO Y LA CORUÑA, EJEMPLO EN EL QUE SE PUEDE RESUMIR CONTEXTUALMENTE, EL PROGRESIVO DETERIORO DEL PAVIMENTO EN LA MALLA VIAL LOCAL DE LA DEL MUNICIPIO DE OCAÑA, EN LA CUAL LOS USUARIOS DE ÉSTA ZONA SE VEN AFECTADOS EN SU MOVILIDAD Y CONFORT AL TRANSITARLA.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 202	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 5	CD-ROM: 1
--------------	---------	------------------	-----------



VÍA ACOLSURE, SEDE EL ALGODONAL, OCAÑA N. DE S.
Línea Gratuita Nacional 018000 121022 / PBX: 097-5690088
www.ufps.edu.co



**IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES QUE INCIDEN EN EL DETERIORO
ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES EN LAS VÍAS
PRINCIPALES DE LOS BARRIOS EL RAMAL, SAN ANTONIO, EL BOSQUE, LOS
ALMENDROS, EL BAMBO Y LA CORUÑA, DEL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE
DE SANTANDER**

AUTORES:

GISELA ANDREA MURGAS ZULETA

SINDY VANESA CONTRERAS SANCHEZ

Trabajo de grado presentado para optar el título de Ingeniero Civil

Director

WILLINTON HERNESTO CARRASCAL MUÑOZ

Ingeniero Especialista

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERIA CIVIL

Ocaña, Colombia

Abril de 2018

Agradecimientos

A Dios, pues sin su Voluntad nada es posible.

Gracias a mis padres Yesenia Zuleta y Joselin Murgas, quienes dieron todo su amor, empeño y sacrificio por verme cumplir este sueño, por desear que fuera una profesional y hacerlo todo porque fuera posible. Gracias porque siempre estuvieron a mi lado en cada paso que di para llegar hasta donde ahora estoy, por inculcarme valores y enseñarme a ser una mejor persona cada día. Hoy puedo decir que soy un motivo de orgullo y felicidad para ustedes.

A mis hermanos quienes son parte importante en mi vida, por permitirme ser su ejemplo a seguir y por colaborarme siempre cuando más los he necesitado e impulsarme a seguir adelante.

Al ingeniero Willinton Hernesto Carrascal por respaldarnos y ayudarnos en la realización de este proyecto.

Al ingeniero Agustín Macgregor por su colaboración.

A la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña por formarnos como profesionales y a sus profesores por brindarnos sus conocimientos.

Y por último a todas las personas que de una u otra forma ayudaron a que esta meta fuera posible de lograr.

Gisela Murgas Zuleta

Agradecimientos

Agradecerle a Dios por la oportunidad y la constancia en el desempeño de estas labores educativas y prácticas, las cuales son un paso importante para el fortalecimiento de mi vida y mi carrera profesional.

De igual forma destacar el apoyo recibido por parte de los Ingenieros Willinton Hernesto Carrascal Muñoz y Agustín Armando Macgregor Torrado, que con su tiempo y conocimiento brindado nos orientaron y guiaron durante el desarrollo de nuestra investigación aportando al logro y finalización de los objetivos planteados en nuestro proyecto de grado.

Sindy Vanesa Contreras

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios por no soltar mi mano y dejarme rendir cuando sentía que ya no tenía fuerzas para continuar, porque el proceso fue duro, pero Dios siempre me acompañó y lo seguiré haciendo en cada paso que dé.

A mis padres que con su esfuerzo me impulsaron a alcanzar esta meta, por su amor, comprensión, consejos y paciencia, sin ustedes este logro no hubiera sido posible. A mis hermanos quienes tuvieron fe en mí y en que lo lograría. A toda mi familia por su apoyo incondicional.

Gisela Murgas Zuleta

Dedicatoria

Principalmente a Dios por regalarme la salud y disposición para cumplir con este propósito tan importante para mi vida.

Agradecerle a mi padre Yimy Contreras Ortega y a mi esposo Sneider Acosta Suarez, quienes siempre creyeron en mis capacidades, acompañándome en este proceso con paciencia y sabiduría en el transcurso de esta etapa, fortaleciéndome con su apoyo incondicional cada día para superar los obstáculos presentados.

Sindy Vanesa Contreras

Índice

	Pág.
Capítulo 1. Identificación de variables que inciden en el deterioro estructural de pavimentos rígidos y flexibles en las vías principales de los barrios El Ramal, San Antonio, El Bosque, Los Almendros, El Bambo y la Coruña, del municipio de Ocaña, Norte de Santander	1
1.1 Planteamiento del Problema	1
1.2 Formulación del Problema	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivos Específicos	3
1.4 Justificación	3
1.5 Delimitaciones	5
1.5.1 Conceptual	5
1.5.2 Operativa	5
1.5.3 Temporal	5
1.5.4 Geográfica	5
Capítulo 2. Marco Referencial	7
2.1 Antecedentes	7
2.2 Marco Histórico	9
2.3 Marco Teórico	12
2.3 Marco Conceptual	13
2.2.1 Bombeo	13
2.2.2 Características de un pavimento	13
2.2.3 Clasificación de los pavimentos	14
2.2.4 Costo	16
2.2.5 Curva granulométrica	16
2.2.6 Deformabilidad	16

2.2.7 Deterioro	17
2.2.8 Durabilidad	17
2.2.9 Ensayo Normal Para El Uso Del Penetrómetro Dinámico De Cono En Aplicaciones De Pavimentos A Poca Profundidad	17
2.2.10 Granulometría	18
2.2.11 Índice De Plasticidad (IP)	18
2.2.12 Limite Líquido (LL).	19
2.2.13 Límite Plástico (LP).	19
2.2.14 Losas de concreto simple	20
2.2.15 Losas de concreto reforzado	20
2.2.16 Método AASHTO	20
2.2.17 Método de Diseño de Pavimento Rígido por el método INVIAS	20
2.2.18 Método de Diseño de Pavimento Flexible por el método INVIAS	21
2.2.19 Método U.S.C.S.	21
2.2.20 Nomenclatura	22
2.2.21 Pavimento	22
2.2.22 Pavimentos Flexibles	23
2.2.23 Pendiente transversal del terreno	25
2.2.24 Peralte	25
2.2.25 Permeabilidad	25
2.2.27 Resistencia Estructural.	25
2.2.28 Subbase	26
2.2.29 Subrasante	26
2.2.31 Tipo de fallas	27
2.2.32 Transito Promedio Diario (TPD).	29
2.2.33 Vías Urbanas	29
2.4 Marco Contextual	29
2.4.1 Reseña Histórica de Ocaña	29
2.4.2 Identificación del Municipio de Ocaña	30
2.5 Marco Legal	31
2.5.1 Normas Nacionales	31

2.5.2 Regulaciones Estipuladas por el INVIAS	32
Capítulo 3. Diseño Metodológico	33
3.1 Tipo de Investigación	33
3.2 Población y Muestra	33
3.2.1 Población	33
3.2.2 Muestra.	34
3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información	34
3.4 Procedimiento y Análisis de Información	34
Capítulo 4. Resultados	36
4.1. Localización de las vías principales	36
4.2. Inspección visual de los pavimentos	43
4.2.1. Descripción de la inspección vial	58
4.3. Caracterización geotécnica de los suelos.	62
4.3.1. Caracterización mecánica de la subrasante	62
4.3.2. Caracterización física de la subrasante	63
4.4. Estudio de tránsito y diseño de pavimentos.	70
4.4.1. Estudio de tránsito y flujo vehicular	70
4.4.2 Diseño de pavimentos rígidos y flexibles	76
4.5. Evaluación de variables que inciden en la afectación de la estructura del pavimento.	112
4.6. Presupuesto para la pavimentación de las vías principales.	118
Conclusiones	121
Recomendaciones	124
Referencias	127
Apéndices	129

	Pág.
Tabla 1. Índice de CBR	28
Tabla 2. Valores respectivos de carga para la penetración	29
Tabla 3. Bombeos y peraltes vía 1	41
Tabla 4. Pendientes longitudinales vía 1	42
Tabla 5. Bombeos y peraltes vía 2	42
Tabla 6. Pendientes longitudinales vía 2	43
Tabla 7. Bombeos y peraltes vía 3	43
Tabla 8. Pendientes longitudinales vía 3	44
Tabla 9. Bombeos y peraltes vía 4	44
Tabla 10. Pendientes longitudinales vía 4	45
Tabla 11. Bombeos y peraltes vía 5	45
Tabla 12. Pendientes longitudinales vía 5	46
Tabla 13. Matriz de fallas vía 1	48
Tabla 14. Matriz de fallas vía 2	51
Tabla 15. Matriz de fallas vía 3	54
Tabla 16. Matriz de fallas vía 4	55
Tabla 17. Matriz de fallas vía 5	58
Tabla 18. Transito promedio según conteo en la vía 1 ambos sentidos	75
Tabla 19. Transito promedio según conteo en la vía 2 ambos sentidos	76
Tabla 20. Transito promedio según conteo en la vía 3 ambos sentidos	77
Tabla 21. Transito promedio según conteo en la vía 4 ambos sentidos	78
Tabla 22. Transito promedio según conteo en la vía 5 ambos sentidos	79
Tabla 23. Factores de equivalencia promedio utilizados más frecuentemente en Colombia	81
Tabla 24. Factor de distribución por carril	82
Tabla 25. Factor direccional (Fd).	82
Tabla 26. Transito equivalente de la vía 2	82
Tabla 27. Categorías de tránsito para la selección de espesores	83
Tabla 28. Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia	84
Tabla 29. Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto	84
Tabla 30. Resistencia que debe alcanzar el concreto	85

Tabla 31. Valores de resistencia a la flexión del concreto (Modulo de rotura)	85
Tabla 32. Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral	86
Tabla 33. Variables consideradas para el diseño	86
Tabla 34. Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables T2 como factor principal	88
Tabla 35. Recomendación para las barras de anclaje	89
Tabla 36. Recomendación para la selección de los pasadores de carga	90
Tabla 37. Transito equivalente de la vía 1	91
Tabla 38. Categorías de tránsito para la selección de espesores	92
Tabla 39. Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia	92
Tabla 40. Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto	93
Tabla 41. Resistencia que debe alcanzar el concreto	93
Tabla 42. Valores de resistencia a la flexión del concreto (Modulo de rotura)	93
Tabla 43. Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral	94
Tabla 44. Variables consideradas para el diseño	94
Tabla 45. Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables T0 como factor principal	95
Tabla 46. Recomendación para las barras de anclaje	96
Tabla 47. Recomendación para la selección de los pasadores de carga	97
Tabla 48. Transito equivalente de la vía 1	98
Tabla 49. Categorías de tránsito para la selección de espesores	99
Tabla 50. Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia	99
Tabla 51. Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto	100
Tabla 52. Resistencia que debe alcanzar el concreto	100
Tabla 53. Valores de resistencia a la flexión del concreto (Modulo de rotura)	100
Tabla 54. Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral	101
Tabla 55. Variables consideradas para el diseño	101
Tabla 56. Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables T1 como factor principal	102
Tabla 57. Recomendación para las barras de anclaje	103
Tabla 58. Recomendación para la selección de los pasadores de carga	104

Tabla 59. Categoría de la vía	105
Tabla 60. Periodo de diseño	105
Tabla 61. Rangos de tránsito	106
Tabla 62. Regiones climáticas de Colombia	107
Tabla 63. Valores de resistencia de la subrasante	108
Tabla 64. Variables consideradas para el diseño	108
Tabla 65. Carta de diseño N° 2	109
Tabla 66. Especificaciones de los materiales	110
Tabla 67. Categoría de la vía	111
Tabla 69. Rangos de tránsito	112
Tabla 70. Regiones climáticas de Colombia	113
Tabla 71. Valores de resistencia de la subrasante	113
Tabla 72. Variables consideradas para el diseño	114
Tabla 73. Carta de diseño N° 2	115
Tabla 74. Resumen de parámetros de diseño y espesores calculados por el Método INVIAS para pavimentos rígidos	119
Tabla 75. Resumen de parámetros de diseño y espesores calculados por el Método INVIAS para pavimentos flexibles	120

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Localización y señalización de la zona de estudio	40
Figura 2. Esquema representativo de un pavimento de concreto	87
Figura 3. Esquema representativo de un pavimento de concreto	95
Figura 4. Esquema representativo de un pavimento de concreto	102
Figura 5. Esquemas representativos de la estructura de los pavimentos	116

	Pág.
Grafica 1. Porcentajes de afectación por cada deterioro vía 1	62
Grafica 2. Porcentajes de afectación por cada deterioro vía 2	63
Grafica 3. Porcentajes de afectación por cada deterioro vía 3	63
Grafica 4. Porcentajes de afectación por cada deterioro vía 4	64
Grafica 5. Porcentajes de afectación por cada deterioro vía 5	65

Lista de Fotografías

	Pág.
Fotografía 1. Realización de apique N° 1.	68
Fotografía 2. Apique de suelo N° 2.	70
Fotografía 3. Apique de suelo N° 3.	71
Fotografía 4. Apique de suelo N° 4.	72
Fotografía 5. Muestra de suelo apique N° 5.	73

La presente investigación se refiere a la identificación de las variables que inciden en el deterioro estructural de pavimentos rígidos y flexibles, tomando como caso de estudio las vías principales de los barrios El Ramal, San Antonio, El Bosque, Los Almendros, El Bambo y la Coruña, ejemplo en el que se puede resumir contextualmente, el progresivo deterioro del pavimento en la malla vial local de la del Municipio de Ocaña, en la cual los usuarios de ésta zona se ven afectados en su movilidad y confort al transitarla.

Dentro de las posibles causas a las que se atribuye el deterioro de este tramo vial se puede mencionar entre muchas otras el incremento en las cargas a que es sometida la vía por parte de los vehículos que actualmente circulan por allí, así mismo, como a la falta de mantenimiento de esta.

Es así que, a partir del interés académico, con el compromiso de los estudiantes de ingeniería civil, se trató de profundizar en esta problemática teniendo como base el interés en contribuir en el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del sector. Con base en lo anterior, se realizó un estudio visual basado en la metodología PCI, con el objeto de determinar la condición de este tramo vial y así identificar y clasificar sus fallas llegando así a la mejor alternativa para optimizar su condición de servicio.

Introducción

Los deterioros constantes de las vías el cual es generado principalmente por los agentes climáticos que afectan la región, las infiltraciones en el sistema de redes de agua potable y alcantarillados, la falta de mantenimiento por parte de la administración pública, el ingreso de vehículos para los cuales no fueron diseñadas las vías. Conllevan a que los deterioros evolucionen hasta un punto que la vía deja de ser transitable afectando notablemente la economía del sector y por ende la del municipio.

Preservar la red vial existente, es una actividad de suma importancia y más que eso, es responsabilidad de las administraciones municipales conservarlas y de la academia a través de sus ingenieros brindar métodos que permitan cumplir con esta misión, por esto se pretende realizar un diagnóstico a la red vial de algunos de los barrios, identificando las variables que inciden en el deterioro estructural de pavimentos rígidos y flexibles en las vías principales de los barrios El Ramal, San Antonio, El Bosque, Los Almendros, El Bambo y la Coruña, del municipio de Ocaña, Norte de Santander, permitiendo realizar un levantamiento del estado actual del pavimento, cuantificar los daños e indicar la reparación conveniente desde el punto de vista técnico de acuerdo con las especificaciones generales de construcción del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

A partir de una metodología descriptiva, se pudieron identificar de igual forma los tramos con mayor afectación; así como las patologías con más presencia en cada tramo como en toda la extensión estudiada.

De todo esto se ha podido identificar de manera general las causas de los daños y las recomendaciones para que a futuro el deterioro de estos pavimentos rígidos se controle y así mejorar la movilidad de esta red vial de los barrios en estudio.

Capítulo 1. Identificación de variables que inciden en el deterioro estructural de pavimentos rígidos y flexibles en las vías principales de los barrios El Ramal, San Antonio, El Bosque, Los Almendros, El Bambo y la Coruña, del municipio de Ocaña, Norte de Santander.

1.1 Planteamiento del Problema

Ocaña es una ciudad en desarrollo constante, por lo cual factores como el crecimiento poblacional influyen de manera directa en el aumento de viviendas y esto a su vez en el aumento de redes de servicios públicos y del parque automotor, el cual presenta diversos tipos de transporte, algunos de una gran capacidad de carga, también las deformaciones de la subrasante, errores en el diseño de concretos hidráulicos, épocas invernales fuertes, construcciones inadecuadas entre otros han causado que las vías antiguas de la ciudad presenten deficiencias en su estado, esto combinado con la poca o nula inversión de los diferentes gobiernos municipales durante los últimos años para la conservación de la infraestructura vial de la ciudad, ha generado que las vías urbanas como en este caso la red vial de los barrios El Ramal, San Antonio, El Bosque, Los Almendros, El Bambo y la Coruña presenten diferentes afectaciones en su estructura, como: figuraciones, baches, pérdida de material, , descaramiento, losas subdivididas, pulimento, etc. que reducen el comportamiento del flujo vehicular generando inseguridad e incomodidad vial, retrasos en los tiempos de viaje y daños en el parque automotor que afectan a los usuarios de esta vía.

Es por ello que se requiere un análisis técnico que estudie el comportamiento y la afectación generada en la estructura del pavimento, así como las diferentes variables que

inciden en el deterioro progresivo de la malla vial de este sector del municipio de Ocaña, ya que a través de este análisis se podrá, determinar las necesidades de inversión sobre la vía de estudio para mejorar los aspectos estructurales y funcionales del pavimento, aumentando su vida útil y disminuyendo tanto los costos de mantenimiento como los niveles de accidentalidad.

1.2 Formulación del Problema

¿Cómo contribuirá la identificación de las variables que afectan los pavimentos rígidos y flexibles de las vías principales de los barrios El Ramal, San Antonio, El Bosque, Los Almendros, El Bambo y la Coruña del municipio de Ocaña, Norte de Santander, para mejorar las condiciones estructurales de las mismas?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General.

Identificar las variables que inciden en el deterioro estructural de pavimentos rígidos y flexibles en las vías principales de los barrios El Ramal, San Antonio, El Bosque, Los Almendros, El Bambo y la Coruña, del municipio de Ocaña, Norte de Santander.

1.3.2 Objetivos Específicos.

Localizar las vías principales mediante un levantamiento topográfico, para determinar las condiciones geométricas de las mismas.

Efectuar un diagnóstico a través de una inspección visual a la malla vial de los barrios en estudio, que permita conocer el deterioro existente en el pavimento mediante una guía técnica para la verificación y reconocimiento de la misma.

Realizar la caracterización geotécnica de los suelos existentes en el área de estudio, para determinar las condiciones de la estructura de soporte del pavimento.

Evaluar las diferentes variables que inciden en la afectación de la estructura del pavimento, mediante las normas técnicas colombianas, con el fin de obtener soluciones correctivas y/o preventivas para su recuperación.

Elaborar un presupuesto general mediante un análisis de costos para la recuperación vial de acuerdo a las afectaciones en el diagnóstico inicial.

1.4 Justificación

El transporte es un elemento de gran influencia en la vida diaria de las regiones, y la serviciabilidad de las vías contribuye al desarrollo socio – económico de cada uno de los sectores de la población, por ello es necesario una adecuada planificación en los proyectos viales para que puedan garantizar y facilitar el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes (Lozano, 2005). Dicha serviciabilidad es función directa del estado superficial y estructural del pavimento. Cabe señalar que es de gran importancia para la región, que se

cuenta con una red vial eficiente, que permita la comunicación entre sus diferentes núcleos urbanos.

Teniendo en cuenta lo expuesto, la condición de estado actual de las vías de los barrios El Ramal, San Antonio, El Bosque, Los Almendros, El Bambo y la Coruña, del municipio de Ocaña, evidencian un notable deterioro. En tal sentido, el estado actual que presentan estas vías refleja una serie de fallas que están afectando la movilidad y confort de los habitantes de la zona; aunado al deterioro en andenes, sardineles, sumideros y señalización, factores tales que contribuyen al creciente deterioro del conjunto vial.

En consecuencia, el problema que viene de tiempo atrás por la falta de intervención en el sistema vial, mantenimiento de vías y desafortunadamente problemas ajenos a la ingeniería relacionados con la gestión y ejecución de los contratos, difícilmente podrá solucionar, a corto y mediano plazo, el óptimo estado del subsistema vial de la ciudad.

Es así como, esta investigación está enfocada en identificar las variables que inciden en el deterioro estructural de los pavimentos rígidos y flexibles en las vías antes mencionadas, lo cual se logrará a partir de la realización de los objetivos específicos planteados.

De igual forma con la realización del presente proyecto, se busca obtener información de las condiciones reales que presenta la estructura de la zona de estudio y de esta manera poder definir la condición estructural del pavimento y operacional de la superficie de rodadura de la zona de estudio, con el fin de sugerir soluciones al deterioro de la malla vial, desde la gestión de pavimentos, generando información de patología y estado, con el objeto de que las entidades a cargo del mantenimiento puedan intervenir de manera práctica y ágil, por la óptima condición de servicio de ésta, evitando así, que se presenten deterioros mayores

en los cuales se tenga que gastar más recursos públicos que pueden ser invertidos en el mantenimiento de otros corredores viales similares..

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Conceptual. Para un buen desarrollo del proyecto, se hace necesario la utilización de conceptos como: Plan de ordenamiento territorial (PBOT), tránsito promedio diario semanal (TPDs), rutas del servicio público, tipos de deterioros en pavimentos, ensayos para pavimentos, tipos de pavimentos, subrasante, estructura del pavimento.

1.5.2 Operativa. Para la realización del proyecto se utilizarán equipos como GPS, equipos de laboratorio para el análisis de las muestras, equipos de medición, computadores, cámaras fotográficas, etc.

1.5.3 Temporal. En la elaboración del presente proyecto se emplearán dieciséis (16) semanas, para el desarrollo de las actividades propuestas.

1.5.4 Geográfica. El proyecto se llevará a cabo en el municipio de Ocaña ubicado en la zona noroccidental del departamento de Norte de Santander, el cual cuenta con una extensión del área urbana de 6,96 Km² con coordenadas geográficas de 8° 14' 15 Latitud Norte y 73° 2' 26 Latitud Oeste, y se ejecutará en los barrios El Ramal, San Antonio, El Bosque, Los Almendros, El Bambo y la Coruña, del municipio de Ocaña, comprendidos entre las vías:

Vía 1: Transversal 7 Barrio El Ramal y El Bambo.

Vía 2: Carrera 11 Barrio San Antonio.

Vía 3: Calle 19 Barrio El Bosque.

Vía 4: Calle 17 Barrio Los Almendros.

Vía 5: Carrera 7 Barrio La Coruña.

Capítulo 2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes

Espinosa, D. (2009). En su trabajo titulado “Guía de mantenimiento para pavimentos asfálticos de vías locales en Bogotá D.C.” de la Universidad de la Salle. Bogotá. Busca profundizar la temática del mantenimiento vial abordando los conceptos desde la observación en obra de los procedimientos de conservación rutinaria y periódica, realizando una descripción de estos de acuerdo con el soporte bibliográfico de documentos técnicos sobre pavimentos a nivel nacional e internacional, y afianzando los lineamientos de las normas y especificaciones para la construcción de vías.

Donde a partir de un metodología Descriptiva, se realizó la observación en las obras de mantenimiento de la malla local en Engativá fue como punto central de la investigación, concluyendo que las actividades de mantenimiento se realizan con el objeto de conservar la funcionalidad de las vías y así ofrecer un servicio cómodo y seguro para los usuarios de ellas.

De igual forma, Álvarez, E y Páez, F. (2014). Realizan el “Diagnóstico de la red vial de los barrios santa clara, dos de octubre y villa paraíso del municipio de Ocaña Norte de Santander” de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Donde, pretenden determinar las causas que provocan los deterioros presentes en la estructura del pavimento de cada una de éstas. La metodología empleada consistió en la ejecución de ensayos in situ de PDC, inspección visual, conteo vehicular (TPDs), extracción de núcleos de concreto y de laboratorios, clasificación de suelo, humedades, límites de consistencia y resistencia a la estructura del pavimento.

Los ensayos de campo y de laboratorio, fueron realizados cumpliendo con las Normativas Colombianas (NTC) y las especificaciones estipuladas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

El proyecto se desarrolló en 6 fases: Reconocimiento del lugar y vías de estudio, documentación, trabajos de campo (recolección de información), ensayos de laboratorio, análisis de resultados para determinar y establecer las causas de estos deterioros y determinación de algunas alternativas de solución.

En la cual se concluyó, que, todas las vías se encuentran con un alto grado de afectación, con deterioros frecuentes como baches, grietas en bloques y desintegración.

El conteo vehicular arrojó un tránsito promedio diarios semanal en un rango de 561 a 4228 Veh/día, clasificándolas en vías secundarias medias y altas, donde el tipo de vehículos que más transita en estas, es el liviano (automóviles), además de identificar la vía 5 con más flujo vehicular, con un porcentaje de 87.50% de vehículos livianos, 9.96% de buses y 2.55% de camiones.

La baja resistencia de los pavimentos estudiados, se debe a la utilización de agregados gruesos, producto de una mala dosificación, la no distribución uniforme de partículas, debido a la inadecuada ejecución del control de calidad en la construcción del pavimento y al diseño inadecuado de los pavimentos.

Los sondeos realizados en estas vías, arrojan que están sobre suelos arcillosos, con índice de plasticidad mayor al 10%, comprendidos en su mayoría por un solo estrato, con CBR que oscilan entre 6,6 y 8,6%, indicando una subrasante regular a buena.

Por su parte, Bonfante, D y Montes, W. (2015). Plantean en la investigación “Diagnóstico del estado del pavimento en la red vial del barrio los Caracoles en la ciudad de Cartagena” de la Universidad de Cartagena. Que la red vial del área de estudio presenta

diferentes patologías en su estructura, que merman el buen comportamiento del flujo vehicular generando incomodidad, retrasos en los tiempos de viaje y daños en el parque automotor que afectan a los habitantes de esta zona.

De igual forma, se pudieron identificar los tramos con mayor afectación; así como las patologías con más presencia en cada tramo como en toda la extensión estudiada.

De todo esto se pudo identificar de manera general las causas de los daños y las recomendaciones para que a futuro el deterioro de estos pavimentos rígidos se controle y así mejore la movilidad de esta red vial de un barrio metido en la historia de nuestra ciudad.

Este proyecto propone una investigación de tipo descriptivo donde se manejarán conceptos tanto cualitativos como cuantitativos durante su realización, para finalmente concluir que cuando comparamos el comportamiento de los pavimentos del barrio estudiado con otros estudio similares realizados en la ciudad, entendemos que las zonas con más afectación son aquellas donde el comercio y la propiedad vertical generan cambios en la prestación de los diferentes servicios públicos, por lo cual las empresas que prestan estos servicios se ven en la necesidad de intervenir constantemente el sistema de vías de cada sector.

2.2 Marco Histórico

La tecnología vial o conjunto de conocimientos propios del arte de construir carreteras data de varios miles de años y en la antigüedad tuvo su esplendor durante el Imperio Romano, cuya excelente red de caminos de 80.000 Km fue base fundamental de su gran poderío.

Las vías romanas, que aún existen 2.300 años después de construidas, permiten verificar que los constructores de la época conocían los efectos nocivos del agua atrapada. Para evitarlos, construyeron sus vías como estructuras de drenaje libre y así garantizaban el rápido retiro de la totalidad del agua que ingresaba e impedían su acumulación indeseable.

Este sano criterio se aplicó hasta finales de la década de los años cincuenta del siglo pasado, cuando se reemplazó por un nuevo principio, según el cual, las estructuras bajo los pavimentos en lugar de contar con adecuadas condiciones de drenaje interno, debían presentar alta resistencia mecánica e impermeabilidad. En otras palabras, se impuso la idea de aumentar la densidad de los materiales utilizados en la construcción de las sub-base y bases, e impedir mediante carpetas impermeables el ingreso del agua a la estructura.

Con este criterio se diseñan la mayoría de los pavimentos hoy en día y, sin embargo, muchos fallan prematuramente porque su análisis descansa en supuestos que van en contravía de lo que debería enseñar el verdadero estado de desarrollo del arte de la construcción de vías (Malagón, 2004).

Desarrollo histórico de la infraestructura vial en Colombia. Al comienzo de 1900, los principales medios de Transporte eran los caminos de herradura, los ferrocarriles y la navegación fluvial. En 1905, siendo presidente el general Rafael Reyes, se creó el Ministerio de Obras Públicas quien sería el encargado de las vías nacionales definidas en aquel entonces como aquellas que por su importancia requerían cuantiosos recursos, como las carreteras de más de 50 km. En 1914 se contaba ya con cerca de 600 km de vías aisladas, siendo la más importante, la carretera central del norte. (Bogotá-Tunja-Bucaramanga- Cúcuta).

Aunque en 1930 había 5.700 km de carreteras, estas vías no constituían una red integral. Para organizar el desarrollo acelerado del sistema vial, el gobierno central creó el Consejo Nacional de Vías de Comunicación, el cual preparó el primer plan de carreteras nacionales, aprobado por medio de la ley 88 de 1931. A partir de este año, se puede hablar de carreteras en Colombia, superándose el tradicional concepto de caminos.

En 1944 se habían construido alrededor de 10.000 Km de carreteras. En realidad, la legislación expedida hasta entonces ordenaba la construcción de 21.000 km, faltando 11.000 km. En 1948 la misión Currie encontró que las regiones del país seguían desconectadas. Como resultado, se conformó un plan nacional para integrar el sistema, aprobado por la ley de transportes de 1949. Esta ley asignó al menos el 12% de las rentas corrientes a las carreteras, de los cuales el 30% correspondía a la red troncal y el resto a las vías departamentales. En 1960 se interconectó parcialmente la red. Para completar el sistema se creó ese mismo año el Fondo de Caminos Vecinales, encargado de construir los caminos de penetración.

En 1967, el presidente Carlos Lleras Restrepo, creó el Fondo Vial Nacional, financiado con el impuesto a los combustibles. En 1975, el Ministerio de Obras Públicas se convirtió en Ministerio de Obras Públicas y Transporte MOPT.

El plan de desarrollo de 1982 al 1986 cambió con equidad del presidente Belisario Betancur, consideraba que el sector transporte desempeñaba un papel estratégico como vínculo de integración nacional y como elemento para lograr eficiencia del sistema productivo. Dentro de sus principales objetivos el plan preveía, además de la continuación de las obras ya iniciadas y de los programas de rehabilitación y mantenimiento de las vías existentes, la aplicación de las políticas para modernizar el servicio y unión entre las regiones y con otros países.

Los requerimientos de infraestructura de transporte en el marco de apertura económica de 1990, exigieron cambios de fondo en la estructura institucional del sector transporte. Por tal motivo a partir de entonces las actividades de mantenimiento se contratarían, ya que se había demostrado según el informe de Ingeroute que era más eficiente el mantenimiento por contrato que a través de los distritos (26 en total) de Obras Públicas. Se suprimen así los distritos de Obras Públicas, del Instituto Nacional de Tránsito y Transporte, Intra, y del Fondo Nacional de Caminos Vecinales. En 1992 el ejecutivo reestructuró el Ministerio de Obras Públicas y Transporte, el cual en adelante se denominaría Ministerio de Transporte ente rector que entraría a formular, orientar y vigilar, la ejecución de la política nacional en materia de tránsito, transporte e infraestructura.

También se reestructuró el Fondo Vial, que en adelante se llamaría Instituto Nacional de Vías, adscrito al Ministerio de Transporte. El INV sería el responsable de la ejecución de la política y proyectos nacionales en materia de construcción y conservación de carreteras (Bonfante & Montes, 2015).

2.3 Marco Teórico

Para el desarrollo de la parte teórica de la presente investigación se tomará como referente el texto guía sobre Pavimentos de la Universidad Mayor de San Simón el cual menciona que:

Un pavimento de una estructura, asentado sobre una fundación apropiada, tiene por finalidad proporcionar una superficie de rodamiento que permita el tráfico seguro y confortable de vehículos, a velocidades operacionales deseadas y bajo cualquier

condición climática. Hay una gran diversidad de tipos de pavimento, dependiendo del tipo de vehículos que transitaran y del volumen de tráfico.

La Ingeniería de Pavimentos tiene por objetivo el proyecto, la construcción, el mantenimiento y la gerencia de pavimentos, de tal modo que las funciones sean desempeñadas con el menor costo para la sociedad. Tratándose, esencialmente, de una actividad multidisciplinaria, donde están involucrados conceptos y técnicas de las Ingenierías: Geotecnia, de Estructuras, de Materiales, de Transportes y de Sistemas, en vista de la importancia se debe estimar y efectuar el mantenimiento de pavimentos existentes.

De igual forma, Rodríguez, Aurelio (1998). En su Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos, establece los contenidos teóricos necesarios para realización de la investigación.

2.3 Marco Conceptual

2.2.1 Bombeo. Pendiente transversal en las entretangencias horizontales de la vía, que tiene por objeto facilitar el escurrimiento superficial del agua. Está pendiente, va generalmente del eje hacia los bordes. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008).

2.2.2 Características de un pavimento. Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.

- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos.
- Ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Debe presentar una regularidad superficial, que permita una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Debe ser durable.
- Presentar condiciones adecuadas de drenaje.
- El ruido de la rodadura, en interior de los vehículos afecta al usuario, así como en el exterior, que influye en el entorno, debe ser moderado.
- Debe ser económico.
- Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

Las características fundamentales de un pavimento flexible considerado como un conjunto son las siguientes: La resistencia estructural, la Deformabilidad, la Durabilidad, el Costo, los Requerimientos de Conservación y la Comodidad (Rico, 2005).

2.2.3 Clasificación de los pavimentos. Los pavimentos se clasifican en: flexibles, rígidos, semi-rígidos o semi-flexibles y articulados (Saucedo, 2010).

2.2.3.1 Pavimentos flexibles. Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase.

No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra (Saucedo, 2010).

2.2.3.2 Pavimentos semi-regidos. Aunque este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos.

El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para construcción de las capas del pavimento (Saucedo, 2010).

2.2.3.3 Pavimentos rígidos. Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido.

Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia.

Además como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante (Saucedo, 2010).

2.2.3.4 Pavimentos articulados. Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante,

dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circularan por dicho pavimento (Saucedo, 2010).

2.2.4 Costo. El costo es el primer problema que se tiene al elegir el tipo de pavimento a emplear en cada caso, ya sean pavimentos rígidos o flexibles.

Los pavimentos flexibles requieren menor inversión inicial, pero una conservación más costosa, y pueden ser dos o dos y media veces más baratos que uno rígido. Elegido el tipo de pavimento, deberán seleccionarse los materiales que intervendrán en su estructura.

2.2.5 Curva granulométrica. La curva granulométrica de un suelo es una representación gráfica de los resultados obtenidos en un laboratorio cuando se analiza la estructura del suelo desde el punto de vista del tamaño de las partículas que lo forman (Salager, 2007).

2.2.6 Deformabilidad. El problema de la deformabilidad de los pavimentos tiene un planteamiento opuesto al de la resistencia. Dada la naturaleza de los materiales que forman las capas del pavimento, la deformabilidad suele crecer mucho hacia abajo y a terracería es mucho más deformable que el pavimento propiamente dicho y dentro de este, la subrasante, capa inferior, es mucho más deformable que las capas inferiores. Las cargas de tránsito producen en el pavimento deformaciones, como son: Deformaciones elásticas y las Deformaciones plásticas.

Las deformaciones elásticas son de recuperación instantánea y suelen denominarse plásticas a aquellas que permanecen en el pavimento después de cesar la causa

deformadora. Bajo carga móvil y repetida, la deformación plástica tiende a hacerse acumulativa y puede llegar a alcanzar valores inadmisibles (Rico, 2005).

2.2.7 Deterioro: Alteración producida en la superficie de un pavimento, detectable visualmente y producida por un defecto constructivo o por la acción del tránsito y/o de las acciones climáticas (Sabogal, 2005).

2.2.8 Durabilidad. La durabilidad está ligada a una serie de factores económicos y sociales del propio camino, por ejemplo, en una obra modesta la duración del pavimento puede ser mucho menor que la del camino, que por el contrario en obras de muy alto tránsito y gran importancia económica se requerirán pavimentos muy duraderos a fin de no tener que recurrir a costosas interrupciones de un tránsito importante.

Los pavimentos pueden estar expuestos durante su vida útil a circunstancias de orden extraordinario, tales como lluvias ciclónicas, inundaciones, terremotos, etc., resulta aún más complicado tratar de establecer la resistencia deseable de un pavimento ante este tipo de fenómenos o las normas de proyecto que han de implantarse para alcanzar una determinada duración (Rico, 2005).

2.2.9 Ensayo Normal Para El Uso Del Penetrómetro Dinámico De Cono En Aplicaciones De Pavimentos A Poca Profundidad. Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia in-situ de suelos inalterados y/o materiales compactados. La rata de penetración del PDC de 8 kilogramos puede ser utilizada para estimar el CBR in-situ; para identificar los espesores de las capas; así como para estimar la resistencia al corte de las capas y otras características de los materiales que las constituyen.

Existen otros métodos de ensayo para penetrómetros con diferentes masas de martillo y tipos de puntas cónicas, los cuales tienen correlaciones que son aplicables únicamente a esos instrumentos específicos.

2.2.10 Granulometría. La granulometría es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica con fines de análisis tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas.

La granulometría y el tamaño máximo de agregado afectan las proporciones relativas de los agregados, así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, porosidad, contracción y durabilidad del concreto.

El método de determinación granulométrico más sencillo es obtener las partículas por una serie de mallas de distintos anchos de entramado, que actúen como filtros de los granos que se llama comúnmente columna de tamices. Pero para una medición más exacta se utiliza un granulómetro láser, cuyo rayo difracta en las partículas para poder determinar su tamaño (Ecured, 2016).

2.2.11 Índice De Plasticidad (IP). El índice de plasticidad se expresa con el porcentaje del peso en seco de la muestra de suelo, e indica el tamaño del intervalo de variación del contenido de humedad con el cual el suelo se mantiene plástico. En general, el índice de plasticidad depende sólo de la cantidad de arcilla existente e indica la finura del suelo y su capacidad para cambiar de configuración sin alterar su volumen. Un IP elevado indica un exceso de arcilla o de coloides en el suelo. Siempre que el LP sea superior o igual

al LL, su valor será cero. El índice de plasticidad también da una buena indicación de la compresibilidad. Mientras mayor sea el IP, mayor será la compresibilidad del suelo

2.2.12 Limite Líquido (LL). Es la humedad a partir de la cual un suelo deja de tener un comportamiento plástico y pasa a tener un comportamiento viscoso, es decir, es la humedad límite entre el estado plástico y el estado viscoso. A partir de esta humedad el suelo fluiría. El límite líquido se toma como el valor de la humedad, para el cual la cohesión es de alrededor de 2 kPa. Su determinación está regulada por las normas NLT-105/91 y ASTM D 423-66(72), definiendo arbitrariamente este límite como la humedad del suelo tal que un surco de 2 mm de anchura realizado en el suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm al dejar caer la cuchara, que lo contiene, 25 veces desde una altura de 10 mm. La cuchara de Casagrande, diseñada por este, permite realizar de forma mecánica este ensayo.

2.2.13 Límite Plástico (LP). El límite plástico (LP) es la humedad a partir de la cual un suelo deja de tener un comportamiento frágil para pasar a tenerlo plástico, es decir, la humedad límite entre el estado sólido y el plástico. A partir de esta humedad, el suelo puede sufrir cambios de forma irreversibles sin llegar a fracturar, y por debajo de esta el suelo no presenta plasticidad.

El límite plástico corresponde al valor de la humedad, para el cual la cohesión es de alrededor de 200 kPa. Su determinación está regulada por las normas NLT – 106/72 y ASTM 424-59(71), y se define, arbitrariamente, como la humedad del suelo tal que ya no es posible fabricar con el suelo cilindros de unos 3 mm de diámetro sin que se agrieten.

2.2.14 Losas de concreto simple. Este sistema utiliza placas de concreto sin refuerzo. Las juntas de contracción transversal son en general construidas a intervalos entre 3 y 6 m, con el objetivo de controlar la figuración de las losas. Dependiendo del diseño de las losas, éstas se pueden unir mediante dovelas o barras de transferencia colocadas en las juntas transversales asegurando la transferencia de carga entre estas; además se colocan barras de anclaje en las juntas longitudinales, en dirección perpendicular al eje de la vía (Bonfante & Montes, 2015).

2.2.15 Losas de concreto reforzado. Debido a que el espaciamiento de las juntas transversales es mayor que el de las placas de concreto simple, con rangos típicos entre 7 – 15 m., este sistema utiliza juntas de contracción y adicionalmente acero de refuerzo para controlar la fisuración de las losas. Las dovelas son usadas en las juntas transversales para asegurar la transferencia de cargas entre las losas (Bonfante & Montes, 2015).

2.2.16 Método AASHTO. El método se basa en determinaciones de laboratorio de Granulometría, Límite Líquido, límite plástico e Índice de Plasticidad. Es un método utilizado principalmente para Obras Viales.

2.2.17 Método de Diseño de Pavimento Rígido por el método INVIAS. Este es un método que está orientado hacia el diseño de pavimentos de concreto para carreteras de diversa índole, desde caminos rurales hasta vías de primer orden. Otras aplicaciones de los pavimentos de concreto como son la pavimentación de vías urbanas, parqueaderos, patios industriales, muelles, vías para la explotación de minas o aeropuertos están por fuera del alcance de este manual.

Con este método de diseño de pavimentos el diseño de estructuras se da función de las variables más importantes que inciden en la determinación de los espesores y calidades de las capas y se construye con base en los métodos de diseño más conocidos en el país como son el de la Portland Cement Association -PCA- versión 1984 (Ref. 7.20) y el de la American Association of State Highway And Transportation Officials -AASHTO- versión 1993 (Ref. 7.1). (Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, 2007)

2.2.18 Método de Diseño de Pavimento Flexible por el método INVIAS. El método de diseño establecido en el Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías con Medios y Altos Volúmenes de Tránsito del Instituto Nacional de Vías, consiste básicamente en determinar el tránsito en el período de diseño, los factores medioambientales (temperatura y precipitación) y la capacidad de soporte de la subrasante y a partir de estas variables clasificar cada parámetro en una categoría y determinar la estructura de pavimento por medio de las cartas de diseño del manual. (Manual de diseño de pavimentos flexibles para vías con medios y altos volúmenes de tránsito, 2007)

2.2.19 Método U.S.C.S. Los elementos esenciales para realizar esta clasificación fueron propuestos por Arthur Casagrande que ideó una clasificación de los suelos para carreteras y aeropuertos; la que posteriormente la adoptaron el cuerpo de ingenieros de los estados unidos los cuales la modificaron y condujo al sistema unificado de clasificación de los suelos., actualmente este sistema se utiliza con modificaciones mínimas en la mayoría de países fuera de los Estados Unidos.

Según este sistema, los suelos se dividen en tres grupos principales:

- Grano grueso
- Grano fino
- Altamente orgánico (suelo turbas)

2.2.20 Nomenclatura. Con esta tabla se puede observar como la norma AASHTO clasifica los suelos granulares en tres grandes grupos y que estos tienen algunas subdivisiones por otro lado los suelos finos se dividen en cuatro grupos.

Los parámetros que tiene en cuenta este método de clasificación son el porcentaje pasa No.10, No.40, No.200, el límite líquido, el índice de plasticidad y por último el índice de grupo.

2.2.21 Pavimento: Un pavimento, en su forma más completa se construye de varias capas teniendo cada una de su función específica. Se le conoce como pavimento a “la capa o al conjunto de capas de materiales apropiados, comprendidas entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como de transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito. Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso

de exploración y que han de resistir los esfuerzos adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento (Rico, 2005).

2.2.22 Pavimentos Flexibles. Un pavimento se define como la capa o conjunto de capas de materiales que son adecuados para ser incluidas entre el nivel superior de la terracerías y la superficie de rodamiento, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistentes a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

Los pavimentos flexibles son los que están integrados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base; la calidad de estas capas es decadente hacia abajo.

En general, cualquier suelo natural es útil para terracería y se omiten los suelos muy orgánicos ya que producen deformaciones excesivas a las capas subyacentes. Cuando el material de la terracería sea de mala calidad puede hacerse necesario el empleo de una verdadera capa subrasante de mejor calidad que haga de alternativa entre él y el pavimento; cuando el material de terracerías sea de mejor calidad, la capa subrasante está formada por el propio material de terracería con tratamiento constructivo, sobre todo en los referente a compactación; o estabilizado con otro material ya sea cal, cemento o asfalto (Montero, 2015).

A parte de los tipos de pavimentos mencionados anteriormente, existe actualmente el llamado semirrígido que es, básicamente, un pavimento flexible a cuya base se ha dado

una rigidez alta por la adición de cemento o asfalto (base negra) El pavimento está integrado por varias capas de mejor calidad y mayor costo cuanto más cercanas se encuentran a la superficie de rodamiento; ello es, principalmente, por la mayor intensidad de los esfuerzos que les son transmitidos.

Cuando el nivel de tránsito empieza a tener importancia se hace imperativo recubrir la superficie de las terracerías con una capa que cumpla los siguientes requisitos:

- Resistir y distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito.
- Tener la impermeabilidad necesaria.
- Resistir la acción destructora de los vehículos.
- Tener resistencia a los agentes atmosféricos.
- Tener una superficie de rodamiento adecuada que permita en todo tiempo un tránsito fácil y cómodo de los vehículos.
- Presentar cierta flexibilidad para adaptarse a algunas fallas de la base o subbase

2.2.22.1 Estructura de un Pavimento Flexible. Bajo una carpeta bituminosa, normalmente compuesta por una mezcla de agregados pétreos y un aglutinante asfáltico, que forman la superficie de rodamiento, se sitúan casi siempre por lo menos dos capas bien diferenciadas: una base, de material granular y una subbase, formada preferentemente, también por un suelo granular, aunque en menor proporción que en la base.

Bajo la subbase se dispone generalmente de otra capa, denominada subrasante, con menores requisitos de mínima calidad que la propia subbase, y debajo de esta capa aparece el material convencional de la terracería (Montero, 2015).

2.2.23 Pendiente transversal del terreno. Corresponde a las inclinaciones naturales del terreno, medidas en el sentido transversal del eje de la vía. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008)

2.2.24 Peralte. Inclinación dada al perfil transversal de una carretera en los tramos en curva horizontal para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo en movimiento. También contribuye al escurrimiento del agua lluvia. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008)

2.2.25 Permeabilidad: Facilidad o dificultad con que el agua fluye a través de los poros del suelo (Sabogal, 2005).

2.2.26 Red vial: Conjunto de carreteras que pertenecen a la misma clasificación funcional (Nacional, Departamental o Regional y Vecinal o Rural) (Repsol, 2014).

2.2.27 Resistencia Estructural. La primera condición que debe cumplir el pavimento es la de soportar las cargas impuestas por el tránsito dentro del nivel de deterioro y paulatina destrucción previstos por el proyecto, ya que las cargas de tránsito producen esfuerzos normales y cortantes en todo punto de la estructura.

En el estudio de los pavimentos flexibles suele considerarse a los esfuerzos cortantes como la principal causa de falla desde el punto de vista estructural. Además de los esfuerzos cortantes, actúan en los pavimentos esfuerzos adicionales producidos por la aceleración y el frenado de los vehículos y esfuerzos de tensión que se desarrollan en los

niveles superiores de la estructura, a cierta distancia del área cargada, cuando ésta se deforma verticalmente hacia abajo (Montero, 2015).

2.2.28 Subbase. Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de Subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la Subbase. La Subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento. Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua (Bonfante & Montes, 2015).

2.2.29 Subrasante. Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño (Bonfante & Montes, 2015).

2.2.30 Superficie de rodadura. Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la Subrasante, dado que no usan capa de base (Sabogal, 2015).

2.2.31. Tipo de fallas

2.2.31.1. Fisuras longitudinales (FL). Corresponden a discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él. Son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, los cuales han superado la resistencia del material afectado. La localización de las fisuras dentro del carril puede ser un buen indicativo de la causa que las generó, ya que aquellas que se encuentran en zonas sujetas a carga pueden estar relacionadas con problemas de fatiga de toda la estructura o de alguna de sus partes.

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

2.2.31.3. Grietas en bloque (GB). Aparecen por la unión de grietas longitudinales y transversales formando bloques a lo largo de la placa.

2.2.31.4. Parches (PCH). Consiste en una serie de fisuras que se deriva de una principal, pero no se cierran para formar polígonos.

2.2.31.5. Hundimientos (HUN). Los hundimientos corresponden a depresiones localizadas en el pavimento con respecto al nivel de la rasante.

2.2.31.6. Piel de cocodrilo (PC). Corresponde a una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de carga.

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

2.2.31.8. Descascaramientos (DE). Rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15 mm, por desprendimiento de pequeños trozos de concreto.

2.2.31.9. Fisuración múltiple (FM). Aparecen por la unión de grietas longitudinales y transversales formando bloques a lo largo de la placa.

2.2.31.10. Pulimento (PU). Carencia o pérdida de la textura superficial necesaria para que exista una fricción adecuada entre el pavimento y los neumáticos.

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

2.2.32 Transito Promedio Diario (TPD). Se define como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo. (Córdoba, 2016).

2.2.33 Vías Urbanas: Espacio destinado al tránsito de vehículos y/o personas que se encuentra dentro del límite urbano, clasificándose según su funcionalidad en vías expresas, arteriales, colectoras y locales (Sabogal, 2015).

2.4 Marco Contextual

El proyecto será desarrollado en el departamento Norte de Santander, municipio de Ocaña, particularmente en los barrios El Ramal, San Antonio, El Bosque, Los Almendros, El Bambo y la Coruña. Para la investigación se toman los siguientes aspectos:

2.4.1 Reseña Histórica de Ocaña. Ocaña fue fundada por el capitán Francisco Fernández de Contreras, natural de Pedroche (España) el 14 de diciembre de 1570 llamada en su principio Santa Ana de Hacarí o Nueva Madrid, en la Llanura de Hacarí, residencia del Cacique Hacaritama cuya jurisdicción correspondía al territorio ocupado hoy por el sur del Departamento del Cesar, el sur del departamento de Bolívar, los diez municipios de la provincia de Ocaña y la parte más norte del departamento de Santander. Su extenso territorio llegaba hasta los dominios del cacique Tamalaizaque y « hasta el pueblo de los Uramas, limítrofes con los Cáchiras y Chitareros (Daza, 2013).

Desde tiempos inmemoriales la región se desenvuelve como una sola por sus afinidades étnicas, culturales y sociológicas, los linderos del Hacaritama fueron respetados por Francisco Fernández de Contreras en el rito de fundación de Ocaña y luego ratificados por ley 29 de mayo de 1849 que crea la Provincia de Ocaña.

Su supresión en 1857 no fue obstáculo para que la hermandad regional subsistiera trascendiendo las fronteras departamentales y denominándose aún como “provincia” a pesar que este término no corresponde en la legislación actual a una entidad territorial clara.

En 1824 Ocaña es importante como punto neurálgico de las comunicaciones con Europa y por su equidistancia con Venezuela y Bogotá. El Coronel Judas Tadeo Piñango apoyado en estas consideraciones, la propone en el congreso de 1824 como capital de la República, también se argumentó que Bogotá pasaba por una oleada de fanatismo religioso que había alcanzado a algunos congresistas, y que era imperioso para el bien del país que su capital estuviera lejos de esas influencias.

2.4.2 Identificación del Municipio de Ocaña. El municipio de Ocaña se identifica con el NIT: 890 501 102 2, Código DANE: 54498, el gentilicio es: Ocañeros; otros nombres que ha recibido el municipio: CIUDAD DE LOS CARO El municipio de Ocaña se encuentra ubicado en la región occidental del departamento Norte de Santander, siendo sus coordenadas siguientes (Daza, 2013).

Longitud oeste 72°21”

Latitud norte 8°14”

La superficie del municipio es 460km², los cuales representan el 22% del departamento Límites.

Al norte con el departamento del Cesar y el municipio de Teorama.

Al sur con el departamento del Cesar.

Al oriente con el municipio de Abrego, la Playa y San Calixto.

Al occidente con el departamento del Cesar.

Temperatura. La temperatura promedio de Ocaña es de 22° Aborígenes.

Los primitivos pobladores de Ocaña fueron los Hacaritama descendientes de los Motilones, eran de estatura baja, cara ovalada y ancha en su parte superior con la frente baja y los pómulos salientes, practicaban la ligadura de la pantorrilla y el antebrazo.

Vida Cultural. Desde el punto de vista cultural comenzamos a encontrar desde finales del siglo XVIII exponentes quienes en permanente sucesión de años han enaltecido como prestantes figuras nacionales y locales tanto en la política como en las artes y las letras.

2.5 Marco Legal

Para el desarrollo del presente trabajo de grado se tendrán en cuenta las siguientes normas.

2.5.1 Normas Nacionales

Norma Técnica Colombiana NTC 2122.

Norma Técnica Colombiana NTC 673.

Norma Técnica Colombiana NTC 2871.

Norma Técnica Colombiana NTC 1522.

Norma Técnica Colombiana NTC 4630.

Norma IVN E – 789 – 13.

Norma INV E – 172 – 07.

Norma INV E – 123 – 07.

Norma INV E – 124 – 07.

Norma INV E – 125 – 07.

Norma INV E – 126 – 07.

2.5.2 Regulaciones Estipuladas por el INVIAS

Manual Para la Inspección Visual de Pavimentos Rígidos.

Manual Para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles.

Manual Para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria.

Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con medios y altos volúmenes de tránsito.

Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.

Capítulo 3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

Para el proyecto se utilizara la investigación descriptiva, por medio de la cual se aplicarán métodos cuantitativos que permitirán determinar, describir y analizar un gran número de variables relacionadas con el tema; a su vez el método cualitativo, porque permitirá conocer las características del estudio; de esta manera la investigación arrojará resultados definitivos y claros que ayudarán a conocer las diferentes características y/o tipos de deterioros en pavimentos rígidos y flexibles en las vías principales de los barrios El Ramal, San Antonio, El Bosque, Los Almendros, El Bambo y la Coruña, del Municipio de Ocaña, Norte de Santander, ya que según Hernández Sampieri “Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de cualquier fenómeno que se someta a análisis” (Hernández, 2010).

De igual forma, se desarrollará una investigación documental basada en la revisión de textos y en un trabajo de campo mediante la observación directa, lo cual permitirá indagar, conocer e interpretar datos e información acerca del tema a estudiar.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población. La población es un conjunto de individuos de la misma clase, limitada por el estudio. Según Tamayo y Tamayo (Tamayo, 2002): “La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación”.

La población objeto de estudio que se tendrá en cuenta en el proyecto es el Sistema vial de los barrios El Ramal, San Antonio, El Bosque, Los Almendros, El Bambo y la Coruña, del Municipio de Ocaña, la cual comprende vías en pavimento rígido y flexible con un área de 12003.8 mt² aproximadamente, donde residen al redor de 3.877 familias según datos de la Alcaldía Municipal de Ocaña (Ver apéndice 2).

3.2.2 Muestra. La muestra para la presente investigación estará conformada por las vías principales de los barrios El Ramal, San Antonio, El Bosque, Los Almendros, El Bambo y la Coruña.

3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

Los instrumentos de recolección de la información que se adoptara para este proyecto, es la información estructurada, ya que tiene un informe cuantitativo que permite un estudio preciso de los patrones de comportamiento que se quieren observar y medir.

La recolección de los datos está apoyada en elementos técnicos como cámara fotográfica, decámetro y cuadros de recolección de la información, que permitan evidenciar y hacer seguimiento a los procesos expuestos en cada ítem de la investigación.

3.4 Procedimiento y Análisis de Información

Se realizará un recorrido por el área del pavimento en cuestión observando minuciosamente las diferentes fallas existentes en este pavimento y tomando registro fotográfico y de medidas para determinar el tipo de falla. (vias i. n., 2006).

Evaluación superficial. El deterioro de la estructura del pavimento esta dado en función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. (vias i. n., 2006)

La metodología desarrollada consiste en un proceso de inspección visual destinado a caracterizar y calificar defectos superficiales tales como:

- Fisuras transversales, fisuras longitudinales, rotura de esquinas.
- Levantamiento de losas, desportillamiento de juntas, fisuras por retracción o tipo malla, losas sub divididas, deficiencia del material de sello, fisuras en bloque, dislocamiento, hundimiento, baches, entre otras.

Capítulo 4. Resultados

4.1. Localización de las vías principales

La zona en estudio se encuentra ubicada en la comuna 3, al suroriente del municipio de Ocaña, y abarca las vías principales de los barrios El Ramal, San Antonio, El Bosque, Los Almendros, El Bambo y la Coruña (ver figura 1) estas vías son: la Vía 1 la cual comprende la Transversal 7, con coordenada inicial E 01080860 N 01401613 y coordenada final E 01080669 N 01401990, la Vía 2 la cual comprende la Carrera 11, con coordenada inicial E 01080669 N 01401990 y coordenada final E 01080505 N 01402159, la Vía 3 la cual comprende la Calle 19, con coordenada inicial E 01080505 N 01402159 y coordenada final E 01080415 N 01402060, la Vía 4 la cual comprende la Calle 17, con coordenada inicial E 01080415 N 01402060 y coordenada final E 01080265 N 01401814 y por último la Vía 5 la cual comprende la Carrera 7, con coordenada inicial E 01080265 N 01401814 y coordenada final E 01080860 N 01401613.



Figura 1. Localización y señalización de la zona de estudio.

Fuente: Google Earth, modificado por autores 2018

Para cada una de las vías se tomaron datos de bombeos, peraltes y pendientes longitudinales, que nos permiten determinar las condiciones geométricas de las mismas, estos datos se tomaron a determinadas distancias con el objetivo de tener información más completa y confiable, también se tomaron datos de coordenadas y abscisado de la zona de estudio, la información recolectada está relacionada a continuación:

- **Vía 1: Transversal 7 Barrio El Ramal**

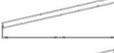
Tabla 3.

Bombeos y peraltes vía 1.

		PROYECTO DE GRADO			OBSERVACIONES
		BOMBEOS / PERALTES			
		VIA 1: TRANSVERSAL 7 BARRIO EL RAMAL			
PUNTO DE REFERENCIA	BOMBEO/ PERALTE	ESQUEMA	PORCENTAJE (%)	BOMBEO 2% PERALTE MAX 8%	
PR0+000,0	BOMBEO		5.5%	NO CUMPLE	
PR0+050.0	BOMBEO		5.0%	NO CUMPLE	
PR0+100.0	BOMBEO		4.5%	NO CUMPLE	
PR0+150.0	BOMBEO		5.0%	NO CUMPLE	
PR0+200.0	BOMBEO		4.5%	NO CUMPLE	
PR0+250.0	BOMBEO		8.0%	NO CUMPLE	
PR0+300.0	PERALTE		15.0%	NO CUMPLE	
PR0+350.0	BOMBEO		2.0%	CUMPLE	
PR0+400.0	BOMBEO		8.5%	NO CUMPLE	

Fuente: Autores, 2018

Tabla 4.*Pendientes longitudinales vía 1.*

	PROYECTO DE GRADO				OBSERVACIONES
	PENDIENTE LONGITUDINAL				
	VIA 1: TRANSVERSAL 7 BARRIO EL RAMAL				
	TIPO DE TERRENO: PLANO				
PUNTO DE REFERENCIA	PENDIENTE LONGITUDINAL	ESQUEMA	PORCENTAJE (%)	PENDIENTES LONGITUDINALES < 3%	
PR0+000.0-PR0+065.5	PENDIENTE LONGITUDINAL		4.6%	NO CUMPLE	
PR0+065.0-PR0+219.0	PENDIENTE LONGITUDINAL		2.0%	CUMPLE	
PR0+219.0-PR0+267.5	PENDIENTE LONGITUDINAL		10.3%	NO CUMPLE	
PR0+267.5-PR0+387.0	PENDIENTE LONGITUDINAL		11.0%	NO CUMPLE	

Fuente: Autores, 2018

- **Vía 2: Carrera 11 Barrio San Antonio**

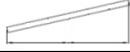
Tabla 5.*Bombeos y peraltes vía 2.*

	PROYECTO DE GRADO				OBSERVACIONES: En los PR0+600.0, PR0+670.0 y PR0+700.0 se observó que no se tenía bombeo, pero si pendiente longitudinal, lo que hace que el agua no se estanque
	BOMBEO / PERALTES				
	VIA 2: CARRERA 11 BARRIO SAN ANTONIO				
PUNTO DE REFERENCIA	BOMBEO/ PERALTE	ESQUEMA	PORCENTAJE (%)	BOMBEO 2% PERALTE MAX 8%	
PR0+450.0	BOMBEO		7.6%	NO CUMPLE	
PR0+500.0	BOMBEO		8.8%	NO CUMPLE	
PR0+550.0	BOMBEO		6.0%	NO CUMPLE	
PR0+600.0	BOMBEO		0.0%	NO CUMPLE	
PR0+670.0	BOMBEO		0.0%	NO CUMPLE	
PR0+700.0	BOMBEO		0.0%	NO CUMPLE	

Fuente: Autores, 2018

Tabla 6.

Pendientes longitudinales vía 2.

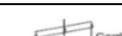
	PROYECTO DE GRADO				OBSERVACIONES
	PENDIENTE LONGITUDINAL				
	VIA 2: CARRERA 11 BARRIO SAN ANTONIO				
	TIPO DE TERRENO: PLANO				
PUNTO DE REFERENCIA	PENDIENTE LONGITUDINAL	ESQUEMA	PORCENTAJE (%)	PENDIENTES LONGITUDINALES < 3%	
PRO+387.0-PRO+415.0	PENDIENTE LONGITUDINAL		-3.6%	NO CUMPLE	
PRO+415.0-PRO+511.0	PENDIENTE LONGITUDINAL		6.3%	NO CUMPLE	
PRO+511.0-PRO+609.5	PENDIENTE LONGITUDINAL		3.0%	CUMPLE	
PRO+609.5-PRO+708.0	PENDIENTE LONGITUDINAL		1.0%	CUMPLE	

Fuente: Autores, 2018

- Vía 3: Calle 19 Barrio El Bosque

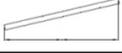
Tabla 7.

Bombeos y peraltes vía 3.

	PROYECTO DE GRADO				OBSERVACIONES: En los PRO+720.0 se observó que no se tenía bombeo, pero si pendiente longitudinal, lo que hace que el agua no se estanque y en el PRO+780.0 solo
	BOMBEOS / PERALTES				
	VIA 3: CALLE 19 BARRIO EL BOSQUE				
PUNTO DE REFERENCIA	BOMBEO/ PERALTE	ESQUEMA	PORCENTAJE (%)	BOMBEO 2% PERALTE MAX 8%	
PRO+720,0	BOMBEO		0.0%	NO CUMPLE	
PRO+750.0	PERALTE		2.5%	CUMPLE	
PRO+780.0	BOMBEO / PERALTE		17.0%	NO CUMPLE	
PRO+810.0	BOMBEO		22.0%	NO CUMPLE	

Fuente: Autores, 2018

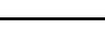
Tabla 8.*Pendientes longitudinales vía 3.*

	PROYECTO DE GRADO				OBSERVACIONES
	PENDIENTE LONGITUDINAL				
	VIA 3: CALLE 19 BARRIO EL BOSQUE				
	TIPO DE TERRENO: MONTAÑOSO				
PUNTO DE REFERENCIA	PENDIENTE LONGITUDINAL	ESQUEMA	PORCENTAJE (%)	PENDIENTES LONGITUDINALES 6% - 8%	
PR0+708.0-PR0+755.0	PENDIENTE LONGITUDINAL		0.0%	NO CUMPLE	
PR0+755.0-PR0+801.0	PENDIENTE LONGITUDINAL		-11.0%	NO CUMPLE	
PR0+801.0-PR0+835.0	PENDIENTE LONGITUDINAL		-9.0%	NO CUMPLE	
PR0+835.0-PR0+857.0	PENDIENTE LONGITUDINAL		13.5%	NO CUMPLE	

Fuente: Autores, 2018

- **Vía 4: Calle 17 Barrio Los Almendros**

Tabla 9.*Bombeos y peraltes vía 4.*

	PROYECTO DE GRADO				OBSERVACIONES: En los PR0+825.0, PR0+900.0, PR0+950.0, PR0+1000.0 y PR0+1050.0 se observó que no se tenía bombeo, pero si pendiente longitudinal, lo que hace que el agua no se estanque.
	BOMBEOS / PERALTES				
	VIA 4: CALLE 17 BARRIO LOS ALMENDROS				
PUNTO DE REFERENCIA	BOMBEO/ PERALTE	ESQUEMA	PORCENTAJE (%)	BOMBEO 2% PERALTE MAX 8%	
PR0+825.0	BOMBEO		0.0%	NO CUMPLE	
PR0+850.0	PERALTE		10.0%	NO CUMPLE	
PR0+900.0	BOMBEO		0.0%	NO CUMPLE	
PR0+950.0	BOMBEO		0.0%	NO CUMPLE	
PR1+000.0	BOMBEO		0.0%	NO CUMPLE	
PR1+050.0	BOMBEO		0.0%	NO CUMPLE	
PR1+100.0	BOMBEO		0.0%	NO CUMPLE	

Fuente: Autores, 2018

Tabla 10.*Pendientes longitudinales vía 4.*

	PROYECTO DE GRADO				OBSERVACIONES
	PENDIENTE LONGITUDINAL				
	VIA 4: CALLE 17 BARRIO LOS ALMENDROS				
	TIPO DE TERRENO:MONTAÑOSO				
PUNTO DE REFERENCIA	PENDIENTE LONGITUDINAL	ESQUEMA	PORCENTAJE (%)	PENDIENTES LONGITUDINALES 6% - 8%	
PR0+857.0-PR0+961	PENDIENTE LONGITUDINAL		-1.0%	NO CUMPLE	
PR0+961-PR1+032.5	PENDIENTE LONGITUDINAL		-4.2%	NO CUMPLE	
PR1+032.5-PR1+074.0	PENDIENTE LONGITUDINAL		-22.0%	NO CUMPLE	
PR1+074.0-PR1+135.5	PENDIENTE LONGITUDINAL		1.5%	NO CUMPLE	
PR1+135.5-PR1+209.0	PENDIENTE LONGITUDINAL		24.5%	NO CUMPLE	

Fuente: Autores, 2018

- **Vía 5: Carrera 7 Barrios El Bambo Y La Coruña**

Tabla 11.*Bombeos y peraltes vía 5.*

	PROYECTO DE GRADO				OBSERVACIONES: En el PR0+1650.0 se observó que hay un desnivel que va del extremo hacia el centro de la vía.
	BOMBEO / PERALTES				
	VIA 5: CARRERA 7 BARRIOS EL BAMBO Y LA CORUÑA				
	PUNTO DE REFERENCIA	BOMBEO/ PERALTE	ESQUEMA	PORCENTAJE (%)	
PR1+150,0	BOMBEO		2.0%	CUMPLE	
PR1+176.0	PERALTE		7.8%	CUMPLE	
PR1+200.0	BOMBEO		3.0%	NO CUMPLE	
PR1+250.0	BOMBEO		7.0%	NO CUMPLE	
PR1+300.0	BOMBEO		2.0%	CUMPLE	
PR1+350.1	BOMBEO		3.3%	NO CUMPLE	
PR1+400.2	BOMBEO		3.0%	NO CUMPLE	
PR1+450.3	BOMBEO		2.0%	CUMPLE	
PR1+500.0	BOMBEO		2.0%	CUMPLE	
PR1+550.0	BOMBEO		3.0%	NO CUMPLE	
PR1+600.0	BOMBEO		2.0%	CUMPLE	
PR1+650.0	BOMBEO		26.0%	NO CUMPLE	

Fuente: Autores, 2018

Tabla 12.*Pendientes longitudinales vía 5.*

	PROYECTO DE GRADO				OBSERVACIONES
	PENDIENTE LONGITUDINAL				
	VIA 5: CARRERA 7 BARRIOS EL BAMBO Y LA CORUÑA				
	TIPO DE TERRENO: PLANO				
PUNTO DE REFERENCIA	PENDIENTE LONGITUDINAL	ESQUEMA	PORCENTAJE (%)	PENDIENTES LONGITUDINALES < 3%	
PR1+209.0-PR1+287.0	PENDIENTE LONGITUDINAL		11.5%	NO CUMPLE	
PR1+287.0-PR1+356.0	PENDIENTE LONGITUDINAL		-10.0%	NO CUMPLE	
PR1+356.0-PR1+491.0	PENDIENTE LONGITUDINAL		-2.2%	CUMPLE	
PR1+491.0-PR1+693.0	PENDIENTE LONGITUDINAL		3.0%	CUMPLE	
PR1+693.0-PR1+786.0	PENDIENTE LONGITUDINAL		0.0%	CUMPLE	
PR1+786.0-PR1+945.0	PENDIENTE LONGITUDINAL		-2.0%	CUMPLE	

Fuente: Autores, 2018

Como se puede apreciar en cada una de las tablas anteriores, la mayoría de los bombeos que tienen las vías analizadas no cumplen con los bombeos requeridos por el INVIAS el cual maneja un bombeo ideal del 2%, en cuanto a los peraltes las vías que tienen curvas la mayoría cumple con el peralte máximo exigido por el INVIAS que es un peralte máximo del 8%, se realizaron las secciones transversales para cada tramo en las que se puede apreciar de manera más clara los bombeos y peraltes (ver apéndice 6).

En lo que se refiere a las pendientes longitudinales, Ocaña cuenta con un terreno montañoso en casi todo su territorio para el cual se tienen pendientes longitudinales predominantes entre seis y ocho por ciento (6% - 8%), pero también se tienen terrenos planos donde sus pendientes longitudinales son normalmente menores de tres por ciento (3%) cuando se tomaron datos de pendientes se pudo observar que la mayoría de las pendientes longitudinales que debe tener el pavimento no cumplen con las pendientes establecidas de acuerdo al tipo de terreno consideradas por el INVIAS.

Conceptualmente, en estos tipos de terrenos las carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontales y verticales que hace que los vehículos pesados operen a velocidades sostenidas en rampa durante distancias considerables y en oportunidades frecuentes.

4.2. Inspección visual de los pavimentos

La información suministrada gracias a la realización de la inspección visual en el recorrido por el área del pavimento en estudio observando cuidadosamente las diferentes fallas existentes en este pavimento y tomando registro fotográfico y de medidas para cada tipo de falla, se encuentra consignada en los formatos realizados para tal fin.

Las tablas que se presentan a continuación, muestran los diferentes deterioros existentes en la estructura del pavimento en el punto de referencia correspondiente a cada vía en estudio, los cuales están dados en función de la clase de daño, sus causas, evolución probable, tipo de reparación, su severidad y área de afectación, además se muestra el registro fotográfico de cada deterioro presente en la estructura, esta inspección se realizó siguiendo el manual de inspección visual del INVIAS para pavimentos rígidos y flexibles, de igual manera se siguieron cada uno de los requerimientos descritos en el mismo para la identificación del tipo de falla y las condiciones de estas y también establecer el tipo de reparación que se debe realizar de acuerdo con el manual.

• **Vía 1: Transversal 7 Barrio El Ramal**

Tabla 13.

Matriz de fallas vía 1.

VIA 1: TRANSVERSAL 7 BARRIO EL RAMAL							
PAVIMENTO FLEXIBLE							
PUNTO DE REFERENCIA	FALLA	AREA DE AFECTACION (m²) / (%)	CAUSAS	EVOLUCION PROBABLE	NIVEL DE SEVERIDAD	TIPO DE REPARACION	REGISTRO FOTOGRAFICO
PRO+045,0	Parche (PCH)	5.60 m² 0.24%	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos constructivos deficientes. • Progresión del daño inicial por el cual debió realizarse el parcheo (cuando la intervención fue inadecuada para solucionar el problema). • Deficiencias en las juntas. • Propagación de daños existentes en las áreas aledañas al parche. 	De acuerdo con la naturaleza del daño. Sin embargo, puede existir una aceleración del deterioro general del pavimento.	BAJA, el parche está en muy buena condición y se desempeña satisfactoriamente.	Parcheo en superficies de rodadura asfáltica	
PRO+108,0	Hundimiento (HUN).	2.34m² 0.10%	<ul style="list-style-type: none"> • Asentamientos de la subrasante. • Deficiencia de compactación de las capas inferiores del pavimento, del terraplén o en las zonas de acceso a obras de arte o puentes. • Deficiencia de drenaje que afecta a los materiales granulares. • Deficiencia de rigidez de los materiales de la subrasante en los sectores de transición entre corte y terraplén. • Deficiencias de compactación de rellenos en zanjas que atraviesan la calzada. • Inestabilidad de la banca. • Circulación de tránsito muy pesado. 	Fisuración, desprendimientos, movimientos en masa.	ALTA, profundidad mayor que 40mm, causa excesiva vibración al vehículo, que puede generar un alto grado de incomodidad, haciendo necesario reducir la velocidad por seguridad.	Bachear de acuerdo con la actividad	
PRO+252,0	Piel de cocodrilo (PC).	11.96m² 0.51%	<ul style="list-style-type: none"> • Espesor de estructura insuficiente. • Deformaciones de la subrasante. • Rigidización de la mezcla asfáltica en zonas de carga (por oxidación del asfalto o envejecimiento). • Problemas de drenaje que afectan los materiales granulares. • Compactación deficiente de las capas granulares o asfálticas. • Deficiencias en la elaboración de la mezcla asfáltica: exceso de mortero en la mezcla, uso de asfalto de alta penetración (hace deformable la mezcla), deficiencia de asfalto en la mezcla (reduce el módulo). • Reparaciones mal ejecutadas, deficiencias de compactación, juntas mal elaboradas e implementación de reparaciones que no corrigen el daño. 	Deformaciones, descascaramientos, baches.	MEDIA, las fisuras han formado un patrón de polígono pequeños y angulosos, que pueden tener un ligero desgaste en los bordes y aberturas entre 1 mm y 3 mm, sin evidencia de bombeo.	Parchado con mezcla en caliente -Manual Parchado de carpeta asfáltica con mezcla en caliente mecanizada.	

PR0+307,0	Piel de cocodrilo (PC).	8.40m ² 0.36%	<ul style="list-style-type: none"> • Espesor de estructura insuficiente. • Deformaciones de la subrasante. • Rigidización de la mezcla asfáltica en zonas de carga (por oxidación del asfalto o envejecimiento). • Problemas de drenaje que afectan los materiales granulares. • Compactación deficiente de las capas granulares o asfálticas. • Deficiencias en la elaboración de la mezcla asfáltica: exceso de mortero en la mezcla, uso de asfalto de alta penetración (hace deformable la mezcla), deficiencia de asfalto en la mezcla (reduce el módulo). • Reparaciones mal ejecutadas, deficiencias de compactación, juntas mal elaboradas e implementación de reparaciones que no corrigen el daño. 	Deformaciones, descascaramientos, baches.	MEDIA, las fisuras han formado un patrón de polígono pequeños y angulosos, que pueden tener un ligero desgaste en los bordes y aberturas entre 1 mm y 3 mm, sin evidencia de bombeo.	Parchado con mezcla en caliente -Manual Parchado de carpeta asfáltica con mezcla en caliente mecanizada.
PR0+409,0	Bache (BCH).	38.76m ² 1.65%	<p>Este tipo de deterioro puede presentarse por la retención de agua en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito produce reducción de esfuerzos efectivos generando deformaciones y la falla del pavimento. Este deterioro ocurre siempre como evolución de otros daños, especialmente de piel de cocodrilo.</p> <p>También es consecuencia de algunos defectos constructivos (por ejemplo, carencia de penetración de la imprimación en bases granulares) de una deficiencias de espesores de capas estructurales. Puede producirse también en zona donde el pavimento o la subrasante son débiles.</p>	Dstrucción de la estructura.	ALTA, profundidad de afectación mayor que 50 mm, que llega a afectar la base granular.	Parchado manual de carpeta asfáltica con mezcla en caliente.
PR0+420,0	Bache (BCH).	118.42m ² 5.05%	<p>Este tipo de deterioro puede presentarse por la retención de agua en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito produce reducción de esfuerzos efectivos generando deformaciones y la falla del pavimento. Este deterioro ocurre siempre como evolución de otros daños, especialmente de piel de cocodrilo.</p> <p>También es consecuencia de algunos defectos constructivos (por ejemplo, carencia de penetración de la imprimación en bases granulares) de una deficiencias de espesores de capas estructurales. Puede producirse también en zona donde el pavimento o la subrasante son débiles.</p>	Dstrucción de la estructura.	ALTA, profundidad de afectación mayor que 50 mm, que llega a afectar la base granular.	Parchado manual de carpeta asfáltica con mezcla en caliente.

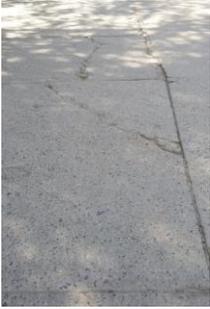
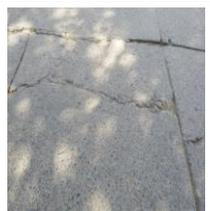
PR0+428,0	Bache (BCH).	13.76m ² 0.59%	Este tipo de deterioro puede presentarse por la retención de agua en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito produce reducción de esfuerzos efectivos generando deformaciones y la falla del pavimento. Este deterioro ocurre siempre como evolución de otros daños, especialmente de piel de cocodrilo. También es consecuencia de algunos defectos constructivos (por ejemplo, carencia de penetración de la imprimación en bases granulares) de una deficiencia de espesores de capas estructurales. Puede producirse también en zona donde el pavimento o la subrasante son débiles.	Destrucción de la estructura.	MEDIA, profundidad de afectación entre 25 mm y 50 mm, deja expuesta la base.	Parchado manual de carpeta asfáltica con mezcla en caliente.
PR0+439,5	Grietas en bloque (GB)	8.80m ² 0.38%	La fracturación múltiple, puede ser causada por la repetición de cargas pesadas (fatiga de concreto), el equivocado diseño estructural y las condiciones de soporte deficiente. Es la evolución final del proceso de fisuración, que comienza formando una malla más o menos cerrada; el tránsito y la continua flexión de las losas aceleran la subdivisión en bloques más pequeños, favoreciendo el desportillamiento de sus bordes. Pueden presentar diversas formas y aspectos, pero con mayor frecuencia son delimitados por una junta y una fisura.	La evolución más probable de las grietas en bloque es el deterioro total de la estructura y/o hundimientos.	Siempre se considera un deterioro de severidad ALTA.	Parchado manual de carpeta asfáltica con mezcla en caliente. Parchado de carpeta asfáltica con mezcla en caliente mecanizada.

Fuente: Autores, 2018

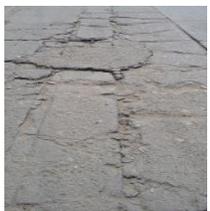
• **Vía 2: Carrera 11 Barrio San Antonio**

Tabla 14.

Matriz de fallas vía 2.

 VIA 2: CARRERA 11 BARRIO SAN ANTONIO PAVIMENTO RIGIDO							
PUNTO DE REFERENCIA	FALLA	AREA DE AFECTACION (m ²) / (%)	CAUSAS	EVOLUCION PROBABLE	NIVEL DE SEVERIDAD	TIPO DE REPARACION	REGISTRO FOTOGRAFICO
PR0+442,0	Grietas de Esquina (GE)	1.56m ² 0.16%	<ul style="list-style-type: none"> Asentamiento de la base y/o la subrasante. Falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base. Alabeo térmico. Sobrecarga en las esquinas. Deficiente transmisión de cargas entre las losas adyacentes. 	Se pueden generar o incrementar los escalonamientos y producir fracturas múltiples en las losas.	BAJA, grietas selladas o con abertura menor 3 mm. Escalonamiento imperceptible y el bloque de la esquina esta completo.	Sello de fisuras y grietas en pavimento rígido Parcheo en pavimento de concreto hidráulico.	
PR0+449,0	Fisuración múltiple (FM).	23.46m ² 2.47%	La fracturación múltiple, puede ser causada por la repetición de cargas pesadas (fatiga de concreto), el equivocado diseño estructural y las condiciones de soporte deficiente. Es la evolución final del proceso de fisuración, que comienza formando una malla más o menos cerrada; el tránsito y la continua flexión de las losas aceleran la subdivisión en bloques más pequeños, favoreciendo el desportillamiento de sus bordes. Pueden presentar diversas formas y aspectos, pero con mayor frecuencia son delimitados por una junta y una fisura.	La evolución más probable de las grietas en bloque es el deterioro total de la estructura y/o hundimientos.	Siempre se considera un deterioro de severidad ALTA.	Implica la remoción y reemplazo de una porción de la losa en todo su espesor, con el propósito de restaurar áreas con un alto grado de deterioro o preparar el pavimento para una sobrecapa.	
PR0+468,0	Baches (BCH).	26.26m ² 2.77%	<ul style="list-style-type: none"> Fundaciones y capas inferiores inestables. Espesores del pavimento estructuralmente insuficientes. Retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. Acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras en bloque, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento. 	Destrucción de la estructura.	MEDIA, profundidad de afectación entre 25 mm y 50 mm.	Bachear de acuerdo con la actividad.	

PR0+485,0	Descascaramiento (DE)	13.32m ² 1.40%	<p>Los descascaramientos generalmente son consecuencia de un exceso de acabado del concreto fresco colocado, produciendo la exudación del mortero y agua, dando lugar a que la superficie del concreto resulte muy débil frente a la retracción.</p> <p>Las fisuras capilares pueden evolucionar en muchos casos por efecto del tránsito, dando origen al descascaramiento de la superficie, posibilitando un levantamiento de material superficial que progresa tanto en profundidad como en área. También pueden observarse manifestaciones de descascaramiento en pavimentos con refuerzo, cuando las armaduras se colocan muy próximas a la superficie.</p>	El descascaramiento puede incrementar su grado de severidad hasta generar desintegración.	MEDIA, pérdida de material superficial a una profundidad de entre 0,005 m y 0.015 m (5 - 15 mm).	Parcheo en superficies de rodadura.	
PR0+487,0	Descascaramiento (DE)	10.12m ² 1.07%	<p>Los descascaramientos generalmente son consecuencia de un exceso de acabado del concreto fresco colocado, produciendo la exudación del mortero y agua, dando lugar a que la superficie del concreto resulte muy débil frente a la retracción.</p> <p>Las fisuras capilares pueden evolucionar en muchos casos por efecto del tránsito, dando origen al descascaramiento de la superficie, posibilitando un levantamiento de material superficial que progresa tanto en profundidad como en área. También pueden observarse manifestaciones de descascaramiento en pavimentos con refuerzo, cuando las armaduras se colocan muy próximas a la superficie.</p>	El descascaramiento puede incrementar su grado de severidad hasta generar desintegración.	MEDIA, pérdida de material superficial a una profundidad de entre 0,005 m y 0.015 m (5 - 15 mm).	Parcheo en superficies de rodadura.	
PR0+492,0	Baches (BCH).	18.80m ² 1.98%	<ul style="list-style-type: none"> • Fundaciones y capas inferiores inestables. • Espesores del pavimento estructuralmente insuficientes. • Retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. • Acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras en bloque, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento. 	Destrucción de la estructura.	ALTA, profundidad de afectación mayor que 50 mm.	Parchado intermedio de la losa con mezcla de concreto de cemento Portland, manual.	
PR0+501,0	Grieta en bloque (FBL).	18.48m ² 1.95%	La fracturación múltiple, puede ser causada por la repetición de cargas pesadas (fatiga de concreto), el equivocado diseño estructural y las condiciones de soporte deficiente. Es la evolución final del proceso de fisuración, que comienza formando una malla más o menos cerrada; el tránsito y la continua flexión de las losas aceleran la subdivisión en bloques más pequeños, favoreciendo el desmorillamiento de sus bordes. Pueden presentar diversas formas y aspectos, pero con mayor frecuencia son delimitados por una junta y una fisura.	La evolución más probable de las grietas en bloque es el deterioro total de la estructura y/o hundimientos.	Siempre se considera un deterioro de severidad ALTA.	Implica la remoción y reemplazo de una porción de la losa en todo su espesor, con el propósito de restaurar áreas con un alto grado de deterioro o preparar el pavimento para una sobrecapa.	

PR0+555,0	Baches (BCH).	3.96m ² 0.42%	<ul style="list-style-type: none"> Fundaciones y capas inferiores inestables. Espesores del pavimento estructuralmente insuficientes. Retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. Acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras en bloque, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento. 	Destrucción de la estructura.	MEDIA, profundidad de afectación entre 25 mm y 50 mm.	Bachear de acuerdo con la actividad.	
PR0+619,0	Baches (BCH).	40.17m ² 4.23%	<ul style="list-style-type: none"> Fundaciones y capas inferiores inestables. Espesores del pavimento estructuralmente insuficientes. Retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. Acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras en bloque, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento. 	Destrucción de la estructura.	ALTA, profundidad de afectación mayor que 50 mm.	Bachear de acuerdo con la actividad.	
PR0+651,0	Hundimientos o Asentamientos (HU)	4.68m ² 0.49%	Este tipo de deformación permanente del pavimento, con o sin agrietamiento puede ocurrir cuando se produce asentamiento o consolidación en la subrasante, por ejemplo, en zonas contiguas a una estructura de drenaje o de retención donde puede ocurrir el asentamiento del material de relleno por deficiente compactación inicial o bien por movimiento de la propia estructura. También pueden ser originadas por deficiencias durante el proceso de construcción de losas.	El hundimiento de losas de concreto puede conducir al agrietamiento total de la losa.	ALTA, profundidad mayor que 40 mm, causa vibración excesiva que puede generar un alto grado de incomodidad, haciendo necesario reducir la velocidad por seguridad.	Parchado a maquina. Subsellado. Reparación de concreto parcial o a profundidad total (reposición total). Candidato a rehabilitación.	
PR0+679,0	Hundimientos o Asentamientos (HU)	2.04m ² 0.22%	Este tipo de deformación permanente del pavimento, con o sin agrietamiento puede ocurrir cuando se produce asentamiento o consolidación en la subrasante, por ejemplo, en zonas contiguas a una estructura de drenaje o de retención donde puede ocurrir el asentamiento del material de relleno por deficiente compactación inicial o bien por movimiento de la propia estructura. También pueden ser originadas por deficiencias durante el proceso de construcción de losas.	El hundimiento de losas de concreto puede conducir al agrietamiento total de la losa.	ALTA, profundidad mayor que 40 mm, causa vibración excesiva que puede generar un alto grado de incomodidad, haciendo necesario reducir la velocidad por seguridad.	Parchado a maquina. Subsellado. Reparación de concreto parcial o a profundidad total (reposición total). Candidato a rehabilitación.	
PR0+693,0	Baches (BCH).	5.70m ² 0.60%	<ul style="list-style-type: none"> Fundaciones y capas inferiores inestables. Espesores del pavimento estructuralmente insuficientes. Retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. Acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras en bloque, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento. 	Destrucción de la estructura.	ALTA, profundidad de afectación mayor que 50 mm.	Parchado intermedio de la losa con mezcla de concreto de cemento Portland, manual.	

Fuente: Autores, 2018

- **Vía 3: Calle 19 Barrio El Bosque**

Tabla 15.*Matriz de fallas vía 3.*

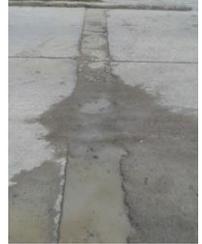
 VIA 3: CALLE 19 BARRIO EL BOSQUE PAVIMENTO RIGIDO							
PUNTO DE REFERENCIA	FALLA	AREA DE AFECTACION (m ²) / (%)	CAUSAS	EVOLUCION PROBABLE	NIVEL DE SEVERIDAD	TIPO DE REPARACION	REGISTRO FOTOGRAFICO
PR0+750,0	Descascaramiento (DE)	12.30m ² 1.09%	Los descascaramientos generalmente son consecuencia de un exceso de acabado del concreto fresco colocado, produciendo la exudación del mortero y agua, dando lugar a que la superficie del concreto resulte muy débil frente a la retracción. Las fisuras capilares pueden evolucionar en muchos casos por efecto del tránsito, dando origen al descascaramiento de la superficie, posibilitando un levantamiento de material superficial que progresa tanto en profundidad como en área. También pueden observarse manifestaciones de descascaramiento en pavimentos con refuerzo, cuando las armaduras se colocan muy próximas a la superficie.	El descascaramiento puede incrementar su grado de severidad hasta generar desintegración.	MEDIA, pérdida de material superficial a una profundidad de entre 0,005 m y 0.015 m (5 - 15 mm).	Parqueo en superficies de rodadura.	
PR0+758,5	Grieta en bloque (FBL).	17.02m ² 1.50%	La fracturación múltiple, puede ser causada por la repetición de cargas pesadas (fatiga de concreto), el equivocado diseño estructural y las condiciones de soporte deficiente. Es la evolución final del proceso de fisuración, que comienza formando una malla más o menos cerrada; el tránsito y la continua flexión de las losas aceleran la subdivisión en bloques más pequeños, favoreciendo el desportillamiento de sus bordes. Pueden presentar diversas formas y aspectos, pero con mayor frecuencia son delimitados por una junta y una fisura.	La evolución más probable de las grietas en bloque es el deterioro total de la estructura y/o hundimientos.	Siempre se considera un deterioro de severidad ALTA.	Implica la remoción y reemplazo de una porción de la losa en todo su espesor, con el propósito de restaurar áreas con un alto grado de deterioro o preparar el pavimento para una sobrecapa.	

Fuente: Autores, 2018

• **Vía 4: Calle 17 Barrio Los Almendros**

Tabla 16.

Matriz de fallas vía 4.

 VIA 4: CALLE 17 BARRIO LOS ALMENDROS PAVIMENTO RIGIDO							
PUNTO DE REFERENCIA	FALLA	AREA DE AFECTACION (m ²) / (%)	CAUSAS	EVOLUCION PROBABLE	NIVEL DE SEVERIDAD	TIPO DE REPARACION	REGISTRO FOTOGRAFICO
PR0+838,5	Pulimento (PU)	118.56m ² 7.09%	Esta deficiencia es causada principalmente por el tránsito, que produce el desgaste superficial de los agregados, especialmente cuando la mezcla de concreto y/o agregados es de calidad deficiente y favorece la exposición de los mismos. La reducción de la fricción o resistencia al deslizamiento, puede alcanzar niveles de riesgo para la seguridad del tránsito. El pulimento de los agregados puede ser considerado cuando un examen visual revela que la rugosidad sobre la superficie es muy reducida y se presenta una superficie suave al tacto.	El pulimento de la superficie del pavimento puede generar cabezas duras.	BAJA, profundidad de afectación menor o igual que 25 mm	Retexturizado de losas en concreto para cualquier cantidad de losa afectada.	
PR0+864,0	Parche (PCHA - PCHC)	3.88m ² 0.23%	<ul style="list-style-type: none"> En parches asfálticos, la capacidad estructural del parche es insuficiente o se practicó un deficiente proceso constructivo. En parches de concreto de pequeñas dimensiones, la retracción por fraguado puede separar el parche del concreto antiguo, si no se utiliza un epóxico como material de adhesión. En el caso de parches de concreto, si hubo reemplazo de por lo menos la mitad de una losa de concreto, el traspaso de carga entre el parche y la losa es insuficiente por falta de dovelas o barras de amarre y/o por defectos en el proceso constructivo. 	El deterioro de los parches en concreto o asfalto, puede conducir a daño total del parche y de las zonas aledañas al mismo.	ALTA, al parche está gravemente deteriorado, presentan daños de severidad alta y requiere ser reparado pronto.	Reparar en todo el espesor, una franja que comprenda toda el área afectada. Reconstruir la junta de contracción utilizar pasadores de carga, barras de amarre, tirilla de respaldo y sello de la junta, cuando corresponda.	
PR0+936,0	Fisuración múltiple (FM)	3.04m ² 0.18%	La fracturación múltiple, puede ser causada por la repetición de cargas pesadas (fatiga de concreto), el equivocado diseño estructural y las condiciones de soporte deficiente. Es la evolución final del proceso de fisuración, que comienza formando una malla más o menos cerrada; el tránsito y la continua flexión de las losas aceleran la subdivisión en bloques más pequeños, favoreciendo el desportillamiento de sus bordes. Pueden presentar diversas formas y aspectos, pero con mayor frecuencia son delimitados por una junta y una fisura.	La evolución más probable de las grietas en bloque es el deterioro total de la estructura y/o hundimientos.	Siempre se considera un deterioro de severidad ALTA.	Implica la remoción y reemplazo de una porción de la losa en todo su espesor, con el propósito de restaurar áreas con un alto grado de deterioro o preparar el pavimento para una sobrecapa.	

PR0+993,0	Bache (BCH)	0.72m ² 0.04%	<ul style="list-style-type: none"> Fundaciones y capas inferiores inestables. Espesores del pavimento estructuralmente insuficientes. Retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. Acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras en bloque, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento. 	Destrucción de la estructura.	ALTA, profundidad de afectación mayor que 50 mm.	Parchado intermedio de la losa con mezcla e concreto de cemento Portland, manual.	
PR0+996,0	Descascaramiento (DE)	85.86m ² 5.13%	<p>Los descascaramientos generalmente son consecuencia de un exceso de acabado del concreto fresco colocado, produciendo la exudación del mortero y agua, dando lugar a que la superficie del concreto resulte muy débil frente a la retracción.</p> <p>Las fisuras capilares pueden evolucionar en muchos casos por efecto del tránsito, dando origen al descascaramiento de la superficie, posibilitando un levantamiento de material superficial que progresa tanto en profundidad como en área. También pueden observarse manifestaciones de descascaramiento en pavimentos con refuerzo, cuando las armaduras se colocan muy próximas a la superficie.</p>	El descascaramiento puede incrementar su grado de severidad hasta generar desintegración.	ALTA, pérdida de material superficial a una profundidad mayor a 0,015 m (15 mm).	Parchado intermedio de la losa con mezcla de concreto de cemento Portland.	
PR0+998,0	Grieta en bloque (FBL)	56.64m ² 3.39%	La fracturación múltiple, puede ser causada por la repetición de cargas pesadas (fatiga de concreto), el equivocado diseño estructural y las condiciones de soporte deficiente. Es la evolución final del proceso de fisuración, que comienza formando una malla más o menos cerrada; el tránsito y la continua flexión de las losas aceleran la subdivisión en bloques más pequeños, favoreciendo el desportillamiento de sus bordes. Pueden presentar diversas formas y aspectos, pero con mayor frecuencia son delimitados por una junta y una fisura.	La evolución más probable de las grietas en bloque es el deterioro total de la estructura y/o hundimientos.	Siempre se considera un deterioro de severidad ALTA.	Implica la remoción y reemplazo de una porción de la losa en todo su espesor, con el propósito de restaurar áreas con un alto grado de deterioro o preparar el pavimento para una sobrecapa.	

PR1+026,0	Fisuración múltiple (FM)	7.48m ² 0.45%	La fracturación múltiple, puede ser causada por la repetición de cargas pesadas (fatiga de concreto), el equivocado diseño estructural y las condiciones de soporte deficiente. Es la evolución final del proceso de fisuración, que comienza formando una malla más o menos cerrada; el tránsito y la continua flexión de las losas aceleran la subdivisión en bloques más pequeños, favoreciendo el desportillamiento de sus bordes. Pueden presentar diversas formas y aspectos, pero con mayor frecuencia son delimitados por una junta y una fisura.	La evolución más probable de las grietas en bloque es el deterioro total de la estructura y/o hundimientos.	Siempre se considera un deterioro de severidad ALTA.	Implica la remoción y reemplazo de una porción de la losa en todo su espesor, con el propósito de restaurar áreas con un alto grado de deterioro o preparar el pavimento para una sobrecapa.	
PR1+030,0	Bache (BCH)	72.85m ² 4.35%	<ul style="list-style-type: none"> • Fundaciones y capas inferiores inestables. • Espesores del pavimento estructuralmente insuficientes. • Retención de agua en zonas húmedas y/o fisuradas. • Acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras en bloque, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento. 	Destrucción de la estructura.	MEDIA, profundidad de afectación entre 25 mm y 50 mm.	Bachear de acuerdo con la actividad.	
PR1+047,0	Bache (BCH).	25.50m ² 1.52%	<ul style="list-style-type: none"> • Fundaciones y capas inferiores inestables. • Espesores del pavimento estructuralmente insuficientes. • Retención de agua en zonas húmedas y/o fisuradas. • Acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras en bloque, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento. 	Destrucción de la estructura.	MEDIA, profundidad de afectación entre 25 mm y 50 mm.	Bachear de acuerdo con la actividad.	
PR1+071,0	Grieta en bloque (FBL).	340.60m ² 20.36%	La fracturación múltiple, puede ser causada por la repetición de cargas pesadas (fatiga de concreto), el equivocado diseño estructural y las condiciones de soporte deficiente. Es la evolución final del proceso de fisuración, que comienza formando una malla más o menos cerrada; el tránsito y la continua flexión de las losas aceleran la subdivisión en bloques más pequeños, favoreciendo el desportillamiento de sus bordes. Pueden presentar diversas formas y aspectos, pero con mayor frecuencia son delimitados por una junta y una fisura.	La evolución más probable de las grietas en bloque es el deterioro total de la estructura y/o hundimientos.	Siempre se considera un deterioro de severidad ALTA.	Implica la remoción y reemplazo de una porción de la losa en todo su espesor, con el propósito de restaurar áreas con un alto grado de deterioro o preparar el pavimento para una sobrecapa.	

Fuente: Autores, 2018

- **Vía 5: Carrera 7 Barrios El Bambo Y La Coruña**

Tabla 17.

Matriz de fallas vía 5.

 VIA 5: CARRERA 7 BARRIOS EL BAMBO Y LA CORUÑA							
PAVIMENTO FLEXIBLE							
PUNTO DE REFERENCIA	FALLA	AREA DE AFECTACION (m²) / (%)	CAUSAS	EVOLUCION PROBABLE	NIVEL DE SEVERIDAD	TIPO DE REPARACION	REGISTRO FOTOGRAFICO
PR1+137,0	Piel de cocodrilo (PC).	31.50m ² 0.60%	<ul style="list-style-type: none"> • Espesor de estructura insuficiente. • Deformaciones de la subrasante. • Rigidización de la mezcla asfáltica en zonas de carga (por oxidación del asfalto o envejecimiento). • Problemas de drenaje que afectan los materiales granulares. • Compactación deficiente de las capas granulares o asfálticas. • Deficiencias en la elaboración de la mezcla asfáltica: exceso de mortero en la mezcla, uso de asfalto de alta penetración (hace deformable la mezcla), deficiencia de asfalto en la mezcla (reduce el módulo). • Reparaciones mal ejecutadas, deficiencias de compactación, juntas mal elaboradas e implementación de reparaciones que no corrigen el daño. 	Deformaciones, descascaramientos, baches.	ALTA, las fisuras han evolucionado (abertura mayor que 3 mm), se presenta desgaste o desportillamiento en los bordes y los bloques se encuentran sueltos o se mueven ante el tránsito, incluso llegando a presentar descascaramientos y bombeo.	Parchado con mezcla en caliente -Manual Parchado de carpeta asfáltica con mezcla en caliente mecanizada.	
PR1+187,0	Piel de cocodrilo (PC).	9.36m ² 0.18%	<ul style="list-style-type: none"> • Espesor de estructura insuficiente. • Deformaciones de la subrasante. • Rigidización de la mezcla asfáltica en zonas de carga (por oxidación del asfalto o envejecimiento). • Problemas de drenaje que afectan los materiales granulares. • Compactación deficiente de las capas granulares o asfálticas. • Deficiencias en la elaboración de la mezcla asfáltica: exceso de mortero en la mezcla, uso de asfalto de alta penetración (hace deformable la mezcla), deficiencia de asfalto en la mezcla (reduce el módulo). • Reparaciones mal ejecutadas, deficiencias de compactación, juntas mal elaboradas e implementación de reparaciones que no corrigen el daño. 	Deformaciones, descascaramientos, baches.	ALTA, las fisuras han evolucionado (abertura mayor que 3 mm), se presenta desgaste o desportillamiento en los bordes y los bloques se encuentran sueltos o se mueven ante el tránsito, incluso llegando a presentar descascaramientos y bombeo.	Parchado con mezcla en caliente -Manual Parchado de carpeta asfáltica con mezcla en caliente mecanizada.	
PR1+267,0	Descascaramiento (DC).	6.51m ² 0.12%	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza insuficiente previa a tratamientos superficiales. • Espesor insuficiente de la capa de rodadura asfáltica. • Riego de liga deficiente. • Mezcla asfáltica muy permeable. 	Piel de cocodrilo, bache.	MEDIA, profundidad entre 10 mm y 25 mm.	Renivelación con sobrecarpeta con mezclas asfáltica en frío o en caliente.	

PR1+298,0	Descascaramiento (DC).	8.91m ² 0.17%	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza insuficiente previa a tratamientos superficiales. • Espesor insuficiente de la capa de rodadura asfáltica. • Riego de liga deficiente. • Mezcla asfáltica muy permeable. 	Piel de cocodrilo, bache.	MEDIA, profundidad entre 10 mm y 25 mm.	Renivelación con sobrecarpeta con mezclas asfáltica en frío o en caliente.	
PR1+388,0	Bache (BCH).	1.20m ² 0.02%	<p>Este tipo de deterioro puede presentarse por la retención de agua en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito produce reducción de esfuerzos efectivos generando deformaciones y la falla del pavimento. Este deterioro ocurre siempre como evolución de otros daños, especialmente de piel de cocodrilo.</p> <p>También es consecuencia de algunos defectos constructivos (por ejemplo, carencia de penetración de la imprimación en bases granulares) de una deficiencias de espesores de capas estructurales. Puede producirse también en zona donde el pavimento o la subrasante son débiles.</p>	Dstrucción de la estructura.	MEDIA, profundidad de afectación entre 25 mm y 50 mm, deja expuesta la base.	Parchado manual de carpeta asfáltica con mezcla en caliente.	
PR1+350,0	Parche (PCH).	9.75m ² 0.19%	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos constructivos deficientes. • Progresión del daño inicial por el cual debió realizarse el parqueo (cuando la intervención fue inadecuada para solucionar el problema). • Deficiencias en las juntas. • Propagación de daños existentes en las áreas aledañas al parche. 	De acuerdo con la naturaleza del daño. Sin embargo, puede existir una aceleración del deterioro general del pavimento.	BAJA, el parche está en muy buena condicione y se desempeña satisfactoriamente.	Parqueo en superficies de rodadura asfáltica	

PR1+470,0	Fisuras longitudinales(FL).	1.00m ² 0.02%	<ul style="list-style-type: none"> • Rigidización de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido a un exceso de filler1, o al envejecimiento del asfalto, ocurre ante bajas temperaturas o gradientes térmicos altos (generalmente superiores a 30°). • Reflexión de grietas de las capas inferiores, generadas en materiales estabilizados o por grietas o juntas existentes en placas de concreto hidráulico subyacentes. • Fatiga de la estructura, usualmente se presenta en las huellas del tránsito. 	Piel de cocodrilo, desintegración, descascaramientos, asentamientos longitudinales o transversales (por el ingreso del agua), fisuras en bloque.	ALTA, abertura de la fisura mayor que 3 mm, pueden presentar desportillamientos considerables y fisuras con patrones irregulares de severidad media o alta en los bordes o cerca de ellos, puede causar movimientos bruscos a los vehículos.	Limpiar y sellar.	
PR1+516,0	Fisuras longitudinales(FL).	15.75m ² 0.30%	<ul style="list-style-type: none"> • Rigidización de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido a un exceso de filler1, o al envejecimiento del asfalto, ocurre ante bajas temperaturas o gradientes térmicos altos (generalmente superiores a 30°). • Reflexión de grietas de las capas inferiores, generadas en materiales estabilizados o por grietas o juntas existentes en placas de concreto hidráulico subyacentes. • Fatiga de la estructura, usualmente se presenta en las huellas del tránsito. 	Piel de cocodrilo, desintegración, descascaramientos, asentamientos longitudinales o transversales (por el ingreso del agua), fisuras en bloque.	ALTA, abertura de la fisura mayor que 3 mm, pueden presentar desportillamientos considerables y fisuras con patrones irregulares de severidad media o alta en los bordes o cerca de ellos, puede causar movimientos bruscos a los vehículos.	Limpiar y sellar.	
PR1+550,0	Bache (BCH).	2.64m ² 0.05%	Este tipo de deterioro puede presentarse por la retención de agua en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito produce reducción de esfuerzos efectivos generando deformaciones y la falla del pavimento. Este deterioro ocurre siempre como evolución de otros daños, especialmente de piel de cocodrilo. También es consecuencia de algunos defectos constructivos (por ejemplo, carencia de penetración de la imprimación en bases granulares) de una deficiencias de espesores de capas estructurales. Puede producirse también en zona donde el pavimento o la subrasante son débiles.	Dstrucción de la estructura.	ALTA, profundidad de afectación mayor que 50 mm, que llega a afectar la base granular.	Parchado manual de carpeta asfáltica con mezcla en caliente.	

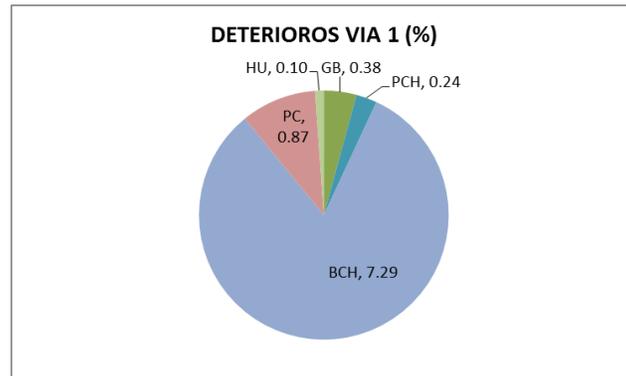
PR1+640,0	Bache (BCH).	4.00m ² 0.08%	Este tipo de deterioro puede presentarse por la retención de agua en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito produce reducción de esfuerzos efectivos generando deformaciones y la falla del pavimento. Este deterioro ocurre siempre como evolución de otros daños, especialmente de piel de cocodrilo. También es consecuencia de algunos defectos constructivos (por ejemplo, carencia de penetración de la imprimación en bases granulares) de una deficiencias de espesores de capas estructurales. Puede producirse también en zona donde el pavimento o la subrasante son débiles.	Destrucción de la estructura.	MEDIA, profundidad de afectación entre 25 mm y 50 mm, deja expuesta la base.	Parchado manual de carpeta asfáltica con mezcla en caliente.	
PR1+717,0	Bache (BCH).	2.00m ² 0.04%	Este tipo de deterioro puede presentarse por la retención de agua en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito produce reducción de esfuerzos efectivos generando deformaciones y la falla del pavimento. Este deterioro ocurre siempre como evolución de otros daños, especialmente de piel de cocodrilo. También es consecuencia de algunos defectos constructivos (por ejemplo, carencia de penetración de la imprimación en bases granulares) de una deficiencias de espesores de capas estructurales. Puede producirse también en zona donde el pavimento o la subrasante son débiles.	Destrucción de la estructura.	ALTA, profundidad de afectación mayor que 50 mm, que llega a afectar la base granular.	Parchado manual de carpeta asfáltica con mezcla en caliente.	

Fuente: Autores, 2018

4.2.1. Descripción de la inspección vial

- **Vía 1: Transversal 7 Barrio El Ramal.**

Esta es una vía que está construida en pavimento flexible, tiene una longitud aproximada de 430.0 m y un ancho de calzada promedio de 5.45 m, el área construida es de 2343.50 m², en la cual se pueden evidenciar diferentes tipos de fallas distribuidas a lo largo de la misma, comprendiendo un 8.88% del total del área de la vía. En esta vía la falla que más se presenta son baches (BCH) con un porcentaje del 7.29% de todo el deterioro que presente en la vía estudiada.

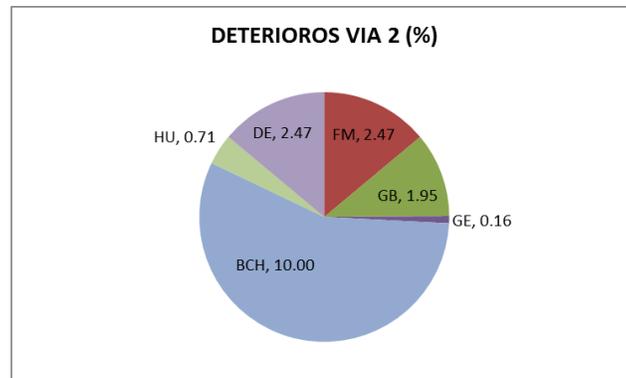


Grafica 1. Porcentajes de afectación por cada deterioro vía 1.

Fuente: Autores, 2018

- **Vía 2: Carrera 11 Barrio San Antonio**

Esta es una vía que está construida en pavimento rígido, tiene una longitud aproximada de 279.00 m y un ancho de calzada promedio de 3.40 m, el área construida es de 948.60 m², en la cual se pueden evidenciar diferentes tipos de fallas distribuidas a lo largo de la misma, comprendiendo un 17.77% del total del área de la vía. En esta vía la falla que más se presenta son baches (BCH) con un porcentaje del 10.00% de todo el deterioro que presente en la vía estudiada.

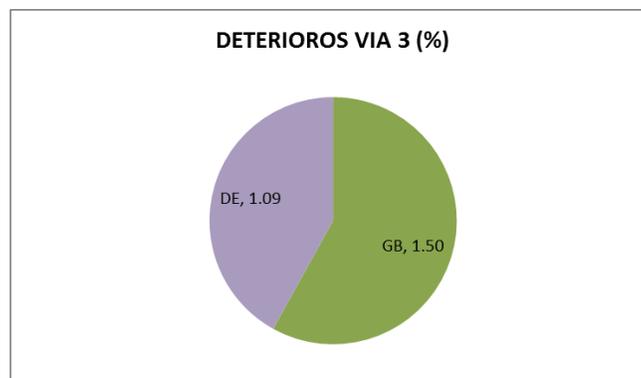


Grafica 2. Porcentajes de afectación por cada deterioro vía 2.

Fuente: Autores, 2018

- **Vía 3: Calle 19 Barrio El Bosque**

Esta es una vía que está construida en pavimento rígido, tiene una longitud aproximada de 145.00 m y un ancho de calzada promedio de 7.80 m, el área construida es de 1131.25 m², en la cual se pueden evidenciar diferentes tipos de fallas distribuidas a lo largo de la misma, comprendiendo un 2.59% del total del área de la vía. En esta vía la falla que más se presenta son grietas en bloque (GB) con un porcentaje del 1.50% de todo el deterioro que presente en la vía estudiada, aunque en gran cantidad también se encuentran descascaramientos con un 1.09% de todo el deterioro.

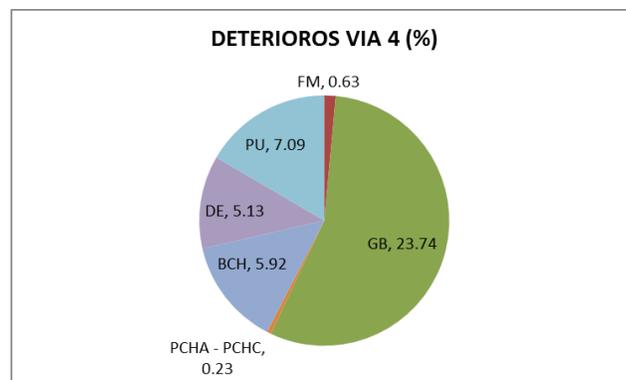


Grafica 3. Porcentajes de afectación por cada deterioro vía 3.

Fuente: Autores, 2018

- **Vía 4: Calle 17 Barrio Los Almendros**

Esta es una vía que está construida en pavimento rígido, tiene una longitud aproximada de 345.00 m y un ancho de calzada promedio de 4.85 m, el área construida es de 1673.25 m², en la cual se pueden evidenciar diferentes tipos de fallas distribuidas a lo largo de la misma, comprendiendo un 42.74% del total del área de la vía. En esta vía la falla que más se presenta son baches (BCH) con un porcentaje del 23.74% de todo el deterioro que presente en la vía estudiada.

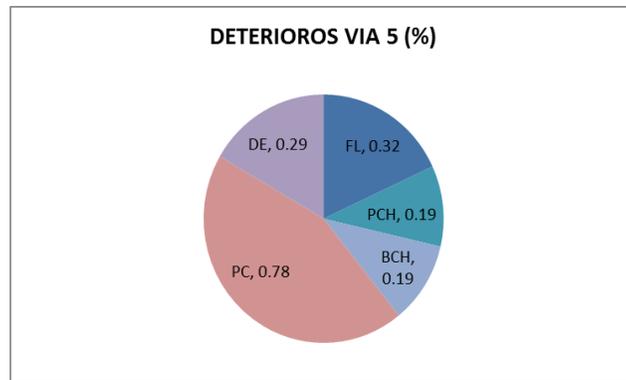


Grafica 4. Porcentajes de afectación por cada deterioro vía 4.

Fuente: Autores, 2018

- **Vía 5: Carrera 7 Barrio El Bambo y La Coruña.**

Esta es una vía que está construida en pavimento rígido, tiene una longitud aproximada de 731.5 m y un ancho de calzada promedio de 7.20 m, el área construida es de 5266.80 m², en la cual se pueden evidenciar diferentes tipos de fallas distribuidas a lo largo de la misma, comprendiendo un 1.76% del total del área de la vía. En esta vía la falla que más se presenta es piel de cocodrilo (PC) con un porcentaje del 0.78% de todo el deterioro que presente en la vía estudiada.



Grafica 5. Porcentajes de afectación por cada deterioro vía 5.

Fuente: Autores, 2018

Las mayores fallas que se presentan son de tipo Bache (BCH) y Grieta en bloque (GB) debido a que las primeras pueden presentarse por la retención de agua en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito produce reducción de esfuerzos efectivos generando deformaciones y la falla del pavimento, este tipo de deterioro ocurre siempre como evolución de otros daños, como por ejemplo piel de cocodrilo, también como consecuencia de algunos defectos constructivos, deficiencias de espesores de capas y en zonas donde el pavimento o la subrasante son débiles; para su reparación se debe ejecución de un parche, reemplazando los materiales inadecuados. Si el tránsito lo impide, efectuar renivelaciones sistemáticas con concreto asfáltico. Las segundas debido a la repetición de cargas pesadas, el equivocado diseño estructural y las condiciones de soporte deficiente. Para su reparación se debe hacer una remoción y reemplazo de una porción de la losa en todo su espesor, con el propósito de restaurar áreas con un alto grado de deterioro o preparar el pavimento para una sobrecapa.

4.3. Caracterización geotécnica de los suelos.

4.3.1. Caracterización mecánica de la subrasante

Para el reconocimiento de la subrasante de cada una de las vías principales en estudio, se llevó a cabo ensayos con el penetrómetro dinámico de cono, para lo que fue necesario el uso y desarrollo de la norma técnica del instituto nacional de vías (I.N.V.E–172–07).

El procedimiento para el montaje del equipo y la ejecución de la toma de muestra se realizó de la siguiente manera:

Se preparó el terreno nivelando la superficie para que el equipo se fije muy bien.

Se ajustó el quipo verificando que la varilla penetrante se deslice fácilmente y de esta manera no se tenga fricción al momento de que se haga la penetración del equipo.

Una vez nivelado el equipo, se toma una lectura inicial antes de llevarse a cabo el ensayo, para la realización del ensayo se requieren mínimo tres personas una para que sostenga el equipo de manera vertical, otra persona para que opere la pesa y la última para que se encargue de registrar las lecturas en el formato.

Para este trabajo de grado se realizaron 5 ensayos de penetración, para determinar la capacidad de soporte del suelo mediante la realización del ensayo PDC cumpliendo la normativa del INVIAS, los ensayos con el PDC se distribuyeron uno para cada vía.

En los formatos para el cálculo del CBR utilizando el penetrómetro dinámico de cono, se aprecia la penetración acumulada, el número de golpes, intervalo o penetración, la penetración por golpes, el factor del martillo, el índice de PDC, con este valor se obtiene el CBR para cada penetración, y por ultimo un CBR para el sondeo de la vía indicada, el cual es el promedio de todos CBR por cada penetración.

Los resultados de CBR que se obtuvieron de cada una de las vías, mediante el ensayo de penetrómetro dinámico de cono, arrojaron valores comprendidos entre 6.6 y 8.6%, señalando que las vías constan de subrasantes con clasificaciones cualitativas regulares a buenas, confirmando los datos arrojados por los ensayos de caracterización física de la subrasante.

4.3.2. Caracterización física de la subrasante

Para el desarrollo de este trabajo de grado se realizaron 5 apiques, hasta una profundidad de 80 cm para todas las vías, con el objetivo de obtener la caracterización física de los suelos de las vías en estudios, mediante la realización de ensayos de laboratorio como análisis granulométrico y límites de Atterberg, reglamentado por las normas NTC 1522, I.N.V. E – 123 –07, I.N.V. E – 124 – 07; NTC 4630; I.N.V. E – 125 – 07, I.N.V. E – 126 – 07, los apiques se distribuyeron uno en cada vía. Cada uno de los ensayos de laboratorio se realizaron siguiendo los procedimientos establecidos en las normas antes mencionadas, cabe resaltar que se hicieron en cada muestra de suelo obtenida de los diferentes apiques.

- **Vía 1: Transversal 7 Barrio El Ramal**

Descripción y resultados del apique N° 1: Siguiendo el procedimiento indicado en la norma y la clasificación por el método de SUCS, el porcentaje que pasa el tamiz N° 200=16.07% < 50%, debido a esto el suelo es grueso- granular, y como mayor porcentaje de la fracción gruesa pasa el tamiz N° 4= 79.1493% se clasifica como arena (S), también más de un 12% pasa tamiz N° 200=16.07% >12% se clasifica como arcilla (C), esto se

determinó después de obtener los valores de los límites líquido y plástico de la fracción menor al tamiz N° 40, y utilizando los criterios de la carta de plasticidad.

La nomenclatura de este suelo es: SC, y se puede describir como una arena arcillosa color amarillo claro y con partículas de grava de 3/8”.

Para la clasificación por la AASHTO, se tuvo en cuenta el porcentaje de partículas que pasa tamiz N° 200=16.07%, el porcentaje de partículas que pasa tamiz N° 40=37.33% y el porcentaje de partículas que pasa tamiz N°10=63.44%; con estos datos y sumados los que se obtuvieron en el posterior ensayo de límites del cual se obtuvieron resultados de los valores de límite líquido (LL)= 36.30%, límite plástico (LP)=21.62% e índice de plasticidad (IP)=14.88% , se pudo clasificar el suelo utilizando la tabla: Clasificación de la AASHTO para suelos y mezclas agregados, arrojando un suelo que se encuentra en el grupo A- 2-6.



Fotografía 1. Realización de apique N° 1.

Fuente: Autores, 2018

- **Vía 2: Carrera 11 Barrio San Antonio**

Descripción y resultados del apique N° 2: Siguiendo el procedimiento indicado en la norma y la clasificación por el método de SUCS, el porcentaje que pasa el tamiz N° 200=13.87% < 50%, debido a esto el suelo es grueso- granular, y como mayor porcentaje de la fracción gruesa pasa el tamiz N° 4= 74.96% se clasifica como arena (S), también más de un 12% pasa tamiz N° 200=13.87% >12% se clasifica como arcilla (C), esto se determinó después de obtener los valores de los límites líquido y plástico de la fracción menor al tamiz N° 40, y utilizando los criterios de la carta de plasticidad.

La nomenclatura de este suelo es: SC, y se puede describir como una arena arcillosa color café oscuro con gravas de tamaño máximo de 1”.

Para la clasificación por la AASHTO, se tuvo en cuenta el porcentaje de partículas que pasa tamiz N° 200=13.87%, el porcentaje de partículas que pasa tamiz N° 40=32.20% y el porcentaje de partículas que pasa tamiz N°10=58.57%; con estos datos y sumados los que se obtuvieron en el posterior ensayo de límites del cual se obtuvieron resultados de los valores de límite líquido (LL)= 36.00%, límite plástico (LP)=19.12% e índice de plasticidad (IP)=16.88% , se pudo clasificar el suelo utilizando la tabla: Clasificación de la AASHTO para suelos y mezclas agregados, arrojando un suelo que se encuentra en el grupo A- 2-6.



Fotografía 2. Apique de suelo N° 2.

Fuente: Autores, 2018

- **Vía 3: Calle 19 Barrio El Bosque**

Descripción y resultados del apique N° 3: Siguiendo el procedimiento indicado en la norma y la clasificación por el método de SUCS, el porcentaje que pasa el tamiz N° 200=15.30% < 50%, debido a esto el suelo es grueso- granular, y como mayor porcentaje de la fracción gruesa pasa el tamiz N° 4= 781.67% se clasifica como arena (S), también más de un 12% pasa tamiz N° 200=15.30% >12% se clasifica como arcilla (C), esto se determinó después de obtener los valores de los límites líquido y plástico de la fracción menor al tamiz N° 40, y utilizando los criterios de la carta de plasticidad.

La nomenclatura de este suelo es: SC, y se puede describir como una arena arcillosa color amarillo claro con gravas de tamaño máximo de 1/2”.

Para la clasificación por la AASHTO, se tuvo en cuenta el porcentaje de partículas que pasa tamiz N° 200=15.30%, el porcentaje de partículas que pasa tamiz N° 40=37.37% y el porcentaje de partículas que pasa tamiz N°10=63.64%; con estos datos y sumados los

que se obtuvieron en el posterior ensayo de límites del cual se obtuvieron resultados de los valores de límite líquido (LL)= 35.030%, límite plástico (LP)=5.27% e índice de plasticidad (IP)=29.73% , se pudo clasificar el suelo utilizando la tabla: Clasificación de la AASHTO para suelos y mezclas agregados, arrojando un suelo que se encuentra en el grupo A- 2-6.



Fotografía 3. Apique de suelo N° 3.

Fuente: Autores, 2018

- **Vía 4: Calle 17 Barrio Los Almendros**

Descripción y resultados del apique N° 4 Siguiendo el procedimiento indicado en la norma y la clasificación por el método de SUCS, el porcentaje que pasa el tamiz N° 200=14.22% < 50%, debido a esto el suelo es grueso- granular, y como mayor porcentaje de la fracción gruesa pasa el tamiz N° 4= 75.26% se clasifica como arena (S), también más de un 12% pasa tamiz N° 200=14.22% >12% se clasifica como arcilla (C), esto se determinó después de obtener los valores de los límites líquido y plástico de la fracción menor al tamiz N° 40, y utilizando los criterios de la carta de plasticidad.

La nomenclatura de este suelo es: SC, y se puede describir como una arena arcillosa color café oscuro con gravas de tamaño máximo de 1”.

Para la clasificación por la AASHTO, se tuvo en cuenta el porcentaje de partículas que pasa tamiz N° 200=14.22%, el porcentaje de partículas que pasa tamiz N° 40=31.43% y el porcentaje de partículas que pasa tamiz N°10=58.47%; con estos datos y sumados los que se obtuvieron en el posterior ensayo de límites del cual se obtuvieron resultados de los valores de límite líquido (LL)= 34.70%, límite plástico (LP)=16.87% e índice de plasticidad (IP)=17.83% , se pudo clasificar el suelo utilizando la tabla: Clasificación de la AASHTO para suelos y mezclas agregados, arrojando un suelo que se encuentra en el grupo A- 2-6.



Fotografía 4. Apique de suelo N° 4.

Fuente: Autores, 2018

- **Vía 5: Carrera 7 Barrios El Bambo Y La Coruña**

Descripción y resultados del apique N° 5: Siguiendo el procedimiento indicado en la norma y la clasificación por el método de SUCS, el porcentaje que pasa el tamiz N° 200=14.38% < 50%, debido a esto el suelo es grueso- granular, y como mayor porcentaje de la fracción gruesa pasa el tamiz N° 4= 76.10% se clasifica como arena (S), también

más de un 12% pasa tamiz N° 200=14.38% >12% se clasifica como arcilla (C), esto se determinó después de obtener los valores de los límites líquido y plástico de la fracción menor al tamiz N° 40, y utilizando los criterios de la carta de plasticidad.

La nomenclatura de este suelo es: SC, y se puede describir como una arena arcillosa color café oscuro con gravas de tamaño máximo de 3/4".

Para la clasificación por la AASHTO, se tuvo en cuenta el porcentaje de partículas que pasa tamiz N° 200=14.38%, el porcentaje de partículas que pasa tamiz N° 40=31.78% y el porcentaje de partículas que pasa tamiz N°10=59.11%; con estos datos y sumados los que se obtuvieron en el posterior ensayo de límites del cual se obtuvieron resultados de los valores de límite líquido (LL)= 35.80%, límite plástico (LP)=16.92% e índice de plasticidad (IP)=18.88% , se pudo clasificar el suelo utilizando la tabla: Clasificación de la AASHTO para suelos y mezclas agregados, arrojando un suelo que se encuentra en el grupo A- 2-6.



Fotografía 5. Muestra de suelo apique N° 5.

Fuente: Autores, 2018

4.4. Estudio de tránsito y diseño de pavimentos.

4.4.1. Estudio de tránsito y flujo vehicular

4.4.1.1. Generalidades

Con este análisis se pretendió comprobar el flujo vehicular existente en cada una de las vías principales objeto de estudio, lo que permitió establecer la cantidad y el tipo de vehículos que transitan por ellas y cuál podría ser el flujo estimado, con el fin de tener una idea clara de cómo las vías se ven afectadas debido al tránsito de diferentes tipos de vehículos y de esta manera identificar el tipo de pavimento que más se adapte a las condiciones de transitabilidad. Cada una de las vías analizadas son las vías principales de cada barrio, vías que en el momento son bastante utilizadas y son causantes de inseguridad e incomodidad vial, retrasos en los tiempos de viaje y daños en el parque automotor afectando a los habitantes de esta zona y de todos los que hacen uso de estas debido al deterioro que presentan. Por eso este estudio se realizó en cada una de las vías durante los tres días de la semana que se consideraron claves para el desarrollo del mismo y en horas pico identificando los vehículos de diferente tamaño de acuerdo a lo establecido en los formatos utilizados.

4.4.1.2. Tránsito actual

La contribución de la información obtenida a partir de la realización del aforo vehicular en cada una de las vías en estudio, se registró en un formato (ver apéndice 10), en dicho formato se muestra la fecha, el lugar, la estación del aforo y el registro del flujo vehicular en cada una de las vías en estudio.

Las tablas relacionadas a continuación muestran un resumen del flujo vehicular en cada una de las vías en estudio tomado en la semana en la cual se realizó el aforo, allí se indica

la vía, la cantidad de autos, buses y la cantidad de camiones sud divididos en: camiones de dos ejes pequeño (C-2P), camiones de 2 ejes grandes (C-2G), camiones con 3 y 4 ejes (C-3-4), camiones con 5 ejes (C5) y camiones con más de 5 ejes (≥ 6), también el porcentaje de vehículos en cada una de las vías, donde el porcentaje de autos corresponde a la columna de A (%), el de buces B (%) y el de camiones a C (%), con sus respectivas distribuciones y el transito promedio diario (TPD) obtenido, el cual resulta de sumar la cantidad de autos, buses y camiones, y dividirlo entre siete que es el número de días que tiene la semana.

- **Vía 1: Transversal 7 Barrio El Ramal**

Tabla 18.

Transito promedio según conteo en la vía 1 ambos sentidos.

		PROYECTO DE GRADO										
		AFOROS VEHICULARES										
		VIA EN ESTUDIO: VIA 1 TRANSVERSAL 7										
FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	TAXIS	AUTOS	BUS INTERM	BUSETA	C-2P	C-2G	C-3-4	C5	$\geq C6$	Motos
12/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	23	25	10	45	11					403
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	15	65	6	50	9					213
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	4	23	3	23	2	3				103
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	14	43	6	9	1		2			98
13/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	19	36	7	39		1				260
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	23	47	3	40	5	3				297
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	7	17	5	18						150
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	11	51	2	12	3	1				93
14/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	27	42		52	1					329
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	16	25	2	43	12	3				126
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	14	31	5	37	6					201
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	7	13	1	9						121
15/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	32	32	9	50	16	1	2	1		360
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	20	101	8	53	18	2	2			398
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	8	53	1	25	6					189
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	12	53	4	14	4					135
16/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	4	21	1		3	1				254
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	5	34	3	1	11					169
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	3	56	4		5	3				103
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	7	25	3	1	2					72
17/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	3	17	1	9	2					60
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	3	66	2	17	1	1				120
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	6	59	2	14	0					100
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	4	14	1	8	0					59
18/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	6	30	3	17	11	3	3			125
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	11	115	9	32	17	6				355
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	14	81	8	29	11	3				279
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	14	48	13	17	5	1				141
$\Sigma =$			332	1225	121	665	163	31	9	1	0	5313
%	TOTAL	LIVIANOS		BUSES		CAMIONES					7859	
	100.00	4.22	15.58	1.54	8.46	2.07	0.39	0.12	0.01	0.00	67.61	
	100.00	87.42		10.00		2.07	0.39	0.12	0.01	0.00		
TPD	1123	47.41	174.97	17.29	94.94	23.26	4.37	1.31	0.09	0.00	759.06	

Fuente: Autores, 2018

La vía 1 tiene un tránsito promedio diario (TPD) de 1123 veh/día y un 87.42% de vehículos livianos, 10.00% de buses y 2.59% de camiones, los cuales están subdivididos en un 2.07% camiones de dos ejes pequeño (C-2P), 0.39% camiones de 2 ejes grandes (C-2G), 0.12% camiones con 3 y 4 ejes (C-3-4) y 0.01% camiones con 5 ejes (C5).

- **Vía 2: Carrera 11 Barrio San Antonio**

Tabla 19.

Tránsito promedio según conteo en la vía 2 ambos sentidos.

		PROYECTO DE GRADO										
		AFOROS VEHICULARES										
		VIA EN ESTUDIO: VIA 2 CARRERA 11										
FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	TAXIS	AUTOS	BUS INTERM	BUSETA	C-2P	C-2G	C-3-4	C5	≥C6	Motos
12/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	16	47		20	3					439
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	13	65	2	15	6		1			328
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	9	54		9	5	2				403
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	6	29		13	2					274
13/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	19	54	1	18						372
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	12	32		13	1					261
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	11	26	2	10						179
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	9	21		8	1					204
14/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	20	45	1	22	1					407
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	13	29		16	5	2				332
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	8	61	1	13	2	1				203
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	6	30		9	4	1				134
15/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	18	56		27	11	1	1			897
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	17	71	5	20	9	3				545
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	13	60	2	11	9					605
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	7	33	2	12	7					317
16/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	3	32		13						294
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	2	37		9	2					200
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	1	26	1	5	1	1				194
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	4	21		7	1					143
17/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	1	22	2	15						289
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	6	42	1	8	1		1			302
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	4	36	3	9						210
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	5	29	4	6						159
18/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	10	24		31	7					485
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	20	67	1	32	12					653
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	6	50		16	11	1				381
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	9	33	3	10	7	1				327
Σ=			268	1132	31	397	108	13	3	0	0	9537
%	TOTAL	LIVIANOS	BUSES		CAMIONES					11489		
	100.00	2.33	9.85	0.27	3.46	0.94	0.11	0.03	0.00	0.00	83.01	
	100.00	95.20	3.73		0.94	0.11	0.03	0.00	0.00			
TPD	1641	38.29	161.71	4.43	56.71	15.43	1.86	0.43	0.00	0.00	1362.43	

Fuente: Autores, 2018

La vía 2 tiene un tránsito promedio diario (TPD) de 1641 veh/día y un 95.20% de vehículos livianos, 3.73% de buses y 1.08% de camiones, los cuales están subdivididos en un 0.94% camiones de dos ejes pequeño (C-2P), 0.11% camiones de 2 ejes grandes (C-2G) y 0.03% camiones con 3 y 4 ejes (C-3-4).

- **Vía 3: Calle 19 Barrio El Bosque**

Tabla 20.

Tránsito promedio según conteo en la vía 3 ambos sentidos.

		PROYECTO DE GRADO											
		AFOROS VEHICULARES											
		VIA EN ESTUDIO: VIA 3 CALLE 19											
FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	TAXIS	AUTOS	BUS INTERM	BUSETA	C-2P	C-2G	C-3-4	C5	≥C6	Motos	
12/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	3	22			1					233	
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	6	15			2					198	
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	4	12		1	1	1				142	
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	2	8			1					78	
13/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	5	19			1					143	
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	4	10		1	1					106	
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	2	6			2					99	
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	3	8			1					84	
14/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	2	24			2					231	
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	5	21		2	2					143	
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	1	15			1					94	
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	1	11		1	1					53	
15/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	5	17			3					269	
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	5	21		2	3	1				164	
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	4	18		1	3					182	
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	2	10		1	2					95	
16/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	1	4			1					93	
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	3	16		2	2					83	
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	1	9			1					54	
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	1	7								39	
17/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	1	7		1						87	
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	2	13								91	
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	1	11		1	2					63	
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	2	9		1						48	
18/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	3	7			2					146	
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	6	20		1	4					196	
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	2	15			3					114	
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	3	10		1	2					98	
Σ=			80	364	0	16	44	2	0	0	0	3424	
			TOTAL	LIVIANOS	BUSES		CAMIONES					3929	
%			100.00	2.02	9.26	0.00	0.41	1.12	0.05	0.00	0.00	0.00	87.14
			100.00	98.43		0.41		1.12	0.05	0.00	0.00	0.00	
TPD			561	11.36	51.99	0.00	2.29	6.27	0.27	0.00	0.00	0.00	489.14

Fuente: Autores, 2018

La vía 1 tiene un tránsito promedio diario (TPD) de 561 veh/día y un 98.43% de vehículos livianos, 0.41% de buses y 1.17% de camiones, los cuales están subdivididos en un 1.127% camiones de dos ejes pequeño (C-2P), y 0.05% camiones de 2 ejes grandes (C-2G).

- **Vía 4: Calle 17 Barrio Los Almendros**

Tabla 21.

Tránsito promedio según conteo en la vía 4 ambos sentidos.

		PROYECTO DE GRADO											
		AFOROS VEHICULARES											
		VIA EN ESTUDIO: VIA 4 CALLE 17											
FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	TAXIS	AUTOS	BUS INTERM	BUSETA	C-2P	C-2G	C-3-4	C5	>C6	Motos	
12/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	9	51			2					536	
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	14	35			5					455	
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	9	28		2	2	2				327	
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	5	18			2					179	
13/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	12	44			2					329	
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	9	23		2	2					244	
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	5	14			5					228	
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	7	18			2					193	
14/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	7	55			5					531	
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	12	48		5	5					329	
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	2	35			2					216	
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	2	25		2	2					122	
15/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	15	62			9					235	
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	13	68		1	9	2				315	
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	10	50			4	1				212	
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	14	60			3					220	
16/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	2	9			2					214	
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	7	37		5	5					191	
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	2	21			2					124	
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	2	16			1					90	
17/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	4	17								90	
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	3	14			1					69	
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	2	19								74	
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	3	26								83	
18/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	11	34			5					132	
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	17	52			7	4				249	
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	11	40			5	2				177	
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	13	41		2	3	3				157	
Σ=			221	958	0	19	94	14	0	0	0	6321	
%	TOTAL	LIVIANOS	BUSES		CAMIONES						7627		
	100.00	2.90	12.56	0.00	0.25	1.23	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	82.88	
	100.00	98.34	0.25		1.23						0.18	0.00	0.00
TPD	1090	31.56	136.89	0.00	2.73	13.36	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	903.03	

Fuente: Autores, 2018

La vía 1 tiene un tránsito promedio diario (TPD) de 1090 veh/día y un 98.34% de vehículos livianos, 0.25% de buses y 1.41% de camiones, los cuales están subdivididos en un 1.23% camiones de dos ejes pequeño (C-2P) y 0.18% camiones de 2 ejes grandes (C-2G).

- **Vía 5: Carrera 7 Barrios El Bambo Y La Coruña**

Tabla 22.

Tránsito promedio según conteo en la vía 5 ambos sentidos.

		PROYECTO DE GRADO										
		AFOROS VEHICULARES										
		VIA EN ESTUDIO: VIA 5 CARRERA 7										
FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	TAXIS	AUTOS	BUS INTERM	BISETA	C-2P	C-2G	C-3-4	C5	≥C6	Motos
12/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	109	111	43	194	47					1733
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	87	280	26	215	39			2		916
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	78	99	13	99	9	6				443
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	65	185	26	39	4	2	9			421
13/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	113	155	30	168	0	4				1118
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	76	202	13	172	22	13				1277
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	56	73	22	77	0	2		1		645
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	49	219	9	52	13	4				400
14/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	111	181		224	4					1415
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	89	108	9	185	52	5		2		542
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	46	133	22	159	26			1		864
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	23	56	4	39	0					520
15/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	128	209	38	221	72	4	8	2	1	1598
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	74	389	27	201	67	5	6	1	1	1515
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	37	231	7	98	25	1				766
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	42	194	13	57	14	1	1			510
15/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	13	90	4		13	4				1092
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	17	146	13	4	47					727
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	10	241	17		22	13				443
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	23	108	13	4	9					310
17/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	12	122	6	48	7		1			321
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	17	280	7	69	3	2				501
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	25	212	7	54	0					393
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	18	78	6	43	12					321
18/12/2017	06:50 a.m.	08:30 a.m.	32	214	19	88	55	10	10			771
	11:50 a.m.	12:30 p.m.	50	465	39	137	67	23			7	1461
	01:50 p.m.	02:30 p.m.	62	318	39	113	41	10				1071
	05:50 p.m.	06:30 p.m.	61	209	57	75	23	3	1			612
Σ=			1523	5308	527	2834	692	112	36	9	9	22706
		TOTAL	LIVIANOS		BUSES		CAMIONES					33756
%		100.00	4.51	15.73	1.56	8.40	2.05	0.33	0.11	0.03	0.03	67.27
		100.00	87.50		9.96		2.05	0.33	0.11	0.03	0.03	
TPD		4822	217.50	758.33	75.21	404.90	98.90	15.94	5.13	1.29	1.29	3243.76

Fuente: Autores, 2018

La vía 1 tiene un tránsito promedio diario (TPD) de 4822veh/día y un 87.50% de vehículos livianos, 9.96% de buses y 2.55% de camiones, los cuales están subdivididos en un 2.05% camiones de dos ejes pequeño (C-2P), 0.33% camiones de 2 ejes grandes (C-2G), 0.11% camiones con 3 y 4 ejes (C-3-4), 0.03% camiones con 5 ejes (C5) y 0.03% camiones con más de 5 ejes (≥ 6) .

Es importante anotar que el flujo vehicular corresponde principalmente a pasajeros en automóviles y motocicletas. Se evidenció también que el tránsito de vehículos de transporte público es bastante alto.

4.4.2 Diseño de pavimentos rígidos y flexibles

Cuando se cuenta con pavimentos rígidos o flexibles, un diseño adecuado debe involucrar la realización de un diseño de mezcla de concreto o asfalto durables y resistentes, debe contar con un soporte uniforme al pavimento, brindar una adecuada transferencia de cargas, y establecer un espesor ideal para que los esfuerzos actuantes que se encuentra en la estructura no superen los límites admisibles.

Para el desarrollo de este proyecto, se requirió del diseño de pavimentos rígidos y flexibles en diferentes zonas donde se manejan distintos volúmenes de tránsito siguiendo la metodología de diseño del INVIAS.

Para la realización de dichos pavimentos deben establecerse parámetros de diseño ideales para cada uno de los tipos de pavimentos indicados a continuación:

Diseño de pavimentos rígidos

- **Vía 2: Carrera 11 Barrio San Antonio.**

Parámetros de diseño

- ✓ **Categoría de la vía:** Es necesario conocer el número de repeticiones esperadas durante el periodo de diseño de cada tipo de eje, el % que representa cada tipo de eje en el TPD, el transito promedio diario (TPD), el factor de crecimiento del tráfico, el factor de sentido, el factor de distribución por carril y el periodo de diseño.

Para determinar la categoría de la vía se requiere el uso de las siguientes tablas, esto con el objetivo de calcular el número de ejes acumulados de 8.2 t.

Tabla 23.

Factores de equivalencia promedio utilizados más frecuentemente en Colombia.

Tabla 2.5		
Tipo de vehículo	Factores de equivalencia	
	Mopt-Ingeroute	Universidad del Cauca (1996)
C-2 pequeño		1.14
	1.4 (prom.)	
C-2 grande		3.44
C-3	2.4	3.76
C2 - S1		3.37
C4	3.67	6.73
C3 - S1		2.22
C2- S2		3.42
C3 - S2	4.67	4.40
C3- S3	5.0	4.72
Bus P-600		0.40
	0.2 (prom.)	
Bus P-900		1.0
Buseta		0.05

Fuente: Montejo, 2002

Tabla 24.*Factor de distribución por carril*

Número total de carriles en cada dirección	Factor de distribución para el carril de diseño (Fca)
1	1.0
2	0.90
3	0.75

Fuente: Montejo, 2002

Tabla 25.*Factor direccional (Fd).*

Ancho de la calzada	Tránsito de diseño	Fd
Menos de 5 m	Total en los dos sentidos	1.0
Igual o mayor de 5 m y menor de 6 m	3/4 del total en los dos sentidos	0.75
Igual o mayor de 6 m	1/2 del total en los dos sentidos	0.50

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

Tabla 26.*Transito equivalente de la vía 2*

TIPO DE VEHICULO	%	Fc	CANTIDAD DE VEHICULO	TRANSITO EQUIVALENTE
BUSSETAS	3.73	0.40	428	171
C-2P	0.94	1.14	108	123
C-2G	0.11	3.44	13	45
C-3-4	0.03	3.76	3	11
C5	0.00	4.40	0	0
≥ C6	0.00	4.72	0	0
			Nd=	350

Fuente: Autores, 2018

Una vez se calculó el transito equivalente se procedió a determinar el el número de ejes acumulados de 8.2 t con la ecuación 1, para poder escoger la categoría de la vía, el cual arrojó un valor de 3106826,9 ejes acumulados de 8.2t.

$$NEE = (Nd * 365 * Fd * Fc) * \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde,

Factor direccional (Fd)= 1

Factor de distribución por carril (Fc)=1

Tasa de crecimiento del tráfico (r)=2%

Periodo de diseño (n)=20 años

Tabla 27.

Categorías de tránsito para la selección de espesores

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T ₀	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000,000
T1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000,000 a 1'500,000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1,000	1'500,000 a 5'000,000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1,001 a 2,500	5'000,000 a 9'000,000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2,501 a 5,000	9'000,000 a 17'000,000
T5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5,001 a 10,000	17'000,000 a 25'000,000
T6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10,001	25'000,000 a 100'000,000

En la Tabla 3-1 las siglas tienen el siguiente significado:	
Vt: Vía terciaria	M: Medias
Vs: Vía secundaria	A: Anchas
Vp: Vía principal	CC: Carreteras de 2 direcciones
E: Estrechas	MC: Carreteras multicarriles
	AP: Autopistas

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

De acuerdo con la tabla y los datos obtenidos en el conteo vehicular que se llevó a cabo para esta vía, se determinó que:

Categoría de la vía: T2

- ✓ **Subrasante:** Para el diseño del pavimento, el manual de diseño del INVIAS, considera distintas clases de suelo como se muestra en la tabla, basados en la clasificación que se hace con base en la relación de soporte de califonia del suelo (CBR).

Tabla 28.*Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia*

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm ²)
S1	< 2	< 200
S2	2 - 5	200 - 500
S3	5 - 10	500 - 1.000
S4	20 - 10	1.000 - 2.000
S5	> 20	> 2.000

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

De acuerdo con el valor relativo de soporte del suelo CBR que es de 6,6%.

Clase o Tipo de Subrasante: S3

- ✓ **Material de soporte para pavimento:** Para este diseño se contará con la instalación de una capa de base granular BG, con un espesor de 15 cm.

Tabla 29.*Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto*

Denominación	Descripción
SN	Subrasante Natural
BG	Base Granular
BEC	Base Estabilizada con Cemento

Fuente: Manual de diseño de INVIAS**Material de soporte: BG – 15cm**

- ✓ **Concreto para pavimento.** El manual de diseño del INVIAS contempla 4 calidades de concretos según la tabla, para escoger la resistencia ideal se debe tener en cuenta el número de camiones por día.

Tabla 30.*Resistencia que debe alcanzar el concreto*

Calidad del Concreto	Número de camiones por día			
	> 300	150 –300	25 – 150	< 25
A flexión (MPa)	4,5	4.2	4.0	3.8

Fuente: Manual de diseño de INVIAS**Tabla 31.***Valores de resistencia a la flexión del concreto (Modulo de rotura)*

Descripción	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

Para el diseño del pavimento de esta vía se tomó un módulo de rotura de 38 Kg/cm².

Concreto: MR1

- ✓ **Juntas y losas:** Las losas tendrán como dimensiones el ancho del carril y su longitud estará comprendida entre 3,5 y 4,5 m teniendo en cuenta que la relación entre el largo y ancho de las losas debe oscilar entre 1 y 1,3; todo esto dependiendo del ancho del sector de la vía intervenir.
- ✓ **Transferencia de cargas entre losas y confinamiento lateral:** Se debe tener presente que la vía posee sus extremos laterales en bordillos de concreto y andenes, de los cuales la mayoría se encuentran en buen estado y son obras que ya tienen varios años de existencia, por lo cual no se considera que tienen confinamiento lateral dentro de los parámetros de diseño.

Tabla 32.*Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral*

Denominación	Descripción
D	Dovelas
B	Bermas
No D	No Dovelas
No B	No Bermas

Fuente: Manual de diseño de INVIAS**Transferencia de cargas y confinamiento lateral: D y B**✓ **Variables consideradas en el diseño**

Las diferentes variables consideradas en el presente diseño son las siguientes:

Tabla 33.*Variables consideradas para el diseño*

VARIABLES CONSIDERADAS				
Categoría de la vía	Subrasante	Transferencia y confinamiento	Material de soporte	Concreto
T2	S3	D y B	BG	MR1

Fuente: Autores, 2018

- ✓ **Metodología de diseño:** Los espesores registrados en la tabla son el resultado del análisis de más de 70.000 diseños, obtenidos a partir de las metodologías presentadas por la PCA'84 y la AASHTO'93 los cuales se analizaron para seleccionar el abanico de 1.680 estructuras que conforman este manual y que se esquematizan acorde a la figura.

Las dimensiones de las estructuras propuestas, se obtuvieron al analizar el espectro gráfico de los resultados comparativos entre las metodologías de diseño. Durante el análisis estructural, además de sus resultados, se tuvo en cuenta la tradición nacional, se desecharon aquellos que tenían espesores muy reducidos por considerarlos frágiles y por el otro lado se desecharon los que mostraban valores superiores a 30 cm, dejando para estos casos que el diseñador de los pavimentos recurra a otras fuentes de información. (INVIAS)

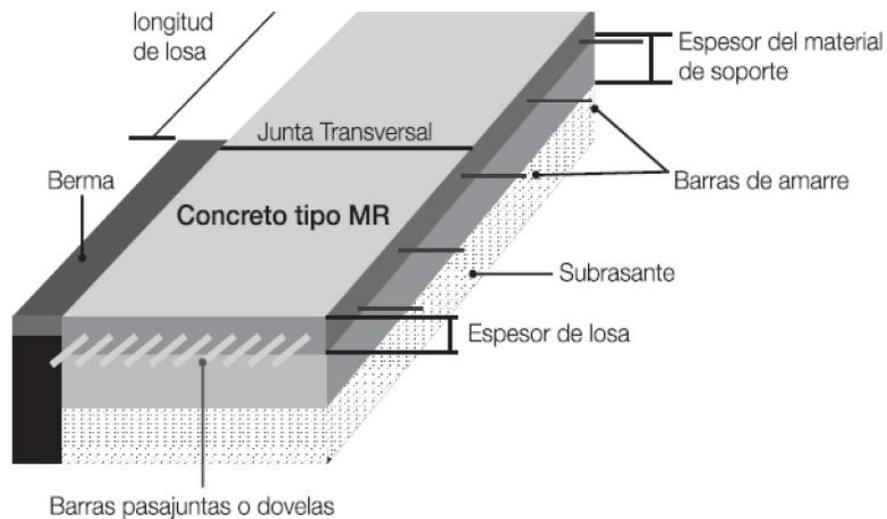


Figura 2. Esquema representativo de un pavimento de concreto

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

✓ **Espesor de la losa de concreto**

Tabla 34.

Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables T2 como factor principal.

		ESPEORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES																			
		Tránsito T2																			
		S1				S2				S3				S4				S5			
		D y B	D y no B	No D y B	No D no B	D y B	D y no B	No D y B	No D no B	D y B	D y no B	No D y B	No D no B	D y B	D y no B	No D y B	No D no B	D y B	D y no B	No D y B	No D no B
SN	MR1	25	29	25	29	24	28	24	28	22	26	22	26	22	25	22	25	21	25	22	25
	MR2	24	28	25	28	24	27	24	27	22	25	22	25	21	24	22	24	21	24	22	24
	MR3	24	27	25	27	24	28	26	28	21	24	22	24	20	23	22	23	20	23	22	23
	MR4	22	26	25	26	23	27	26	27	20	23	22	24	19	22	22	23	19	22	22	23
BG	MR1	24	28	24	28	23	27	23	27	22	25	22	25	21	25	22	25	21	24	21	24
	MR2	23	27	23	27	23	26	23	26	21	24	22	24	21	24	22	24	20	23	21	23
	MR3	22	26	23	26	23	27	25	27	20	24	22	24	20	23	22	23	20	23	21	23
	MR4	21	25	23	25	22	26	25	26	19	23	22	23	19	22	22	23	19	22	21	23
BEC	MR1	21	24	21	24	21	24	21	24	19	22	21	22	19	22	20	22	19	21	20	22
	MR2	20	23	21	23	20	23	21	23	19	21	21	22	18	21	20	22	18	20	20	22
	MR3	19	23	21	23	20	23	23	24	18	21	21	22	18	20	20	22	17	20	20	22
	MR4	18	22	21	23	19	22	23	24	17	20	21	22	17	19	20	22	17	19	20	22

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

De acuerdo a la tabla anterior cuando se tiene un Tránsito T0 y otros parámetros de diseño como son; S3, D y B, BG y MR1; se obtiene un espesor de losa de:

Espesor de Losa: 22 cm

Barras de anclaje y barras pasajuntas: Para el diseño de este pavimento rígido se utilizarán varillas lisas para barras pasajuntas y corrugadas para barras de anclaje, de Acero de $f_y = 187.5$ MPa (40.000 psi).

- ✓ **Barras de anclaje:** Para escoger las barra de anclaje se utilizaran en las juntas longitudinales, las cuales van en toda la longitud de la vía a pavimentar ubicada en su eje, se debe considerar los siguientes parámetros de diseño:

- Espesor de Losa: 220mm (el más cercano al establecido en el diseño (200mm)).
- Ancho de carril: 1,70 m (el más cercano al establecido en el diseño (3,05m)).
- Barras de \varnothing 12,7mm (1/2")
- Acero de $f_y = 280$ MPa (60.000psi)

Tabla 35.*Recomendación para las barras de anclaje*

Espesor de losa (mm)	Barras de ϕ 9,5 mm (3/8")			Barras de ϕ 12,7 mm (1/2")			Barras de ϕ 15,9 mm (5/8")					
	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		
		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)
Acero de $f_y=187,5$ MPa (40.000 psi)												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,85	0,80	0,70		1,20	1,20	1,10
Acero de $f_y=280$ MPa (60.000 psi)												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

Fuente: Manual de diseño de INVIAS**Barras de Anclaje: $\phi 1/2''$, L:0,06m y separadas 0.85m entre cada una**

- ✓ **Barras de pasajuntas:** Para las barras pasajuntas se usaron en las juntas transversales (estas juntas estarán espaciadas tomando una relación largo ancho en el rango de 1 a 1,3, pero nunca superior a 4,5 mts) y siguiendo los parámetros de diseño:

- Espesor de Losa: 220mm.
- Acero de $f_y=280$ MPa (60.000psi)
- Longitud de Losa: 2.00 m.
- Ancho de Losa: 1.70 m.

Tabla 36.*Recomendación para la selección de los pasadores de carga*

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada		
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 - 200	25	1	350	300
210 - 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

Tabla 6-2. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga

Fuente: Manual de diseño de INVIAS**Barras Pasajuntas: Ø1 1/8", L: 0,40 m y separadas 0,30 m entre cada una**

Juntas: En las losas que conforman un pavimento se dan esfuerzos como consecuencia del paso de los vehículos y de los movimientos de contracción y dilatación del concreto y a las diferencias en la temperatura, o en la humedad, entre la cara superficial y la de soporte de la losa, estos esfuerzos se controlan con el diseño de las juntas.

- ✓ **Material de sello para juntas:** Se recomienda el uso de productos SIKA, especialmente Sika Rod 6mm y Sika Flex 15LMSL.

- **Vía 3: Calle 19 Barrio El Bosque**

Parámetros de diseño

- ✓ **Categoría de la vía**

Tabla 37.*Transito equivalente de la vía 1*

TIPO DE VEHICULO	%	Fc	CANTIDAD DE VEHICULO	TRANSITO EQUIVALENTE
BUSETAS	0.41	0.40	16	6
C-2P	1.12	1.14	44	50
C-2G	0.05	3.44	2	7
C-3-4	0.00	3.76	0	0
C5	0.00	4.40	0	0
≥ C6	0.00	4.72	0	0
			Nd=	63

Fuente: Autores, 2018

Una vez se calculó el transito equivalente se precedió a determinar el el número de ejes acumulados de 8.2 t con la ecuación 1, para poder escoger la categoría de la vía, el cual arrojó un valor de 279279.2 ejes acumulados de 8.2t.

$$NEE = (Nd * 365 * Fd * Fc) * \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde,

Factor direccional (Fd)= 0.5

Factor de distribución por carril (Fc)=1

Tasa de crecimiento del tráfico (r)=2%

Periodo de diseño (n)=20 años

Tabla 38.*Categorías de tránsito para la selección de espesores*

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T ₀	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000,000
T1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000,000 a 1'500,000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'500,000 a 5'000,000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5'000,000 a 9'000,000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9'000,000 a 17'000,000
T5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17'000,000 a 25'000,000
T6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25'000,000 a 100'000,000

En la Tabla 3-1 las siglas tienen el siguiente significado:	
Vt: Vía terciaria	M: Medias
Vs: Vía secundaria	A: Anchas
Vp: Vía principal	CC: Carreteras de 2 direcciones
E: Estrechas	MC: Carreteras multicarriles
	AP: Autopistas

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

De acuerdo con la tabla y los datos obtenidos en el conteo vehicular que se llevó a cabo para esta vía, se determinó que:

Categoría de la vía: T0✓ **Subrasante****Tabla 39.***Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia*

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm ²)
S1	< 2	< 200
S2	2 - 5	200 - 500
S3	5 - 10	500 - 1,000
S4	20 - 10	1,000 - 2,000
S5	> 20	> 2,000

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

De acuerdo con el valor relativo de soporte del suelo CBR que es de 7,8%.

Clase o Tipo de Subrasante: S3

- ✓ **Material de soporte para pavimento**

Tabla 40.

Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto

Denominación	Descripción
SN	Subrasante Natural
BG	Base Granular
BEC	Base Estabilizada con Cemento

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

Material de soporte: BG – 15cm

- ✓ **Concreto para pavimento.**

Tabla 41.

Resistencia que debe alcanzar el concreto

Calidad del Concreto	Número de camiones por día			
	> 300	150 –300	25 – 150	< 25
A flexión (MPa)	4,5	4.2	4.0	3.8

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

Tabla 42.

Valores de resistencia a la flexión del concreto (Modulo de rotura)

Descripción	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

Para el diseño del pavimento de esta vía se tomó un módulo de rotura de 38 Kg/cm².

Concreto: MR1

Juntas y losas

- ✓ **Transferencia de cargas entre losas y confinamiento lateral**

Tabla 43.

Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral

Denominación	Descripción
D	Dovelas
B	Bermas
No D	No Dovelas
No B	No Bermas

<

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

Transferencia de cargas y confinamiento lateral: D y B

- ✓ **Variables consideradas en el diseño**

Las diferentes variables consideradas en el presente diseño son las siguientes:

Tabla 44.

Variables consideradas para el diseño

VARIABLES CONSIDERADAS				
Categoría de la vía	Subrasante	Transferencia y confinamiento	Material de soporte	Concreto
T0	S3	D y B	BG	MR1

Fuente: Autores, 2018

- ✓ **Metodología de diseño**

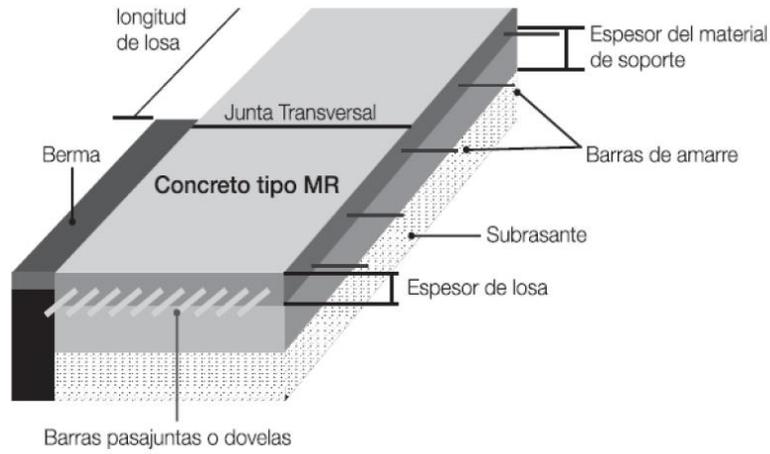


Figura 3. Esquema representativo de un pavimento de concreto

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

✓ **Espesor de la losa de concreto**

Tabla 45.

Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables T0 como factor principal.

		ESPEORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES																			
		Tránsito T0																			
		S1				S2				S3				S4				S5			
		D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B
SN	MR1		24	28		23	27	23	27	21	24	21	24	20	24	20	24	20	23	20	23
	MR2		23	27		22	26	22	26	20	24	20	24	20	23	20	23	19	22	19	22
	MR3		23	26		21	25	21	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR4		21	24		20	24	20	24	19	22	19	22	18	21	18	21	18	21	18	21
BG	MR1		23	26		22	26	22	26	21	24	21	24	20	23	20	23	20	23	20	23
	MR2		22	25		21	25	21	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR3		21	24		20	24	20	24	29	22	19	22	19	22	19	22	18	21	18	21
	MR4		20	23		19	23	19	23	28	21	18	21	18	21	18	21	17	20	18	20
BEC	MR1		20	23		19	22	19	22	18	21	18	21	18	20	18	20	17	20	17	20
	MR2		19	22		19	21	19	21	17	20	17	20	17	20	17	20	17	19	17	19
	MR3		18	21		18	21	18	21	17	19	17	19	16	19	17	19	16	19	17	19
	MR4		18	20		17	20	18	20	16	19	17	19	16	18	17	18	15	18	17	18

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

De acuerdo a la tabla anterior cuando se tiene un Transito T0 y otros parámetros de diseño como son; S3, D y B, BG y MR1; se obtiene un espesor de losa de:

Espesor de Losa: 21 cm

Barras de anclaje y barras pasajuntas: Para el diseño de este pavimento rígido se utilizaran varillas lisas para barras pasajuntas y corrugadas para barras de anclaje, de Acero de $f_y = 187.5$ MPa (40.000 psi).

✓ **Barras de anclaje:** Se debe considerar los siguientes parámetros de diseño:

- Espesor de Losa: 210mm (el más cercano al establecido en el diseño (200mm)).
- Ancho de carril: 3,90 m (el más cercano al establecido en el diseño (3,65m)).
- Barras de \varnothing 12,7mm (1/2")
- Acero de $f_y = 280$ MPa (60.000psi)

Tabla 46.

Recomendación para las barras de anclaje

Espesor de losa (mm)	Barras de \varnothing 9,5 mm (3/8")			Barras de \varnothing 12,7 mm (1/2")			Barras de \varnothing 15,9 mm (5/8")					
	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		
		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)
Acero de $f_y = 187,5$ MPa (40.000 psi)												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,85	0,80	0,70		1,20	1,20	1,10
Acero de $f_y = 280$ MPa (60.000 psi)												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

Tabla 6-1. Recomendación para las barras de anclaje

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

Barras de Anclaje: Ø1/2", L: 0,60m y separadas 0.90m entre cada una

- ✓ **Barras de pasajuntas:** Para las barras pasajuntas se usaron en las juntas transversales (estas juntas estarán espaciadas tomando una relación largo ancho en el rango de 1 a 1,3, pero nunca superior a 4,5 mts) y siguiendo los parámetros de diseño:

- Espesor de Losa: 180mm.
- Acero de $f_y=280$ MPa (60.000psi)
- Longitud de Losa: 4.50 m.
- Ancho de Losa: 3.90 m.

Tabla 47.

Recomendación para la selección de los pasadores de carga

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada		
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 - 200	25	1	350	300
210 - 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

Tabla 6-2. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

Barras Pasajuntas: Ø1 1/8", L: 0,4 m y separadas 0,30 m entre cada una

Juntas

- ✓ **Material de sello para juntas:** Se recomienda el uso de productos SIKA, especialmente Sika Rod 6mm y Sika Flex 15LMSL.
- **Vía 4: Calle 17 Barrio Los Almendros.**

Parámetros de diseño

- ✓ **Categoría de la vía**

Tabla 48.

Transito equivalente de la vía 1

TIPO DE VEHICULO	%	Fc	CANTIDAD DE VEHICULO	TRANSITO EQUIVALENTE
BUSETAS	0.25	0.40	19	8
C-2P	1.23	1.14	94	107
C-2G	0.18	3.44	14	48
C-3-4	0.00	3.76	0	0
C5	0.00	4.40	0	0
≥ C6	0.00	4.72	0	0
			Nd=	162

Fuente: Autores, 2018

Una vez se calculó el transito equivalente se procedió a determinar el el número de ejes acumulados de 8.2 t, para poder escoger la categoría de la vía, el cual arrojó un valor de 1440162,2 ejes acumulados de 8.2t.

$$NEE = (Nd * 365 * Fd * Fc) * \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde,

Factor direccional (Fd)= 1

Factor de distribución por carril (Fc)=1

Tasa de crecimiento del tráfico (r)=2%

Periodo de diseño (n)=20 años

Tabla 49.*Categorías de tránsito para la selección de espesores*

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T ₀	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000,000
T1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000,000 a 1'500,000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'500,000 a 5'000,000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5'000,000 a 9'000,000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9'000,000 a 17'000,000
T5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17'000,000 a 25'000,000
T6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25'000,000 a 100'000,000

En la Tabla 3-1 las siglas tienen el siguiente significado:	
Vt: Vía terciaria	M: Medias
Vs: Vía secundaria	A: Anchas
Vp: Vía principal	CC: Carreteras de 2 direcciones
E: Estrechas	MC: Carreteras multicarriles
	AP: Autopistas

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

De acuerdo con la tabla y los datos obtenidos en el conteo vehicular que se llevó a cabo para esta vía, se determinó que:

Categoría de la vía: T1✓ **Subrasante****Tabla 50.***Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia*

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm ²)
S1	< 2	< 200
S2	2 - 5	200 - 500
S3	5 - 10	500 - 1,000
S4	20 - 10	1,000 - 2,000
S5	> 20	> 2,000

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

De acuerdo con el valor relativo de soporte del suelo CBR que es de 7,1%.

Clase o Tipo de Subrasante: S3✓ **Material de soporte para pavimento****Tabla 51.***Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto*

Denominación	Descripción
SN	Subrasante Natural
BG	Base Granular
BEC	Base Estabilizada con Cemento

Fuente: Manual de diseño de INVIAS**Material de soporte: BG – 15cm**✓ **Concreto para pavimento****Tabla 52.***Resistencia que debe alcanzar el concreto*

Calidad del Concreto	Número de camiones por día			
	> 300	150 –300	25 – 150	< 25
A flexión (MPa)	4,5	4,2	4,0	3,8

Fuente: Manual de diseño de INVIAS**Tabla 53.***Valores de resistencia a la flexión del concreto (Modulo de rotura)*

Descripción	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

Para el diseño del pavimento de esta vía se tomó un módulo de rotura de 38 Kg/cm².

Concreto: MR1**Juntas y losas**

- ✓ **Transferencia de cargas entre losas y confinamiento lateral**

Tabla 54.

Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral

Denominación	Descripción
D	Dovelas
B	Bermas
No D	No Dovelas
No B	No Bermas

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

Transferencia de cargas y confinamiento lateral: D y B

- ✓ **Variables consideradas en el diseño**

Las diferentes variables consideradas en el presente diseño son las siguientes:

Tabla 55.

Variables consideradas para el diseño

VARIABLES CONSIDERADAS				
Categoría de la vía	Subrasante	Transferencia y confinamiento	Material de soporte	Concreto
T1	S3	D y B	BG	MR1

Fuente: Autores, 2018

- ✓ **Metodología de diseño**

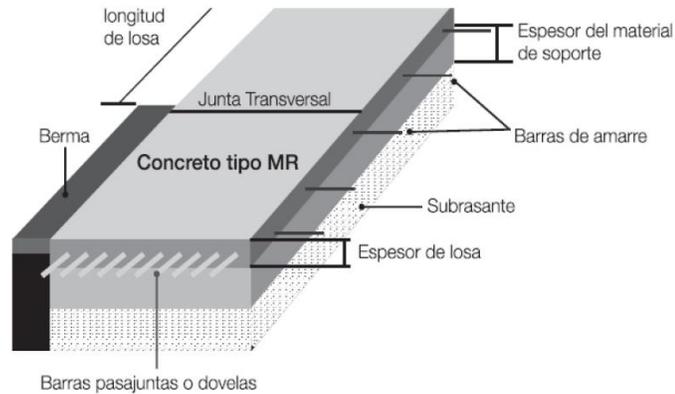


Figura 4. Esquema representativo de un pavimento de concreto

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

✓ **Espesor de la losa de concreto**

Tabla 56.

Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables T1 como factor principal.

ESPEORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES																					
		Tránsito T1																			
		S1				S2				S3				S4				S5			
		D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B
SN	MR1	24	28	23	27	23	27	21	25	21	25	21	24	21	24	20	23	20	23		
	MR2	23	27	22	26	22	26	21	24	21	24	20	23	20	23	20	23	20	23		
	MR3	22	26	22	25	22	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22		
	MR4	20	25	21	24	21	24	19	22	19	22	18	21	19	21	18	21	19	21		
BG	MR1	23	26	22	26	22	26	21	24	21	24	20	24	20	24	20	23	20	23		
	MR2	22	26	22	25	22	25	20	23	20	23	20	23	20	23	19	22	19	22		
	MR3	21	25	21	24	21	24	19	23	19	23	19	22	19	22	19	22	19	22		
	MR4	20	24	20	23	20	23	18	22	19	22	18	21	19	21	18	21	19	21		
BEC	MR1	20	23	20	23	20	23	18	21	18	21	18	21	18	21	18	20	18	20		
	MR2	19	22	19	22	19	22	18	20	18	20	17	20	18	20	17	20	18	19		
	MR3	19	22	18	21	19	21	17	20	18	20	17	19	18	19	16	19	18	19		
	MR4	19	21	17	20	19	20	16	19	18	19	16	18	18	19	15	18	18	18		

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

De acuerdo a la tabla anterior cuando se tiene un Tránsito T1 y otros parámetros de diseño como son; S3, D y B, BG y MR1; se obtiene un espesor de losa de:

Espesor de Losa: 21 cm

Barras de anclaje y barras pasajuntas: Para el diseño de este pavimento rígido se utilizarán varillas lisas para barras pasajuntas y corrugadas para barras de anclaje, de Acero de $f_y = 187.5$ MPa (40.000 psi).

✓ **Barras de anclaje:** Se debe considerar los siguientes parámetros de diseño:

- Espesor de Losa: 210mm (el más cercano al establecido en el diseño (200mm)).
- Ancho de carril: 2.40m (el más cercano al establecido en el diseño (3,35m)).
- Barras de $\varnothing 12,7$ mm (1/2")
- Acero de $f_y = 280$ MPa (60.000psi)

Tabla 57.

Recomendación para las barras de anclaje

Espesor de losa (mm)	Barras de $\varnothing 9,5$ mm (3/8")			Barras de $\varnothing 12,7$ mm (1/2")			Barras de $\varnothing 15,9$ mm (5/8")					
	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		
		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)
Acero de $f_y = 187,5$ MPa (40.000 psi)												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,85	0,80	0,70		1,20	1,20	1,10
Acero de $f_y = 280$ MPa (60.000 psi)												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

Tabla 6-1. Recomendación para las barras de anclaje

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

Barras de Anclaje: $\varnothing 1/2"$, L: 0,06m y separadas 0.85m entre cada una

✓ **Barras de pasajuntas:** Para las barras pasajuntas se usaron en las juntas

transversales (estas juntas estarán espaciadas tomando una relación largo ancho en el

rango de 1 a 1,3, pero nunca superior a 4,5 mts) y siguiendo los parámetros de diseño:

- Espesor de Losa: 220mm.
- Acero de $f_y=280$ MPa (60.000psi)
- Longitud de Losa: 3.0 m.
- Ancho de Losa: 2.40 m.

Tabla 58.

Recomendación para la selección de los pasadores de carga

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada		
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 - 200	25	1	350	300
210 - 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

Tabla 6-2. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga

Fuente: Manual de diseño de INVIAS

Barras Pasajuntas: Ø1 1/8", L: 0,40 m y separadas 0,30 m entre cada una

Juntas

- ✓ **Material de sello para juntas:** Se recomienda el uso de productos SIKA, especialmente Sika Rod 6mm y Sika Flex 15LMSL.

Diseño de pavimentos flexibles

- **Vía 1: Transversal 7 Barrio El Ramal**

Una vez se realizó el aforo vehicular se procedió a determinar el tránsito promedio diario (TPD), para poder escoger la categoría de la vía, de acuerdo con la metodología de diseño a partir de este se establece la categoría de la vía, por medio de la siguiente tabla.

Tabla 59.

Categoría de la vía.

Categoría de la vía				
Descripción	I	II	III	Especial
	Autopistas interurbanas caminos interurbanos principales	Colectoras interurbanas caminos rurales e industriales principales	Caminos rurales con tránsito mediano caminos estratégicos	Pavimentos especiales e innovaciones
Importancia	Muy importante	Importante	Poco importante	Importante a poco importante
Tránsito promedio diario	> 5000	1000 – 10000	< 1000	< 10000

Fuente. (Ministerio de Transporte, 1998)

La vía 1 tiene un tránsito promedio diario (TPD) de 1123 veh/día por lo cual la vía clasifica en la categoría II.

Categoría de la vía: II

Periodo de diseño

De acuerdo a la categoría de la vía se adopta el período de diseño.

Tabla 60.

Periodo de diseño.

Categoría de la vía	Período de diseño estructural (años)	
	Rango	Recomendado
I	10 - 30	20
II	10 - 20	15
III	10 - 20	10
Especiales	7 - 20	10 – 15

Fuente. (Ministerio de Transporte, 1998)

Periodo de diseño: 15 años**✓ Estimación del tránsito de diseño**

El número de ejes equivalentes para el período de diseño en la vía 1 es de 1.93×10^6 los cuales se deben corregir para garantizar una confiabilidad del 90% empleando la siguiente ecuación:

$$N' = 1.159 * N$$

Al aplicar la anterior ecuación se obtiene un número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas de 2.24×10^6 , con este valores se ingresa a la siguiente tabla y se determina el rango de tránsito que corresponde para la vía en estudio:

Tabla 61.

Rangos de tránsito.

Designación	Rangos de tránsito acumulado por carril de diseño
T1	$0.5 - 1 * 10^6$
T2	$1 - 2 * 10^6$
T3	$2 - 4 * 10^6$
T4	$4 - 6 * 10^6$
T5	$6 - 10 * 10^6$
T6	$10 - 15 * 10^6$
T7	$15 - 20 * 10^6$
T8	$20 - 30 * 10^6$
T9	$30 - 40 * 10^6$

Fuente. (Ministerio de Transporte, 1998)

Finalmente se obtiene que el rango de tránsito para el diseño de la estructura la vía 1.

Rango de tránsito: T3

✓ Factores ambientales y climáticos

Según el manual de diseño de pavimentos asfálticos de vías con medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS el país se divide en seis regiones climáticas determinadas por condiciones particulares de temperatura y precipitación de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 62.

Regiones climáticas de Colombia.

No	Región	Temperatura TMAP (°C)	Precipitación media anual (mm)
R1	Fría seca y fría semihúmeda	< 13	< 2000
R2	Templado seco y templado semihúmedo	13 – 20	< 2000
R3	Cálido seco y cálido semihúmedo	20 – 30	< 2000
R4	Templado húmedo	13 – 20	2000 – 4000
R5	Cálido húmedo	20 – 30	2000 – 4000
R6	Cálido muy húmedo	20 - 30	> 4000

Fuente. (Ministerio de Transporte, 1998)

Temperatura entre 13°C y 20 °C y Precipitación media anual menor a 2000 mm,
Región: templado seco y templado semihúmedo.

Clasificación de la región: R2

✓ Sectorización y Caracterización de diseño de la subrasante

De acuerdo a la sectorización la clasificación del material de apoyo equivalente de acuerdo a los rangos establecidos en el manual del INVIAS que se muestran a continuación:

Tabla 63.

Valores de resistencia de la subrasante.

Categoría	Intervalo de Módulo Resiliente (kg/cm ²)	Intervalo de CBR (%)
S1	300 – 500	$3 \leq \text{CBR} < 5$
S2	500 – 700	$5 \leq \text{CBR} < 7$
S3	700 – 1000	$7 \leq \text{CBR} < 10$
S4	1000 – 1500	$10 \leq \text{CBR} < 15$
S5	> 1500	$\text{CBR} \geq 15$

Fuente. (Ministerio de Transporte, 1998)

El valor relativo de soporte del suelo CBR que es de 7,6%.

El módulo de cada capa se obtiene a partir de la siguiente correlación con base en el CBR:

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

En el segundo caso se utiliza directamente el valor obtenido del ensayo de CBR.

Categoría de Subrasante: S3

✓ **Variables consideradas en el diseño**

Las diferentes variables consideradas en el presente diseño son las siguientes:

Tabla 64.

Variables consideradas para el diseño

VARIABLES CONSIDERADAS				
Categoría de la vía	Periodo de diseño	Rango de tránsito	Clasificación de la región	Categoría de Subrasante
II	15 años	T3	R2 (templado seco y templado semihúmedo)	S3

Fuente: Autores, 2018

✓ **Diseño de la estructura de pavimento flexible**

La carta aplicable para el diseño de la estructura de pavimento según los datos mencionados anteriormente es la No.2, de la cual las estructuras resultantes son:

Tabla 65.

Carta de diseño N° 2

Mr (kg/cm²) N 8.2 (10²)	S1 300 < Mr < 500			S2 500 ≤ Mr < 700			S3 700 ≤ Mr < 1000			S4 1000 ≤ Mr < 1500			S5 Mr > 1500		
	T1 0.5 < N8.2 < 1	MDC-2: 10 BG-2: 20 SBG-1: 30	MDC-2: 7.5 BEE-2: 10 BEE-2: 10 SBG-1: 20	MDF-2: 7.5 BEE-2: 10 BEE-2: 10 SBG-1: 35	MDC-2: 7.5 BG-2: 15 SBG-1: 30	MDC-2: 7.5 BEE-1: 15 BEE-1: 15 SBG-1: 30	MDF-2: 7.5 BEE-1: 15 BEE-1: 15 SBG-1: 25	MDC-2: 7.5 BG-2: 15 SBG-1: 25	MDC-2: 5 BEE-1: 15 BG-2: 15 SBG-1: 30	MDF-3: 7.5 BG-2: 15 SBG-1: 20	MDC-2: 7.5 BG-2: 15 SBG-1: 15	MDC-2: 5 BEE-1: 15 BG-2: 15 SBG-1: 20	MDF-3: 7.5 BG-2: 15 SBG-1: 20	MDC-2: 7.5 BG-2: 25 SBG-1: 15	MDC-2: 6 BEE-1: 15 SBG-1: 15
T2 1 < N8.2 ≤ 2	MDC-2: 10 BG-2: 20 SBG-1: 40	MDC-2: 7.5 BEE-2: 10 BEE-2: 10 SBG-1: 40	MDF-2: 10 BEE-2: 10 BEE-2: 10 SBG-1: 40	MDC-2: 7.5 BG-2: 20 SBG-1: 35	MDC-2: 7.5 BEE-2: 10 BEE-2: 10 SBG-1: 25	MDF-2: 7.5 BEE-2: 10 BEE-2: 10 SBG-1: 35	MDC-2: 7.5 BG-2: 20 SBG-1: 30	MDC-2: 5 BEE-1: 15 BG-2: 15 SBG-1: 30	MDF-3: 7.5 BG-2: 15 SBG-1: 25	MDC-2: 7.5 BG-2: 15 SBG-1: 25	MDC-2: 5 BEE-1: 15 BG-2: 15 SBG-1: 25	MDF-3: 7.5 BG-2: 15 SBG-1: 20	MDC-2: 7.5 BG-2: 15 SBG-1: 15	MDC-2: 6 BEE-1: 15 BEE-2: 10 SBG-1: 10	MDF-3: 5 BEE-1: 15 BEE-2: 10
T3 2 < N8.2 ≤ 4	MDC-2: 10 BG-2: 30 SBG-1: 45	MDC-2: 7.5 BEE-1: 15 BEE-2: 10 SBG-1: 40	MDF-2: 10 BEE-2: 10 BEE-2: 10 SBG-1: 40	MDC-2: 10 BG-2: 20 SBG-1: 35	MDC-2: 7.5 BEE-2: 10 BEE-2: 10 SBG-1: 30	MDF-2: 10 BG-2: 20 BEE-2: 10 SBG-1: 25	MDC-2: 10 BG-2: 20 SBG-1: 30	MDC-2: 7.5 BEE-1: 15 BG-2: 15 SBG-1: 30	MDF-3: 10 BG-2: 15 BEE-1: 15 SBG-1: 20	MDC-2: 10 BG-2: 15 SBG-1: 25	MDC-2: 10 BEE-1: 15 BG-2: 15 SBG-1: 20	MDF-3: 10 BG-2: 15 BEE-1: 15 SBG-1: 20	MDC-2: 10 BG-2: 15 SBG-1: 15	MDC-2: 7.5 BEE-1: 15 SBG-1: 15	MDF-3: 10 BG-2: 15 BEE-1: 15

Fuente: Montejo, 2002

Alternativa 1

MDC-2 = 10 cm

BG-2 = 15 cm

SBG-1 = 30 cm

Alternativa 2

MDC-2 = 7.5 cm

BEE-1 = 15 cm

SBG-1 = 30 cm

Alternativa 3

MDC-2 = 10 cm

BG-2 = 15 cm

BEC-3 = 20 cm

Tabla 66.

Especificaciones de los materiales

Símbolo	Código	Artículo INV	Material	Especificaciones
	SBG-1	INV 320 – 96 Subbase granular	Agregado grueso	$T_{m\acute{a}x.} = 50$ mm. $P_4 = 30\%$ a 70% . $P_{200} = 4\%$ a 20% . Desgaste $\leq 50\%$. Solidez = 12% o 18% . E.A. $\geq 25\%$. IP ≤ 6 . CBR $> 20\%$, 30% o 40% al 95% de $yd_{m\acute{a}x.}$ del ensayo modificado.
	BG-1	INV 330 – 96 Base granular	Triturado	$T_{m\acute{a}x.} = 37.5$ mm. $P_4 = 30\%$ a 60% . $P_{200} = 5\%$ a 15% . Trituraci3n $\geq 50\%$. Índice de aplanamiento – alargamiento $\leq 35\%$. Solidez = 12% o 18% . IP ≤ 3 . CBR $\geq 80\%$ al 100% de $yd_{m\acute{a}x.}$ del ensayo modificado.
	BG-2			$T_{m\acute{a}x.} = 25$ mm. $P_4 = 35\%$ a 65% . $P_{200} = 5\%$ a 15% . Trituraci3n $\geq 50\%$. Índice de aplanamiento – alargamiento $\leq 35\%$. Solidez = 12% o 18% . IP ≤ 3 . CBR $\geq 80\%$ al 100% de $yd_{m\acute{a}x.}$ del ensayo modificado.
	BEE-1	INV 340 – 96 Base estabilizada con emulsi3n asfáltica	Suelo grueso	Emulsi3n CRL-1 o CRL-1h. Agua: pH de 5.5 a 8.0. $SO_4 \leq 1$ g / litro. Aditivos: INV 400 y 412. $T_{m\acute{a}x.} = 37.5$ mm. $P_4 = 30\%$ a 60% . $P_{200} = 3\%$ a 15% . Desgaste $\leq 50\%$. IP < 7 . Compactaci3n al 95% de $yd_{m\acute{a}x.}$ del ensayo modificado.
	BEE-2			Emulsi3n CRL-1 o CRL-1h. Agua: pH de 5.5 a 8.0. $SO_4 \leq 1$ g / litro. Aditivos: INV 400 y 412. $T_{m\acute{a}x.} = 25$ mm. $P_4 = 30\%$ a 60% . $P_{200} = 3\%$ a 15% . Desgaste $\leq 50\%$. IP ≤ 7 . Compactaci3n al 95% de $yd_{m\acute{a}x.}$ del ensayo modificado.
	BEE-3			A-1-b o A-2-4 Emulsi3n CRL-1 o CRL-1h. Agua: pH de 5.5 a 8.0. $SO_4 \leq 1$ g / litro. Aditivos: INV 400 y 412. A-1-b: E.A. $\leq 90\%$. A-2-4: $20\% \leq$ E.A. $\leq 40\%$. $T_{m\acute{a}x.} = 4.75$ mm. $P_{200} = 5\%$ a 25% . IP ≤ 7 . CBR del material sin estabilizar $\geq 15\%$. Compactaci3n al 95% de $yd_{m\acute{a}x.}$ del ensayo modificado.
Símbolo	Código	Artículo INV	Material	Especificaciones
	BEC	INV 341 – 96 Base estabilizada con cemento	Granular grueso: A-1, A-2-4, A-2-5, A-3 Granular fino: A-2-6, A-2-7, A-4, A-5, A-6 y A-7	Cemento P3rtland: NTC 121 y 321. Agua: pH de 5.5 a 8.0 y $SO_4 \leq 1$ g / litro. Suelo: $SO_4 \leq 0.5\%$. $T_{m\acute{a}x.} \leq 75$ mm y $< \frac{1}{2}$ del espesor de la capa compactada. $P_4 \geq 50\%$. $P_{200} \leq 50\%$. LL ≤ 35 . IP < 15 .
	TSS-1	INV 431 – 96 Tratamiento superficial doble	Triturado	Emulsi3n: CRR-2. Trituraci3n $\geq 75\%$. Desgaste $\leq 40\%$. Solidez = 12% o 18% . Adhesi3n en bandeja $\geq 80\%$. Índice de aplanamiento – alargamiento $\leq 35\%$. Coeficiente de pulimento acelerado ≥ 0.45 $T_{m\acute{a}x.} = 19$ mm. $P_g = 0\%$ - 5% .
	TSS-2			Ídem. $T_{m\acute{a}x.} = 12.5$ mm. $P_4 = 0\%$ - 15% . $P_g = 0\%$ - 5% .
	TSD-1			Ídem. $T_{m\acute{a}x.} = 25$ mm. $P_4 = 0\%$ - 5% .
	TSD-2			Ídem. $T_{m\acute{a}x.} = 19$ mm. $P_g = 0\%$ - 5% .
	TSD-3			Ídem. $T_{m\acute{a}x.} = 12.5$ mm. $P_g = 0\%$ - 5% .
	TSD-4	Ídem. $T_{m\acute{a}x.} = 9.5$ mm. $P_{1g} = 0\%$ - 5% .		
Símbolo	Código	Artículo INV	Material	Especificaciones
	MDF-1	INV 440 – 96 Mezcla densa en frío	Triturado	Emulsi3n: CRL-1 o CRL-1h. Agua: pH de 5.5 a 8.0 y $SO_4 \leq 1$ g / litro. Agregado: Trituraci3n $\geq 75\%$. Desgaste $\leq 40\%$ (base) o $\leq 30\%$ (rodadura). Solidez = 12% o 18% . Índice de aplanamiento – alargamiento $\leq 35\%$. Coeficiente de pulimento acelerado ≥ 0.45 . E.A. $\geq 50\%$, NP. $T_{m\acute{a}x.} = 37.5$ mm. $P_4 = 45\%$ - 60% . $P_{200} = 3\%$ - 8% .
	MDF-2			Ídem. $T_{m\acute{a}x.} = 25$ mm. $P_4 = 47\%$ - 62% . $P_{200} = 3\%$ - 8% .
	MDF-3			Ídem. $T_{m\acute{a}x.} = 19$ mm. $P_4 = 50\%$ - 65% . $P_{200} = 3\%$ - 8% .
	MDC-1	INV 450 – 96 Mezcla densa en caliente	Triturado	Cemento asfáltico: 60 – 70 u 80 – 100. Agregado: Trituraci3n $\geq 75\%$. Desgaste $\leq 40\%$ (base) o $\leq 30\%$ (rodadura). Solidez = 12% o 18% . Índice de aplanamiento – alargamiento $\leq 35\%$. Coeficiente de pulimento acelerado ≥ 0.45 . E.A. $\geq 50\%$, NP. $T_{m\acute{a}x.} = 25$ mm. $P_4 = 43\%$ - 54% . $P_{200} = 4\%$ - 8% .
	MDC-2			Ídem. $T_{m\acute{a}x.} = 19$ mm. $P_4 = 51\%$ - 68% . $P_{200} = 4\%$ - 8% .
	MDC-3			Ídem. $T_{m\acute{a}x.} = 9.5$ mm. $P_4 = 65\%$ - 87% . $P_{200} = 5\%$ - 10% .

Fuente: Montejo, 2002

- **Vía 5: Carrera 7 Barrios El Bambo Y La Coruña**

Una vez se realizó el aforo vehicular se procedió a determinar el tránsito promedio diario (TPD), para poder escoger la categoría de la vía, de acuerdo con la metodología de diseño a partir de este se establece la categoría de la vía, por medio de la siguiente tabla.

Tabla 67.

Categoría de la vía.

Categoría de la vía				
	I	II	III	Especial
Descripción	Autopistas interurbanas caminos interurbanos principales	Colectoras interurbanas caminos rurales e industriales principales	Caminos rurales con tránsito mediano caminos estratégicos	Pavimentos especiales e innovaciones
Importancia	Muy importante	Importante	Poco importante	Importante a poco importante
Tránsito promedio diario	> 5000	1000 – 10000	< 1000	< 10000

Fuente. (Ministerio de Transporte, 1998)

La vía 1 tiene un tránsito promedio diario (TPD) de 4822 veh/día por lo cual la vía clasifica en la categoría II.

Categoría de la vía: II

Periodo de diseño

De acuerdo a la categoría de la vía se adopta el período de diseño.

Tabla 68.

Periodo de diseño.

Categoría de la vía	Periodo de diseño estructural (años)	
	Rango	Recomendado
I	10 - 30	20
II	10 - 20	15
III	10 - 20	10
Especiales	7 - 20	10 – 15

Fuente. (Ministerio de Transporte, 1998)

Periodo de diseño: 15 años

✓ Estimación del tránsito de diseño

El número de ejes equivalentes para el período de diseño en la vía 1 es de 5.47×10^6 los cuales se deben corregir para garantizar una confiabilidad del 90% empleando la siguiente ecuación:

$$N' = 1.159 * N$$

Al aplicar la anterior ecuación se obtiene un número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas de 6.34×10^6 , con este valores se ingresa a la siguiente tabla y se determina el rango de tránsito que corresponde para la vía en estudio:

Tabla 69.

Rangos de tránsito.

Designación	Rangos de tránsito acumulado por carril de diseño
T1	0.5 - 1 * 10^6
T2	1 - 2 * 10^6
T3	2 - 4 * 10^6
T4	4 - 6 * 10^6
T5	6 - 10 * 10^6
T6	10 - 15 * 10^6
T7	15 - 20 * 10^6
T8	20 - 30 * 10^6
T9	30 - 40 * 10^6

Fuente. (Ministerio de Transporte, 1998)

Finalmente se obtiene que el rango de tránsito para el diseño de la estructura la vía 1.

Rango de tránsito: T5

✓ Factores ambientales y climáticos

Según el manual de diseño de pavimentos asfálticos de vías con medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS el país se divide en seis regiones climáticas determinadas por condiciones particulares de temperatura y precipitación de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 70.

Regiones climáticas de Colombia.

No	Región	Temperatura TMAP (°C)	Precipitación media anual (mm)
R1	Fría seca y fría semihúmeda	< 13	< 2000
R2	Templado seco y templado semihúmedo	13 – 20	< 2000
R3	Cálido seco y cálido semihúmedo	20 – 30	< 2000
R4	Templado húmedo	13 – 20	2000 – 4000
R5	Cálido húmedo	20 – 30	2000 – 4000
R6	Cálido muy húmedo	20 - 30	> 4000

Fuente. (Ministerio de Transporte, 1998)

Temperatura entre 13°C y 20 °C y Precipitación media anual menor a 2000 mm,
Región: templado seco y templado semihúmedo.

Clasificación de la región: R2

✓ Sectorización y Caracterización de diseño de la subrasante

De acuerdo a la sectorización la clasificación del material de apoyo equivalente de acuerdo a los rangos establecidos en el manual del INVIAS que se muestran a continuación:

Tabla 71.

Valores de resistencia de la subrasante.

Categoría	Intervalo de Módulo Resiliente (kg/cm ²)	Intervalo de CBR (%)
S1	300 – 500	3 ≤ CBR < 5
S2	500 – 700	5 ≤ CBR < 7
S3	700 – 1000	7 ≤ CBR < 10
S4	1000 – 1500	10 ≤ CBR < 15
S5	> 1500	CBR ≥ 15

Fuente. (Ministerio de Transporte, 1998)

El valor relativo de soporte del suelo CBR que es de 8,6%.

El módulo de cada capa se obtiene a partir de la siguiente correlación con base en el CBR:

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

En el segundo caso se utiliza directamente el valor obtenido del ensayo de CBR.

Categoría de Subrasante: S3

✓ Variables consideradas en el diseño

Las diferentes variables consideradas en el presente diseño son las siguientes:

Tabla 72.

Variables consideradas para el diseño

VARIABLES CONSIDERADAS				
Categoría de la vía	Periodo de diseño	Rango de tránsito	Clasificación de la región	Categoría de Subrasante
II	15 años	T5	R2 (templado seco y templado semihúmedo)	S3

Fuente: Autores, 2018

✓ Diseño de la estructura de pavimento flexible

La carta aplicable para el diseño de la estructura de pavimento según los datos mencionados anteriormente es la No.2, de la cual las estructuras resultantes son:

Tabla 73.

Carta de diseño N° 2

$\frac{Mr \text{ (kg/cm}^2\text{)}}{N_{6.2} (10^6)}$	S1 300 < Mr < 500		S2 500 ≤ Mr < 700			S3 700 ≤ Mr < 1000			S4 1000 ≤ Mr < 1500			S5 Mr > 1500			
	T4 4 < N _{8.2} ≤ 6	MDC-2: 10 BG-2: 30 SBG-1: 45	MDC-2: 10 BEE-1: 15 BEE-2: 10 SBG-1: 35	MDC-2: 10 BG-2: 20 SBG-1: 40	MDC-2: 7.5 BEE-2: 10 BEE-2: 10 SBG-1: 35 BEC: 30	MDC-2: 10 BG-2: 20 SBG-1: 40	MDC-2: 10 BEE-2: 10 BG-2: 20 SBG-1: 35 BEE-2: 10 BEC: 30	MDC-2: 10 BG-2: 15 SBG-1: 35	MDC-2: 7.5 BEE-2: 10 BG-2: 15 SBG-1: 30 BEE-2: 10 BEC: 30	MDC-2: 10 BG-2: 15 SBG-1: 25	MDC-2: 7.5 BEE-1: 15 SBG-1: 25 BEE-2: 10 BEC: 20	MDC-2: 10 BG-2: 15 SBG-1: 15	MDC-2: 7.5 BEE-1: 15 BEE-2: 10 SBG-1: 15	MDC-2: 10 BG-2: 15 SBG-1: 15	MDC-2: 7.5 BEE-1: 15 BEE-2: 10 SBG-1: 15
T5 6 < N _{8.2} ≤ 10	MDC-2: 12 BG-2: 30 SBG-1: 45	MDC-2: 10 BEE-1: 15 BEE-2: 10 SBG-1: 45	MDC-2: 10 BG-2: 25 SBG-1: 40	MDC-2: 10 BEE-2: 10 BEE-2: 10 SBG-1: 35 BEC: 30	MDC-2: 10 BG-2: 25 SBG-1: 40	MDC-2: 10 BEE-2: 10 BG-2: 20 SBG-1: 35 BEE-2: 10 BEC: 30	MDC-2: 10 BG-2: 20 SBG-1: 25	MDC-2: 7.5 BEE-1: 15 SBG-1: 30 BEE-2: 10 BEC: 20	MDC-2: 10 BG-2: 20 SBG-1: 25	MDC-2: 7.5 BEE-1: 15 SBG-1: 30 BEE-2: 10 BEC: 20	MDC-2: 10 BG-2: 20 SBG-1: 20	MDC-2: 7.5 BEE-1: 15 SBG-1: 20 BEE-2: 10 BEC: 15	MDC-2: 10 BG-2: 15 SBG-1: 20	MDC-2: 7.5 BEE-1: 15 SBG-1: 20 BEE-2: 10 BEC: 15	MDC-2: 10 BG-2: 15 SBG-1: 15
T6 10 < N _{8.2} < 15	MDC-2: 12 BG-1: 35 SBG-1: 45	MDC-2: 10 BEE-1: 15 BEE-1: 15 SBG-1: 45	MDC-2: 12 BG-2: 25 SBG-1: 45	MDC-2: 10 BEE-1: 15 BEE-2: 10 SBG-1: 35 BEC: 35	MDC-2: 12 BG-2: 25 SBG-1: 45	MDC-2: 10 BEE-2: 10 BG-2: 20 SBG-1: 40 BEE-2: 10 BEC: 30	MDC-2: 10 BG-2: 20 SBG-1: 30	MDC-2: 7.5 BEE-1: 15 1-GBS: 50 BEE-2: 10 BEC: 25	MDC-2: 10 BG-2: 20 SBG-1: 30	MDC-2: 7.5 BEE-1: 15 1-GBS: 50 BEE-2: 10 BEC: 25	MDC-2: 10 BG-1: 15 SBG-1: 25	MDC-2: 7.5 BEE-1: 15 1-GBS: 50 BEE-2: 10 BEC: 20	MDC-2: 10 BG-1: 15 SBG-1: 25	MDC-2: 7.5 BEE-1: 15 1-GBS: 50 BEE-2: 10 BEC: 20	MDC-2: 10 BG-2: 15 SBG-1: 20

Fuente: Montejo, 2002

Alternativa 1

MDC-2 = 10 cm

BG-2 = 20 cm

SBG-1 = 35 cm

Alternativa 2

MDC-2 = 7.5 cm

BEE-2 = 10 cm

BEE-2 = 10 cm

SBG-1 = 35 cm

Alternativa 3

MDC-2 = 10 cm

BG-2 = 20 cm

BEC = 30 cm

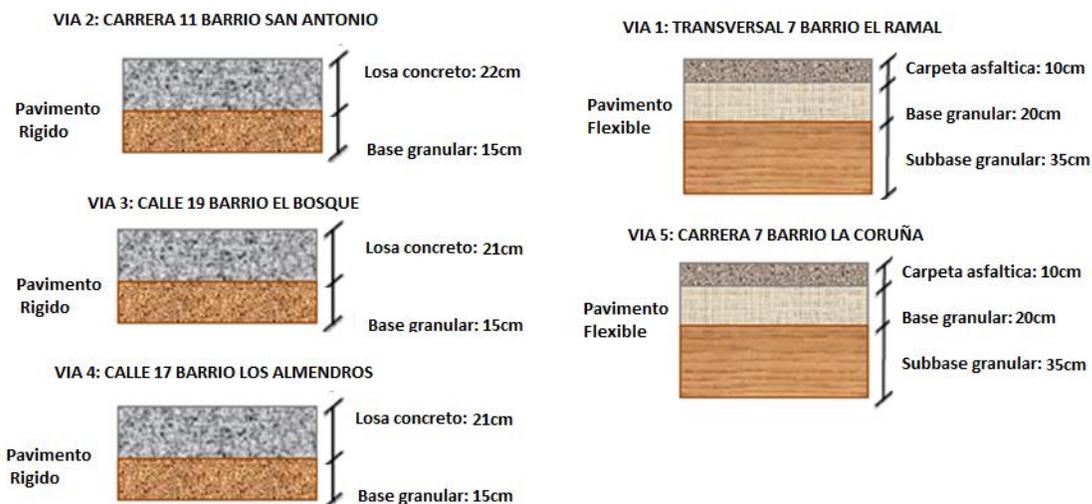


Figura 5. Esquemas representativos de la estructura de los pavimentos

Fuente: Autores, 2018

4.5. Evaluación de variables que inciden en la afectación de la estructura del pavimento.

Según las condiciones geotécnicas del suelo en la zona de estudio se encontraron características similares de CBR y acuerdo a la metodología se hizo necesario verificar que la capacidad de soporte del material que será considerado como subrasante alcance un valor mayor al 3% como resultado del ensayo de CBR definido en las especificaciones INVIAS, lo cual se cumplió ya que los suelos en estudio tienen CBR mayores al 3%.

De igual forma, para una vía que tenga pavimento rígido o flexible es necesario que su estructura soporte el deterioro de cada uno de sus componentes y de garantía de su funcionamiento durante el periodo para el cual se diseñó. Para ampliar la vida útil de los pavimentos y mejorar su uso, se debe realizar una excelente selección de los componentes que conformaran la estructura del pavimento, en este caso, las características ideales de la subrasante que se va a utilizar para la construcción de las vías son suelos con $CBR > 3\%$, los suelos encontrados de subrasante de las vías en estudio son suelos cuyos CBR oscilan entre 6.6% y

8.6%, donde la vía 1 tiene un CBR de 7.6%, la vía 2 un CBR de 6.6%, la vía 3 un CBR de 7.8%, la vía 4 un CBR de 7.1% y la vía 5 un CBR de 8.6%, es decir que se consideran como materiales aptos para las capas de la subrasante. Por otro lado en el análisis granulométrico se pudo observar que los suelos de cada una de las muestras en estudio son arenas arcillosas, los cuales corresponden a los de una subrasante regular a buena.

El tránsito es otra variable que se debe evaluar debido a que también incide en la afectación de la estructura del pavimento, el diseño de la estructura del pavimento depende principalmente de la capacidad portante del suelo, pero además del número de ejes equivalentes de 8.2 ton y el tránsito promedio diario (TPD). El deterioro continuo de la estructura del pavimento en una determinada vía, ha llevado a la realización de estudios de tránsito como aforos vehiculares, con los que se busca conocer la cantidad de vehículos que por ella transitan y el daño que estos le ocasionan, para así diseñar la estructura de pavimento adecuada para cada vía.

Por otro lado, se verificó que en la zona estudiada se cuenta con estructura de pavimento, pero para el diseño de las mismas es probable que no se tuviera en cuenta los datos de CBR y de tránsito, ya que el espesor que tienen actualmente los pavimentos de estas vías no son los adecuados

Basados en el tema de las características geotécnicas y geológicas y el estudio de tránsito se determinó que ciertas estructuras no presentaban un apropiado diseño, de acuerdo con esto se realizaron los análisis y estudios necesarios y se establecieron los diseños adecuados de las estructuras del pavimento, una de las variables a evaluar más importante es el diseño de los pavimentos y como se mencionó anteriormente sin importar que el pavimento sea rígido o flexible, su diseño depende principalmente de la capacidad portante del suelo (CBR) donde estará apoyada la estructura, el número de ejes equivalentes de 8.2 ton y el tránsito promedio diario (TPD), partiendo de ahí, para el caso de la vía 1, que actualmente esta vía tiene un espesor para la

capa de rodadura de 5 cm el cual no es el espesor adecuado y teniendo en cuenta que el CBR que tiene el suelo de esta zona es de 7.6% y que para un tránsito promedio diario de 1123 veh/día el diseño de pavimento flexible por el método INVIAS para un periodo de diseño de 15 años y cumpliendo con ciertas características técnicas arrojó un espesor para la capa de rodadura de 10 cm, base granular de 15 cm y una subbase granular de 30 cm, los cuales son los espesores adecuados para esta vía de acuerdo a las condiciones geotécnicas y tráfico de la misma (Ver figura 5).

En el caso de la vía 2, esta vía presenta un espesor de losa de 10 cm el cual no es el espesor adecuado, teniendo en cuenta que el CBR que tiene el suelo de esta zona es de 6.6% y que para un número de ejes equivalentes de 8.2 ton de 3106826,9 el diseño de pavimento rígido por el método INVIAS para un periodo de diseño de 20 años y cumpliendo con ciertas características técnicas arrojó un espesor para la losa de 22 cm y una base granular de 15 cm, el cual es el espesor adecuado para esta vía de acuerdo a las condiciones geotécnicas y tráfico de la misma (Ver figura 5).

Para la vía 3, esta vía presenta un espesor de losa de 7 cm el cual no es el espesor adecuado, teniendo en cuenta que el CBR que tiene el suelo de esta zona es de 7.8% y que para un número de ejes equivalentes de 8.2 ton de 279279.2 el diseño de pavimento rígido por el método INVIAS para un periodo de diseño de 20 años y cumpliendo con ciertas características técnicas arrojó un espesor para la losa de 21 cm y una base granular de 15 cm, el cual es el espesor adecuado para esta vía de acuerdo a las condiciones geotécnicas y tráfico de la misma (Ver figura 5).

La vía 4 presenta un espesor de losa de 17 cm el cual no es el espesor adecuado, teniendo en cuenta que el CBR que tiene el suelo de esta zona es de 7.8% y que para un número de ejes equivalentes de 8.2 ton de 1440162,2 el diseño de pavimento rígido por el método INVIAS para

un periodo de diseño de 20 años y cumpliendo con ciertas características técnicas arrojó un espesor para la losa de 21 cm y una base granular de 15 cm, el cual es el espesor adecuado para esta vía de acuerdo a las condiciones geotécnicas y tráfico de la misma (Ver figura 5).

Para el caso de la vía 5, actualmente esta vía tiene un espesor para la capa de rodadura de 7 cm el cual no es el espesor adecuado, teniendo en cuenta que el CBR que tiene el suelo de esta zona es de 8.6% y que para un tránsito promedio diario de 4228 veh/día el diseño de pavimento flexible por el método INVIAS para un periodo de diseño de 15 años y cumpliendo con ciertas características técnicas arrojó un espesor para la capa de rodadura de 10 cm, base granular de 20 cm y una subbase granular de 35 cm, los cuales son los espesores adecuados para esta vía de acuerdo a las condiciones geotécnicas y tráfico de la misma (Ver figura 5).

Tabla 74.

Resumen de parámetros de diseño y espesores calculados por el Método INVIAS para pavimentos rígidos.

Resumen de parámetros de diseño y espesores calculados por el Método INVIAS para pavimentos rígidos.										
Vía	TPD (Veh/día)	Ejes acumulados de 8.2t	Categoría de la vía	CBR (%)	Subrasante	Transferencia y confinamiento	Material de soporte	Concreto	Espesor losa (cm)	Espesor actual (cm)
2	1641	3106826,9	T2	6.60	S3	D y B	BG	MR1	22	10
3	561	279279.2	T0	7.80	S3	D y B	BG	MR1	21	7
4	1090	1440162,2	T1	7.10	S3	D y B	BG	MR1	21	17

Fuente: Autores, 2018

Tabla 75.

Resumen de parámetros de diseño y espesores calculados por el Método INVIAS para pavimentos flexibles.

Resumen de parámetros de diseño y espesores calculados por el Método INVIAS para pavimentos flexibles.											
Vía	TPD (Veh/día)	Categoría de la vía	N	N'	Rango del tránsito	Clasificación de la región	CBR (%)	Subrasante	Material de soporte	Espesor capa de rodadura (cm)	Espesor capa de rodadura actual (cm)
1	1123	II	1.93x10 ⁶	2.24x10 ⁶	T3	R2	7.6	S3	BG	10	5
5	4228	II	5.47x10 ⁶	6.34x10 ⁶	T5	R2	8.6	S3	BG	10	7

Fuente: Autores, 2018

Otra variable que se tuvo en cuenta para realizar la evaluación de la afectación encontrada en la estructura del pavimento, es el drenaje de la vía, en el cual el bombeo y el peralte juegan un papel importante ya que tienen por objeto facilitar el escurrimiento superficial del agua. Se pudo apreciar en las tablas 3, 5, 7, 9 y 11, que la mayoría de los bombeos que tienen las vías analizadas no cumplen con los bombeos requeridos por el INVIAS el cual requiere que las vías tengan un bombeo ideal del 2%, en cuanto a las vías que tienen curvas la mayoría cumple con el peralte máximo exigido por el INVIAS que es un peralte máximo del 8%, en lo que se refiere a las pendientes longitudinales, Ocaña cuenta con un terreno montañoso en casi todo su territorio para el cual se tienen pendientes longitudinales predominantes entre seis y ocho por ciento (6% - 8%), pero también se tienen terrenos planos donde sus pendientes longitudinales son normalmente menores de tres por ciento (3%), en las tablas 4, 6, 8, 10 y 12 se puede ver que la mayoría de las pendientes longitudinales que debe tener el pavimento no cumplen con las pendientes establecidas de acuerdo al tipo de terreno consideradas por el INVIAS. Por último se recomienda que la estructura de pavimentos esté protegida con un sistema de drenaje adecuado el cual que permita garantizar el control de la humedad de la subrasante.

El mantenimiento vial es la última variable que se consideró, para el cual es preciso programar los trabajos de mantenimiento necesarios para lograr que los pavimentos perduren el tiempo para el que han sido proyectados y que alcancen los niveles de serviciabilidad y beneficios establecidos. Para lograr esto es indispensable que se cuente con un programa de conservación apropiado por lo que se debe implementar planes de mantenimiento rutinario, periódico, preventivo y correctivo. Como se puede ver en las tablas 13, 14, 15, 16 y 17 de manera detallada se muestran las diferentes fallas presentes en el pavimento en función de la clase de daño, sus causas, evolución probable, tipo de reparación, su severidad y área de afectación, muchas de estas fallas han sido causadas por falta de mantenimiento en el pavimento, las mayores fallas que se presentan son de tipo Bache (BCH) y Grieta en bloque (GB).

Entre los mantenimientos que se deben realizar para evitar que el pavimento se deteriore están el mantenimiento rutinario, el mantenimiento periódico, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo, el primero tiene una frecuencia de un año y comprende principalmente las reparaciones pequeñas desde el día siguiente de la puesta en servicio de la vía como bacheo con mezcla previa, bacheo en tratamiento superficial, sello localizado, perfilado de plataforma, bacheo de plataforma, perfilado de banquina, bacheo de banquina, limpieza de alcantarillas, corte de vegetación, mantenimiento de puentes, mantenimiento y confección de cunetas, colocación de defensas y limpieza de señales; el segundo tiene una frecuencia de más de un año, generalmente cinco años y comprende principalmente las reparaciones grandes, para prevenir fallas de consideración en la carretera y se hace en pavimentos en condiciones de funcionamiento, entre las actividades a seguir para evitar este deterioro están: sellado de grietas aisladas, bacheo superficial aislado y bacheo profundo aislado; el tercero son acciones destinadas a prevenir fallas antes que existan, todas las actividades concernientes a este tipo de mantenimiento surgen de las inspecciones realizadas por los responsables por el mantenimiento de las vías; y el último

comprende todas las actividades que tienen como objetivo corregir las fallas de mediana y alta severidad que presentan las vías y que por lo tanto requieren intervención inmediata o a corto plazo, con fin de devolverles las buenas condiciones de servicio, las actividades que hacen parte del mantenimiento correctivo están actividades como la reparación de las losas falladas que afectan la movilidad, o el reemplazo de las carpetas asfálticas deterioradas.

Como se puede observar en las tablas 13, 14, 15, 16 y 17 todos los tipos de reparaciones que se deben realizar, hacen parte de los trabajos de mantenimiento necesarios para que el pavimento tenga buenas condiciones de servicio, es por ello la importancia de programar planes de mantenimiento.

4.6. Presupuesto para la pavimentación de las vías principales.

Teniendo en cuenta que al momento de realizar el reconocimiento y verificación en la zona estudiada se pudo observar que cuenta con estructura de pavimento, pero para el diseño de las mismas es probable que no se tuviera en cuenta los datos de CBR y de tránsito, ya que el espesor que tienen actualmente los pavimentos de estas vías no son los adecuados, además para cada una de las vías se tomaron datos de bombeos, peraltes y pendientes longitudinales, que nos permiten determinar las condiciones geométricas de las mismas y se pudo apreciar que la mayoría de los bombeos que tienen las vías analizadas no cumplen con los bombeos requeridos por el INVIAS, en lo que se refiere a las pendientes longitudinales, Ocaña cuenta con terrenos montañosos y planos para los que el INVIAS ya tiene establecidas las pendientes longitudinales ideales para las vías, de acuerdo a eso se pudo observar que la mayoría de las pendientes longitudinales que deben tener los pavimentos no cumplen con las pendientes establecidas de acuerdo al tipo de terreno, con la realización de la inspección visual en el recorrido por el área del pavimento en estudio también se pudo notar la gran cantidad de deterioros y fallas existentes en

este pavimento , donde las mayores fallas que se presentan son de tipo Bache (BCH) y Grieta en bloque (GB), por otro lado apoyados en el tema de las características geotécnicas y geológicas y el estudio de tránsito se determinó que ciertas estructuras no presentaban un apropiado diseño, de acuerdo con esto se realizaron los análisis y estudios necesarios y se establecieron los diseños adecuados de las estructuras del pavimento (Ver figura 5). Basados en cada uno de los análisis anteriores se decidió hacer la construcción de pavimentos nuevos tanto rígidos como flexibles, debido a que las estructuras existentes en su mayoría no cumplen con los estándares requeridos y no cuentan con buenas condiciones de servicio.

A continuación se muestra el presupuesto necesario para la pavimentación de las vías en estudio, a fin de que estas presten un excelente servicio a sus usuarios durante el periodo para el que se diseñaron.

OBJETO: PAVIMENTACION DE LAS VIAS PRINCIPALES DE LOS BARRIOS EL RAMAL, SAN ANTONIO, EL BOSQUE, LOS ALMENDROS, EL BAMBO Y LA CORUÑA, DEL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER.							
PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO							
No.	ESPECIFICACIONES		DESCRIPCION	UND.	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
	ESP. GENERAL	ESP. PARTICULAR					
REHABILITACION DE PAVIMENTO EXISTENTE							
1							\$ 386,328,621.7
1.1	110.13	110.13P	LOCALIZACION Y REPLANTEO	M2	11,362	\$ 2,358.87	\$ 26,801,480.94
1.2	201.8		DEMOLICION DE PAVIMENTOS RIGIDOS	M2	3,752	\$ 23,586.25	\$ 88,495,625.29
1.3	465.1		CORTE, DEMOLICIÓN PARA REPARACIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE	M3	7,610	\$ 22,744.44	\$ 173,085,203.28
1.4	600.1.1		EXCAVACIÓN VARIAS SIN CLASIFICAR (MECANICA)	M3	5,081	\$ 14,588.95	\$ 74,130,120.37
1.5	600-13	600-13P	EXCAVACIÓN MANUAL SIN CLASIFICAR	M3	992	\$ 24,017.82	\$ 23,816,191.77
2							\$ 191,163,202.7
2.1	310.1		CONFORMACION DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	11,362	\$ 825.91	\$ 9,383,989.42
2.2	330.1		BASE GRANULAR	M3	1,968	\$ 92,376.29	\$ 181,779,213.30
3							\$ 921,323,203.4
3.1	500.2		PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO	M3	798	\$ 530,099.25	\$ 422,798,946.49
3.2	420.2		RIEGO DE IMPRIMACION CON EMULSION ASFALTICA	M2	7,610	\$ 2,374.65	\$ 18,071,792.98
3.3	450.13	450.13P	MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-25 COMPRADA	M3	761	\$ 524,488.50	\$ 399,151,480.71
3.4	672.3		BORDILLO DE CONCRETO VACIADO IN SITU INCLUYE LA PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE APOYO	ML	769	\$ 58,526.94	\$ 45,007,217.90
3.5			SELLO ELÁSTICO PARA JUNTAS A BASE DE POLIURETANO INCLUYE CORDÓN	ML	2,626	\$ 13,823.30	\$ 36,293,765.32
4							\$ 84,629,479.1
4.1	900-13	900-13P	RETIRO DE SOBRESANTES	M3	6,083	\$ 13,912.78	\$ 84,629,479.14
			SUBTOTAL OBRAS				\$ 1,583,444,507
			VALOR TOTAL BASICO DE OBRA (A)				\$ 1,583,444,507
			A.I.U.				\$ 475,033,352
			ADMINISTRACION 21%				\$ 332,523,346
			IMPREVISTOS 4%				\$ 63,337,780
			UTILIDAD 5%				\$ 79,172,225
			PGIO 1,5%				\$ 23,751,668
			VALOR TOTAL DE LA OBRA				\$ 2,082,229,527
NOTA 1: Teniendo en cuenta el Manual de Señalización Vial - Dispositivos para la Regulación del Tránsito en Calles, Carreteras y Ciclorutas de Colombia, adoptado mediante Resolución No. 001050 del 5 de mayo de 2004 del Ministerio de Transporte, se aclara que el aparte de SEÑALIZACIÓN se debe ajustar a todo su contenido, esta señalización debe colocarse desde la orden de iniciación del contrato.				DESCRIPCION		PORCENTAJE	
NOTA 2: El control de tráfico temporal y la señalización provisional necesarios para la ejecución de las obras será por cuenta y riesgo del proponente y/o contratista.				ADMINISTRACION	A=	21%	
NOTA 3: Se debe tener en cuenta que el PRECIO UNITARIO incluye el valor de A.I.U.				IMPREVISTOS	I=	4%	
NOTA 4: Las OBRAS COMPLEMENTARIAS y/o ADICIONALES incluyen las obras ambientales del PAGA, las cuales se pagarán por precios unitarios, previamente revisados y aprobados por la Interventoría, y revisados por la Subdirección de Medio Ambiente y Gestión Social y la Unidad Ejecutora respectiva.				UTILIDAD	U=	5%	
NOTA 5: Cuando la fracción decimal del peso sea igual o superior a 5 se aproximará por exceso al número entero siguiente del peso y cuando la fracción decimal del peso sea inferior a 5 se aproximará por defecto al número entero del peso.				TOTAL A.I.U.	A.I.U.	30%	

La descripción de análisis de precios unitarios (APU) se encuentra en el apéndice 13.

Conclusiones

El trabajo correspondiente a la localización topográfica de los sectores en estudio en el presente documento, determinaba las condiciones geométricas de las diferentes vías, evaluando características tales como; bombeos, peraltes y pendientes longitudinales, en donde se estableció que la mayoría de las vías analizadas en relación a la primera característica como lo es el bombeo, no cumplen con los establecidos en la normatividad del Instituto Nacional de Vías- INVIAS, de igual manera se estableció que los peraltes de las vías cumplen con el valor máximo exigido por la Norma, y en lo referente a las pendientes longitudinales de cada vía, se pudo observar que la mayoría de ellas no cumplen con lo establecido, teniendo como variable de análisis la tipología del terreno.

Al momento de llevar a cabo la inspección visual, se observa que las vías 3, 4 y 5 se encuentran con un alto grado de afectación y corresponden a pavimentos rígidos, mientras que en las vías 1 y 5 el grado de afectación es menor y corresponden a pavimentos flexibles, las mayores fallas que se presentan son de tipo bache y grieta en bloque abarcando áreas aproximadas de 23.41m² y 27.57 m² de las vías respectivamente, además las fallas presentes en la estructura del pavimento son de severidad media y alta.

En general el estado actual de la red vial evaluada en estos barrios es deficiente, tanto en el aspecto funcional como en el estructural, por lo que es necesario actuar prontamente para evitar que estas continúen deteriorándose, y en algunos casos sigan incomodando y afectando a los usuarios de la vía, perjudicando directamente la economía del sector y el desarrollo social del mismo.

De acuerdo con los resultados de los estudios geológicos y geotécnicos realizados en la zona de estudio, se estableció que la subrasante tiene una buena capacidad portante, con CBR que oscilan entre 6.6% y 8.6%, por lo cual para la intervención que se deberá realizar, no es necesario realizar un mejoramiento de la subrasante de cada una de las vías analizadas. Es importante definir una larga vida útil de los pavimentos, mejorando su uso, se debe realizar una excelente selección de los componentes que conformaran la estructura del pavimento; las características ideales de la subrasante que se debe utilizar para la construcción de las vías son suelos con CBR > 3%, lo cual se verificó con las especificaciones INVIAS, y como resultado se obtuvo que los suelos cumplen según lo analizado en este aspecto.

El conteo vehicular determino un tránsito promedio diario en rangos de 561 a 4228 Veh/día, clasificándolas en vías secundarias medias y altas, donde el tipo de vehículos que más transita en estas, es el liviano (automóviles), además de identificar la vía 5 con más flujo vehicular, con un porcentaje de 87.50% de vehículos livianos, 9.96% de buses y 2.55% de camiones.

Una vez se realizó los diseños estructurales de los pavimentos rígidos y flexibles por el método INVIAS correspondiente y un periodo de diseño de 20 años para pavimentos rígidos y 15 años para pavimentos flexibles, se concluye que la estructura más competente para la vía 1 debe tener un espesor para la capa de rodadura de 10 cm, base granular de 15 cm y una subbase granular de 30 cm, para la vía 2 un espesor para la losa de 22 cm y una base granular de 15 cm, para la vía 3 un espesor para la losa de 21 cm y una base granular de 15 cm, para la vía 4 un espesor para la losa de 21 cm y una base granular de 15 cm y por ultimo para la vía 5 un espesor para la capa de rodadura de 10 cm, base granular de 20 cm y una subbase granular de 35 cm, los

cuales son los espesores adecuados para estas vías de acuerdo a las condiciones geotécnicas y tráfico de cada una.

Los pavimentos que se encuentran en la zona de estudio, tanto rígidos como flexibles, no poseen los espesores adecuados, tampoco cumplen con las condiciones geométricas mínimas y el deterioro superficial de los pavimentos presentan un alto grado, por estas razones se decidió realizar la construcción de pavimentos nuevos en todas las vías principales y tendrían un costo aproximado de \$2.082.229.527 lo que hace viable la realización de dichas obras.

Recomendaciones

Es indispensable la implementación de planes de mantenimiento de las vías principales de los barrios analizados, para que de esta manera ofrezca una mínima afectación en la movilidad y que reduzca los gastos en la recuperación vial, debido a que en términos económicos es más factible mantener que reparar, garantizando así la vida útil de la estructura del pavimento para la cual fue diseñada.

Es recomendable que se evalúe el estado de las vías frecuentemente, determinando el grado de severidad de los deterioros presentes en ellas, a fin de implementar reparaciones técnicas adecuadas, a través de la implementación de planes de mantenimiento preventivo de las vías.

El deterioro superficial de los pavimentos flexibles y rígidos ubicados en las vías principales de los barrios analizados, también son causados debido a la falta de planes de mantenimiento, ya sean rutinarios, periódicos, preventivos o correctivos establecidos para tal fin, por esta razón es fundamental que las entidades competentes apliquen un mayor control de calidad en la realización de labores regulares, como el bacheo, sello de grietas, tratamientos superficiales que aumenten la vida útil de los pavimentos que se encuentran en buen estado.

Para ampliar la vida útil de los pavimentos y mejorar su uso, se debe realizar una excelente selección de los componentes que conformaran la estructura del pavimento.

El tránsito es otra variable que incide en la afectación de la estructura del pavimento, por ello se recomienda la realización de estudios de tránsito como aforos vehiculares, con los que se busca conocer la cantidad de vehículos que por ella transitan y el daño que estos le ocasionan, para así diseñar la estructura de pavimento adecuada para cada vía.

Es preciso realizar los análisis y estudios necesarios para llevar a cabo el diseño adecuado de la estructura del pavimento, como lo son ensayos para determinar la capacidad portante del suelo (CBR) donde estará apoyada la estructura y estudios de tránsito como aforos vehiculares donde se determina el número de ejes equivalentes de 8.2 ton y el tránsito promedio diario (TPD), ya que el diseño de la estructura del pavimento depende principalmente de estos.

Por último se recomienda que la estructura de pavimentos esté protegida con un sistema de drenaje adecuado el cual que permita garantizar el control de la humedad de la subrasante.

Para el proceso constructivo de los pavimentos, se recomienda seguir con rigurosidad las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVÍAS y el control de calidad de materiales y de procedimientos constructivos también deberán ceñirse a la normas.

El Municipio debería dar un control estricto a las intervenciones de las vías de la ciudad que realizan tanto empresas públicas como privadas; para regular la calidad de los trabajos y los tiempos de entrega de estas obras.

Se deben crear programas que respondan al deterioro del pavimento que es característico al hacer uso de ellos y planear reparaciones a futuro de acuerdo con su comportamiento. En la actualidad las reparaciones a las vías surgen como una respuesta urgente del estado avanzado de deterioro en que se encuentran, haciendo que las soluciones tengan elevados costos de ejecución. Sin embargo, estas soluciones pueden ser evitadas mediante estrategias de mantenimiento aplicadas en el momento propicio.

Apoyar más el papel académico de las universidades frente a este tema, ya que el conocimiento de los docentes apoyado por la investigación de estudiantes de ingeniería civil, puede ampliar y profundizar en las estrategias de conservación vial, y con mayor sentido, ofrecer este tipo de textos a las administraciones locales de la ciudad que algunas veces no poseen recursos para realizar estas investigaciones.

Referencias

Bonfante, Donnills. Montes, William. (2015). Diagnóstico del estado del pavimento en la red vial del barrio los caracoles en la ciudad de Cartagena. Recuperado de: <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/1547/1/DIAGN%C3%93STICO%20DEL%20ESTADO%20DEL%20PAVIMENTO%20EN%20LA%20RED%20VIAL%20DEL%20BARRIO%20LOS%20CARACOLE%20EN%20LA%20CIUDAD%20DE%20CART.pdf>

Córdoba, E. (2015). Ingeniería de Transito. Recuperado de: http://www.medellin.unal.edu.co/jecordob/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=25&Itemid=169

Cornejo Alvarenga, Néstor E., Velásquez Galdámez William A. (2009). Análisis Comparativo Entre Métodos de Diseño de Estructuras de Pavimento Rígido. Recuperado de: <http://209.239.118.175/biblio/tesis/Ingenieria%20civil/dise%F1o%20estructuraspAVIMENTO%20%20rigido.pdf>

Ecured. (2016). Granulometría. Recuperado de: <http://www.ecured.cu/index.php/Granulometr%C3%ADa>

Fernández, Luis M. (2006). Compactación del Suelo, Ensayos de Penetración y de Desgaste. Recuperado de: http://www.slideshare.net/eddyespinoza92/cbr-los-angeles-29018863?qid=38c6a953-7711-4dbb-9576-33ff70c8c04b&v=qf1&b=&from_search=5

García Calderón, Johana A. Determinación de la Correlación entre el Módulo de Rotura y la Resistencia a la Compresión del Concreto (caso PREVESA) (2010). Recuperado de: http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/962/1/digital_19688.pdf

Malagón, Alfredo. Materiales y Construcción. Construdata. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en:

<http://www.construdata.com/BancoConocimiento/P/pavimentosdrenados/pavimentosdrenados.asp>

Montero, Alfredo. (2015). Reconstrucción de la base hidráulica, carpeta asfáltica con mezcla en caliente del km 0+000 al km 8+000 en el camino: Apazapan- Chahuapan del municipio de Apazapan del estado de Veracruz. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/33659997.pdf>

Lozano, Eduardo. (2005). diagnóstico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva mediante parámetros obtenidos del estudio en fase i de la vía acceso al barrio ciudadela del café – vía la badea. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/743/1/ricardotabaresgonzales.2005.pdf>

REPSOL Glosario de Términos. (2014). Recuperado de: http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/peasfaltos/glosario/default.aspx

Rico Rodríguez, A. y Del Castillo, H. (2005). La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas, Volumen II. Edit. LIMUSA. México.

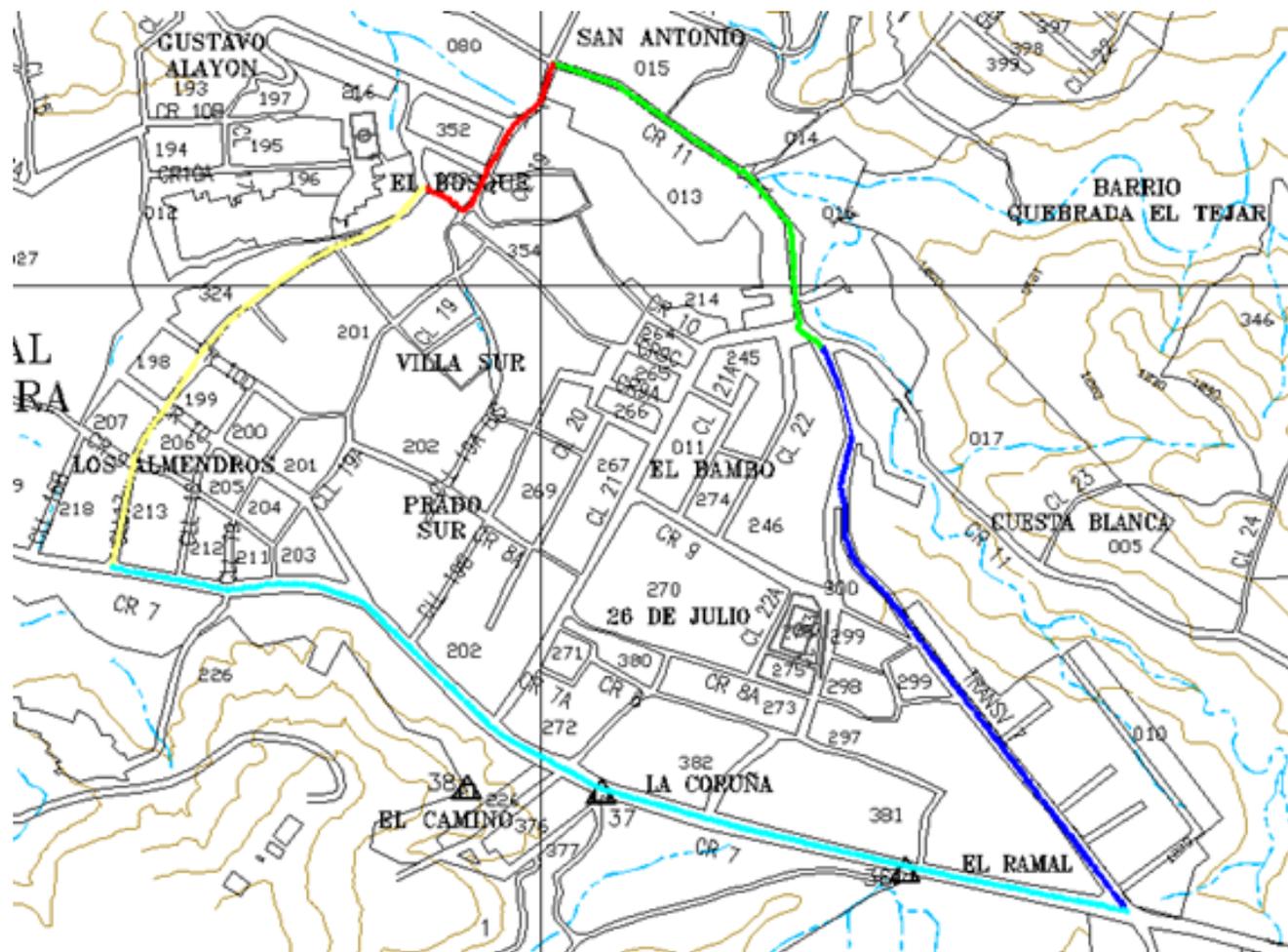
Salager, J. (2007). Granulometría Teoría. Recuperado de: <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S554A.pdf>

Sánchez Sabogal, Fernando. (2005). Glosario de Ingeniería de Pavimentos. Recuperado de: http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/pag_glosario/Glosario/

Saucedo, Artemio. (2010). Concreto hidráulico permeable, una alternativa para la recarga de los mantos acuíferos del valle de México. Recuperado de: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/529/1/A1.pdf>

Apéndices

Apéndice 1. Localización Zona de Estudio



Apéndice 2. Información del número de habitantes Alcaldía Municipal



Secretaría de Planeación

SISBEN

Ocaña, Noviembre 16 de 2017

800-803- 118

Estudiantes

GISELA ANDREA MURGAS ZULETA
SINDY VANESA CONTRERAS SANCHEZ
 Estudiantes UFPSO

Cordial Saludo.

En atención a su solicitud mediante oficio me permito hacerles llegar la información requerida por ustedes para los fines pertinentes.

BARRIOS	N. DE HABITANTES
SAN ANTONIO	303
EL RAMAL	334
EL BOSQUE	501
LOS ALMENDROS	752
EL BAMBO	1260
LA CORUÑA	727

Atentamente,

M. Manosalva
MAGDA CELENA MANOSALVA DE CELIS
 Profesional Universitaria Área del Sisbén

Proyectado por: LUZ MARINA PINO C.
 Revisado por: MAGDA MANOSALVA
 PROFESIONAL UNIVERSITARIA AREA SISBEN

Carrera 12 # 10 - 42 - Ocaña, Norte de Santander
 Teléfono: (7) 5636300 Fax:(7) 5624933

Apéndice 3. Registro fotográfico toma de datos bombeos y peraltes



Apéndice 4. Registro fotográfico Inspección visual de los pavimentos







Apéndice 5. Espesores actuales de pavimentos

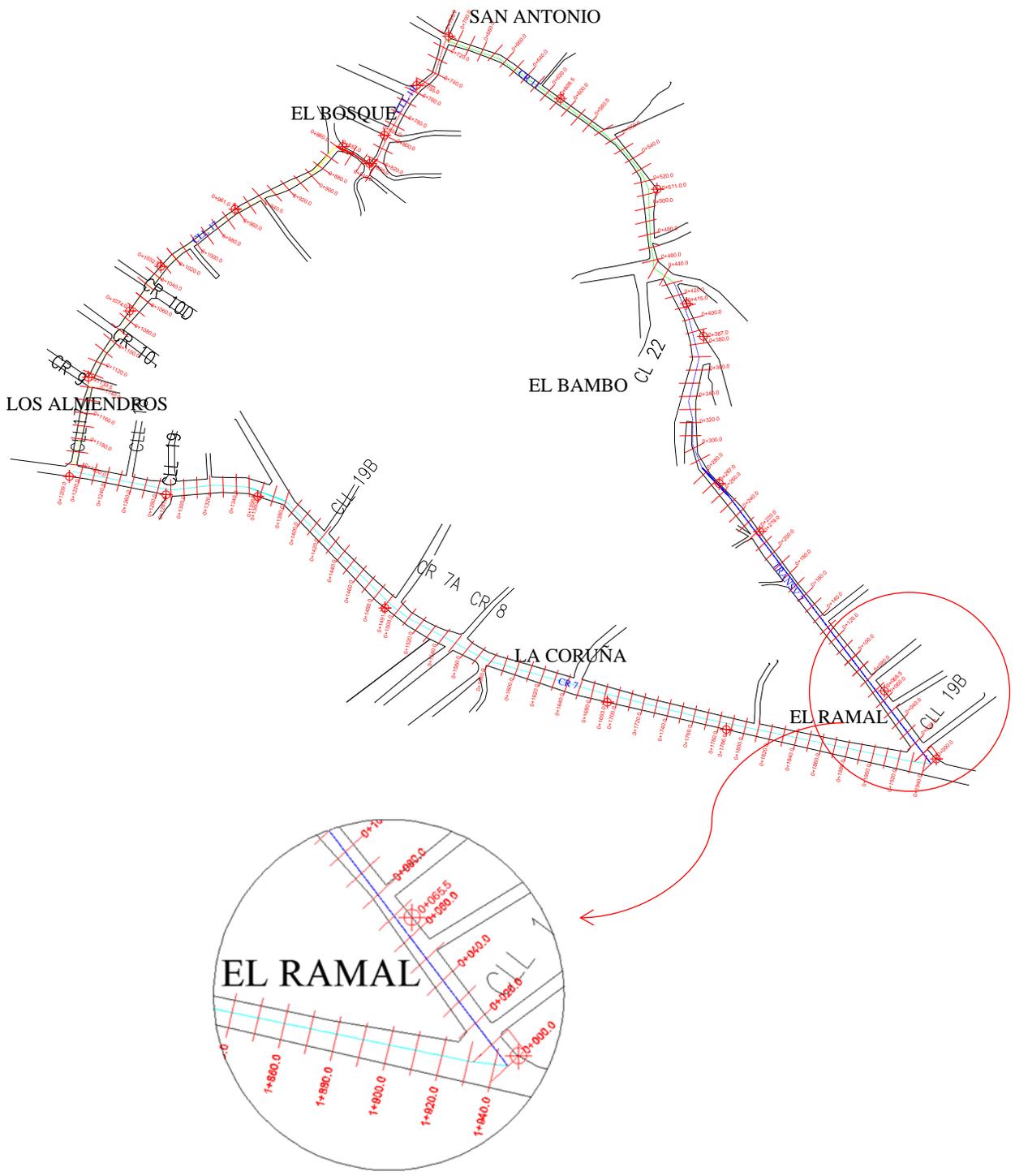


Apéndice 6. Planos

Plano de coordenadas zona de estudio



Plano de abscisado zona de estudio



Apéndice 7. Ensayos de Granulometría y Límites de Atterberg

GRANULOMETRIA-CLASIFICACION				
SECTOR: BARRIO EL RAMAL			APIQUE: 1	
LOCALIZACION: TRANSVERSAL 7			MUESTRA N°: 1	
PROFUNDIDAD: 0.80 m				
GRANULOMETRIA INV-E123-07/ NTC 1522				
Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Pasa
2 1/2"	63.000	Peso retenido (gr)	0.00	100.00
2	50.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	62.93	7.17	92.83
#04	4.750	90.63	10.33	82.50
#10	2.000	167.26	19.06	63.44
#20	0.850	110.44	12.58	50.86
#40	0.425	118.69	13.52	37.33
#100	0.150	115.38	13.15	24.19
#200	0.075	71.20	8.11	16.07
Fondo		141.06	16.07	0.00
PESO TOTAL MUESTRA		877.59		

<p>CLASIFICACION AASHTO A-2-6 I.G. 0 U.S.C. SC GRAVA= 17.50 ARENA= 66.43 FINOS= 16.07</p> <p>DESCRIPCIÓN= Arena arcillosa color amarillo claro con gravas de tamaño máximo de 3/8"</p> <p>D₆₀= D₃₀= D₁₀= C_c= C_u=</p>
--

Curva Granulometrica

Abertura (mm)	% Pasa
63.000	100.00
50.000	100.00
37.500	100.00
25.000	100.00
19.000	100.00
12.500	100.00
9.500	92.83
4.750	82.50
2.000	63.44
0.850	50.86
0.425	37.33
0.150	24.19
0.075	16.07

GRANULOMETRIA-CLASIFICACION

SECTOR:	BARRIO SAN ANTONIO	APIQUE:	2
LOCALIZACION:	CARRERA 11	MUESTRA N°:	2
PROFUNDIDAD:	0.80 m		

GRANULOMETRIA INV-E123-07/ NTC 1522

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Pasa
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	100.00
2	50.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	24.73	1.94	98.06
3/4"	19.000	67.16	5.26	92.80
1/2"	12.500	36.00	2.82	89.98
3/8"	9.500	78.66	6.17	83.81
#04	4.750	112.95	8.85	74.96
#10	2.000	209.07	16.39	58.57
#20	0.850	187.80	14.72	43.85
#40	0.425	148.70	11.65	32.20
#100	0.150	144.79	11.35	20.85
#200	0.075	89.00	6.98	13.87
Fondo		177.00	13.87	0.00
PESO TOTAL MUESTRA	1275.84			

CLASIFICACION

AASHTO A-2-6

I.G. 0

U.S.C. SC

GRAVA= 25.04

ARENA= 61.08

FINOS= 13.87

DESCRIPCIÓN= Arena arcillosa color café oscuro con gravas de tamaño máximo de 1".

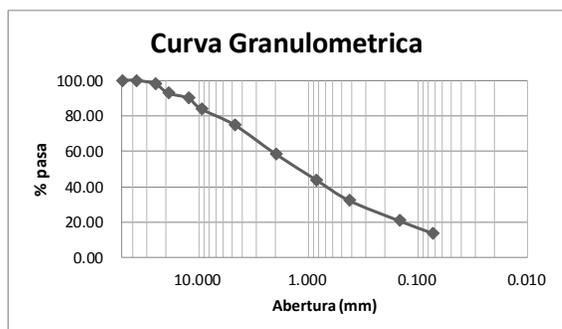
D₆₀=

D₃₀=

D₁₀=

C_c=

C_u=



GRANULOMETRIA-CLASIFICACION

SECTOR:	BARRIO LOS ALMENDROS	APIQUE:	4
LOCALIZACION:	CALLE 17	MUESTRA N°:	4
PROFUNDIDAD:	0.80 m		

GRANULOMETRIA INV-E123-07/ NTC 1522

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gf)	% Retenido	% Pasa
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	100.00
2	50.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	26.97	2.49	97.51
3/4"	19.000	43.26	4.00	93.51
1/2"	12.500	31.30	2.89	90.62
3/8"	9.500	68.40	6.32	84.30
#04	4.750	97.80	9.04	75.26
#10	2.000	181.80	16.80	58.47
#20	0.850	163.30	15.09	43.38
#40	0.425	129.30	11.95	31.43
#100	0.150	125.90	11.63	19.80
#200	0.075	60.40	5.58	14.22
Fondo		153.90	14.22	0.00
PESO TOTAL MUESTRA	1082.33			

CLASIFICACION

AASHTO A-2-6

LG. 0

U.S.C. SC

GRAVA= 24.74

ARENA= 61.04

FINOS= 14.22

DESCRIPCIÓN= Arena arcillosa color café oscuro con gravas de tamaño máximo de 1".

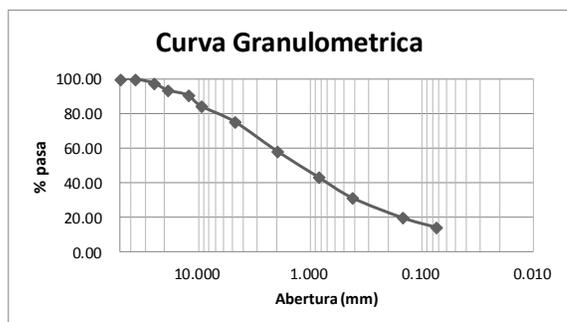
D₆₀=

D₃₀=

D₁₀=

C_c=

C_u=



GRANULOMETRIA-CLASIFICACION

SECTOR:	BARRIO LA CORUÑA	APIQUE:	5
LOCALIZACION:	CARRERA 7	MUESTRA N°:	5
PROFUNDIDAD:	0.80 m		

GRANULOMETRIA INV-E123-07/ NTC 1522

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Pasa
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	100.00
2	50.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	58.40	5.46	94.54
1/2"	12.500	31.30	2.92	91.62
3/8"	9.500	68.40	6.39	85.23
#04	4.750	97.80	9.14	76.10
#10	2.000	181.80	16.98	59.11
#20	0.850	163.30	15.25	43.86
#40	0.425	129.30	12.08	31.78
#100	0.150	125.90	11.76	20.02
#200	0.075	60.40	5.64	14.38
Fondo		153.90	14.38	0.00
PESO TOTAL MUESTRA	1070.50			

CLASIFICACION

AASHTO A-2-6

LG. 0

U.S.C. SC

GRAVA= 23.90

ARENA= 61.72

FINOS= 14.38

DESCRIPCIÓN= Arena arcillosa color café oscuro con gravas de tamaño máximo de 3/4".

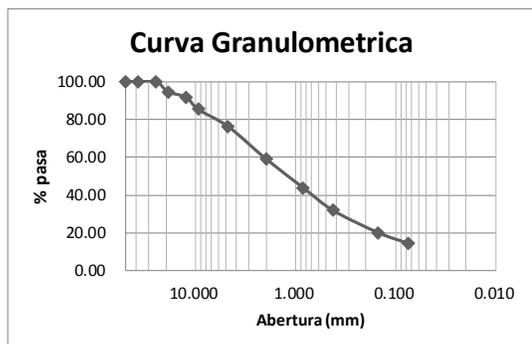
D₆₀=

D₃₀=

D₁₀=

Cc=

Cu=



LIMITES DE CONSISTENCIA

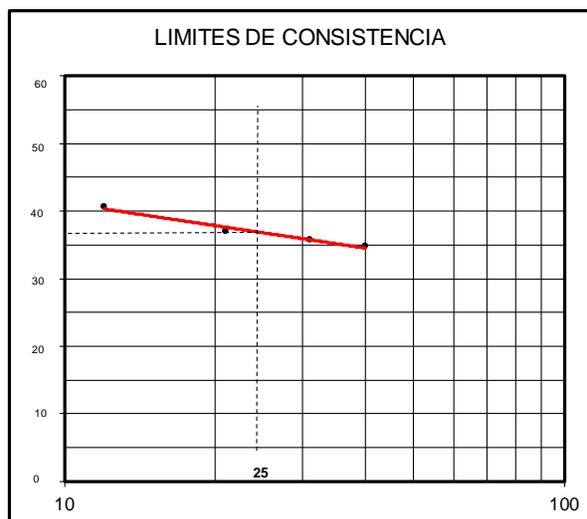
SECTOR: BARRIO EL RAMAL	APIQUE: 1
LOCALIZACION: TRANSVERSAL 7	MUESTRA N°: 1
PROFUNDIDAD: 0.80 m	

LIMITE LIQUIDO - INV - E-125

PRUEBA N°	I	II	III	IV
Recipiente N°	1	2	3	4
Peso del recipiente (grs.)	20.10	16.37	19.50	19.53
Peso recipiente+suelo húmedo (grs.)	46.15	44.47	42.37	47.28
Peso recipiente+suelo seco (grs.)	38.62	36.88	36.35	40.11
Peso del suelo seco (grs.)	18.5	20.5	16.9	20.6
Peso del agua (grs.)	7.5	7.6	6.0	7.2
Contenido de humedad (w%)	40.66	37.01	35.73	34.84
N° de golpes	12	21	31	40

LIMITE PLASTICO - INV - E-126

PRUEBA N°	I	II	III
Recipiente N°	1.00	2.00	
Peso del recipiente (grs.)	9.03	9.30	
Peso recipiente+suelo húmedo (grs.)	14.82	14.59	
Peso recipiente+suelo seco (grs.)	13.79	13.65	
Peso del suelo seco (grs.)	4.76	4.35	
Peso del agua (grs.)	1.03	0.94	
Contenido de humedad (w%)	21.64	21.61	



N° de golpes	Humedad
12	40.7
21	37.0
31	35.7
40	34.8

Límite Líquido (LL) (%) 36.30

Límite Plástico (LP)(%) 21.62

Índice de Plasticidad (Ip)(%) 14.68

Índice de Grupo (IG)

Observaciones

Clasific. U.S.C.S.

Clasific. AASHTO

LIMITES DE CONSISTENCIA

SECTOR: BARRIO SAN ANTONIO	APIQUE: 2
LOCALIZACION: CARRERA 11	MUESTRA N°: 2
PROFUNDIDAD: 0.80 m	

LIMITE LIQUIDO - INV - E-125

PRUEBA N°	I	II	III	IV
Recipiente N°	1	2	3	4
Peso del recipiente (grs.)	19.34	19.43	19.53	19.50
Peso recipiente+suelo húmedo (grs.)	48.46	47.69	44.49	47.53
Peso recipiente+suelo seco (grs.)	40.55	38.72	38.17	42.12
Peso del suelo seco (grs.)	21.2	20.5	16.9	20.6
Peso del agua (grs.)	7.9	7.6	6.0	7.2
Contenido de humedad (w%)	37.28	37.01	35.73	34.84
N° de golpes	16	19	22	35

LIMITE PLASTICO - INV - E-126

PRUEBA N°	I	II	III	IV
Recipiente N°	1	2		
Peso del recipiente (grs.)	8.97	9.03		
Peso recipiente+suelo húmedo (grs.)	15.56	15.32		
Peso recipiente+suelo seco (grs.)	14.48	14.33		
Peso del suelo seco (grs.)	5.51	5.30		
Peso del agua (grs.)	1.08	0.99		
Contenido de humedad (w%)	19.63	18.61		



Nº de golpes	Humedad
16	37.3
19	37.0
22	35.7
35	34.8

Límite Líquido (LL) (%) 36.00

Límite Plástico (LP)(%) 19.12

Índice de Plasticidad (Ip)(%) 16.88

Índice de Grupo(IG)

Observaciones

Clasific. U.S.C.S.

Clasific. AASHTO

LIMITES DE CONSISTENCIA																
SECTOR:	BARRIO EL BOSQUE	APIQUE:	3													
LOCALIZACION:	CALLE 19	MUESTRA N°:	3													
PROFUNDIDAD:	0.80 m															
LIMITE LIQUIDO - INV - E-125																
PRUEBA N°	I	II	III	IV												
Recipiente N°	1	2	3	4												
Peso del recipiente (grs.)	17.89	16.50	19.30	19.53												
Peso recipiente+suelo húmedo (grs.)	50.77	48.92	46.61	52.01												
Peso recipiente+suelo seco (grs.)	42.48	40.57	39.99	44.12												
Peso del suelo seco (grs.)	24.6	20.5	16.9	20.6												
Peso del agua (grs.)	8.3	7.6	6.0	7.2												
Contenido de humedad (w%)	33.68	37.01	35.73	34.84												
N° de golpes	14	25	32	41												
LIMITE PLASTICO - INV - E-126																
PRUEBA N°	I	II	III	IV												
Recipiente N°	1	2														
Peso del recipiente (grs.)	9.30	8.78														
Peso recipiente+suelo húmedo (grs.)	14.08	13.86														
Peso recipiente+suelo seco (grs.)	13.80	13.65														
Peso del suelo seco (grs.)	4.50	4.87														
Peso del agua (grs.)	0.28	0.21														
Contenido de humedad (w%)	6.22	4.31														
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>N° de golpes</th> <th>Humedad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14</td> <td>33.7</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>37.0</td> </tr> <tr> <td>32</td> <td>35.7</td> </tr> <tr> <td>41</td> <td>34.8</td> </tr> </tbody> </table>	N° de golpes	Humedad	14	33.7	25	37.0	32	35.7	41	34.8		
N° de golpes	Humedad															
14	33.7															
25	37.0															
32	35.7															
41	34.8															
				Límite Líquido (LL) (%)	35.00											
				Límite Plástico (LP)(%)	5.27											
				Índice de Plasticidad (Ip)(%)	29.73											
				Índice de Grupo(IG)												
				Observaciones												
				Clasific. U.S.C.S.												
				Clasific. AASHTO												

LIMITES DE CONSISTENCIA

SECTOR: BARRIO LOS ALMENDROS	APIQUE: 4
LOCALIZACION: CALLE 17	MUESTRA N°: 4
PROFUNDIDAD: 0.80 m	

LIMITE LIQUIDO - INV - E-125

PRUEBA N°	I	II	III	IV
Recipiente N°	1	2	3	4
Peso del recipiente (grs.)	18.34	18.43	17.53	18.51
Peso recipiente+suelo húmedo (grs.)	54.27	53.41	53.23	52.95
Peso recipiente+suelo seco (grs.)	45.42	43.37	47.17	44.92
Peso del suelo seco (grs.)	27.1	20.5	16.9	20.6
Peso del agua (grs.)	8.9	7.6	6.0	7.2
Contenido de humedad (w%)	32.70	37.01	35.73	34.84
N° de golpes	13	24	29	43

LIMITE PLASTICO - INV - E-126

PRUEBA N°	I	II	III	IV
Recipiente N°	1	2		
Peso del recipiente (grs.)	9.24	9.30		
Peso recipiente+suelo húmedo (grs.)	17.43	17.16		
Peso recipiente+suelo seco (grs.)	16.22	16.05		
Peso del suelo seco (grs.)	6.98	6.75		
Peso del agua (grs.)	1.21	1.11		
Contenido de humedad (w%)	17.36	16.37		



Nº de golpes	Humedad
13	32.7
24	37.0
29	35.7
43	34.8

Límite Líquido (LL) (%) 34.70

Límite Plástico (LP)(%) 16.87

Índice de Plasticidad (Ip)(%) 17.83

Índice de Grupo(IG)

Observaciones

Clasific. U.S.C.S.

Clasific. AASHTO

LIMITES DE CONSISTENCIA

SECTOR: BARRIO LA CORUÑA	APIQUE: 5
LOCALIZACION: CARRERA 7	MUESTRA N°: 5
PROFUNDIDAD: 0.80 m	

LIMITE LIQUIDO - INV - E-125

PRUEBA N°	I	II	III	IV		
Recipiente N°	1	2	3	4		
Peso del recipiente (grs.)	19.34	20.10	16.37	19.50		
Peso recipiente+suelo húmedo (grs.)	51.85	51.03	47.60	50.86		
Peso recipiente+suelo seco (grs.)	43.39	41.43	40.84	45.06		
Peso del suelo seco (grs.)	24.0	20.5	16.9	20.6		
Peso del agua (grs.)	8.5	7.6	6.0	7.2		
Contenido de humedad (w%)	35.18	37.01	35.73	34.84		
N° de golpes	16	19	22	35		

LIMITE PLASTICO - INV - E-126

PRUEBA N°	I	II	III	IV		
Recipiente N°	1	2				
Peso del recipiente (grs.)	8.97	8.78				
Peso recipiente+suelo húmedo (grs.)	16.65	16.39				
Peso recipiente+suelo seco (grs.)	15.49	15.34				
Peso del suelo seco (grs.)	6.52	6.56				
Peso del agua (grs.)	1.16	1.06				
Contenido de humedad (w%)	17.74	16.11				



N° de golpes	Humedad
16	35.2
19	37.0
22	35.7
35	34.8

Límite Líquido (LL) (%) 35.80

Límite Plástico (LP)(%) 16.92

Índice de Plasticidad (Ip)(%) 18.88

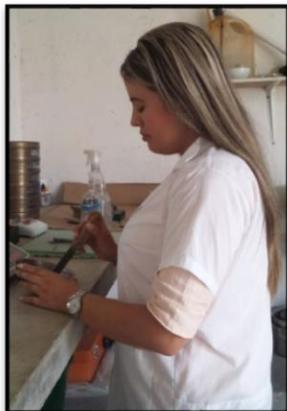
Índice de Grupo(IG)

Observaciones

Clasific. U.S.C.S. _____

Clasific. AASHTO _____

Apéndice 8. Registro fotográfico ensayo de Granulometría y Límites de Atterberg

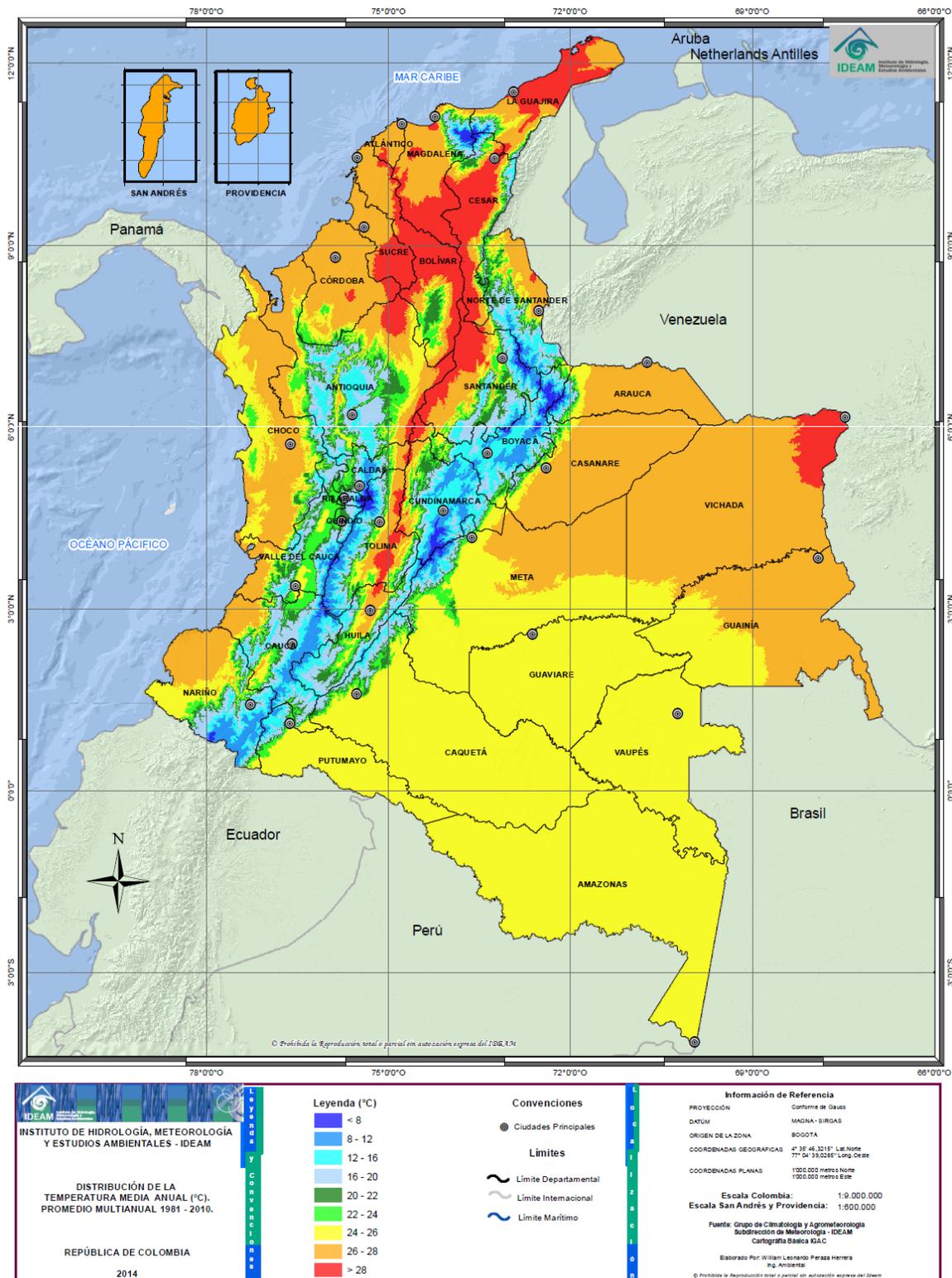




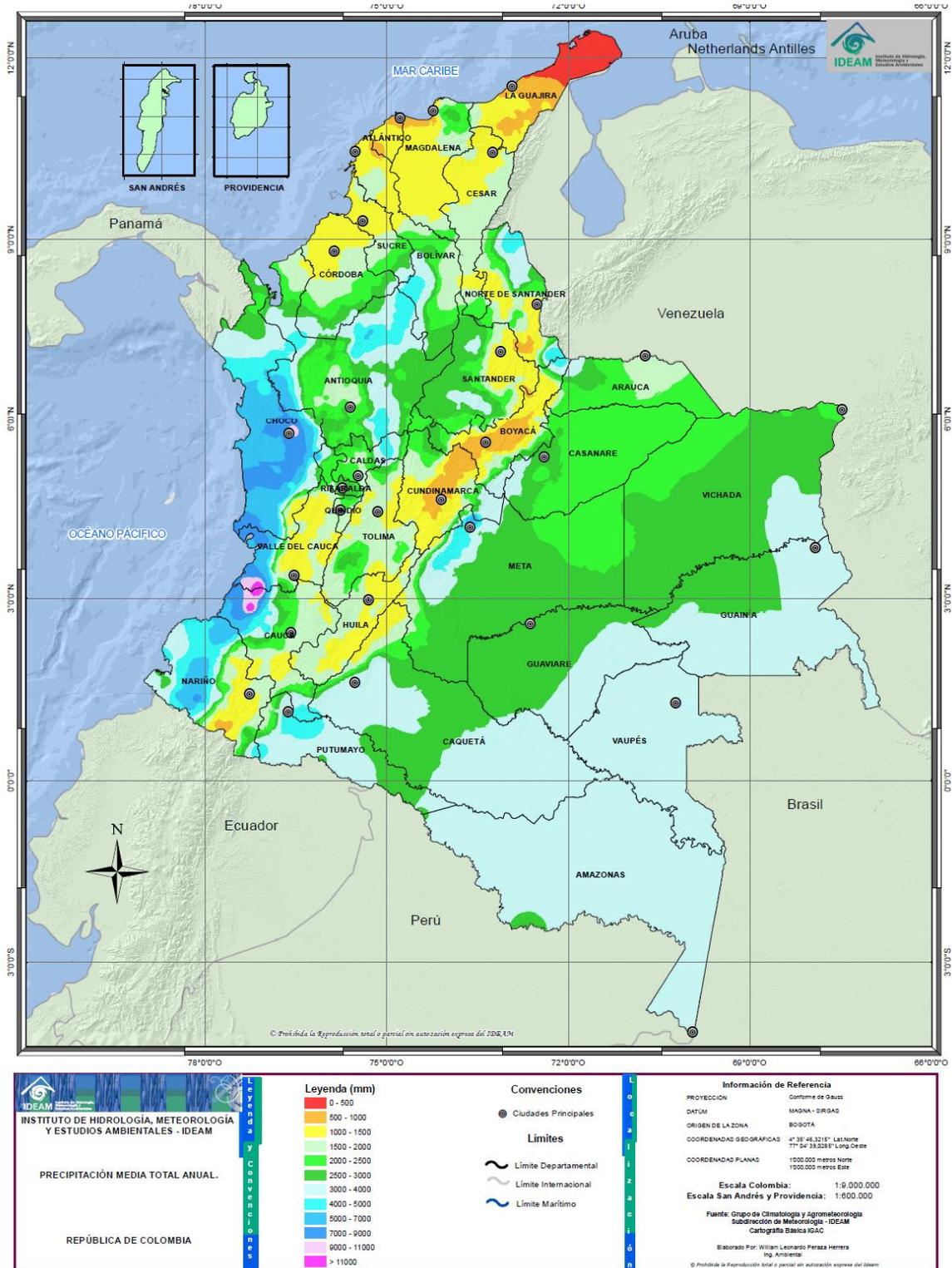
MÉTODO DE ENSAYO NORMAL PARA EL USO DEL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO(PDC) L.N.V. E- 172 - 07						
LOCALIZACION:	Carrera 11 Barrio San Antonio			COSTADO	Derecho	
PROYECTO:	Identificación de Variables que inciden en el deterioro estructural de pavimentos Rígidos y Flexibles			FECHA:	feb-18	
APIQUE No:	2			PESO DEL MARTILLO :	8Kg	
PRUEBA No:	2			A PARTIR DE:	0	HASTA: 839mm
PROFUNDIDAD BAJO LA SUPERFICIE:	150mm			FACTOR MARTILLO (1/2):	1	
PENETRACION ACOMULADA (mm)	No GOLPES	INTERVALO PENETRACIÓN (mm)	PENETRACION POR GOLPE	FACTOR MARTILLO	INDICE DCP	CBR (%)
0	0	0	0	0	0	0
48	2	48	24,0	1	28,9	9,7
94	2	46	23,0	1	23,0	8,7
148	2	54	27,0	1	27,0	7,3
217	2	69	34,5	1	34,5	5,5
280	2	63	31,5	1	31,5	6,1
342	2	62	31,0	1	31,0	6,2
407	2	65	32,5	1	32,5	5,9
466	2	59	29,5	1	29,5	6,6
518	2	52	26,0	1	26,0	7,6
581	2	63	31,5	1	31,5	6,1
637	2	56	28,0	1	28,0	7,0
689	2	52	26,0	1	26,0	7,6
744	2	55	27,5	1	27,5	7,1
791	2	47	23,5	1	23,5	8,5
839	2	48	24,0	1	24,0	8,3
FIN					Promedio CBR	6,8

MÉTODO DE ENSAYO NORMAL PARA EL USO DEL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO(PDC) L.N.V. E- 172 - 07						
LOCALIZACION: Calle 17 Barrio Los Almendros		COSTADO Izquierdo				
PROYECTO: Identificación de Variables que inciden en el deterioro estructural de pavimentos Rígidos y Flexibles		FECHA: feb-18				
APIQUE No: 4						
PRUEBA No: 4		PESO DEL MARTILLO : 8Kg				
PROFUNDIDAD BAJO LA SUPERFICIE: 100mm		A PARTIR DE: 0		HASTA: 880mm		
		FACTOR MARTILLO (1/2): 1				
PENETRACION ACOMULADA (mm)	No GOLPES	INTERVAL O PENETRACION (mm)	PENETRACION POR GOLPE	FACTOR MARTILLO	INDICE DCP	CBR (%)
0	0	0	0	0	0	0
105	2	105	52,5	1	52,5	7,5
355	2	250	125,0	1	125,0	7,3
405	2	50	25,0	1	25,0	7,9
455	2	50	25,0	1	25,0	7,9
497	2	42	21,0	1	21,0	9,6
540	2	43	21,5	1	21,5	9,4
595	2	55	27,5	1	27,5	7,1
670	2	75	37,5	1	37,5	7,0
755	2	85	42,5	1	42,5	7,4
808	2	53	26,5	1	26,5	7,4
880	2	72	36,0	1	36,0	7,3
FIN				Promedio CBR		7,1

Apéndice 11. Distribución de la Temperatura media anual (°c)



Apéndice 12. Precipitación media total anual



Apéndice 13. Análisis de precios unitarios

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
					ESPECIF GRAL:	110-13
ITEM:	1.1					110.13P
OBJETO :	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO				UNIDAD :	M2
					FECHA :	
I. EQUIPO						
Descripción		Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
EQUIPO DE TOPOGRAFIA		día	6.090	40,0	402,25	
HERRAMIENTA MENOR (10%)					159,69	
					Sub-Total	561,94

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
Estacas, Pintura, Tachuelas, Hilo (localización de estructuras y carreteras)	und	500	1,000	200,00	
				Sub-Total	200,00

III. TRANSPORTES

Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
					Sub-Total	0,00

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
Obrero (1)	\$ 33.440,50	185%	\$ 61.864,93	250	247,46	
Cadenero (1)	\$ 60.786,86	185%	\$ 112.455,69	250	449,82	
Topografo (1)	\$ 121.573,72	185%	\$ 224.911,39	250	899,65	
					Sub-Total	1.596,93

Total Costo Directo

2.358,87

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
						ESPECIF GRAL:	201-13
ITEM:	1.2						201.8
OBJETO :	DEMOLICION DE PAVIMENTO RIGIDO					UNIDAD :	m2
						FECHA :	
I. EQUIPO							
Descripción		Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.		
Compresor			62.215,00	12,000	5.184,58		
Cortadora de juntas			7.463,00	12,000	621,92		
Cargador			144.811,06	12,000	12.067,59		
HERRAMIENTA MENOR (10%)					339,18		
						Sub-Total	18.213,27
II. MATERIALES EN OBRA							
Descripción		Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.		
						Sub-Total	0,00
III. TRANSPORTES							
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD (1)	DISTANCIA (2)	(1) * (2)	TARIFA	V. UNITARIO	
Transporte de material de demolición	m3k	0,195	8,00	1,56	\$ 1.145,0	1.786,20	
Derechos de explotación y/o disposición de materiales		0,195			\$ 1.000,0	195	
						Sub-Total	1.981,20
IV. MANO DE OBRA							
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.		
Obreros (4)	\$ 118.023,69	185%	\$ 218.343,83	86	2.538,88		
Oficial	\$ 44.258,88	185%	\$ 81.878,94	96	852,91		
						Sub-Total	3.391,79
						Total Costo Directo	23.586,25

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
			ESPECIF GRAL:		465-13		
ITEM:	1.3				465.1		
OBJETO :	CORTE, DEMOLICIÓN PARA REPARACIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE				UNIDAD :	M2	
					FECHA :		
I. EQUIPO							
Descripción		Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.		
Compresor			\$ 78.246	13,000	6.018,92		
Cortadora de juntas			\$ 7.463	13,000	574,08		
Cargador			\$ 144.811	13,000	11.139,31		
H. menor							
					Sub-Total	17.732,31	
II. MATERIALES EN OBRA							
Descripción		Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.		
					Sub-Total	0,00	
III. TRANSPORTES							
Material	UNIDAD	CANTIDAD (1)	DISTANCIA (2)	(1) * (2)	TARIFA	Vr. UNITARIO	
Transporte de material de demolición	m3km	0,39	8,00	3,12	1.145,00	3.572,40	
Derechos de explotación y/o disposición de materiales	M3	0,39			1.000,00	390,00	
					Sub-Total	3.962,40	
IV. MANO DE OBRA							
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.		
Obrero (2)	\$ 59.011,85	185%	\$ 109.171,92	104,00	\$ 1.049,73		
					Sub-Total	1.049,73	

Total Costo Directo

22.744,44

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
ESPECIF GRAL:						600-13
ITEM:	1,4					600.13P
OBJETO :	EXCAVACIÓN VARIAS SIN CLASIFICAR (MECANICA)				UNIDAD :	M3
					FECHA :	
I. EQUIPO						
Descripción		Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
HERRAMIENTA MENOR 10%					99,25	
Retrocargador,			101.904,08	7,6	13.497,23	
Sub-Total						13.596,48
II. MATERIALES EN OBRA						
Descripción		Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
Sub-Total						0,00
III. TRANSPORTES						
Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
Sub-Total						0,00
IV. MANO DE OBRA						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
1 Obrero	\$ 29.505,92	185%	54.585,96	55,000	992,47	
Sub-Total						992,47
Total Costo Directo						14.588,95

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
		ESPECIF GRAL:				600-13
ITEM:	1,5				600.13P	
OBJETO :	EXCAVACIÓN MANUAL SIN CLASIFICAR				UNIDAD :	M3
					FECHA :	
I. EQUIPO						
Descripción		Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
HERRAMIENTA MENOR 10%					2.183,44	
					Sub-Total	2.183,44
II. MATERIALES EN OBRA						
Descripción		Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
					Sub-Total	0,00
III. TRANSPORTES						
Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
					Sub-Total	0,00
IV. MANO DE OBRA						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
OBREROS 3	\$ 88.517,77	185%	163.757,87	7,500	21.834,38	
					Sub-Total	21.834,38
					Total Costo Directo	24.017,82

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
		ESPECIF GRAL:				310-13
ITEM:	2.1					310.1
OBJETO :	CONFORMACION DE LA CALZADA EXISTENTE				UNIDAD :	m2
					FECHA :	
I. EQUIPO						
Descripción		Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
Motoniveladora			120.160,00	600,0	200,27	
Carrotanque de agua			75.087,00	600,0	125,15	
Vibrocompactador			96.048,00	600,0	160,08	
					Sub-Total	485,49
II. MATERIALES EN OBRA						
Descripción		Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
Agua		lt	11,00	2,00	22,00	
					Sub-Total	22,00
III. TRANSPORTES						
Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
					Sub-Total	0,00
IV. MANO DE OBRA						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
Obrero (2)	\$ 59.011,85	185%	\$ 109.171,92	600	\$ 181,95	
Oficial	\$ 44.258,88	185%	\$ 81.878,94	600	\$ 136,46	
					Sub-Total	318,42
					Total Costo Directo	825,91

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
		ESPECIF GRAL:				230-13
ITEM:	2.2				230.1	
OBJETO :	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON ADICION DE MATERIALES				UNIDAD :	m3
					FECHA :	
I. EQUIPO						
Descripción		Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
Motoniveladora			120.160,00	300,0	400,53	
Vibrocompactador			96.048,00	300,0	320,16	
Carrotanque de agua			75.087,00	300,0	250,29	
HERRAMIENTA MENOR (%)					18,20	
					Sub-Total	989,18
II. MATERIALES EN OBRA						
Descripción		Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
Material de afirmado		m3	20.526,48	1,30	26.684,43	
Agua		lt	11,000	24,00	264,00	
					Sub-Total	26.948,43
III. TRANSPORTES						
Material	UNIDAD	CANTIDAD (1)	DISTANCIA (2)	(1) * (2)	TARIFA	Vr. UNITARIO
Transporte de material de Base	m3k	1,3	10	13	1145	14885
					Sub-Total	14.885,00
IV. MANO DE OBRA						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
Obrero (1)	\$ 29.505,92	185%	\$ 54.586,0	300,00	\$ 182	
					Sub-Total	181,95
					Total Costo Directo	43.004,56

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
	ESPECIF GRAL:					330-13	
ITEM:	2.3					330.1	
OBJETO :	BASE GRANULAR				UNIDAD :	m3	
					FECHA :		
I. EQUIPO							
	Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.		
	Motoniveladora		120.160,00	45,0	2.670,22		
	Vibrocompactador		96.048,00	45,0	2.134,40		
	Carrotanque de agua		75.087,00	45,0	1.668,60		
	HERRAMIENTA MENOR (%)				54,59		
					Sub-Total	6.527,81	
II. MATERIALES EN OBRA							
	Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.		
	Material de base (gradación 1)	m3	48.538,02	1,20	58.245,62		
	Agua	lt	11,000	24,00	264,00		
					Sub-Total	58.509,62	
III. TRANSPORTES							
	Material	UNIDAD	CANTIDAD (1)	DISTANCIA (2)	(1) * (2)	TARIFA	Vr. UNITARIO
	Transporte de material de Base	m3k	1,30	18,00	23,40	1.145,00	26.793,00
					Sub-Total	26.793,00	
IV. MANO DE OBRA							
	Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
	Obrero (2)	\$ 59.011,85	185%	\$ 109.171,9	200,00	\$ 546	
					Sub-Total	545,86	
					Total Costo Directo		92.376,29

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
	ESPECIF GRAL:					500-13
ITEM:	3.1					500.2
OBJETO :	PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRAULICO DE FRAGUADO RAPIDO				UNIDAD :	m3
					FECHA :	
I. EQUIPO						
Descripción		Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
Formaleta (En concreto hidráulico)			6.436,05	6,25	1.029,77	
Vibrador de concreto			8.581,40	6,25	1.373,02	
Regla en madera de longitud de 3 a 5 m			3.000,00	6,25	480,00	
HERRAMIENTA MENOR (5%)					3.866,51	
					Sub-Total	6.749,30
II. MATERIALES EN OBRA						
Descripción		Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
Cintilla De Poliuretano (Sikarod) (Pavimentos De Concreto Hidráulico)		ml	576,00	1,00	576,00	
Sello de silicona o sellador autonivelante		kg	5.533,00	1,10	6.086,30	
Barras de unión de 1/2"		kg	3.210,00	0,82	2.632,20	
Barras de transferencia de carga (1")		kg	4.217,80	6,13	25.871,99	
Antisol blanco (presentación 20 kg)		kg	5.900,00	1,12	6.608,00	
Concreto hidráulico de resistencia de 3500 psi		m3	394.304,45	1,00	394.304,45	
Aditivo acelerante de fraguado		kg	8.875,81	1,12	9.940,90	
					Sub-Total	446.019,85
III. TRANSPORTES						
Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
					Sub-Total	0,00
IV. MANO DE OBRA						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
Obrero (7)	\$ 206.541,46	185%	382.101,70	6,0	63.683,62	
Oficial	\$ 44.258,88	185%	81.878,94	6,0	13.646,49	
					Sub-Total	77.330,11

Total Costo Directo

530.099,25

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
	ESPECIF GRAL:					420-13
ITEM:	3.2					420.2
OBJETO :	RIEGO DE IMPRIMACION CON EMULSION ASFALTICA				UNIDAD :	m2
					FECHA :	
I. EQUIPO						
Descripción		Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
Compresor (barrido y soplado)			62.215,12	500,0	124,43	
Carrotanque Irrigador de asfalto			75.087,21	500,0	150,17	
HERRAMIENTA MENOR (%)					5,46	
					Sub-Total	280,06
II. MATERIALES EN OBRA						
Descripción		Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
Emulsión CRL-1		lt	1.700,00	1,200	2.040,00	
					Sub-Total	2.040,00
III. TRANSPORTES						
Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
					Sub-Total	0,00
IV. MANO DE OBRA						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
4 Obreros	\$ 118.023,69	185%	\$ 218.343,83	4000	\$ 54,59	
					Sub-Total	54,59
					Total Costo Directo	2.374,65

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
ESPECIF GRAL:						450-13	
ITEM:	3.3						450.1P
OBJETO :	MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-25 COMPRADA				UNIDAD :	m3	
					FECHA :		
I. EQUIPO							
Descripción		Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.		
Terminadora de asfalto (Finisher)			182.354,66	15,000	12.156,98		
Compactador de rodillo			101.528,83	15,000	6.768,59		
HERRAMIENTA MENOR (%)					971,63		
Sub-Total						19.897,20	
II. MATERIALES EN OBRA							
Descripción		Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.		
Mezcla densa en Caliente MDC-19		m3	373.000,00	1,25	466.250,00		
Sub-Total						466.250,00	
III. TRANSPORTES							
Material	UNIDAD	CANTIDAD (1)	DISTANCIA (2)	(1) * (2)	TARIFA	VR. UNITARIO	
Mezcla densa en caliente MDC-19	m3km	1,25	20,00	25,00	1.145,00	28.625,00	
Sub-Total						28.625,00	
IV. MANO DE OBRA							
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.		
Obrero (5)	\$ 147.529,62	185%	\$ 272.929,79	50,00	5.458,60		
Oficial	\$ 44.258,88	185%	\$ 81.878,94	50,00	1.637,58		
Rastrilleros (2)	\$ 70.814,22	185%	\$ 131.006,30	50,00	2.620,13		
Sub-Total						9.716,30	
Total Costo Directo						524.488,50	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
ESPECIF GRAL:						672-13
ITEM:	3.4					672.3
OBJETO :	BORDILLO DE CONCRETO VACIADO IN SITU INCLUYE LA PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE APOYO				UNIDAD :	m
					FECHA :	
I. EQUIPO						
Descripción		Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
Herramienta menor 10% M.O					800,39	
Sub-Total						800,39
II. MATERIALES EN OBRA						
Descripción		Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
Concreto Resistencia 14 (MPa)		m3	322.860,77	0,150	48.429,12	
Formaleta		m2	4.311,92	0,300	1.293,58	
Sub-Total						49.722,69
III. TRANSPORTES						
Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
Sub-Total						0,00
IV. MANO DE OBRA						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
Obrero (3)	\$ 88.517,77	185%	\$ 163.757,87	60,0	2.729,30	
Oficial	\$ 44.258,88	185%	\$ 316.473,95	60,0	5.274,57	
Sub-Total						8.003,86
Total Costo Directo						58.526,94

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
ESPECIF GRAL:						
ITEM:	3.5					
OBJETO :	Sello elástico para juntas a base de poliuretano incluye cordón				UNIDAD :	ml
					FECHA :	
I. EQUIPO						
Descripción		Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
HERRAMIENTA MENOR					293,59	
IRRIGADOR			70.000,00	900,00	77,78	
CORTADORA DE CONCRETO			8.500,00	6,00	1.416,67	
Sub-Total						1.788,04
II. MATERIALES EN OBRA						
Descripción		Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
SEÑAL PREVENTIVA					5,00	
SILICONA (SIKAFLEX 15ML O SIMILAR)		KG	7.066,53	0,900	6.359,88	
CORDON DE RESPALDO		ML	500,00	1,050	525,00	
Sub-Total						6.889,88
III. TRANSPORTES						
Material	UNIDAD	CANTIDAD (1)	DISTANCIA (2)	(1) * (2)	TARIFA	vr. Unitario
Sub-Total						0,00
IV. MANO DE OBRA						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
OBRERO (3)	\$ 88.517,76	185%	163.757,86	32,0	5.117,43	
PALETEROS	\$ 21.150,00	185%	39.127,50	1.400,000	27,95	
Sub-Total						5.145,38
Total Costo Directo						13.823,30

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
ESPECIF GRAL:						901-13	
ITEM:	4.1						900.1P
OBJETO :	RETIRO DE SOBRANTES				UNIDAD :	m3	
					FECHA :		
I. EQUIPO							
Descripción		Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.		
HERRAMIENTA MENOR					341,16		
Sub-Total						341,16	
II. MATERIALES EN OBRA							
Descripción		Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.		
Servicio deposito escombrera		M3	1.000,00	1,00	1.000,00		
Sub-Total						1.000,00	
III. TRANSPORTES							
Material	UNIDAD	CANTIDAD (1)	DISTANCIA (2)	(1) * (2)	TARIFA	vr. Unitario	
Transporte de material sobrante	m3k	1,00	8,00	8,00	1.145,00	9.160,00	
Sub-Total						9.160,00	
IV. MANO DE OBRA							
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.		
OBrero (4)	\$ 59.011,85	185%	109.171,92	32,0	3.411,62		
Sub-Total						3.411,62	

Total Costo Directo

13.912,78
