

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
TRADICIONALES Y PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PERPETUOS “P.A.P”.

ALIX TATIANA AVENDAÑO BARON
HARRISON ARLED SNEIDER LOPEZ MORENO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA

2012

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
TRADICIONALES Y PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PERPETUOS “P.A.P”.

ALIX TATIANA AVENDAÑO BARON
HARRISON ARLED SNEIDER LOPEZ MORENO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

Director del proyecto de grado
EDUARDO ALBERTO CASTAÑEDA PINZON
Ingeniero civil, M.Sc., Ph.D.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA

2012

*A Dios y la Virgen santísima, por darme salud,
sabiduría y fortaleza para afrontar las adversidades
que se presentan en mi camino.*

*A mis padres Alix y Henry,
quienes con su amor, sacrificio y oración
me han acompañado en este duro camino.
Por ser mi fuerza y ejemplo a seguir en la vida,
porque esto es para ellos y lo que mas quiero en la vida
es que se sientan orgullosos de cada uno de sus hijos.*

*A mis hermanos Angel, Lina y John por apoyarme
y estar siempre acompañándome en todos mis logros.*

*A mi novio Héctor Yohan,
por estar con migo durante todo este proceso,
por su amor, comprensión y apoyo incondicional
en los momentos mas difíciles.*

A todos mis familiares por su cariño y su demostración de afecto.

*A todas las personas que de una u otra manera
Estuvieron presentes para alcanzar este logro.*

ALIX TATIANA AVENDAÑO BARÓN

*A Dios por ser mi fuerza y mi guía,
Por permitirme alcanzar
Este logro tan importante en mi vida
Y especialmente por su infinito amor y bondad.*

*A mis padres Aura Lucia y Gilberto
Por brindarme su apoyo incondicional
Por acompañarme en la búsqueda de este gran sueño.*

*A Danna mi hija por convertirse en el motor,
En la fuerza y las ganas de luchar,
Por qué desde su llegada a este mundo,
Todos los esfuerzos son más llevaderos y gratificantes.*

*A mis hermanas Laura Marcela Y Adriana Lizeth
Que con su alegría han llenado de felicidad
Cada momento que hemos compartido.*

*A mis abuelos que con sus enseñanzas y su amor
Me han hecho cada día una mejor persona.*

*A mis tíos, primos y demás familiares,
Por ser tan especiales y unidos,
Porque sin duda ellos serán
Seguros acompañantes de alegrías y tristezas.*

*A mi abuelo Secundino y mi tío Alejandro
A quienes recuerdo y llevo en el corazón
Y quienes desde el cielo están orgullosos de mí.*

HARRISON ARLED SNEIDER LÓPEZ MORENO

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente a nuestro director de proyecto Ing. Eduardo Alberto Castañeda Pinzón, por la confianza depositada en nosotros, orientación y colaboración durante este periodo de culminación académica.

Al grupo de profesores de la escuela de ingeniería civil, por compartir sus conocimientos y experiencias, que contribuyeron con nuestro proceso de formación tanto personal como profesional.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	19
OBJETIVOS	21
OBJETIVO GENERAL.....	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
1. GENERALIDADES DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PERPETUO.....	22
1.1 CONCEPTO CLÁSICO DE FALLA DE UN PAVIMENTO ASFÁLTICO	23
1.2 CONCEPTO DE FALLA DE UN PAVIMENTO ASFÁLTICO PERPETUO (PAP).....	24
1.3 MODELAMIENTO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PERPETUO	25
2. PERROAD 3.5 COMO HERRAMIENTA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO	27
2.1 CARACTERIZACIÓN DEL ESPECTRO DE CARGA.....	28
2.2 ANÁLISIS Y DISEÑO.....	30
3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTRUCTURAS	32
3.1 SELECCIÓN DE PROYECTOS VIALES.....	33
3.1.1 vía Girón - Zapatoca 9.34 kilómetros, en dos tramos específicos	33
3.1.1.1 Ubicación y descripción de la vía	34
3.1.1.2 parámetros específicos de la vía.....	35
3.1.2 Vía Barrancabermeja-Aeropuerto yarigüies	38
3.1.2.1 Ubicación y descripción de la vía	38
3.1.2.2 Parámetros especificados de la vía.....	39
3.2 DIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS P.A.P	41
3.2.1 Estructura full depth	42
3.2.1.1 Alternativa 1: Estructura full depth con M.A.M.....	43
3.2.1.1.1 Vía Girón- Zapatoca.....	43
3.2.1.1.1.1 Tramo 1: Girón-Zapatoca K0+000 a K2+900.....	43
3.2.1.1.1.2 Tramo 2: Zapatoca - Girón K0+000 a K 6+400.....	45
3.2.1.1.2 Vía Barranca-Aeropuerto Yarigüies.....	47
3.2.1.1.2.1 Tramo K 0+000 A K 3+360 Carril externo.....	47
3.2.1.1.2.2 Tramo K 0+000 A K 3+360 Carril interno	49

3.2.1.2 Alternativa 2: Estructura full depth con M.A.M y subrasante mejorada	51
3.2.1.2.1 Vía Girón- Zapatoca.....	51
3.2.1.2.1.1 Tramo 1: Girón-Zapatoca K0+000 a K2+900.....	51
3.2.1.2.1.2 Tramo 2: Zapatoca - Girón K0+000 a K 6+400.....	54
3.2.1.2.2 Vía Barranca-Aeropuerto Yarigüies.....	56
3.2.1.2.2.1 Tramo K 0+000 A K 3+360 Carril externo.....	56
3.2.1.2.2.2 Tramo K 0+000 A K 3+360 Carril interno	58
3.2.2 Estructura con base granular	60
3.2.2.1 Vía Girón- Zapatoca.....	60
3.2.2.1.1 Tramo 1: Girón-Zapatoca K0+000 a K2+900.....	60
3.2.2.1.2 Tramo 2: Zapatoca - Girón K0+000 a K 6+400.....	63
3.2.2.2 Vía Barranca-Aeropuerto Yarigüies.....	65
3.2.2.2.1 Tramo K 0+000 A K 3+360 Carril externo	65
3.2.2.2.2 Tramo K 0+000 A K 3+360 Carril interno	68
3.3 ANÁLISIS ECÓNOMICO	71
3.3.1 Estructura Full Depth	72
3.3.1.1 Vía Girón- Zapatoca.....	72
3.3.1.2 vía Barranca-Aeropuerto Yarigüies	73
3.3.2 Estructura con base granular	74
3.3.2.1 Vía Girón- Zapatoca.....	74
3.3.2.2 Vía Barranca -Aeropuerto Yarigüies.....	76
3.3.4 Resumen de incrementos porcentuales de costos de cada estructura	78
CONCLUSIONES	79
BIBLIOGRAFÍA.....	81
ANEXOS.....	83

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de la composición vehicular para la vía Girón-Zapatoca K0+000 a K2+900.....	36
Tabla 2. Análisis de la composición vehicular para la Vía Zapatoca - Girón K0+000 a K6+400	37
Tabla 3. Análisis de la composición vehicular para la Vía Barrancabermeja- Aeropuerto Yariguies carril externo	40
Tabla 4. Análisis de la composición vehicular para la Vía Barrancabermeja- Aeropuerto Yariguies carril externo	40
Tabla 6. Resultados estructura tipo full depth, alternativa 1 vía Girón -Zapatoca Tramo 2.9Km	44
Tabla 7. Resultados estructura tipo full depth, alternativa 1 vía Girón -Zapatoca Tramo 6.4 Km	46
Tabla 8. Resultados estructura tipo full depth, alternativa 1 vía Barrancabermeja- Aeropuerto Yariguies Carril externo	48
Tabla 9. Resultados estructura tipo full depth, alternativa 1 vía Barrancabermeja- Aeropuerto Yariguies Carril interno	51
Tabla 10. Resultados estructura tipo full depth, alternativa 2 vía Girón -Zapatoca Tramo 2.9K	53
Tabla 11. Resultados estructura tipo full depth, alternativa 2 vía Giron-Zapatoca Tramo..	55
Tabla 12. Resultados estructura tipo full depth, alternativa 2 vía Barrancabermeja- Aeropuerto Yariguies Carril externo	58
Tabla 13. Resultados estructura tipo full depth, alternativa 2 vía Barrancabermeja- Aeropuerto Yariguies Carril interno	60
Tabla 14. Resultados estructura con base granular,vía Girón-Zapatoca tramo 2,9Km.....	63
Tabla 15. Resultados estructura con base granular, alternativa 2 vía Girón-Zapatoca tramo 6,4Km	65
Tabla 16. Resultados estructura con base granular, vía Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies Carril externo	68

Tabla 17. Resultados estructura con base granular, alternativa 2 vía Barrancabermeja- Aeropuerto Yariguies Carril interno	71
Tabla 18. Costo por kilómetro Girón- Zapatoca -T1 Estructura Full Depth.....	72
Tabla 19. Costo por kilómetro Girón- Zapatoca –T2 Estructura Full Depth.....	72
Tabla 20. Costo total del proyecto Girón –Zapatoca, estructura Full Depth	73
Tabla 21. Costo por kilómetro BARRANCA-AEROPUERTO YARIGÛIES-CE Estructura Full Depth,.....	73
Tabla 22. Costo por kilómetro BARRANCA-AEROPUERTO YARIGÛIES-CI Estructura Full Depth.....	73
Tabla 23. Costo total del proyecto BARRANCA-AEROPUERTO YARIGÛIES, Estructura Full Depth.....	74
Tabla 24. Costo por kilómetro Girón- Zapatoca -T1 Estructura con base granular.....	75
Tabla 25. Costo por kilómetro Girón- Zapatoca –T2 Estructura con base granular.....	75
Tabla 26. Costo total del proyecto Girón –Zapatoca ,con base granular	76
Tabla 27. Costo por kilómetro BARRANCA-AEROPUERTO YARIGÛIES-CE Estructura con base granular.....	76
Tabla 28. Costo por kilómetro BARRANCA-AEROPUERTO YARIGÛIES-CI Estructura con base granular.....	77
Tabla 29. Costo total del proyecto BARRANCA-AEROPUERTO YARIGÛIES, con base granular	77
Tabla 30. Incrementos porcentuales vía Girón –Zapatoca.....	78
Tabla 31. Incrementos porcentuales vía Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies.....	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estructura de pavimento perpetuo	22
Figura 2: concepto clásico de falla de un pavimento asfáltico	23
Figura 3: concepto de falla de un pavimento asfáltico perpetuo(PAP)	24
Figura 4: estructura típica de un pavimento perpetuo.	25
Figura 5. Criterios de respuesta de pavimento asfáltico perpetuo	26
Figura 6. Ventana de entrada para la estructura	27
Figura 7. Distribución de vehículos tipo	29
Figura 8. Espectro de carga por eje.	29
Figura 9. Análisis y diseño.	30
Figura 10. Localización general de la vía Girón-Zapatoca de 2,9 km	33
Figura 11. Localización general de la vía Girón-Zapatoca de 6,4 km	34
Figura 12. Ubicación y descripción de la vía Barrancabermeja-Aeropuerto yarigüies	38
Figura 13. Entrada de datos, Estructura tipo Full de pth, alternativa 1	43
Figura 14. Resultados estructura tipo Full depth, alternativa 1 vía Girón -Zapatoca.....	44
Figura 15. Entrada de datos, Estructura tipo Full depth, alternativa 1	45
Figura 16. Resultados estructura tipo Full depth, alternativa 1 vía Girón -Zapatoca Tramo 6.4 Km	46
Figura 17. Entrada de datos, Estructura tipo Full depth, alternativa 1	47
Figura 18. Resultados estructura tipo Full depth, alternativa 1 vía Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies Carril externo	48
Figura 19. Entrada de datos, Estructura tipo Full depth, alternativa 1	49
Figura 20. Resultados estructura tipo Full depth, alternativa 1 vía Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies Carril interno	50
Figura 21. Entrada de datos, Estructura tipo Full depth, alternativa 2	52
Figura 22. Resultados estructura tipo Full depth, alternativa 2. vía Giron-Zapatoca Tramo 2.9KM	53
Figura 23. Entrada de datos, Estructura tipo Full depth, alternativa 2 Vía Girón-Zapatoca, tramo 6.4 Km	54
Figura 24. Resultados estructura tipo Full depth, alternativa 2 .vía Giron-Zapatoca Tramo 6.4Km	55

Figura 25. Entrada de datos, Estructura tipo depth, alternativa 2 Barrancabermeja- Aeropuerto Yariguies Tramo carril externo.....	56
Figura 26. Resultados estructura tipo Full depth, alternativa 2 vía Barrancabermeja- Aeropuerto Yariguies Tramo carril externo.....	57
Figura 27. Entrada de datos, Estructura tipo Full depth, alternativa 2	58
Figura 28. Resultados estructura tipo Full depth, alternativa 2 vía Barrancabermeja- Aeropuerto Yariguies Tramo carril interno.....	59
Figura 29. Entrada de datos, Estructura con base granular,Vía Girón -Zapatoca, tramo 2,9 Km	61
Figura 30. Resultados estructura con base granular, vía Girón -Zapatoca tramo 2,9Km..	62
Figura 31. Entrada de datos, Estructura con base granular, Vía Girón -Zapatoca, tramo 6.4Km	63
Figura 32. Resultados estructura con base granular, vía Girón-Zapatoca tramo 6.4Km...	64
Figura 33. Entrada de datos, Estructura con base granular Vía Barrancabermeja- Aeropuerto Yariguies carril externo.....	66
Figura 34. Resultados estructura con base granular, vía Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies Carril externo	67
Figura 35. Entrada de datos, Estructura con base granular, Vía Barrancabermeja- Aeropuerto Yariguies carril interno.....	69
Figura 36. Resultados estructura con base granular, vía Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies Carril interno	70

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A.1 Espectro de carga eje simple	83
ANEXO A.2 Espectro de carga eje tándem	85
ANEXO A.3 Espectro eje tridem	87
ANEXO B. ESPECTROS DE CARGA SOFTWARE PERROAD 3.5.....	89
ANEXO B.1 Espectro de carga vía Giron-Zapatoca tramo 2.9 Km.....	89
ANEXO B.2 Espectro de carga via Giron-Zapatoca tramo 6.4 Km	89
ANEXO B.3 Espectro de carga via Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies carril externo	90
ANEXO B.4 Espectro de carga via Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies carril interno	90
ANEXO C. Resumen de costos "DISEÑO DE VÍAS SECUNDARIAS DEPARTAMENTO DE SANTANDER" GIRÓN-ZAPATOCA, realizado por universidad industrial de Santander	91
ANEXO C.1 Estructura pavimento flexible tradicional, Girón -Zapatoca ,tramo1	91
ANEXO C.2. Estructura pavimento flexible tradicional, Girón -Zapatoca, tramo 2	92
ANEXO D. Resumen de costos "DISEÑO DE VÍAS SECUNDARIAS DEPARTAMENTO DE SANTANDER" BARRANCA-AEROPUERTO, realizado por universidad industrial de Santander.....	93
ANEXO D.1 Estructura de pavimento flexible tradicional, Barrancabermeja-Aereopuerto Yariguies	94
ANEXO E resumen de costos estructura Full Depth	95
ANEXO E.1 Resumen de costos "VIA GIRON ZAPATOCA" alternativa 1: estructura Full Depth.....	95
ANEXO E.2 Resumen de costos "VIA GIRON ZAPATOCA" alternativa 2: estructura Full Depth.....	96
ANEXO E.3 Resumen de costos "VIA BARRANCA-AEROPUERTO YARIGÛIES " alternativa 1: estructura Full Depth.....	96
ANEXO E.4 Resumen de costos "VIA BARRANCA-AEROPUERTO YARIGÛIES " alternativa 2: estructura Full Depth.....	97
ANEXO F resumen de costos estructura con base granular	98

RESUMEN

TITULO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES TRADICIONALES Y PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PERPETUOS “P.A.P”.*.

AUTORES:

AVENDAÑO Barón Alix Tatiana

LÓPEZ Moreno Harrison Arled Sneider **

PALABRAS CLAVES:

pavimento asfáltico perpetuo, periodo de diseño, PerRoad, costos

DESCIPTION

En el país es común diseñar vías con periodos de vida útil entre 10 y 20 años para pavimentos flexibles, esto conlleva a que en un periodo igual o menor al estimado la red vial este totalmente deteriorada por lo cual se tiene que renovar o prácticamente reconstruir la vía de nuevo en periodos cortos de tiempo.

Por lo anteriormente mencionado se aborda el tema de “pavimentos asfálticos perpetuos”, Estos pavimentos son diseñados y construidos para asegurar el desempeño dado el volumen de tránsito, las condiciones climáticas y la capacidad de soporte del suelo. Este tipo de pavimento se diseña para una vida útil por encima de los 50 años, con un remplazo periódico de la superficie.

El objetivo primordial de este proyecto es conocer en que porcentaje se incrementa el costo de la construcción de proyectos viales de pavimentos flexibles si se implementara el diseño de pavimento asfáltico perpetuo (P.A.P) en el departamento de Santander.

Este documento presenta un análisis de los diseños de algunas vías y el diseño de alternativas de las mismas utilizando el concepto de pavimento asfáltico perpetuo con ayuda del software de diseño de pavimentos “PerRoad”. De esta manera hacer un análisis comparativo de costos entre los resultados obtenidos.

*Proyecto de grado

**facultad de ingenierías físico- mecánicas. Facultad de ingeniería civil. Director: Ing. Eduardo Alberto Castañeda Pinzón

ABSTRACT

TITLE:

Comparative analysis of the cost of flexible pavements implemented in the road network of the department of Santander and perpetual asphalt pavements "P.A.P."*

AUTHORS:

AVENDAÑO Barón Alix Tatiana

LÓPEZ Moreno Harrison Arled Sneider **

KEY WORDS: Perpetual asphalt pavements, design period, PerRoad, costs.

In the country it is common to design roads with flexible pavements of a lifetime between 10 and 20 years, this implies that in the estimated or shorter time the road network is totally deteriorated and because of that the road has to be renovated or practically constructed again in shorter periods of time.

Because of the above mentioned fact we tackle the issue of "Perpetual asphalt pavements", these pavements are designed and constructed to guarantee the performance given the volume of traffic, the climatic conditions and the capacity of floor support. This type of pavement is designed for a lifetime over 50 years, with a replacement time of the surface.

The primordial objective of this project is to get to know how much will increase the percentage of costs of the construction of road projects of flexible pavements if the design of perpetual asphalt pavements "P.A.P." is implemented in the department of Santander. This document presents an analysis of the design of some roads and the redesign of alternatives of the same ones. Using the concept of perpetual asphalt pavements with the help of the design's software of pavements "PerRoad". In this manner we intent to make a comparative analysis of costs between the results obtained.

*Undergraduate Research Project

** Physical Mechanical Engineering Faculty. Civil Engineering School. Director. Ing. Eduardo Alberto Castañeda Pinzón.

INTRODUCCIÓN

La situación de la red vial nacional y específicamente en el departamento de Santander es de profundo interés. Las estructuras de pavimento flexible en Santander y de forma general en Colombia son diseñadas para periodos de vida útil de 10 años, lo que conlleva a que en un tiempo igual o menor al mencionado los corredores viales no presten las condiciones de serviciabilidad óptima para su uso. Por lo anteriormente mencionado se aborda el tema de “Pavimentos Asfálticos Perpetuos”, una alternativa de diseño de estructuras de pavimento flexible, que podría dar solución a esta problemática. El concepto de pavimentos de larga duración está relacionado con instalaciones de alto volumen de tráfico, pero dadas las condiciones de las vías, se analizará la viabilidad de construir estructuras de este tipo en vías secundarias del Departamento con bajo volumen de tráfico.

El objetivo de este trabajo de grado es realizar una comparación del incremento de costos en proyectos viales realizados en Santander, en los cuales se empleó el método de diseño tradicional para pavimento flexible, con periodos de diseño cortos (menores a 10 años) y el rediseño de los mismos utilizando el concepto de “pavimento asfáltico perpetuo” para periodos de diseño superiores a 50 años.

Inicialmente se presenta el concepto de pavimento asfáltico perpetuo, sus características generales, conceptos básicos de falla que experimentan los pavimentos flexibles elaborados con los tipos de diseño tradicional y tipos de falla experimentados por los “P.A.P”.

El diseño de las diferentes tipos de estructuras de “P.A.P” se realiza mediante el software “PerRoad 3.5”, el cual se basa en el método mecanicista y se fundamenta en el control de la deformación horizontal por tracción (ϵ_t) en la fibra

inferior de las capas asfálticas y la deformación vertical (ϵ_v) por compresión de la subrasante. En el software se modelan las estructuras Full Depth y estructuras con base granular. Para cada una de estas se introducirán características como espesor, módulo de Poisson y módulo resiliente. Adicionalmente se ingresan las condiciones climáticas a las que se enfrentará la estructura. Finalmente se caracteriza la carga que va a soportar el pavimento, definiendo la distribución vehicular, distribución direccional, el porcentaje de camiones por carril de diseño y el espectro de carga. El programa realiza los cálculos y arroja como resultado el número de años para los cuales la estructura va a tener un daño de 0,1. Para carreteras con grandes volúmenes de tráfico, se acepta un daño igual 0,1 después de 35 años y para carreteras de bajo volumen después de 30 años.

El siguiente capítulo inicia haciendo mención de los proyectos escogidos para realizar el rediseño y la comparación de precios, objeto del presente proyecto. La vía Girón -Zapotoca, con dos tramos específicos, con diferentes características de tráfico y condiciones de suelo y la vía Barrancabermeja- Aeropuerto Yariguies. En seguida se plantea la metodología de desarrollo para el rediseño de las mismas bajo el concepto de pavimento asfáltico perpetuo "P.A.P" y se obtienen los resultados de las diferentes alternativas a analizar. Posteriormente se realiza el análisis económico de cada una de ellas, utilizando el costo por Kilómetro para encontrar el incremento porcentual en la construcción de la estructura de pavimento, luego se aplica el incremento del costo en la construcción de una estructura tipo "P.A.P", y se halla el nuevo valor del costo total del proyecto para las vías a analizar.

En el capítulo final se interpretan los resultados obtenidos en el análisis económico, prestando especial atención al incremento de costos totales de cada proyecto si se hubieran diseñado para periodos de diseño superiores a 50 años.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Comparar costos en proyectos viales de Santander diseñados con pavimento flexible tradicional si estos se hubiesen diseñado de acuerdo a la concepción de pavimento asfáltico perpetuo (P.A.P.), para diferentes niveles de tránsito.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

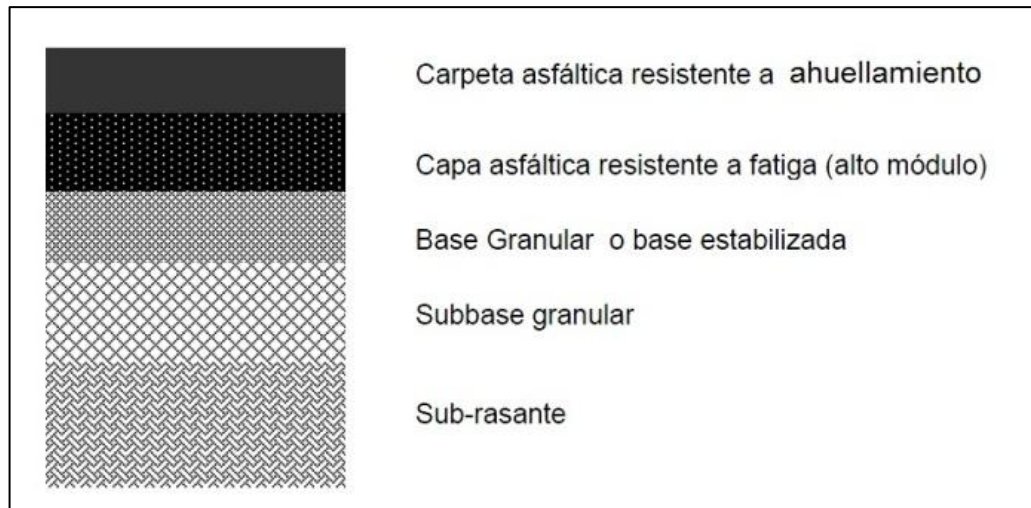
- Seleccionar y diferenciar de acuerdo al nivel de tránsito, proyectos viales en el departamento de Santander con el fin de realizar un análisis económico.
- Rediseñar utilizando el concepto de pavimento asfáltico perpetuo (PAP) los diferentes proyectos seleccionados.
- Realizar un análisis comparativo de costos del diseño inicial con los del rediseño efectuado a cada uno de los proyectos, teniendo en cuenta las condiciones de precios establecidas para cada una de ellos.

1. GENERALIDADES DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PERPETUO

El concepto de pavimento asfáltico perpetuo, o de pavimento de larga duración, no es nuevo. Realmente las estructuras para pavimentos asfálticos llamadas full-depth y deep-strength han estado siendo construidas desde los años sesenta. Un pavimento perpetuo debe ser diseñado y construido para asegurar el desempeño dado el volumen de tránsito, las condiciones climáticas y la capacidad de soporte del suelo. Este tipo de pavimento se diseña para una vida útil de 50 años, con un reemplazo periódico de la superficie (25 a 100 mm) aproximadamente cada 20 años. El diseño de pavimentos de vida útil por encima de 50 años conlleva a la construcción de estructuras de mayor espesor.

La estructura típica de un pavimento perpetuo se presenta en la figura 1:

Figura 1: Estructura de pavimento perpetuo

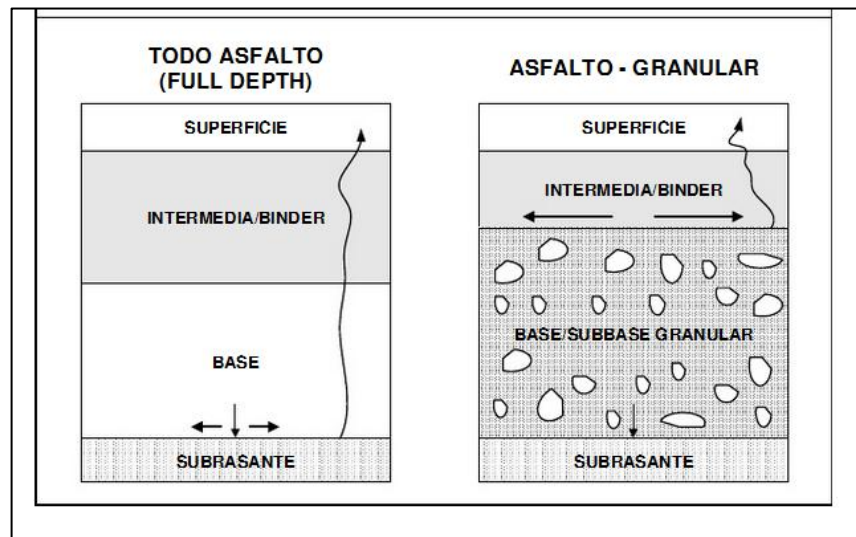


Fuente: Proyecto de grado, Diseño de una estructura de pavimento perpetuo (caso de estudio de una vía nacional de Costa Rica), página 2

1.1 CONCEPTO CLÁSICO DE FALLA DE UN PAVIMENTO ASFÁLTICO

En la figura 2 se muestra el concepto clásico de falla de un pavimento asfáltico. Ante la aplicación de cargas de tráfico y cuanto menor sea el espesor total de la capa asfáltica, se obtiene mayor deformación unitaria a tracción en el fondo de la capa de asfalto. Esta deformación unitaria, al exceder el límite admisible del material, es la responsable de las fisuras por fatiga que se observan en la superficie asfáltica, es decir, las fisuras se propagan de abajo hacia arriba. Normalmente la fatiga por tracción de las capas asfálticas (fisuras) es la que define la estructura del pavimento, puesto que la fatiga por compresión de la subrasante (ahuellamiento) es menor.

Figura 2: concepto clásico de falla de un pavimento asfáltico

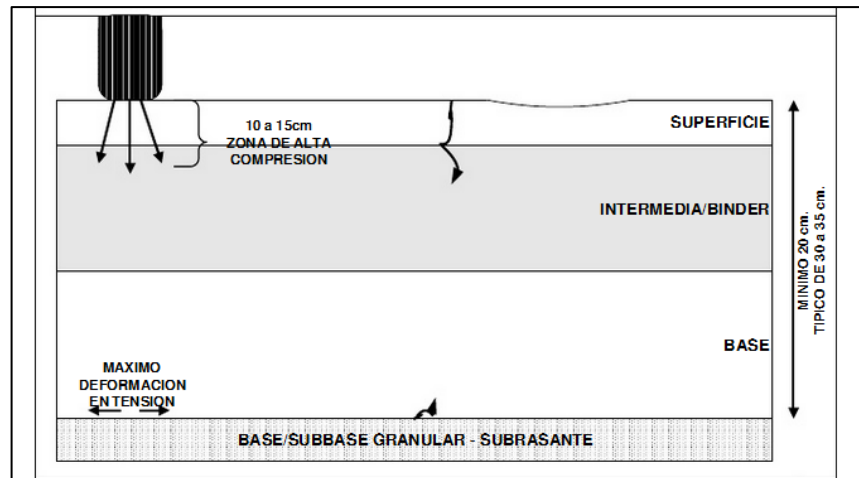


Fuente x: <http://es.scribd.com/doc/60565388/PavimentoAsfalticoPerpetuo-HAGarcia>

1.2 CONCEPTO DE FALLA DE UN PAVIMENTO ASFÁLTICO PERPETUO (PAP)

El concepto básico es que un PAP, reduce las deflexiones causadas por el tráfico que implican una reducción de la deformación unitaria a tracción en el fondo de la capa asfáltica, de tal forma que las fisuras clásicas de abajo hacia arriba se minimicen o sean nulas. Por el envejecimiento propio de la capa superficial, las fisuras se presentan de arriba hacia abajo. La zona de mayores deformaciones unitarias de compresión se sitúa entre los 10 y 15 cm superficiales. Recientes investigaciones muestran que el ahuellamiento en un PAP ocurre normalmente en los primeros 5 cm superficiales, es decir, los daños estarían confinados en la parte superior del pavimento y cuando lleguen a su nivel crítico, una solución económica consistiría en remover la parte superficial y reemplazarla por otra con el mismo espesor.

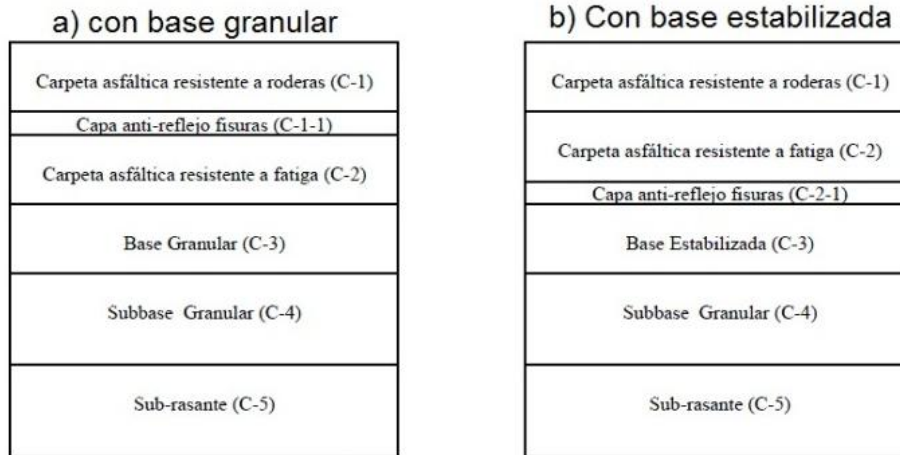
Figura 3: concepto de falla de un pavimento asfáltico perpetuo(PAP)



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/60565388/PavimentoAsfalticoPerpetuo-HAGarcia>

La siguiente es la estructura típica de un pavimento asfáltico perpetuo.

Figura 4: estructura típica de un pavimento perpetuo.



Fuente: Proyecto de grado, Diseño de una estructura de pavimento perpetuo (caso de estudio de una vía nacional de Costa Rica), página 8

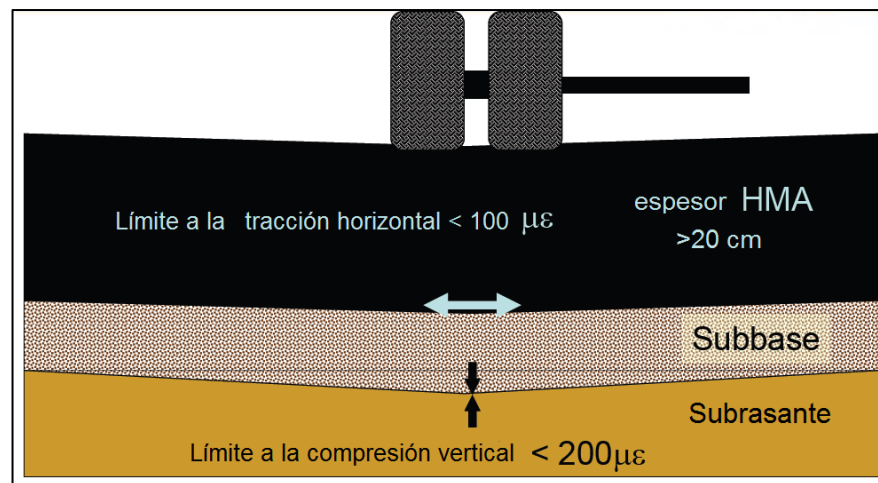
1.3 MODELAMIENTO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PERPETUO

Existen varias formas de modelar un pavimento perpetuo. Estas están basadas en que los pavimentos flexibles están formados por una serie de capas y la distribución de la carga está determinada por las características propias del sistema de capas.

De acuerdo al modelo de multicapa elástica hay dos maneras en que el pavimento flexible puede fallar:

- Cuando la **deformación horizontal por tracción (ϵ_t)** en la fibra inferior de las capas asfálticas, sobrepase el límite admisible lo cual producirá agrietamiento en dichas capas.
- Cuando la **deformación vertical (ϵ_v) por compresión** de la subrasante rebase el límite admitido, lo que presenta una deformación permanente y por consiguiente la del pavimento.

Figura 5. Criterios de respuesta de pavimento asfáltico perpetuo



Fuente.

http://www.flexiblepavements.org/sites/www.flexiblepavements.org/files/events/conferences/PerpPavtNewcomb_000.pdf

2. PERROAD 3.5 COMO HERRAMIENTA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO

PerRoad es un programa de diseño y análisis de pavimentos perpetuos, basado en el método mecanicista. La Figura 6 ilustra la ventana de entrada para las características estructurales. PerRoad puede diseñar para estructuras hasta de cinco capas y con la información de la temperatura del ambiente el programa calculará automáticamente la rigidez de la MDC en función de la temperatura del pavimento. Alternativamente, la rigidez de las capas puede proporcionarse.

Figura 6. Ventana de entrada para la estructura

Layer	Material Type	PG Grade	Min Modulus (psi)	Modulus (psi)	Max Modulus (psi)	Poisson's Ratio	Min - Max	Thickness (in)
1	AC	64 -10	50000	428571	4000000	0.35	0.15 - 0.4	2
2	AC	64 -10	50000	1000000	4000000	0.35	0.15 - 0.4	8
3	Gran Base		5000	36000	50000	0.4	0.35 - 0.45	6
4	Gran Base		5000	15000	50000	0.45	0.35 - 0.45	8
5	Soil		3000	6200	40000	0.45	0.2 - 0.5	Infinite

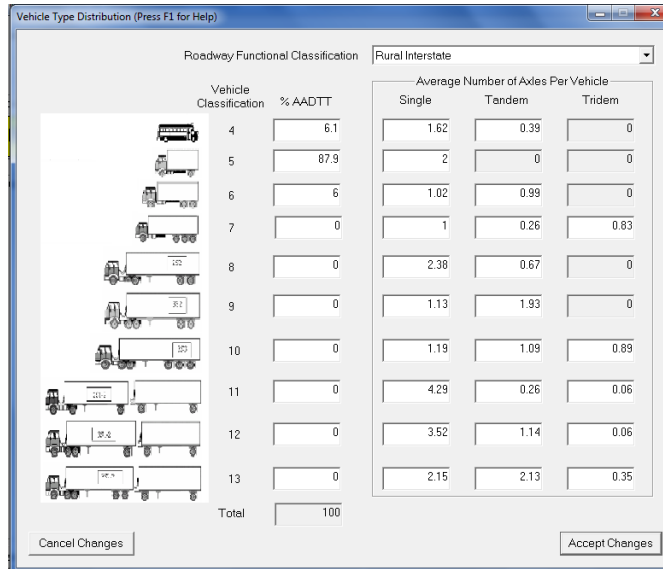
Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

La variabilidad de cada capa, espesor y rigidez se pueden incorporar en el diseño. La opción "variability" que se muestra en la Figura 6 permite al diseñador caracterizar la variabilidad, ya sea normal o log-normal distribuida con un coeficiente de variación de los valores por omisión recomendados en el software. Esta característica permite considerar racionalmente el impacto de la mejora de las prácticas de construcción y especificaciones del espesor del pavimento requerido. Al seleccionar la opción "performance criteria", se permite introducir umbrales de rendimiento y funciones de transferencia para cada capa. Las partes superior, media o inferior de cada capa se pueden seleccionar y diversas respuestas del pavimento (por ejemplo, deflexión, esfuerzo, deformación) se pueden especificar. Sin embargo, el diseño típico de pavimento perpetuo se basa en el control de la tensión de tracción horizontal en la parte inferior de la capa de asfalto y la tensión vertical a la compresión en la parte superior de la subrasante.

2.1 CARACTERIZACIÓN DEL ESPECTRO DE CARGA.

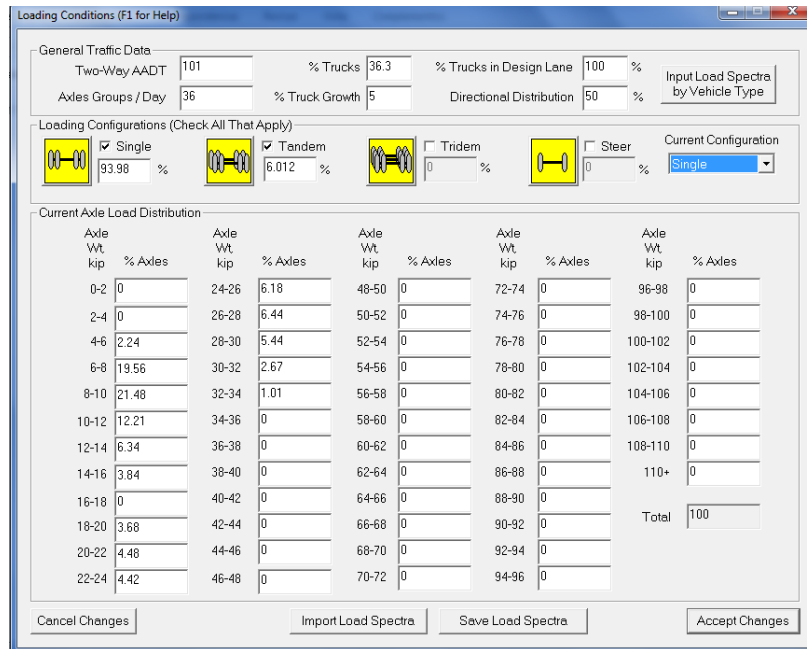
La segunda entrada para PerRoad es la caracterización de la carga. Las figuras 7 y 8 ilustran las ventanas principales para entrar las cargas de tráfico. Se puede seleccionar una distribución de vehículos por defecto en base a la clasificación funcional de la calzada. Los valores predeterminados se basan en los datos disponibles en el software Pavement ME Guía de Diseño, un estudio FHWA y los datos disponibles en el comportamiento del pavimento a largo plazo (LTPP) base de datos, Datapave 3.0. El programa automáticamente toma la carga de los espectros preestablecidos que corresponden con la distribución de tipo de vehículo como se muestra en la Figura 8. Se introduce el volumen de tráfico, el porcentaje de camiones, la tasa de crecimiento, porcentaje de camiones en el carril de diseño y la distribución direccional.

Figura 7. Distribución de vehículos tipo



Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Figura 8. Espectro de carga por eje.



Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

2.2 ANÁLISIS Y DISEÑO

Después de seleccionar la estructura, los tipos de materiales, los criterios de rendimiento y de tránsito, se procede al análisis y diseño. En la ventana mostrada en la Figura 9, se puede alterar la sección transversal del pavimento y evaluar los resultados. Los tres productos principales son el porcentaje por debajo de los criterios del umbral, la acumulación de daños por millones de eje y el número estimado de años hasta que el daño es igual a 0,1. Las secciones de pavimento están diseñadas para un daño de 1,0 que corresponde a un nivel terminal de deterioro del pavimento. Para el diseño de pavimento perpetuo, el daño tiene un valor de 0,1 con el objetivo de observarlo sin dificultad estructural al final del período de diseño. Para carreteras con grandes volúmenes de tráfico, se recomienda un daño igual a 0,1 después de 35 años y para carreteras de bajo volumen después de 30 años.

Figura 9. Análisis y diseño.

Layer	Location	Criteria	Thresh...	Units	Percen...	Damage/...	Years to D=0.1
1	Top	Horizontal ...	-100.	micr...	100.	0.	1.#INF
2	Bottom	Horizontal ...	-100.	micr...	81.74	3.0997e-002	53.002
5	Top	Vertical Str...	200.	micr...	100.	0.	1.#INF

Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Rendimiento

La “A.P.A” (Alianza de Pavimento asfáltico) actualmente considera una estructura perpetua, aquella que tenga una vida útil superior a 35 años, sin daño estructural para carreteras de alto volumen de tráfico. Para el diseño de vías de bajo volumen, es razonable reducir un poco esta vida útil a 30 años, ya que hay menos demanda global de la estructura. En términos de los criterios de respuesta del pavimento, 100 $\mu\epsilon$ en la parte inferior de la capa de asfalto para la fatiga y 200 $\mu\epsilon$ en la parte superior de la subrasante para ahuellamiento fueron seleccionados respectivamente, basándose en estudios anteriores. Además, la fatiga y los algoritmos desarrollados en ahuellamiento utilizados para predecir el daño del pavimento en los casos en que las respuestas del pavimento superen los umbrales son:

$$N_f = 2.83 \times 10^{-6} \left(\frac{1}{\epsilon_t} \right)^{3.148}$$

$$N_r = 6.026 \times 10^{-8} \left(\frac{1}{\epsilon_v} \right)^{3.87}$$

Dónde:

N_f = número de repeticiones de carga hasta el fallo por fatiga

N_r = número de repeticiones de carga hasta el fallo ahuellamiento

ϵ_t = deformación por tracción horizontal en la parte inferior de la HMA

ϵ_v = tensión vertical de compresión en la parte superior de la subrasante.

3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTRUCTURAS

Para el análisis comparativo de estructuras, se procede a seleccionar las vías a estudiar dependiendo de sus características principales (volumen de tráfico, condiciones climatológicas y capacidad portante del suelo), posteriormente se realiza el dimensionamiento de las diferentes estructuras en el software “PerRoad”, planteando diversas alternativas de diseño, para el cual se utilizan criterios de desempeño tales como:

- Condiciones de carga: La caracterización de la carga que debe soportar el pavimento, se hace en base a la composición vehicular (porcentaje de camiones), al incremento anual del tráfico promedio diario TPD, la distribución direccional, porcentaje de camiones en el carril de diseño y el espectro de carga para la red vial Nacional.
- Estructura: En el modelamiento de la estructura, se tiene en cuenta factores climáticos de temperatura, que para el caso del presente estudio se tomarán de los datos proporcionados por los proyectos realizados por la Universidad Industrial de Santander. Para caracterizar cada una de las capas, el programa permite introducir, datos de espesor, módulo de Poisson y módulo resiliente.

Después que la sección de la estructura, los materiales, los criterios de rendimiento y de tráfico han sido definidos, se procede al análisis y diseño. El software arroja un resultado en el cual muestra los tres valores principales del análisis, el porcentaje por debajo de los criterios del umbral, la acumulación de daño por millones de eje y el número estimado de años hasta que el daño es igual a 0,1.

Luego de obtener el dimensionamiento para cada una de las estructuras, se procede a hacer el análisis económico y de esta manera hallar el incremento

porcentual de costos de pavimentos P.A.P respecto a pavimentos flexibles tradicionales.

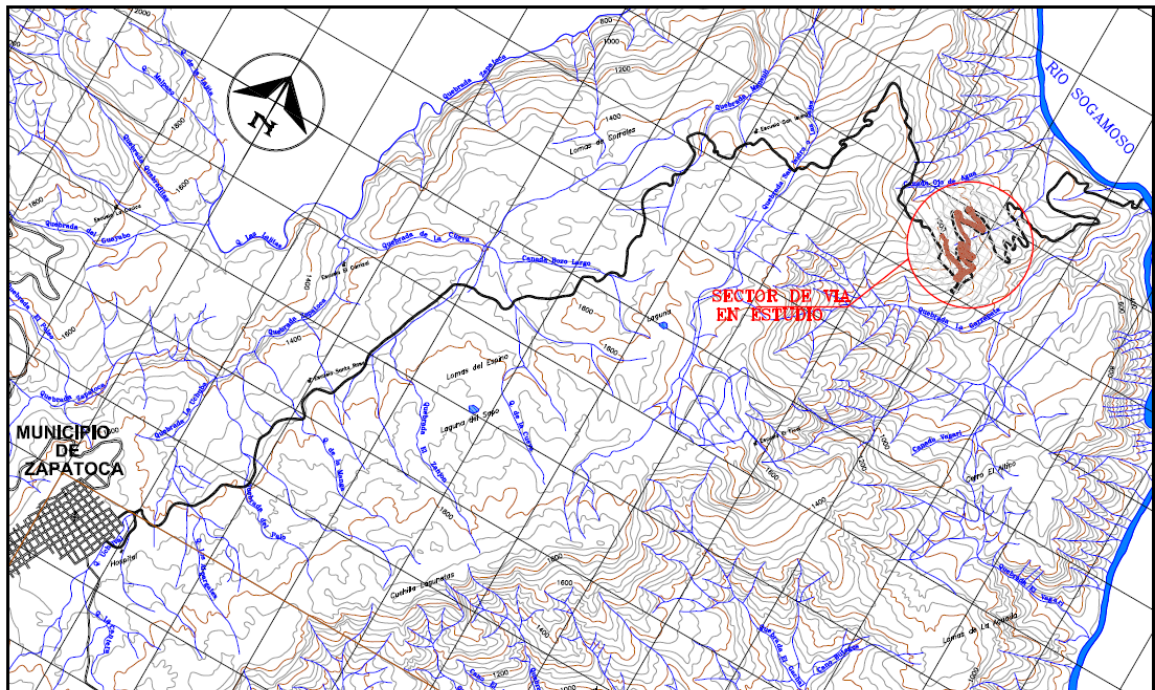
3.1 SELECCIÓN DE PROYECTOS VIALES

Para el presente estudio fueron seleccionadas dos vías secundarias de Santander, las cuales presentan condiciones climatológicas, de tráfico y de suelos diferentes, lo cual permite obtener resultados representativos para el análisis.

3.1.1 vía Girón - Zapatoca 9.34 kilómetros, en dos tramos específicos

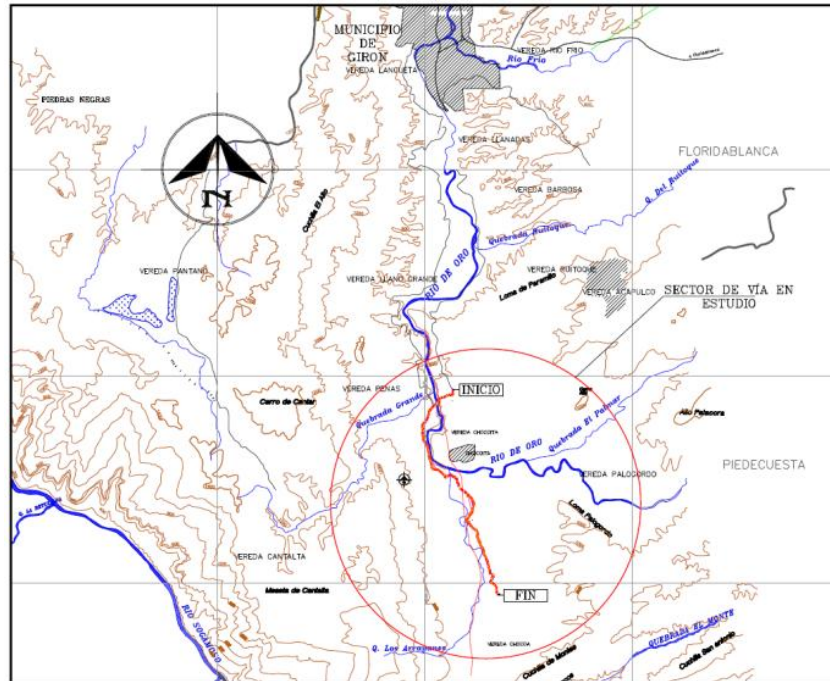
Tramo 1 Zapatoca- Girón K0+000 - K2+900. sale desde el puente Sogamoso en dirección a Zapatoca

Figura 10. Localización general de la vía Girón-Zapatoca de 2,9 km



Tramo 2 Girón- Zapatoca K0+000 a K6+400. Sale desde Chocoita en dirección a Zapatoca

Figura 11. Localización general de la vía Girón-Zapatoca de 6,4 km



3.1.1.1 Ubicación y descripción de la vía. El proyecto se ubica en la provincia de Soto en el centro del departamento de Santander, ubicado al nororiente de Colombia. El primer tramo se caracteriza topográficamente con la presencia de terrenos con pendientes empinadas o muy empinadas, de topografía colinada a montañosa y de moderada a severamente disectadas. Con presencia de fragmentos rocosos angulares de tono violeta oscuro superficialmente, de la formación Girón. El segundo, la vía inicia sobre el pie de espaldón de cuesta que se proyecta hacia el oriente en terrenos de la formación Tambor, que se caracterizan por la presencia de fragmentos rocosos angulares de tono violeta oscuro superficialmente, sin saberse por ahora su origen que puede ser, sea por desmantelamiento in situ, sea restos de fragmentos rocosos provenientes de las laderas que desciende de la plataforma de Lebrija. A continuación pasa por angosto valle y continuando hacia el norte hasta situarse sobre el tope de terraza alta, masiva que hemos llamado de la tienda Buenavista compuesta de mandos de

materiales arcillo –limosos en profundidad y materiales sueltos en superficie, de la cual desciende hacia angosto valle aluvial de la quebrada Chocoa para continuar hasta el final en Tres Esquinas sobre depósitos de derrubios gravitacionales, secos y estabilizados.

3.1.1.2 parámetros específicos de la vía. El resumen de la información de interés presentada para el diseño de la vía fue tomada de "ESTUDIOS Y DISEÑOS DE VÍAS SECUNDARIAS DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER-GIRÓN-ZAPATOCA", informe "Estudio del Tránsito" y "diseño de pavimento" realizado por el *Grupo de Investigación Geomática, Gestión y Optimización de Sistemas*, de la Universidad Industrial de Santander, en el año 2010.

Tramo 1: Girón-Zapatoca K0+000 a K2+900

- Clima: semiseco y templado
- Temperatura histórica máxima: 25 °C
- Ancho de calzada: 6,0 m
- pérdida de serviciabilidad asumiendo ($\Delta PSI=(4,3-1,5)=2,8$)
- desviación estándar $S_o=0,45$ (pavimento asfáltico)
- $Z_r=-0,674$ (75 % de confiabilidad)
- COEFICIENTE DE DRENAJE : 0,80 en las capas no estabilizadas
- TPD: 101 vehículos
- Tasa de crecimiento:5%
- Nivel del tránsito según INVIAS: NT1.
- Periodo de diseño:10 años

Tabla 1. Análisis de la composición vehicular para la vía Girón-Zapatoca K0+000 a K2+900

COMPOSICIÓN VEHICULAR, %			COMPOSICIÓN CAMIONES, %				
AUTOS	BUSES	CAMIONES	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5
46,97	16,71	36,3	6,10	87,90	6,00	0,00	0,00

Fuente. Diseño de vías secundarias departamento de Santander Girón -Zapatoca, estudio de tránsito.

CBR DE DISEÑO

- Se tiene un solo tramo homogéneo,
- CBR de subrasante es igual a 4 % de 98 % proctor modificado para 80 % de confiabilidad.
- $M_r = 6\ 200$ psi.

MATERIALES DISPONIBLES

- Subbase Granular : CBR= 30% - $M_r = 15\ 000$ psi - $a_i = 0,11$
- Base estabilizada tipo BEE-2: Estabilidad =135 000 psi - $a_i = 0,17$,
- Base granular : CBR=80 % - $M_r = 36\ 000$ psi - $a_i = 0,13$,
- Mezcla asfáltica densa en caliente tipo MDC-2, $a_i = 0,44$.

Tramo 2: Zapatoca - Girón K0+000 a K 6+400

- Clima: semi húmedo y templado;
- Temperatura histórica máxima: 26 °C,
- Ancho de calzada: 6,0 m.
- pérdida de serviciabilidad asumiendo ($\Delta PSI = (4,3 - 1,5) = 2,8$)
- desviación estándar $S_o = 0,45$ (pavimento asfáltico)

- $Z_r = -0,674$ (75 % de confiabilidad),
- TPD: 295 vehículos
- Tasa de crecimiento: 5%
- Nivel del tránsito según INVIAS: NT2.
- Periodo de diseño: 10 años

Tabla 2. Análisis de la composición vehicular para la Vía Zapatoca - Girón K0+000 a K 6+400

COMPOSICIÓN VEHICULAR, %			COMPOSICIÓN CAMIONES, %				
AUTOS	BUSES	CAMIONES	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5
37,44	12,61	49,95	29,78	69,09	1,13	0,00	0,00

Fuente. Diseño de vías secundarias departamento de Santander Girón -Zapatoca, estudio de tránsito.

CBR DE DISEÑO

- Se tiene un único tramo homogéneo,
- CBR de subrasante es igual a 6 % de 98 % proctor modificado para 80 % de confiabilidad.
- $M_r = 8000$, psi

LOS MATERIALES DISPONIBLES

- Subbase Granular con CBR= 30%, $M_r = 15\ 000$ psi y $a_i = 0,11$
- Base estabilizada tipo BEE-2: Estabilidad = 135 000 psi y $a_i = 0,17$,
- Base granular con CBR=80 %: $M_r = 36\ 000$ psi y $a_i = 0,13$,
- Mezcla asfáltica densa en caliente tipo MDC-2, $a_i = 0,44$.

3.1.2 Vía Barrancabermeja-Aeropuerto yariguies

La vía Barrancabermeja-Aeropuerto yariguies es una vía que consta de dos carriles en cada sentido, interno y externo. Para el procedimiento de diseño de la estructura de pavimento utiliza datos de volumen de tráfico diferentes en cada uno de los carriles.

3.1.2.1 Ubicación y descripción de la vía.

Figura 12. Ubicación y descripción de la vía Barrancabermeja-Aeropuerto yariguies



La vía Barrancabermeja-El Centro es una vía departamental a cargo de Santander con una longitud total de 26,615 km. Topográficamente la vía es ondulada con presencia de valles intercolinares en el sentido contrario del valle del río Magdalena, recorriendo en los primeros metros terrenos planos pertenecientes al andén cenagoso del río Magdalena, ascendiendo algunos metros en terrenos un poco más altos y planos pasando por el costado oriental del Aeropuerto Yariguies. El tramo que comprende estos estudios son de 3.35 Km, los cuales actualmente se encuentran con un tratamiento superficial, es de la Y hacia el Aeropuerto cobijando cerca de 3.35 kilómetros K 0+000 a K 3+350

3.1.2.2 Parámetros especificados de la vía. El resumen de la información de interés presentada para el diseño de la vía fue tomada de "ESTUDIOS Y DISEÑOS DE VÍAS SECUNDARIAS DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER-VÍA BARRANCABERMEJA-AEROPUERTO YARIGÜIES ", informe "Estudio del Tránsito" y "diseño de pavimento" realizado por el *Grupo de Investigación Geomática, Gestión y Optimización de Sistemas*, de la Universidad Industrial de Santander.

Tramo K 0+000 A K 3+360

- Clima: húmedo y cálido;
- Temperatura promedio máxima: 36 °C,
- Ancho de calzada: 7,3 m.
- pérdida de serviciabilidad asumiendo ($\Delta PSI = (4,3 - 1,5) = 2,8$)
- desviación estándar $S_o = 0,45$ (pavimento asfáltico)
- $Z_r = -0,674$ (75% de confiabilidad)
- TPD: 5467 vehículos carril externo
- TPD: 4447 vehículos carril interno
- Tasa de crecimiento: 7%
- Periodo de diseño: 6 años.

Tabla 3. Análisis de la composición vehicular para la Vía Barrancabermeja- Aeropuerto Yariguies carril externo

COMPOSICIÓN VEHICULAR				COMPOSICIONES DE CAMIONES				
AUTOS	BUSETAS	BUSES	CAMIONES	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5
81.35%	2.84%	3.86%	11.95%	36.03%	28.28%	16.50%	8.42%	10.77%

Fuente. Diseño de vías secundarias departamento de Santander Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies, estudio de tránsito.

Tabla 4. Análisis de la composición vehicular para la Vía Barrancabermeja- Aeropuerto Yariguies carril interno.

COMPOSICIÓN VEHICULAR				COMPOSICIONES DE CAMIONES				
AUTOS	BUSETAS	BUSES	CAMIONES	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5
88,10%	3,10%	4,20%	4,70%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Fuente. Diseño de vías secundarias departamento de Santander Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies, estudio de tránsito.

CBR DE DISEÑO

- CBR de subrasante es igual a 2,1 % para el Tramo 1
- Mr=3000 psi

MATERIALES DISPONIBLES

- Subrasante mejorada con CBR superior a 10%, Mr= 10 000 psi y $a_i = 0,08$
- Subbase granular con CBR>30%, Mr = 15 000 psi y $a_i=0,11$
- Base estabilizada tipo BEE-2: Estabilidad =135 000 psi y $a_i=0,17$,
- Base granular con CBR>80 %: Mr =30 000 psi y $a_i=0,13$,
- Mezcla asfáltica densa en caliente tipo MDC-1, $a_i=0,44$.
- Mezcla asfáltica densa en caliente tipo MDC-2, $a_i=0,44$,

3.2 DIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS P.A.P

Basados en el concepto de pavimento asfáltico perpetuo “P.A.P”, se procede a realizar el dimensionamiento de diferentes tipos de estructuras: full depth y con base granular. Teniendo en cuenta las diferentes condiciones para cada vía y las diferentes alternativas que ofrece utilizar diversos materiales.

El diseño de las capas asfálticas para las alternativas se hace con dos tipos de mezcla las cuales son:

- MDC-2 $M_r = 3000 \text{MPa}$
- M.A.M $M_r = 10\,000 \text{MPa}$

Las mezclas asfálticas utilizadas deben cumplir con las especificaciones INVIAS (Artículo 450-07)

Subbase Granular: Especificación del artículo 320-07.

Base Granular: Especificación del Artículo 330-07.

ESPECTRO DE CARGA

El espectro se basa en un estudio acerca de la distribución porcentual para la red vial nacional para ejes simples, tándem y tridem como se muestra en el ANEXO A.

Tabla 5. Número de ejes sencillo, tandem y tridem por cada mil camiones para vías con diferentes TPDs

EJE	Ejes por 100 camiones-TPDS					
	0 - 500	500 - 1.000	1.000 - 2.500	2.500 - 5.000	5.000 - 10.000	Mayor a 10.000
Sencillo	1879	1876	1796	1760	1782	1839
Tándem	114	120	228	282	253	177
Tridem	23	30	67	76	64	38

Fuente: Proyecto de grado, Configuración de ayudas para la aplicación de metodología de análisis AASHTO 2002 a las condiciones de la ciudad de Bucaramanga. Página 75.

3.2.1 Estructura full depth

El diseño de este tipo de estructura se basa en la utilización de capas asfálticas empleadas directamente sobre sobre la subrasante o subrasante mejorada.

Para el dimensionamiento de las vías Girón- Zapatoca y Barrancabermeja- Aeropuerto Yarigüies, se analizan dos alternativas, la primera utilizando mezcla de alto módulo como capa de base y mezcla densa en caliente tipo MDC-2 como capa de rodadura, colocadas sobre la subrasante existente y la segunda proporcionándole al terreno una Subrasante mejorada con CBR superior a 10%, Mr= 10 000 psi para el mismo tipo de estructura.

3.2.1.1 Alternativa 1: Estructura full depth con M.A.M

3.2.1.1.1 Vía Girón- Zapatoca

3.2.1.1.1.1 Tramo 1: Girón-Zapatoca K0+000 a K2+900

Modelamiento de la estructura de pavimento utilizando software. PerRoad 3.5

Utilizando la composición vehicular para la vía y en base al espectro de carga establecido se procede a asignar la configuración de carga y la distribución de carga por eje como se muestra en el ANEXO B.1

La estructura se determina bajo las siguientes condiciones de diseño:

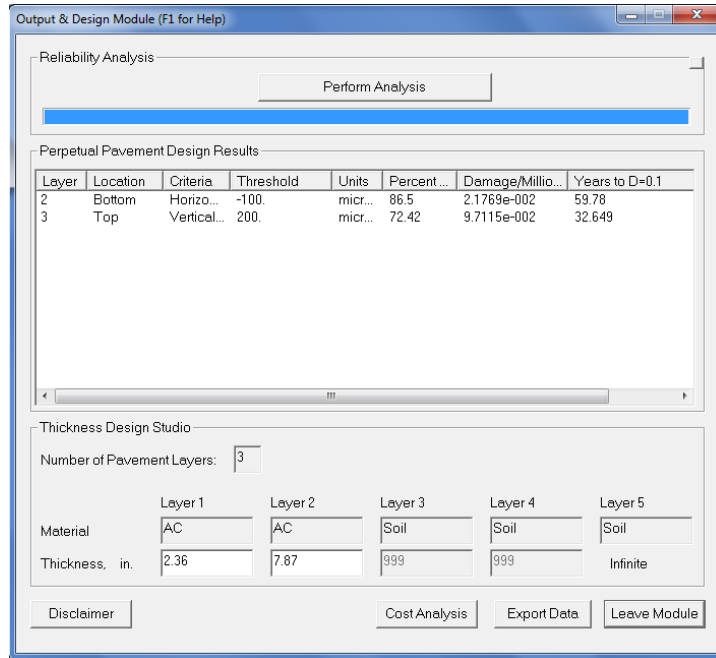
Figura 13. Entrada de datos, Estructura tipo Full depth, alternativa 1 Vía Girón-Zapatoca, tramo 2,9 KM

Property	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5
Material Type	AC	AC	Soil	Soil	Soil
PG Grade	64 -10	64 -10			
Min Modulus (psi)	50000	50000	3000	3000	3000
Modulus (psi)	428571	1428571	6200	6200	6200
Max Modulus (psi)	4000000	4000000	40000	40000	40000
Poisson's Ratio	0.35	0.35	0.45	0.45	0.45
Min - Max	0.15 - 0.4	0.15 - 0.4	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5
Thickness (in)	2.36	7.87	999	999	Infinite

Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Resultados de la modelación de la estructura utilizando perroad3.5

Figura 14. Resultados estructura tipo Full depth, alternativa 1 vía Girón -Zapotoca Tramo 2.9KM



Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Los resultados del dimensionamiento de la estructura para una vida útil de 50 años y un daño equivalente a 0,1 a los 30 años son:

Tabla 6. Resultados estructura tipo full depth, alternativa 1 vía Girón -Zapotoca Tramo 2.9Km

CAPA	MATERIAL	ESPEJOR(cm)
1	MDC-2 C.RODADURA	6
2	M.A.M	20
3	SUBRASANTE	infinito

3.2.1.1.1.2 Tramo 2: Zapatoca - Girón K0+000 a K 6+400. Modelamiento de la estructura de pavimento utilizando software PerRoad 3.5

La configuración vehicular y distribución de carga por eje para este tramo se muestra en el ANEXO B.2

La estructura se determina bajo las siguientes condiciones de diseño:

Figura 15. Entrada de datos, Estructura tipo Full depth, alternativa 1
Vía Girón-Zapatoca, tramo 6.4 KM

The screenshot shows the 'Structural and Seasonal Information' dialog box. It is divided into several sections:

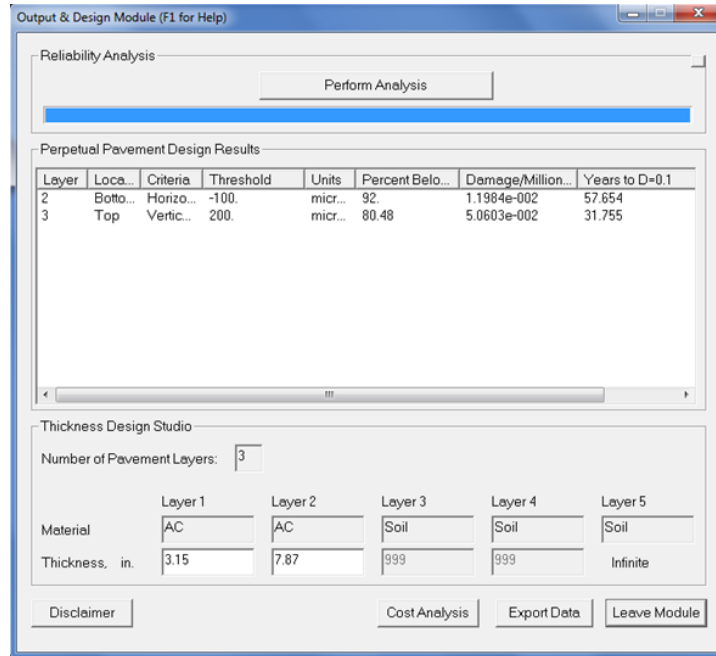
- # of Layers:** Radio buttons for 2, 3, 4, and 5. Option 3 is selected.
- Seasonal Information:** Checkboxes for Summer (checked), Fall, Winter, Spring, and Spring2. A 'Current Season' dropdown is set to Summer. Below are input fields for Duration (weeks) and Mean Air Temperature (F) for each season.
- Layer Properties:** Five columns representing Layer 1 through Layer 5. Each column has a 'Material Type' dropdown and input fields for PG Grade, Min Modulus (psi), Modulus (psi), Max Modulus (psi), Poisson's Ratio, Min-Max, and Thickness (in). Below each column are buttons for 'Variability' and 'Performance Criteria'.
- Buttons:** 'Cancel Changes' and 'Accept Changes' at the bottom.

Property	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5
Material Type	AC	AC	Soil	Soil	Soil
PG Grade	64 -10	64 -10			
Min Modulus (psi)	50000	50000	3000	3000	3000
Modulus (psi)	428571	1428571	8000	8000	8000
Max Modulus (psi)	4000000	4000000	40000	40000	40000
Poisson's Ratio	0.35	0.35	0.45	0.45	0.45
Min - Max	0.15 - 0.4	0.15 - 0.4	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5
Thickness (in)	3.15	7.87	999	999	Infinite

Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Resultados de la modelación de la estructura utilizando perroad3.5

Figura 16. Resultados estructura tipo Full depth, alternativa 1 vía Girón -Zapatoca Tramo 6.4 Km



Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Los resultados del dimensionamiento de la estructura para una vida útil de 50 años y un daño equivalente a 0,1 a los 30 años son:

Tabla 7. Resultados estructura tipo full depth, alternativa 1 vía Girón -Zapatoca Tramo 6.4 Km

CAPA	MATERIAL	ESPESOR(cm)
1	MDC-2 C.RODADURA	8
2	M.A.M	20
3	SUBRASANTE	infinito

3.2.1.1.2 Vía Barranca-Aeropuerto Yariguies

3.2.1.1.2.1 Tramo K 0+000 A K 3+360 Carril externo

Modelamiento de la estructura de pavimento utilizando software PerRoad versión 3.5

Utilizando la composición vehicular para la vía y en base al espectro de carga establecido se procede a asignar la configuración de carga y la distribución de carga por eje como se muestra en el ANEXO B.3

Se procede al dimensionamiento en base a la información de la estructura.

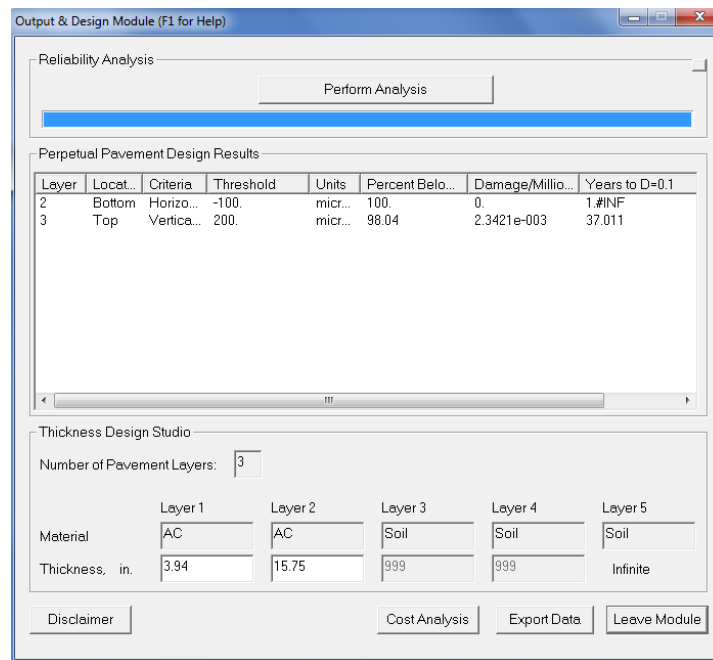
Figura 17. Entrada de datos, Estructura tipo Full depth, alternativa 1
Vía Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies, Carril externo

Layer	Material Type	PG Grade	Min Modulus (psi)	Modulus (psi)	Max Modulus (psi)	Poisson's Ratio	Min - Mex	Thickness (in)
Layer 1	AC	82 -10	50000	428571	4000000	0.35	0.15 - 0.4	3.94
Layer 2	AC	82 -10	50000	1428571	4000000	0.35	0.15 - 0.4	15.75
Layer 3	Soil		3000	3000	40000	0.45	0.2 - 0.5	999
Layer 4	Soil		3000	3000	40000	0.45	0.2 - 0.5	999
Layer 5	Soil		3000	3000	40000	0.45	0.2 - 0.5	Infinite

Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Resultados de la modelación de la estructura utilizando perroad3.5

Figura 18. Resultados estructura tipo Full depth, alternativa 1 vía Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies Carril externo



Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Los resultados del dimensionamiento de la estructura para a vida útil de 50 años y un daño equivalente a 0,1 a los 35 años son:

Tabla 8. Resultados estructura tipo full depth, alternativa 1 vía Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies Carril externo

CAPA	MATERIAL	ESPEJOR(cm)
1	MDC-2 C.RODADURA	10
2	M.A.M	40
3	SUBRASANTE	infinito

3.2.1.1.2.2 Tramo K 0+000 A K 3+360 Carril interno. Modelamiento de la estructura de pavimento utilizando software PerRoad 3.5

Utilizando la composición vehicular para la vía y en base al espectro de carga establecido se procede a asignar la configuración de carga y la distribución de carga por eje como se muestra en el ANEXO B.4

Figura 19. Entrada de datos, Estructura tipo Full depth, alternativa 1
Vía Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies, Carril interno

The screenshot shows the 'Structural and Seasonal Information' dialog box. It is titled '(F1 for Help)'. On the left, there is a vertical list for '# of Layers' with radio buttons for 2, 3, 4, and 5. The '3' option is selected. The main area is divided into 'Seasonal Information' and five layer configuration columns (Layer 1 to Layer 5).

Seasonal Information:

- Season: Summer, Fall, Winter, Spring, Spring2
- Duration (weeks): Summer: 52, Fall: 0, Winter: 0, Spring: 0, Spring2: 0
- Mean Air Temperature, F: Summer: 97, Fall: 70, Winter: 70, Spring: 70, Spring2: 70
- Current Season: Summer (dropdown)
- Temperature Correction

Layer Configuration:

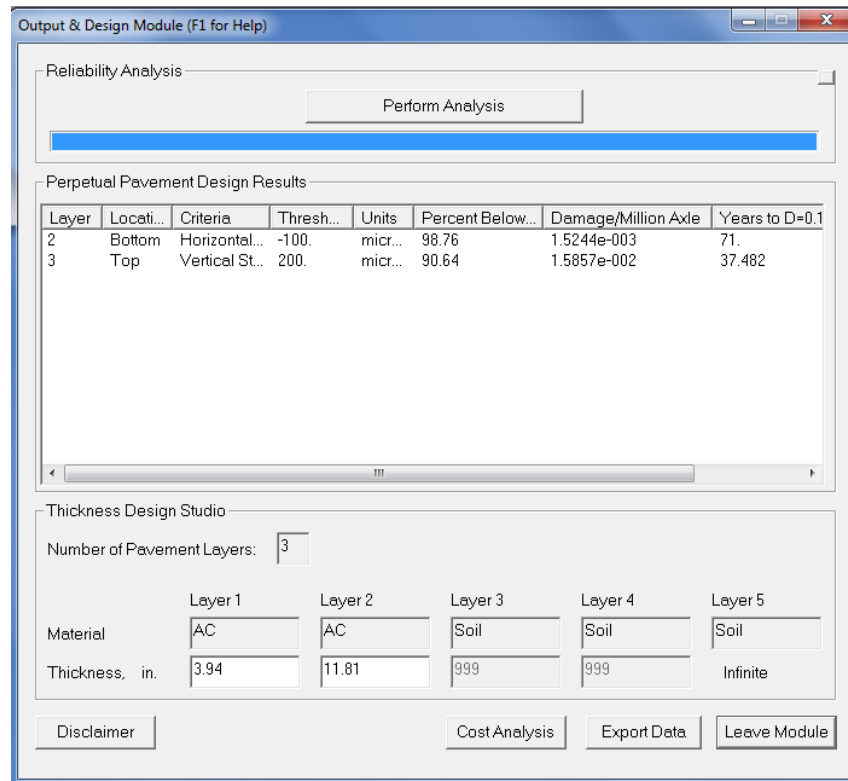
Property	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5
Material Type	AC	AC	Soil	Soil	Soil
PG Grade	82 -10	82 -10			
Min Modulus (psi)	50000	50000	3000	3000	3000
Modulus (psi)	428571	1428571	3000	3000	3000
Max Modulus (psi)	4000000	4000000	40000	40000	40000
Poisson's Ratio	0.35	0.35	0.45	0.45	0.45
Min - Max	0.15 - 0.4	0.15 - 0.4	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5
Thickness (in)	3.94	11.81	999	999	Infinite
Buttons	Variability, Performance Criteria	Variability, Performance Criteria	Variability, Performance Criteria	Variability, Performance Criteria	Variability, Performance Criteria

At the bottom, there are 'Cancel Changes' and 'Accept Changes' buttons.

Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuo

Resultados de la modelación de la estructura utilizando perroad3.5

Figura 20. Resultados estructura tipo Full depth, alternativa 1 vía Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies Carril interno



Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Los resultados del dimensionamiento de la estructura para una vida útil de 50 años y un daño equivalente a 0,1 a los 35 años son:

Tabla 9. Resultados estructura tipo full depth, alternativa 1 vía Barrancabermeja-
Aeropuerto Yariguies Carril interno

CAPA	MATERIAL	ESPEJOR(cm)
1	MDC-2 C.RODADURA	10
2	M.A.M	30
3	SUBRASANTE	infinito

3.2.1.2 Alternativa 2: Estructura full depth con M.A.M y subrasante mejorada

3.2.1.2.1 Vía Girón- Zapatoca

3.2.1.2.1.1 Tramo 1: Girón-Zapatoca K0+000 a K2+900

Modelamiento de la estructura de pavimento utilizando software PerRoad

3.5

Utilizando la composición vehicular para la vía y en base al espectro de carga establecido se procede a asignar la configuración de carga y la distribución de carga por eje como se muestra en el ANEXO B.1

La estructura se determina bajo las siguientes condiciones de diseño:

Figura 21. Entrada de datos, Estructura tipo Full depth, alternativa 2
 Vía Girón-Zapatoca, tramo 2,9 KM

Structural and Seasonal Information (F1 for Help)

of Layers
 2
 3
 4
 5

Seasonal Information
 Season Summer Fall Winter Spring Spring2 Current Season Summer
 Duration (weeks) 52 0 0 0 0
 Mean Air Temperature, F 77 70 70 70 70 Temperature Correction

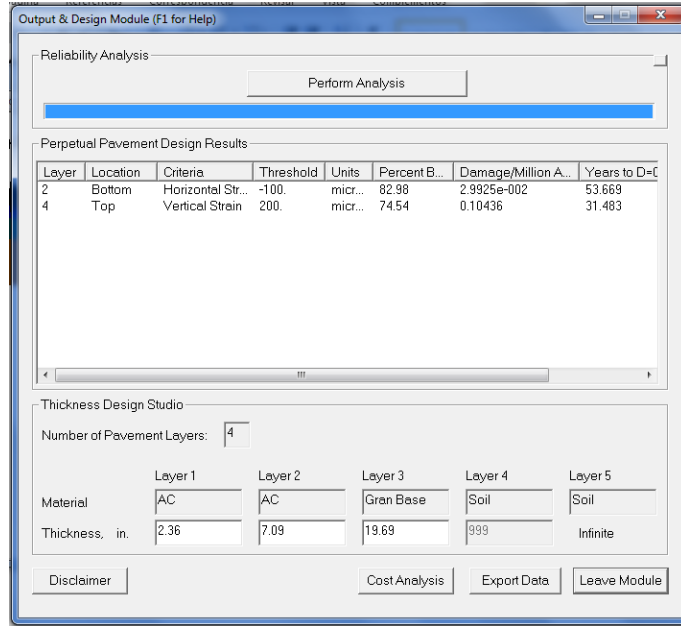
	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5
Material Type	AC	AC	Gran Base	Soil	Soil
PG Grade	64 -10	70 -22			
Min Modulus (psi)	50000	50000	5000	3000	3000
Modulus (psi)	428571	1428571	10000	6200	6200
Max Modulus (psi)	4000000	4000000	50000	40000	40000
Poisson's Ratio	0.35	0.35	0.4	0.45	0.45
Min - Max	0.15 - 0.4	0.15 - 0.4	0.35 - 0.45	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5
Thickness (in)	2.36	7.09	19.69	999	Infinite
	Variability	Variability	Variability	Variability	Variability
	Performance Criteria	Performance Criteria	Performance Criteria	Performance Criteria	Performance Criteria

Cancel Changes Accept Changes

Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Resultados de la modelación de la estructura utilizando perroad3.5

Figura 22. Resultados estructura tipo Full depth, alternativa 2. vía Giron-Zapatoca Tramo 2.9KM



Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Los resultados del dimensionamiento de la estructura para una vida útil de 50 años y un daño equivalente a 0,1 a los 30 años son:

Tabla 10. Resultados estructura tipo full depth, alternativa 2 vía Girón -Zapatoca Tramo 2.9K

CAPA	MATERIAL	ESPEJOR(cm)
1	MDC-2 C.RODADURA	6
2	M.A.M	18
3	SUBRASANTE MEJORADA	50

3.2.1.2.1.2 Tramo 2: Zapatoca - Girón K0+000 a K 6+400. Modelamiento de la estructura de pavimento utilizando software PerRoad versión 3.5

La configuración vehicular y distribución de carga por eje para este tramo se muestra en el ANEXO B.2

Figura 23. Entrada de datos, Estructura tipo Full depth, alternativa 2 Vía Girón-Zapatoca, tramo 6.4 Km

The screenshot shows the 'Structural and Seasonal Information' dialog box. It is divided into two main sections: 'Seasonal Information' and 'Layer Properties'.

Seasonal Information:

- # of Layers: 5 (selected)
- Season: Summer (checked), Fall, Winter, Spring, Spring2 (unchecked)
- Duration (weeks): Summer: 52, Fall: 0, Winter: 0, Spring: 0, Spring2: 0
- Mean Air Temperature, F: Summer: 77, Fall: 70, Winter: 70, Spring: 70, Spring2: 70
- Temperature Correction: checked

Layer Properties:

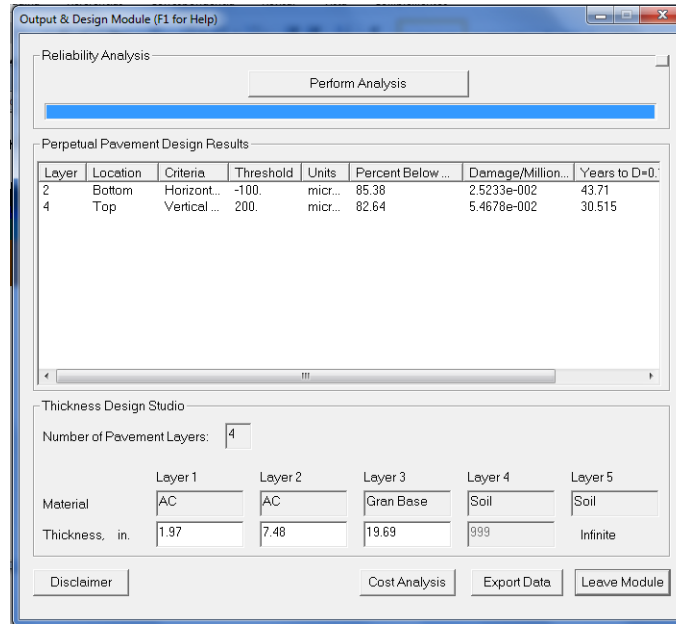
Property	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5
Material Type	AC	AC	Gran Base	Soil	Soil
PG Grade	64 -10	70 -22			
Min Modulus (psi)	50000	50000	5000	3000	3000
Modulus (psi)	428571	1428571	10000	8000	8000
Max Modulus (psi)	4000000	4000000	50000	40000	40000
Poisson's Ratio	0.35	0.35	0.4	0.45	0.45
Min - Max	0.15 - 0.4	0.15 - 0.4	0.35 - 0.45	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5
Thickness (in)	1.97	7.48	19.69	999	Infinite

Buttons: Cancel Changes, Accept Changes, Variability, Performance Criteria (for each layer).

Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Resultados de la modelación de la estructura utilizando perroad3.5

Figura 24. Resultados estructura tipo Full depth, alternativa 2 .vía Giron-Zapatoca Tramo 6.4Km



Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Los resultados del dimensionamiento de la estructura para a vida util de 50 años y un daño equivalente a 0,1 a los 30 años son:

Tabla 11. Resultados estructura tipo full depth, alternativa 2 vía Girón-Zapatoca Tramo 6.4 Km

CAPA	MATERIAL	ESPESOR(cm)
1	MDC-2 C.RODADURA	5
2	M.A.M	20
3	SUBRASANTE MEJORADA	50

3.2.1.2.2 Vía Barranca-Aeropuerto Yariguies

3.2.1.2.2.1 Tramo K 0+000 A K 3+360 Carril externo. Modelamiento de la estructura de pavimento utilizando software PerRoad versión 3.5

Utilizando la composición vehicular para la vía y en base al espectro de carga establecido se procede a asignar la configuración de carga y la distribución de carga por eje como se muestra en el ANEXO B.3

Se procede al dimensionamiento en base a la información de la estructura.

Figura 25. Entrada de datos, Estructura tipo depth, alternativa 2 Barrancabermeja- Aeropuerto Yariguies Tramo carril externo

The screenshot shows the 'Structural and Seasonal Information' dialog box. It is divided into two main sections: 'Seasonal Information' and 'Layer Information'.

Seasonal Information:

- # of Layers: 3 (selected)
- Season: Summer, Fall, Winter, Spring, Spring2
- Duration (weeks): Summer: 52, Fall: 0, Winter: 0, Spring: 0, Spring2: 0
- Current Season: Summer (dropdown)
- Mean Air Temperature, F: Summer: 97, Fall: 70, Winter: 70, Spring: 70, Spring2: 70
- Temperature Correction

Layer Information:

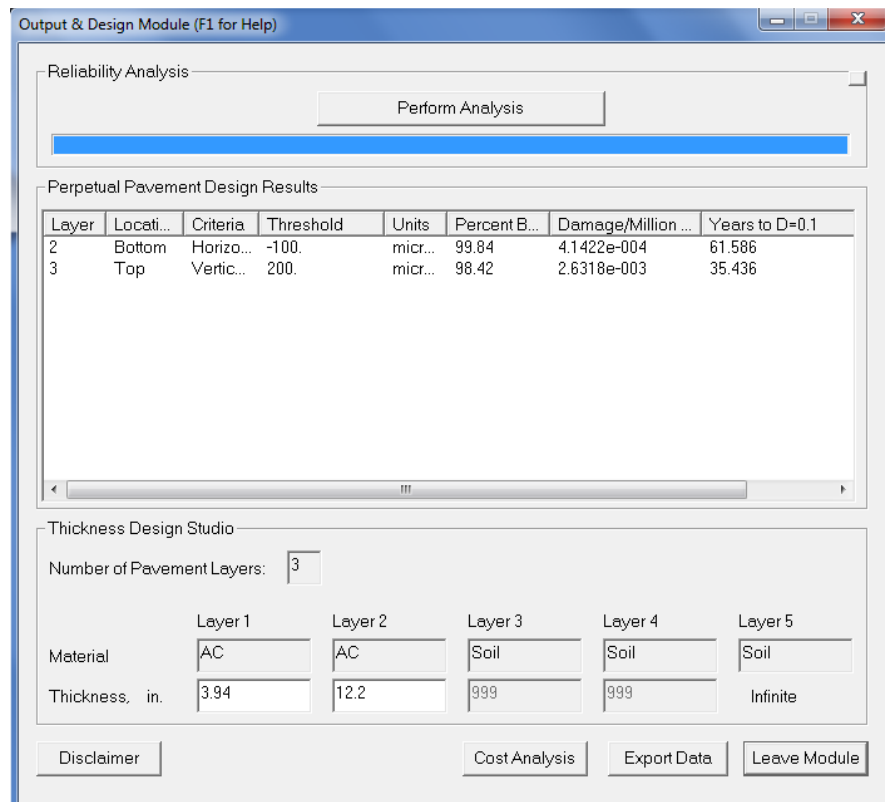
Property	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5
Material Type	AC	AC	Soil	Soil	Soil
PG Grade	82 -10	82 -10			
Min Modulus (psi)	50000	50000	3000	3000	3000
Modulus (psi)	428571	1428571	10000	10000	10000
Max Modulus (psi)	4000000	4000000	40000	40000	40000
Poisson's Ratio	0.35	0.35	0.45	0.45	0.45
Min - Max	0.15 - 0.4	0.15 - 0.4	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5
Thickness (in)	3.94	12.2	999	999	Infinite

Buttons: Variability, Performance Criteria (for each layer), Cancel Changes, Accept Changes.

Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Resultados de la modelación de la estructura utilizando PerRoad versión 3.5

Figura 26. Resultados estructura tipo Full depth, alternativa 2 vía Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies Tramo carril externo



Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Los resultados del dimensionamiento de la estructura para una vida útil de 50 años y un daño equivalente a 0,1 a los 35 años son:

Tabla 12. Resultados estructura tipo full depth, alternativa 2 vía Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies Carril externo

CAPA	MATERIAL	ESPESOR(cm)
1	MDC-2 C.RODADURA	10
2	M.A.M	31
3	SUBRASANTE MEJORADA	70

3.2.1.2.2.2 Tramo K 0+000 A K 3+360 Carril interno. Modelamiento de la estructura de pavimento utilizando software PerRoad versión 3.5

Utilizando la composición vehicular para la vía y en base al espectro de carga establecido se procede a asignar la configuración de carga y la distribución de carga por eje como se muestra en el ANEXO B.4

Figura 27. Entrada de datos, Estructura tipo Full depth, alternativa 2 Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies Tramo carril interno

The screenshot shows the 'Structural and Seasonal Information' dialog box. It is divided into 'Seasonal Information' and 'Layer Properties' sections.

Seasonal Information:

- # of Layers: 3 (selected)
- Season: Summer, Fall, Winter, Spring, Spring2
- Current Season: Summer
- Duration (weeks): Summer: 52, Fall: 0, Winter: 0, Spring: 0, Spring2: 0
- Mean Air Temperature, F: Summer: 97, Fall: 70, Winter: 70, Spring: 70, Spring2: 70
- Temperature Correction:

Layer Properties:

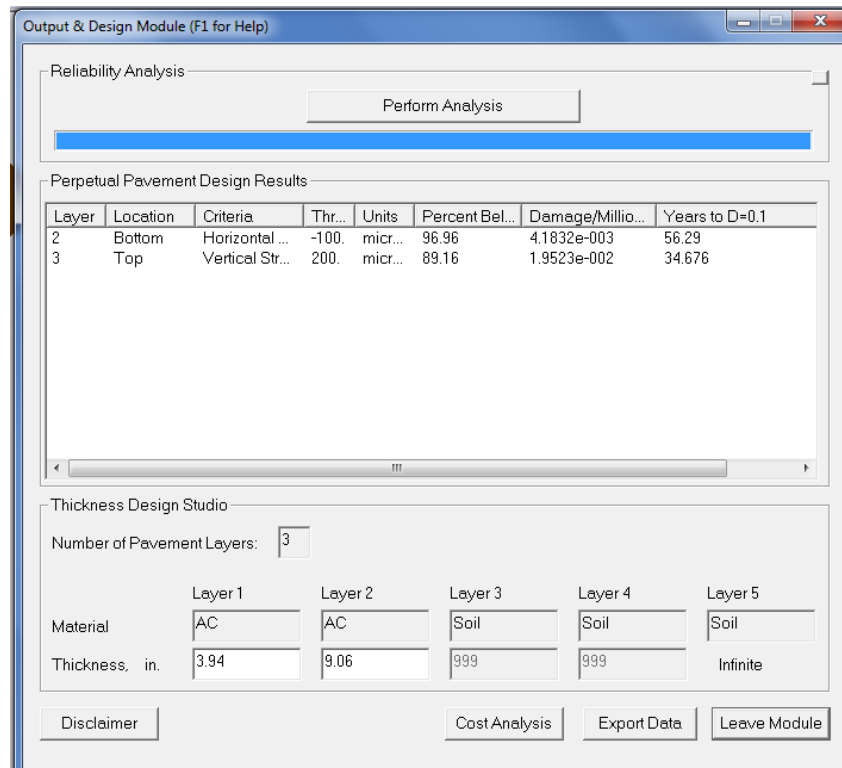
Property	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5
Material Type	AC	AC	Soil	Soil	Soil
PG Grade	82 -10	82 -10			
Min Modulus (psi)	50000	50000	3000	3000	3000
Modulus (psi)	428571	1428571	10000	10000	10000
Max Modulus (psi)	4000000	4000000	40000	40000	40000
Poisson's Ratio	0.35	0.35	0.45	0.45	0.45
Min - Max	0.15 - 0.4	0.15 - 0.4	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5
Thickness (in)	3.94	9.06	9.99	9.99	Infinite
Buttons	Variability, Performance Criteria	Variability, Performance Criteria	Variability, Performance Criteria	Variability, Performance Criteria	Variability, Performance Criteria

Buttons: Cancel Changes, Accept Changes

Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuo

Resultados de la modelación de la estructura utilizando PerRoad versión 3.5

Figura 28. Resultados estructura tipo Full depth, alternativa 2 vía Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies Tramo carril interno



Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Los resultados del dimensionamiento de la estructura para a vida útil de 50 años y un daño equivalente a 0,1 a los 35 años son:

Tabla 13. Resultados estructura tipo full depth, alternativa 2 vía Barrancabermeja-
Aeropuerto Yariguies Carril interno

CAPA	MATERIAL	ESPESOR(cm)
1	MDC-2 C.RODADURA	10
2	M.A.M	23
3	SUBRASANTE MEJORADA	70

3.2.2 Estructura con base granular

Para el dimensionamiento de la estructura se utiliza un sistema multicapa el cual consiste en utilizar dos capas asfálticas (una de rodadura y una de base), base granular y subbase granular.

3.2.2.1 Vía Girón- Zapatoca

3.2.2.1.1 Tramo 1: Girón-Zapatoca K0+000 a K2+900. Utilizando la composición vehicular para la vía y en base al espectro de carga establecido se procede a asignar la configuración de carga y la distribución de carga por eje como se muestra en el ANEXO B.1 Las siguientes son las condiciones de diseño para el tramo 1:

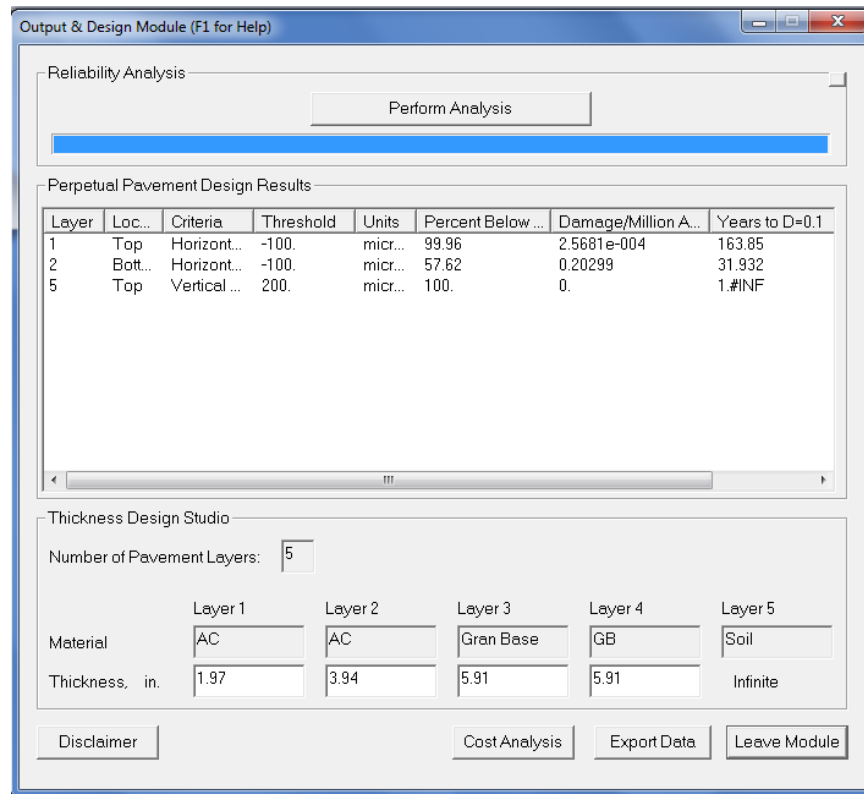
Figura 29. Entrada de datos, Estructura con base granular, Vía Girón -Zapatoca, tramo 2,9 Km

Layer	Material Type	PG Grade	Min Modulus (psi)	Modulus (psi)	Max Modulus (psi)	Poisson's Ratio	Min - Max	Thickness (in)
Layer 1	AC	64 -10	50000	428571	4000000	0.35	0.15 - 0.4	1.97
Layer 2	AC	64 -10	50000	1428571	4000000	0.35	0.15 - 0.4	3.94
Layer 3	Gran Base		5000	36000	50000	0.4	0.35 - 0.45	5.91
Layer 4	Gran Base		5000	15000	50000	0.45	0.35 - 0.45	5.91
Layer 5	Soil		3000	6200	40000	0.45	0.2 - 0.5	Infinite

Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Resultados de la modelación de la estructura utilizando perroad3.5

Figura 30. Resultados estructura con base granular, vía Girón -Zapatoca tramo 2,9 Km



Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Los resultados del dimensionamiento de la estructura para una vida útil de 50 años y un daño equivalente a 0,1 a los 35 años son:

Tabla 14. Resultados estructura con base granular, vía Girón-Zapatoca tramo 2,9 Km

CAPA	MATERIAL	ESPESOR(cm)
1	MDC-2 C.RODADURA	5
2	M.A.M	10
3	BASE GRANULAR	15
4	SUBBASE GRANULAR	15
5	SUBRASANTE	infinito

3.2.2.1.2 Tramo 2: Zapatoca - Girón K0+000 a K 6+400. Utilizando la composición vehicular para la vía y en base al espectro de carga establecido se procede a asignar la configuración de carga y la distribución de carga por eje como se muestra en el ANEXO B.2

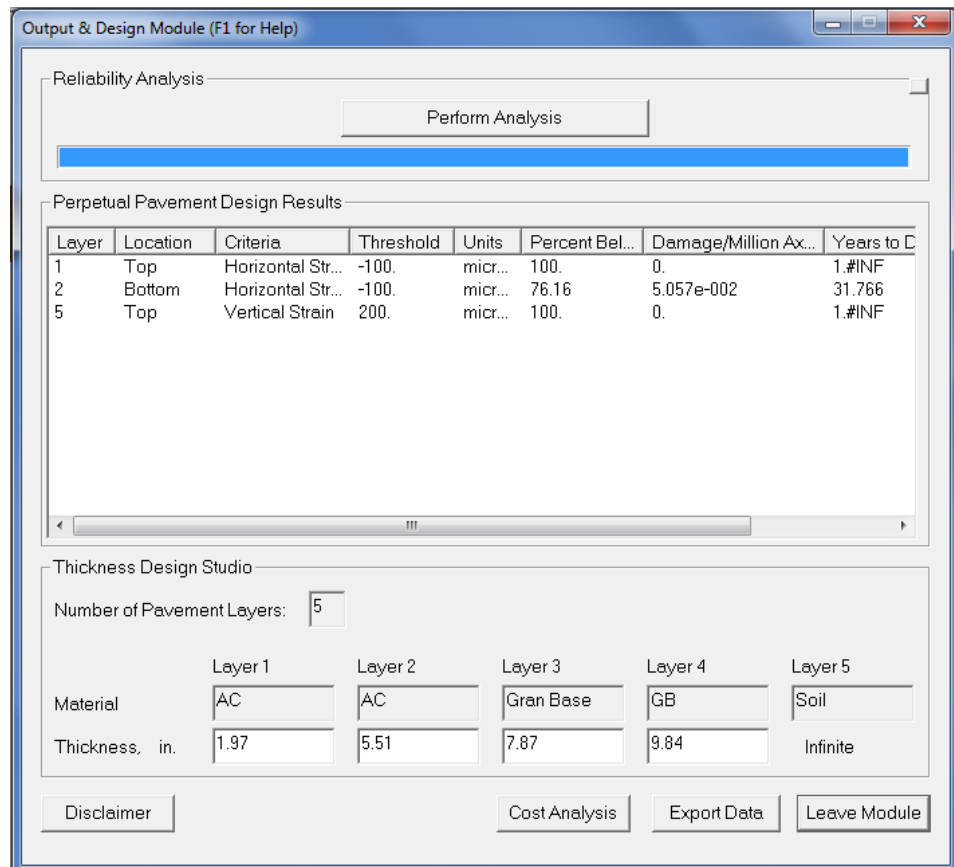
La estructura se determina bajo las siguientes condiciones de diseño:

Figura 31. Entrada de datos, Estructura con base granular, Vía Girón -Zapatoca, tramo 6.4 Km

Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Resultados de la modelación de la estructura utilizando perroad3.5

Figura 32. Resultados estructura con base granular, vía Girón-Zapatoca tramo 6.4Km



Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Los resultados del dimensionamiento de la estructura para una vida útil de 50 años y un daño equivalente a 0,1 a los 35 años son:

Tabla 15. Resultados estructura con base granular, alternativa 2 vía Girón-Zapatoca tramo 6,4Km

CAPA	MATERIAL	ESPEJOR(cm)
1	MDC-2 C.RODADURA	5
2	M.A.M	14
3	BASE GRANULAR	20
4	SUBBASE GRANULAR	25
5	SUBRASANTE	infinito

3.2.2.2 Vía Barranca-Aeropuerto Yariguies

3.2.2.2.1 Tramo K 0+000 A K 3+360 Carril externo. Utilizando la composición vehicular para la vía y en base al espectro de carga establecido se procede a asignar la configuración de carga y la distribución de carga por eje como se muestra en el ANEXO B.3

En base a la información de la estructura necesaria para el modelamiento se procede al dimensionamiento.

Figura 33. Entrada de datos, Estructura con base granular Vía Barrancabermeja-
Aeropuerto Yariguies carril externo

The screenshot shows the 'Structural and Seasonal Information' dialog box. It is divided into several sections:

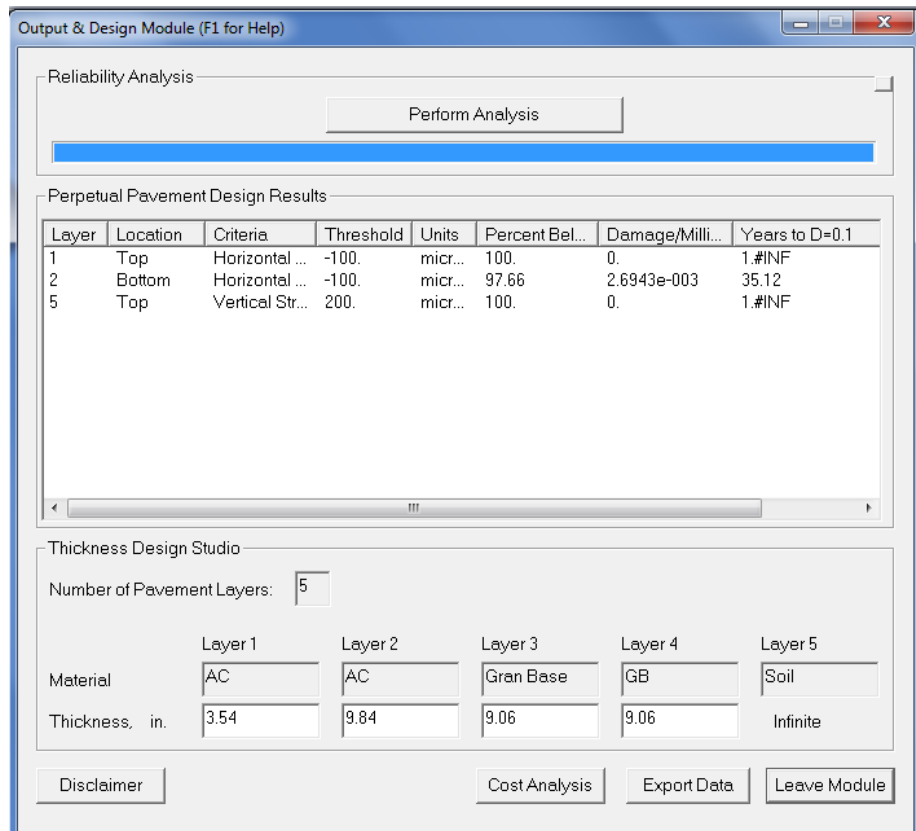
- # of Layers:** Radio buttons for 2, 3, 4, and 5 layers. The 5-layer option is selected.
- Seasonal Information:**
 - Season: Summer, Fall, Winter, Spring, Spring2. 'Current Season' is Summer.
 - Duration (weeks): 52, 0, 0, 0, 0.
 - Mean Air Temperature, F: 97, 70, 70, 70, 70.
 - Temperature Correction.
- Layer Properties:**

Property	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5
Material Type	AC	AC	Gran Base	Gran Base	Soil
PG Grade	82 -10	82 -10			
Min Modulus (psi)	50000	50000	5000	5000	3000
Modulus (psi)	428571	1428571	30000	15000	3000
Max Modulus (psi)	4000000	4000000	50000	50000	40000
Poisson's Ratio	0.35	0.35	0.4	0.45	0.45
Min - Max	0.15 - 0.4	0.15 - 0.4	0.35 - 0.45	0.35 - 0.45	0.2 - 0.5
Thickness (in)	3.54	9.84	9.06	9.06	Infinite
	Variability	Variability	Variability	Variability	Variability
	Performance Criteria	Performance Criteria	Performance Criteria	Performance Criteria	Performance Criteria
- Buttons:** 'Cancel Changes' and 'Accept Changes'.

Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Resultados de la modelación de la estructura utilizando PerRoad versión 3.5

Figura 34. Resultados estructura con base granular, vía Barrancabermeja- Aeropuerto Yariguies Carril externo



Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Los resultados del dimensionamiento de la estructura para una vida útil de 50 años y un daño equivalente a 0,1 a los 35 años son:

Tabla 16. Resultados estructura con base granular, vía Barrancabermeja-
Aeropuerto Yariguies Carril externo

CAPA	MATERIAL	ESPEJOR(cm)
1	MDC-2 C.RODADURA	9
2	M.A.M	25
3	BASE GRANULAR	23
4	SUBBASE GRANULAR	23
5	SUBRASANTE	infinito

3.2.2.2.2 Tramo K 0+000 A K 3+360 Carril interno. Utilizando la composición vehicular para la vía y en base al espectro de carga establecido se procede a asignar la configuración de carga y la distribución de carga por eje como se muestra en el ANEXO B.4

En base a la información de la estructura necesaria para el modelamiento se procede al dimensionamiento.

Figura 35. Entrada de datos, Estructura con base granular, Vía Barrancabermeja-
Aeropuerto Yariguies carril interno

Structural and Seasonal Information (F1 for Help)

of Layers

Seasonal Information

Season Summer Fall Winter Spring Spring2 Current Season Summer

Duration (weeks) 52 0 0 0 0

Mean Air Temperature, F 97 70 70 70 70 Temperature Correction

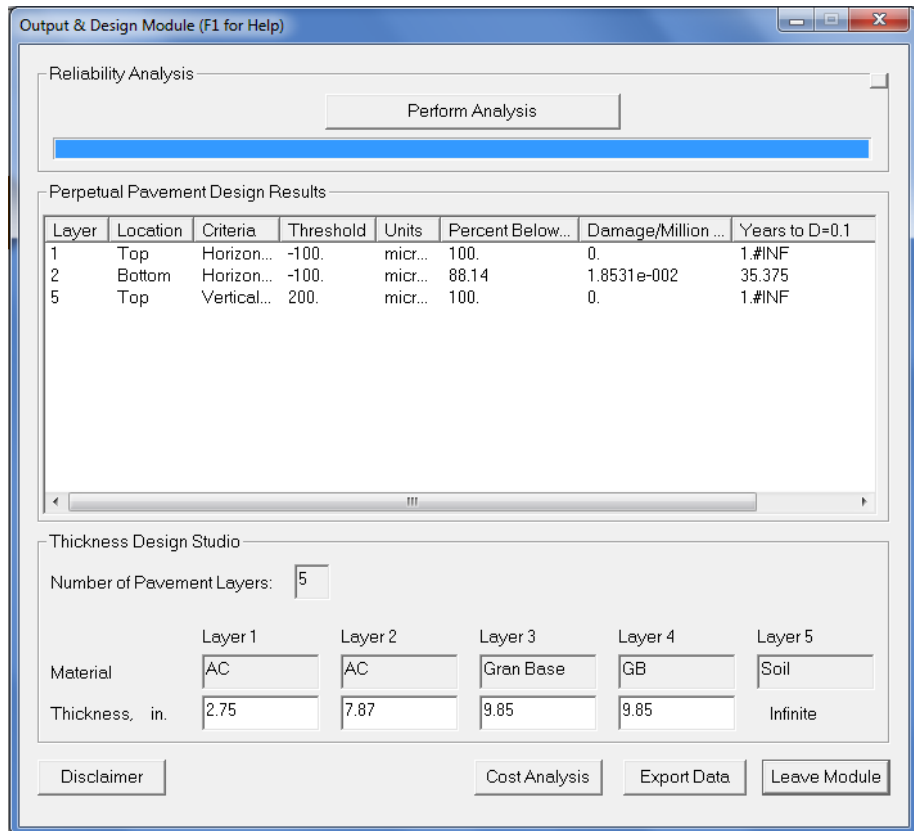
Property	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5
Material Type	AC	AC	Gran Base	Gran Base	Soil
PG Grade	82 -10	82 -10			
Min Modulus (psi)	50000	50000	5000	5000	3000
Modulus (psi)	428571	1428571	30000	15000	3000
Max Modulus (psi)	4000000	4000000	50000	50000	40000
Poisson's Ratio	0.35	0.35	0.4	0.45	0.45
Min - Max	0.15 - 0.4	0.15 - 0.4	0.35 - 0.45	0.35 - 0.45	0.2 - 0.5
Thickness (in)	2.75	7.87	9.85	9.85	Infinite
	Variability	Variability	Variability	Variability	Variability
	Performance Criteria	Performance Criteria	Performance Criteria	Performance Criteria	Performance Criteria

Cancel Changes Accept Changes

Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos

Resultados de la modelación de la estructura utilizando PerRoad versión 3.5

Figura 36. Resultados estructura con base granular, vía Barrancabermeja- Aeropuerto Yariguies Carril interno



Fuente: Software PerRoad versión 3.5 programa para el diseño y análisis de pavimentos perpetuos

Los resultados del dimensionamiento de la estructura para una vida útil de 50 años y un daño equivalente a 0,1 a los 35 años son:

Tabla 17. Resultados estructura con base granular, alternativa 2 vía Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies Carril interno

CAPA	MATERIAL	ESPESOR(cm)
1	MDC-2 C.RODADURA	7
2	M.A.M	20
3	BASE GRANULAR	25
4	SUBBASE GRANULAR	25
5	SUBRASANTE	infinito

3.3 ANÁLISIS ECÓNOMICO

Se realiza un análisis económico del incremento de costos de construcción de los proyectos viales seleccionados, que fueron diseñados con pavimentos flexibles tradicionales y las alternativas de diseño de pavimento asfáltico perpetuo realizadas anteriormente y así encontrar las alternativas más viables que se podrían implementar en Santander.

Inicialmente se calcula el costo por Kilómetro de cada una de las estructuras de pavimento propuestas en los diseños P.A.P, posteriormente se halla el costo de la estructura para la longitud de cada vía y finalmente se calcula el costo total del proyecto utilizando cada una de las alternativas propuestas, para con este último hallar el incremento porcentual para cada caso, respecto al costo del proyecto realizado por la Universidad Industrial de Santander.

El costo total de los proyectos viales Girón-Zapatoca y Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies, realizados por la Universidad, se muestran en los ANEXOS C y D respectivamente, así como las dimensiones de la estructura tradicional.

El costo total de los proyectos, incluye todos los gastos a realizar por las actividades y ejecución de cada una de las obras propuestas, equipos necesarios,

mano de obra y materiales, como parte de costos directos e indirectos de acuerdo al resultado de la evaluación del grupo de investigación Geomática.

3.3.1 Estructura Full Depth

3.3.1.1 Vía Girón- Zapatoca. A continuación se muestra el precio por Kilometro de cada una de las alternativas, para los dos tramos que componen el proyecto vial Girón-Zapatoca.

Tabla 18. Costo por kilómetro Girón- Zapatoca -T1 Estructura Full Depth

Item.	Vr. Unitario	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 2		
		Espesor(m)	cantidad(m³)	Vr. Parcial	Espesor(m)	cantidad(m³)	Vr. Parcial
		Capa de rodadura tipo MDC-2	\$ 459.078,00	0,06	360	\$ 165.268.080,00	0,06
Capa base M.A.M	\$ 807.478,00	0,2	1200	\$ 968.973.600,00	0,18	1080	\$ 872.076.240,00
Subrasante mejorada	\$ 65.115,00	0	0	\$ -	0,5	3000	\$ 195.345.000,00
				\$ 1.134.241.680,00			\$ 1.232.689.320,00

Tabla 19. Costo por kilómetro Girón- Zapatoca –T2 Estructura Full Depth

Item.	Vr. Unitario	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 2		
		Espesor(m)	cantidad(m³)	Vr. Parcial	Espesor(m)	cantidad(m³)	Vr. Parcial
		Concreto asfáltico tipo MDC-2	\$ 459.078,00	0,08	480	\$ 220.357.440,00	0,05
Mezcla de alto Modulo	\$ 807.478,00	0,2	1200	\$ 968.973.600,00	0,2	1200	\$ 968.973.600,00
Subrasante mejorada	\$ 65.115,00	0	0	\$ -	0,5	3000	\$ 195.345.000,00
				\$ 1.189.331.040,00			\$ 1.106.697.000,00

En la tabla 20 se muestran los resultados del incremento porcentual del costo total del proyecto de las dos alternativas de tipo full depth para la vía Girón-Zapatoca.

El costo total de la estructura y el costo total del proyecto se encuentran consignados, en los ANEXOS E.1 y E.2 para cada una de las alternativas.

Tabla 20. Costo total del proyecto Girón –Zapatoca, estructura Full Depth

COSTO TOTAL PROYECTO GIRON-ZAPATOCA			
DISEÑO	PERIODO DE DISEÑO	COSTO TOTAL	INCREMENTO (%)
ALTERNATIVA 1	50 AÑOS	\$ 23.688.217.482,23	102
ALTERNATIVA 2	50 AÑOS	\$ 23.181.702.090,21	98

3.3.1.2 vía Barranca-Aeropuerto Yariguies. A continuación se muestra el precio por Kilómetro de cada una de las alternativas, para carril interno (C.I) y carril externo (C.E) que componen el proyecto vial Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies.

Tabla 21. Costo por kilómetro BARRANCA-AEROPUERTO YARIGUIES-CE Estructura Full Depth,

Item.	Vr. Unitario	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 2		
		Espesor(m)	cantidad(m³)	Vr. Parcial	Espesor(m)	cantidad(m³)	Vr. Parcial
Capa de rodadura tipo MDC-2	\$ 427.203,00	0,1	730	\$ 311.858.190,00	0,1	730	\$ 311.858.190,00
Capa base M.A.M	\$ 775.603,00	0,4	2920	\$ 2.264.760.760,00	0,31	2263	\$ 1.755.189.589,00
Subrasante mejorada	\$ 49.490,00	0	0	\$ -	0,7	5110	\$ 252.893.900,00
				\$ 2.576.618.950,00			\$ 2.319.941.679,00

Tabla 22. Costo por kilómetro BARRANCA-AEROPUERTO YARIGUIES-CI Estructura Full Depth

Item.	Vr. Unitario	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 2		
		Espesor(m)	cantidad(m³)	Vr. Parcial	Espesor(m)	cantidad(m³)	Vr. Parcial
Capa de rodadura tipo MDC-2	\$ 427.203,00	0,1	730	\$ 311.858.190,00	0,1	730	\$ 311.858.190,00
Capa base M.A.M	\$ 775.603,00	0,3	2190	\$ 1.698.570.570,00	0,23	1679	\$ 1.302.237.437,00
Subrasante mejorada	\$ 49.490,00	0	0	\$ -	0,7	5110	\$ 252.893.900,00
				\$ 2.010.428.760,00			\$ 1.866.989.527,00

En la tabla 23 se muestran los resultados del incremento porcentual del costo global del proyecto de las dos alternativas de tipo full depth para la vía Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies.

El costo total de la estructura de pavimento para la vía y el costo global del proyecto se encuentran consignados, en los ANEXOS E.3 y E.4 para cada una de las alternativas.

Tabla 23. Costo total del proyecto BARRANCA-AEROPUERTO YARIGÜIES, Estructura Full Depth

COSTO TOTAL PROYECTO BARRANCA-AEROPUERTO YARIGÜIES			
DISEÑO	PERIODO DE DISEÑO	COSTO TOTAL	INCREMENTO (%)
ALTERNATIVA 1	50 AÑOS	\$ 25.889.586.640,18	217
ALTERNATIVA 2	50 AÑOS	\$ 22.929.026.823,13	180

3.3.2 Estructura con base granular

3.3.2.1 Vía Girón- Zapatoca. A continuación se muestra el precio por Kilometro de cada una de las alternativas, para los dos tramos que componen el proyecto vial Girón -Zapatoca.

Tabla 24. Costo por kilómetro Girón- Zapatoca -T1 Estructura con base granular

Item.	Vr. Unitario	ESTRUCTURA CON BASE GRANULAR		
		Espesor(m)	cantidad(m ³)	Vr. Parcial
Capa de rodadura tipo MDC-2	\$ 459.078,00	0,05	300	\$ 137.723.400,00
Capa base M.A.M	\$ 807.478,00	0,1	600	\$ 484.486.800,00
Base granular	\$ 80.866,00	0,15	900	\$ 72.779.400,00
Sub base granular	\$ 78.366,00	0,15	900	\$ 70.529.400,00
				\$ 765.519.000,00

Tabla 25. Costo por kilómetro Girón- Zapatoca –T2 Estructura con base granular

Item.	Vr. Unitario	ESTRUCTURA CON BASE GRANULAR		
		Espesor(m)	cantidad(m ³)	Vr. Parcial
Capa de rodadura tipo MDC-2	\$ 459.078,00	0,05	300	\$ 137.723.400,00
Mezcla de alto Modulo	\$ 807.478,00	0,14	840	\$ 678.281.520,00
Base granular	\$ 80.866,00	0,2	1200	\$ 97.039.200,00
Sub base granular	\$ 78.366,00	0,25	1500	\$ 117.549.000,00
				\$ 1.030.593.120,00

En la tabla 26 se muestran los resultados del incremento porcentual del costo global del proyecto de las dos alternativas de estructura con base granular para la vía Girón-Zapatoca.

El costo total de la estructura de pavimento para la vía y el costo total del proyecto se encuentran consignados en el ANEXO F.1

Tabla 26. Costo total del proyecto Girón –Zapatoca, con base granular

COSTO TOTAL PROYECTO GIRON-ZAPATOCA			
DISEÑO	PERIODO DE DISEÑO	COSTO TOTAL	INCREMENTO (%)
ALTERNATIVA 2	50 AÑOS	\$ 20.079.398.539,27	72

3.3.2.2 Vía Barranca -Aeropuerto Yariguies. A continuación se muestra el precio por Kilometro de cada una de las alternativas, para carril interno (C.I) y carril externo (C.E) que componen el proyecto vial Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies.

Tabla 27. Costo por kilómetro BARRANCA-AEROPUERTO YARIGUIES-CE Estructura con base granular

Item.	Vr. Unitario	ESTRUCTURA CON BASE GRANULAR		
		Espesor(m)	cantidad(m³)	Vr. Parcial
Capa de rodadura tipo MDC-2	\$ 427.203,00	0,09	657	\$ 280.672.371,00
Capa base M.A.M	\$ 775.603,00	0,25	1825	\$ 1.415.475.475,00
Base granular	\$ 65.241,00	0,23	1679	\$ 109.539.639,00
Sub base granular	\$ 62.741,00	0,23	1679	\$ 105.342.139,00
				\$ 1.911.029.624,00

Tabla 28. Costo por kilómetro BARRANCA-AEROPUERTO YARIGUIES-CI
Estructura con base granular

Item.	Vr. Unitario	ESTRUCTURA CON BASE GRANULAR		
		Espesor(m)	cantidad(m ³)	Vr. Parcial
Capa de rodadura tipo MDC-2	\$ 427.203,00	0,07	511	\$ 218.300.733,00
Capa base M.A.M	\$ 775.603,00	0,2	1460	\$ 1.132.380.380,00
Base granular	\$ 65.241,00	0,25	1825	\$ 119.064.825,00
Sub base granular	\$ 62.741,00	0,25	1825	\$ 114.502.325,00
				\$ 1.584.248.263,00

En la tabla 29 se muestran los resultados del incremento porcentual del costo global del proyecto de las dos alternativas de estructura con base granular para la vía Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies.

El costo total de la estructura de pavimento para la vía y el costo total del proyecto se encuentran consignados en el ANEXO F.2.

Tabla 29. Costo total del proyecto BARRANCA-AEROPUERTO YARIGUIES, con base granular

COSTO TOTAL PROYECTO BARRANCA-AEROPUERTO YARIGÜIES			
DISEÑO	PERIODO DE DISEÑO	COSTO TOTAL	INCREMENTO (%)
E. CON BASE GRANULAR	50 AÑOS	\$ 20.522.468.524,02	151

3.3.4 Resumen de incrementos porcentuales de costos de cada estructura

El las tablas 30 y 31 se muestra el resumen porcentual de incremento de costos para cada una de las estructuras propuestas para las vías Girón -Zapatoca y Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies respectivamente.

Tabla 30. Incrementos porcentuales vía Girón –Zapatoca

TIPO DE ESTRUCTURA		
E. FULL DEPTH	E. FULL DEPTH CON SUBRASANTE MEJORADA	E. CON BASE GRANULAR
102,5%	98,2%	72%

Tabla 31. Incrementos porcentuales vía Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies

TIPO DE ESTRUCTURA		
E. FULL DEPTH	E. FULL DEPTH CON SUBRASANTE MEJORADA	E. CON BASE GRANULAR
216,7%	180,5%	151%

CONCLUSIONES

De acuerdo con el análisis de costos realizado para cada una de las alternativas planteadas en las dos vías estudiadas, se determinó que el tipo de estructura de pavimento asfáltico perpetuo “P.A.P” que presenta un menor incremento en el costo total del proyecto, respecto al diseño de pavimento asfáltico tradicional, es la estructura con base granular, que utiliza capa de rodadura con mezcla densa en caliente tipo MDC-2, base asfáltica de alto módulo (MAM) base granular y subbase granular.

Si se deseara implementar la construcción de pavimento asfáltico perpetuo, en vías de bajo volumen de tránsito como es el caso de la vía Girón –Zapatoca y vías de alto volumen como Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies, sería conveniente el diseño de estructura con base granular ya que esta presenta el menor incremento de costo total del proyecto con un aumento aproximadamente del 72% y 150% respectivamente, en comparación al pavimento flexible tradicional.

El incremento en el costo de proyectos diseñados con pavimentos asfálticos perpetuos “P.A.P” en los casos analizados, es superior al 70% en la vía Girón –Zapatoca y 150% en la vía Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies, comparado con los pavimentos flexibles tradicionales construidos en Santander, pero dada la gran diferencia de vida útil, 50 años para “P.A.P” y 10 años para pavimentos flexibles tradicionales sería viable la implementación de este tipo de estructuras.

Para estructuras de tipo full depth, la utilización de subrasante mejorada en vías que presentan baja capacidad portante del suelo, reduce los costos totales de manera significativa (20% a 30%), mientras en terrenos con capacidad portante adecuada la reducción es menos representativa (3% a 8%), situación que hace que el uso de subrasante mejorada no tenga mayor incidencia.

Para el diseño de estructuras de pavimento asfáltico perpetuo, es conveniente la utilización de mezcla de alto módulo en la capa de base, ya que es una buena alternativa para disminuir la deformación horizontal por tensión en la fibra inferior de las capas asfálticas en comparación con el empleo de mezclas tradicionales (MDC-2).

BIBLIOGRAFÍA

ESTUDIOS Y DISEÑOS DE VÍAS SECUNDARIAS DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER- VÍA GIRÓN-ZAPATOCA, informe “Estudio del Tránsito” y “diseño de pavimento” Grupo de Investigación Geomática, Gestión y Optimización de Sistemas, Universidad Industrial de Santander.2010

ESTUDIOS Y DISEÑOS DE VÍAS SECUNDARIAS DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER - VÍA BARRANCABERMEJA-AEROPUERTO YARIGÜIES”, informe “Estudio del Tránsito” y “diseño de pavimento, Grupo de Investigación Geomática, Gestión y Optimización de Sistemas, Universidad Industrial de Santander.2010

VARGAS CARVAJAL, Laura Andrea y FOMEZ CHAPARRO, Andrés Felipe. PROYECTO DE GRADO, CONFIGURACIÓN DE AYUDAS PARA LA APLICACIÓN DE METODOLOGÍA DE ANÁLISIS AASHTO 2002 A LAS CONDICIONES DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA, Trabajo de grado (ingeniero civil) universidad industrial de Santander. Facultad de ingenierías físico mecánicas. Escuela de ingeniería civil. pag 135-138

Asphalt Pavement Alliance (2001) Perpetual Pavement: Structured for the future. , disponible en <<http://asphaltroads.org>> [citado 25 de noviembre de 2011]

Newcomb, E. D, Buncher, M., and Huddleston, I. J. (2001) Concepts of Perpetual Pavements, Transportation Research Circular No. 503

Timm,DH, DE Newcomb, and I.Selvaraj. De 2006. A Practical Guide to Low-Volume Road Perpetual Pavement Design. *Proceedings* .conferencia internacional en pavimentos perpetuos. Ohio University, Columbus. Disponible en

<<http://www.ohio.edu/icpp/upload/A%20Practical%20Guide%20to%20Low-Volume%20Road-Newcomb.pdf> > [citado 28 de Enero de 2012]

TRB Circular 503, Perpetual Bituminous Pavements, 2001. disponible en <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/circular_503.pdf > [citado 10 de febrero de 2012]

Timm, David H. 2008a. PerRoad. Version 3.3. Auburn University, Alabama. Computer program.

Pavimentos asfáltico perpetuo. García López, Alberto H. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/60565388/PavimentoAsfalticoPerpetuo-HAGarcia>

Asphalt Pavement Alliance (APA). 2002. Perpetual Pavements: A Synthesis. APA 101, disponible en <<http://asphaltroads.org>> [citado 25 de noviembre de 2011]

Willis, J.R. 2009. Field Based Strain Thresholds for Flexible Perpetual Pavement Design. Ph.D. Dissertation. Auburn University. Alabama.

ANEXOS

ANEXO A.1 Espectro de carga eje simple

CARGA EJE SIMPLE	Ejes por 1000 camiones-TPDS					
	0 - 500	500 - 1.000	1.000 - 2.500	2.500 - 5.000	5.000 - 10.000	Mayor a 10.000
KN						
19.6	43	42				
21.56			39	37		
23.52					38	41
29.4	369	367				
32.34			334	320		
35.28					330	352
39.2	404	403				
43.12			379	368		
47.04					376	393
49	226	229				
53.9			257	268		
58.8					260	241
58.8	119	119				
64.68			132	138		
70.56					133	124
68.6	73	72				
75.46			69	67		
82.32					68	71
78.4	69	69				
86.24			63	61		
94.08					62	66
88.2	84	84				
97.02			76	73		
105.84					75	80
98	83	83				
107.8			76	72		
117.6					74	80
107.8	116	116				
118.58			105	101		
129.36					104	111
117.6	121	121				
129.36			110	105		

141.12					108	116
127.4	103	102				
140.14			93	89		
152.88					92	98
137.2	50	50				
150.92			46	44		
164.64					45	48
147	19	19				
161.7			17	17		
176.4					17	18

ANEXO A.2 Espectro de carga eje tándem

CARGA EJE TANDEM	Ejes por 1000 camiones-TPDS					
	0 - 500	500 - 1.000	1.000 - 2.500	2.500 - 5.000	5.000 - 10.000	Mayor a 10.000
58.8	2	2				
64.68			4	5		
70.56					5	3
78.4	8	8				
86.24			17	21		
94.08					19	13
98	6	6				
107.8			11	14		
117.6					13	9
117.6	6	6				
129.36			12	16		
141.12					14	10
137.2	7	7				
150.92			13	16		
164.64					15	11
156.8	7	7				
172.48			13	17		
188.16					15	11
176.4	9	9				
194.04			18	23		
211.68					21	15
196	14	15				

215.6			30	38		
235.2					34	24
215.6	27	29				
237.16			55	67		
258.72					60	42
235.2	20	21				
258.72			37	44		
282.24					39	28
254.8	6	7				
280.28			12	14		
305.76					12	8
274.4	1	2				
301.84			4	5		
329.28					4	2
294	1	1				
323.4			2	2		
352.8					2	1

ANEXO A.3 Espectro eje tridem

CARGA EJE TRIDEM	Ejes por 1000 camiones-TPDS					
	0 - 500	500 - 1.000	1.000 - 2.500	2.500 - 5.000	5.000 - 10.000	Mayor a 10.000
58.8	0	1				
64.68			1	2		
70.56					1	1
78.4	1	1				
86.24			2	3		
94.08					2	1
98	0	1				
107.8			1	1		
117.6					1	1
117.6	0	0				
129.36			1	1		
141.12					1	1
137.2	0	0				
150.92			1	1		
164.64					1	1

156.8	1	1				
172.48			2	2		
188.16					2	1
176.4	1	1				
194.04			2	2		
211.68					2	1
196	1	1				
215.6			3	3		
235.2					3	2
215.6	1	2				
237.16			5	5		
258.72					4	3
235.2	4	5				
258.72			11	13		
282.24					11	6
254.8	5	7				
280.28			15	17		
305.76					14	8
274.4	3	4				
301.84			9	10		
329.28					8	5
294	2	2				
323.4			5	6		
352.8					5	3
313.6	1	1				
344.96			3	3		
376.32					3	1
333.2	1	1				
366.52			2	3		
399.84					2	1
352.8	1	1				
388.08			2	2		
423.36					2	1
372.4	1	1				
409.64			2	2		
446.88					2	1

ANEXO B. ESPECTROS DE CARGA SOFTWARE PERROAD 3.5

ANEEXO B.1 Espectro de carga vía Girón-Zapatoca tramo 2.9 Km

Loading Conditions (F1 for Help)

General Traffic Data

Two-Way AADT: 101 % Trucks: 36.3 % Trucks in Design Lane: 100 %
 Axles Groups / Day: 36 % Truck Growth: 5 Directional Distribution: 50 % Input Load Spectra by Vehicle Type

Loading Configurations (Check All That Apply)

Single 94.28 % Tandem 5.72 % Tridem 0 % Steer 0 % Current Configuration: Tandem

Current Axle Load Distribution

Axle Wt kip	% Axles	Axle Wt kip	% Axles	Axle Wt kip	% Axles	Axle Wt kip	% Axles	Axle Wt kip	% Axles
0-2	0	24-26	0	48-50	23.68	72-74	0	96-98	0
2-4	0	26-28	5.26	50-52	0	74-76	0	98-100	0
4-6	0	28-30	0	52-54	17.54	76-78	0	100-102	0
6-8	0	30-32	6.14	54-56	0	78-80	0	102-104	0
8-10	0	32-34	0	56-58	5.26	80-82	0	104-106	0
10-12	0	34-36	6.14	58-60	0	82-84	0	106-108	0
12-14	1.75	36-38	0	60-62	0.88	84-86	0	108-110	0
14-16	0	38-40	7.89	62-64	0	86-88	0	110+	0
16-18	7.02	40-42	0	64-66	0	88-90	0	Total	100
18-20	0	42-44	0	66-68	0.88	90-92	0		
20-22	0	44-46	12.28	68-70	0	92-94	0		
22-24	5.26	46-48	0	70-72	0	94-96	0		

Cancel Changes Import Load Spectra Save Load Spectra Accept Changes

ANEXO B.2 Espectro de carga vía Giron-Zapatoca tramo 6.4 Km

Loading Conditions (F1 for Help)

General Traffic Data

Two-Way AADT: 295 % Trucks: 49.95 % Trucks in Design Lane: 100 %
 Axles Groups / Day: 73 % Truck Growth: 5 Directional Distribution: 50 % Input Load Spectra by Vehicle Type

Loading Configurations (Check All That Apply)

Single 94.28 % Tandem 5.72 % Tridem 0 % Steer 0 % Current Configuration: Tandem

Current Axle Load Distribution

Axle Wt kip	% Axles	Axle Wt kip	% Axles	Axle Wt kip	% Axles	Axle Wt kip	% Axles	Axle Wt kip	% Axles
0-2	0	24-26	0	48-50	23.68	72-74	0	96-98	0
2-4	0	26-28	5.26	50-52	0	74-76	0	98-100	0
4-6	0	28-30	0	52-54	17.54	76-78	0	100-102	0
6-8	0	30-32	6.14	54-56	0	78-80	0	102-104	0
8-10	0	32-34	0	56-58	5.26	80-82	0	104-106	0
10-12	0	34-36	6.14	58-60	0	82-84	0	106-108	0
12-14	1.75	36-38	0	60-62	0.88	84-86	0	108-110	0
14-16	0	38-40	7.89	62-64	0	86-88	0	110+	0
16-18	7.02	40-42	0	64-66	0	88-90	0	Total	100
18-20	0	42-44	0	66-68	0.88	90-92	0		
20-22	0	44-46	12.28	68-70	0	92-94	0		
22-24	5.26	46-48	0	70-72	0	94-96	0		

Cancel Changes Import Load Spectra Save Load Spectra Accept Changes

ANEXO B.3 Espectro de carga vía Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies carril externo

Loading Conditions (F1 for Help)

General Traffic Data
 Two-Way AADT: 5467 % Trucks: 11.95 % Trucks in Design Lane: 100 %
 Axles Groups / Day: 775 % Truck Growth: 7 Directional Distribution: 50 %
 Input Load Spectra by Vehicle Type

Loading Configurations (Check All That Apply)
 Single 84.89 % Tandem 12.05 % Tridem 3.05 % Steer 0 %
 Current Configuration: **Tridem**

Current Axle Load Distribution

Axle Wt. kip	% Axles	Axle Wt. kip	% Axles	Axle Wt. kip	% Axles	Axle Wt. kip	% Axles	Axle Wt. kip	% Axles
0-2	0	24-26	0	48-50	0	72-74	0	96-98	0
2-4	0	26-28	1.56	50-52	0	74-76	12.5	98-100	0
4-6	0	28-30	0	52-54	4.69	76-78	0	100-102	3.13
6-8	0	30-32	1.56	54-56	0	78-80	7.81	102-104	0
8-10	0	32-34	0	56-58	0	80-82	0	104-106	0
10-12	0	34-36	0	58-60	6.25	82-84	0	106-108	0
12-14	0	36-38	1.56	60-62	0	84-86	4.69	108-110	0
14-16	1.56	38-40	0	62-64	17.19	86-88	0	110+	0
16-18	0	40-42	0	64-66	0	88-90	3.13	Total	100
18-20	0	42-44	3.13	66-68	0	90-92	0		
20-22	3.13	44-46	0	68-70	21.88	92-94	0		
22-24	0	46-48	3.13	70-72	0	94-96	3.13		

Buttons: Cancel Changes, Import Load Spectra, Save Load Spectra, Accept Changes

ANEXO B.4 Espectro de carga vía Barrancabermeja-Aeropuerto Yariguies carril interno

Loading Conditions (F1 for Help)

General Traffic Data
 Two-Way AADT: 4447 % Trucks: 4.7 % Trucks in Design Lane: 100 %
 Axles Groups / Day: 104 % Truck Growth: 7 Directional Distribution: 50 %
 Input Load Spectra by Vehicle Type



Loading Configurations (Check All That Apply)
 Single 100 % Tandem 0 % Tridem 0 % Steer 0 %
 Current Configuration: **Single**

Current Axle Load Distribution

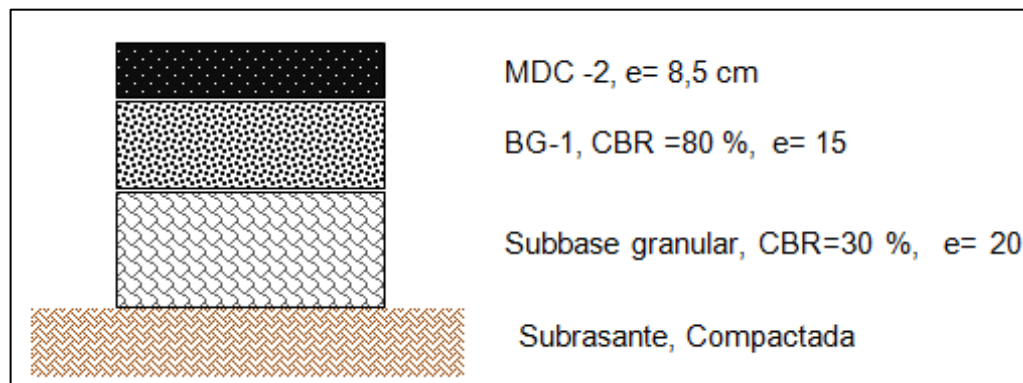
Axle Wt. kip	% Axles	Axle Wt. kip	% Axles	Axle Wt. kip	% Axles	Axle Wt. kip	% Axles	Axle Wt. kip	% Axles
0-2	0	24-26	0	48-50	0	72-74	0	96-98	0
2-4	0	26-28	4.15	50-52	0	74-76	0	98-100	0
4-6	2.13	28-30	5.84	52-54	0	76-78	0	100-102	0
6-8	18.52	30-32	6.06	54-56	0	78-80	0	102-104	0
8-10	0	32-34	0	56-58	0	80-82	0	104-106	0
10-12	21.1	34-36	5.16	58-60	0	82-84	0	106-108	0
12-14	14.59	36-38	2.53	60-62	0	84-86	0	108-110	0
14-16	7.46	38-40	0.95	62-64	0	86-88	0	110+	0
16-18	0	40-42	0	64-66	0	88-90	0	Total	100
18-20	3.82	42-44	0	66-68	0	90-92	0		
20-22	3.48	44-46	0	68-70	0	92-94	0		
22-24	4.21	46-48	0	70-72	0	94-96	0		

Buttons: Cancel Changes, Import Load Spectra, Save Load Spectra, Accept Changes

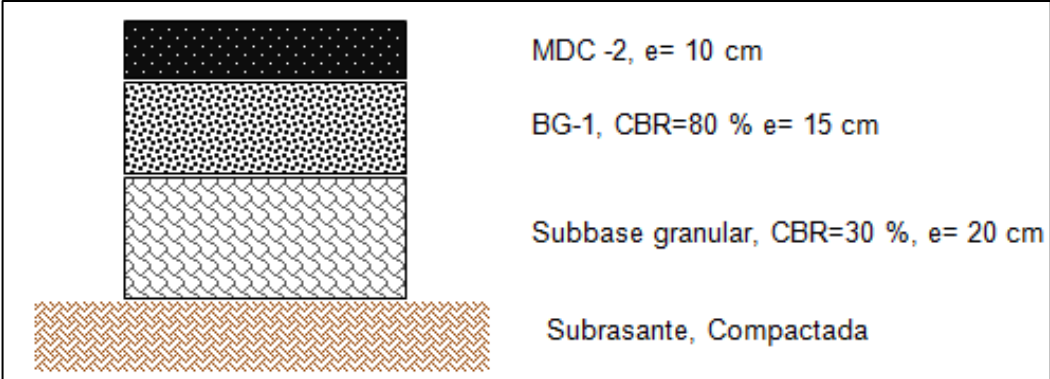
**ANEXO C. Resumen de costos "DISEÑO DE VÍAS SECUNDARIAS
DEPARTAMENTO DE SANTANDER" GIRÓN-ZAPATOCA, realizado por
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

 Universidad Industrial de Santander CONSTRUIMOS FUTURO	CUADRO RESUMEN COSTOS GIRON - ZAPATOCA K 9+430 Agosto de 2010	 en Santander hacemos país GOBERNACION DE SANTANDER																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ITEMS</th> <th>CAPITULO</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,00</td> <td>PRELIMINARES Y ADECUACIÓN DEL TERRENO</td> <td>\$ 886.669.672,00</td> </tr> <tr> <td>2,00</td> <td>OBRAS DE DRENAJE</td> <td>\$ 1.699.855.860,00</td> </tr> <tr> <td>3,00</td> <td>ESTRUCTURAS</td> <td>\$ 229.817.798,00</td> </tr> <tr> <td>5,00</td> <td>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO</td> <td>\$ 4.797.081.042,00</td> </tr> <tr> <td>6,00</td> <td>SEÑALIZACION</td> <td>\$ 415.799.994,00</td> </tr> <tr> <td>7,00</td> <td>P.M.A</td> <td>\$ 21.099.600,00</td> </tr> <tr> <td>8,00</td> <td>P.M.T</td> <td>\$ 48.400.000,00</td> </tr> </tbody> </table>	ITEMS	CAPITULO		1,00	PRELIMINARES Y ADECUACIÓN DEL TERRENO	\$ 886.669.672,00	2,00	OBRAS DE DRENAJE	\$ 1.699.855.860,00	3,00	ESTRUCTURAS	\$ 229.817.798,00	5,00	ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	\$ 4.797.081.042,00	6,00	SEÑALIZACION	\$ 415.799.994,00	7,00	P.M.A	\$ 21.099.600,00	8,00	P.M.T	\$ 48.400.000,00	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Costo Directo</td> <td>\$ 8.098.723.966,00</td> </tr> <tr> <td>A.I.U. (35%)</td> <td>\$ 2.834.553.388,10</td> </tr> <tr> <td>Interventoría</td> <td>\$ 765.329.414,79</td> </tr> <tr> <td>COSTO TOTAL</td> <td>\$ 11.698.606.768,89</td> </tr> </tbody> </table>	Costo Directo	\$ 8.098.723.966,00	A.I.U. (35%)	\$ 2.834.553.388,10	Interventoría	\$ 765.329.414,79	COSTO TOTAL	\$ 11.698.606.768,89
ITEMS	CAPITULO																																
1,00	PRELIMINARES Y ADECUACIÓN DEL TERRENO	\$ 886.669.672,00																															
2,00	OBRAS DE DRENAJE	\$ 1.699.855.860,00																															
3,00	ESTRUCTURAS	\$ 229.817.798,00																															
5,00	ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	\$ 4.797.081.042,00																															
6,00	SEÑALIZACION	\$ 415.799.994,00																															
7,00	P.M.A	\$ 21.099.600,00																															
8,00	P.M.T	\$ 48.400.000,00																															
Costo Directo	\$ 8.098.723.966,00																																
A.I.U. (35%)	\$ 2.834.553.388,10																																
Interventoría	\$ 765.329.414,79																																
COSTO TOTAL	\$ 11.698.606.768,89																																


ANEXO C.1 Estructura pavimento flexible tradicional, Girón -Zapatoca ,tramo1



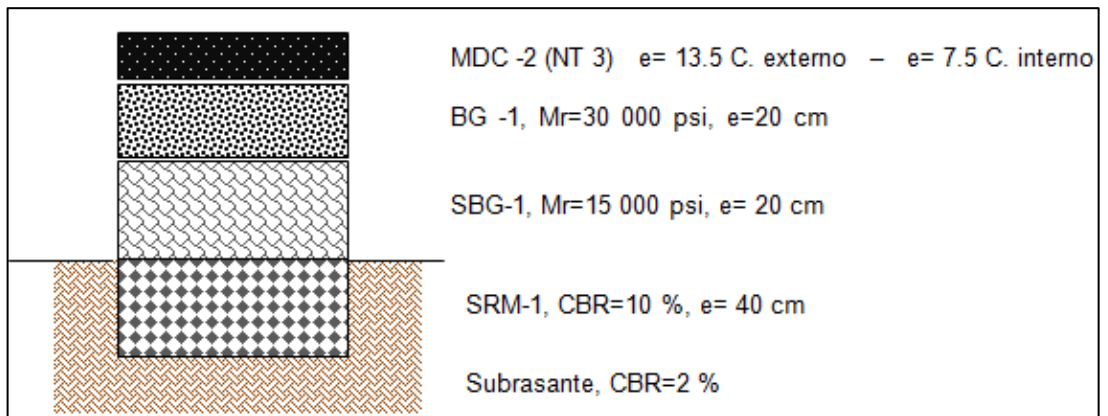
ANEXO C.2. Estructura pavimento flexible tradicional, Girón -Zapatoca, tramo 2



**ANEXO D. Resumen de costos "DISEÑO DE VÍAS SECUNDARIAS
DEPARTAMENTO DE SANTANDER" BARRANCA-AEROPUERTO, realizado
por universidad industrial de Santander**

	CUADRO RESUMEN	
PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE VIAS DE SANTANDER		
BARRANCA - AEROPUERTO		
N°	CAPITULO	COSTO
1	PRELIMINARES Y ADECUACIÓN DEL TERRENO	\$ 711,170,183.18
2	OBRAS DE DRENAJE	\$ 374,010,179.89
3	ESTRUCTURAS	\$ 263,443,021.31
4	MOBILIARIO URBANO	\$ 615,704,581.28
5	ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	\$ 3,515,708,444.55
6	SEÑALIZACION	\$ 157,014,536.30
8	P.M.T	\$ 22,000,000.00
COSTO DIRECTO TOTAL.....		\$ 5,659,050,946.52
A.I.U(35%).....		\$ 1,980,667,831.28
TOTAL		\$ 7,639,718,777.80
INTERVENTORIA.....		\$ 534,780,314.45
COSTO DIRECTO TOTAL.....		\$ 8,174,499,092.25

ANEXO D.1 Estructura de pavimento flexible tradicional, Barrancabermeja-
Aeropuerto Yariguies



ANEXO E resumen de costos estructura Full Depth

ANEXO E.1 Resumen de costos "VIA GIRON ZAPATOCA" alternativa 1:
estructura Full Depth

RESUMEN COSTOS GIRON - ZAPATOCA K 9+340 ESTRUCTURA FULL DEPTH										
ITEMS	CAPITULO									
1,00	PRELIMINARES Y ADECUACIÓN DEL TERRENO	\$ 886.669.672,00								
2,00	OBRAS DE DRENAJE	\$ 1.699.855.860,00								
3,00	ESTRUCTURAS	\$ 229.817.798,00								
5,00	ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	\$ 13.097.261.528,91								
6,00	SEÑALIZACION	\$ 415.799.994,00								
7,00	P.M.A	\$ 21.099.600,00								
8,00	P.M.T	\$ 48.400.000,00								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 60%;">Costo Directo</td> <td style="text-align: right;">\$ 16.398.904.452,91</td> </tr> <tr> <td>A.I.U. (35%)</td> <td style="text-align: right;">\$ 5.739.616.558,52</td> </tr> <tr> <td>Interventoría</td> <td style="text-align: right;">\$ 1.549.696.470,80</td> </tr> <tr> <td>COSTO TOTAL</td> <td style="text-align: right;">\$ 23.688.217.482,23</td> </tr> </tbody> </table>			Costo Directo	\$ 16.398.904.452,91	A.I.U. (35%)	\$ 5.739.616.558,52	Interventoría	\$ 1.549.696.470,80	COSTO TOTAL	\$ 23.688.217.482,23
Costo Directo	\$ 16.398.904.452,91									
A.I.U. (35%)	\$ 5.739.616.558,52									
Interventoría	\$ 1.549.696.470,80									
COSTO TOTAL	\$ 23.688.217.482,23									

ANEXO E.2 Resumen de costos "VIA GIRON ZAPATOCA" alternativa 2:
estructura Full Depth

RESUMEN COSTOS GIRON - ZAPATOCA K 9+340 ESTRUCTURA FULL DEPTH		
ITEMS	CAPITULO	
1,00	PRELIMINARES Y ADECUACIÓN DEL TERRENO	\$ 886.669.672,00
2,00	OBRAS DE DRENAJE	\$ 1.699.855.860,00
3,00	ESTRUCTURAS	\$ 229.817.798,00
5,00	ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	\$ 12.804.933.292,35
6,00	SEÑALIZACION	\$ 415.799.994,00
7,00	P.M.A	\$ 21.099.600,00
8,00	P.M.T	\$ 48.400.000,00
Costo Directo		\$ 16.106.576.216,35
A.I.U. (35%)		\$ 5.637.301.675,72
Interventoría		\$ 1.522.071.452,45
COSTO TOTAL		\$ 23.265.949.344,52

ANEXO E.3 Resumen de costos "VIA BARRANCA-AEROPUERTO YARIGÜIES "
alternativa 1: estructura Full Depth

RESUMEN DE COSTOS BARRANCABERMEJA- AEROPUERTO ESTRUCTURA FULL DEPTH		
N°	CAPITULO	COSTO
1	PRELIMINARES Y ADECUACIÓN DEL TERRENO	\$ 711.170.183,18
2	OBRAS DE DRENAJE	\$ 374.010.179,89
3	ESTRUCTURAS	\$ 263.443.021,31
4	MOBILIARIO URBANO	\$ 615.704.581,28
5	ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	\$ 15.779.528.138,52
6	SEÑALIZACION	\$ 157.014.536,30
8	P.M.T	\$ 22.000.000,00
COSTO DIRECTO		\$ 17.922.870.640,48
A.I.U(35%)		\$ 6.273.004.724,17
TOTAL		\$ 24.195.875.364,65
INTERVENTORIA		\$ 1.693.711.275,53
COSTO TOTAL		\$ 25.889.586.640,18

ANEXO E.4 Resumen de costos "VIA **BARRANCA-AEROPUERTO YARIGÜIES** "
 alternativa 2: estructura Full Depth

RESUMEN DE COSTOS
 BARRANCABERMEJA- AEROPUERTO
 ESTRUCTURA FULL DEPTH

N°	CAPITULO	COSTO
1	PRELIMINARES Y ADECUACIÓN DEL TERRENO	\$ 711.170.183,18
2	OBRAS DE DRENAJE	\$ 374.010.179,89
3	ESTRUCTURAS	\$ 263.443.021,31
4	MOBILIARIO URBANO	\$ 615.704.581,28
5	ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	\$ 14.450.175.610,38
6	SEÑALIZACION	\$ 157.014.536,30
8	P.M.T	\$ 22.000.000,00

COSTO DIRECTO	\$ 16.593.518.112,35
A.I.U(35%)	\$ 5.807.731.339,32
TOTAL	\$ 22.401.249.451,67
INTERVENTORIA	\$ 1.568.087.461,62
COSTO TOTAL	\$ 23.969.336.913,28

ANEXO F resumen de costos estructura con base granular

ANEXO F.1 Resumen de costos "VIA GIRON ZAPATOCA": estructura con base granular

RESUMEN COSTOS GIRON - ZAPATOCA K 9+340 ESTRUCTURA CON BASE GRANULAR		
ITEMS	CAPITULO	
1,00	PRELIMINARES Y ADECUACIÓN DEL TERRENO	\$ 886.669.672,00
2,00	OBRAS DE DRENAJE	\$ 1.699.855.860,00
3,00	ESTRUCTURAS	\$ 229.817.798,00
5,00	ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	\$ 10.598.944.503,67
6,00	SEÑALIZACION	\$ 415.799.994,00
7,00	P.M.A	\$ 21.099.600,00
8,00	P.M.T	\$ 48.400.000,00
Costo Directo		\$ 13.900.587.427,67
A.I.U. (35%)		\$ 4.865.205.599,68
Interventoria		\$ 1.313.605.511,91
COSTO TOTAL		\$ 20.079.398.539,27

ANEXO F.2 Resumen de costos "VIA BARRANCA-AEROPUERTO YARIGÜIES " estructura con base granular

RESUMEN DE COSTOS BARRANCABERMEJA- AEROPUERTO ESTRUCTURA CON BASE GRANULAR		
N°	CAPITULO	COSTO
1	PRELIMINARES Y ADECUACIÓN DEL TERRENO	\$ 711.170.183,18
2	OBRAS DE DRENAJE	\$ 374.010.179,89
3	ESTRUCTURAS	\$ 263.443.021,31
4	MOBILIARIO URBANO	\$ 615.704.581,28
5	ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	\$ 12.063.973.887,11
6	SEÑALIZACION	\$ 157.014.536,30
8	P.M.T	\$ 22.000.000,00
COSTO DIRECTO		\$ 14.207.316.389,08
A.I.U.(35%)		\$ 4.972.560.736,18
TOTAL		\$ 19.179.877.125,25
INTERVENTORIA		\$ 1.342.591.398,77
COSTO TOTAL		\$ 20.522.468.524,02