

**IMPACTO DE LA TÉCNICA DE CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS CON
TRATAMIENTOS SUPERFICIALES EN PROGRAMAS COMO EL PLAN 2500**

**JULIO ENRIQUE MANTILLA ROSAS
JOSE MIGUEL SÁNCHEZ MÁRQUEZ**

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

2008

**IMPACTO DE LA TÉCNICA DE CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS CON
TRATAMIENTOS SUPERFICIALES EN PROGRAMAS COMO EL PLAN 2500**

**JULIO ENRIQUE MANTILLA ROSAS
JOSE MIGUEL SÁNCHEZ MÁRQUEZ**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

**DIRECTOR
EDUARDO ALBERTO CASTAÑEDA PINZÓN
INGENIERO CIVIL**

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

2008

A Dios todo poderoso arquitecto de este proyecto, padres, hermanos y amigos que nos apoyaron en todas las actividades y nos dieron fortalezas para culminar con éxito nuestra carrera.

AGRADECIMIENTOS

Al profesor y director de proyecto Eduardo Alberto Castañeda quien con su dedicación y profesionalismo contribuye al mejoramiento de la sociedad aportando todo su conocimiento; a la Universidad Industrial de Santander quien nos brindó la oportunidad de ser hijos de una de las mejores familias educativas del país.

A nuestros asesores Ing. Héctor Retamoso y docentes de la facultad, quienes aportaron información actualizada y experiencia en la temática abordada en este proyecto.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1 PROGRAMA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA VIAL PLAN 2500.....	4
1.1 CONDICIONAMIENTO	5
1.2 EJEMPLOS DEL PLAN 2500 A NIVEL NACIONAL	5
1.3 PLAN 2500 EN SANTANDER	6
1.3.1 Ejemplos del plan 2500 en Santander.....	7
2 TRATAMIENTOS SUPERFICIALES DE DOBLE CAPA.....	15
2.1 DEFINICIÓN DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL	15
2.2 TIPOS DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES	15
2.3 FUNCIONES DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES	16
2.4 VENTAJAS DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES.....	16
2.5 ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE UN TRATAMIENTO SUPERFICIAL...	16
2.5.1 Funciones de las gravillas.....	16
2.5.2 Características físicas que deben tener las gravillas	17
2.5.3 Análisis de características que deben tener los ligantes	18
2.5.4 Funciones del ligante	18
2.6 DISEÑO DE UN TRATAMIENTO SUPERFICIAL	19
2.6.1 SELECCIÓN DEL LIGANTE.....	19
2.6.2 SELECCIÓN DE GRAVILLAS	20
2.6.3 SELECCIÓN DE LA ESTRUCTURA (TSS, TSD, TST)	20
2.6.4 DOSIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES	21
2.6.4.1 Formulación basada en ensayos de laboratorio	21

2.6.4.1.1	Dosificación de gravillas:	21
2.6.4.1.2	Dosificación del ligante.....	22
2.6.4.2	Formulación basada en dosificaciones teóricas- método del centro de recherches routieres crr (bélgica)	23
2.6.4.2.1	Cantidad de gravilla	23
2.6.4.2.2	Cantidad de ligante.....	24
2.7	EQUIPOS DE CONSTRUCCIÓN.....	24
2.8	PROCESO CONSTRUCTIVO DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL.....	24
2.8.1	Preparación de la calzada	25
2.8.2	Aplicación del ligante	25
2.8.3	Aplicación de gravillas	26
2.8.4	Compactación	28
2.8.5	Barrido de la superficie.	28
2.8.6	Apertura al transito	28
3	PRESENTACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS A EVALUAR MEDIANTE EL USO DEL SOFTWARE HDM4	29
3.1	DEFINICIÓN.....	29
3.1.1	Objetivo del hdm-4.....	30
3.1.1.1	Planificación	30
3.1.1.2	Programación	30
3.1.1.3	Preparación	31
3.1.1.4	Operaciones	31
3.2	METODOLOGÍA DE DESARROLLO	31
3.3	INTRODUCCIÓN DE CARACTERÍSTICAS BÁSICAS.....	34
3.3.1	Definición de las zonas climáticas	35
3.3.2	Definición de la red de carretera.....	36

3.3.3	Características geométricas y ambientales del tramo	37
3.3.3.1	Promedio de subidas más bajadas:	38
3.3.3.2	Curvatura horizontal media:.....	38
3.3.3.3	Velocidad límite:	38
3.3.4	Análisis de tráfico	41
3.3.5	Vías con bajos volúmenes de tránsito	42
3.3.6	Transito en el carril de diseño en función del ancho de la calzada	44
3.3.7	Granulometría y clase de material.....	45
3.3.8	Índice de rugosidad internacional	46
3.4	DEFINICIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR	48
3.4.1	Análisis de costos económicos del parque automotor colombiano	49
3.4.1.1	Definición de costos económicos en automóviles.....	50
3.4.1.1.1	Características básicas del vehículo.....	52
3.4.1.1.2	Costo económico para automóviles	52
3.4.1.2	Definición de costos económicos en buses	53
3.4.1.2.1	Características básicas en buses	55
3.4.1.2.2	Costos económicos unitarios.....	55
3.4.1.3	Costos económicos de un camión c2-pequeño.	56
3.4.1.3.1	Costo económico unitario	58
3.4.1.4	Costos económicos camión c2-grande	59
3.4.1.4.1	Costo económico unitario	60
3.5	ESTÁNDARES DE MEJORAS	61
3.5.1	Dimensionamiento del pavimento para el Método Tradicional (Plan 2500) y Tratamientos Superficiales	61
3.5.1.1	Número de ejes equivalentes para tráfico bajo y alto	61
3.5.1.2	Dimensionamiento del pavimento por AASHTO-93.....	63

3.5.2	Análisis de Precios para el Método tradicional.....	72
3.5.2.1	Costos directos del método tradicional (plan 2500).....	73
3.5.3	Análisis de Precios para Tratamiento superficial	79
3.5.3.1	Costos Directos del Tratamiento Superficial	80
4	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA GEOGRAFÍA MONTAÑOSA Y PLANA	86
4.1	SELECCIÓN DE TRAMOS.....	86
4.2	SELECCIÓN DE VEHÍCULOS	87
4.3	COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO.....	88
4.4	ESPECIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS	89
4.5	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.....	89
4.6	EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS.....	90
5	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE INDICADORES DE COSTOS.....	92
5.1	EVALUACIÓN ECONÓMICA	93
5.2	COSTOS POR TRAMO	93
5.2.1	Costos Económicos para el Plan 2500 y los Tratamientos Superficiales....	95
5.3	INDICADORES ECONÓMICOS.....	109
5.3.1	Indicadores económicos para el Plan 2500 y los Tratamientos Superficiales.	109
6	CONCLUSIONES	115
7	BIBLIOGRAFÍA	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Capa de rodadura del plan 2500.....	4
Figura 2. Localización del proyecto en Santander	8
Figura 4. Vía Zapatoca – Girón - Km 32+850 al Km 36+000.....	10
Figura 5. Vía Zapatoca – Girón - Km 28+350 al Km 32+850.....	10
Figura 6. Localización del proyecto	11
Figura 7. Vía anillo vial: Floridablanca – Ruitoque.....	14
Figura 8. Vía anillo vial: Floridablanca – Ruitoque.....	14
Figura 9. Esquema del Tratamiento superficial.....	15
Figura 10. Granulometría de Gravillas	17
Figura 11. Selección del Ligante	19
Figura 12. Factibilidad en tipos de Tratamiento Superficial	20
Figura 13. Dosificación de Gravillas	21
Figura 14. Dosificación del Ligante	22
Figura 15. Granulometría de Gravillas	23
Figura 16. Equipo utilizado para riego de Emulsión.....	26
Figura 17. Modelo de maquinaria autopropulsada para la extensión de gravillas	27
Figura 18. Ejemplo en la Aplicación de Gravillas	27
Figura 19. Presentación software HDM-4	29
Figura 20. Ejemplo de Aplicación	33
Figura 21. Ejemplo de Aplicación	34
Figura 22. Formato para Ingreso de Datos Generales	37
Figura 23. Red de carreteras para los dos casos de Geografía	40
Figura 24. Ingreso de Datos Geométricos Geografía Montañosa	40

Figura 25. Ingreso de Datos Geométricos Geografía Plana.....	41
Figura 26. Transito Bajo para CBR 2%	44
Figura 27. Pestaña Firme	46
Figura 28. Pestaña Estado	47
Figura 29. Parque Automotor Colombiano.....	48
Figura 30. Parque Automotor Colombiano.....	49
Figura 31. Características Básicas en Autos	52
Figura 32. Costos Económicos de los Autos.....	53
Figura 33. Características Básicas en Buses.....	55
Figura 34. Costos económicos de los Buses	56
Figura 35. Características básicas C2 pequeño	57
Figura 36. Costos económicos C2 pequeño	58
Figura 37. Características Básicas C2 pequeño.....	59
Figura 38. Costos económicos C2 pequeño	60
Figura 39. Dimensionamiento de Pavimento con CBR 2% - TPD Bajo	66
Figura 40. Diseño de Pavimento para CBR 2% - TPD Alto	67
Figura 41. Diseño de Pavimento para CBR 5% - TPD Bajo.....	68
Figura 42. Diseño de Pavimento para CBR 5% - TPD Alto	69
Figura 43. Diseño de Pavimento para CBR 9% - TPD Bajo.....	70
Figura 44. Diseño de Pavimento para CBR 9% - TPD Alto	71
Figura 45. Composición Actual del Suelo sin mejora.....	76
Figura 46. Diseño propuesto como mejora Alternativa tradicional	77
Figura 47. Duración del proceso constructivo	77
Figura 48. Costos producidos por las mejoras en vías montañosas y planas	78

Figura 50. IRI obtenido con la mejora	79
Figura 51. Diseño propuesto como mejora Alternativa Superficial.....	80
Figura 52. Costos de mejora para vía de montañosa y plana en la Alternativa Superficial	81
Figura 53. Pavimento de mejora (tratamiento superficial)	84
Figura 54. Efectos de la mejora.....	85
Figura 55. Definición proyecto	86
Figura 56. Selección de tramos	87
Figura 57. Selección de vehículos.....	87
Figura 58. Definición de tramos a analizar	88
Figura 59. Detalle del tráfico normal.....	88
Figura 60. Definición del tráfico	89
Figura 61. Configuración de ejecución	90
Figura 61. Ejecución del análisis	91
Figura 62. Informes generados.....	92

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de estructuras	9
Tabla 2. Tipos de estructuras	12
Tabla 3. Tipos de Tratamientos Superficiales	15
Tabla 4. Tipo de ligantes para tipos de carreteras	24
Tabla 5. Clases de Suelos	32
Tabla 6. Variables a Analizar para Geografía Montañosa y Plana	33
Tabla 7. Datos de Entrada	38
Tabla 8. Composición Vehicular Típica	43
Tabla 9. Tránsito adoptado para el Diseño según ancho de la Calzada	44
Tabla 10. Granulometría del Material	45
Tabla 11. Granulometría del Material Explanado	46
Tabla 12. Índice de Rugosidad	47
Tabla 13. Costos Económicos	50
Tabla 14. Utilidad del vehículo	51
Tabla 15. Costos económicos y financieros del vehículo	52
Tabla 16. Costos de propiedad del vehículo	54
Tabla 17. Utilidad del vehículo	54
Tabla 18. Costos económicos y financieros del vehículo	55
Tabla 19. Costos de propiedad del vehículo	56
Tabla 20. Utilidad del vehículo	57
Tabla 21. Costos Económicos del vehículo	58
Tabla 23. Costos Económicos del vehículo	60
Tabla 24. Porcentaje de Vehículos por año	61

Tabla 25. Ejes equivalentes para TPD Bajo.....	62
Tabla 26. Ejes equivalentes para TPD Alto.....	62
Tabla 27. Valores para desarrollo de ecuación.....	64
Tabla 28. Precio MDC-2	72
Tabla 29. Precio Subbase.....	72
Tabla 30. Precio base granular.....	73
Tabla 31. variables de diseño	94

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: COSTOS EQUIPOS EN COLOMBIA.....	120
ANEXO B: COSTO DE POSESION O DE PROPIEDAD	121
ANEXO C: COSTO AUTOMÓVIL.....	122
ANEXO D: COSTO BUS.....	123
ANEXO E: COSTO CAMIÓN C2-PEQUEÑO	124
ANEXO F: COSTO CAMIÓN C2- GRANDE	125
ANEXO G: APU MÉTODO TRADICIONAL.....	126
ANEXO H: APU TRATAMIENTO SUPERFICIAL	127

RESUMEN

TITULO: IMPACTO DE LA TÉCNICA DE CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS CON TRATAMIENTOS SUPERFICIALES EN PROGRAMAS COMO EL PLAN 2500 *

**AUTORES: JULIO ENRIQUE MANTILLA ROSAS
JOSE MIGUEL SÁNCHEZ MÁRQUEZ ****

PALABRAS CLAVES: Plan 2500, Tratamientos superficiales, vías, trafico bajo, impacto, técnica de construcción, costos.

Las vías de tercer orden se caracterizan por tener trafico bajo, a pesar de esto las alternativas de construcción de dichas vías son iguales que para vías secundarias y primarias. Realmente no existen estudios que proporcionen información sobre que técnicas de construcción son más recomendables y económicas para vías de este orden.

El Plan 2500 consiste en la pavimentación de 2500 kilómetros de vías terciarias a través del método constructivo tradicional, mezcla densa en caliente (MDC), base granular y sub base granular, método utilizado también para vías de primer y segundo orden.

Los tratamientos superficiales son una excelente alternativa como técnica de construcción para este tipo de vías, a unos costos favorables. Sin embargo en nuestro país esta alternativa de construcción no cuenta con gran aceptación, debido a la falta de voluntad por implementar alternativas no convencionales.

El objetivo primordial de este trabajo de grado es analizar el impacto que tienen los tratamientos superficiales en vías de trafico bajo prestando especial atención a los ahorros que producen los costos de operación y tiempo de viaje de los usuarios. Conjuntamente verificar si esta técnica alcanza un nivel competitivo frente a la técnica tradicional utilizada en proyectos nacionales como el Plan 2500.

La comparación de estas dos alternativas será realizada mediante el uso del software HDM- 4 establecido para la evaluación de alternativas en inversión de carreteras, en el cual se examinarán los costos por tramo, la relación beneficio costo, la tasa interna de retorno (TIR) y el valor presente neto (VPN) que produce las dos técnicas de construcción. Determinando de esta forma si los tratamientos superficiales son la técnica de construcción ideal para vías de tercer orden.

*Proyecto de Grado

**Facultad de Ciencias Físico - mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director Eduardo Castañeda.

SUMMARY

TITLE: IMPACT IN THE CONSTRUCTION TECHNIQUE IN PAVEMENTS WITH SURFACE TREATMENTS IN PROGRAMS LIKE PLAN 2500 *

**AUTHORS: JULIO ENRIQUE MANTILLA ROSAS
JOSE MIGUEL SÁNCHEZ MÁRQUEZ ****

KEY WORDS: Plan 2500, Surface treatments, routes, low traffic, impact, construction technique, costs.

The Colombian road network is comprised mainly by secondary and tertiary routes which the majority of them are not paved.

Tertiary routes are characterized by having low traffic. However the construction techniques for these routes are the same as for first and secondary routes. Nowadays, studies about what kind of techniques are superior for routes of third order don't exist and if these new technique will the same quality and save money for the country.

Plan 2500 consists of the paving of 2500 kilometers of tertiary routes with traditional technique; asphalt (MDC2), granular road base and granular sub base technique also used for routes first and secondary routes.

Surface treatments are an excellent choice as a construction technique for these kinds of routes with economical costs. Nevertheless, in our country these construction techniques don't have a great acceptance due to the lack of determination to use nonconventional techniques.

The main point of this thesis is to analyze the impact of Surface treatments on routes with low traffic paying special attention to generating significant savings in operation costs for vehicles and travel time for users. In addition if these technique is superior to compete with the traditional technique used in national projects like Plan 2500.

The analysis between the two techniques will be made through the software HDM -4, which is ideal to evaluate inversions on highways. In this program will mainly analyze costs by section produced by both techniques, the relation cost benefit, internal rate of return and the net present value.

*Proyecto de Grado

**Facultad de Ciencias Físico - mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director Eduardo Castañeda

INTRODUCCIÓN

Las redes viales son piezas fundamentales en la economía de países, y estas en su mayoría son conformadas por vías de segundo y tercer orden. En Colombia hay más de 4.500 kilómetros de este tipo de vías sin pavimentar lo cual demuestra el atraso económico del país. En comparación a otros países de igual grado de desarrollo por cada millón de habitantes, nuestro país cuenta con 309 kilómetros de carreteras pavimentadas siendo esta tasa menor de la mitad del patrón internacional, que es de 683 kilómetros por millón de habitantes para países de ingreso medio bajo.

El plan 2500 es el proyecto vial más ambicioso de la historia del país que comenzó en el año 2002. El cual pavimentará 2.500 kilómetros de vías con mezclas asfálticas en caliente en las diferentes regiones del país con el fin de reactivar su economía.

El principal objetivo de este trabajo de grado es mostrar que hay alternativas de construcción además de la tradicional, como los tratamientos superficiales y que estos pueden ser alternativas viables económicamente, brindando a su vez comodidad y calidad a los usuarios.

El análisis económico entre estas dos alternativas se hará con la ayuda del software HDM-4 versión 1.3, programa desarrollado con base en ecuaciones obtenidas experimentalmente que simulan los procesos técnicos, económicos y ambientales necesarios en el análisis de proyectos.

Inicialmente se presenta un breve recuento acerca de los objetivos principales del plan 2500, ejemplos en vías a nivel Nacional ya construidas, ejemplos en el departamento de Santander en donde se muestra información detallada acerca de la estructura del pavimento en vías como Girón – Zapatoca, Anillo vial Floridablanca – Ruitoque, construidas por la empresa ESGAMO Ltda. Por último se presentan las diferentes críticas que ha sufrido dicho proyecto que inició en el 2002.

Posteriormente se hace mención a los Tratamientos Superficiales, identificando las clases que existen, funciones y ventajas que estos tienen en vías de bajo tránsito. A su vez se hace un breve recuento de los materiales que conforman y de las características que estos deben tener para brindar un producto de calidad. Finalizando el capítulo se citan los equipos de construcción y se explica el método constructivo para esta alternativa.

El siguiente capítulo inicia explicando la importancia que tiene el Software HDM – 4 para la evaluación de alternativas de inversión en carreteras. En seguida se plantea la metodología de desarrollo para el análisis de las alternativas que para el software serán mejoras que irán sobre la vía sin pavimentar. Además de cómo se deben ingresar las características básicas al programa, la definición del parque automotor y de los costos económicos de vehículos y materiales fundamentales para el desarrollo del análisis.

Para el capítulo quinto se comparan las dos alternativas. Para esto se seleccionan los tramos a analizar, se hace la respectiva selección de vehículos que pasan por vías terciarias y se le pide al programa que comience el cálculo de los costos y demás índices necesarios para establecer las respectivas distinciones entre alternativas.

En el último capítulo se interpretan los valores arrojados por el programa, prestando atención especial a los costos por tramo y a los índices beneficio costo que se obtiene cuando se varía el índice de rugosidad (IRI) del Tratamiento Superficial Doble y la zona climática de los tramos, dando a conocer el costo del plan 2500 y el ahorro que se hubiera obtenido usando tratamientos superficiales.

1 PROGRAMA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA VIAL PLAN 2500

Figura 1. Capa de rodadura del plan 2500



El plan 2500, proyecto de pavimentación y repavimentación de 3.125 Km. (2500 Km. de pavimentación y 625 Km. de repavimentación) de vías nacionales (primarias), secundarias y terciarias distribuidas en 31 departamentos del territorio nacional propuesto en el gobierno del presidente Álvaro Uribe Vélez (2002-2010) cuyo objetivo específico es conectar veredas y pueblos con vías principales para generar beneficios como: “menores costos de transporte, precios totales más bajos para los bienes y servicios, mejoría en la transitabilidad entre las zonas rurales y centros urbanos y, en general, aumento en la calidad de vida de los colombianos”¹.

¹ Plan 2500, En su recta final – 29/04/2008 - <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-2916485> - Periódico El tiempo.

1.1 CONDICIONAMIENTO

Este programa prioriza sus inversiones enfocándolas principalmente en las actividades de pavimentación y repavimentación de vías existentes, manteniendo sus características topográficas y geométricas para lograr un mayor alcance en su objetivo específico. Asimismo se determinó que no se harían inversiones en los sectores donde la vía sea atravesada por fallas geológicas y además estableció como anchos máximos de la banca de 6 y 7 metros dependiendo de la categoría de la vía.

A si mismo se advierte que “por ningún motivo, el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) aceptará un espesor inferior a siete y medio (7,5) centímetros de carpeta asfáltica en MDC-2 (mezcla densa en caliente), sobre cualquier sub-base y base granular en los proyectos que formen parte del citado programa”².

1.2 EJEMPLOS DEL PLAN 2500 A NIVEL NACIONAL

Para la vía ZACARÍAS – SBALETAS – AGUA CLARA en el VALLE del Cauca, La estructura de pavimento presenta los siguientes espesores:- subbase Granular 20/26 cm, Base Granular: 25 cm. y capa de rodadura de espesor 10 cm.

La vía ROSAS – LA SIERRA cuenta con un pavimento con los siguientes espesores: subbase Granular 20/30 cm, Base Granular: 17,5/25 cm. y capa de rodadura de espesor 7.5 cm.

² INVIAS no recibirá vías con menos de 7,5 centímetros de espesor del pavimento - 02/28/2007
http://www.dinero.com/wf_InfoArticulo.aspx?IdArt=31943 – Revista Dinero

Para EL TABLAZO – FENICIA en el departamento del VALLE, la estructura está conformada por subrasante con material de subbase granular de espesor promedio 15 cm, la capa de mezcla densa en caliente tipo MDC-2 de espesor 7,5 cm.

1.3 PLAN 2500 EN SANTANDER

Santander cuenta con 10.850 kilómetros de vías, de los cuales 1.262 son del orden nacional (325 aun sin pavimentar), 2.802 departamentales (2178 sin pavimento) y 6.786 kilómetros de vías terciarias a cargo de los municipios y del INVIAS con apenas 29 pavimentados.

En Agosto del año 2005 se adjudicaron para Santander, “los contratos de estudios, diseños, reconstrucción, pavimentación y repavimentación de 15 tramos para pavimentar 237 Km. con una inversión que asciende a los \$ 82.672 millones de pesos. Después de estudios y diseños definitivos, el alcance inicial del Plan 2500 se vio reducido a 123 Km. en Santander. En la actualidad se han adicionado recursos para pavimentar 35 Km. más para un total de 157 Km. a pavimentarse con una inversión total de \$ 108.472 millones de pesos”³.

Los tramos adjudicados para el departamento de Santander fueron: 1) Cimitarra – Puerto Araujo, 2) La Belleza – Jesús María, 3) La Paz – Chipatá, 4) Charalá – La Cantera, 5) La Cantera – El Encino, 6) Oiba – Guadalupe, 7) Suaita – Vado Real, 8) San Gil – Mogotes, 9) Troncal del Magdalena – Puerto Wilches, 10) Troncal del Magdalena – Puerto Parra, 11) Troncal del Magdalena – Albania – La Llana, 12) Anillo Vial: Floridablanca – Ruitoque, 13) Girón – Zapatoca, 14) Curos – Málaga y 15) Puente Tona – Matanza.

³ Resumen, Cámara de Comercio, Veeduría y seguimiento a la ejecución del plan 2500 en el departamento de Santander

1.3.1 Ejemplos del plan 2500 en Santander

Para la vía CUROS – MÁLAGA la estructura está integrada por una nivelación de la subrasante con material de subbase granular de espesor promedio 10 cm, una capa de arena asfalto con espesor promedio 13 cm y la capa de mezcla densa en caliente tipo MDC-2 de espesor 7 cm.

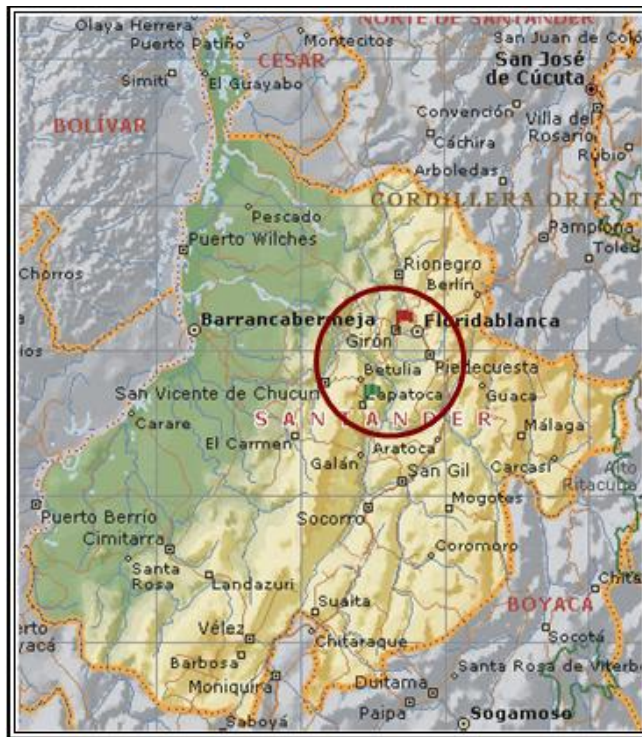
Para la vía GIRÓN – ZAPATOCA en el municipio de Girón, ubicado a 65 kilómetros de Bucaramanga, por la vía que comunica con la vereda Chocoa del municipio de Girón, enclavado entre el piedemonte de la Cordillera Oriental y la Serranía de los Yariguíes.

La longitud del tramo a mejorar fue de trece (13) kilómetros. “La banca tenía un ancho que oscilaba entre 4.0 y 5.0 metros, con superficie de rodadura compuesta de afirmado en algunos sectores y subrasante, la cual se encontraba en mal estado por poco mantenimiento”.⁴

A continuación se muestra la localización del proyecto, el cual fue realizado en su totalidad.

⁴ ESGAMO LTDA. -_ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS - Estudios y diseños para la construcción, pavimentación y/o repavimentación de la vía ZapatoCA – Colombia – pag10.

Figura 2. Localización del proyecto en Santander



Fuente: ESGAMO LTDA.

Figura 3. Localización del proyecto



Fuente: ESGAMO LTDA.

Para este proyecto se contó con tres clases de diseño para el pavimento los cuales se muestran a continuación.

Tabla 1. Tipos de estructuras

ZONA PR 23+000 AL PR 28+350

Material	Espesor (cm)	Modulo (kg/cm ²)
Asfalto	7.5	12.237
Base Granular	17	2100
Subbase Granular	0	1137
Subrasante		1820

ZONA PR 28+350 AL PR 32+850

Material	Espesor (cm)	Modulo (kg/cm ²)
Asfalto	7.5	12.237
Base Granular	15	2100
Subbase Granular	0	1137
Subrasante		2610

ZONA PR 32+850 AL PR 36+000

Material	Espesor (cm)	Modulo (kg/cm ²)
Asfalto	7.5	12.237
Base Granular	15	2100
Subbase Granular	16	1137
Subrasante		840

Fuente: ESGAMO LTDA

Figura 4. Vía Zapatoca – Girón - Km 32+850 al Km 36+000



Figura 5. Vía Zapatoca – Girón - Km 28+350 al Km 32+850



Para la VÍA ANILLO VIAL: FLORIDABLANCA – RUITOQUE se pavimentó un total de doce (12) kilómetros correspondientes al anillo vial de Ruitoque, de seis kilómetros cada uno, comprendidos entre la vía que inicia en la bifurcación denominada “Ye de Pavas” hacia la vereda Acapulco del municipio de Girón y la otra inicia novecientos (900) metros adelante de dicha bifurcación, donde termina el pavimento, hasta el sitio denominado Tres Esquinas.

“La vereda Ruitoque, donde se desarrolló el proyecto, se encuentra localizada en el municipio de Floridablanca y limita con los municipios de Piedecuesta y Girón. Aunque esta intercomunicada con estos dos municipios por vías veredales en mal estado, la principal comunicación es con la denominada autopista Bucaramanga-Floridablanca, razón por la cual el municipio de Floridablanca es el que tiene mayor incidencia en el desarrollo de esta zona”.⁵

A continuación se muestra la localización del proyecto, el cual fue realizado en su totalidad.

Figura 6. Localización del proyecto



⁵ESGAMO LTDA. - ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS - Estudios y diseños para la construcción, pavimentación y/o repavimentación de la vía Anillo Vial Floridablanca – Ruitoque, Colombia –pág. 15

Para este proyecto se diseñaron cuatro clases de pavimento los cuales se muestran a continuación.

Tabla 2. Tipos de estructuras

ZONA PR 0+000 AL PR 2+950

Material	Espesor (cm)	Modulo (kg/cm ²)
Asfalto	7.5	16
Base Granular	16	2100
Subbase Granular	15	1137
Subrasante		1140

ZONA PR 2+950 AL PR 6+000

Material	Espesor (cm)	Modulo (kg/cm ²)
Asfalto	7.5	16
Base Granular	20	2100
Subbase Granular	21	1137
Subrasante		680

ZONA PR 13+400 AL PR 16+400

Material	Espesor (cm)	Modulo (kg/cm ²)
Asfalto	7.5	16
Base Granular	15	2100
Subbase Granular	20	1137
Subrasante		820

ZONA PR 16+400 AL PR 19+400

Material	Espesor (cm)	Modulo (kg/cm ²)
Asfalto	7.5	16
Base Granular	15	2100
Subbase Granular	15	1137
Subrasante		1160

Fuente: ESGAMO LTDA.

Figura 7. Vía anillo vial: Floridablanca – Ruitoque



Figura 8. Vía anillo vial: Floridablanca – Ruitoque

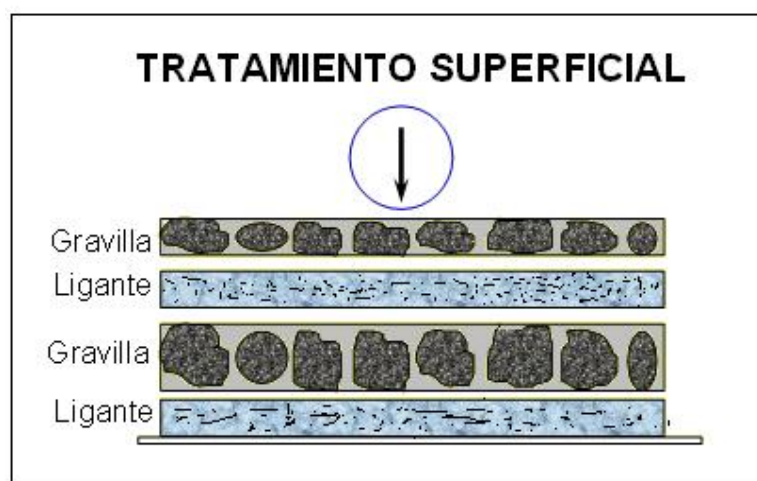


2 TRATAMIENTOS SUPERFICIALES DE DOBLE CAPA

2.1 DEFINICIÓN DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL

Capa de rodadura constituida por la superposición alternada de una o más capas de ligante bituminoso y de una o más capas de gravillas debidamente compactadas. Las cuales no presentan ningún tipo de aporte estructural al pavimento.

Figura 9. Esquema del Tratamiento superficial



Fuente: Diplomado en Construcción y Rehabilitación en pavimentos. Universidad Pontificia Bucaramanga.

2.2 TIPOS DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Los tratamientos superficiales se clasifican en tres tipos:

Tabla 3. Tipos de Tratamientos Superficiales

TIPO		CAPAS DE LIGANTE
Tratamiento Superficial Simple	TSS	1
Tratamiento Superficial Doble	TSD	2
Tratamiento Superficial Triple	TST	3

2.3 FUNCIONES DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

- Proveer una superficie de rodadura económica y duradera para vías que tienen tránsitos medianos y bajos, es decir para menos de 1000 vehículos diarios.
- Renovar superficies y restaurar la resistencia al deslizamiento de pavimentos deteriorados.
- Prevenir la penetración superficial de agua en bases granulares y pavimentos deteriorados.
- Transmitir las cargas a la estructura subyacente.
- Resistir la abrasión provocada por el tránsito.

2.4 VENTAJAS DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

- No se requiere planta asfáltica y se elaboran directamente en el sitio
- Sirven para vías de bajo y mediano tráfico.

2.5 ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE UN TRATAMIENTO SUPERFICIAL

Los elementos constituyentes de un tratamiento superficial son: Gravillas y Ligante asfáltico, el cual puede ser un asfalto líquido o una emulsión asfáltica.

2.5.1 Funciones de las gravillas

- Resistir la abrasión provocada por el tránsito.
- Resistir a la intemperie
- Transmitir las cargas a la estructura subyacente.
- Proporcionar drenaje superficie adecuada
- Asegurar una superficie antiderrapante.

2.5.2 Características físicas que deben tener las gravillas

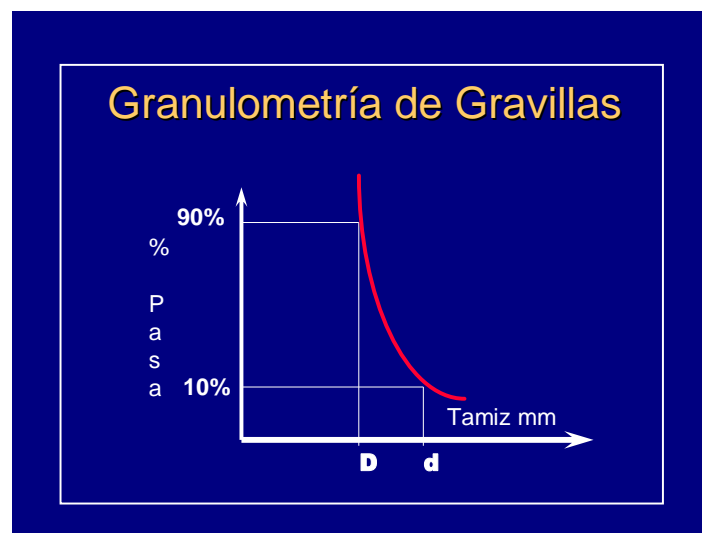
- Granulometría: corresponde a un material mal gradado.

La granulometría de un material de tratamiento superficial se presenta mediante la siguiente notación: gravilla D/d

D: tamiz por el cual pasa el 90% del material.

d: tamiz por el cual pasa el 10% del material.

Figura 10. Granulometría de Gravillas



Fuente: Diplomado en Construcción y Rehabilitación de Pavimentos. Universidad Pontificia Bucaramanga

- Forma: Las partículas deben quedar adheridas en la superficie y sobresalir. Es preferible que tengan forma cúbica
- Angulosidad: Las partículas deben ser trituradas para mayor agarre al circular los vehículos, por ende el porcentaje de trituración debe ser mayor a 75%.
- Limpieza: en caso de encontrarse partículas sucias el ligante se pegaría a los finos, pues estos tienen una gran superficie específica, por tal el

porcentaje de finos que pase por el tamiz de 0.5 mm debe ser menor de 1%.

- Resistencia al desgaste: Deben ser resistentes pues las partículas estarán directamente expuestas a la acción de los vehículos.
- Resistencia al pulimento: Deben usarse partículas aptas para que resistan el pulimento y duren sus características superficiales evitando superficies lisas.
- Adhesividad asfalto-agregado: Debe haber buena adherencia, para lo cual pueden hacerse ensayos como: Adherencia en bandeja.

2.5.3 Análisis de características que deben tener los ligantes

El tipo de ligante a utilizar son asfaltos de curado rápido y emulsiones de rompimiento rápido. Los primeros se caracterizan por ser menos viscosos, por su facilidad de preparación en obra y porque en su constitución presentan una cantidad importante de solvente como el kerosene. En cuanto a las emulsiones están constituidas por asfalto, agua y emulgentes. Siendo por ende más viscosas.

Sin embargo cabe resaltar que el tipo del ligante está íntimamente influenciado al clima de la región, es decir, para climas cálidos el asfalto líquido es la mejor opción y en cuanto a zonas húmedas y frías la emulsión sería la mejor alternativa.

2.5.4 Funciones del ligante

- Ser ante todo líquido para que se pueda regar y humedezca convenientemente las gravillas que debe unir.
- Curar y desarrollar adherencia rápidamente.
- Ser viscoso para mantener unidas durante largo tiempo las gravillas.

2.6 DISEÑO DE UN TRATAMIENTO SUPERFICIAL

El diseño de un tratamiento superficial abarca los siguientes pasos:

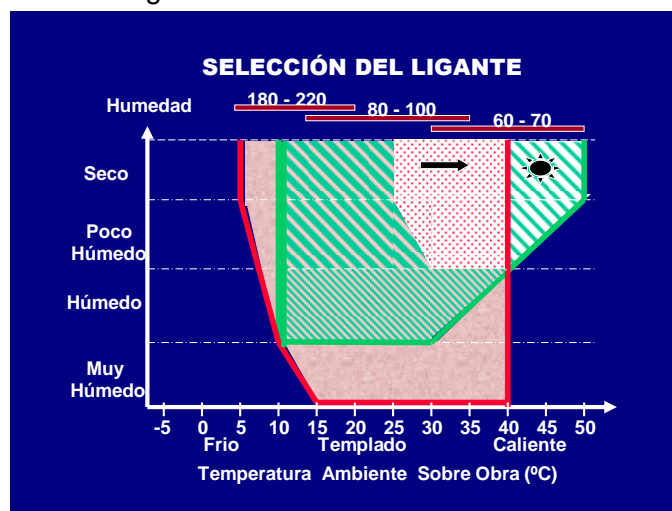
- Selección del ligante
- Selección de las gravillas
- Selección de la estructura
- Dosificación de los componentes

2.6.1 SELECCIÓN DEL LIGANTE

Se debe tener en cuenta:

- Temperatura de la superficie sobre la cual se ejecutará el tratamiento
- Temperatura del aire
- Humedad y viento
- Condición de la superficie
- Tipo, condición del agregado y de la estructura.

Figura 11. Selección del Ligante



Fuente: Diplomado en Construcción y Rehabilitación de Pavimentos. Universidad Pontificia Bucaramanga

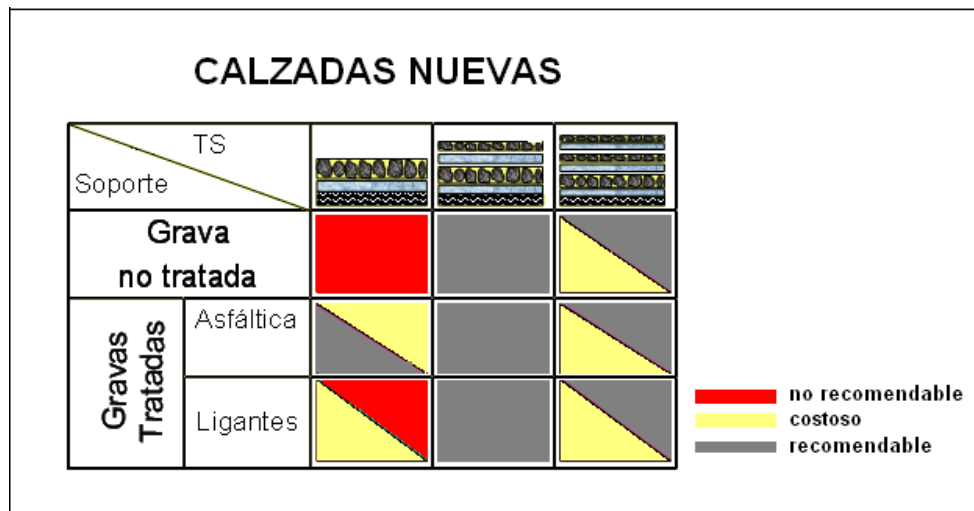
2.6.2 SELECCIÓN DE GRAVILLAS

Depende de las condiciones de tránsito. Entre más alto sea el nivel de tránsito mayor será el tamaño de La gravilla, siendo El tamaño máxima de esta de 1” (una pulgada).

2.6.3 SELECCIÓN DE LA ESTRUCTURA (TSS, TSD, TST)

La selección se hace en función de la naturaleza de trabajo (calzada nueva o mantenimiento), condiciones de tránsito y medios financieros disponibles.

Figura 12. Factibilidad en tipos de Tratamiento Superficial



Fuente: Diplomado en Construcción y Rehabilitación de Pavimentos. Universidad Pontifica Bucaramanga

En la figura 12 se puede observar que la grava puede o no ser tratada, sin embargo el tratamiento se puede observar que el tratamiento superficial de capa doble (TSD) es el tipo de estructura ideal, en cuanto a comportamiento y costo.

2.6.4 DOSIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES

Métodos para determinar cantidades de gravilla y de ligante:

- Formulación basada en ensayos de laboratorio.
- Formulación basada en la utilización de manuales y guías de dosificación (Likienhiell, CRR, Shell).

2.6.4.1 Formulación basada en ensayos de laboratorio

2.6.4.1.1 Dosificación de gravillas:

Se hace con base en el poder de recubrimiento y la densidad suelta.

$$\text{Dosificación de gravillas (L/m}^2\text{)} = \frac{\text{Poder de recubrimiento (Kg/m}^2\text{)}}{\text{Densidad suelta (Kg/dm}^3\text{)}}$$

Figura 13. Dosificación de Gravillas

Dosificación De Gravillas



Densidad suelta (K/dm³)

Poder Recubrimiento (K/m²)

$$\text{Dosif gravilla (Ls/m}^2\text{)} = \frac{\text{Poder Recubrimiento(K/m}^2\text{)}}{\text{Densidad Suelta(K/dm}^3\text{)}}$$

•Desperdicios

Fuente: Diplomado en Construcción y Rehabilitación de Pavimentos.
Universidad Pontificia Bucaramanga

2.6.4.1.2 Dosificación del ligante

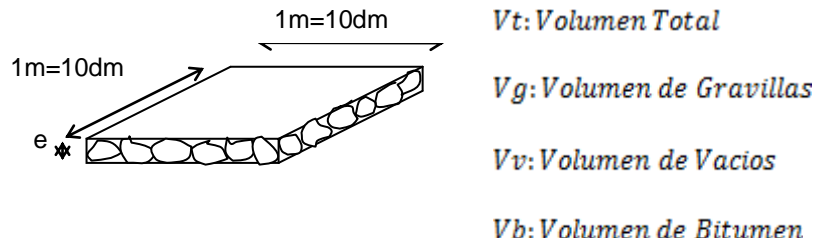
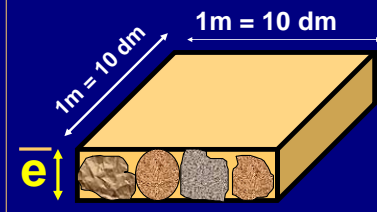


Figura 14. Dosificación del

Dosificación Ligante residual



1m = 10 dm

1m = 10 dm

e

$V_t (dm^3/m^2) = 10 \cdot 10 \cdot e$

$V_g (dm^3/m^2) = PR / \delta_g$

$V_v (dm^3/m^2) = V_t - V_g$

$V_{bitumen} = (2/3) \cdot V_v$

Dosif Ligte (Kg/m²) = V_b * δ_b

Reacomodo Afinidad Concentración

Fuente: Diplomado en Construcción y Rehabilitación de Pavimentos. Universidad Pontificia Bucaramanga

$$V_g [dm^3/m^2] = \frac{PR}{\delta_g}$$

$$V_v [dm^3/m^2] = V_t - V_g$$

$$V_b [dm^3/m^2] = \frac{2}{3} \cdot V_v$$

$$V_t [dm^3/m^2] = 10 (10e)$$

Siendo:

e: Dimensión mínima promedio

Siendo:

PR: Poder de recubrimiento

δ_g: Peso específico de las gravillas

Dosificación de ligante (Kg/m^2) = $V_b * \delta_b$ Siendo:

δ_b : Peso específico de ligante.

2.6.4.2 Formulación basada en dosificaciones teóricas- método del centro de pesquisas routieres crr (bélgica)

Las cantidades de agregado y ligante se obtienen con las siguientes expresiones:

2.6.4.2.1 Cantidad de gravilla

$$Q (\text{L/m}^2) = \Delta - \frac{\Delta^2}{100} + R, \quad \Delta = \frac{(d + D)}{2}$$

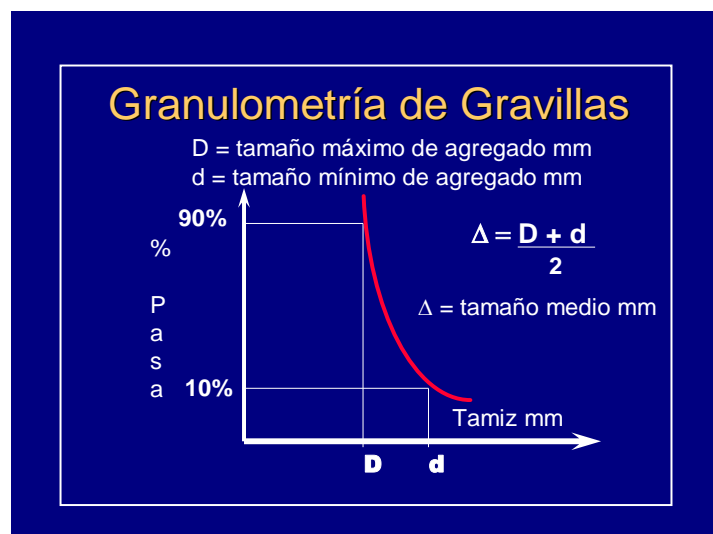
Siendo:

Q = Volumen de agregados necesarios (L/m^2)

Δ = Tamaño medio de las partículas (mm)

D = tamaño máximo de agregado (mm)

Figura 15. Granulometría de Gravillas



Fuente: Diplomado en Construcción y Rehabilitación de Pavimentos. Universidad Pontificia Bucaramanga

R: Posibles pérdidas.

R = 1.0 para $\Delta = 5$ mm

R = 1.5 para $\Delta = 20$ mm

2.6.4.2.2 Cantidad de ligante

$$L \text{ (kg/m}^2\text{)} = a + b \cdot Q$$

Donde:

a: estado y textura de la carretera, variando entre:

b: tipo y forma de agregados.

Tabla 4. Tipo de ligantes para tipos de carreteras

Carreteras	A	Agregados	B
Exudadas	0	Pre-eventos	0.06
Normales	0.34	Artificiales	0.07
Porosas, secas o fisuradas	0.59	Naturales	0.09

2.7 EQUIPOS DE CONSTRUCCIÓN

- Carrotanque irrigador.
- Esparcidor de gravilla.
- Equipo de limpieza.
- Equipo de transporte.
- Equipo de compactación.

2.8 PROCESO CONSTRUCTIVO DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL

- Preparación de la Calzada
- Aplicación del Ligante
- Aplicación de las Gravillas

- Compactación
- Eliminación de exceso de gravilla
- Apertura al tránsito vehicular

2.8.1 Preparación de la calzada

Esta debe estar debidamente imprimada cuando el soporte es una base granular. Si el soporte es una base asfáltica no se irriga. La superficie debe estar limpia y libre de partículas finas.

2.8.2 Aplicación del ligante

- El objetivo que se busca en la aplicación del ligante es conseguir una distribución uniforme, tanto en el sentido transversal como longitudinal.
- Con la extensión del ligante se pretende obtener una película de espesor constante, y el éxito o fracaso de la operación dependerá del equipo de puesta en obra, condiciones de la puesta en obra y la experiencia o competencia del personal.
- La extensión de ligante normalmente se hace por procedimientos mecánicos por medio de carrotanques de almacenamiento de ligante, debidamente acondicionado, del cual se alimentan los dispositivos o pulverizadores que extienden el producto sobre la superficie a tratar.

Figura 16. Equipo utilizado para riego de Emulsión



Fuente: Xi'an Dagang Road Machinery Co. Ltd.

2.8.3 Aplicación de gravillas

La extensión de las gravillas deberá realizarse inmediatamente a la aplicación del ligante y en general definirá el rendimiento de la obra.

Los extendedores de gravilla normalmente utilizados en la ejecución de tratamientos superficiales, pertenecen a los siguientes Tipos: Montados sobre camión, Empujados por camión y Autopropulsados.

Los más indicados son las extendedoras autopropulsadas, las cuales reciben las gravillas sobre una tolva en su parte posterior, directamente de las volquetas transportadoras y, por medio de una cinta, se trasladan automáticamente a la tolva delantera donde caen sobre la superficie de la calzada desde una altura de unos 15 cm.

Figura 17. Modelo de maquinaria autopropulsada para la extensión de gravillas



Fuente: Xi'an Dagang Road Machinery Co. Ltd.

Figura 18. Ejemplo en la Aplicación de Gravillas



Fuente: Xi'an Dagang Road Machinery Co. Ltd.

2.8.4 Compactación

- La compactación deberá comenzar desde la extensión de los agregados. En el caso de empleo de emulsiones debe esperarse a que se haya iniciado la rotura.
- Los compactadores más indicados son los neumáticos lisos en donde la carga por rueda es del orden de 1.5 Ton o más y las presiones de inflados son del orden de 7 Kg/cm². No son recomendables los rodillos metálicos, porque fracturan las gravillas.
- La velocidad del compactador suele ser del orden de 8KPH, pero se recomienda que en las primeras dos pasadas la velocidad sea del orden de 2 KPH a 3 KPH.
- El número de pasadas suficientes para la formación del mosaico suele ser del orden de 3 a 5 pasadas.
- En un tratamiento bicapa con emulsión, en la primera aplicación la compactación es suficiente con una o dos pasadas aumentando y complementando la compactación en el segundo riego.

2.8.5 Barrido de la superficie.

Después del proceso de compactación se recomienda realizar un barrido con el objeto de eliminar el exceso de gravillas, las cuales pueden producir roturas de parabrisas.

2.8.6 Apertura al tránsito

La apertura al tránsito debe hacerse con la precaución de que los vehículos no circulen a elevadas velocidades, lo que ocasionaría una excesiva pérdida de agregados.

3 PRESENTACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS A EVALUAR MEDIANTE EL USO DEL SOFTWARE HDM4

Figura 19. Presentación software HDM-4



3.1 DEFINICIÓN

Software desarrollado por El Banco Mundial, El Banco de desarrollo de Asia, y La Administración de caminos de Suecia. Con el propósito de combinar la evaluación técnica y económica de proyectos, preparar programas de inversión y analizar estrategias de redes de carreteras. Siendo por ende un sistema para el análisis de gestión de carreteras y de las alternativas de inversión.

En países de ingresos limitados la planificación de recursos es fundamental, siendo este el principal motivo del porqué es necesario implantar proyectos que en su ejecución sean rentables y que cumplan con los requisitos establecidos desde un comienzo por parte de sus ejecutores, ya sea en proyectos de conservación o rehabilitación de carreteras, etc.

3.1.1 Objetivo del hdm-4

- Actualmente se ha usado en países para justificar los cada vez mayores presupuestos de conservación y rehabilitación de carretera.
- Los modelos creados, han servido para investigar la viabilidad económica de proyectos y optimizar los beneficios económicos de usuarios de carreteras bajo diferentes niveles de gastos.
- Proporciona avanzadas herramientas de análisis de inversiones en carreteras, con unas posibilidades de aplicación muy amplias en diversos climas y condiciones geográficas.

El programa cumple un papel muy importante en la gestión de carreteras y se divide en las siguientes cuatro (4) ramas:

3.1.1.1 Planificación

Comprende el análisis del sistema de carreteras en su conjunto, típicamente, requiere la preparación de presupuestos a mediano, largo plazo o estratégicos, de estimaciones de gastos de desarrollo y conservación de carreteras bajo diferentes supuestos económicos además de presupuestarios.

3.1.1.2 Programación

Comprende la preparación, bajo restricciones presupuestarias de programas de gastos y obras de varios años en los que se seleccionan y analizan tramos de la red que necesitarán conservación, mejora o nueva construcción.

3.1.1.3 Preparación

Fase de planificación a corto plazo, donde los planes de carreteras aprobados se agrupan para ejecutarlos. En esta fase, se refinan los diseños y se preparan con más detalle; se hacen listas de cantidades y costos detallados, junto con instrucciones para las obras y contratos.

3.1.1.4 Operaciones

Estas actividades cubren la operación diaria de una organización. Las decisiones sobre la gestión de operaciones se suelen tomar de forma diaria o semanal, incluyendo la programación de las obras a realizar, la supervisión en términos de mano de obra, equipos y materiales, el registro de las obras finalizadas y el uso de esta información para supervisión y control.

3.2 METODOLOGÍA DE DESARROLLO

Para el desarrollo de un proyecto se deben tener en cuenta características físicas, geométricas, ambientales, de tráfico y económicas propias de una carretera y de una región en particular.

Por medio del software HDM-4 se analizarán dos alternativas. La primera será la alternativa nueva a evaluar que será los tratamientos superficiales y que tendrá por nombre de *ALTERNATIVA SUPERFICIAL*. La segunda será la alternativa tradicional, con la cual fue construido el plan 2500 y que tendrá el nombre de *ALTERNATIVA TRADICIONAL*.

Para llevar a cabo dicho análisis se analizarán doce (12) tramos, seis (6) tramos ubicados en *GEOGRAFÍA MONTAÑOSA*, de los cuales tres (3) tendrán un tráfico promedio diario (*TPD*) *ALTO* y los restantes con un tráfico promedio diario (*TPD*) *BAJO*, de la misma forma será para los tramos con geografía plana.

Para los tramos con Geografía montañosa se asumirán 1500 km, siendo estos correspondientes al 60% del total del proyecto propuesto por el Plan 2500, es decir 2500 kilómetros de vías a pavimentar. Estos tramos estarán distribuidos en 500 kilómetros para cada tipo de suelo, con características de alta sinuosidad y severamente ondulado.

Para los tramos con Geografía plana cada tramo será llano, cumpliendo con los 1000 km restantes (40% del total del proyecto) distribuidos en 333.33 kilómetros para cada tipo de suelo, con características encontradas en el plan 2500.

Con el objetivo de encontrar un análisis bien acertado para la red del plan 2500 se procede a variar los porcentajes de los tramos en vías montañosas y planas, presentando así el costo de los tramos en un rango de valores.

A su vez los tramos se analizarán bajo las diferentes zonas climáticas que Colombia posee a lo largo de su territorio, el nivel de tráfico estará entre alto y bajo según corresponda. Por último se variará la capacidad de soporte de la subrasante en tres tipos de suelos con un CBR diferente, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5. Clases de Suelos

CBR	Tipo de suelo
2%	Arcilla CH
5%	Arena Limosa SM
9%	Grava bajo contenido en Arcillas

En conclusión, para cada tipo de suelo se analizará el impacto que producen los dos tipos de tráfico, siendo en total doce comparaciones económicas entre las dos alternativas y bajo dos condiciones geográficas.

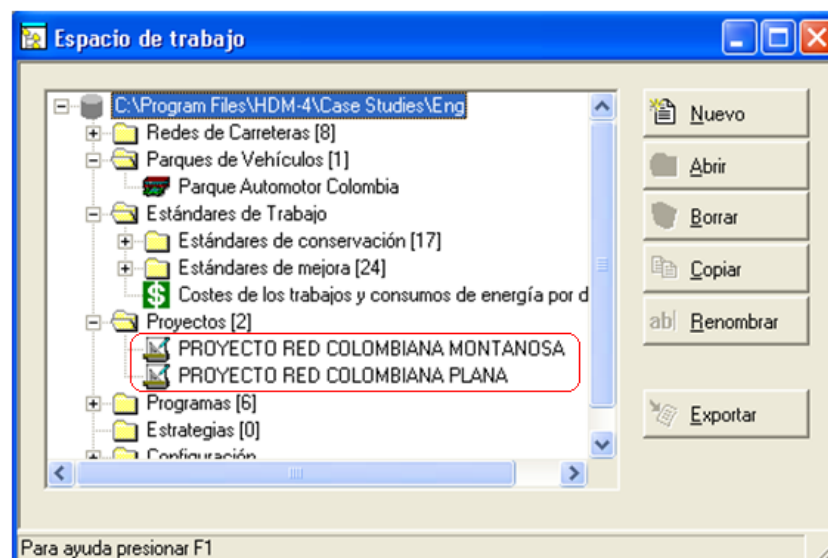
Tabla 6. Variables a Analizar para Geografía Montañosa y Plana

Variables de Análisis			
Capacidad subrasante	CBR (%)	TPD	
bueno	9	alto	bajo
regular	5	alto	bajo
malo	2	alto	bajo

Una vez hecho esto, el principal objetivo será determinar cuál de las dos alternativas cumple mejor su objetivo básico financiero, *MAXIMIZAR SU INVERSIÓN*, teniendo en cuenta la evaluación de costos en construcción y operación. Por lo que la obtención del valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR) de cada alternativa será fundamental para dicho objetivo.

A continuación se muestra la creación de las dos redes de carretera, la primera con Geografía Montañosa y la segunda con Geografía Plana.

Figura 20. Ejemplo de Aplicación



Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras


Los costos unitarios requeridos por el software estarán en términos de costos económicos, los cuales podrán dividirse de manera opcional en porcentajes de mano de obra, equipos, materiales, y gastos generales.

3.3 INTRODUCCIÓN DE CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

En primer lugar, se configura el programa con las características de una vía Colombiana. Ingresando las variaciones de subrasante y tráfico mencionadas anteriormente.






A continuación se muestra con detalle cómo se ingresan los datos para un *TPD Bajo*, es decir 200 vehículos y un *CBR malo* (2%).

Figura 21. Ejemplo de Aplicación



Red de carreteras: RED COLOMBIANA - Todos los tramos/Datos generales

ID	Descripción	Fecha últ. modif.	Tipo de capa de rodadura	Tipo de firme	Longitud (km)
01	CBR2%-TPD_BAJO	22/09/2008	Sin pavimentación	Tierra	1.1
02	CBR2%-TPD_ALTO	22/09/2008	Sin pavimentación	Tierra	1.1
03	CBR5%-TPD_BAJO	22/09/2008	Sin pavimentación	Tierra	1.1
04	CBR5%-TPD_ALTO	22/09/2008	Sin pavimentación	Tierra	1.1
05	CBR9%-TPD_BAJO	22/09/2008	Sin pavimentación	Tierra	1.1
06	CBR9%-TPD_ALTO	22/09/2008	Sin pavimentación	Tierra	1.1

 Añadir nuevo
  Borrar
  Editar...
  Grabar
  Cerrar

Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

3.3.1 Definición de las zonas climáticas

El territorio Colombiano se divide en ocho (8) zonas climáticas, es decir áreas donde las condiciones ambientales son similares de acuerdo a parámetros de temperatura, precipitación pluvial y evapotranspiración, las cuales se muestran a continuación:

- **Bosque seco tropical (bs-T):** Presentan una cobertura boscosa continua, en piso térmico cálido con precipitaciones entre 700 y 2000 mm y con uno o dos períodos marcados de sequía.
Presentes en la costa Atlántica y en el alto Magdalena.

- **Bosque seco subtropical (bs.st):**
Se caracterizan por tener una temperatura media anual (tma) menor a 24°C y precipitación media anual (pma) entre 500 y 1000mm.
Presentes en la región del Caribe colombiano, en el departamento de La Guajira.

- **Bosque seco premontano (bs-pm):** Se caracterizan por tener una temperatura media anual (tma) entre 18 y 24 °C y una precipitación media anual (pma) entre 550 y 1100 mm.
Presentes en la región andina colombiana y en el Cañón del Chicamocha en el departamento de Santander.

- **Bosque muy seco tropical (bms-t):** Con temperatura media anual (tma) mayor a 24°C y precipitación media anual (pma) entre 500 y 1000mm.
Presentes principalmente en la costa Atlántica colombiana.

- **Bosque muy húmedo subtropical (bmh-st):** Cuyos límites climáticos son: temperatura media anual (tma) entre 17 y 24 °C, precipitación media anual (pma) entre 2000 a 4000 mm y se ubican entre 1000 y 2000 msnm.

En Colombia, presentes en los bosques subandinos que se encuentran en la vertiente oriental de la cordillera Occidental colombiana, entre los 1000 y 2000 msnm son bosques húmedos tropicales y a la misma altura, en la vertiente occidental son bosques muy húmedos subtropicales.

- **Bosque muy húmedo tropical (bmh-T):** Los límites climáticos generales son una temperatura media anual (tma) mayor a 24 °C y precipitación media anual (pma) entre 4000 y 8000 mm.

Presente en el golfo de Darién.

- **Bosque muy húmedo montano (bmh-m):** Las temperaturas de esta zona de vida, aproximadamente, se encuentran entre 6 y 12 °C y recibe un promedio general de lluvias entre 1000 y 2000 mm anuales.

En Colombia, es posible encontrarlos desde el nivel del mar hasta 800 a 1000 m de altura, con variaciones debidas a efectos locales.

- **Bosque húmedo subtropical (bh-st):** Con límites climáticos a una temperatura media anual entre 18 y 24 °C y un promedio anual de lluvias entre 1000 y 2000 mm.

Presentes en el Eje Cafetero.

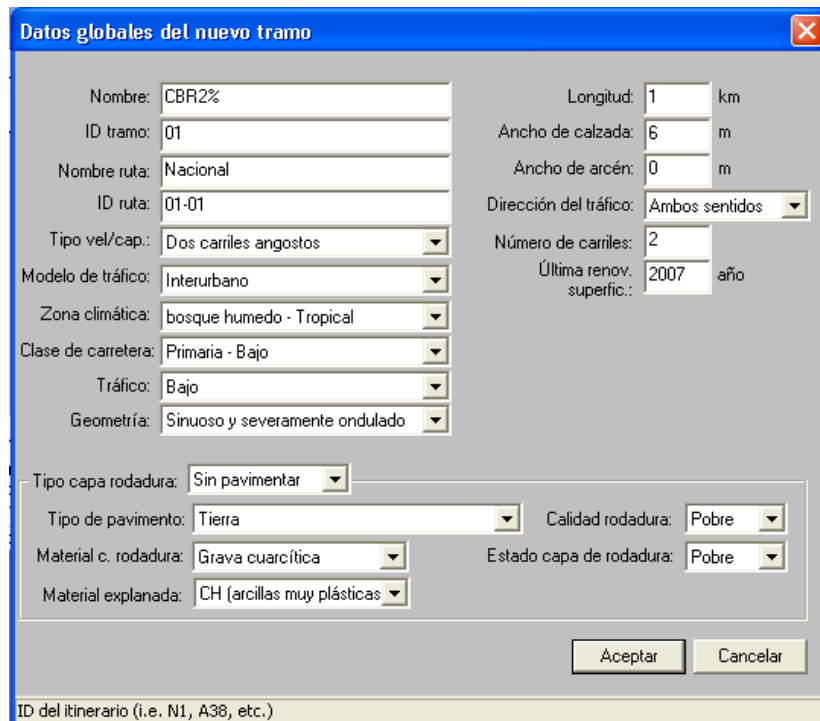
3.3.2 Definición de la red de carretera

La selección de la red de carretera será para un porcentaje de vía nacional de condiciones representativas, es decir montañosa (predominante) y plana, las cuales constarán de dos carriles angostos, con un tráfico interurbano.

A continuación se muestra en la figura 22 cómo se ubican las características de la vía antes de la mejora, es decir, en su estado sin pavimentar. El material encontrado en la zona pertenece a un CBR malo

que presenta una composición en un gran porcentaje de arcillas inorgánicas de alta compresibilidad (CH), proporcionando una calidad pobre de rodadura.

Figura 22. Formato para Ingreso de Datos Generales



Datos globales del nuevo tramo

Nombre: CBR2% Longitud: 1 km
 ID tramo: 01 Ancho de calzada: 6 m
 Nombre ruta: Nacional Ancho de arcén: 0 m
 ID ruta: 01-01 Dirección del tráfico: Ambos sentidos
 Tipo vel/cap.: Dos carriles angostos Número de carriles: 2
 Modelo de tráfico: Interurbano Última renov. superfic.: 2007 año
 Zona climática: bosque húmedo - Tropical
 Clase de carretera: Primaria - Bajo
 Tráfico: Bajo
 Geometría: Sinuoso y severamente ondulado

Tipo capa rodadura: Sin pavimentar
 Tipo de pavimento: Tierra Calidad rodadura: Pobre
 Material c. rodadura: Grava cuarcítica Estado capa de rodadura: Pobre
 Material explanada: CH (arcillas muy plásticas)

ID del itinerario (i.e. N1, A38, etc.)

Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 *Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras*

3.3.3 Características geométricas y ambientales del tramo

Estas características son obtenidas a través del *Manual de diseño de Pavimentos Asfálticos para vías con Bajos Volúmenes de Tránsito* del Ministerio de Transporte Nacional, el cual ha sido creado en base a la experiencia en construcción de Colombia.

3.3.3.1 Promedio de subidas más bajadas:

Variable que representa un valor absoluto de todos los ascensos y descensos de un tramo seguido. Es fundamental conocer la altitud del tramo para que el programa tenga un mejor acierto en sus cálculos.

3.3.3.2 Curvatura horizontal media:

Se define como la suma de todas las deflexiones horizontales del tramo sobre la longitud del mismo, para nuestro caso se usará el calculado en la tesis de grado *Gestión para el mantenimiento de vías no pavimentadas del departamento de Santander con base en el modelo hdm-3*.

3.3.3.3 Velocidad límite:

Se usará la velocidad para el diseño de carreteras de tercer orden lo cual implica que serán velocidades bajas.

En la siguiente tabla se definen todas las características necesarias del tramo:

Tabla 7. Datos de Entrada

DEFINICIÓN	
Vía Nacional	
Modelo de Trafico:	Interurbano
Zona climática:	Bosque seco tropical
Clase de carretera:	Terciaria
Tipo capa rodadura:	sin pavimentar
Tipo firme:	Tierra

ANÁLISIS	
Longitud (Km)	500*
Ancho calzada (m)	6

Berma	no se considera
Numero carriles	2

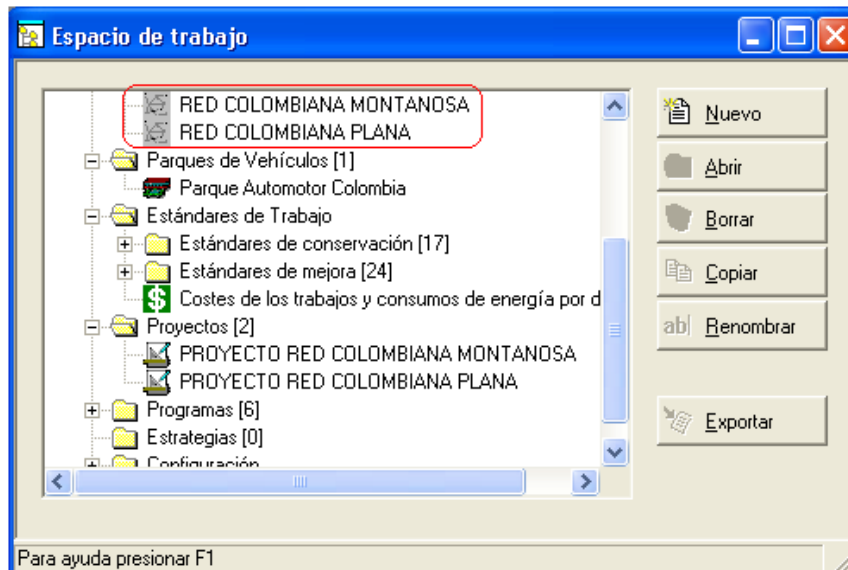
TRÁFICO	
TPDS	200
año	2005

GEOMETRÍA	
Red vial Montañosa	
Rampas + pendientes	54 m/Km
Curvatura horizontal	215 °/Km
Velocidad limite	40 Km/h
Altitud	1153 m
GEOMETRÍA	
Red vial Plana	
rampas + pendientes	3 m/Km
curvatura horizontal	1 °/Km
velocidad limite	100 Km/h
altitud	1153 m

Fuente: PROYECTO DE GRADO GESTIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER CON BASE EN EL MODELO HDM3, pág. 105.

**la longitud depende de la geografía del terreno. Una vez especificada la geometría para los diferentes tramos se ingresan al software como se muestra a continuación.*

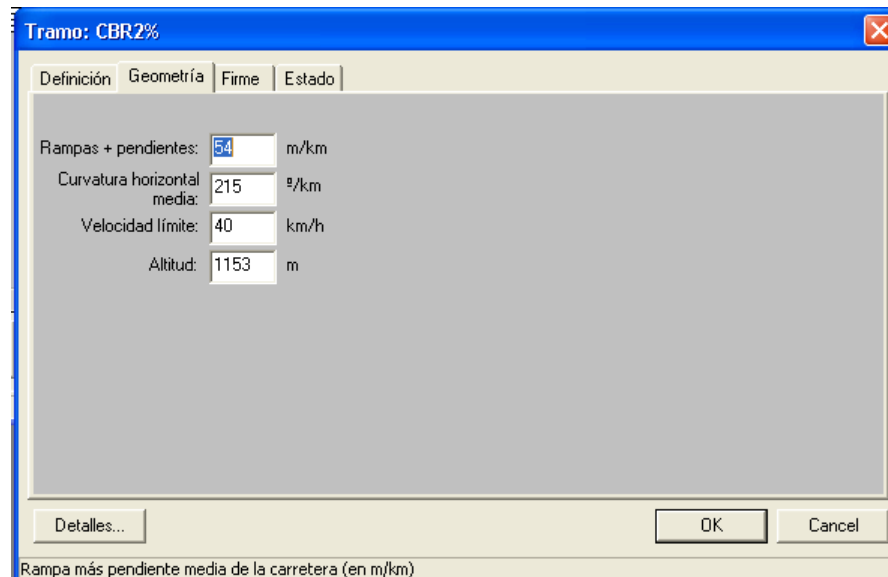
Figura 23. Red de carreteras para los dos casos de Geografía



Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 *Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras*

Conformadas las redes, se asignan los valores geométricos en la pestaña llamada “Geometría” con los datos que fueron especificados en la tabla anterior, como se muestra en la siguiente figura:

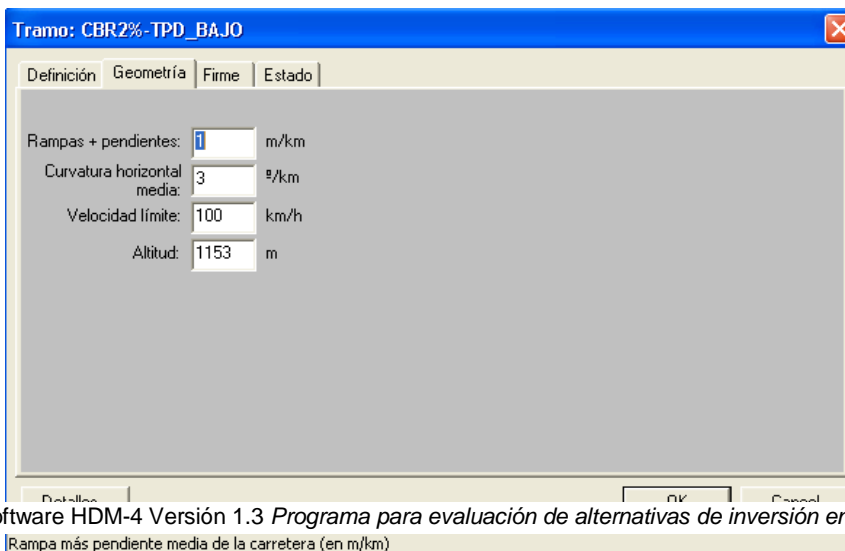
Figura 24. Ingreso de Datos Geométricos Geografía Montañosa



Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 *Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras*

Las características de la geometría plana muestra que tiene una curvatura horizontal de 3° por kilómetro, demostrando que efectivamente es un tramo plano.

Figura 25. Ingreso de Datos Geométricos Geografía Plana



Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 *Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras*

3.3.4 Análisis de tráfico

Para el diseño de un pavimento se debe tener cuenta el tráfico promedio diario semanal (TPDS), el cual se halla efectuando conteos en la vía en donde se planea tal construcción. Estos conteos se hacen a lo largo de la semana de todos los vehículos que pasan por dicha vía.

Sin embargo el tránsito presenta variaciones mensuales y estacionales, es necesario hacer una cuidadosa elección de la semana del aforo. El Instituto Nacional de Vías (INVIAS) efectúa los conteos en épocas de verano.

El tránsito total registrado se divide por los siete días del conteo obteniéndose de esta forma el TPDS. Los vehículos livianos y comerciales no son tomados en cuenta.

El software HDM-4 utiliza la Intensidad media diaria (IMD) y la forma de hallar dicho valor es igual a la metodología que utiliza el Instituto nacional de vías (INVIAS) descrita anteriormente.

3.3.5 Vías con bajos volúmenes de tránsito

Para cuantificar adecuadamente los volúmenes de tránsito en un proyecto vial se deben considerar los siguientes tres componentes:

- *Tránsito Normal* – Se produce en la zona de influencia del proyecto como consecuencia de la evolución previsible de sus parámetros característicos y coincide, por tanto, con el que circulará por la red si no se realizara el proyecto. Esta componente se determina a través del análisis de la serie histórica de tránsito, si esta existe, o de un conteo vehicular.

- *Tránsito atraído* – Es el que utilizará el proyecto, por las ventajas o beneficios que ofrece, y hoy hace uso de otra infraestructura. Esta componente se determina a través de encuestas de preferencia a usuarios y modelos de selección modal o de ruta.

- *Tránsito generado* – Se origina por el proyecto mismo, debido a mejores condiciones de oferta. Generalmente se refiere al tránsito nuevo por efecto del desarrollo del área de influencia. Esta componente se determina a través del análisis socio-económico.

Se pueden presentar muchas combinaciones, que pueden asimilarse a las siguientes situaciones.

- *Situación 1:* Proyecto de mejoramiento (pavimentación) en zona con alto potencial de desarrollo económico. Para esta situación se podría esperar la presencia de las tres componentes.

- *Situación 2:* Proyecto de mejoramiento (pavimentación) en zona con bajo potencial de desarrollo económico. Para esta situación se podría esperar la presencia de tránsito normal y atraído.

- *Situación 3:* Proyecto nuevo en zona con alto potencial de desarrollo económico. En esta situación las componentes que se podrían dar en el tránsito son la de tránsito atraído y la del generado.

- *Situación 4:* Proyecto nuevo en zona con bajo potencial de desarrollo económico. En esta situación las componentes que se podrían dar en el tránsito son la de tránsito atraído.

En caso de no disponer de datos de composición del tránsito, se puede utilizar la información registrada en la siguiente tabla, obtenida del análisis de las series históricas del Instituto Nacional de Vías, que representa la composición promedio registrada en las vías de bajo tránsito con estación de conteo. El análisis involucró el período que abarca desde 1996 hasta el 2005.

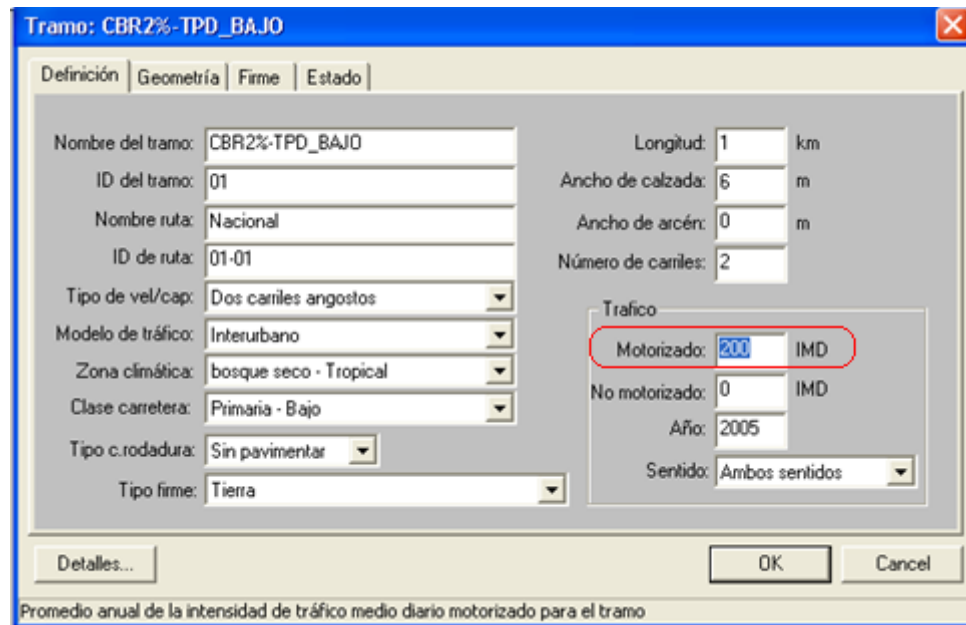
Tabla 8. Composición Vehicular Típica

TPD	Distribución Promedio						
	A	B	C2p	C2g	C3-C4	C5	>C5
180	74.4	9.1	12.2	4.1	0.1	0	0
300	61.7	8.4	13	14.3	2.2	0.3	0.1
410	56	12	14.1	16.6	1.2	0.1	0

Fuente: Conteos realizados por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

Para nuestro caso se escoge un TPD de 200, aunque no es el año actual (2008) el modelo HDM-4 está en capacidad de encontrar la rata de crecimiento del tráfico promedio diario y calcular el valor para dicho año.

Figura 26. Transito Bajo para CBR 2%



The screenshot shows a software window titled "Tramo: CBR2%-TPD_BAJO". It contains several input fields and dropdown menus for defining road traffic parameters. The "Trafico" section is highlighted with a red box, showing "Motorizado: 200 IMD", "No motorizado: 0 IMD", "Año: 2005", and "Sentido: Ambos sentidos". Other parameters include "Longitud: 1 km", "Ancho de calzada: 6 m", "Ancho de arcén: 0 m", "Número de carriles: 2", "Nombre del tramo: CBR2%-TPD_BAJO", "ID del tramo: 01", "Nombre ruta: Nacional", "ID de ruta: 01-01", "Tipo de vel/cap: Dos carriles angostos", "Modelo de tráfico: Interurbano", "Zona climática: bosque seco - Tropical", "Clase carretera: Primaria - Bajo", "Tipo c.rodadura: Sin pavimentar", and "Tipo firme: Tierra".

Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

3.3.6 Transito en el carril de diseño en función del ancho de la calzada

Para el tránsito que llevará la vía es importante considerar que se presentarán peculiaridades a lo largo de su vida útil, por ende es necesario poner a consideración el Factor Direccional, pues para calzadas menores a cinco (5) metros los automóviles tenderán a conducir por el medio de los dos carriles y en el caso de calzadas mayores o iguales a seis (6) metros este fenómeno se presentará en menor medida respectivamente.

A continuación se presenta la información anterior resumida:

Tabla 9. Tránsito adoptado para el Diseño según ancho de la Calzada

Ancho de la calzada	Tránsito de diseño	Fd
Menor de 5 m	Total en los dos sentidos	1.0
Igual o mayor a 5 m	3/4 del total en los dos sentidos	0.75
Igual o mayor a 6 m	1/2 del total en los dos sentidos	0.5

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito (INVIAS)

3.3.7 Granulometría y clase de material

El tipo de material en el kilometro de vía a evaluar estará conformado en su mayoría en grava cuarcítica, “material predominante en las capas de rodadura de la red del departamento de Santander, procedentes de trituración y gravas redondeadas procedentes de fuentes ribereñas, superficies conformadas con material de peña de gran tamaño”.⁶

Las tablas mostradas a continuación fueron proporcionadas a través del programa el cual brinda una granulometría por defecto en su base de datos de caminos para esta grava.

Tabla 10. Granulometría del Material

Capa Rodadura	
Max tamaño partícula (mm)	23.81
Índice de plasticidad	9.10%
% pasa tamiz 2.00 (mm)	57.50%
% pasa tamiz 0.425 (mm)	44.60%
% pasa tamiz 0.075 (mm)	24.20%

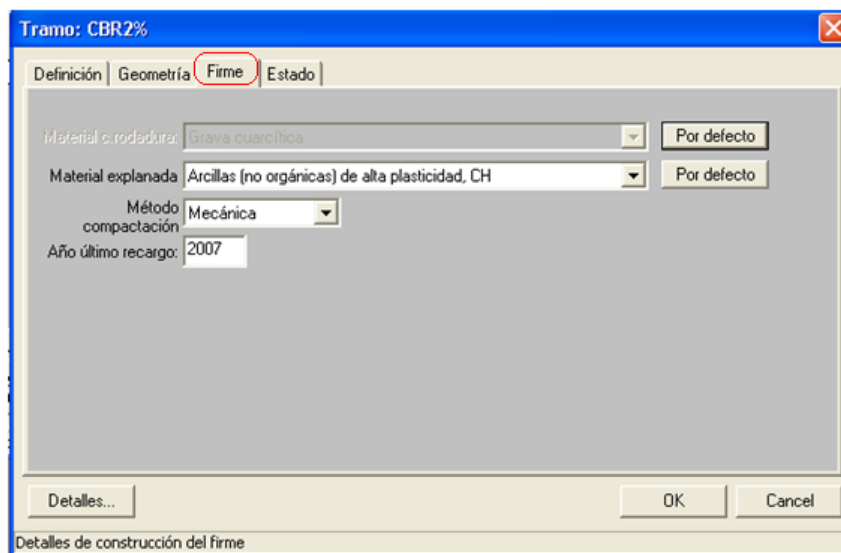
⁶ Gestión para el mantenimiento de vías no pavimentadas del departamento de Santander con base en el modelo hdm III, 1992

Tabla 11. Granulometría del Material Explanado

Explanada	
Max tamaño partícula (mm)	4
Índice plasticidad	34.30%
% pasa tamiz 2.00 mm	86.30%
% pasa tamiz 0.425 mm	81.50%
% pasa tamiz 0.075 mm	74.00%

La pestaña firme es automáticamente llenada por el programa al cual ya se le ha asignado estos valores previamente.

Figura 27. Pestaña Firme

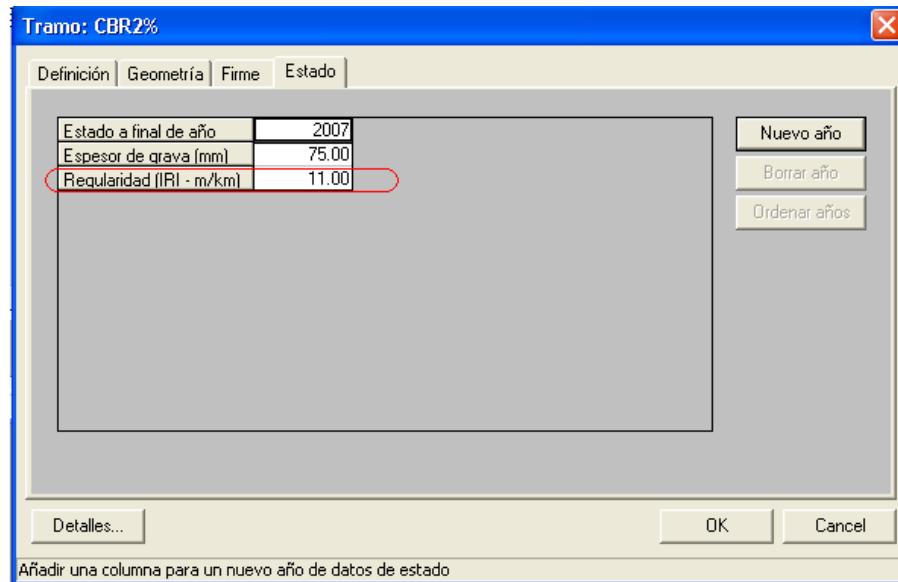


Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

3.3.8 Índice de rugosidad internacional

La pestaña Estado requiere el valor del IRI (Índice de Rugosidad Internacional) actual del terreno, se puede observar que como no existe mejora el índice es alto.

Figura 28. Pestaña Estado



Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

A continuación se presenta la tabla resumen con los diferentes IRI del plan 2500.

Tabla 12. Índice de Rugosidad

Índice de Rugosidad Internacional (IRI)		
Estado	Pavimento	Afirmado
bueno	3.5	6
regular	5	8
malo	6.5	11

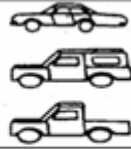
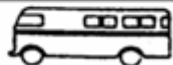
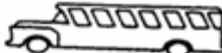

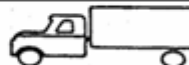
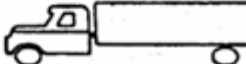
Fuente: Volúmenes de tránsito del Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

Luego de introducir las características básicas del terreno, propio del análisis se procede a definir el parque de vehículos que circulará sobre la vía, el cual será el encargado de proporcionar la carga de diseño.

3.4 DEFINICIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR

Según el manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito se presenta la siguiente clasificación. Cabe resaltar que para el caso de vías terciarias el máximo vehículo de carga es el camión C2-grande.

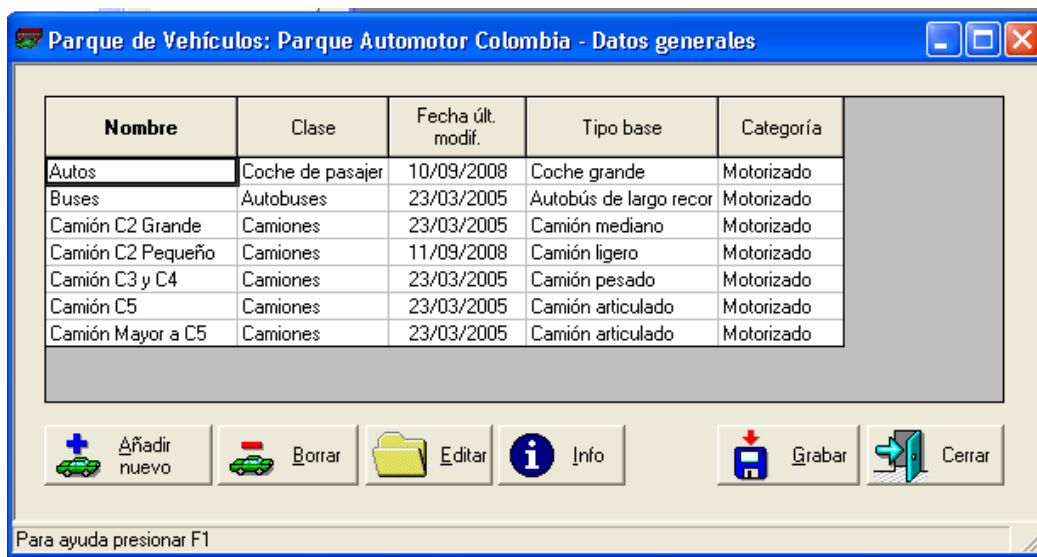
Figura 29. Parae Automotor

TIPO DE VEHÍCULO		ESQUEMA
AUTOS		
BUSES	BUSETA	
	BUS	
	BUS METROPOLITANO	
C2-P	CAMIÓN DE DOS EJES PEQUEÑOS	
C2-G	CAMIÓN DE DOS EJES GRANDES	

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito (INVIAS)

De este modo se procede a proporcionar las características propias de cada vehículo: *AUTOS*, *BUSES* Y *CAMIONES C2-P* Y *C2-G* tránsito característico en vías de bajo tránsito.

Figura 30. Parque Automotor Colombiano



Nombre	Clase	Fecha últ. modif.	Tipo base	Categoría
Autos	Coche de pasajero	10/09/2008	Coche grande	Motorizado
Buses	Autobuses	23/03/2005	Autobús de largo recor	Motorizado
Camión C2 Grande	Camiones	23/03/2005	Camión mediano	Motorizado
Camión C2 Pequeño	Camiones	11/09/2008	Camión ligero	Motorizado
Camión C3 y C4	Camiones	23/03/2005	Camión pesado	Motorizado
Camión C5	Camiones	23/03/2005	Camión articulado	Motorizado
Camión Mayor a C5	Camiones	23/03/2005	Camión articulado	Motorizado

Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

3.4.1 Análisis de costos económicos del parque automotor colombiano

Los costos económicos se deducen de los costos financieros, por tal motivo es necesario aplicar un factor para de esta manera obtenerlos. Dicho factor fue obtenido a través de la tabla de *COSTO DEL EQUIPO EN COLOMBIA AÑO 2008* de la Universidad de los Andes.

En el presente estudio se ha tomado como costo inicial de las máquinas el valor promedio de los equipos nuevos en el mercado de los Estados Unidos, obtenidos del portal *EQUIPMENT WATCH*. El cual suministra periódicamente valores de equipos nuevos de construcción provenientes de fábricas de U.S.A. y el de distribuidores en Colombia.

Para poder utilizar estos valores se calculó para cada tipo de máquina un factor de conversión que contempla los costos de importación de equipo y los demás gastos necesarios para su obtención en Bogotá.

(ANEXO A)

Sin embargo se pudo determinar que estos factores a calcular están en función de los derechos de aduana y del impuesto a las ventas, motivo por el cual es necesario implementar la siguiente fórmula empírica:

$$\text{FACTOR CONVERSIÓN: } \frac{(\text{TASA REPRESENTATIVA})}{100} * (122.49 + 1.098K + 0.01098KV + 1.098V)$$

Fuente: según ACIC. *Asociación colombiana de ingenieros constructores.*

Siendo: **K: Derechos de Aduana (%)**

V: Impuestos a las ventas (%)

Para hallar los costos de operación de los equipos en Colombia es necesario encontrar los costos de posesión o de propiedad del mismo, de esta forma se procede a calcular para cada uno de los equipos.

(Anexo B)

3.4.1.1 Definición de costos económicos en automóviles

Los precios mostrados a continuación corresponden al mes de septiembre del año (2008).

Tabla 13. Costos Económicos

Insumos	
Dólar (\$/dólar)	\$ 2,000.00
Acpm (galón)	\$ 5,600.00
Gasolina (galón)	\$ 6,737.00
Aceite hidráulico (galón)	\$ 45,000.00
Aceite de motor (galón)	\$ 26,000.00
Aceite de transmisión (galón)	\$ 32,000.00
Grasa (libra)	\$ 6,000.00

Propiedad	
E+B	0.214
1-P	0.9
H	576
N	10
$C*1000=1000*((1-P) + (E+B)(N+1)/2)/(HxN)$	0.36059

Nacionalización	
K	5
V	16
Factor de Conversión	1.464

En donde el factor de Conversión es igual a 1.464.

(ANEXO C)

Se considera que en condiciones normales un vehículo realiza sus operaciones durante 24 días, laborando 2 horas diarias (pueden no ser seguidas), lo que arroja como resultado que un Auto en Colombia, dispone para prestar su servicio de 48 horas en el mes, y 576 al año.

Tabla 14.Utilidad del vehículo

Utilidad Vehículo	
Horas trabajo (horas)	576
Vida media (años)	10
km anuales	10000
Ejes equivalentes	0
Peso en marcha (ton)	1.4

3.4.1.1.1 Características básicas del vehículo

Figura 31. Características Básicas en Autos

Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

3.4.1.1.2 Costo económico para automóviles

Tabla 15. Costos económicos y financieros del vehículo

Costos Económicos		
Factor conversión	1.464	
	Costo Financiero	Costo Económico
Vehículo nuevo (unidad)	\$ 31,650,000.00	\$ 21,618,852.46
Neumático de repuesto (unidad)	\$ 167,000.00	\$ 114,071.04
Combustible (litro)	\$ 1,781.94	\$ 1,217.17
Aceite lubricante (litro)	\$ 6,877.00	\$ 4,697.40
Mantenimiento (hora)	\$ 5,990.66	\$ 4,091.98
Tripulación (hora)	0	0
Gastos generales	\$ 13,918,464.00	\$ 9,507,147.54
Interés anual	12%	
Retraso carga (hora)	0	

Para el cálculo del valor del tiempo se tomó el precio de un salario mínimo legal vigente que es de \$ 461,500 pesos MCT. Luego se procede a dividirse en horas diarias de trabajo, asumiendo 8 horas diarias por 30 días del mes, dando un resultado de \$ 1,922.92 pesos por hora

Figura 32. Costos Económicos de los Autos

Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 *Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras*

Cabe resaltar que el programa expresa los valores en miles de pesos, es decir:

$$\text{\$ } 1,000 = \text{\$ } 1.0$$

3.4.1.2 Definición de costos económicos en buses

En el caso del bus los insumos y la nacionalización son los mismos obtenidos en el automóvil, lo único que varía son los costos de posesión o de propiedad que dependen del tiempo de uso, esto quiere decir que *EL FACTOR PARA TODO EQUIPO EN COLOMBIA ES DE 1.464*.

Tabla 16. Costos de propiedad del vehículo

Propiedad	
E+B	0.214
1-P	0.9
H	4608
N	10
$C \cdot 1000 = 1000 \cdot ((1-P) + (E+B)(N+1)/2) / (H \cdot N)$	0.045074

(Anexo D)

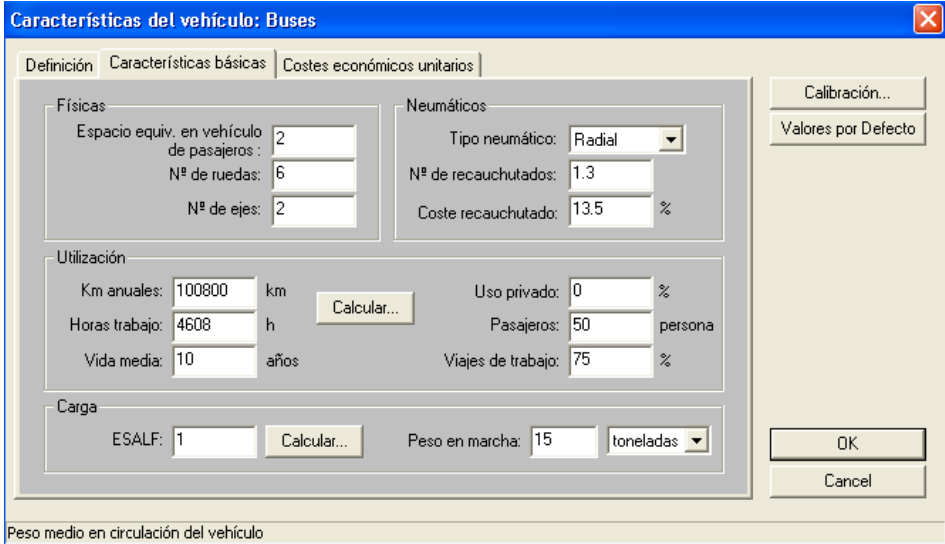
Se considera que en condiciones normales un Bus realiza sus operaciones durante 24 días, laborando 16 horas diarias, lo que arroja como resultado que un Bus en Colombia, dispone para prestar su servicio de 384 horas en el mes, y 4608 al año.

Tabla 17. Utilidad del vehículo

Utilidad	
Horas trabajo (horas)	4608
Vida media (años)	10
km anuales	100800
Ejes equivalentes	1
Peso en marcha (ton)	15

3.4.1.2.1 Características básicas en buses

Figura 33. Características Básicas en Buses



Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

3.4.1.2.2 Costos económicos unitarios

Tabla 18. Costos económicos y financieros del vehículo

Costos Económicos		
Factor conversión	1.464	
	Costo Financiero	Costo Económico
Vehículo nuevo (unidad)	\$ 56,553,333.33	\$ 38,629,326.05
Neumático de repuesto (unidad)	\$ 266,000.00	\$ 181,693.99
Combustible (litro)	\$ 1,481.20	\$ 1,011.75
Aceite lubricante (litro)	\$ 6,877.00	\$ 4,697.40
Mantenimiento (hora)	\$ 1,328.31	\$ 907.32
Tripulación (hora)	5967.24	4076
Gastos generales	\$ 92,717,568.00	\$ 63,331,672.13
Interés anual	12%	
Retraso carga (hora)	0	

Figura 34. Costos económicos de los Buses

Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 *Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras*

3.4.1.3 Costos económicos de un camión c2-pequeño.

Al igual que los buses la única variación son los gastos de propiedad, que son los que dependen del tiempo de uso.

Tabla 19. Costos de propiedad del vehículo

PROPIEDAD	
E+B	0.214
1-P	0.9
H	3456
N	10
$C \cdot 1000 = 1000 \cdot ((1-P) + (E+B)(N+1)/2) / (H \cdot N)$	0.060098

(ANEXO E)

Se considera que en condiciones normales un camión realiza sus operaciones durante 24 días, laborando 12 horas diarias, lo que arroja como resultado que un Camión en Colombia, dispone para prestar su servicio de 288 horas en el mes, y 3456 al año.

Tabla 20.Utilidad del vehículo

Utilidad	
Horas trabajo (horas)	3456
Vida media (años)	10
km anuales	92000
Ejes equivalentes	1.14
Peso en marcha (ton)	3

Figura 35. Características básicas C2 pequeño

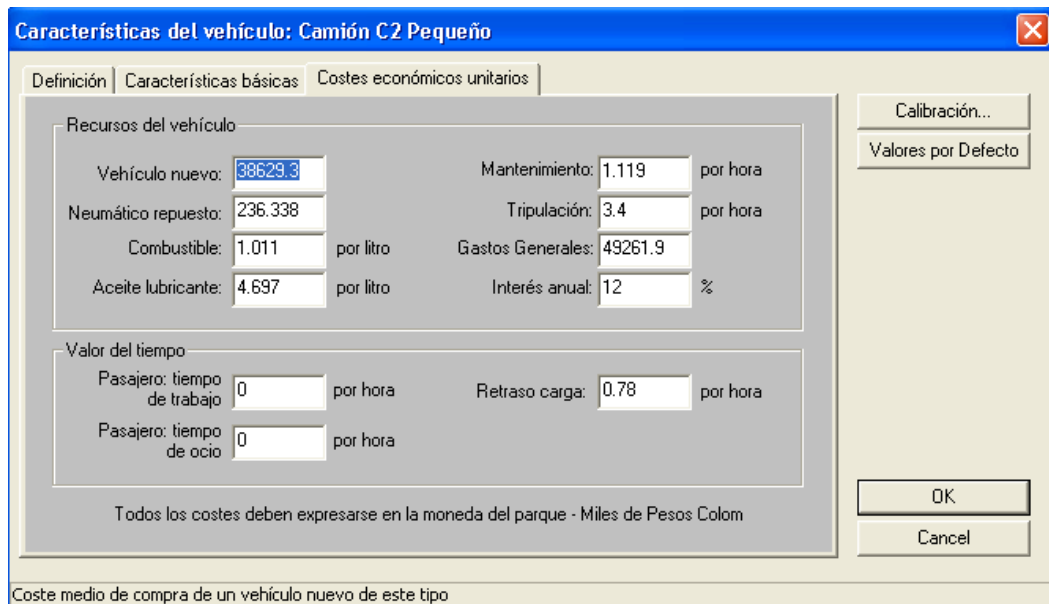
Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

3.4.1.3.1 Costo económico unitario

Tabla 21. Costos Económicos del vehículo

Costos Económicos		
Factor conversión	1.464	
	Costo Financiero	Costo Económico
Vehículo nuevo (unidad)	\$ 56,553,333.33	\$ 38,629,326.05
Neumático de repuesto (unidad)	\$ 346,000.00	\$ 236,338.80
Combustible (litro)	\$ 1,481.20	\$ 1,011.75
Aceite lubricante (litro)	\$ 6,877.00	\$ 4,697.40
Mantenimiento (hora)	\$ 1,755.62	\$ 1,199.19
Tripulación (hora)	0	0
Gastos generales	\$ 72,119,430.56	\$ 49,261,906.12
Interés anual	12%	
Retraso carga (hora)	0.8	

Figura 36. Costos económicos C2 pequeño



Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

3.4.1.4 Costos económicos camión c2-grande

Los costos de propiedad son iguales a los del c2-pequeño, porque estos dos trabajan con el mismo tiempo de uso. (ANEXO F)

Tabla 22.Utilidad del vehículo

Utilidad	
Horas trabajo (horas)	3456
Vida media (años)	10
km anuales	92000
Ejes equivalentes	3.44
Peso en marcha (ton)	7.5

Se considera que en condiciones normales un camión realiza sus operaciones durante 24 días, laborando 12 horas diarias, lo que arroja como resultado que un Camión en Colombia, dispone para prestar su servicio de 288 horas en el mes, y 3456 al año.

Figura 37. Características Básicas C2 pequeño

Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

3.4.1.4.1 Costo económico unitario

Tabla 23. Costos Económicos del vehículo

Costos Económicos		
Factor conversión	1.464	
	Costo Financiero	Costo Económico
Vehículo nuevo (unidad)	\$ 104,913,333.33	\$ 71,662,112.93
Neumático de repuesto (unidad)	\$ 1,161,000.00	\$ 793,032.79
Combustible (litro)	\$ 1,481.20	\$ 1,011.75
Aceite lubricante (litro)	\$ 6,877.00	\$ 4,697.40
Mantenimiento (hora)	\$ 3,156.51	\$ 2,156.09
Tripulación (hora)	4977.6	3400
Gastos generales	\$ 88,228,224.00	\$ 60,265,180.33
Interés anual	12%	
Retraso carga (hora)	0.8	

Figura 38. Costos económicos C2 pequeño

Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

3.5 ESTÁNDARES DE MEJORAS

Son las mejoras que se le realizarán a la carretera de manera programada, es decir, para el presente proyecto la mejora consiste en la pavimentación de la red vial con dos alternativas diferentes, con Tratamientos Superficiales y con el Método Tradicional (utilizado en el plan 2500), teniendo en cuenta que el dimensionamiento de la estructura es diferente para cada tipo de suelo.

3.5.1 Dimensionamiento del pavimento para el Método Tradicional (Plan 2500) y Tratamientos Superficiales

El dimensionamiento propuesto para el Método Tradicional fue calculado por el método AASHTO 93. En cuanto al Tratamiento Superficial se procuró que este tuviera el mismo número estructural del Método Tradicional, brindando la misma resistencia estructural.

3.5.1.1 Número de ejes equivalentes para tráfico bajo y alto

Para el cálculo de los ejes equivalentes para los TPD Bajo y Alto es necesario tener en cuenta el porcentaje de buses y camiones que pasará sobre las alternativas para un período de once (11) años.

Tabla 24. Porcentaje de Vehículos por año

TPD	% Buses	% Camiones
Bajo	9,1	16,5
Alto	12	30,7

Realizado esto se determina el factor de equivalencia para buses y camiones para calcular el número de ejes equivalentes por año.

Tabla 25. Ejes equivalentes para TPD Bajo

Años	TPD	Buses	Camiones	F. equiv	N8t
2005	200	18.2	33.0	67.70	12355.3
2006	206.0	18.7	34.0	69.73	12725.9
2007	212.2	19.3	35.0	71.82	13107.7
2008	218.5	19.9	36.1	73.98	13500.9
2009	225.1	20.5	37.1	76.20	13905.9
2010	231.9	21.1	38.3	78.48	14323.1
2011	238.8	21.7	39.4	80.84	14752.8
2012	246.0	22.4	40.6	83.26	15195.4
2013	253.4	23.1	41.8	85.76	15651.3
2014	261.0	23.7	43.1	88.33	16120.8
2015	268.8	24.5	44.3	90.98	16604.4
				867.09	158,243.52

Determinando que el numero de ejes equivalentes para un período de 11 años será de 158.243,52 ejes.

Tabla 26. Ejes equivalentes para TPD Alto

Años	TPD	Buses	Camiones	F. equiv	N8t
2005	410	49.20	125.87	300.94	54921.55
2006	422.30	50.68	129.65	309.97	56569.20
2007	434.97	52.20	133.54	319.27	58266.27
2008	448.02	53.76	137.54	328.85	60014.26
2009	461.46	55.38	141.67	338.71	61814.69
2010	475.30	57.04	145.92	348.87	63669.13
2011	489.56	58.75	150.30	359.34	65579.20
2012	504.25	60.51	154.80	370.12	67546.58
2013	519.38	62.33	159.45	381.22	69572.98

2014	534.96	64.19	164.23	392.66	71660.17
2015	551.01	66.12	169.16	404.44	73809.97
				3854.38	703,423.99

Para el TPD Alto se puede observar que el número de ejes equivalentes es de 703.423,99 ejes siendo significativamente mayor al del TPD Bajo.

3.5.1.2 Dimensionamiento del pavimento por AASHTO-93

Este método tiene como finalidad determinar el número estructural de cada material, es decir la capacidad estructural de la subrasante, la Subbase y la base granular. Para esto es necesaria la consideración de las siguientes variables de diseño:

1. Transito (N)
2. Serviciabilidad de la vía (ΔPSI)
3. Confiabilidad (Zr)
4. Resistencia de la Subrasante (Mr)
5. Propiedades de los Materiales
6. Drenaje
7. Numero estructural (SN) en pulgadas
8. Efectos ambientales

Algoritmo de Diseño:

$$Log(N) = ZrSo + 9.36Log(SN + 1) - 0.20 + \left[\frac{Log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} \right] + 2.32LogMr$$

- 8.07

Siendo:

$$\Delta PSI = PSIo - PSIf, \text{ en donde } PSIo \text{ es el índice de servicio inicial y } PSIf \text{ es el índice de servicio final}$$

Para el desarrollo del algoritmo se tuvieron en cuenta los siguientes valores para las variables de diseño.

Tabla 27. Valores para desarrollo de ecuación

Zr	90% =1,282
So	0,45
PSIo	4,2
PSIf	2,0

Se decide tomar un valor de confiabilidad del 90%, con el fin de que el sistema estructural cumpla su función dentro de su vida útil. Para el cálculo de la resistencia de la subrasante (Mr), se siguen las siguientes ecuaciones:

Para CBR menores 7.2 %

$$Mr: 1500x \text{ CBR}$$

Para suelos granulares

$$Mr: 4326 x \text{ Ln CBR} + 241$$

En cuanto al Modulo Resiliente (Mr) de la Subbase y Base Granular se definieron valores de 15.000 y 28.000 [psi] respectivamente.

Reemplazando todos los valores de las variables en el algoritmo se obtiene el número estructural de cada capa de material. Luego se procede a calcular el espesor de cada capa de material a través de ecuaciones sencillas.

$$SN = a1h1 + a2h2m2 + a3h3m3$$

En donde:

a_i = Coeficiente de aporte estructural por pulgada de espesor

h = Espesor de capa

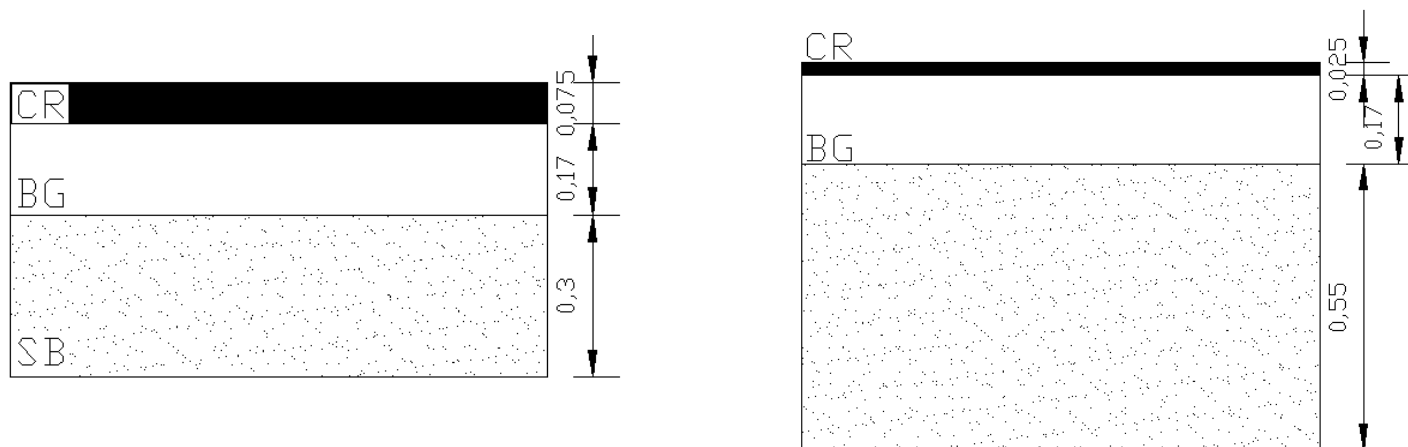
m_i = Coeficiente de drenaje de La capa

A continuación se presentan los diseños de los pavimentos en donde se ha variado la capacidad estructural de la subrasante y el número de ejes equivalentes correspondiente al TPD Bajo y Alto.

CBR 2% TPD BAJO

TRADICIONAL						TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE					
Material	Mr (PSI)	ESPESOR		Coef.		Material	Mr (PSI)	ESPESOR		Coef.	
		mm	pulg					mm	pulg		
Asfalto		75	2.95	0.44	1.30	Emulsión+ Gravilla		25	0.98	0.2	0.20
Base Granular	28000	170	6.69	0.14	0.94	Base Granular	28000	170	6.69	0.14	0.94
Sub base Granular	15000	300	11.81	0.11	1.30	Sub base Granular	15000	555	21.85	0.11	2.40
Sub rasante	3000					Sub rasante	3000				
				SN	3.54					SN	3.54

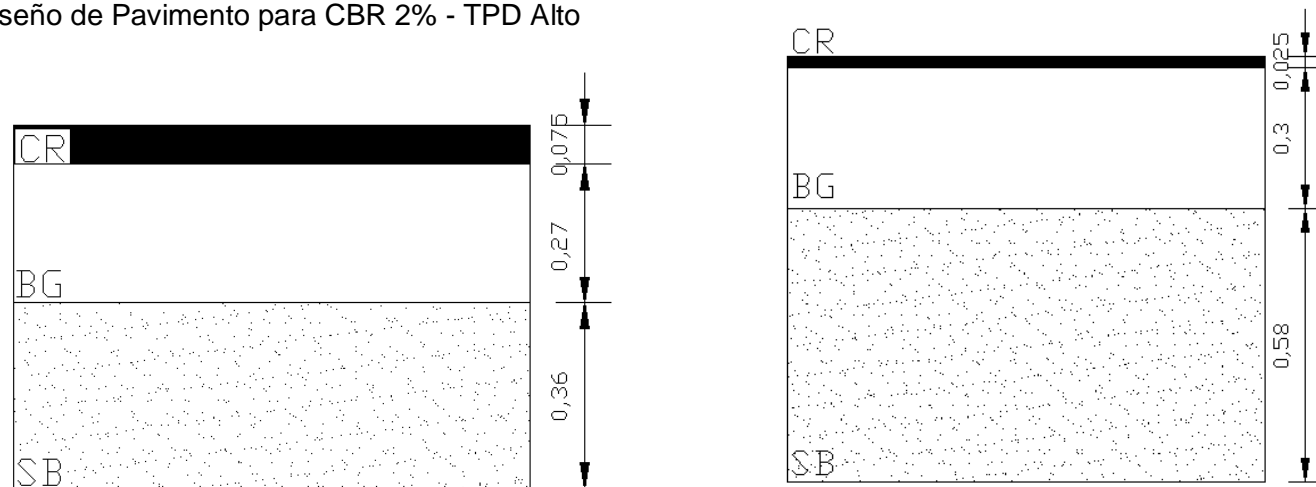
Figura 39. Dimensionamiento de Pavimento con CBR 2% - TPD Bajo



CBR 2% TPD ALTO

TRADICIONAL						TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE					
Material	Mr (PSI)	Espesor		Coef.		Material	Mr (PSI)	Espesor		Coef.	
		mm	pulg					mm	pulg		
Asfalto		75	2.95	0.44	1.30	Emulsión+ Gravilla		25	0.98	0.2	0.20
Base Granular	28000	270	10.63	0.14	1.49	Base Granular	28000	300	11.81	0.14	1.65
Sub base Granular	15000	360	14.17	0.11	1.56	Sub base Granular	15000	580	22.83	0.11	2.51
Sub rasante	3000					Sub rasante	3000				
				SN	4.36					SN	4.36

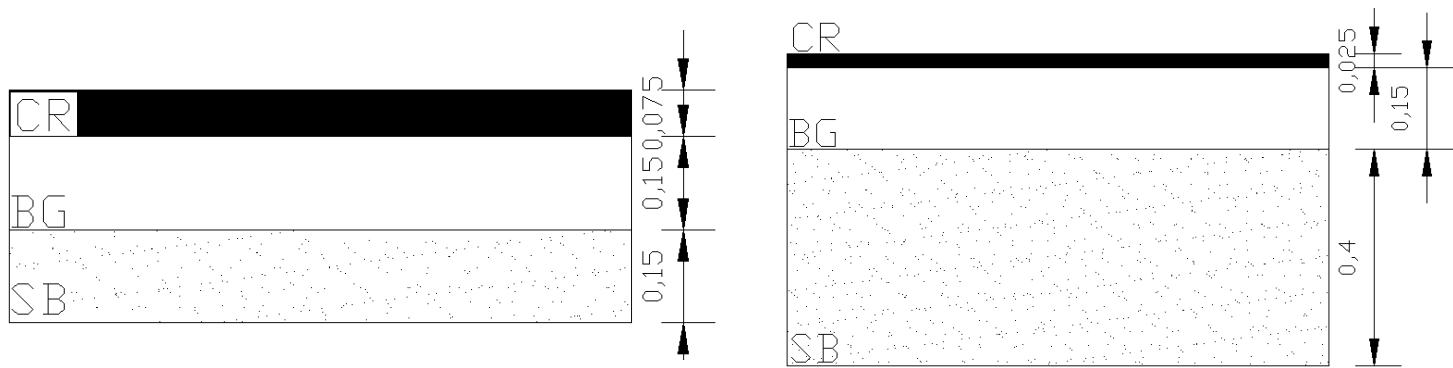
Figura 40. Diseño de Pavimento para CBR 2% - TPD Alto



CBR 5% TPD BAJO

TRADICIONAL						TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE					
Material	Mr (PSI)	ESPESOR		Coef.		Material	Mr (PSI)	ESPESOR		Coef.	
		mm	pulg					mm	pulg		
Asfalto		75	2.95	0.44	1.30	Emulsión+ Gravilla		25	0.98	0.2	0.20
Base Granular	28000	150	5.91	0.14	0.83	Base Granular	28000	150	5.91	0.14	0.83
Sub base Granular	15000	150	5.91	0.11	0.65	Sub base Granular	15000	400	15.75	0.11	1.73
Sub rasante	7500					Sub rasante	7500				
				SN	2.76					SN	2.76

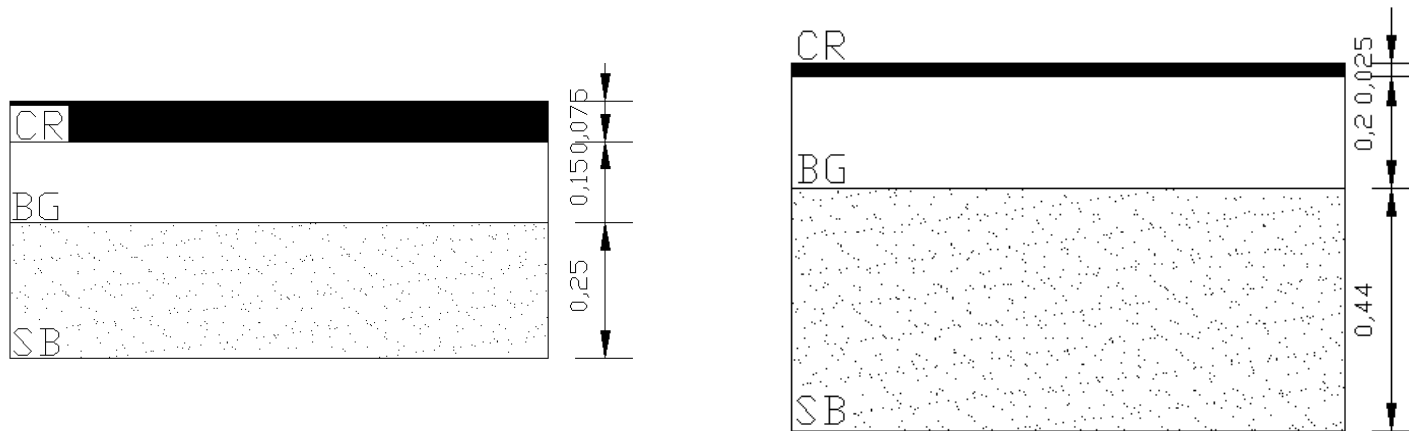
Figura 41. Diseño de Pavimento para CBR 5% - TPD Bajo



CBR 5% TPD ALTO

TRADICIONAL						TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE					
Material	Mr (PSI)	ESPESOR		Coef.		Material	Mr (PSI)	ESPESOR		Coef.	
		mm	pulg					mm	pulg		
Asfalto		75	2.95	0.44	1.30	Emulsión+ Gravilla		25	0.98	0.2	0.20
Base Granular	28000	150	5.91	0.14	0.83	Base Granular	28000	200	7.87	0.14	1.10
Sub base Granular	15000	250	9.84	0.11	1.08	Sub base Granular	15000	440	17.32	0.11	1.91
Sub rasante	7500					Sub rasante	7500				
				SN	3.20					SN	3.20

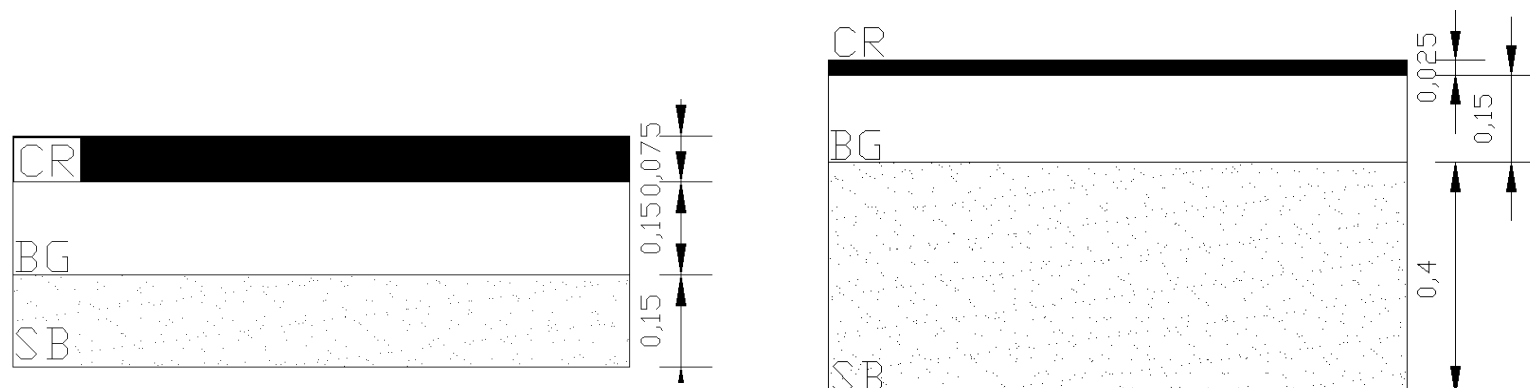
Figura 42. Diseño de Pavimento para CBR 5% - TPD Alto



CBR 9% TPD BAJO

TRADICIONAL						TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE					
Material	Mr (PSI)	ESPESOR		Coef.		Material	Mr (PSI)	ESPESOR		Coef.	
		mm	pulg					mm	pulg		
Asfalto		75	2.95	0.44	1.30	Emulsión+ Gravilla		25	0.98	0.2	0.20
Base Granular	28000	150	5.91	0.14	0.83	Base Granular	28000	150	5.91	0.14	0.83
Sub base Granular	15000	150	5.91	0.11	0.65	Sub base Granular	15000	400	15.75	0.11	1.73
Sub rasante	9746.2					Sub rasante	9746.2				
				SN	2.76					SN	2.76

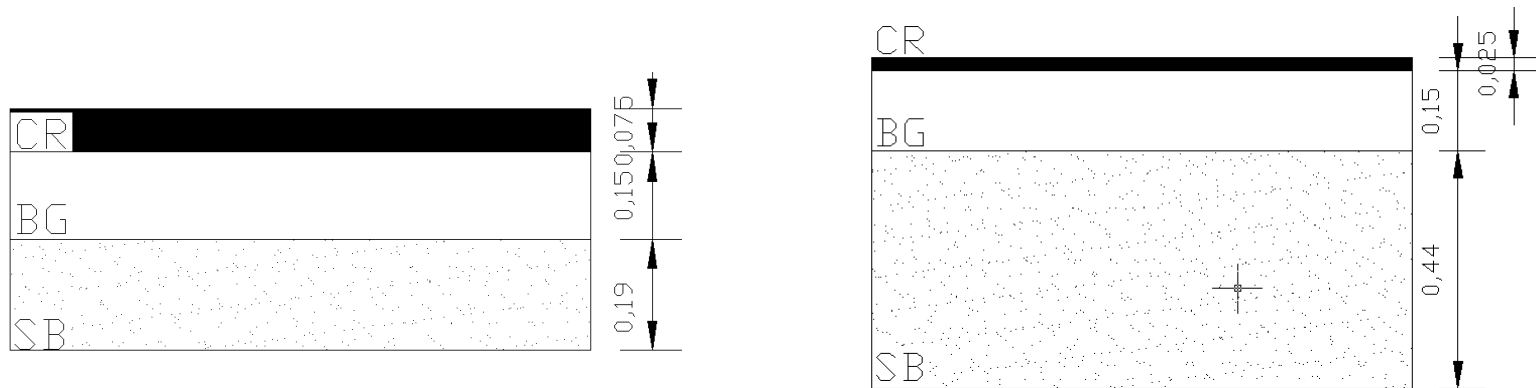
Figura 43. Diseño de Pavimento para CBR 9% - TPD Bajo



CBR 9% TPD ALTO

TRADICIONAL						TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE					
Material	Mr (PSI)	ESPESOR		Coef.		Material	Mr (PSI)	ESPESOR		Coef.	
		mm	pulg					mm	pulg		
Asfalto		75	2.95	0.44	1.30	Emulsión+ Gravilla		25	0.98	0.2	0.20
Base Granular	28000	150	5.91	0.14	0.83	Base Granular	28000	150	5.91	0.14	0.83
Sub base Granular	15000	190	7.48	0.11	0.82	Sub base Granular	15000	445	17.52	0.11	1.93
Sub rasante	9746.194					Sub rasante	9746.2				
				SN	2.95					SN	2.95

Figura 44. Diseño de Pavimento para CBR 9% - TPD Alto



Para ingresar los datos correspondientes al programa es necesario encontrar el análisis de precios unitarios para cada alternativa.

3.5.2 Análisis de Precios para el Método tradicional

La forma de pago para cada capa de material se hace por metro cúbico (m3), desde la capa asfáltica hasta la Subbase granular. Los precios que se muestran a continuación fueron tomados de la página web del Sistema de información para la vigilancia de la contratación estatal (SICE COLOMBIA).

Tabla 28. Precio MDC-2

PRECIO INDICATIVO	
Código CUBS :	3.6.4.11.13
Descripción producto :	Mezcla densa en caliente tipo MDC-2, Normalizada 70-90 (incluye cemento asfáltico), pagado en m3
Código precio indicativo :	358473919
Localización :	BOGOTA D.C
Precio indicativo :	\$ 411.435,3=
Fecha consultada :	2008-09-17
Nota : Este precio indicativo se calculó con más de 10 precios de referencia.	

Fuente: Sistema de información para la vigilancia de la contratación estatal (SICE COLOMBIA)

Tabla 29. Precio Subbase

PRECIO INDICATIVO	
Código CUBS :	3.6.3.4.2
Descripción producto :	Subbase granular SBG con CBR entre 20-30 %, (INV. 320.1), pagado en m3
Código precio indicativo :	364074349
Localización :	COLOMBIA
Media Aritmética de precios de referencia registrados :	\$ 56.206,05=
Fecha consultada :	2008-10-06
Nota : No existe un precio indicativo para este ítem ya que existen menos de 10 precios de referencia registrados. El valor que se genera es la media aritmética de los precios de referencia.	

Fuente: Sistema de información para la vigilancia de la contratación estatal (SICE COLOMBIA)

Tabla 30. Precio base granular

PRECIO INDICATIVO	
Código CUBS :	3.6.3.6.1
Descripción producto :	Base granular, pagado en m3. (INVIAS. 330.1-2002)
Código precio indicativo :	364373042
Localización :	COLOMBIA
Precio indicativo :	\$ 95.816,83=
Fecha consultada :	2008-10-07
Nota : Este precio indicativo se calculó con más de 10 precios de referencia.	

Fuente: Sistema de información para la vigilancia de la contratación estatal (SICE COLOMBIA)

El precio indicativo es para observar que el precio del APU, está en el rango de oferta en Colombia

(ANEXO G)

3.5.2.1 Costos directos del método tradicional (plan 2500)

El precio por kilometro es obtenido con los materiales de base granular, Subbase y mezcla densa en caliente, para cada opción de construcción.

A continuación se muestra el costo por kilometro de cada tramo.

CBR 2% TPD BAJO		
ALTERNATIVA TRADICIONAL		
Precio por Kilometro	Financiero	Económico
Costo Capa rodadura	\$ 231,886,575.00	\$ 185,509,260.00
Costo Base Granular	\$ 107,487,600.00	\$ 85,990,080.00
Costo Subbase Granular	\$ 110,880,000.00	\$ 88,704,000.00
TOTAL	\$ 450,254,175.00	\$ 360,203,340.00

El precio obtenido es el costo financiero, para llevarlo a costo económico se multiplica por 0.8 (factor de conversión para Colombia)⁷.

A continuación se presentan los costos por kilometro de cada tramo obtenidos para esta alternativa, en donde a medida que la resistencia de la subrasante aumente el costo disminuye notablemente.

CBR 2% TPD ALTO		
ALTERNATIVA TRADICIONAL		
Precio por Kilometro	Financiero	Económico
Costo Capa rodadura	\$ 231,886,575.00	\$ 185,509,260.00
Costo Base Granular	\$ 170,715,600.00	\$ 136,572,480.00
Costo Subbase Granular	\$ 133,056,000.00	\$ 106,444,800.00
TOTAL	\$ 535,658,175.00	\$ 428,526,540.00

CBR 5% TPD BAJO		
ALTERNATIVA TRADICIONAL		
Precio por Kilometro	Financiero	Económico
Costo Capa rodadura	\$ 231,886,575.00	\$ 185,509,260.00
Costo Base Granular	\$ 94,842,000.00	\$ 75,873,600.00
Costo Subbase Granular	\$ 55,440,000.00	\$ 44,352,000.00
TOTAL	\$ 382,168,575.00	\$ 305,734,860.00

⁷ Evaluación Económica detallada de los proyectos viales seleccionados, Costos de inversión y de mantenimiento vial, *Consortio BCEOM-GMI-WSA. Junio de 2005*

CBR 5% TPD ALTO

ALTERNATIVA TRADICIONAL			
Precio por Kilometro	Financiero		Económico
Costo Capa rodadura	\$	231,886,575.00	\$ 185,509,260.00
Costo Base Granular	\$	94,842,000.00	\$ 75,873,600.00
Costo Subbase Granular	\$	92,400,000.00	\$ 73,920,000.00
TOTAL		\$ 419,128,575.00	\$ 335,302,860.00

CBR 9% TPD BAJO

ALTERNATIVA TRADICIONAL			
Precio por Kilometro	Financiero		Económico
Costo Capa rodadura	\$	231,886,575.00	\$ 185,509,260.00
Costo Base Granular	\$	94,842,000.00	\$ 75,873,600.00
Costo Subbase Granular	\$	55,440,000.00	\$ 44,352,000.00
TOTAL		\$ 382,168,575.00	\$ 305,734,860.00

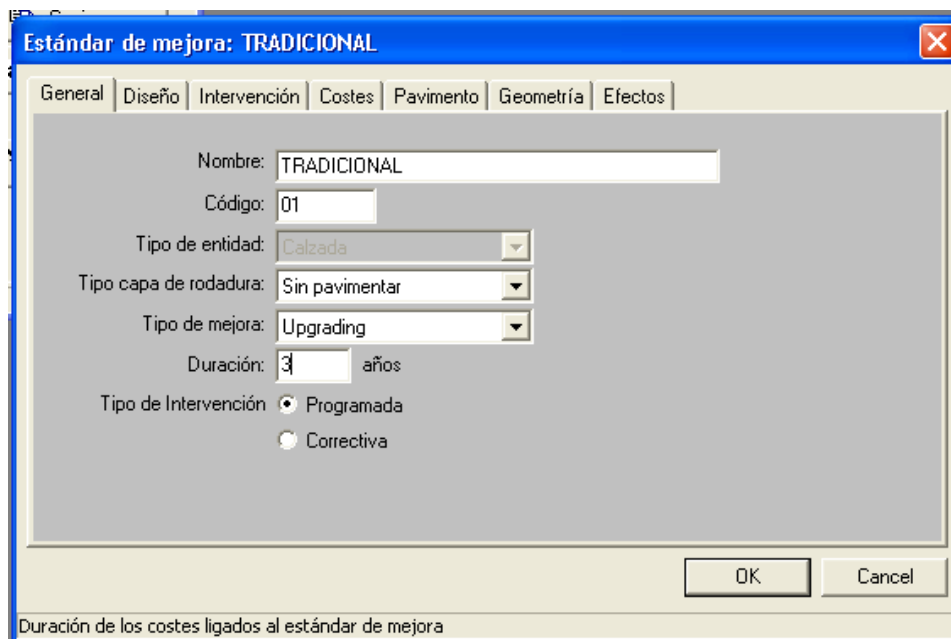
CBR 9% TPD ALTO

ALTERNATIVA TRADICIONAL			
Precio por Kilometro	Financiero		Económico
Costo Capa rodadura	\$	231,886,575.00	\$ 185,509,260.00
Costo Base Granular	\$	94,842,000.00	\$ 75,873,600.00
Costo Subbase Granular	\$	70,224,000.00	\$ 56,179,200.00
TOTAL		\$ 396,952,575.00	\$ 317,562,060.00

Luego de haber definido el precio por kilometro, se procede a llenar las características de dicha mejora.

En esta ventana se llenan los datos de cómo se encuentra el tramo de carretera y qué tipo de mejora se va a realizar, para nuestro caso, de Aumento (Upgrading), además de seleccionar la casilla de intervención programada.

Figura 45. Composición Actual del Suelo sin mejora



Estándar de mejora: TRADICIONAL

General | Diseño | Intervención | Costes | Pavimento | Geometría | Efectos

Nombre: TRADICIONAL
 Código: 01
 Tipo de entidad: Calzada
 Tipo capa de rodadura: Sin pavimentar
 Tipo de mejora: Upgrading
 Duración: 3 años
 Tipo de Intervención: Programada Correctiva

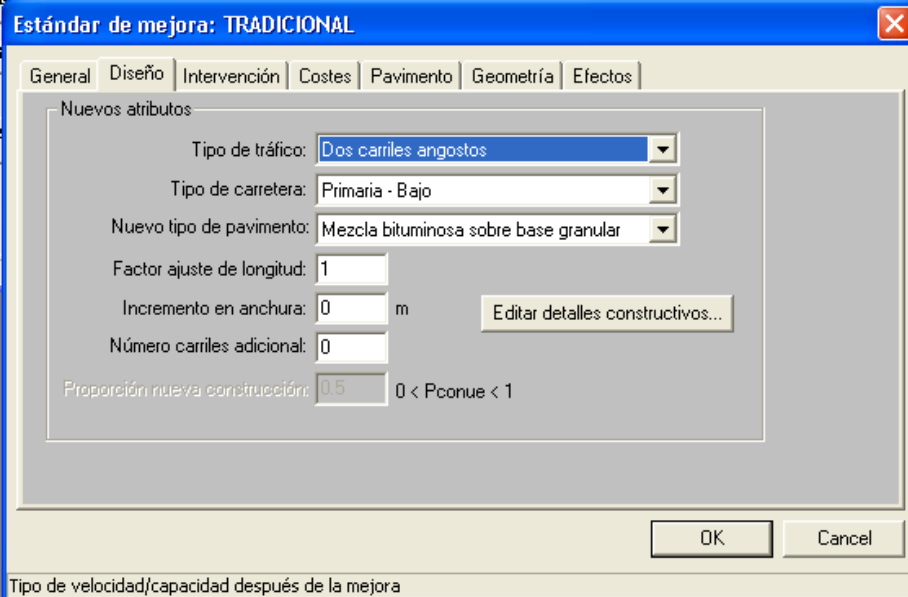
OK Cancel

Duración de los costes ligados al estándar de mejora

Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 *Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras*

Para el diseño se establece una construcción de manera tradicional, pavimento con mezcla bituminosa sobre base granular, con su respectivo tipo de tráfico y de carretera, propio del análisis.

Figura 46. Diseño propuesto como mejora Alternativa tradicional



Estándar de mejora: TRADICIONAL

General | **Diseño** | Intervención | Costes | Pavimento | Geometría | Efectos

Nuevos atributos:

Tipo de tráfico:

Tipo de carretera:

Nuevo tipo de pavimento:

Factor ajuste de longitud:

Incremento en anchura: m

Número carriles adicional:

Proporción nueva construcción: $0 < P_{conue} < 1$

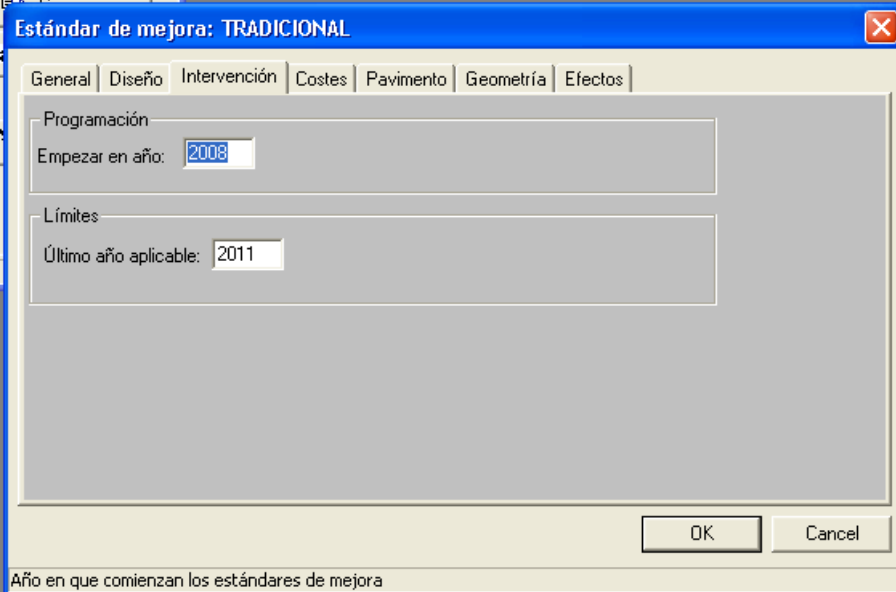
OK Cancel

Tipo de velocidad/capacidad después de la mejora

Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 *Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras*

Ahora se define el año en el que se desea que empiece la mejora, y un límite de terminación del método tradicional.

Figura 47. Duración del proceso constructivo



Estándar de mejora: TRADICIONAL

General | Diseño | **Intervención** | Costes | Pavimento | Geometría | Efectos

Programación:

Empezar en año:

Límites:

Último año aplicable:

OK Cancel

Año en que comienzan los estándares de mejora

Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 *Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras*

Los costos se ponen en miles de pesos colombianos, pues fue configurado de esta forma.

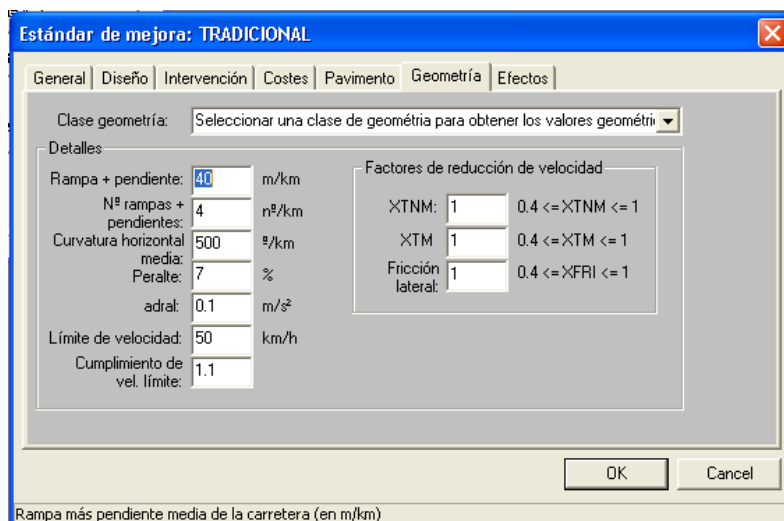
Figura 48. Costos producidos por las mejoras en vías montañosas y planas



Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

Para el tipo de geometría se escoge la que es representativa en el PLAN 2500, sinuosa con gran contenido de curvas.

Figura 49. Características de la geometría del tramo montañoso

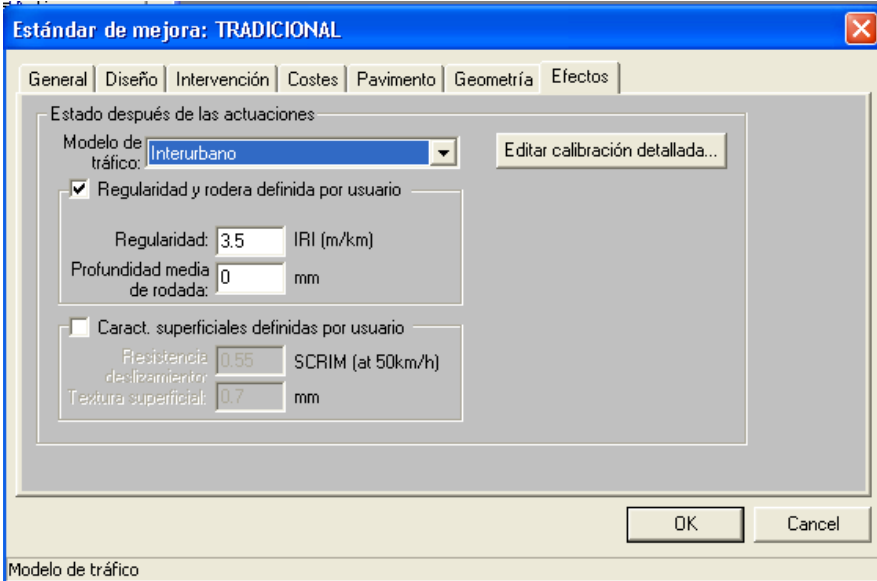


Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

Nota: El programa toma por defecto los valores de esta característica

Por último se selecciona el IRI que se desea obtener con esta mejora, según la tabla 12. Para un buen estado este valor debe ser de 3.5. Cabe anotar que el IRI de este método es mejor que el obtenido con un tratamiento superficial, produciendo así mayores ahorros en los costos de operación y tiempos de viaje de los vehículos con respecto a la *ALTERNATIVA SUPERFICIAL*.

Figura 50. IRI obtenido con la mejora

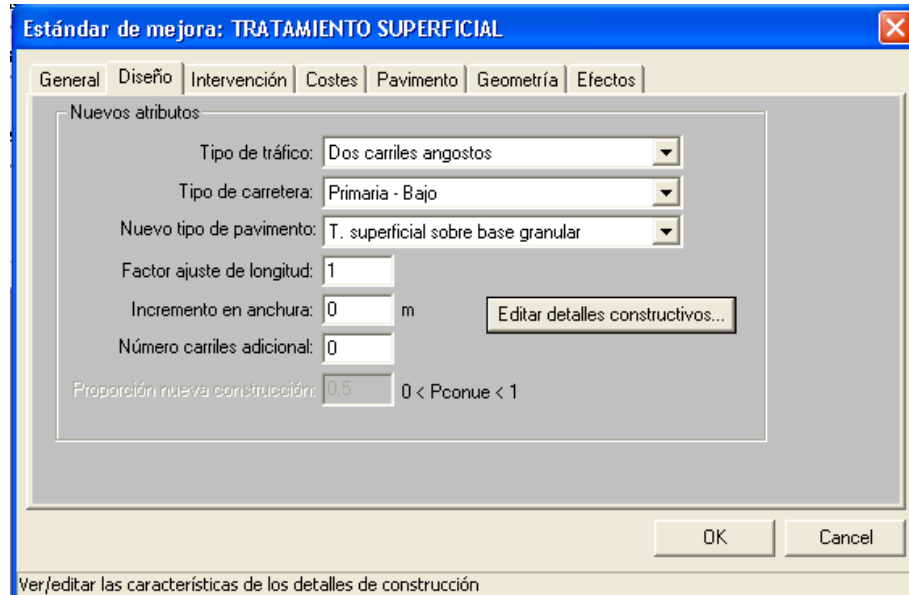


Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

3.5.3 Análisis de Precios para Tratamiento superficial

La principal diferencia entre esta alternativa y la tradicional es la forma de pago en la capa de rodadura, para los Tratamientos Superficiales se paga por metro cuadrado (m²), las demás capas se pagan de igual forma que la anterior alternativa, es decir por metro cúbico (m³).

Figura 51. Diseño propuesto como mejora Alternativa Superficial



Estándar de mejora: TRATAMIENTO SUPERFICIAL

General | **Diseño** | Intervención | Costes | Pavimento | Geometría | Efectos

Nuevos atributos:

Tipo de tráfico: Dos carriles angostos

Tipo de carretera: Primaria - Bajo

Nuevo tipo de pavimento: T. superficial sobre base granular

Factor ajuste de longitud: 1

Incremento en anchura: 0 m Editar detalles constructivos...

Número carriles adicional: 0

Proporción nueva construcción: 0.5 $0 < P_{conue} < 1$

OK Cancel

Ver/editar las características de los detalles de construcción

Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

3.5.3.1 Costos Directos del Tratamiento Superficial

Análisis de precios unitarios

(ANEXO H)

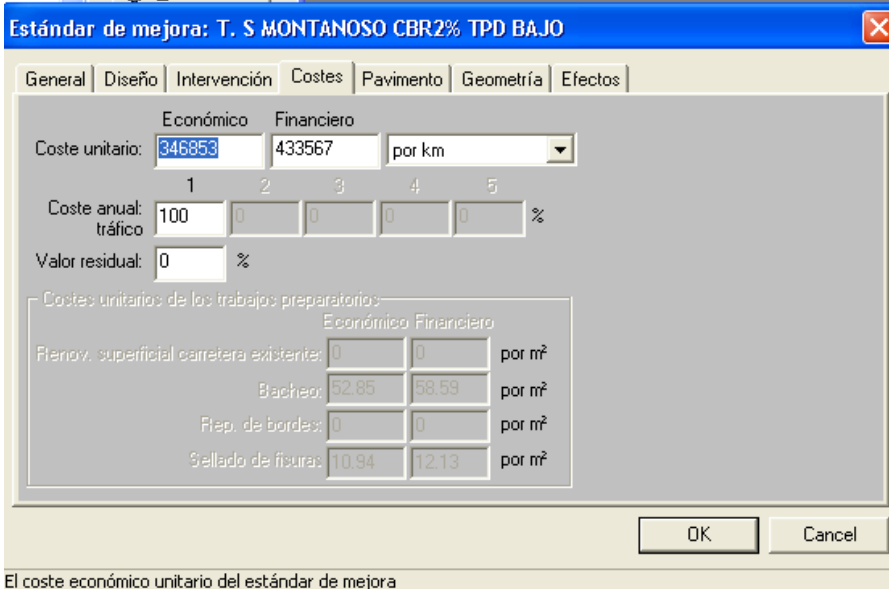
CBR 2% TPD BAJO		
ALTERNATIVA SUPERFICIAL		
Precio por Kilometro	Financiero	Económico
Costo Capa rodadura	\$ 120,951,600.00	\$ 96,761,280.00
Costo Base Granular	\$ 107,487,600.00	\$ 85,990,080.00
Costo Subbase Granular	\$ 205,128,000.00	\$ 164,102,400.00
TOTAL	\$ 433,567,200.00	\$ 346,853,760.00

A continuación se muestra el ahorro obtenido cuando se implementa la alternativa de Tratamientos Superficiales con respecto al método tradicional para el tramo de CBR 2%y con TPD Bajo.

Ahorro	Financiero	Económico
	\$ 16,686,975.00	\$ 13,349,580.00

Una vez obtenidos los costos Financieros y Económicos por kilometro se ingresan al software como se muestra en la siguiente figura.

Figura 52. Costos de mejora para vía de montañosa y plana en la Alternativa Superficial



Estándar de mejora: T. S MONTANOSO CBR2% TPD BAJO

General | Diseño | Intervención | **Costes** | Pavimento | Geometría | Efectos

Económico Financiero

Coste unitario: por km

Coste anual tráfico: %

Valor residual: %

Costes unitarios de los trabajos preparatorios:

	Económico	Financiero	
Renov. superficial carretera existente:	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	por m ²
Bacheo:	<input type="text" value="52.85"/>	<input type="text" value="58.59"/>	por m ²
Rep. de bordes:	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	por m ²
Sellado de fisuras:	<input type="text" value="10.94"/>	<input type="text" value="12.13"/>	por m ²

OK Cancel

El coste económico unitario del estándar de mejora

Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

A continuación se presentan los costos por kilometro para cada tramo, y el ahorro que presenta con respecto al Método Tradicional.

CBR 2 % TPD ALTO		
ALTERNATIVA SUPERFICIAL		
Precio por Kilometro	Financiero	Económico
Costo Capa rodadura	\$ 120,951,600.00	\$ 96,761,280.00
Costo Base Granular	\$ 189,684,000.00	\$ 151,747,200.00
Costo Subbase Granular	\$ 214,368,000.00	\$ 171,494,400.00
TOTAL	\$ 525,003,600.00	\$ 420,002,880.00

Ahorro	Financiero	Económico
	\$ 10,654,575.00	\$ 8,523,660.00

Cuando las condiciones del terreno empiezan a mejorar los ahorros entre las alternativas se evidencian más.

CBR 5% TPD BAJO		
ALTERNATIVA SUPERFICIAL		
Precio por Kilometro	Financiero	Económico
Costo Capa rodadura	\$ 120,951,600.00	\$ 96,761,280.00
Costo Base Granular	\$ 94,842,000.00	\$ 75,873,600.00
Costo Subbase Granular	\$ 147,840,000.00	\$ 118,272,000.00
TOTAL	\$ 363,633,600.00	\$ 290,906,880.00

Ahorro	Financiero	Económico
	\$ 18,534,975.00	\$ 14,827,980.00

CBR 5 % TPD ALTO		
ALTERNATIVA SUPERFICIAL		
Precio por Kilometro	Financiero	Económico
Costo Capa rodadura	\$ 120,951,600.00	\$ 96,761,280.00
Costo Base Granular	\$ 126,456,000.00	\$ 101,164,800.00
Costo Subbase Granular	\$ 162,624,000.00	\$ 130,099,200.00
TOTAL	\$ 410,031,600.00	\$ 328,025,280.00
Ahorro	\$ 9,096,975.00	\$ 7,277,580.00

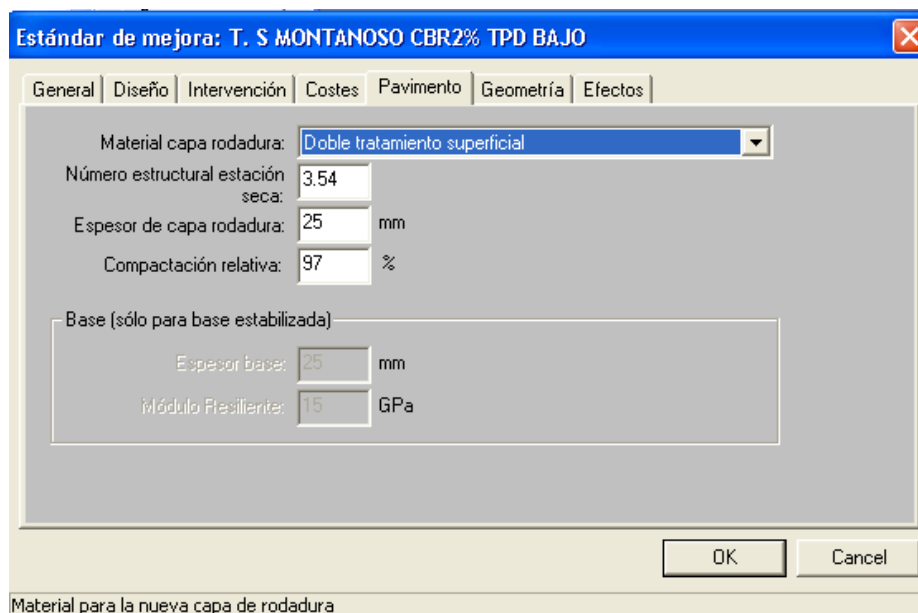
CBR 9% TPD BAJO		
ALTERNATIVA SUPERFICIAL		
Precio por Kilometro	Financiero	Económico
Costo Capa rodadura	\$ 120,951,600.00	\$ 96,761,280.00
Costo Base Granular	\$ 94,842,000.00	\$ 75,873,600.00
Costo Subbase Granular	\$ 147,840,000.00	\$ 118,272,000.00
TOTAL	\$ 363,633,600.00	\$ 290,906,880.00
Ahorro	\$ 18,534,975.00	\$ 14,827,980.00

CBR 9 % TPD ALTO		
ALTERNATIVA SUPERFICIAL		
Precio por Kilometro	Financiero	Económico
Costo Capa rodadura	\$ 120,951,600.00	\$ 96,761,280.00
Costo Base Granular	\$ 94,842,000.00	\$ 75,873,600.00
Costo Subbase Granular	\$ 164,472,000.00	\$ 131,577,600.00

TOTAL	\$ 380,265,600.00	\$ 304,212,480.00
Ahorro	Financiero \$ 16,686,975.00	Económico \$ 13,349,580.00

El mayor ahorro por kilómetro con respecto al Método Tradicional se presenta cuando la resistencia de la subrasante es buena (CBR 9%) y cuando sobre la vía se presenta un tráfico promedio diario alto.

Figura 53. Pavimento de mejora (tratamiento superficial)



Estándar de mejora: T. S MONTANOSO CBR2% TPD BAJO

General | Diseño | Intervención | Costes | **Pavimento** | Geometría | Efectos

Material capa rodadura: Doble tratamiento superficial

Número estructural estación seca: 3.54

Espesor de capa rodadura: 25 mm

Compactación relativa: 97 %

Base (sólo para base estabilizada)

Espesor base: 25 mm

Módulo Resiliente: 15 GPa

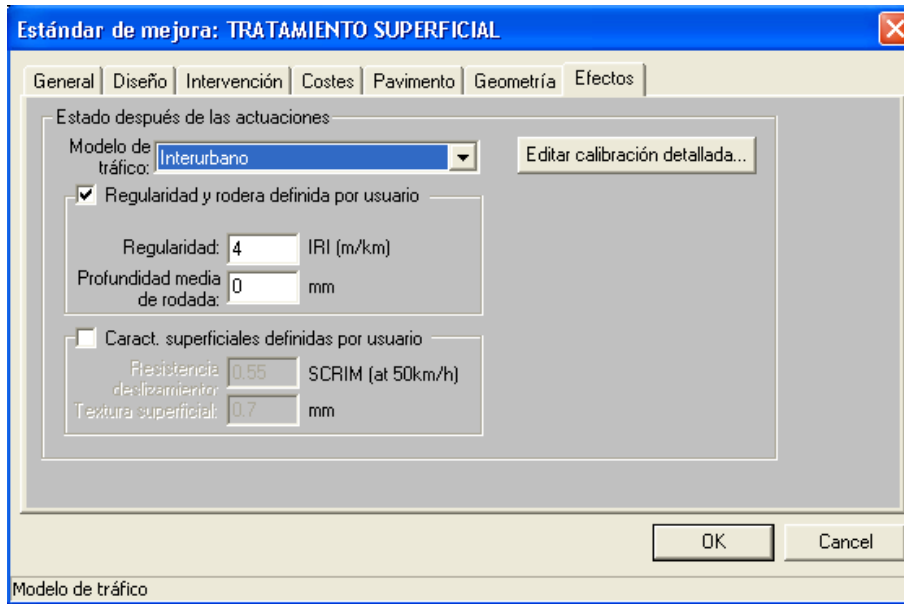
OK Cancel

Material para la nueva capa de rodadura

Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

El IRI esperado en tratamientos superficiales una vez terminada su construcción será mayor a la *ALTERNATIVA TRADICIONAL* por la clase de material y técnica con que este fue construido siendo este valor de cuatro (4m/km)).

Figura 54. Efectos de la mejora



Estándar de mejora: TRATAMIENTO SUPERFICIAL

General | Diseño | Intervención | Costes | Pavimento | Geometría | **Efectos**

Estado después de las actuaciones

Modelo de tráfico: **Interurbano** Editación calibración detallada...

Regularidad y rodera definida por usuario

Regularidad: IRI (m/km)

Profundidad media de rodada: mm

Caract. superficiales definidas por usuario

Resistencia al deslizamiento: SCRIM (at 50km/h)

Textura superficial: mm

OK Cancel

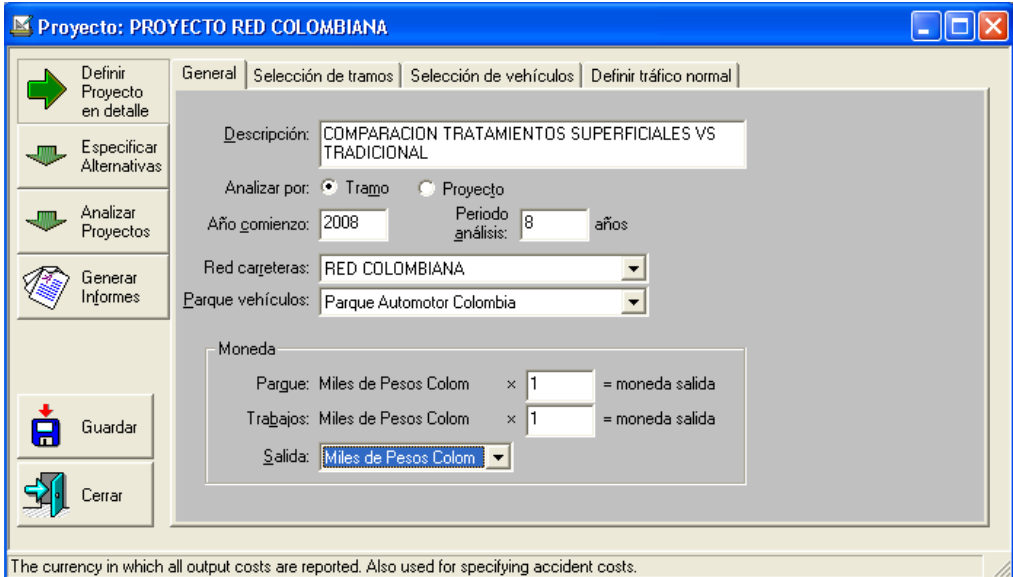
Modelo de tráfico

Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

4 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA GEOGRAFÍA MONTAÑOSA Y PLANA

Como todo proyecto lo principal es definir las características principales de evaluación, como nombre y tipo de análisis; para la red de carretera se escoge las definidas anteriormente, del mismo modo el parque de vehículos. La moneda es escogida por el usuario, para nuestro caso en miles de pesos colombianos.

Figura 55. Definición proyecto



The screenshot shows a software window titled 'Proyecto: PROYECTO RED COLOMBIANA'. The window has a menu bar with 'General', 'Selección de tramos', 'Selección de vehículos', and 'Definir tráfico normal'. The 'General' tab is active. On the left side, there is a vertical toolbar with icons and labels: 'Definir Proyecto en detalle', 'Especificar Alternativas', 'Analizar Proyectos', 'Generar Informes', 'Guardar', and 'Cerrar'. The main area contains the following fields:

- Descripción:** COMPARACION TRATAMIENTOS SUPERFICIALES VS TRADICIONAL
- Analizar por:** Tramo Proyecto
- Año comienzo:** 2008 **Periodo análisis:** 8 años
- Red carreteras:** RED COLOMBIANA
- Parque vehículos:** Parque Automotor Colombia
- Moneda:**
 - Pargue: Miles de Pesos Colom × 1 = moneda salida
 - Trabajos: Miles de Pesos Colom × 1 = moneda salida
 - Salida: Miles de Pesos Colom

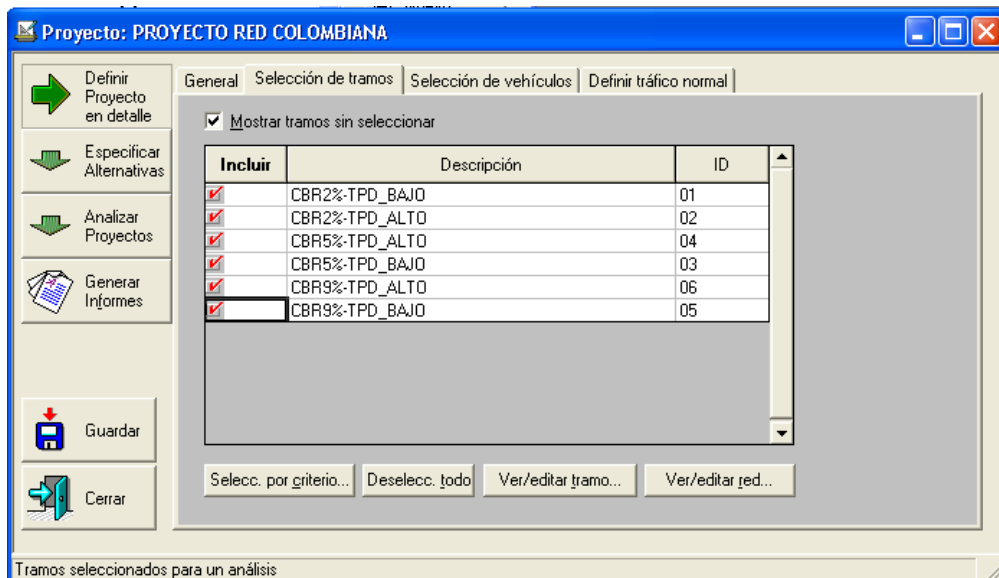
At the bottom of the window, there is a note: 'The currency in which all output costs are reported. Also used for specifying accident costs.'

Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

4.1 SELECCIÓN DE TRAMOS

Son los tramos a los cuales se les variará el porcentaje de kilómetros, aquí se escogen cuales se usarán para realizar el análisis comparativo.

Figura 56. Selección de tramos

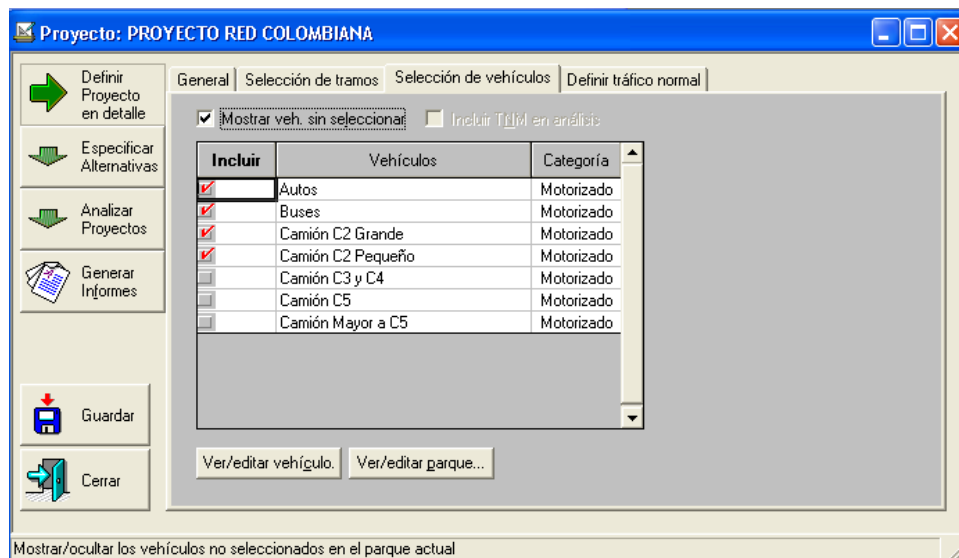


Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

4.2 SELECCIÓN DE VEHÍCULOS

Selección de los automotores para el tramo de análisis.

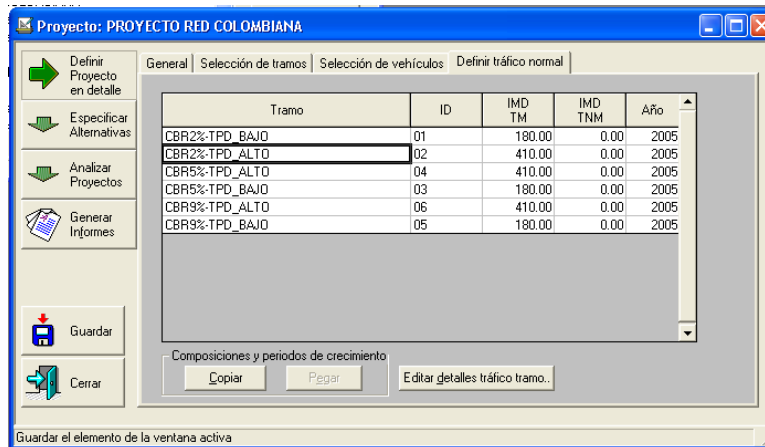
Figura 57. Selección de vehículos



Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

Composición del tráfico promedio diario para cada tramo (tabla 8 análisis de las series históricas del Instituto Nacional de Vías) y su porcentaje de crecimiento.

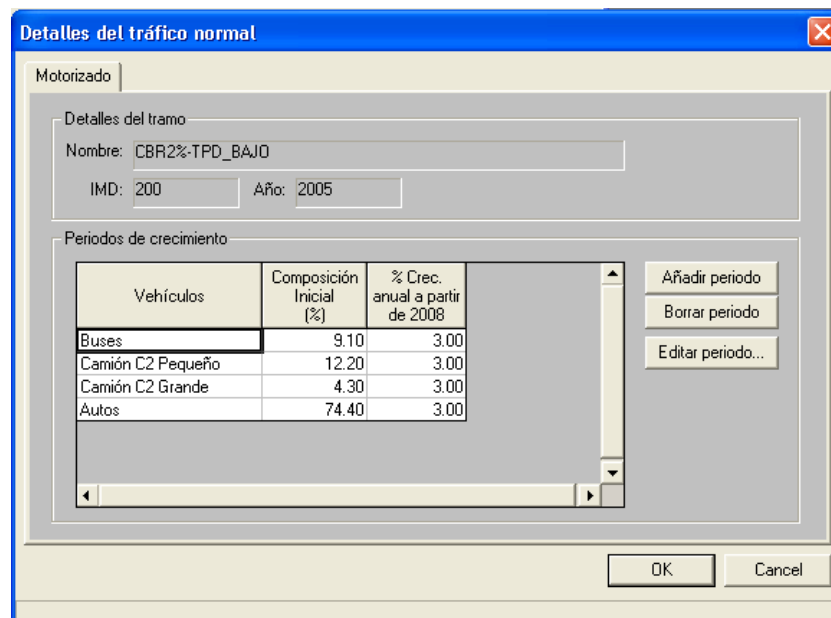
Figura 58. Definición de tramos a analizar



Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

4.3 COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO

Figura 59. Detalle del tráfico normal

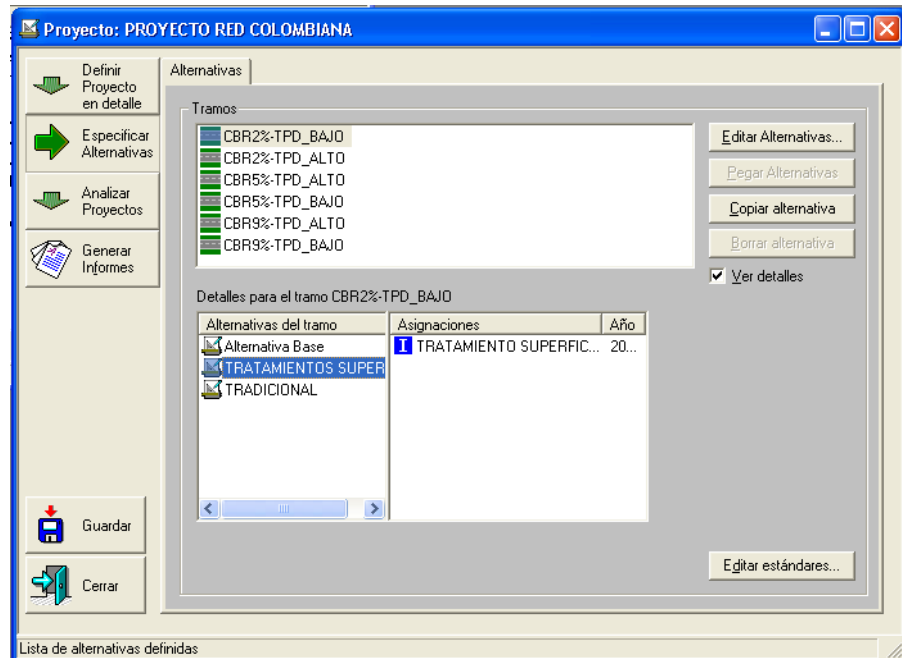


Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

4.4 ESPECIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS

Para cada tramo se escogen las alternativas de mejoras previamente definidas, iniciando la comparación beneficio costo entre ellas.

Figura 60. Definición del tráfico



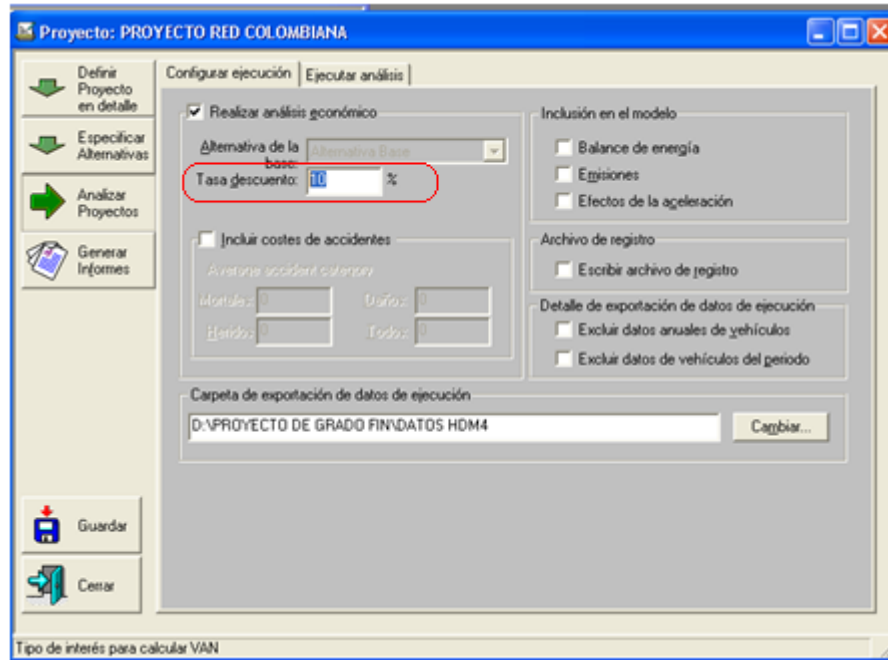
Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

4.5 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Para el análisis es importante mencionar que se realizará para terreno montañoso y plano, respetando los porcentajes de kilómetros, es decir, de 60% montañoso y 40% plano, de esta forma se procede a escoger el tipo de análisis, para nuestro caso económico.

Se tomará una tasa de descuento igual al diez por ciento (10%), rata sujeta a cualquier cambio económico que se produzca en el proyecto.

Figura 61. Configuración de ejecución

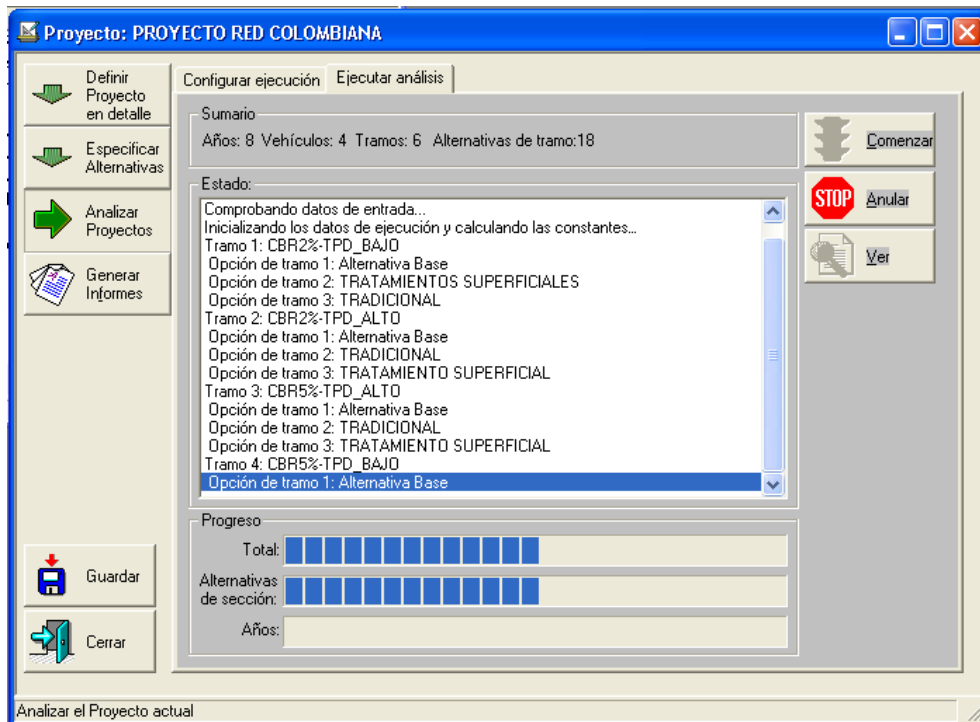


Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 *Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras*

4.6 EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS.

Una vez escogido el sitio en donde se guardará la información en el computador se comienza el análisis.

Figura 61. Ejecución del análisis

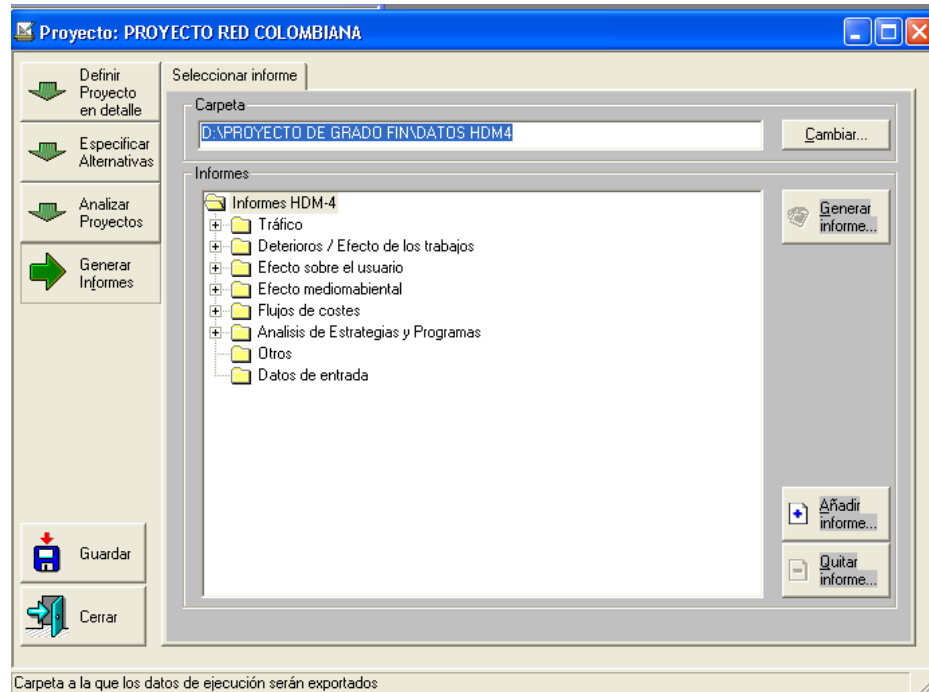


Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

Finalizado el análisis es necesario generar los informes acerca de los costos por tramos y los resultados de los beneficios costos de los diferentes tramos.

5 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE INDICADORES DE COSTOS

Figura 62. Informes generados



Fuente: Software HDM-4 Versión 1.3 *Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras*

Una vez ingresados los datos al software se procederá a obtener los resultados del Valor presente Neto (VPN ó VAN), y los de la tasa interna de retorno (TIR), valores determinantes en la evaluación de proyectos.

En cuanto a la TIR, la alternativa cuya tasa de rentabilidad sea mayor al 10% se considerará rentable según especificaciones de Planeación Nacional.

5.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica de proyectos consiste en el análisis diferencial entre una “situación de referencia” sin proyecto con una “situación de proyecto” con el proyecto realizado. Ambas situaciones se proyectan de manera independiente durante el periodo de estudio, tanto del punto de vista técnico (evolución de las características de la carretera) como económico (crecimiento del tráfico).

Una vez realizado se comparan los costos correspondientes y se estiman anualmente:

- Los beneficios: ahorros de costos de operación vehicular y de tiempo, beneficios relacionados con el tránsito generado.

A partir de los flujos anuales de costos y beneficios se calculan los indicadores económicos siguientes:

- Valor Actual Neto (VAN).
- Tasa Interna de Retorno (TIR).
- Razón Beneficio anual/Costos (B/C) o Retorno del Primer Año (RPA).

5.2 COSTOS POR TRAMO

El análisis por tramo se hace teniendo en cuenta las alternativas, método tradicional, tratamientos superficiales y la alternativa base, que viene por defecto en el programa, para la cual su tipo de firme se encuentra sin pavimentar, por lo que los costos de operación y tiempo de viajes en los

vehículos son mayores con respecto a las otras alternativas que plantean mejoras.

Para las alternativas, Método tradicional y tratamientos superficiales las variables que se tomaron en cuenta para su análisis se presentan a continuación:

Tabla 31. variables de diseño

Variables de Análisis			
Capacidad subrasante	CBR (%)	TPD	
bueno	9	alto	bajo
regular	5	alto	bajo
malo	2	alto	bajo

Para cada tramo se muestran los costos totales de operación del vehículo (TM VOC) y de viaje TM A si mismo se exponen los valores de inversión de cada alternativa (capital), siendo el Costo Total del tramo la suma de estos tres valores.

A continuación se muestran los resultados obtenidos con HDM-4, en donde el trafico alto (TPD Alto) tendrá un valor de 410 vehículos motorizados, para el trafico bajo (TPD Bajo) tendrá un valor de 200 vehículos. Por último es importante recordar que la *ALTERNATIVA TRADICIONAL* tendrá un IRI igual a 3.5, mientras que la *ALTERNATIVA SUPERFICIAL* tendrá un IRI igual a 4.0 *.

5.2.1 Costos Económicos para el Plan 2500 y los Tratamientos Superficiales

H D M - 4
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Costes por tramo

Nombre del estudio: **PROYECTO RED COLOMBIANA**

Fecha ejecución: **01-10-2008**

Moneda: **Miles de Pesos Colom (millones)**

Los 2500 kilómetros planteados por el Plan 2500 a pavimentar se dividieron en dos porcentajes de red vial como se dijo anteriormente. Dichos porcentajes fueron asumidos por las dos alternativas.

Se crearon seis (6) situaciones de análisis en donde cada tipo de suelo tendrá una clase diferente de zona climática, por lo tanto a lo largo de los 2500 kilómetros de vías existirán tres (3) clases de climas.

*Nota: El valor del IRI para la *ALTERNATIVA SUPERFICIAL* es producto de la interpretación realizada con respecto a la TIR que producía al cambiar este valor y compararla con el de la *ALTERNATIVA TRADICIONAL*.

A continuación se muestran las tablas resumen que exponen los resultados en costos económicos de los diferentes tramos y se muestran los ahorros obtenidos si para el Plan 2500 se hubiera contemplado la alternativa de Tratamientos Superficiales como método constructivo.

Las principales características de las zonas climáticas y las regiones en donde estas se presentan se encuentran en la página 44 (Definición de las zonas Climáticas)

Situación 1	
CBR	Distribución Zonas Climaticas
2% Malo	Muy seco Tropical
5% Bueno	Seco Tropical
9% Muy bueno	Humedo tropical

Geografía Montañosa					
CBR 2% - Capacidad de Subrasante Mala					
Zona Climática: Muy Seco Tropical					
Costos Económicos - Método Tradicional			Costos Económicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
500	\$ 424.17	\$ 820.77	500	\$ 418.82	\$ 820.35
CBR 5% - Capacidad de Subrasante Buena					
Zona Climática: Seco Tropical					
Costos Económicos - Método Tradicional			Costos Económicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
500	\$ 395.69	\$ 771.43	500	\$ 389.62	\$ 771.68
CBR 9% - Capacidad de Subrasante Muy buena					
Zona Climática : Húmedo Tropical					
Costos Económicos - Método Tradicional			Costos Económicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
500	\$ 395.34	\$ 761.32	500	\$ 352.67	\$ 758.13
PLAN 2500			ALTERNATIVA PROPUESTA		
TOTAL 1500 KM	TPD Bajo	TPD Alto	TOTAL 1500 KM	TPD Bajo	TPD Alto
	\$ 1,215.20	\$ 2,353.52		\$ 1,161.11	\$ 2,350.16
Ahorro 1500 KM	TPD Bajo	TPD Alto			
	\$ 54.09	\$ 3.36			

moneda : miles de millones de pesos Colombianos

Los ahorros obtenidos para esta primera situación de análisis en donde los 1500 kilómetros de vías corresponden a un sesenta por ciento (60%) de la red vial con Geografía Montañosa fue:

Para un trafico bajo (TPD Bajo) se presentó un ahorro de cincuenta y cuatro mil millones de pesos (\$54.000.000.000).

En cuanto al trafico alto (TPD Alto) el ahorro estuvo alrededor de los tres mil millones de pesos (\$3.000.000.000), siendo por ende los Tratamientos Superficiales la mejor tecnica de construcción

Geografía Plana					
CBR 2% - Capacidad de Subrasante Mala					
Zona Climatica : Muy seco Tropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
333.33	\$ 255.60	\$ 467.20	333.33	\$ 251.99	\$ 466.90
CBR 5% - Capacidad de Subrasante Buena					
Zona Climatica : Seco Tropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
333.33	\$ 235.68	\$ 433.31	333.33	\$ 231.57	\$ 433.44
CBR 9% - Capacidad de Subrasante Muy buena					
Zona Climatica : Humedo Tropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
333.33	\$ 234.55	\$ 423.76	333.33	\$ 230.50	\$ 421.62
PLAN 2500			ALTERNATIVA PROPUESTA		
TOTAL 1000 KM	TPD Bajo	TPD Alto	TOTAL 1000 KM	TPD Bajo	TPD Alto
	\$ 1,941.03	\$ 3,677.78		\$ 1,875.17	\$ 3,672.11
Ahorro 1000 KM	TPD Bajo	TPD Alto			
	\$ 65.86	\$ 5.67			
moneda : miles de millones de pesos Colombianos					
PLAN 2500			ALTERNATIVA PROPUESTA		
TOTAL 2500KM	TPD Bajo	TPD Alto	TOTAL 2500KM	TPD Bajo	TPD Alto
	\$ 3,156.23	\$ 6,031.30		\$ 3,036.28	\$ 6,022.27
Ahorro 2500 KM	TPD Bajo	TPD Alto			
	\$ 119.95	\$ 9.03			
moneda : miles de millones de pesos Colombianos					

Para el cuarenta por ciento (40%) que corresponde a las vías con Geografía Plana se presenta un ahorro mayor con respecto a las vías con Geografía Montañosa, para una TPD Bajo el ahorro es de alrededor de sesenta y cinco mil millones de pesos (\$ 65.000.000.000) y para vías con TPD Alto es de alrededor de los cinco mil millones de pesos (\$ 5.000.000.000).

El ahorro total en los 2500 kilómetros de vías bajo esta primera situación que presentan los Tratamientos Superficiales es:

Para vías con un TPD bajo el ahorro es de alrededor de ciento diecinueve mil millones de pesos Colombianos (\$ 119.000.000.000) y para vías con un TPD Alto el ahorro es de nueve mil millones de pesos Colombianos (\$ 9.000.000.000).

Configuración Climatológica, según tipo de suelo.

Situación 2	
CBR	Distribución Zonas Climaticas
2% Malo	Seco Tropical
5% Bueno	Humedo Tropical
9% Muy bueno	Muy humedo Tropical

Geografía Montañosa					
CBR 2% - Capacidad de Subrasante Mala					
Zona Climatica: Seco Tropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
500	\$ 424.00	\$ 819.62	500	\$ 418.68	\$ 819.26
CBR 5% - Capacidad de Subrasante Buena					
Zona Climatica: Humedo Tropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
500	\$ 396.20	\$ 771.94	500	\$ 390.26	\$ 772.53
CBR 9% - Capacidad de Subrasante Muy buena					
Zona Climatica : Muy humedo Tropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
500	\$ 395.02	\$ 759.87	500	\$ 352.35	\$ 756.68
PLAN 2500			ALTERNATIVA PROPUESTA		
TOTAL 1500 KM	TPD Bajo	TPD Alto	TOTAL 1500 KM	TPD Bajo	TPD Alto
	\$ 1,215.22	\$ 2,351.43		\$ 1,161.29	\$ 2,348.47
Ahorro 1500 KM	TPD Bajo	TPD Alto			
	\$ 53.93	\$ 2.96			

moneda : miles de millones de pesos Colombianos

Una vez más los Tratamientos Superficiales son la alternativa de construcción más económica para la red vial Montañosa.

Geografía Plana					
CBR 2% - Capacidad de Subrasante Mala					
Zona Climatica : Seco Tropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
333.33	\$ 255.64	\$ 467.18	333.33	\$ 252.03	\$ 466.92
CBR 5% - Capacidad de Subrasante Buena					
Zona Climatica : Humedo Tropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
333.33	\$ 236.00	\$ 433.37	333.33	\$ 231.94	\$ 433.81
CBR 9% - Capacidad de Subrasante Muy buena					
Zona Climatica : Muy humedo Tropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
333.33	\$ 233.97	\$ 420.17	333.33	\$ 229.92	\$ 418.03
PLAN 2500			ALTERNATIVA PROPUESTA		
TOTAL 1000 KM	TPD Bajo	TPD Alto	TOTAL 1000 KM	TPD Bajo	TPD Alto
	\$ 1,940.83	\$ 3,672.15		\$ 1,875.18	\$ 3,667.23
Ahorro 1000 KM	TPD Bajo	TPD Alto			
	\$ 65.65	\$ 4.93			
moneda : miles de millones de pesos Colombianos					
PLAN 2500			ALTERNATIVA PROPUESTA		
TOTAL 2500KM	TPD Bajo	TPD Alto	TOTAL 2500KM	TPD Bajo	TPD Alto
	\$ 3,156.05	\$ 6,023.58		\$ 3,036.47	\$ 6,015.70
Ahorro 2500 KM	TPD Bajo	TPD Alto			
	\$ 119.59	\$ 7.88			
moneda : miles de millones de pesos Colombianos					

Para la situación número dos se presentan igualmente ahorros, en donde para vías con TPD Bajo es de alrededor de ciento diecinueve mil millones de pesos Colombianos (\$ 119.000.000.000) y para vías con TPD Alto es de siete mil millones de pesos Colombianos (\$ 7.000.000.000).

Configuración Climatológica, según tipo de suelo

Situación 3	
CBR	Distribución Zonas Climaticas
2% Malo	Humedo Tropical
5% Bueno	Muy humedo Tropical
9% Muy bueno	Seco Tropical

Geografía Montañosa					
CBR 2% - Capacidad de Subrasante Mala					
Zona Climatica: Humedo Tropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
500	\$ 424.65	\$ 820.89	500	\$ 419.44	\$ 820.83
CBR 5% - Capacidad de Subrasante Buena					
Zona Climatica: Muy humedo Tropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
500	\$ 395.95	\$ 770.76	500	\$ 390.01	\$ 771.35
CBR 9% - Capacidad de Subrasante Muy buena					
Zona Climatica : Seco Tropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
500	\$ 394.82	\$ 760.57	500	\$ 352.03	\$ 757.02
PLAN 2500			ALTERNATIVA PROPUESTA		
TOTAL 1500 KM	TPD Bajo	TPD Alto	TOTAL 1500 KM	TPD Bajo	TPD Alto
	\$ 1,215.42	\$ 2,352.22		\$ 1,161.48	\$ 2,349.20
Ahorro 1500 KM	TPD Bajo	TPD Alto			
	\$ 53.94	\$ 3.02			

moneda : miles de millones de pesos Colombianos

Geografía Plana					
CBR 2% - Capacidad de Subrasante Mala					
Zona Climatica : Humedo Tropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
333.33	\$ 256.15	\$ 468.37	333.33	\$ 252.59	\$ 468.29
CBR 5% - Capacidad de Subrasante Buena					
Zona Climatica : Muy humedo Tropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
333.33	\$ 235.27	\$ 429.40	333.33	\$ 231.21	\$ 429.82
CBR 9% - Capacidad de Subrasante Muy buena					
Zona Climatica : Seco Tropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
333.33	\$ 234.21	\$ 423.70	333.33	\$ 230.10	\$ 421.23
PLAN 2500			ALTERNATIVA PROPUESTA		
TOTAL 1000 KM	TPD Bajo	TPD Alto	TOTAL 1000 KM	TPD Bajo	TPD Alto
	\$ 1,941.05	\$ 3,673.69		\$ 1,875.38	\$ 3,668.54
Ahorro 1000 KM	TPD Bajo	TPD Alto			
	\$ 65.66	\$ 5.15			
moneda : miles de millones de pesos Colombianos					
PLAN 2500			ALTERNATIVA PROPUESTA		
TOTAL 2500KM	TPD Bajo	TPD Alto	TOTAL 2500KM	TPD Bajo	TPD Alto
	\$ 3,156.47	\$ 6,025.91		\$ 3,036.87	\$ 6,017.74
Ahorro 2500 KM	TPD Bajo	TPD Alto			
	\$ 119.60	\$ 8.17			
moneda : miles de millones de pesos Colombianos					

Para la situación tres el ahorro en vías con TPD Bajo está nuevamente alrededor de los ciento diecinueve mil millones de pesos Colombianos (\$119.000.000.000) y para vías con TPD Alto alrededor de los ocho mil millones de pesos Colombianos (\$8.000.000.000).

Configuración Climatológica, según tipo de suelo

Situación 4	
CBR	Distribución Zonas Climaticas
2% Malo	Seco Premontano
5% Bueno	Seco Subtropical
9% Muy bueno	Humedo Tropical

Geografía Montañosa					
CBR 2% - Capacidad de Subrasante Mala					
Zona Climatica: Seco Premontano					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
500	\$ 424.53	\$ 821.82	500	\$ 419.22	\$ 821.53
CBR 5% - Capacidad de Subrasante Buena					
Zona Climatica: Seco SubTropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
500	\$ 396.17	\$ 773.76	500	\$ 390.13	\$ 773.98
CBR 9% - Capacidad de Subrasante Muy buena					
Zona Climatica : Humedo Tropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
500	\$ 395.34	\$ 761.32	500	\$ 352.67	\$ 758.30
PLAN 2500			ALTERNATIVA PROPUESTA		
TOTAL 1500 KM	TPD Bajo	TPD Alto	TOTAL 1500 KM	TPD Bajo	TPD Alto
	\$ 1,216.04	\$ 2,356.90		\$ 1,162.02	\$ 2,353.81
Ahorro 1500 KM	TPD Bajo	TPD Alto			
	\$ 54.02	\$ 3.09			

moneda : miles de millones de pesos Colombianos

Geografía Plana					
CBR 2% - Capacidad de Subrasante Mala					
Zona Climatica : Seco Premontano					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
333.33	\$ 255.80	\$ 467.85	333.33	\$ 252.20	\$ 467.63
CBR 5% - Capacidad de Subrasante Buena					
Zona Climatica : Seco Subtropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
333.33	\$ 235.95	\$ 434.50	333.33	\$ 231.84	\$ 434.78
CBR 9% - Capacidad de Subrasante Muy buena					
Zona Climatica : Humedo Tropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
333.33	\$ 234.53	\$ 423.72	333.33	\$ 230.48	\$ 421.58
PLAN 2500			ALTERNATIVA PROPUESTA		
TOTAL 1000 KM	TPD Bajo	TPD Alto	TOTAL 1000 KM	TPD Bajo	TPD Alto
	\$ 1,942.32	\$ 3,682.97		\$ 1,876.54	\$ 3,677.80
Ahorro 1000 KM	TPD Bajo	TPD Alto			
	\$ 65.78	\$ 5.17			
moneda : miles de millones de pesos Colombianos					
PLAN 2500			ALTERNATIVA PROPUESTA		
TOTAL 2500KM	TPD Bajo	TPD Alto	TOTAL 2500KM	TPD Bajo	TPD Alto
	\$ 3,158.36	\$ 6,039.87		\$ 3,038.56	\$ 6,031.61
Ahorro 2500 KM	TPD Bajo	TPD Alto			
	\$ 119.80	\$ 8.26			
moneda : miles de millones de pesos Colombianos					

Para esta situación se sigue manteniendo la tendencia de ahorro, para vías con TPD Bajo este está alrededor de los ciento diecinueve mil millones de pesos Colombianos (\$ 119.000.000.000) y para vías con TPD Alto fue de ocho mil millones de pesos Colombianos (\$ 8.000.000.000).

Configuración Climatológica, según tipo de suelo

Situación 5	
CBR	Distribución Zonas Climaticas
2% Malo	Seco Subtropical
5% Bueno	Seco Premontano
9% Muy bueno	Seco Tropical

Geografía Montañosa					
CBR 2% - Capacidad de Subrasante Mala					
Zona Climatica: Seco Subtropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
500	\$ 424.53	\$ 821.82	500	\$ 419.22	\$ 821.53
CBR 5% - Capacidad de Subrasante Buena					
Zona Climatica: Seco Premontano					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
500	\$ 396.17	\$ 773.76	500	\$ 390.13	\$ 773.98
CBR 9% - Capacidad de Subrasante Muy buena					
Zona Climatica : Seco Tropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
500	\$ 394.82	\$ 760.57	500	\$ 352.00	\$ 757.02
PLAN 2500			ALTERNATIVA PROPUESTA		
TOTAL 1500 KM	TPD Bajo	TPD Alto	TOTAL 1500 KM	TPD Bajo	TPD Alto
	\$ 1,215.52	\$ 2,356.15		\$ 1,161.35	\$ 2,352.53
Ahorro 1500 KM	TPD Bajo	TPD Alto			
	\$ 54.17	\$ 3.62			

moneda : miles de millones de pesos Colombianos

Geografía Plana					
CBR 2% - Capacidad de Subrasante Mala					
Zona Climatica : Seco Subtropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
333.33	\$ 255.80	\$ 467.86	333.33	\$ 252.20	\$ 467.63
CBR 5% - Capacidad de Subrasante Buena					
Zona Climatica : Seco Premontano					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
333.33	\$ 235.95	\$ 434.50	333.33	\$ 231.84	\$ 434.78
CBR 9% - Capacidad de Subrasante Muy buena					
Zona Climatica : Seco Tropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
333.33	\$ 234.19	\$ 423.66	333.33	\$ 230.10	\$ 421.26
PLAN 2500			ALTERNATIVA PROPUESTA		
TOTAL 1000 KM	TPD Bajo \$ 1,941.46	TPD Alto \$ 3,682.17	TOTAL 1000 KM	TPD Bajo \$ 1,875.49	TPD Alto \$ 3,676.20
Ahorro 1000 KM	TPD Bajo \$ 65.97	TPD Alto \$ 5.97			
moneda : miles de millones de pesos Colombianos					
PLAN 2500			ALTERNATIVA PROPUESTA		
TOTAL 2500KM	TPD Bajo \$ 3,156.98	TPD Alto \$ 6,038.32	TOTAL 2500KM	TPD Bajo \$ 3,036.84	TPD Alto \$ 6,028.73
Ahorro 2500 KM	TPD Bajo \$ 120.14	TPD Alto \$ 9.59			
moneda : miles de millones de pesos Colombianos					

Para la situación cinco se observa que se presentan ahorros de ciento veinte mil millones de pesos Colombianos (\$ 120.000.000.000) para vías con TPD Bajo y de nueve mil millones de pesos (\$ 9.000.000.000) para vías con TPD Alto.

Configuración Climatológica, según tipo de suelo

Situación 6	
CBR	Distribución Zonas Climaticas
2% Malo	Seco Premontano
5% Bueno	Humedo Subtropical
9% Muy bueno	Muy humedo Montano

Geografía Montañosa					
CBR 2% - Capacidad de Subrasante Mala					
Zona Climatica: Seco Premontano					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
500	\$ 424.54	\$ 821.82	500	\$ 419.22	\$ 821.53
CBR 5% - Capacidad de Subrasante Buena					
Zona Climatica: Humedo Subtropical					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
500	\$ 396.45	\$ 773.72	500	\$ 390.51	\$ 774.30
CBR 9% - Capacidad de Subrasante Muy buena					
Zona Climatica : Muy humedo Montano					
Costos Economicos - Metodo Tradicional			Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD Bajo	TPD Alto	KM	TPD Bajo	TPD Alto
500	\$ 398.93	\$ 772.57	500	\$ 357.98	\$ 771.26
PLAN 2500			ALTERNATIVA PROPUESTA		
TOTAL 1500 KM	TPD Bajo	TPD Alto	TOTAL 1500 KM	TPD Bajo	TPD Alto
	\$ 1,219.92	\$ 2,368.11		\$ 1,167.71	\$ 2,367.09
Ahorro 1500 KM	TPD Bajo	TPD Alto			
	\$ 52.21	\$ 1.02			

moneda : miles de millones de pesos Colombianos

Geografía Plana

CBR 2% - Capacidad de Subrasante Mala

Zona Climatica : Seco Premontano

Costos Economicos - Metodo Tradicional		
KM	TPD BAJO	TPD ALTO
333.33	\$ 255.80	\$ 467.85

Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD BAJO	TPD ALTO
333.33	\$ 252.20	\$ 467.63

CBR 5% - Capacidad de Subrasante Buena

Zona Climatica : Humedo Subtropical

Costos Economicos - Metodo Tradicional		
KM	TPD BAJO	TPD ALTO
333.33	\$ 236.12	\$ 434.77

Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD BAJO	TPD ALTO
333.33	\$ 232.06	\$ 435.14

CBR 9% - Capacidad de Subrasante Muy buena

Zona Climatica : Muy humedo Montano

Costos Economicos - Metodo Tradicional		
KM	TPD BAJO	TPD ALTO
333.33	\$ 236.91	\$ 432.84

Costos Economicos - Tratamiento Superficial Doble		
KM	TPD BAJO	TPD ALTO
333.33	\$ 234.03	\$ 434.16

TOTAL 1000 KM	TPD Bajo \$ 1,948.75	TPD Alto \$ 3,703.57
---------------	-------------------------	-------------------------

TOTAL 1000 KM	TPD Bajo \$ 1,886.00	TPD Alto \$ 3,704.02
---------------	-------------------------	-------------------------

Ahorro 1000 KM	TPD Bajo \$ 62.75	TPD Alto -\$ 0.45
----------------	----------------------	----------------------

moneda : miles de millones de pesos Colombianos

TOTAL 2500KM	TPD Bajo \$ 3,168.67	TPD Alto \$ 6,071.68
--------------	-------------------------	-------------------------

TOTAL 2500KM	TPD Bajo \$ 3,053.71	TPD Alto \$ 6,071.11
--------------	-------------------------	-------------------------

Ahorro 2500 KM	TPD Bajo \$ 114.96	TPD Alto \$ 0.57
----------------	-----------------------	---------------------

moneda : miles de millones de pesos Colombianos

Para la última situación se puede observar que los ahorros generados por los Tratamientos Superficiales no son tan altos en comparación con las demás situaciones planteadas en vías con TPD Alto, el ahorro es de quinientos setenta millones de pesos (\$ 570.000.000), mientras que para vías con TPD Bajo el ahorro es de ciento catorce mil millones de pesos (\$114.000.000.000)

5.3 INDICADORES ECONÓMICOS

El software HDM-4 realiza un análisis económico en un periodo determinado, comparando las diferentes alternativas definidas por el usuario, de esta forma se encuentran los resultados para las mejoras propuestas en las vías del territorio nacional.

Con el software HDM-4, se calculan los flujos y beneficios de costos a lo largo del periodo establecido a partir de la puesta en servicio de la carretera.

El Valor Actual Neto (VAN) que es igual al valor presente neto (VPN) del proyecto se calcula con la tasa de descuento oficial de 10 %.

5.3.1 Indicadores económicos para el Plan 2500 y los Tratamientos Superficiales.

Para este caso se analizarán dos tipos de redes viales la primera es igual a la analizada en los costos por tramo, es decir con el mismo porcentaje de Geografía Montañosa y Plana. En el segundo caso estos porcentajes se cambiarán, el porcentaje en vías con Geografía montañosa se aumentará a un setenta por ciento (70%) mientras que para vías con Geografía Plana este valor descenderá a un treinta por ciento (30%).

A continuación se presenta de manera ordenada el efecto que producen las diferentes zonas climáticas sobre los indicadores económicos y en los costos por tramo.

Geografía Montañosa

CBR 2% - Capacidad de Subrasante Mala

Costos Económicos e Índices de costos - Método Tradicional

500 KM	TPD (\$)		TIR TPD		VPN TPD	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Zonas Climáticas						
Muy seco tropical	424.17	820.77	-11.10	8.10	-108.46	-13.92
Seco tropical	424.00	819.62	-16.10	1.00	-125.03	-61.74
Húmedo tropical	424.65	820.89	-21.50	-6.50	-139.32	-103.37
Seco premontano	424.53	821.82	-11.20	8.00	-108.68	-14.60
Seco subtropical	424.53	821.82	-11.20	8.00	-108.68	-14.60

Costos Económicos e Índices de costos - Tratamiento Superficial doble

500 KM	TPD (\$)		TIR TPD		VPN TPD	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Zonas Climáticas						
Muy seco tropical	418.82	820.35	-10.60	8.30	-102.70	-12.30
Seco tropical	418.68	819.26	-15.70	1.00	-119.29	-60.16
Húmedo tropical	419.44	820.83	-21.40	-6.70	-133.65	-101.98
Seco premontano	419.22	821.53	-10.70	8.20	-102.95	-13.00
Seco subtropical	419.22	821.53	-10.70	8.20	-102.95	-13.00

moneda : miles de millones de pesos Colombianos

CBR 5% - Capacidad de Subrasante Buena

Costos Económicos e Índices de costos - Método Tradicional

500 KM	TPD (\$)		TIR TPD		VPN TPD	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Zonas Climáticas						
Seco tropical	395.69	771.43	-4.20	21.30	-68.77	74.38
Húmedo tropical	396.20	771.94	-14.40	5.50	-102.83	-25.70
Muy húmedo tropical	395.95	770.76	-20.50	-3.60	-117.37	-70.43
Seco subtropical	396.17	773.76	0.40	29.00	-49.30	130.32
Seco premontano	396.17	773.76	0.40	29.00	-49.30	130.32
Húmedo subtropical	396.45	773.72	-4.30	21.10	-69.24	72.98

Costos Económicos e Índices de costos - Tratamiento Superficial doble

500 KM	TPD (\$)		TIR TPD		VPN TPD	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Zonas Climáticas						
Seco tropical	389.62	771.68	-3.30	21.70	-62.29	75.34
Húmedo tropical	390.26	772.53	-13.90	5.50	-96.42	-24.95
Muy húmedo tropical	390.01	771.35	-20.20	-3.80	-110.96	-69.67
Seco subtropical	390.13	773.98	1.30	29.50	-42.82	131.24
Seco premontano	390.13	773.98	1.30	29.50	-42.82	131.24
Húmedo subtropical	390.51	774.30	-3.50	21.50	-62.83	73.74

moneda : miles de millones de pesos Colombianos

CBR 9% - Capacidad de Subrasante Muy buena

Costos Económicos e Índices de costos - Método Tradicional

500 KM	TPD (\$)		TIR TPD		VPN TPD	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Zonas Climáticas						
Húmedo tropical	395.34	761.32	-14.20	7.20	-103.11	-15.66
Muy húmedo tropical	395.02	759.87	-21.30	-3.70	-119.96	-68.14
Seco tropical	394.82	760.57	-4.00	23.40	-68.83	85.60
Muy húmedo montano	398.93	772.57	-4.80	22.40	-71.47	77.98

Costos Económicos e Índices de costos - Tratamiento Superficial doble

500 KM	TPD (\$)		TIR TPD		VPN TPD	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Zonas Climáticas						
Húmedo tropical	352.67	758.13	-6.10	7.90	-71.46	-11.13
Muy húmedo tropical	352.35	756.68	-11.50	-3.40	-88.31	-63.61
Seco tropical	352.03	757.02	2.50	24.70	-37.10	90.40
Muy húmedo montano	357.98	771.26	1.60	23.50	-40.74	81.39

moneda : miles de millones de pesos Colombianos

Geografía Plana

CBR 2% - Capacidad de Subrasante Mala

Costos Económicos e Índices de costos - Método Tradicional

333.33 KM	TPD (\$)		TIR TPD		VPN TPD	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Muy seco tropical	255.60	467.20	-9.50	10.70	-68.16	3.21
Seco tropical	255.64	467.18	-9.80	10.30	-68.99	1.26
Húmedo tropical	256.15	468.37	-10.50	9.30	-71.00	-3.74
Seco premontano	255.80	467.85	-9.60	10.60	-68.29	2.78
Seco subtropical	255.80	467.86	-9.60	10.60	-68.29	2.78

Costos Económicos e Índices de costos - Tratamiento Superficial doble

333.33 KM	TPD (\$)		TIR TPD		VPN TPD	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Muy seco tropical	251.99	466.90	-9.90	10.90	-64.29	4.29
Seco tropical	252.03	466.92	-9.30	10.50	-65.13	2.32
Húmedo tropical	252.59	468.29	-10.00	9.40	-67.20	-2.80
Seco premontano	252.20	467.63	-9.10	10.80	-69.43	3.82
Seco subtropical	252.20	467.63	-9.10	10.80	-69.43	3.82

moneda : miles de millones de pesos Colombianos

CBR 5% - Capacidad de Subrasante Buena

Costos Económicos e Índices de costos - Método Tradicional

333.33 KM	TPD (\$)		TIR TPD		VPN TPD	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Seco tropical	235.68	433.31	1.90	31.80	-28.17	102.20
Húmedo tropical	236.00	433.37	0.70	29.40	-32.46	92.37
Muy húmedo tropical	235.27	429.40	-5.20	16.20	-51.45	29.90
Seco subtropical	235.95	434.50	2.30	32.70	-26.66	105.35
Seco premontano	235.95	434.50	2.30	32.70	-26.66	105.35
Húmedo subtropical	236.12	434.77	1.80	31.70	-28.46	101.27

Costos Económicos e Índices de costos - Tratamiento Superficial doble

333.33 KM	TPD (\$)		TIR TPD		VPN TPD	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Seco tropical	231.57	433.44	2.90	32.30	-23.81	102.85
Húmedo tropical	231.94	433.81	1.60	29.80	-28.12	92.88
Muy húmedo tropical	231.21	429.82	-5.50	16.40	-47.11	30.40
Seco subtropical	231.84	434.78	3.30	33.20	-22.30	105.98
Seco premontano	231.84	434.78	3.30	33.20	-22.30	105.98
Húmedo subtropical	232.06	435.14	2.80	32.20	-24.12	101.79

moneda : miles de millones de pesos Colombianos

CBR 9% - Capacidad de Subrasante Muy buena

Costos Económicos e Índices de costos - Método Tradicional

333.33 KM	TPD (\$)		TIR TPD		VPN TPD	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Húmedo tropical	234.55	423.76	0.50	31.10	-33.48	98.39
Muy húmedo tropical	233.97	420.17	-6.30	15.50	-55.40	25.96
Seco tropical	234.21	423.70	1.90	34.00	-28.60	109.60
Muy húmedo montano	236.91	432.84	1.30	33.20	-30.34	103.80

Costos Económicos e Índices de costos - Tratamiento Superficial doble

333.33 KM	TPD (\$)		TIR TPD		VPN TPD	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Húmedo tropical	230.50	421.62	1.40	32.60	-39.15	101.43
Muy húmedo tropical	229.92	418.03	-5.60	16.30	-51.06	28.99
Seco tropical	230.10	421.23	2.90	35.70	-24.20	112.78
Muy húmedo montano	234.03	434.16	2.00	34.50	-26.67	104.86

moneda : miles de millones de pesos Colombianos

La siguiente tabla resumen presenta una red vial con un porcentaje de setenta por ciento (70%) para vías montañosas y de treinta por ciento (30%) para vías planas.

Geografía Montañosa						
CBR 2% - Capacidad de Subrasante Mala						
Costos Económicos e Índices de costos - Método Tradicional				Costos Económicos e Índices de costos - Tratamiento Superficial doble		
583.33 KM	TPD		TIR TPD		VPN TPD	
Zonas Climáticas	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Muy seco tropical	494.87	957.57	-12.95	9.45	-126.54	-16.24
Seco tropical	494.67	956.22	-18.78	1.17	-145.87	-72.03
Húmedo tropical	495.43	957.71	-25.08	-7.58	-162.54	-120.60
Seco premontano	495.29	958.79	-13.07	9.33	-126.79	-17.03
Seco subtropical	495.29	958.79	-13.07	9.33	-126.79	-17.03

CBR 5% - Capacidad de Subrasante Buena						
Costos Económicos e Índices de costos - Método Tradicional				Costos Económicos e Índices de costos - Tratamiento Superficial doble		
583.33 KM	TPD		TIR TPD		VPN TPD	
Zonas Climáticas	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Seco tropical	461.64	900.00	-4.90	24.85	-80.23	86.77
Húmedo tropical	462.23	900.60	-16.80	6.42	-119.97	-29.98
Muy húmedo tropical	461.94	899.22	-23.92	-4.20	-136.93	-82.17
Seco subtropical	462.20	902.72	0.47	33.83	-57.52	152.04
Seco premontano	462.20	902.72	0.47	33.83	-57.52	152.04
Húmedo subtropical	462.53	902.67	-5.02	24.62	-80.78	85.14

CBR 9% - Capacidad de Subrasante Muy buena						
Costos Económicos e Índices de costos - Método Tradicional				Costos Económicos e Índices de costos - Tratamiento Superficial doble		
583.33 KM	TPD		TIR TPD		VPN TPD	
Zonas Climáticas	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Húmedo tropical	461.23	888.20	-16.57	8.40	-120.30	-18.27
Muy húmedo tropical	460.86	886.52	-24.85	-4.32	-139.95	-79.50
Seco tropical	460.62	887.33	-4.67	27.30	-80.30	99.87
Muy húmedo montano	465.42	901.33	-5.60	26.13	-83.38	90.98

moneda : miles de millones de pesos Colombiano

Geografía Plana

CBR 2% - Capacidad de Subrasante Mala

Costos Económicos e Índices de costos - Método Tradicional

250Km	TPD		TIR TPD		VPN TPD	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Muy seco tropical	191.70	350.40	-7.13	8.03	-51.12	2.41
Seco tropical	191.73	350.39	-7.35	7.73	-51.74	0.95
Húmedo tropical	192.11	351.28	-7.88	6.98	-53.25	-2.81
Seco premontano	191.85	350.89	-7.20	7.95	-51.22	2.09
Seco subtropical	191.85	350.90	-7.20	7.95	-51.22	2.09

Costos Económicos e Índices de costos - Tratamiento Superficial doble

250Km	TPD		TIR TPD		VPN TPD	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Muy seco tropical	188.99	350.17	-7.43	8.18	-48.22	3.22
Seco tropical	189.02	350.19	-6.98	7.88	-48.85	1.74
Húmedo tropical	189.44	351.22	-7.50	7.05	-50.40	-2.10
Seco premontano	189.15	350.72	-6.83	8.10	-52.07	2.87
Seco subtropical	189.15	350.72	-6.83	8.10	-52.07	2.87

CBR 5% - Capacidad de Subrasante Buena

Costos Económicos e Índices de costos - Método Tradicional

250Km	TPD		TIR TPD		VPN TPD	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Seco tropical	176.76	324.98	1.43	23.85	-21.13	76.65
Húmedo tropical	177.00	325.03	0.53	22.05	-24.35	69.28
Muy húmedo tropical	176.45	322.05	-3.90	12.15	-38.59	22.43
Seco subtropical	176.96	325.88	1.73	24.53	-20.00	79.01
Seco premontano	176.96	325.88	1.73	24.53	-20.00	79.01
Húmedo subtropical	177.09	326.08	1.35	23.78	-21.35	75.95

Costos Económicos e Índices de costos - Tratamiento Superficial doble

250Km	TPD		TIR TPD		VPN TPD	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Seco tropical	173.68	325.08	2.18	24.23	-17.86	77.14
Húmedo tropical	173.96	325.36	1.20	22.35	-21.09	69.66
Muy húmedo tropical	173.41	322.37	-4.13	12.30	-35.33	22.80
Seco subtropical	173.88	326.09	2.48	24.90	-16.73	79.49
Seco premontano	173.88	326.09	2.48	24.90	-16.73	79.49
Húmedo subtropical	174.05	326.36	2.10	24.15	-18.09	76.34

CBR 9% - Capacidad de Subrasante Muy buena

Costos Económicos e Índices de costos - Método Tradicional

250Km	TPD		TIR TPD		VPN TPD	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Húmedo tropical	175.92	317.82	0.38	23.33	-25.11	73.80
Muy húmedo tropical	175.48	315.13	-4.73	11.63	-41.55	19.47
Seco tropical	175.66	317.78	1.43	25.50	-21.45	82.20
Muy húmedo montano	177.68	324.63	0.98	24.90	-22.76	77.85

Costos Económicos e Índices de costos - Tratamiento Superficial doble

250Km	TPD		TIR TPD		VPN TPD	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Húmedo tropical	172.87	316.21	1.05	24.45	-29.36	76.07
Muy húmedo tropical	172.44	313.52	-4.20	12.23	-38.30	21.74
Seco tropical	172.58	315.92	2.18	26.78	-18.15	84.59
Muy húmedo montano	175.52	325.62	1.50	25.88	-20.00	78.65

moneda : miles de millones de pesos Colombianos

De las anteriores tablas se observa que en muchos de los casos, el valor de los indicadores de costo presenta valores negativos, lo cual quiere decir que bajo ciertas condiciones de clima y resistencia de la subrasante, ninguna de las dos alternativas (Tradicional y Tratamiento Superficial) ofrece la suficiente rentabilidad para invertir en la construcción de estos tramos, siendo necesario recurrir a técnicas de construcción distintas a las planteadas en este proyecto de grado.

Con respecto a los tramos que muestran indicadores positivos es necesario determinar bajo que indicador de costo se analizará cada tramo, es decir, a través de la tasa interna de retorno (TIR) o por medio del valor presente neto (VPN). Una vez definido el indicador se deberá fijar un valor mínimo, en donde los resultados superiores a este, serán considerados rentables.

6 CONCLUSIONES

- Si se hubiera contemplado la implementación de la técnica de construcción con Tratamientos Superficiales para la ejecución del Plan 2500, el ahorro del proyecto estaría alrededor de los ciento noventa mil millones de pesos (\$190.000.000.000) en vías con tráfico bajo, y alrededor de los siete mil millones de pesos (\$7.000.000.000) en vías con tráfico alto en una red vial conformada con un porcentaje del sesenta por ciento (60%) para Geografía Montañosa y cuarenta por ciento (40%) en Geografía Plana.

Sin embargo se identificó que al aumentar el porcentaje de vías con Geografía Montañosa se presentaron incrementos en los costos por tramo. Este incremento tuvo el mismo valor porcentual para las dos alternativas en donde los Tratamientos Superficiales, presentaron siempre ahorros. En cuanto a las vías con Geografía Plana se presentó una disminución en estos costos, este decremento porcentual fue del mismo valor para las dos alternativas y se mantuvo la tendencia de ahorro por parte de los Tratamientos Superficiales.

- Las principales variables que afectaron de manera tangible los índices de precios y relación beneficio costo por tramo fueron: la zona climática a la que se sometían los tramos, la resistencia de la subrasante, el índice de rugosidad para la *alternativa superficial* y el tráfico presente sobre las alternativas propuestas.

A través de las zonas climáticas se pudo determinar que de ninguna manera es viable invertir en la *alternativa tradicional* o de *tratamientos*

superficiales cuando la resistencia del suelo es pobre (CBR 2%) y la zona climática presente alta humedad (muy húmedo subtropical, muy húmedo tropical, muy húmedo montano y húmedo subtropical), ni en vías con tráfico bajo o alto pues los índices de costos obtenidos fueron negativos. Sin embargo se identificó que en vías con un TPD Alto (410 vehículos motorizados) y climas secos los índices de costos adquieren valores positivos, siendo estos mayores siempre para la alternativa de Tratamientos Superficiales.

En suelos con mayor capacidad estructural (CBR 5% - 9%) se observó que las zonas climáticas húmedas con TPD Bajo (200 vehículos motorizados) generaron indicadores de costos negativos para Geografías Montañosas y Planas; en vías con TPD Alto esto no ocurrió, demostrando que es rentable su construcción.

Para condiciones climáticas *secas* y *muy secas* se presentaron valores positivos en las dos alternativas, siendo estos mayores en los tratamientos superficiales.

Se observó que al aumentar el índice de rugosidad eleva automáticamente los costos por tramo y se disminuye el índice de beneficio costo, consiguiendo de esta manera ahorros en costos de operación y tiempos de viaje fueron menores.

- La resistencia del pavimento depende principalmente del tipo de suelo y el tráfico presente del proyecto, de esta forma se logra obtener una estructura adecuada que brinde confiabilidad y comodidad, reduciendo los costos de operación y los tiempos de viaje de los usuarios.

7 BIBLIOGRAFÍA

- BENAVIDES CARLOS. Apuntes de clase Universidad del Cauca, 2008
- MONTEJO FONSECA, Alfonso; ingeniería de pavimentos para carreteras, universidad católica de Colombia, segunda edición, Bogotá 2001
- RICO RODRÍGUEZ, A., Téllez Gutiérrez, R., Garnica Anguas, P., Instituto Mexicano Del Transporte, Secretaría De Comunicaciones Y Transporte, “Pavimentos Flexibles. Problemática, Metodología De Diseño Y Tendencias.”, Publicación Técnica No. 104, Sanfandila, Qro, 1998
- VÁSQUEZ VARELA, Luis Ricardo; “*Pavement Condition Index (PCI)*”; Ingeniería de Pavimentos Universidad Nacional de Colombia; Manizales; 2002
- Artículo 400-06 disposiciones generales para la ejecución de riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales, sellos de arena asfalto, lechadas asfálticas, mezclas asfálticas en frío y en caliente y reciclado de pavimentos asfálticos.
- Consejo De Directores De Carreteras De Iberia E Iberoamérica; “M5.1. Catálogo De Deterioros De Pavimentos Flexibles”, Volumen N° 10, 2002.

- Estudio E Investigación Del Estado Actual De Las Obras De La Red Nacional De Carreteras, Convenio Interadministrativo 0587 – 03, “Manual Para La Inspección Visual De Pavimentos Flexibles”, Bogotá, D.C, Octubre De 2006.
- Ministerio De Transporte República De Colombia, Dirección De Transporte Y Tránsito, Subdirección De Transporte, Grupo De Investigación Y Desarrollo En Transporte; “Parque Automotor De Transporte De Carga En Colombia”, Bogotá, Octubre, 2006.
- Información suministrada en Diplomado en Construcción y Rehabilitación de Pavimentos, realizado en la Universidad Pontificia Bolivariana.
- ARTÍCULO 420 - 06 RIEGO DE IMPRIMACIÓN
- ARTÍCULO 430 - 06 TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE
- ARTÍCULO 431 - 06 TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE
- Visión General de HDM-4, Manual de usuario software, ISBN: 2-84060-059-5

ANEXOS

ANEXO A: COSTOS EQUIPOS EN COLOMBIA

ANEXO A: COSTO DEL EQUIPO EN COLOMBIA AÑO 2008

En el presente estudio se ha tomado como costo inicial de las máquinas el valor promedio de los equipos nuevos en el mercado de los Estados Unidos, obtenidos del Green Guide, que da periódicamente el valor de los equipos de construcción nuevos en la fábrica de U.S.A. y el de los distribuidores en Colombia, para equipos de otros países y para la fabricación nacional.

Para poder utilizar estos valores se calculó para cada tipo de máquina un factor de conversión que contempla los costos de importación de equipo y los demás gastos necesarios para obtenerlo en Bogotá.

COSTO DEL EQUIPO								
Impoventas 16% (V)	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%
Derechos de Aduana (K)	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%
Valor de la máquina de us\$ dólares (Fca. E. U.A.)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Gastos de Transporte y Embarque	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fletes Marítimos	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Seguros marítimos	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
CIF	109.80	109.80	109.80	109.80	109.80	109.80	109.80	109.80
Gastos Internación 2.45% del CIF	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69
Derechos de Aduana V x CIF	-	5.49	10.98	16.47	21.96	27.45	32.94	38.43
Impoventas V x CIF	17.57	17.57	17.57	17.57	17.57	17.57	17.57	17.57
Impoventas del derecho de Aduana V x K x CIF	-	0.88	1.76	2.64	3.51	4.39	5.27	6.15
Apertura de carta de crédito, comisiones bancarias, etc.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Transportes y seguros terrestres	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Porcentaje para compensar la devaluación y costos de financiación	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
TOTAL	140.058	146.427	152.795	159.163	165.532	171.900	178.269	184.637
Factor de Conversión FC =(DOLARxTOTAL)/ 100	2,801.16	2,928.53	3,055.90	3,183.27	3,310.63	3,438.00	3,565.37	3,692.74

DÓLAR	140.058	146.426	152.795	159.163	165.532	171.900	178.268	184.637
		2,000.0						

Al estudiar los diferentes factores se determinó que todos tienen una parte constante y varían solamente en función de los derechos de aduana y del impuesto a las ventas, causa que nos llevó a establecer una fórmula empírica que permite determinar para cualquier equipo básico el factor de conversión en función del impuesto a las ventas y arancel aduanero. Esta es:

$$F.C. = (Tasa Representativa)/100 \times (122.49 + 1.098K + 0.01098KV + 1.098V)$$

K= Derechos en Aduana en %

V= Impuestos a las ventas en %

ANEXO B: COSTO DE POSESION O DE PROPIEDAD

ANEXO B: COSTO DE POSESIÓN O DE PROPIEDAD

Depreciación = (Valor depreciable de la máquina)/ (tiempo de posesión de la máquina)

Asumiendo un tiempo de posesión de **H** horas anuales y llamando **N** los años que se posee el equipo

En donde el valor depreciable = (Valor total sin llantas) - (Valor de reventa)

P= Porcentaje que se recupera al vender la máquina

$$VD=VT-VR$$

$$VR= VT \times P$$

$$VD= VT-VT \times P$$

$$VD= VT(1-P)$$

Depreciación horaria = (Valor depreciable)/(H x N)

$$DH= VD/(H \times N)$$

$$DH= VT \times (1-P)/(H \times N) \quad (1)$$

INTERESES IMPUESTOS Y SEGUROS.

E= Intereses + seguros, para 2008 es 18% +2.1% = 20.1%

Valor medio anual = VMA = [(N+1)/2N]x (VT)

Valor medio horario = VMH=VMA/H

$$VMH= VT \times (N+1)/(2N \times H)$$

En donde N representa los años de posesión del equipo. Sumando los

porcentajes correspondientes a intereses, y seguros se computan como 0.201 del valor medio así:

Intereses y seguros= E = 0.201x VMH

$$E= 0.201 \times VT \times (N+1)/(2N \times H) \quad (2)$$

ESTACIONAMIENTO Y BODEGAJE.

El estacionamiento y bodegaje se toma como el 1.3% del valor medio horario

Bodegaje= B= 0.013x VMH

$$B= 0.013 \times VT \times (N+1)/(2N \times H) \quad (3)$$

COSTOS DE PROPIEDAD.

Costo de propiedad = depreciación + intereses y seguros + estacionamiento y bodegaje

Reemplazando cada uno de los factores anteriores por (1), (2) y (3) respectivamente se obtiene:

$$CP= DH+E+B = (1)+(2)+(3)$$

$$CP=VT \times (1-P)/(H \times N) + 0.201 \times VT \times (N+1)/(2N \times H) + 0.013 \times VT \times (N+1)/(2N \times H)$$

$$CP=VT \times ((1-P) + (E+B)(N+1)/2)/(H \times N)$$

$$\text{CON } E+B=0.201+0.013= 0.214$$

ANEXO C: COSTO AUTOMÓVIL

ANEXO C: TARIFAS DE EQUIPO SEGÚN ACIC					
CÁLCULO DE TARIFAS DE EQUIPOS					
MARCA	chevrolet	MODELO	Aveo		
		CAPACIDAD			
MOTOR(HP)					
PESO KG					
LLANTAS	185/60R14				
		\$ US	\$ financiero	\$ economico	
Valor del equipo		10,807.48	31,650,000	21,614,955	
Valor de las llantas			668,000	456,202	
Valor total de Compra			30,982,000		
Valor Depreciable			27,883,800	Tiempo de posesión	5,760
Depreciación horaria		4,841		Vida útil de las llantas	1,500
Factor de conversión		2,928.53		Tasa de cambio \$/US	2,000.00
Cx1000		0.3606			
COSTO DE PROPIEDAD					
Valor depreciable x C/1000					10,055
COSTOS DE OPERACIÓN					
Reparaciones (Mano de obra y repuestos)					
1.2375 x Depreciación horaria					5,990.66
Valor de llantas/vida útil					445
COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES					
	PRECIO POR GALÓN	CONSUMO GAL/HORA	DESPERDICIO 10.0%	VALOR \$/H	
A.C.P.M.	5,600.00	0.00	-	-	
Gasolina	6,737.00	0.15	0.1650	1,111.61	
Aceite Hidráulico	45,000.00	0.02	0.0220	990.00	
Aceite motor	26,000.00	0.00	-	-	
Aceite de transmisión	32,000.00	0.03	0.0330	1,056.00	
Grasa (libras)	6,000.00	0.03	0.0330	198.00	
SUB-TOTAL				3,355.61	
Filtros Tanques y Lubricantes(20% de Combustibles)				671.12	
TOTAL COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES					4,026.73
MANEJO operador + ayudante					-
TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN					10,463
TARIFA DIRECTA HORARIA					20,517

ANEXO D: COSTO BUS

ANEXO D: TARIFAS DE EQUIPO SEGÚN ACIC						
CÁLCULO DE TARIFAS DE EQUIPOS						
MARCA	chevrolet	MODELO	NKR			
		CAPACIDAD				
MOTOR(HP)						
PESO KG						
LLANTAS	185/65R15					
		\$ US	\$ financiero	\$ economico		
Valor del equipo		23,758.52	69,577,500	47517046.1		
Valor de las llantas			1,776,000	1212896.04		
Valor total de Compra			67,801,500			
Valor Depreciable			61,021,350	Tiempo de posesión		46,080
Depreciación horaria		1,324		Vida útil de las llantas		1,500
Factor de conversión		2,928.53		Tasa de cambio \$/US		2,000.00
Cx1000		0.0451				
COSTO DE PROPIEDAD						
Valor depreciable x C/1000			\$/HORA			2,750
COSTOS DE OPERACIÓN						
Reparaciones (Mano de obra y repuestos)						
1.2375 x Depreciación horaria			\$/HORA		1,638.76	
Valor de llantas/vida útil			\$/HORA		1,184	
COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	PRECIO POR GALÓN	CONSUMO GAL/HORA	DESPERDICIO 10.0%	VALOR \$/H		
A.C.P.M.	5,600.00	0.00	-	-		
Gasolina	6,737.00	0.15	0.1650	1,111.61		
Aceite Hidráulico	45,000.00	0.02	0.0220	990.00		
Aceite motor	26,000.00	0.00	-	-		
Aceite de transmisión	32,000.00	0.03	0.0330	1,056.00		
Grasa (libras)	6,000.00	0.03	0.0330	198.00		
SUB-TOTAL				3,355.61		
Filtros Tanques y Lubricantes(20% de Combustibles)				671.12		
TOTAL COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES			\$/HORA		4,026.73	
MANEJO operador + ayudante					-	
TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN					\$/HORA	6,849
TARIFA DIRECTA HORARIA					\$/HORA	9,600

ANEXO E: COSTO CAMIÓN C2-PEQUEÑO

ANEXO E: TARIFAS DE EQUIPO SEGÚN ACIC					
CÁLCULO DE TARIFAS DE EQUIPOS					
MARCA	chevrolet	MODELO	NHR		
		CAPACIDAD			
MOTOR(HP)					
PESO KG					
LLANTAS	195/75R16				
		\$ US	\$ financiero	\$ economico	
Valor del equipo		19,311.18	56,553,333	38622361.4	
Valor de las llantas			2,076,000	1417777.12	
Valor total de Compra			54,477,333		
Valor Depreciable			49,029,600	Tiempo de posesión	34,560
Depreciación horaria		1,419		Vida útil de las llantas	1,500
Factor de conversión		2,928.53		Tasa de cambio \$/US	2,000.00
Cx1000		0.0601			
COSTO DE PROPIEDAD					
Valor depreciable x C/1000					2,947
COSTOS DE OPERACIÓN					
Reparaciones (Mano de obra y repuestos)					
1.2375 x Depreciación horaria					1,755.62
Valor de llantas/vida útil					1,384
COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	PRECIO POR GALÓN	CONSUMO GAL/HORA	DESPERDICIO 10.0%	VALOR \$/H	
A.C.P.M.	5,600.00	0.00	-	-	
Gasolina	6,737.00	0.15	0.1650	1,111.61	
Aceite Hidráulico	45,000.00	0.02	0.0220	990.00	
Aceite motor	26,000.00	0.00	-	-	
Aceite de transmisión	32,000.00	0.03	0.0330	1,056.00	
Grasa (libras)	6,000.00	0.03	0.0330	198.00	
SUB-TOTAL				3,355.61	
Filtros Tanques y Lubricantes(20% de Combustibles)				671.12	
TOTAL COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES					4,026.73
MANEJO operador + ayudante					-
TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN					7,166
TARIFA DIRECTA HORARIA					10,113

ANEXO F: COSTO CAMIÓN C2- GRANDE

ANEXO F: TARIFAS DE EQUIPO SEGÚN ACIC					
CÁLCULO DE TARIFAS DE EQUIPOS					
MARCA	chevrolet	MODELO	serief		
		CAPACIDAD			
MOTOR(HP)					
PESO KG					
LLANTAS	275/40R20				
		\$ US	\$ financiero	\$ economico	
Valor del equipo		35,824.60	104,913,333	71649192.6	
Valor de las llantas			6,966,000	4757338.84	
Valor total de Compra			97,947,333		
Valor Depreciable			88,152,600		Tiempo de posesión 34,560
Depreciación horaria		2.551			Vida útil de las llantas 1,500
Factor de conversión		2,928.53			Tasa de cambio \$/US 2,000.00
Cx1000		0.0601			
COSTO DE PROPIEDAD					
Valor depreciable x C/1000					\$/HORA 5,298
COSTOS DE OPERACIÓN					
Reparaciones (Mano de obra y repuestos)					
1.2375 x Depreciación horaria					\$/HORA 3,156.51
Valor de llantas/vida útil					\$/HORA 4,644
COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES					
	PRECIO POR GALÓN	CONSUMO GAL/HORA	DESPERDICIO 10.0%	VALOR \$/H	
A.C.P.M.	5,600.00	0.00	-	-	
Gasolina	6,737.00	0.15	0.1650	1,111.61	
Aceite Hidráulico	45,000.00	0.02	0.0220	990.00	
Aceite motor	26,000.00	0.00	-	-	
Aceite de transmisión	32,000.00	0.03	0.0330	1,056.00	
Grasa (libras)	6,000.00	0.03	0.0330	198.00	
SUB-TOTAL				3,355.61	
Filtros Tanques y Lubricantes(20% de Combustibles)				671.12	
TOTAL COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES					\$/HORA 4,026.73
MANEJO operador + ayudante					-
TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN					\$/HORA 11,827
TARIFA DIRECTA HORARIA					\$/HORA 17,125

ANEXO G: APU MÉTODO TRADICIONAL

REPUBLICA DE COLOMBIA INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS
---	--------------------------------------

CARRETERA :

ITEM: MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC - 2

ESPECIFICACIÓN:

UNIDAD : M3

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE		\$ 74,439.23	10.00	\$ 7,443.92	
RETROCAVADORA TIPO E 200		\$ 137,426.28	10.00	\$ 13,742.63	
VOLQUETA		\$ 74,439.23	10.00	\$ 7,443.92	
TERMINADORA DE ASFALTO		\$ 97,343.61	10.00	\$ 9,734.36	
COMPACTADOR VIBRATORIO (10 TON)		\$ 74,439.23	10.00	\$ 7,443.92	
COMPACTADOR NEUMATICO		\$ 57,260.95	10.00	\$ 5,726.09	
HERRAMIENTA MENOR (10%MO)				\$ 231.90	
Sub-Total					\$ 51,766.75

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
MEZCLA DENSA MDC -2	M3	\$ 245,000.00	1.00	\$ 245,000.00	
SEÑAL TEMPORAL					
Sub-Total					\$ 245,000.00

III. TRANSPORTES

Material	Vol-peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
MEZCLA DENSA MDC-2	1.00	50.0	50.0	\$ 911.98	\$ 45,598.91	
Sub-Total					\$ 45,598.91	

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
OBREROS (6)	\$ 172,500.00	185%	\$ 319,125.00	200.00	\$ 1,595.63	
RASTRILLEROS (2)	\$ 46,000.00	185%	\$ 85,100.00	200.00	\$ 425.50	
OFICIAL	\$ 32,200.00	185%	\$ 59,570.00	200.00	\$ 297.85	
Sub-Total					\$ 2,318.98	

Total Costo Directo

\$ 344,684.63

V. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor Total	
ADMINISTRACION	20%	\$ 68,936.93	
IMPREVISTOS	5%	\$ 17,234.23	
UTILIDAD	5%	\$ 17,234.23	
Sub-Total			\$ 103,405.39

Precio unitario total aproximado al peso

126

\$ 448,090.00

ANEXO H: APU TRATAMIENTO SUPERFICIAL

REPUBLICA DE COLOMBIA INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS
---	--------------------------------------

CARRETERA :

ITEM: TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE CON EMULSIÓN CRR-2M

UNIDAD : M2

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
CARROTANQUE IRRIGADOR DE ASFALTO		\$ 45,808.76	40.00	1,145.22	
ESPARCIDOR DE GRAVILLA (incluye volqueta)		\$ 57,260.95	40.00	1,431.52	
COMPACTADOR NEUMATICO		\$ 57,260.95	40.00	1,431.52	
COMPRESOR (Barrido y/o Soplado de la Superficie Pavimento)		\$ 25,194.82	40.00	629.87	
Sub-Total					4,638.14

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
AGREGADO PETREO PARA TSD PRIMER RIEGO	M3	\$ 43,500.00	0.025	1,087.50	
AGREGADO PETREO PARA TSD SEGUNDO RIEGO	M3	\$ 42,600.00	0.013	532.50	
EMULSION (CRR-2)	LT	\$ 940.00	5.300	4,982.00	
SEÑAL PREVENTIVA					
Sub-Total					6,602.00

III. TRANSPORTES

Material	Vol-peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
AGREGADO PETREO	0.038	50.00	1.88	851.87	1,597.25	
Sub-Total						1,597.25

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
OBREROS (5)	\$ 138,000.00	185%	\$ 255,300.00	250.00	1,021.20	
OFICIAL	\$ 32,200.00	185%	\$ 59,570.00	250.00	238.28	
Sub-Total						1,259.48

Total Costo Directo

14,096.87

V. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor Total	
ADMINISTRACION	20%	2,819.37	
IMPREVISTOS	5%	704.84	
UTILIDAD	5%	704.84	
Sub-Total			4,229.06

Precio unitario total aproximado al peso

18,326.00