

**DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE: VIA PASTO –
MOCOA RUTA 10 TRAMO 1003 SECTOR SANTIAGO – SAN FRANCISCO
PR 50+0780 – PR 70+1000**

**ING. DARIO FERNANDO BUCHELY MUÑOZ
ING. EMERSON LEANDRO TULCAN ALVARADO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS
PASTO – COLOMBIA
2009**

**DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE: VIA PASTO –
MOCOA RUTA 10 TRAMO 1003 SECTOR SANTIAGO – SAN FRANCISCO
PR 50+0780 – PR 70+1000**

**ING. DARIO FERNANDO BUCHELY MUÑOZ
ING. EMERSON LEANDRO TULCAN ALVARADO**

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar el título de
Especialista en Ingeniería de Carreteras**

**DIRECTOR
ING. RICHARD MAURICIO RINCÓN JURADO
ESPECIALISTA EN VÍAS DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS
PASTO – COLOMBIA
2009**

Artículo 71: Los conceptos, afirmaciones y opiniones emitidos en el Trabajo de Grado son responsabilidad única y exclusiva del (los) Educando (s).

Acuerdo No. 028 del 26 de noviembre de 2007

Por el cual se aprueba el Reglamento de Investigaciones y Publicaciones

NOTA DE ACEPTACIÓN

COMENTARIOS

Jurado 1

Jurado 2

Pasto, 8 de Mayo de 2009

A nuestras familias, que nos apoyaron durante todo el tiempo que estudiamos.

A María Victoria, Juan José, Valeria y Margarita (q.e.p.d.).

A Aura Clemencia Alvarado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Al Director de este Trabajo de Aplicación Ingeniero Richard Mauricio Rincón Jurado.

Ingeniero Pedro Saganome.

Ingeniero Armando Muñoz David.

Ingeniero Hernando Muñoz Lara.

Ingeniero José Ricardo Burbano Bárcenas, Director Territorial Putumayo INVIAS.

Cooperativa de Trabajo Asociado “La Cabaña”.

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE TABLAS	11
LISTA DE FIGURAS	14
LISTA DE ANEXOS	15
GLOSARIO	16
RESUMEN	19
ABSTRACT	20
INTRODUCCION	21
1. OBJETIVOS	23
1.1. OBJETIVO GENERAL	23
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	23
2. JUSTIFICACION	25
3. METODOLOGIA	26
3.1. RECOLECCION DE ANTECEDENTES	26
3.2. PRONOSTICO DEL TRANSITO	26
3.3. ESTABLECIMIENTO DE LA CONDCCION DEL PAVIMENTO	26
3.4. JUICIO SOBRE LA CAPACIDAD DEL PAVIMENTO	27
3.5. ESTUDIO DE SOLUCIONES POTENCIALES	27
3.5.1. Identificación de limitantes	27
3.5.2. Selección de alternativas factibles	27
3.6. DISEÑO DE LA REHABILITACION	28

4.	INSPECCION VISUAL	29
4.1.	ESTADO DE LA CALZADA	30
4.2.	DAÑOS PREVALECIENTES	30
4.3.	REPORTE DE DAÑOS	32
5.	EVALUACION DEFLECTOMETRICA	33
5.1.	METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN	33
5.2.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	35
5.3.	SECCIONAMIENTO	36
6.	INVESTIGACION GEOTECNICA	40
7.	ESTUDIO DE TRANSITO	42
7.1.	INTRODUCCIÓN	42
7.2.	PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO	42
7.2.1.	Estación de conteo 658 Encano - Sibundoy	42
7.2.2.	Estación de conteo 888 Sibundoy – El Pepino	49
7.3.	CONCLUSION	54
8.	SECTORIZACION	56
9.	MODELIZACION	57
9.1.	SECTORES HOMOGÉNEOS	57
9.2.	MÓDULOS DE ELASTICIDAD (E) DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO EXISTENTE	57
9.2.1.	Subrasante	58
9.2.2.	Capas Granulares	59
9.2.3.	Carpeta Asfáltica Existente	60
9.3.	CONVERGENCIA DE LOS PARÁMETROS DEFLECTOMÉTRICOS CALCULADOS CON LOS MEDIDOS EN EL PAVIMENTO EXISTENTE	61

9.4.	ESTRUCTURAS MODELADAS	61
10.	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS FACTIBLES	64
11.	DISEÑO DE LA REHABILITACION PARA LAS CONDICIONES ACTUALIZADAS	67
11.1.	PARÁMETROS DE DISEÑO	67
11.1.1.	Tránsito	67
11.1.2.	Factores Climáticos	67
11.1.3.	Resistencia de la Subrasante (CBR)	68
11.1.4.	Caracterización de la Capa Asfáltica de Refuerzo	68
11.1.5.	Modelos Estructurales	69
11.2.	DISEÑO DE REFUERZO SEGÚN METODOLOGÍA AASHTO	69
11.2.1.	Números Estructurales (SN) de las capas Estructurales	70
11.3.	MÉTODO RACIONAL	75
11.3.1.	Deformaciones Admisibles consideradas para Diseño	75
11.3.2.	Diseño Mecánico de la Rehabilitación	78
11.3.3.	Soluciones de Refuerzo por Métodos Racionales	87
11.4.	SELECCIÓN DE ESPESOR DE SOBRECAPA DE REFUERZO	107
11.5.	RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO DE REFUERZO	108
12.	PRESUPUESTO	110
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	112
	BIBLIOGRAFIA	115
	ANEXO 1. INSPECCION VISUAL	118
	ANEXO 2. VIGA BENKELMAN	187
	ANEXO 3. ESTUDIO GEOTECNICO PARA REHABILITACION DE LA CARRETERA PASTO – SAN FRANCISCO 1994	217

ANEXO 4. ENSAYOS DE LABORATORIO	240
ANEXO 5. DISEÑO MARSHALL	243
ANEXO 6. CALCULOS PROGRAMAS BANDS Y BISAR	263
ANEXO 7. PRESUPUESTO	277

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 4.1 Metodología para la determinación y calificación del estado de la red vial	31
Tabla 5.1 Sectores con valores de radio de curvatura menor a 80 metros	35
Tabla 5.2 Unidades de análisis	37
Tabla 5.3 Deflexión característica de sectores analizados	39
Tabla 6.1 Características de la estructura de pavimento existente	40
Tabla 6.2 Análisis de extracción de mezclas asfálticas	41
Tabla 7.1 Serie histórica y composición del tránsito promedio diario semanal Regional No. 19 Putumayo estación No. 658 sector Encano – Sibundoy	43
Tabla 7.2 Tránsito equivalente diario	44
Tabla 7.3 Cálculo ejes equivalentes de 8,2 toneladas	45
Tabla 7.4 Tránsito equivalente diario	46
Tabla 7.5 Análisis de regresión del tránsito equivalente	46
Tabla 7.6 Comparación de tránsitos equivalentes diarios	47
Tabla 7.7 Cálculo del tránsito equivalente normal con nivel de confianza del 90% para período de diseño de 10 años	47
Tabla 7.8 Cálculo ejes equivalentes de 8,2 toneladas	48
Tabla 7.9 Serie histórica y composición del tránsito promedio diario semanal Regional No. 19 Putumayo estación No.888 sector Sibundoy - El Pepino	49
Tabla 7.10 Tránsito equivalente diario	50
Tabla 7.11 Cálculo ejes equivalentes de 8,2 toneladas	51
Tabla 7.12 Tránsito equivalente diario	51
Tabla 7.13 Análisis de regresión del tránsito equivalente	52
Tabla 7.14 Comparación de tránsitos equivalentes diarios	52
Tabla 7.15 Cálculo del tránsito equivalente normal con nivel de confianza del 90% para período de diseño de 10 años	53

Tabla 7.16	Cálculo ejes equivalentes de 8,2 toneladas	54
Tabla 7.17	Tránsito pasado y esperado de la vía Santiago – San Francisco	54
Tabla 8.1	Sectorización de la vía Santiago – San Francisco	56
Tabla 9.1	Sectores homogéneos	58
Tabla 9.2	Módulo de elasticidad de la subrasante	59
Tabla 9.3	Módulo de elasticidad de las capas granulares	59
Tabla 9.4	Módulo de la elasticidad de las capas asfálticas	61
Tabla 9.5	Estructura del sector 1 (K51+100 - K56+500) $D_C = 99$ (0,01mm) $D_{25} = 75$ (0,001mm)	62
Tabla 9.6	Estructura del sector 2 (K57+800 - K63+450) $D_C = 94$ (0,01mm) $D_{25} = 79$ (0,01mm)	62
Tabla 9.7	Estructura del sector 3 (K65+750 - K68+150) $D_C = 106$ (0,01mm) $D_{25} = 95$ (0,01mm)	62
Tabla 9.8	Estructura del sector 4 (K68+150 - K70+700) $D_C = 98$ (0,01mm) $D_{25} = 84$ (0,01mm)	63
Tabla 10.1	Alternativas de rehabilitación de pavimentos asfálticos en carreteras	64
Tabla 10.2	Cálculo de la vida residual (V_R)	66
Tabla 11.1	Tránsito pasado y esperado de la vía Santiago – San Francisco	67
Tabla 11.2	Diseño rehabilitación sector 1: K51+100 - K56+500	71
Tabla 11.3	Diseño rehabilitación sector 2: K57+800 - K63+450	72
Tabla 11.4	Diseño rehabilitación sector 3: K65+750 - K68+15	73
Tabla 11.5	Diseño rehabilitación sector 4: K68+150 - K70+700	74
Tabla 11.6	Valores admisibles de deformación unitaria de tracción en la base de la capa de refuerzo	77
Tabla 11.7	Valores admisibles de deformación unitaria de tracción en la base de la capa asfáltica existente	77
Tabla 11.8	Valores admisibles de deformación por compresión sobre la subrasante	78
Tabla 11.9	Factor de ajuste (F_s)	83
Tabla 11.10	Deformaciones admisibles	88
Tabla 11.11	Estructura existente sector 1: K51+100 - K56+500	88
Tabla 11.12	Diseño rehabilitación sector 1: K51+100 - K56+500	89

Tabla 11.13 Estructura existente sector 2: K57+800 - K63+450	94
Tabla 11.14 Diseño rehabilitación sector 2: K57+800 - K63+450	95
Tabla 11.15 Estructura existente sector 3: K65+750 - K68+150	99
Tabla 11.16 Diseño rehabilitación sector 3: K65+750 - K68+150	100
Tabla 11.17 Estructura existente sector 4: K68+150 - K70+700	104
Tabla 11.18 Diseño rehabilitación sector 4: K68+150 - K70+700	105
Tabla 11.19 Sobrecapa de refuerzo	108

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 4.1 Localización del proyecto	31
Figura 5.1 Seccionamiento preliminar de unidades de análisis	37

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Inspección Visual	118
Anexo 2. Viga Benkelman	187
Anexo 3. Estudio Geotécnico para Rehabilitación de la Carretera Pasto – San Francisco 1994	217
Anexo 4. Ensayos de Laboratorio	240
Anexo 5. Diseño Marshall	243
Anexo 6. Cálculos Programas Bands y Bisar	263
Anexo 7. Presupuesto	277

GLOSARIO

AASHTO: American Association of State Highway Officials (Asociación Americana de Oficiales de Autopista Estatal y transportación).

AHUELLAMIENTO: Tipo de falla en el pavimento formado por surcos o zanjas a lo largo de la carretera, coincidentes con la franja de paso de los neumáticos. Los ahuellamientos pueden ser el resultado de una consolidación o movimiento lateral de una o más capas del pavimento bajo efectos del tráfico, o pueden ser generados por un desplazamiento de la superficie misma del pavimento.

BACHE: Hueco que se forma en la superficie de rodadura producto del deterioro, desgaste o erosión.

CAPA DE RODADURA: Capa superficial de la vía que recibe directamente la acción del tránsito. Debe ser resistente al deslizamiento, a la abrasión y a la desintegración por efectos ambientales.

CAPA ASFÁLTICA: Capa compuesta de una mezcla de agregados pétreos ligados con asfalto y apoyado sobre capas de sustentación.

CBR: El índice CBR (Razón de Soporte de California) es la relación, expresada en porcentaje, entre la presión necesaria para hacer penetrar un pistón de 50 mm de diámetro en una masa de suelo compactada en un molde cilíndrico de acero, a una velocidad de 1,27 mm/min, para producir deformaciones de hasta 12,7 mm (1/2") y la que se requiere para producir las mismas deformaciones en un material chancado normalizado, al cual se le asigna un valor de 100%.

DEFLEXIÓN (AUSCULTACIONES): Deformación elástica (recuperable) que sufren los pavimentos al ser solicitados por las cargas que impone el tránsito. La deflexión que presenta un pavimento en un determinado momento es un buen indicador para estimar su vida útil remanente. Se mide tanto en centésimas de milímetro como en micrones (mm).

EJE EQUIVALENTE: Razón entre el número de ejes de cierto peso que causan una determinada pérdida de serviciabilidad y el número de ejes de 8,2 toneladas que causan la misma pérdida de serviciabilidad.

FISURA (ASFALTOS): Quiebre o rotura que afecta a las capas estructurales del pavimento, de variados orígenes, y cuyo ancho superficial es igual o menor que 3 mm.

GRIETA (ASFALTOS): Quiebre o rotura que afecta a las capas estructurales del pavimento, de variados orígenes, y cuyo ancho superficial es mayor que 3 mm.

HUNDIMIENTOS: Tipo de falla en el pavimento donde la plataforma presenta un descenso de nivel, se diferencia del bache porque afecta una mayor área (por lo general el ancho de la plataforma).

IRI: Sigla que corresponde al Índice de Rugosidad Internacional.

REHABILITACIÓN DE VÍAS: Conjunto de actividades destinadas a recuperar las características que hubieren deteriorado seriamente la vía. Comprende la rehabilitación del drenaje, mejoramiento en el trazado, escarificado, reposición mayor del afirmado, reperfilado y recompactado. Igualmente el refuerzo en puntos selectivos en la estructura de la superficie de rodadura por corregir.

RESISTENCIA A LA FATIGA: Esta propiedad es la capacidad de la mezcla para resistir flexión repetida bajo cargas de tránsito. Es una de las propiedades más importantes que debe cumplir una mezcla asfáltica que estará en servicio ya que está directamente relacionada con la durabilidad del pavimento.

RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO: Esta propiedad funcional de la mezcla se refiere a la capacidad de minimizar el riesgo de perder adherencia entre el neumático y la superficie de rodamiento, particularmente cuando la superficie esta mojada. Depende principalmente de la granulometría y el tipo de agregado grueso, ya que estas son las principales características que definen la macrotextura y microtextura de la mezcla.

SERIE HISTORICA DEL TRANSITO: Para cada estación, se presenta la información correspondiente al tránsito promedio diario semanal y el porcentaje de automóviles, buses y camiones de los últimos años, a partir de los cuales se puede determinar el porcentaje de crecimiento anual del tránsito en cada sector de conteo y adicionalmente, mediante modelos matemáticos de regresión, establecer la proyección del comportamiento del flujo vehicular en los años futuros.

TRÁNSITO: Es el número de vehículos que pasan por una vía. La unidad de medición es número de vehículos por día.

RESUMEN

Deberá entenderse como rehabilitación de un pavimento, cualquier actividad que, al mejorar la condición estructural y/o funcional del pavimento, aumenta significativamente su vida útil.

Así mismo se diagnostica el estado actual del concreto asfáltico en función del número de repeticiones de carga ocasionada por el tránsito como la acción reiterada de cargas que causan una sumatoria de deflexiones sobre la estructura y la acción del clima, presencia o no de agua, cambios de temperatura en función de los índices regionales, topografía y además de debe controlar hacia el futuro la vida residual del pavimento existente.

El concepto de rehabilitación de pavimentos está en función de la condición del pavimento contra la edad cronológica, según esto se puede definir las alternativas de rehabilitación de pavimentos que pueden ser la restauración en la cual se ejecutan trabajos que mejoran las condiciones superficiales del pavimento, pero en esta alternativa no se aumenta la capacidad estructural del pavimento, además está el refuerzo que consiste en la colocación de capas de concreto asfáltico que proporcionan la capacidad estructural adicional y mejoran la serviciabilidad, existe también el reciclado que se define como la reutilización de parte de las capas de la estructura existente mejorando por ende la capacidad estructural del mismo, finalmente y en casos cuando la edad del concreto asfáltico ha superado las expectativas de vida de diseño, esta la reconstrucción en la cual se hace una remoción de capas y se hace reemplazo parcial o total del pavimento mejorando la capacidad estructural.

ABSTRACT

BE UNDERSTOOD AS A PAVEMENT REHABILITATION, ANY ACTIVITY WHICH, BY IMPROVING THE STRUCTURAL CONDITION AND/OR FUNCTIONAL PAVEMENT, SIGNIFICANTLY INCREASES THEIR USEFUL LIFE.

IT IS DIAGNOSED THE CURRENT STATE OF THE ASPHALT CONCRETE BASED ON THE NUMBER OF REPETITIONS OF THE TRAFFIC LOAD CAUSED BY THE ACTION OF REPEATED LOADS THAT CAUSE A SUMMATION OF DEFLECTIONS ON THE STRUCTURE AND ACTION OF CLIMATE, PRESENCE OF WATER, CHANGES TEMPERATURE AS A FUNCTION OF THE REGIONAL INDICES, TOPOGRAPHY, AND ALSO MUST MONITOR FOR THE FUTURE LIFE OF THE EXISTING PAVEMENT.

THE CONCEPT OF REHABILITATION OF PAVEMENTS IS A FUNCTION OF THE CONDITION OF THE PAVEMENT AGAINST THE CHRONOLOGICAL AGE, AS IT CAN DEFINE THE ALTERNATIVES FOR REHABILITATING PAVEMENTS WHICH MAY BE THE RESTORATION WORKS WHICH ARE EXECUTED TO IMPROVE THE PAVEMENT SURFACE CONDITIONS, BUT IN THIS ALTERNATIVE DOES NOT INCREASE THE STRUCTURAL CAPACITY OF PAVEMENT, IS ALSO THE REINFORCEMENT CONSISTS OF PLACING LAYERS OF ASPHALT CONCRETE TO PROVIDE ADDITIONAL STRUCTURAL CAPACITY AND IMPROVE SERVICES, THERE IS ALSO RECYCLING IS DEFINED AS THE REUSE OF LAYERS OF THE EXISTING STRUCTURE THEREBY IMPROVING THE STRUCTURAL CAPACITY OF THE SAME, AND FINALLY IN CASES WHERE THE OLD ASPHALT CONCRETE HAS EXCEEDED THE LIFE EXPECTANCY OF DESIGN, THE RECONSTRUCTION IN WHICH A LAYER REMOVAL AND REPLACEMENT IS DONE PARTIAL OR COMPLETE IMPROVEMENT OF THE PAVEMENT STRUCTURAL CAPACITY.

INTRODUCCION

A medida que el país cuenta con una mayor longitud de caminos pavimentados, el problema de mantenerlos en un estado adecuado, que no implique trastornos significativos para los usuarios y manteniéndose dentro de un presupuesto limitado, ello ha motivado el desarrollo de una serie de procedimientos de rehabilitación de pavimentos, los que aplicados en forma adecuada y oportuna, podrían redundar en ahorros sustanciales en la inversión y en los costos de operación de los vehículos que utilizan las rutas. Se ve la necesidad como estudiantes de la especialización en ingeniería de carreteras oriundos del sector tomar la responsabilidad y ayudados de los recursos que nos brinda el Instituto Nacional de Vías realizar el diseño de la rehabilitación del mismo.

Connotando que la vía Pasto – Mocoa Ruta 10 Tramo 1003 Sector Santiago – San Francisco PR 50+0780 – PR 70+1000, pertenece al Proyecto del Corredor Intermodal Tumaco (Colombia) – Belén do Para (Brasil), se ve la importancia que tiene para la infraestructura vial del país, actualmente se está ejecutando el contrato MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PASTO – MOCOA, SECTOR EL ENCANO – SANTIAGO RUTA 10 TRAMO 1003 PR22+0800 – PR 51+0000, con lo que quedarían pavimentados cerca de 72 kilómetros desde Pasto la ciudad capital del Departamento de Nariño y el municipio de San Francisco, mejorando las condiciones de la vía, facilitando la movilización de los habitantes de esta región y la producción agrícola y ganadera que en ellas se genera.

De lo anterior se deriva como preocupación inmediata, la necesidad de prever el comportamiento de la carpeta asfáltica con el nuevo volumen de tráfico atraído a la región para vehículos de tráfico pesado, anotar que el tramo en referencia está cumpliendo con el periodo de diseño para el cual fue proyectado y además tener en cuenta que con la construcción de la variante San Francisco – Mocoa, este

tramo se convertiría en el tramo más antiguo en edad en función de la condición del pavimento, es así como se presenta la necesidad de hacer el diseño de la rehabilitación del pavimento flexible del tramo en referencia y analizar las posibles soluciones.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un diagnóstico del estado actual de la estructura del pavimento del tramo y posteriormente Realizar el Diseño de la Rehabilitación de la Estructura Existente del Pavimento, y estudiar las alternativas de la rehabilitación del mismo ya sea restauración, refuerzo, reciclado o reconstrucción.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el estado actual del deterioro de la carpeta asfáltica.
- Evaluar las posibles causas del deterioro de la misma.
- Valorar los tipos de deterioro en la calzada en función del Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles, publicación del Instituto Nacional de Vías de Octubre del 2006.
- Apreciar mediante la Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos mediante: La Recolección de Antecedentes, Evaluación funcional del Tramo, Evaluación estructural, Evaluación de las condiciones de drenaje.
- Teniendo como base los estudios de la estructura del pavimento existente identificar las diferentes capas de la estructura, reconociendo sus propiedades físicas y mecánicas más importantes.

- Con base en los resultados obtenidos por el estudio determinar la solución definitiva a la rehabilitación proponiendo una estructura del pavimento rehabilitado, además de prever la fecha en la cual el sector debe ser intervenido.
- De acuerdo a la estructura emanada en este estudio obtener el presupuesto general del proyecto de rehabilitación.

2. JUSTIFICACION

Un problema importante que encaran los entes gubernamentales es que las partidas presupuestales que reciben generalmente son insuficientes para reparar y rehabilitar en forma adecuada todo tramo carretero que se deteriora, el problema se complica aún más teniendo en cuenta que las carreteras pueden estar en malas condiciones pero todavía útiles, facilitando posponer los proyectos de reparación hasta que las condiciones se vuelvan inaceptables. El deterioro de las carreteras no es el resultado de malas prácticas de diseño y construcción, sino se debe al uso y daños que suceden durante varios años, el deterioro gradual se debe a muchos factores que incluyen variaciones de clima, drenaje y condiciones de suelo y tránsito de vehículos pesados, por lo general, el mantenimiento preventivo cuando se hace en forma ordenada y sistemática, será el método menos costoso a la larga.

En la actualidad y con los conocimientos adquiridos en rehabilitación de pavimentos se tienen todos los recursos para iniciar dicho estudio.

3. METODOLOGIA

3.1 RECOLECCIÓN DE ANTECEDENTES

En desarrollo de esta etapa, se deberá obtener toda información disponible sobre el diseño y construcción original del pavimento, sobre las obras de mantenimiento y/o rehabilitación posteriores, sobre el tránsito circulante, así como documentación sobre suelos de subrasante y materiales de construcción, datos sobre comportamiento, costos de ejecución de las obras, información climática relevante, estabilidad geológico geotécnica del corredor, fuentes de materiales, etc.

3.2 PRONÓSTICO DEL TRÁNSITO

En cumplimiento de esta etapa, se deberán realizar proyecciones destinadas a predecir el tránsito que hará uso del pavimento rehabilitado, con el fin de diseñar y construir las obras requeridas para recuperar y dimensionar la estructura al período de diseño y garantizar a dicho tránsito un adecuado nivel de servicio.

3.3 ESTABLECIMIENTO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

Se deberá realizar una evaluación detallada del pavimento existente, incluyendo un inventario de daños, medidas de deflexión, rugosidad y fricción, inspección de las obras de drenaje, así como ensayos destructivos y no destructivos para caracterizar los suelos y materiales de construcción.

3.4 JUICIO SOBRE LA CAPACIDAD DEL PAVIMENTO

En este paso, último de la primera fase, se define verdaderamente el problema, a través de la evaluación racional de la información obtenida en las etapas previas, la cual debe proporcionar el estado tanto funcional como estructural y una indicación clara de las causas del deterioro del pavimento. El éxito en el diseño de las obras reposa, en buena parte, en las decisiones que se tomen en esta etapa.

3.5 ESTUDIO DE SOLUCIONES POTENCIALES

3.5.1 Identificación de limitantes. Las limitantes técnicas, económicas, administrativas, ambientales y sociales que puedan tener los trabajos, deberán ser adecuadamente identificadas y evaluadas, por cuanto ellas afectan frecuentemente la elección de las alternativas de rehabilitación.

3.5.2 Selección de alternativas factibles. Combinando los resultados anteriores, es posible escoger algunas opciones de actuación que corrijan las causas de los deterioros y prevengan su repetición en un lapso razonable. Las alternativas de intervención incluyen, de acuerdo con los tipos de deterioros existentes, su magnitud y severidad, técnicas preventivas y curativas.

Dependiendo del estado del pavimento en el momento de la evaluación, la estructura podrá requerir simplemente acciones de mantenimiento rutinario u obras de mayor compromiso funcional o estructural, para las cuales existen muchos factores que direccionan la elección de alternativas. Es el caso, por ejemplo, de las restricciones que genera el control del tránsito automotor, las cuales permiten trabajar sólo durante algunas horas del día o sobre una parte limitada de la sección transversal de la calzada.

Generalmente, cuando se trata de acciones que exceden el mantenimiento rutinario, se consideran cuatro tipos de alternativas, denominadas 4R, las cuales comprenden:

3.5.2.1 Restauración. Que consiste en la ejecución de trabajos que mejoran la condición superficial del pavimento, pero no aumentan su capacidad estructural.

3.5.2.2 Refuerzo. Que consiste en la colocación de capas de pavimento que proporcionan capacidad estructural adicional o mejoran la serviciabilidad.

3.5.2.3 Reciclado. Que consiste en la reutilización de parte de las capas de la estructura existente, para mejorar su capacidad estructural. La adición de nuevos materiales es necesaria para mejorar la resistencia y el comportamiento del pavimento mejorado.

3.5.2.4 Reconstrucción. Que consiste en la remoción de capas y reemplazo parcial o total del pavimento, para mejorar su capacidad estructural, adaptándolo a las necesidades del tránsito futuro.

3.6 DISEÑO DE LA REHABILITACION

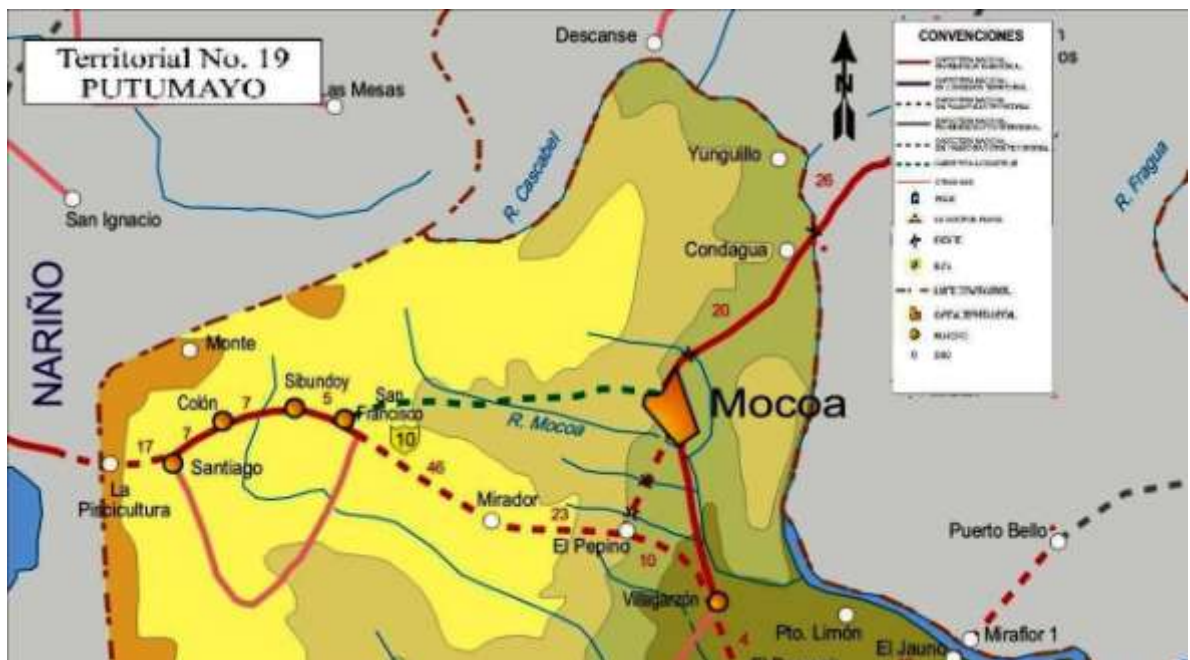
Definidas las alternativas de intervención factibles de acuerdo con el estado de la calzada y las expectativas del tránsito, se realizará el diseño detallado de ella.

Todos los criterios de decisión, tanto monetarios como no monetarios, deben ser identificados y tenidos en cuenta en el proceso de escogencia del diseño. Los factores monetarios incluyen los costos generales del transporte, es decir aquellos en los cuales incurren el ente gubernamental y los usuarios.

4. INSPECCION VISUAL

La carretera objeto del estudio, se encuentra localizada en el Departamento del PUTUMAYO y tiene una longitud aproximada de 20 kilómetros y se desarrolla por terreno prácticamente plano. Ver Figura 4.1.

Figura 4.1
Localización del proyecto ⁽¹⁾



El período de diseño considerado para la rehabilitación fue de 10 años y el número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas se calcula con los conteos realizados por el Instituto Nacional de Vías INVIAS en las estaciones de conteo 658 Encano-Sibundoy y 888 Sibundoy-El Pepino.

(1) Mapa disponible en http://www.invias.gov.co/portallG/home_1/recursos/01_general/mapas/.

La carretera actualmente no presenta deterioro representativo, salvo en algunos sitios puntuales donde el instituto nacional de vías a realizado el mantenimiento con contratos de obra.

4.1 ESTADO DE LA CALZADA

En esta etapa se llevará a cabo la auscultación detallada del tramo en estudio llevando un registro fotográfico y llenando los formatos del manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, además de un inventario detallado de las obras de drenaje del sector, con el fin de determinar el estado actual de la calzada, de acuerdo con sus condiciones de figuración y agrietamiento, así como su deformación. De acuerdo con lo anterior se evaluó el tramo, en general se observo que la superficie del tramo no tenía deterioro generalizado.

En el Anexo 1, se presentan los resultados obtenidos en la inspección visual de fallas.

Como puede observarse, en la Tabla 4.1 el nivel de deterioro de la vía es mínimo, debido a que no ha sido solicitada por cargas de transito representativas pero es de notar que las necesidades de cunetas y parcheo en sitios localizados como entre el PR 58+000 al PR70+000.

4.2 DAÑOS PREVALECIENTES

En las zonas de alto deterioro se presenta tipo de daño como fisuras longitudinales y asentamientos de tipo media luna en sitios localizados. Los demás daños como ojo de pescado y piel de cocodrilo son menores que finalmente evolucionarían en fisuración de la carpeta por fatiga, tipo piel de cocodrilo, hasta el agrietamiento total, pero si no se hace una intervención oportuna.

4.3 REPORTE DE DAÑOS

Una vez realizado el levantamiento de daños, se inicia el procesamiento de la información del campo, para reportar los resultados de la inspección visual, con base en la metodología vizir:

Análisis y procesamiento de los datos:

Con base en la información obtenida en los formatos de campo, se procede a analizar la información agrupando los daños encontrados por tipo de deterioro, severidad, y por tramo de 100 metros o similar en una hoja de cálculo, donde se calculan los porcentajes de afectación por tipo de daño, severidad y por tramo, además del porcentaje de afectación para toda la vía, con el fin de establecer los daños más frecuentes, los tramos más afectados y las áreas totales de daño.

5. EVALUACION DEFLECTOMETRICA

5.1 METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN

Se efectuó la auscultación continua utilizando una Viga Benkelman Doble, con el propósito de conocer la situación y comportamiento elástico del pavimento.

El procedimiento para medir deflexiones con la viga Benkelman doble es el siguiente:

Para realizar las lecturas de deformación se usa una volqueta Chevrolet Kodiak 157" cargada en su eje trasero con 8,2 toneladas provista de llantas de 20" Goodyear Cordillerana 1100 de 18 lonas y con 80 psi de presión de inflado. Las lecturas de deflexión se tomaron con espaciamiento de 50 metros sobre la huella externa alternando carril, donde se obtuvo la deformación bajo la rueda (D_0) y a 25 centímetros (D_{25}). Cada 500 metros también se toma lectura sobre la huella interna.

Se tomaron temperaturas del pavimento cada 500 metros con el propósito de ajustar las deflexiones a las condiciones de referencia de la prueba (20°C).

Posteriormente, con la utilización del programa Deflex, se realizó el cálculo estadístico con los valores medidos y corregidos por temperatura, para determinar la deflexión media (D_m), la desviación estándar (S), el coeficiente de variación (V) y la deflexión característica (D_c).

La deflexión característica calculada, es representativa del 85% de los datos recolectados. Su expresión de cálculo es la siguiente:

$$D_C = D_m + S$$

Donde:

- D_C = Deflexión característica de la sección analizada
- D_m = Deflexión medida en la sección
- S = Desviación Estándar de la Sección analizada

Para efecto del cálculo de la deflexión característica en la sección analizada, se desecharon los valores pico, muy alto o muy bajo, que se alejaban de los valores representativos.

El cálculo del radio de curvatura, que complementa la evaluación deflectométrica se obtiene mediante la siguiente ecuación;

$$R = \frac{3125}{2 \cdot (D_0 - D_{25})}$$

Siendo:

- R = Radio de curvatura en metros
- D_0 = Deflexión medida en el eje vertical de la carga en 0,01 mm
- D_{25} = Deflexión a 25 cm del eje vertical de carga en 0,01 mm

Valores inferiores a 80 metros de radio de curvatura, advierten debilidades estructurales del pavimento que requieren bacheo o evidencia problemas en el drenaje o taludes. Los sectores que se indican en la Tabla 5.1 deben ser analizados en detalle al momento de realizar la construcción de la rehabilitación.

Tabla 5.1
Sectores con valores de radio de curvatura menor a 80 metros

ABSCISA	RC (m)
PR51+700	67,9
PR52+650	74,4
PR53+750	72,7
PR54+350	57,9
PR54+850	69,4
PR55+250	78,1
PR55+400	78,1
PR55+900	71,0
PR56+150	78,1
PR56+200	71,0
PR61+950	66,5
PR62+800	43,4
PR66+900	72,7
PR66+950	71,0
PR68+700	57,9

5.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En el Anexo 2, se presenta toda la información relacionada con la toma de lecturas de deformación, deflexiones calculadas y su análisis estadístico, efectuada mediante la aplicación del programa Deflex que hace parte del paquete

computacional Inpaco, para el análisis y diseño de pavimentos de la Universidad del Cauca.

Con base en el Deflex, se elabora un esquema de deflexiones, representado en un perfil longitudinal, el cual se utiliza para la evaluación del tramo y su posible seccionamiento.

La selección del valor representativo de Deflexión y su Radio de curvatura, en cada sección constituye un parámetro importante para el diseño y además hace parte fundamental para la modelización de la estructura que se efectúa con el fin de constatar el funcionamiento actual del conjunto de capas que conforman el pavimento existente, así como para verificar el diseño propuesto.

5.3 SECCIONAMIENTO

Como se explicó anteriormente y apoyados en la ayuda gráfica que suministra el programa Deflex se establecieron las sectorización del tramo, con un criterio fundamentado en el comportamiento homogéneo de las deflexiones, que igualmente sea consistente con el nivel de daños y/o otras características importantes de la vía, además de la sectorización desarrollado por la firma PAULO EMILIO BRAVO Y CIA. LTDA. INGENIEROS CONSULTORES en el año 1994 con objeto de desarrollar los ESTUDIOS PARA REHABILITACION DE LA CARRETERA PASTO – SAN FRANCISCO SECTOR SANTIAGO – SAN FRANCISCO.

En la Grafica 5.1, se muestra un seccionamiento preliminar de unidades de análisis, basándose con los datos de longitud de proyecto; historia de la construcción (OR), el pavimento se construyó en 1997 y no ha sufrido rehabilitaciones; estructura de pavimento (E), todo el tramo tiene un espesor de pavimento uniforme de 10 centímetros; subrasante (S), se observan dos valores

de CBR, 1,0% para S1 y 0,6% para S2; tránsito (T), existen dos valores T1 para la estación de conteo 658 Encano - Sibundoy y T2 para la estación de conteo 888 Sibundoy - El Pepino. Con estos parámetros se definen cuatro unidades de análisis (U), referenciados en el Tabla 5.2.

Figura 5.1
Seccionamiento preliminar de unidades de análisis

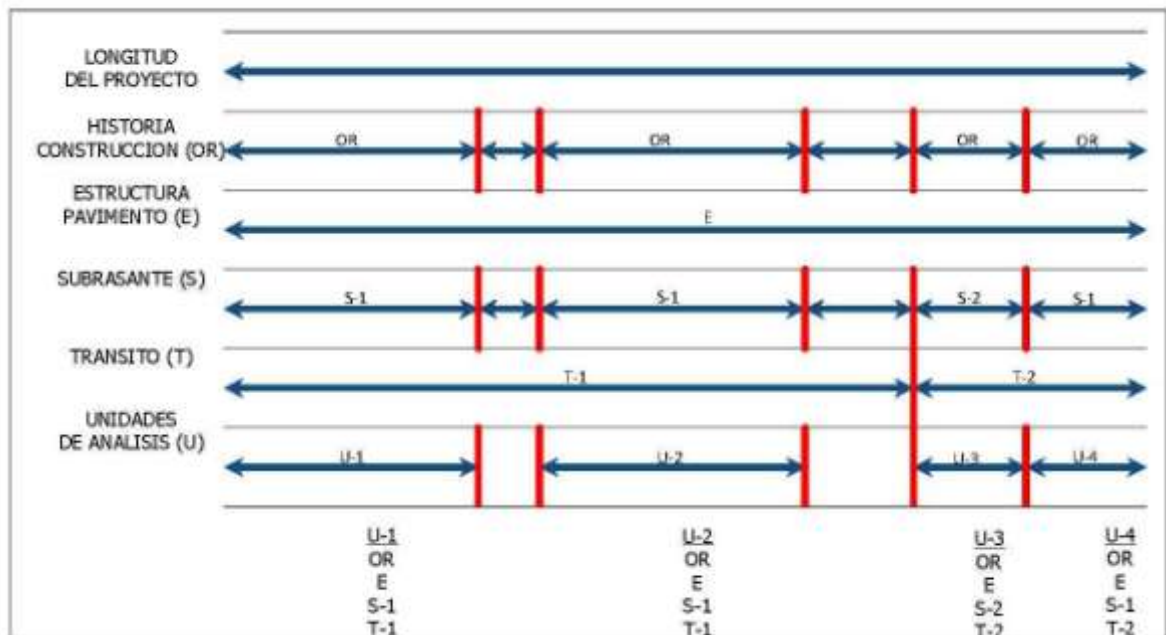


Tabla 5.2
Unidades de análisis

SECTOR	ABSCISAS	
	INICIAL	FINAL
1	PR51+100	PR56+500
2	PR57+800	PR63+450
3	PR65+750	PR68+150

4	PR68+150	PR70+700
---	----------	----------

Entonces, en cada sector definido, se efectuó la auscultación respectiva, utilizando una viga Benkelman doble, con el propósito de conocer el comportamiento y respuesta elástica del pavimento.

Con la metodología explicada en el punto 5.1 se realizó el estudio deflectométrico en las unidades de análisis, en el Anexo 2 se muestran los resultados de lectura de campo; las deflexiones que es igual a la lectura de campo multiplicada por un factor igual a 4 que es la relación de longitudes de brazo de la viga Benkelman doble; la deflexión calculada que es el valor de deflexión ajustado por temperatura, y el espesor del pavimento existente para tal efecto se utiliza la siguiente ecuación:

$$D_{CT} = \left\{ \frac{D_C}{1 + 0,008 * h * (T - 20)} \right\}$$

Donde:

D_{CT} = Deflexión calculada en 0,01 mm

D_C = Deflexión característica de la sección, para la temperatura del pavimento en el momento del ensayo, medida en 0,01 mm

h = Espesor promedio de las capas asfálticas de la sección, en cms

T° = Temperatura del pavimento al momento de realizar la medición de la deflexión en grados centígrados

En la Tabla 5.3, se muestra dicho seccionamiento, indicando su deflexión característica.

Tabla 5.3
Deflexión característica de sectores analizados

SECTOR	ABSCISAS		LONGITUD (m)	DEFLEXION CARACTERISTICA (0,01 mm)
	INICIAL	FINAL		
1	PR51+100	PR56+500	5.400	99
2	PR57+800	PR63+450	5.650	94
3	PR65+750	PR68+150	2.400	106
4	PR68+150	PR70+700	2.550	98

6. INVESTIGACION GEOTECNICA

Para el diseño de la rehabilitación de la Vía Santiago – San Francisco se tuvo en cuenta los estudios geotécnicos realizados por la firma PAULO EMILIO BRAVO Y CIA. LTDA. INGENIEROS CONSULTORES en el año 1994 con objeto de desarrollar los ESTUDIOS PARA REHABILITACION DE LA CARRETERA PASTO – SAN FRANCISCO SECTOR SANTIAGO – SAN FRANCISCO mostrados en el Volumen IV ESTUDIO GEOTECNICO PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO.

Este estudio arrojaron los datos que se muestran en la Tabla 6.1 sobre la estructura de pavimento existente, que serán usados en el diseño de la rehabilitación de la Vía Santiago – San Francisco.

Tabla 6.1
Características de la estructura de pavimento existente

SECCION		CAPA						
No.	ABSCISA	SUBRASA NTE	SUBBASE		BASE		CARPETA ASFALTICA	
		E (k/cm ²)	H (cm)	E (k/cm ²)	H (cm)	E (k/cm ²)	H (cm)	E (k/cm ²)
1	PR00+000 PR06+450	100	25	650	30	1800	10	23000
2	PR06+450 PR13+100	100	25	480	35	1680	10	23000
3	PR13+100 PR17+050	60	25	475	40	1700	10	23000
4	PR17+050 PR19+600	100	25	1220	20	3050	10	23000

En el Anexo 3 se enseña el Volumen IV ESTUDIO GEOTECNICO PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO de los ESTUDIOS PARA REHABILITACION DE LA CARRETERA PASTO – SAN FRANCISCO SECTOR SANTIAGO – SAN

FRANCISCO, realizados por PAULO EMILIO BRAVO Y CIA. LTDA. INGENIEROS CONSULTORES.

Además se realizó un ensayo de extracción a la mezcla asfáltica existente, en la Tabla 6.2 se muestran los datos más relevantes, el ensayo se muestra en el Anexo 4. Aquí se aprecia que los resultados cumplen con la normatividad vigente, esto implica que el concreto asfáltico existente se encuentra en condiciones aceptables.

Tabla 6.2
Análisis de extracción de mezclas asfálticas

ENSAYO	REQUISITOS	EXTRACCION
Asfalto (%)	F.T. +/- 0.3	6,05
Densidad de laboratorio (lb/pie ³)	–	145,4
Peso Unitario (gr/cm ³)	–	2,380
Vacios mezcla (%)	4,0 – 6,0	5,42
Vacios Agregado mineral (%)	≥ 15	16,1
Estabilidad (kgf)	≥ 900	936,4
Flujo (mm)	2,0 – 3,5	3,4

7. ESTUDIO DE TRANSITO

7.1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio de tráfico hace parte de los estudios que se realizan para la rehabilitación de la vía Santiago – San Francisco, su principal objetivo es el de determinar la demanda vehicular pasada y esperada.

7.2 PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO

Se ha tomado como base de información suministrada por el Instituto Nacional de Vías INVIAS, en las estaciones de conteo 658 Encano – Sibundoy y 888 ubicada en el tramo Sibundoy – El Pepino de la Regional No. 19 Putumayo.

Para calcular el tránsito pasado por la vía se utiliza el rango de conteo desde 1997 hasta 2007, estas fechas coinciden con la fabricación del pavimento asfáltico y el último conteo y para determinar el tráfico esperado manejaremos los tres últimos años, es decir 2005 a 2007, debido a que se observa un decrecimiento vehicular en la serie histórica y estos últimos años presentan una proyección creciente.

7.2.1 Estación de conteo 658 Encano – Sibundoy. En la Tabla 7.1 se muestran los datos de la serie histórica de la estación 658 entre los años de 1997 y 2007, que muestra: el tráfico promedio diario semanal, la composición de automóviles, buses y camiones sobre el promedio. Adicionalmente, se muestra el total semanal de vehículos comerciales discriminados.

Se tiene en cuenta:

- A** : Automóviles, camperos y camionetas
B : Buses y busetas
C2P : Camión pequeño de 2 ejes
C2G : Camión grande de 2 ejes
C3 : Camiones de 3 ejes
C4 : Camiones de 4 ejes
C5 : Camiones de 5 ejes
>C5 : Camiones con más de 5 ejes

Tabla 7.1
Serie histórica y composición del tránsito promedio diario
semanal Regional No. 19 Putumayo estación No. 658
sector Encano – Sibundoy

AÑO		TPDS	PORCENTAJE			PORCENTAJE DE CAMIONES				
			A	B	C	C2P	C2G	C3 - C4	C5	> C5
1	1997	455	49	14	37	20,0	69,5	10,0	0,5	0,0
2	1998	350	44	18	38	20,9	67,7	11,4	0,0	0,0
3	1999	397	38	16	46	22,7	62,8	14,3	0,2	0,0
4	2000	369	43	18	39	25,3	59,1	15,4	0,2	0,0
5	2001	299	38	16	46	14,6	72,7	12,7	0,0	0,0
6	2002	280	43	16	41	19,6	63,5	16,9	0,0	0,0
7	2003	339	53	7	40	19,9	66,7	13,4	0,0	0,0
8	2004	536	67	10	23	30,3	56,1	13,6	0,0	0,0
9	2005	585	75	6	19	31,1	57,7	11,2	0,0	0,0
10	2006	609	77	5	18	29,5	60,4	10,1	0,0	0,0
11	2007	323	60	8	32	15,5	75,3	9,2	0,0	0,0

7.2.1.1 Tránsito pasado. La variable tránsito se expresa como el número de repeticiones de ejes equivalentes de 8,2 toneladas (N) que circularon por el carril de diseño durante el período de construcción de la vía.

Entonces, para calcular el valor de ejes equivalentes de 8,2 toneladas que han transitado calculamos el tránsito equivalente diario con los porcentajes de vehículos comerciales y el daño que le causan al pavimento su circulación.

Factor de daño por tipo de vehículo (FD). Este factor considera el efecto de los diferentes tipos de vehículos sobre la estructura del pavimento, así:

Vehículo ligero	0.00
Bus	0.40
Camión C2-P	1.14
Camión C2-G	3.44
Camión C3 – C4	3.76
Camión C5	4.40
Camión > C5	4.72

El tráfico total equivalente expresado en número de ejes de 8,2 toneladas se indica en la Tabla 7.2.

Tabla 7.2
Tránsito equivalente diario

AÑO		TRÁNSITO EQUIVALENTE DIARIO OBSERVADO
1	1.997	533
2	1.998	424
3	1.999	567

4	2.000	445
5	2.001	452
6	2.002	367
7	2.003	420
8	2.004	365
9	2.005	321
10	2.006	318
11	2.007	332
SUMATORIA		4.544

Se calcula el tránsito pasado teniendo en cuenta un factor de distribución direccional del 50,0% porque se trata de una vía con dos carriles, y el factor de distribución por carril (1,0) uno por sentido. Entonces, se determina el número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas que han transitado desde el año 1997 hasta el año 2007 por el tramo Encano – Sibundoy, que es igual de $8,3 \cdot 10^5$. El cálculo se muestra en la Tabla 7.3.

Tabla 7.3
Cálculo ejes equivalentes de 8,2 toneladas

FACTOR DE DISTRIBUCION DIRECCIONAL	0,5
FACTOR DE DISTRIBUCION POR CARRIL (1 POR SENTIDO)	1,0
TPDS PASADO = $4.544 \cdot 365 \cdot 0,5 \cdot 1,0$	829.280
EJES EQUIVALENTES DE 8,2 TON (N)	$8,3 \cdot 10^5$

7.2.1.2 Tránsito esperado. Se calcula el tránsito esperado que se utilizará en el diseño de la rehabilitación del pavimento flexible, el período de diseño es de diez (10) años.

El tráfico total esperado expresado en número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas, se calcula teniendo en cuenta los tres últimos años del conteo. En la Tabla 7.4 se muestra el tráfico total expresado en número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas afectado por el factor de daño de cada tipo de vehículo.

Tabla 7.4
Tránsito equivalente diario

AÑO		TRÁNSITO EQUIVALENTE DIARIO OBSERVADO
9	2.005	321
10	2.006	318
11	2.007	332

Se realiza un análisis de regresión a los datos obtenidos en la Tabla 7.3 para determinar un modelo que más se les ajusta. En la Tabla 7.5 se muestra los análisis de regresión del tránsito equivalente.

Tabla 7.5
Análisis de regresión del tránsito equivalente

MODELO	FORMULA	r	r ²
Lineal	$Y=5,5X-10709$	0,746	0,556
Exponencial	$Y=7E-13*e^{0,016X}$	0,744	0,553
Logarítmico	$Y=11032*\ln(x)-83559$	0,746	0,556

Potencial	$Y=8E-11*X^{33,79}$	0,743	0,552
-----------	---------------------	-------	-------

Se observa que el modelo que más se ajusta a los datos es el lineal, se determina el tránsito con esta ecuación y se lo compara con el observado, además se realiza un análisis estadístico para determinar el error estándar. Los datos se consignan en la Tabla 7.6.

Tabla 7.6
Comparación de tránsitos equivalentes diarios

AÑO	TPDS OBSERVADO	TPDS ESTIMADO POR EL MODELO ASUMIDO	DIFERENCIA DE TRÁNSITOS	DIFERENCIA ²
2.005	321	319	-2	4
2.006	318	324	6	36
2.007	332	330	-2	4
SUMATORIA				44
ERROR ESTANDAR				7
AÑO PROMEDIO				2.006

Conociendo el error estándar y asumiendo una distribución normal para la diferencia del tránsito real con el estimado, se deduce el error de pronóstico para cada año del período de proyección. Se muestra los resultados en la Tabla 7.7.

Tabla 7.7
Cálculo del tránsito equivalente normal con nivel de confianza del 90% para período de diseño de 10 años

AÑO	TPDS PROYECTADO	ERROR DE PRONÓSTICO	ZR	CORRECCIÓN	TPDS CORREGIDO
------------	------------------------	----------------------------	-----------	-------------------	-----------------------

2.008	335	10,7	1,65	18	353
2.009	341	15,4	1,65	25	366
2.010	346	20,2	1,65	33	379
2.011	352	25,1	1,65	41	393
2.012	357	30,0	1,65	50	407
2.013	363	34,9	1,65	58	421
2.014	368	39,8	1,65	66	434
2.015	374	44,7	1,65	74	448
2.016	379	49,7	1,65	82	461
2.017	385	54,6	1,65	90	475
2.018	390	59,5	1,65	98	488
SUMATORIA					4.625

Por último, se calcula el tránsito equivalente en el período de diseño para las condiciones normales, que será igual a la sumatoria anterior afectada por 365 días del año y por los correspondientes valores de distribución direccional (0,5) y por carril (1,0). El número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas esperados que circularán por el tramo Encano – Sibundoy, es de $8,4 \cdot 10^5$. El cálculo se muestra en la Tabla 7.8.

Tabla 7.8
Cálculo ejes equivalentes de 8,2 toneladas

FACTOR DE DISTRIBUCION DIRECCIONAL	0,5
FACTOR DE DISTRIBUCION POR CARRIL (1 POR SENTIDO)	1,0
TPDS PASADO = $4.625 \cdot 365 \cdot 0,5 \cdot 1,0$	844.063

EJES EQUIVALENTES DE 8,2 TON (N)	8,4*10⁵
---	---------------------------

7.2.2 Estación de conteo 888 Sibundoy – El Pepino. En la Tabla 7.9, se muestran los datos de la serie histórica de la estación 888 entre los años de 1997 y 2007, que muestra: el tráfico promedio diario semanal, la composición de automóviles, buses y camiones sobre el promedio. Adicionalmente se muestra el total semanal de vehículos comerciales discriminados.

Tabla 7.9
Serie histórica y composición del tránsito promedio diario
semanal Regional No. 19 Putumayo estación No. 888
sector Sibundoy – El Peino

AÑO	TPDS	PORCENTAJE			PORCENTAJE DE CAMIONES					
		A	B	C	C2P	C2G	C3 - C4	C5	> C5	
1	1997	756	58	14	28	28,4	66,1	5,5	0,0	0,0
2	1998	813	66	11	23	20,7	71,5	7,8	0,0	0,0
3	1999	234	23	22	55	19,2	63,6	17,1	0,0	0,1
4	2000	262	29	22	49	16,9	66,7	16,4	0,0	0,0
5	2001	195	21	22	57	16,5	68,1	15,4	0,0	0,0
6	2002	242	28	23	49	19,3	61,6	19,1	0,0	0,0
7	2003	190	34	10	56	21,1	64,9	14,0	0,0	0,0
8	2004	241	32	22	46	21,7	63,5	14,8	0,0	0,0
9	2005	334	59	12	29	20,1	67,9	12,0	0,0	0,0
10	2006	291	61	8	31	17,0	74,6	8,4	0,0	0,0
11	2007	411	62	11	27	29,8	62,3	7,9	0,0	0,0

7.2.2.1 Tránsito pasado. La variable tránsito se expresa como el número de repeticiones de ejes equivalentes de 8,2 toneladas (N) que circularon por el carril de diseño durante el período de construcción de la vía.

El tráfico total equivalente expresado en número de ejes de 8,2 toneladas se indica en la Tabla 7.10.

Tabla 7.10
Tránsito equivalente diario

AÑO		TRÁNSITO EQUIVALENTE DIARIO OBSERVADO
1	1.997	636
2	1.998	595
3	1.999	414
4	2.000	422
5	2.001	363
6	2.002	385
7	2.003	327
8	2.004	352
9	2.005	308
10	2.006	287
11	2.007	327
SUMATORIA		4.416

Se calcula el tránsito pasado teniendo en cuenta un factor de distribución direccional del 50,0% porque se trata de una vía con dos carriles, y el factor de distribución por carril (1,0) uno por sentido. Entonces, se determina el número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas que han transitado desde el año 1997 hasta el año 2007 por el tramo Sibundoy – El Pepino que es igual de $8,1 \cdot 10^5$. El cálculo se muestra en la Tabla 7.11.

Tabla 7.11
Cálculo ejes equivalentes de 8,2 toneladas

FACTOR DE DISTRIBUCION DIRECCIONAL	0,5
FACTOR DE DISTRIBUCION POR CARRIL (1 POR SENTIDO)	1,0
TPDS PASADO = $4.416 \cdot 365 \cdot 0,5 \cdot 1,0$	805.920
EJES EQUIVALENTES DE 8,2 TON (N)	$8,1 \cdot 10^5$

7.2.2.2 Tránsito esperado. Se calcula el tránsito esperado que se utilizará en el diseño de la rehabilitación del pavimento flexible, el período de diseño es de diez (10) años.

El tráfico total esperado expresado en número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas, se calcula teniendo en cuenta los tres últimos años del conteo. En la Tabla 7.12 se muestra el tráfico total expresado en número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas afectado por el facto de daño de cada tipo de vehículo.

Tabla 7.12
Tránsito equivalente diario

AÑO	TRÁNSITO EQUIVALENTE DIARIO OBSERVADO
------------	--

9	2.005	308
10	2.006	287
11	2.007	327

Se realiza un análisis de regresión a los datos obtenidos en la Tabla 7.8 para determinar un modelo que más se les ajusta. En la Tabla 7.13 se indican los análisis de regresión del tránsito equivalente.

Tabla 7.13
Análisis de regresión del tránsito equivalente

MODELO	FORMULA	r	r ²
Lineal	$Y=9,5X-18750$	0,474	0,225
Exponencial	$Y=3E-24*e^{0,029X}$	0,458	0,210
Logarítmico	$Y=19052*\ln(x)-14456$	0,474	0,225
Potencial	$Y=2E-19*X^{60,02}$	0,457	0,209

Se observa que el modelo que más se ajusta a los datos es el lineal, se determina el tránsito con esta ecuación y se lo compara con el observado, además se realiza un análisis estadístico para determinar el error estándar. Los datos se consignan en la Tabla 7.14.

Tabla 7.14
Comparación de tránsitos equivalentes diarios

AÑO	TPDS OBSERVADO	TPDS ESTIMADO POR EL MODELO ASUMIDO	DIFERENCIA DE TRÁNSITOS	DIFERENCIA ²
2.005	308	298	-10	100
2.006	287	307	20	400

2.007	327	317	-10	100
SUMATORIA				600
ERROR ESTANDAR				24
AÑO PROMEDIO				2.006

Conociendo el error estándar y asumiendo una distribución normal para la diferencia del tránsito real con el estimado, se determina el error de pronóstico para cada año del período de proyección. Se muestra los resultados en la Tabla 7.15.

Tabla 7.15
Cálculo del tránsito equivalente normal con nivel
de confianza del 90% para período de diseño de 10 años

AÑO	TPDS PROYECTADO	ERROR DE PRONÓSTICO	ZR	CORRECCIÓN	TPDS CORREGIDO
2.008	326	36,7	1,65	61	387
2.009	336	52,8	1,65	87	423
2.010	345	69,3	1,65	114	459
2.011	355	86,0	1,65	142	497
2.012	364	102,8	1,65	170	534
2.013	374	119,6	1,65	197	571
2.014	383	136,5	1,65	225	608
2.015	393	153,4	1,65	253	646
2.016	402	170,3	1,65	281	683
2.017	412	187,2	1,65	309	721
2.018	421	204,1	1,65	337	758

SUMATORIA	6.287
------------------	--------------

Por último, se calcula el tránsito equivalente en el período de diseño para las condiciones normales, que será igual a la sumatoria anterior afectada por 365 días del año y por los correspondientes valores de distribución direccional (0,5) y por carril (1,0). El número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas esperados que circularán por el tramo Sibundoy – El Pepino, es de $1,1 \cdot 10^6$. El cálculo se muestra en la Tabla 7.16.

Tabla 7.16
Cálculo ejes equivalentes de 8,2 toneladas

FACTOR DE DISTRIBUCION DIRECCIONAL	0,5
FACTOR DE DISTRIBUCION POR CARRIL (1 POR SENTIDO)	1,0
TPDS PASADO = $6.287 \cdot 365 \cdot 0,5 \cdot 1,0$	1.147.378
EJES EQUIVALENTES DE 8,2 TON (N)	$1,1 \cdot 10^6$

7.3 CONCLUSIÓN

Teniendo en cuenta la zona de afectación de las estaciones de conteo en la Tabla 7.17 se muestra un resumen del cálculo del tránsito pasado y esperado expresado en ejes equivalentes de 8,2 toneladas para el diseño de la rehabilitación de la Vía Santiago – San Francisco.

Tabla 7.17
Transito pasado y esperado vía Santiago – San Francisco

ESTACION DE CONTEO	SECTOR	TRANSITO PASADO (ejes 8,2 ton)	TRANSITO ESPERADO (ejes 8,2 ton)

658	Encano - Sibundoy	$8,3 \cdot 10^5$	$8,4 \cdot 10^5$
888	Sibundoy – El Pepino	$8,1 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^6$

8. SECTORIZACION

Para la sectorización de los diseños del refuerzo del Pavimento, se consideró representativo el Seccionamiento efectuado en la Evaluación Deflectométrica, que coincide con la Sectorización Geotécnica realizada por los ESTUDIOS PARA REHABILITACION DE LA CARRETERA PASTO – SAN FRANCISCO SECTOR SANTIAGO – SAN FRANCISCO, realizados por PAULO EMILIO BRAVO Y CIA. LTDA. INGENIEROS CONSULTORES y con la inspección visual de los daños superficiales de la calzada. En la Tabla 8.1 se presenta la sectorización.

Tabla 8.1
Sectorización de la vía Santiago – San Francisco

SECTOR	ABSCISAS		DEFLEXION CARACTERISTICA D _c (0,01 mm)	INDICE DE DETERIORO I _s
	INICIAL	FINAL		
1	PR51+100	PR56+500	99	4
2	PR57+800	PR63+450	94	4
3	PR65+750	PR68+150	106	4
4	PR68+150	PR70+700	98	4

Los tramos comprendidos entre las abscisas PR56+500 a PR57+800 corresponde a pavimento en concreto hidráulico del Municipio de Colón y entre las abscisas PR63+450 a PR65+750 a pavimento en concreto hidráulico del Municipio de Sibundoy.

9. MODELIZACION

Efectuada la sectorización, según se explicó en capítulos anteriores y conociendo los espesores de las capas obtenidas en el estudio geotécnico, así como su deflexión característica (D_c) y su promedio equivalente medida a los 25 centímetros (D_{25}) de cada zona homogénea, se entra a analizar el comportamiento esfuerzo - deformación, caracterizado por el módulo de elasticidad dinámico y la relación de Poisson.

Para efectos de la modelización se utilizó el programa de computador Bisar de la Shell, que consiste en efectuar para cada sector homogéneo cálculos iterativos, de tal manera que la estructura analizada presente una deflexión característica y su correspondiente a 25 centímetros, evaluadas mediante la teoría elástica, valores similares a las medidas en el pavimento con la viga Benkelman doble. Precisamente la utilización de los programas de computador es el apoyo para el cálculo iterativo de los módulos de elasticidad de las capas asfálticas y granulares.

9.1 SECTORES HOMOGÉNEOS

En la evaluación deflectométrica se analiza las deflexiones estableciendo sectores con un criterio de seccionamiento basado en un comportamiento homogéneo de deflexión y consistente con el nivel de daños.

De esta manera, en la Tabla 9.1 se relaciona los sectores homogéneos analizados en la modelización:

9.2 MÓDULOS DE ELASTICIDAD (E) DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO EXISTENTE

Basándose en el diseño de pavimento original desarrollado por PAULO EMILIO BRAVO Y CIA. LTDA. INGENIEROS CONSULTORES ESTUDIOS PARA REHABILITACION DE LA CARRETERA PASTO – SAN FRANCISCO SECTOR SANTIAGO – SAN FRANCISCO, se toma los datos de módulos de elasticidad de las capas que conforman el pavimento existente.

Tabla 9.1
Sectores homogéneos

SECTOR	ABSCISAS	DEFLEX D _c (0,01 mm)	DEFLEX D ₂₅ (0,01 mm)	ESPESOR DE CAPAS (cm)		
				ASFÁLTICA	GRANULAR 1	GRANULAR 2
1	PR51+100 – PR56+500	99	75	10	30	25
2	PR57+800 – PR63+450	94	79	10	35	25
3	PR65+750 – PR68+150	106	95	10	40	25
4	PR68+150 – PR70+700	98	84	10	20	25

9.2.1 Subrasante. Aplicando el criterio del Método Shell, el módulo de elasticidad de la subrasante se encuentra en un rango que varía entre 50 y 200 veces el CBR. Generalmente, se utiliza el valor promedio de 100. En la Tabla 9.2, se muestran los valores de módulo de elasticidad de subrasante para los diferentes sectores.

La expresión propuesta por la Shell, es:

$$E (\text{subrasante}) = 100 * \text{CBR} (\text{kg/cm}^2)$$

La relación de Poisson (μ) recomendada para la subrasante es de 0,50.

Tabla 9.2
Módulo de elasticidad de la subrasante

SECTOR	ABSCISAS	CBR (%)	E SUBRASANTE (kg/cm ²)	RELACION DE POISSON μ
1	PR51+100 – PR56+500	1,0	100	0,50
2	PR57+800 – PR63+450	1,0	100	0,50
3	PR65+750 – PR68+150	0,6	60	0,50
4	PR68+150 – PR70+700	1,0	100	0,50

9.2.2 Capas Granulares. Utilizando el razonamiento para realizar la conversión de las dos capas granulares en una solo capa granular, que según el criterio 1,00 centímetro de base granular equivale a 1,35 centímetros de subbase granular.

Como todos los sectores tienen un espesor de subbase granular de 25 centímetros equivalen a 18 centímetros de subbase granular. Una vez realizada la conversión, en la Tabla 9.3, se indican los datos de espesor (H) y módulo de elasticidad (E) de la capa granular,

Tabla 9.3
Módulo de elasticidad de las capas granulares

SECTOR	ABSCISAS	H (cm)	E (kg/cm ²)	RELACION DE POISSON μ
1	PR51+100 – PR56+500	48	1.800	0,40

2	PR57+800 – PR63+450	53	1.680	0,40
3	PR65+750 – PR68+150	58	1.700	0,40
4	PR68+150 – PR70+700	38	3.050	0,40

La relación de Poisson (μ) recomendada para capas granulares construidas con un control de calidad aceptable oscila entre 0,40 y 0,45, tomamos 0,40.

9.2.3 Carpeta Asfáltica Existente. El espesor de diseño y de construcción es de 10 centímetros, ratificado en el ensayo de extracción de capa asfáltica realizado.

El valor del módulo de elasticidad dinámico de carpetas asfálticas de rodadura, que se encuentran al servicio del tránsito, se encuentra condicionado al nivel de fisuramiento.

De acuerdo con información de la Universidad del Cauca, los módulos de elasticidad dinámicos de concretos asfálticos en servicio (Ensayo Benkelman para modelización, carga cuasi estática) según su tipo de fisuración, se valoran así:

Carpeta Asfáltica no fisuradas:	E	=	13.000 kg/cm ²
Carpeta asfáltica con fisuramiento regular:	E	=	5.000 kg/cm ²
Carpeta asfáltica muy fisuradas:	E	=	1.400 kg/cm ²

La relación de Poisson recomendada para carpetas asfálticas es 0,35.

De acuerdo con lo anterior y la situación de deterioro observada en los sectores homogéneos, en la Tabla 9.4 aparecen los módulos de elasticidad de las capas asfálticas utilizados para la modelización de la estructura.

Tabla 9.4
Módulo de elasticidad de las capas asfálticas

SECTOR	ABSCISAS	ESTADO DE DAÑOS	H (cm)	E (kg/cm²)	RELACION DE POISSON μ
1	PR51+100 PR56+500	Carpeta asfáltica con fisuramiento regular	10	5.000	0,35
2	PR57+800 PR63+450	Carpeta asfáltica con fisuramiento regular	10	5.000	0,35
3	PR65+750 PR68+150	Carpeta asfáltica con fisuramiento regular	10	5.000	0,35
4	PR68+150 PR70+700	Carpeta asfáltica con fisuramiento regular	10	5.000	0,35

9.3 CONVERGENCIA DE LOS PARÁMETROS DEFLECTOMÉTRICOS CALCULADOS CON LOS MEDIDOS EN EL PAVIMENTO EXISTENTE

La modelización para encontrar la estructura representativa en cada sector homogéneo, exige un proceso de convergencia entre las deflexiones calculadas bajo la rueda (D_0) y a 25 centímetros (D_{25}) calculadas por el método elástico y las mismas deflexiones medidas en el pavimento existente con la viga Benkelman.

9.4 ESTRUCTURAS MODELADAS

En las Tablas 9.5 a 9.8, se resumen los resultados encontrados en las modelizaciones efectuadas para cada sector homogéneo, cuyos datos de módulos dinámicos de elasticidad, permitieron la convergencia entre los valores de deflexiones calculadas por el método elástico y las medidas directamente en el pavimento existente.

Tabla 9.5
Estructura del sector 1 (PR51+100 – PR56+500)
 $D_c = 99$ (0,01 mm) $D_{25} = 75$ (0,01 mm)

CAPA	MODULO (kg/cm ²)	ESPESOR (cm)	RELACION POISSON μ	DEFLEX CALCULADA D_0 (0,01 mm)	RADIO CURVATURA RC (m)
ASFALTICA	5.000	10	0,35	98,90	67,88
GRANULAR	1.800	48	0.40		
SUBRASANTE	100		0,50		

Tabla 9.6
Estructura del sector 2 (PR57+800 – PR63+450)
 $D_c = 94$ (0,01 mm) $D_{25} = 79$ (0,01 mm)

CAPA	MODULO (kg/cm ²)	ESPESOR (cm)	RELACION POISSON μ	DEFLEX CALCULADA D_0 (0,01 mm)	RADIO CURVATURA RC (m)
ASFALTICA	5.000	10	0,35	94,90	65,86
GRANULAR	1.680	53	0.40		
SUBRASANTE	100		0,50		

Tabla 9.7
Estructura del sector 3 (PR65+750 – PR68+150)
 $D_c = 106$ (0,01 mm) $D_{25} = 95$ (0,01 mm)

CAPA	MODULO (kg/cm ²)	ESPESOR (cm)	RELACION POISSON μ	DEFLEX CALCULADA D_0 (0,01 mm)	RADIO CURVATURA RC (m)
ASFALTICA	5.000	10	0,35	105,46	66,62

GRANULAR	1.700	58	0.40
SUBRASANTE	60		0,50

Tabla 9.8
Estructura del sector 4 (PR68+150 – PR70+700)
D_C = 98 (0,01 mm) D₂₅ = 84 (0,01 mm)

CAPA	MODULO (kg/cm ²)	ESPESOR (cm)	RELACION POISSON μ	DEFLEX CALCULADA D₀ (0,01 mm)	RADIO CURVATURA RC (m)
ASFALTICA	5.000	10	0,35	97,46	91,33
GRANULAR	3.050	38	0.40		
SUBRASANTE	100		0,50		

10. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS FACTIBLES

Las alternativas factibles de rehabilitación de un pavimento asfáltico dependen del caso dentro del cual se encuentre comprendida la unidad definitiva de análisis que se está evaluando. Además, incide la importancia de la carretera, en este caso se trata de una vía colectora interurbana; la existencia o no de vida residual en el pavimento existente y su estado de deterioro.

La Tabla 10.1, muestra las posibilidades de los cuatro tipos de alternativas contempladas en la guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras, publicado por el INVIAS, de acuerdo con la categoría de la carretera y la vida residual.

Tabla 10.1
Alternativas de rehabilitación de pavimentos asfálticos en carreteras ⁽²⁾

OPCION DE REHABILITACION	ALTERNATIVA	VIDA RESIDUAL (AÑOS)			
		0-2	3-5	6-10	> 10
RESTAURACION	Riego en negro				
	Sello de arena – asfalto			X	X
	Tratamiento superficial		X	X	
	Lechada asfáltica		X	X	
	Microaglomerado en frío			X	
	Microaglomerado en caliente			X	
	Mezcla drenante			X	
	Fresado		X		
REFUERZO	Sobrecapa delgada ^{1, 2}		X	X	
	Sobrecapa espesa ^{1, 3}	X	X		
	Nivelación y sobrecapa ¹	X	X		
	Fresado y sobrecapa ¹	X	X		
RECICLADO	Reciclado en planta en caliente ⁴	X	X		

	Reciclado superficial en caliente ^{5, 6}				
	Reciclado en frío en el sitio	X			
RECONSTRUCCION	Remoción y reemplazo de capas ⁷	X			
	Whitetopping ⁸	X			

Notas: ¹ Puede requerir bacheo previo a la sobrecapa. ² No es recomendable cuando exista posibilidad de reflejo de grietas. ³ Puede incluir un tratamiento antirreflexivo de grietas. ⁴ Se utiliza como base asfáltica o capa de rodadura en el mismo lugar de donde se extrajo el material o en otro. En la práctica constituye un refuerzo. ⁵ Su finalidad es similar a la de los trabajos de restauración. ⁶ No se recomienda en el manual por su limitada aplicación en el país. ⁷ Se refiere a una reconstrucción de tipo flexible o semirrígido. ⁸ Puede requerir nivelación del pavimento existente o la remoción previa de algunas capas.

La alternativa de rehabilitación por adoptar, depende de la vida residual del pavimento en el instante en el cual se acometan los trabajos respectivos.

La vida residual (V_r) se puede expresar como:

$$V_r = \left(1 - \frac{N_A}{N_{DA}}\right) * 100$$

Siendo:

N_A = Tránsito que ya circuló sobre el pavimento existente, expresado como ejes equivalentes de 8,2 ton

N_{DA} = Tránsito admisible para garantizar un buen comportamiento con el criterio que se esté considerando, expresado como ejes equivalentes de 8,2 toneladas

En consecuencia y teniendo en cuenta la sectorización, en la Tabla 10.2 se indica la correspondiente vida residual.

(2) Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras Instituto nacional de vías, 2002: 210.

Tabla 10.2
Calculo de la vida residual (V_r)

SECTOR	ABSCISAS	V_r
1	PR51+100 – PR56+500	33 %
2	PR57+800 – PR63+450	4 %
3	PR65+750 – PR68+150	19 %
4	PR68+150 – PR70+700	97 %

Como se puede observar el pavimento existente en los cuatro sectores tiene vida residual y usando la Tabla 10.1 se selecciona la alternativa de refuerzo son sobrecarpeta espesa como rehabilitación para un período de diseño de diez (10) años.

11. DISEÑO DE LA REHABILITACION PARA LAS CONDICIONES ACTUALIZADAS

La evaluación y verificación del diseño de refuerzo propuesto anteriormente para las condiciones actualizadas del pavimento, se efectuó, de una parte, empleando la metodología Aashto y verificada con métodos Racionales (Teoría Elástica), mediante la utilización del programa de computador Multicapa Bisar de la Shell.

11.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

11.1.1 Tránsito. El tránsito se analizó en el Capítulo 8 y corresponde a un período de diseño de 10 años (2008 – 2018), cuyo número acumulado de ejes equivalentes de 8,2 toneladas, arroja los valores de tránsito pasado y esperado en el carril de diseño para cada sector, que se ven en la Tabla 11.1.

Tabla 11.1
Transito pasado y esperado vía Santiago – San Francisco

SECTOR	ABSCISAS	TRANSITO PASADO (ejes 8,2 ton)	TRANSITO ESPERADO (ejes 8,2 ton)
1	PR51+100 – PR56+500	$8,3 \cdot 10^5$	$8,4 \cdot 10^5$
2	PR57+800 – PR63+450	$8,3 \cdot 10^5$	$8,4 \cdot 10^5$
3	PR65+750 – PR68+150	$8,1 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^6$
4	PR68+150 – PR70+700	$8,1 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^6$

11.1.2 Factores Climáticos. La región donde se encuentra ubicada la carretera presenta las siguientes características:

Temperatura media anual w-MAAT: 16 °C
Precipitación media anual: 1.579 mm/año

11.1.3 Resistencia de la Subrasante (CBR). De acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación geotécnica realizada por PAULO EMILIO BRAVO Y CIA. LTDA. INGENIEROS CONSULTORES ESTUDIOS para REHABILITACION DE LA CARRETERA PASTO – SAN FRANCISCO SECTOR SANTIAGO – SAN FRANCISCO se encontraron valores de 1,0% y 0,6%.

11.1.4 Caracterización de la Capa Asfáltica de Refuerzo. Por las condiciones climáticas de la región del proyecto se buscará emplear, para la fabricación del concreto asfáltico para la capa de refuerzo, que junto con el tipo de material pétreo de la zona y condición climática particularizarán el concreto asfáltico en caliente con un módulo dinámico determinado con la metodología Shell, como se muestra a continuación:

11.1.4.1 Temperatura de la mezcla. La temperatura de la mezcla se obtiene de la carta RT de la metodología Shell, en función de la temperatura (w-MAAT) que es de 16 °C y del promedio del espesor de la capa asfáltica, se asume un espesor de pavimento de 10 cm. Como resultado, se obtuvo por correlación, una temperatura de mezcla de 24°C. En el Anexo 6, se enseña la carta RT.

11.1.4.2 Módulo dinámico del asfalto. Para calcular el módulo del asfalto se ha empleado el nomograma de Van der Poel, con el programa Bands. Los datos de entrada fueron los siguientes:

Índice de penetración IP	= -1,1
Temperatura de la mezcla	= 24°C
Temperatura para 800 (0,01 mm) de penetración T ₈₀₀	= 44.1°C

Frecuencia

= 10 Hertz

El módulo del asfalto es 12,50 MPa (128 kg/cm²). En el Anexo 6, se indica la hoja de resultados que arroja el programa Bands.

11.1.4.3 Módulo dinámico de la mezcla. La composición volumétrica de la mezcla asfáltica se obtiene del diseño Marshall, el que se muestra en el Anexo 5, del que se tienen los siguientes datos:

Volumen de agregados = 84,1%

Volumen de asfaltos = 12,1%

Volumen de vacíos = 3,8%

Con los datos de volumen de agregado, volumen de asfalto y el módulo de rigidez del asfalto, se obtiene en el nomograma de Heukelom del programa Bands el módulo de rigidez o dinámico de la mezcla de 2.400 MPa (24.500 kg/cm²). En el Anexo 6 se indica la hoja de resultados que arroja el programa Bands.

11.1.5 Modelos Estructurales. En el Capítulo 9, se modelaron las diferentes estructuras de los sectores homogéneos, las cuales constituyen la base para analizar los espesores de refuerzo requeridos.

11.2 DISEÑO DE REFUERZO SEGÚN METODOLOGÍA AASHTO

Para este efecto se obtuvieron los números estructurales (SN) correspondientes a la estructura de cada sector de análisis.

11.2.1 Números estructurales (SN) de las capas estructurales. La metodología Aashto supone una estructura multicapa, en donde las estructuras son obtenidas evaluando los números estructurales (SN) requeridos, de acuerdo con las condiciones de tránsito, resistencia de la subrasante y niveles de confianza seleccionados.

$$SN = A_1 * D_1 + A_2 * D_2 * M_2 + A_3 * D_3 * M_3$$

Siendo:

A_1 = Coeficiente estructural de la capa de concreto asfáltico.

De acuerdo con la temperatura del lugar varía de 0,44 (climas muy fríos) a 0,30 (para climas muy cálidos). En este caso se toma 0,39 por tener un stiffness de mezcla de 348.500 psi y por encontrarse la temperatura entre 20°C y 30 °C y 0,21 para la capa de pavimento existente.

A_2 = Coeficiente estructural de la capa de base granular

El Manual del INVIAS recomienda utilizar un valor de 0,14 para materiales granulares que cumplan las exigencias de calidad de las Especificaciones de Construcción.

M_2 = Coeficiente de drenaje de la capa de base granular

En este caso se toma como 1,0 ya que la carretera cuenta con todas las obras de drenaje y subdrenaje.

A_3 = Coeficiente estructural de la capa de subbase granular

El Manual del INVIAS recomienda utilizar un valor de 0,12 para materiales granulares que cumplan las exigencias de calidad de las Especificaciones de Construcción.

M_2 = Coeficiente de drenaje de la capa de subbase granular

En este caso se toma como 1,0 ya que la carretera cuenta con todas las obras de drenaje y subdrenaje.

D_j = Espesor en pulgadas de las respectivas capas asfálticas y granulares

De acuerdo con lo anterior, en las Tablas 11.2 a 11.5 se presenta el resumen del cálculo de los números estructurales (SN) y del espesor de la sobrecapa de refuerzo por el método Aashto.

Tabla 11.2
Diseño rehabilitación sector 1: PR51+100 – PR56+500

Período de diseño	Años	10,00
Confiabilidad	R	80%
Error estándar	S_o	0,35
Desviación estándar	ZR	0,85
Índice de servicio inicial	P_o	4,00
Índice de servicio final	P_f	2,00
Pérdida de servicio final	ΔPSI	2,00
CBR subrasante	%	1,0%
Módulo resiliente de la subrasante	MR	1.500
Número estructural estructura existente	SN_{ref}	3,48

Número de aplicaciones de ejes equivalentes previstos que actuarán en el período de diseño	N	$8,4 \cdot 10^5$	
Número estructural requerido	SN_f	5,16	OK
Espesor refuerzo	plg	4,31	
Número de aplicaciones de ejes equivalentes que soportará la estructura	N	$8,4 \cdot 10^5$	OK

ESTRUCTURA REHABILITADA								
CAPA	ESPESOR (D)		MODULO DINAMICO		COEF. ESTRUCTURAL (A)	COEF. DRENAJE (M)	SN	
	cm	plg	kg/cm ²	psi			CAPA	TOTAL
Capa Refuerzo	11,00	4,31	24.500	348.500	0,390		1,68	5,16
Capa Asfáltica	10,00	3,94	5.000	71.200	0,210		0,83	3,48
Capa Granular	48,00	18,90	1.850	26.400	0,140	1,00	2,65	2,65
Subrasante			100	1.500				

Tabla 11.3
Diseño rehabilitación sector 2: PR57+800 – PR64+450

Período de diseño	Años	10,00
Confiabilidad	R	80%
Error estándar	S _o	0,35
Desviación estándar	ZR	0,85
Índice de servicio inicial	P _o	4,00
Índice de servicio final	P _f	2,00
Pérdida de servicio final	ΔPSI	2,00
CBR subrasante	%	1,0%
Módulo resiliente de la subrasante	MR	1.500
Número estructural estructura existente	SN _{ref}	3,75

Número de aplicaciones de ejes equivalentes previstos que actuarán en el período de diseño	N	8,4*10 ⁵	
Número estructural requerido	SN _f	5,16	OK
Espesor refuerzo	plg	3,62	
Número de aplicaciones de ejes equivalentes que soportará la estructura	N	8,4*10 ⁵	OK

ESTRUCTURA REHABILITADA								
CAPA	ESPESOR (D)		MODULO DINAMICO		COEF. ESTRUCTURAL (A)	COEF. DRENAJE (M)	SN	
	cm	plg	kg/cm ²	psi			CAPA	TOTAL
Capa Refuerzo	10,00	3,62	24.500	348.500	0,390		1,41	5,16
Capa Asfáltica	10,00	3,94	5.000	71.200	0,210		0,83	3,75
Capa Granular	53,00	20,87	1.680	23.900	0,140	1,00	2,92	2,92
Subrasante			100	1.500				

Tabla 11.4
Diseño rehabilitación sector 3: PR65+750 – PR68+150

Período de diseño	Años	10,00
Confiabilidad	R	80%
Error estándar	S _o	0,35
Desviación estándar	ZR	0,85
Índice de servicio inicial	P _o	4,00
Índice de servicio final	P _f	2,00
Pérdida de servicio final	ΔPSI	2,00
CBR subrasante	%	0,6%
Módulo resiliente de la subrasante	MR	900
Número estructural estructura existente	SN _{ref}	4,03

Número de aplicaciones de ejes equivalentes previstos que actuarán en el período de diseño	N	1,1*10 ⁶	
Número estructural requerido	SN _f	6,25	OK
Espesor refuerzo	plg	5,69	
Número de aplicaciones de ejes equivalentes que soportará la estructura	N	1,1*10 ⁶	OK

ESTRUCTURA REHABILITADA								
CAPA	ESPESOR (D)		MODULO DINAMICO		COEF. ESTRUCTURAL (A)	COEF. DRENAJE (M)	SN	
	cm	plg	kg/cm ²	psi			CAPA	TOTAL
Capa Refuerzo	15,00	5,69	24.500	348.500	0,390		2,22	6,25
Capa Asfáltica	10,00	3,94	5.000	71.200	0,210		0,83	4,03
Capa Granular	58,00	22,83	1.700	24.200	0,140	1,00	3,20	3,20
Subrasante			60	900				

Tabla 11.5
Diseño rehabilitación sector 4: PR68+150 – PR70+700

Período de diseño	Años	10,00
Confiabilidad	R	80%
Error estándar	S _o	0,35
Desviación estándar	ZR	0,85
Índice de servicio inicial	P _o	4,00
Índice de servicio final	P _f	2,00
Pérdida de servicio final	ΔPSI	2,00
CBR subrasante	%	1,0%
Módulo resiliente de la subrasante	MR	1.500
Número estructural estructura existente	SN _{ref}	2,92

Número de aplicaciones de ejes equivalentes previstos que actuarán en el período de diseño	N	1,1*10 ⁶	
Número estructural requerido	SN _f	5,35	OK
Espesor refuerzo	plg	6,23	
Número de aplicaciones de ejes equivalentes que soportará la estructura	N	1,1*10 ⁶	OK

ESTRUCTURA REHABILITADA								
CAPA	ESPESOR (D)		MODULO DINAMICO		COEF. ESTRU CTURA L (A)	COEF. DRENA JE (M)	SN	
	cm	plg	kg/cm ²	psi			CAPA	TOTAL
Capa Refuerzo	16,00	6,23	24.500	348.500	0,390		2,43	5,35
Capa Asfáltica	10,00	3,94	5.000	71.200	0,210		0,83	2,92
Capa Granular	38,00	14,96	3.050	43.400	0,140	1,00	2,09	2,09
Subrasante			100	1.500				

Los espesores obtenidos por la metodología Aashto, se verificaran con el método racional (teoría elástica), para las mismas condiciones climáticas, niveles de tránsito y condiciones de resistencia de los suelos.

11.3 MÉTODO RACIONAL

Una vez obtenidos los modelos estructurales y diseño Aashto, se procedió a evaluar las soluciones de rehabilitación, verificando el comportamiento de las estructuras resultantes con los espesores de refuerzo colocados, bajo el concepto mecanícistico de la teoría elástica (esfuerzo – deformaciones admisibles), utilizando para este efecto el programa computacional Bisar de la Shell.

11.3.1 Deformaciones Admisibles consideradas para diseño. El procedimiento de los métodos racionales supone una estructura multicapa, en la que la capas superiores corresponden a las carpetas asfálticas, la intermedia a las capas granulares y la inferior, que es infinita en el sentido vertical corresponde a la subrasante.

En el diseño de obras de mantenimiento, restauración y/o rehabilitación se deben elegir, de acuerdo con cada situación en particular, espesores de capas asfálticas y si es del caso también granulares (reconstrucción), bases asfálticas de transición y/o refuerzo, así como el fresado total ó parcial, dependiendo del grado de deterioro y fisuración de las capas asfálticas antiguas que cumplan los criterios de deformación y esfuerzos.

Con los métodos racionales se calculan los esfuerzos y deformaciones que se producen en cualquier punto de la estructura. Los criterios básicos para el diseño estructural son los siguientes:

11.3.1.1 Deformación Admisible Unitaria de Tracción ϵ_{τ} . Es la que se produce en la parte inferior de las capas asfálticas y no debe ser mayor que la admisible, ya que se produciría el fisuramiento o el agrietamiento de la capa asfáltica.

Para su evaluación se utilizó el criterio Shell, que tiene la siguiente expresión:

$$\epsilon_{\tau} = (0,856 * V_b + 1,08) * (E_{CA})^{-0,36} * \left(\frac{N}{K} \right)^{-0,20}$$

Donde:

- ϵ_{τ} = Deformación unitaria de tracción en la base de las capas asfálticas
- V_b = Volumen de asfalto en la mezcla, en %
- E_{CA} = Módulo dinámico de la mezcla, en N/m^2
- N = Número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas
- K = Coeficiente de calage = 8,25

De acuerdo con lo anterior las deformaciones admisibles obtenidas para los distintos períodos de diseño considerados son los mostrados en la Tabla 11.6 para el refuerzo y en la Tabla 11.7 para la capa asfáltica existente.

Tabla 11.6
Valores admisibles de deformación unitaria de tracción
en la base de la capa de refuerzo

SECTOR	ABSCISAS	V_b (%)	E_{REF} (N/m ²)	N (eje 8,2 t)	ε_τ CAPA REFUERZO
1	PR51+100 – PR56+500	12,1	2,4*10 ⁹	8,4*10 ⁵	4,79*10 ⁴
2	PR57+800 – PR63+450	12,1	2,4*10 ⁹	8,4*10 ⁵	4,79*10 ⁴
3	PR65+750 – PR68+150	12,1	2,4*10 ⁹	1,1*10 ⁶	4,53*10 ⁴
4	PR68+150 – PR70+700	12,1	2,4*10 ⁹	1,1*10 ⁶	4,53*10 ⁴

Tabla 11.7
Valores admisibles de deformación unitaria de tracción
en la base de la capa asfáltica existente

SECTOR	ABSCISAS	V_b (%)	E_{REF} (N/m ²)	N (eje 8,2 t)	ε_τ CAPA EXISTENTE
1	PR51+100 – PR56+500	12,1	4,9*10 ⁸	8,4*10 ⁵	8,48*10 ⁴
2	PR57+800 – PR63+450	12,1	4,9*10 ⁸	8,4*10 ⁵	8,48*10 ⁴
3	PR65+750 – PR68+150	12,1	4,9*10 ⁸	1,1*10 ⁶	8,03*10 ⁴
4	PR68+150 – PR70+700	12,1	4,9*10 ⁸	1,1*10 ⁶	8,03*10 ⁴

11.3.1.2 Deformación Admisible de la Subrasante ε_z. La deformación vertical por compresión en la Subrasante ε_z, no puede superar los rangos

admisibles, pues se producirían deformaciones permanentes en el suelo de fundación y en toda la estructura del pavimento.

Para su evaluación se utilizó el criterio Shell, que tiene la siguiente expresión:

$$\varepsilon_z = (1,8 * 10^{-2}) * N^{-0,25}$$

Donde:

ε_z = Deformación unitaria por compresión sobre la subrasante

N = Número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas

De acuerdo con lo anterior las deformaciones admisibles obtenidas para el período de diseño considerado se muestran en la Tabla 11.8.

Tabla 11.8
Valores admisibles de deformación unitaria por compresión
sobre la subrasante

SECTOR	ABSCISAS	N (eje 8,2 t)	ε_z SUBRASANTE
1	PR51+100 – PR56+500	$8,4 * 10^5$	$5,95 * 10^4$
2	PR57+800 – PR63+450	$8,4 * 10^5$	$5,95 * 10^4$
3	PR65+750 – PR68+150	$1,1 * 10^6$	$5,56 * 10^4$
4	PR68+150 – PR70+700	$1,1 * 10^6$	$5,56 * 10^4$

11.3.2 Diseño Mecanicístico de la Rehabilitación. Teniendo las modelizaciones de la estructura en cada sector homogéneo y con la caracterización dinámica de las capas asfálticas de refuerzo, se conforma el paquete estructural para proponer

la solución de rehabilitación, que queda constituido por las diversas capas que conforman el pavimento existente y la carpeta asfáltica adicional que se colocará, de tal manera que los espesores que se propongan, garanticen que las deformaciones por compresión y por tracción no superen las admisibles.

En todos los sectores de la carpeta investigada, se analizó una sola solución de rehabilitación, colocando capas adicionales de concreto asfáltico, previo parcheo en todas las zonas que así lo requieran por su grado de fisuración.

Cuando se elige la opción del refuerzo, el espesor de la sobrecapa no deberá ser inferior al requerido para cumplir dos criterios:

Criterio 1. En el criterio de comportamiento de la subrasante del pavimento reforzado, se debe verificar de manera que garantice que el esfuerzo compresivo sobre la superficie de dicha capa no genere una deformación que exceda la deformación de diseño definida por la ecuación:

$$\epsilon_{zd} = \epsilon_{zp} \left[\frac{N_F}{N_A} \right]^{-0,23}$$

Donde:

ϵ_{zd} = Deformación vertical de compresión admisible sobre la subrasante

ϵ_{zp} = Deformación vertical de compresión sobre la subrasante en el modelo del pavimento existente

N_F = Tránsito futuro de diseño, en ejes equivalentes de 8,2 ton

N_A = Tránsito que se estima ha soportado el pavimento desde su última rehabilitación o desde su construcción, si no ha sido sometido a rehabilitación

Además, se debe verificar que la resistencia de los materiales granulares del pavimento sea mayor que el esfuerzo impuesto por la aplicación de las cargas del tránsito. Para ello, deberá compararse la respuesta del modelo del pavimento con la resistencia del respectivo material.

Criterio 2. Limitar la deformación horizontal de tensión en el fondo de las capas asfálticas o en el fondo de las capas estabilizadas con ligantes hidráulicos, según el caso, a un valor que no exceda la deformación admisible para el tránsito calculado durante el período de diseño de las obras de rehabilitación.

11.3.2.1 Ajuste de los módulos de las capas de materiales no ligados.

Tomando en consideración que las capas granulares y de subrasante modificarán su estado de esfuerzos al generar las obras de rehabilitación, se efectuaron en cada caso, los ajustes atendiendo el principio del pavimento transformado. La estructura multicapa de pavimento asfáltico se transforma en un sistema equivalente constituido únicamente por materiales granulares.

11.3.2.2 Ajuste del módulo de las capas granulares. El espesor de capa granular (H_g) con su respectivo módulo (E_g) que equivale al espesor de capas asfálticas (H_a) con módulo (E_a), se obtiene con la expresión:

$$H_g = H_a \left[\frac{(E_a)^{1/3}}{(E_g + E_s)^{1/6}} \right]$$

Donde:

- H_g = Espesor de capas granulares transformadas
- H_a = Espesor de capas asfálticas totales (existentes y de refuerzo)
- E_g = Módulo de capas granulares (según modelación)
- E_s = Módulo de la subrasante (según modelación)

E_a = Módulo de capas asfálticas (La de refuerzo o sí es del caso el promedio entre la antigua y la de refuerzo)

El espesor total del pavimento transformado a material granular (H_e), se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$H_e = H + H_g$$

Donde:

H = Espesor real de las capas granulares

El módulo ajustado de la capa granular (E_{ga}), a causa del cambio en el estado de esfuerzos a que queda sometida por la construcción del refuerzo, se determina con la ecuación:

$$E_{ga} = E_s \left[\frac{E_g}{E_s} \right]^{H/H_e}$$

Donde:

E_{ga} = Módulo ajustado de la capa granular

11.3.2.3 Ajuste del módulo de la subrasante. El módulo ajustado para el material cohesivo de la subrasante (E_{sa}) se determina con la siguiente ecuación:

$$E_{sa} = E_s * F_s$$

Donde:

F_s = Factor de ajuste que se obtiene en la Tabla 11.9, tomada de la guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras del INVIAS, con base en los parámetros de E_s, H_g, E_g y H.

11.3.2.4 Situaciones para el diseño del refuerzo. La opción del refuerzo como alternativa de rehabilitación resulta válida tanto si el pavimento tiene vida residual como si no la tiene. Se considera que el pavimento ha llegado a la falla, cuando el daño acumulado total, sea debido al agrietamiento por fatiga de las capas ligadas o debido a la deformación permanente por ahuellamiento.

El factor de daño acumulado por cualquiera de estas dos situaciones (FDA) se define como:

$$FDA = \frac{N_A}{N_{DA}}$$

Siendo:

N_A = Tránsito que ya circuló sobre el pavimento existente, expresado como ejes equivalentes de 8,2 ton

N_{DA} = Tránsito admisible para garantizar un buen comportamiento con el criterio que se esté considerando, expresado como ejes equivalentes de 8,2 toneladas

El factor de daño acumulado en las capas asfálticas del pavimento existente, debido al tránsito que ha circulado sobre ellas (FDA_{A,A,P}) se determina con la ecuación anterior. Para ello, se requiere calcular el tránsito admisible por este

Tabla 11.9
Factor de ajuste (Fs)

Eg MPa	Es = 30 MPa													Es = 50 MPa													Es = 70 MPa												
	h	Espesor granular equivalente, hg -mm					h	Espesor granular equivalente, hg -mm					h	Espesor granular equivalente, hg -mm					h	Espesor granular equivalente, hg -mm					h	Espesor granular equivalente, hg -mm													
		50	100	150	200	250		300	350	400	450	500		50	100	150	200	250		300	350	400	450	500		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500				
200	200	1.4	1.8	2.2	2.8	2.9	3.1	3.3	3.4	3.5	3.6	200	1.3	1.5	1.7	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.5	2.5	200	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6						
	250	1.3	1.6	1.9	2.2	2.4	2.6	2.8	2.9	2.9	3.0	250	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	250	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5						
	300	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	300	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.0	2.0	300	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4						
	350	1.2	1.4	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	350	1.1	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	350	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3					
	400	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	400	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	400	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3					
	450	1.1	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	1.8	1.9	450	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	450	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3					
	500	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.7	500	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	500	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2					
	550	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	550	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	550	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2					
	600	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	600	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	600	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2					
	650	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	650	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	650	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2					
	200	1.4	1.7	2.1	2.4	2.7	2.8	3.0	3.1	3.2	3.3	200	1.2	1.5	1.7	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.3	200	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6						
	250	1.3	1.6	1.8	2.1	2.2	2.4	2.6	2.6	2.6	2.7	250	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	250	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5						
	300	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.3	300	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	300	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4						
	350	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	2.0	2.0	2.1	350	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	350	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3						
	400	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	1.8	1.9	400	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	400	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3						
450	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	450	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	450	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2						
500	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	500	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	500	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1							
600	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	600	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	600	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1							
250	1.3	1.5	1.8	2.0	2.1	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	250	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.0	250	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4							
300	1.2	1.4	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	2.1	2.2	2.2	300	1.1	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.8	1.8	300	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4							
400	1.1	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	400	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	400	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2							
450	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	450	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	450	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1							
500	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	500	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	500	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1							
600	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	600	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	600	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0							
200	1.3	1.7	2.0	2.3	2.5	2.6	2.8	2.9	2.9	2.9	200	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	200	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5							
250	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	250	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	250	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4							
300	1.2	1.4	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.1	2.1	300	1.1	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	300	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3							
350	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	350	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	350	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2							
400	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	400	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	400	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2							
450	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	450	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	450	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1							
500	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	500	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	500	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1							

concepto (N_{DA}) a partir de la deformación de tensión en la fibra inferior de las capas asfálticas existentes, haciendo uso de la ley de fatiga de ellas. En consecuencia, el factor de daño que resta por consumir a la capa asfáltica existente inmediatamente antes de la rehabilitación, será:

$$FDA_{A,A,R} = 1 - FDA_{A,A,P}$$

El concreto asfáltico de la sobrecarpeta tendrá un stiffness de 2.400 MPa, relación de Poisson 0,35 y su ley de fatiga está dada por la expresión:

$$\varepsilon_t = 5,2 * 10^{-3} * (N_{DA})^{-0,2}$$

Donde:

$$\varepsilon_t = \text{Deformación de tracción en la fibra inferior de las capas}$$

Cuando se evalúe la vida de servicio de un refuerzo sobre un pavimento asfáltico existente, se pueden presentar dos situaciones:

Situación 1. Si el daño acumulado en las capas asfálticas del pavimento existente, por causa del tránsito que ya ha circulado, excede de 100%, se considera que la vida a fatiga de dichas capas ha sido consumida en su totalidad y que, en consecuencia, el pavimento carece de vida residual. En este caso y para efectos del diseño del refuerzo, la capa asfáltica existente se debe modelar como una capa granular no ligada con un módulo razonablemente bajo, en el rango de 150 a 500 MPa. Un módulo similar al de la capa granular subyacente suele resultar apropiado, a menos que se pueda justificar un valor diferente. El espesor escogido para el refuerzo, deberá asegurar que el pavimento rehabilitado cumpla los dos criterios de deformación expuestos con anterioridad.

Situación 2. Ocurre cuando el pavimento existente aún conserva vida residual. En este caso, el espesor del refuerzo debe permitir el cumplimiento de los dos criterios mencionados, así como el de un tercero, a saber:

Criterio 3

$$FDA_A \leq FDA_{A,A,R}$$

Donde:

FDA_A = Factor de daño acumulado al final del periodo de diseño de la rehabilitación, calculado para la capa asfáltica existente, bajo el tránsito futuro de diseño y el nuevo paquete estructural (incluido el refuerzo)

$FDA_{A,A,R}$ = Factor de daño que resta por consumir a la capa asfáltica existente inmediatamente antes de la rehabilitación

11.3.2.5 Análisis de la “vida después de la muerte”. La finalidad del Criterio 3 es controlar hacia el futuro la vida residual del pavimento existente. Si se cumple el requerimiento de este criterio, se asegura que las capas asfálticas existentes no alcanzarán el final de su vida a la fatiga bajo el tránsito previsto durante el período de diseño de la rehabilitación.

Si el espesor de tanteo para el diseño del refuerzo satisface los dos primeros criterios pero falla en el cumplimiento del tercero, ello significa que la vida residual de las capas asfálticas existentes se extinguirá durante el período de diseño de la rehabilitación. No obstante, es posible que ellas conserven suficiente “vida después de la muerte”, para ayudar a acomodar el tránsito que circulará después de que ellas hayan fallecido por fatiga (N_{FR}):

$$N_{FR} = N_F - N_R$$

Donde:

N_{FR} = Tránsito que debe soportar el pavimento rehabilitado desde que se consume la vida por fatiga de las capas asfálticas antiguas, hasta que termine el período de diseño de la rehabilitación, expresado en términos de ejes equivalentes de 8,2 ton en el carril de diseño

N_F = Tránsito de diseño de la rehabilitación, expresado en términos de ejes equivalentes de 8,2 ton en el carril de diseño

N_R = Vida residual del pavimento antiguo en el instante de poner en servicio la rehabilitación, expresada en términos de ejes equivalentes de 8,2 ton en el carril de diseño

Para analizar la capacidad de “vida después de la muerte”, es preciso adoptar una configuración del pavimento en la cual las capas asfálticas existentes se modelen como una capa granular no ligada, similar a la base granular subyacente. En este caso, el espesor del refuerzo deberá ser suficiente para:

- Limitar la deformación vertical de la subrasante al nivel de diseño establecido en el Numeral 9.2.4, usando el tránsito remanente de diseño (N_{FR}) como parámetro de diseño de tránsito, y
- Limitar la deformación horizontal de tensión en el fondo del refuerzo a un valor tal, que la vida residual del refuerzo al momento en que la capa asfáltica antigua falla por fatiga, permita que dicho refuerzo sea capaz de soportar el tránsito remanente (N_{FR}), de acuerdo con una relación de fatiga apropiada a las características de la mezcla elegida para construir el refuerzo.

11.3.2.6 Factor de daño acumulado de la subrasante. Para efectos del diseño del refuerzo, se asume que el ahuellamiento existente debe ser eliminado con una mezcla asfáltica de nivelación y que el desarrollo posterior de huellas de rodado será únicamente función del tránsito futuro que se aplique sobre el “nuevo” pavimento rehabilitado. En este caso, el factor de daño acumulado (FDA_S) se determina con la expresión:

$$FDA_S = \frac{N_F}{N_{AS}}$$

Donde:

N_F = Tránsito de diseño de la rehabilitación

N_{AS} = Número admisible de aplicaciones de la carga de diseño, para la deformación de compresión que se produce sobre la capa subrasante, de acuerdo con la ley de comportamiento de esta capa

Para prevenir el ahuellamiento excesivo y prematuro de la subrasante, el valor FDA_S no deberá ser mayor de 1,0.

En definitiva, el espesor de refuerzo por elegir, será aquel que satisfaga simultáneamente los requerimientos de fatiga y ahuellamiento.

11.3.3 Soluciones de Refuerzo por Métodos Racionales. Como se menciono anteriormente todos los sectores serán tratados de la misma manera, es decir, se plantea la construcción de una capa de concreto asfáltico como refuerzo. Esta nueva capa debe cumplir con las condiciones de esfuerzos y deformaciones admisibles. En la Tabla 11.10 se hace un resumen de estos valores admisibles.

Tabla 11.10
Deformaciones admisibles

ESFUERZOS Y DEFORMACIONES ADMISIBLES	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4
ϵ_t REF	4,79*10 ⁴	4,79*10 ⁴	4,53*10 ⁴	4,53*10 ⁴
ϵ_t CA	8,48*10 ⁴	8,48*10 ⁴	8,03*10 ⁴	8,03*10 ⁴
ϵ_z	5,95*10 ⁴	5,95*10 ⁴	5,56*10 ⁴	5,56*10 ⁴

11.3.3.1 Sector 1: PR51+100 – PR56+500. Este sector presenta un buen estado con un grado de fisuración mínima y teniendo en cuenta el estudio deflectométrico del sector, se planteó como solución de rehabilitación la colocación de una capa de refuerzo en concreto asfáltica, previo parcheo en las zonas que se encuentren agrietadas y/o fisuradas.

Para el diseño de la rehabilitación utilizaremos el procedimiento detallado anteriormente que es tomado de la Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras del INVIAS.

La estructura existente presenta las condiciones mostradas en la Tabla 11.11.

Tabla 11.11
Estructura existente sector 1: PR51+100 – PR56+500

CAPA	MODULO (MPa)	ESPESOR (cm)	RELACION POISSON μ
ASFALTICA	490	10	0,35
GRANULAR	177	48	0.40

SUBRASANTE	10		0,50
------------	----	--	------

Se diseña la sobrecapa con las siguientes condiciones:

- El tránsito pasado estimado (N_A) es de $8,3 \cdot 10^5$ ejes equivalentes de 8,2 toneladas en el carril de diseño y la temperatura promedio de la región del proyecto es 16 C.
- Tránsito durante el período de diseño de la rehabilitación, $N_F = 8,4 \cdot 10^5$ ejes equivalentes de 8,2 toneladas.
- El concreto asfáltico de la sobrecapa tendrá un stiffness de 2.400 MPa, relación de Poisson = 0.35 y su ley de fatiga está dada por la expresión:

$$\epsilon_t = 5,2 * 10^{-3} * (N_{DA})^{-0,2}$$

Para la solución del problema, se utilizará el programa Bisar de Shell.

Para efectuar la verificación del diseño aplicando la teoría elástica, se ajustaron los módulos de las capas no ligadas (granulares y de subrasante), de acuerdo con lo explicado anteriormente y tomando como referencia los espesores de refuerzo en cada caso. En la Tabla 11.12 se presenta los resultados de este ajuste:

Tabla 11.12
Diseño rehabilitación sector 1: PR51+100 – PR56+500

PROCEDIMIENTO	CALCULOS
Modelar estructura existente	Capa 1, asfáltica sana, 10 cm (490 MPa) Capa 2, granular, 48 cm (177 MPa) Capa 3, subrasante (10 MPa)

Correr el programa y determinar (ϵ_{zp})	$\epsilon_{zp} = 8,01 \cdot 10^{-4}$ $\epsilon_t = 4,99 \cdot 10^{-4}$	
Determinar la deformación de tracción en la fibra inferior de las capas asfálticas (ϵ_t) y a partir de ella, calcular el tránsito admisible (N_{DA}) según la ley de fatiga $\epsilon_t = 5,2 \cdot 10^{-3} \cdot (N_{DA})^{-0,2}$. Determinar el factor daño acumulado ($FDA_{A,A,P}$) debido al tránsito que ya circuló (N_A)	$\epsilon_t = 4,99 \cdot 10^{-4}$ $N_{DA} = 1,23 \cdot 10^5$ (lab.) $N_{DA} \text{ obra} = N \text{ lab} \cdot F.D. = 1,23 \cdot 10^5 \cdot 10 = 1,23 \cdot 10^6$ ejes $N_A = 8,3 \cdot 10^5$ ejes $FDA_{A,A,P} = 8,3 \cdot 10^5 / 1,23 \cdot 10^6 \cdot 100\% = 67\% < 100\%$ OK! CA CON VIDA RESIDUAL	
Identificar la condición de las capas asfálticas existentes: Como $FDA_{A,A,P} < 100\%$, corresponde la Situación en la que hay vida residual en las capas asfálticas Calcular el factor de daño acumulado de vida residual, $FDA_{A,A,R} = 1 - FDA_{A,A,P}$	$FDA_{A,A,R} = 1 - 0,67 = 0,33 \cdot 100 = 33\%$ <i>Situación 2</i> Modelo de pavimento adoptado para el análisis posterior: Capa 1, asfáltica nueva, Ha (2400 MPa) Capa 2, asfáltica antigua, 10 cm (490 MPa) Capa 3, granular, 48 cm (177 MPa) Capa 4, subrasante (10 MPa)	
Postular un espesor de refuerzo (H_a)	$H_a = 10$ cm	
Transformar el pavimento con la sobrecapa en un pavimento granular equivalente. Para estimar el espesor equivalente de las dos capas asfálticas (nueva y antigua), se considera como si se tratara de una sola capa con un módulo promedio [$E_a = (2400+490)/2 = 1445$ MPa]	$H_g = 61,2$ cm $H_e = 48 + 61,2 = 109,2$ cm	
Ajustar el módulo del material granular por dependencia de esfuerzos (E_{ga})	$E_{ga} = 40$ MPa	
Ajustar módulo de la subrasante por dependencia de esfuerzos (E_{sa})	$E_g = 177$ MPa $E_s = 10$ MPa $H = 480$ mm $H_g = 612$ mm	$FS = 2,39$ $E_{sa} = 10 \cdot 2,39 = 30$ MPa
Ajustar los módulos en la configuración con sobrecapa de refuerzo	Capa 1, asfáltica nueva, 10 cm (2400 MPa) Capa 2, asfáltica antigua, 10 cm (490 MPa) Capa 3, granular, 48 cm (40 MPa) Capa 4, subrasante (30 MPa)	

<p>Correr el programa y determinar (ϵ_{zr}).</p> <p>Calcular (ϵ_{zd}).</p> <p>Comparar (ϵ_{zr}) con (ϵ_{zd}) y verificar el valor FDA_S.</p> <p>Cambiar el espesor si los criterios no se cumplen</p>	<p>$\epsilon_{zr} = 4,96 \cdot 10^{-4}$</p> <p>$\epsilon_{zd} = 7,98 \cdot 10^{-4}$</p> <p>$\epsilon_{zr} < \epsilon_{zd}$, OK!</p> <p>$N_{AS}$ (obtenida a partir de la ley de comportamiento con ϵ_{zr}) = $1,18 \cdot 10^7$</p> <p>$FDA_S = (8,4 \cdot 10^5) / (1,18 \cdot 10^7) = 0,071 = 7,1\% < 100\%$ OK!</p>
<p>Con los resultados de la corrida del programa, determinar (ϵ_{tr}) para la capa de refuerzo. Empleando la fórmula de fatiga de la mezcla, calcular el número admisible de repeticiones de carga y verificar que ($FDA_{A,T}$) no sea superior a la unidad.</p>	<p>$\epsilon_{tr} = 2,70 \cdot 10^{-4}$</p> <p>$N$ admisible de laboratorio (ley de fatiga) = $2,65 \cdot 10^6$</p> <p>Si factor de desplazamiento = 10, el N admisible en el terreno será $2,65 \cdot 10^7$</p> <p>$FDA_{A,T} = (8,4 \cdot 10^5) / (2,65 \cdot 10^7) = 0,032 = 3,2\% < 100\%$ OK!</p>
<p>Con los resultados de la corrida del programa, determinar (ϵ_{tr2}) para la capa asfáltica antigua. Empleando la fórmula de fatiga de la mezcla, calcular el número admisible de repeticiones de carga y verificar que ($FDA_{A,A,T}$) no sea superior a ($FDA_{A,A,R}$).</p> <p>Continuar sólo si $FDA_{A,A,T} > FDA_{A,A,R}$</p>	<p>$\epsilon_{tr2} = 5,61 \cdot 10^{-4}$</p> <p>$N$ admisible de laboratorio (ley de fatiga) = $6,85 \cdot 10^4$</p> <p>Si factor de desplazamiento = 10, el N admisible en el terreno será $6,85 \cdot 10^5$</p> <p>$FDA_{A,A,T} = (8,4 \cdot 10^6) / (6,85 \cdot 10^5) = 1,227 = 122,7\% > 33\%$ NO OK</p> <p>Conclusión: La vida residual de la capa asfáltica antigua es consumida durante el período de vida del refuerzo. Por lo tanto, se debe verificar la "vida después de la muerte"</p>
<p>Determinar la vida residual de la capa asfáltica antigua</p>	<p>$N_R = (6,85 \cdot 10^5) \cdot 0,33 = 2,26 \cdot 10^5$</p>
<p>Calcular el tránsito remanente futuro (N_{FR}) luego del final de la vida de las capas asfálticas existentes, en términos de ejes equivalentes de 8,2 ton</p>	<p>$N_{FR} = 8,4 \cdot 10^5 - 2,26 \cdot 10^5 = 6,14 \cdot 10^5$</p>
<p>Calcular el factor de daño acumulado que resta por consumir en la sobrecapa, luego del término de la vida de las capas asfálticas del pavimento antiguo ($FDA_{A,S,R}$)</p>	<p>$FDA_{A,S,R} = 1 - (2,26 \cdot 10^5 / 2,65 \cdot 10^7) = 0,991 = 99,1\%$</p>

Calcular el factor de daño acumulado que resta por consumir para la subrasante, luego del término de la vida de las capas asfálticas del pavimento antiguo ($FDA_{S,R}$)	$FDA_{S,R} = 1 - (2,26 \cdot 10^5 / 1,18 \cdot 10^7) = 0,981 = 98,1\%$	
Adoptar una nueva configuración (modelo) para el análisis del pavimento luego de que expire la vida de las capas asfálticas del pavimento antiguo. Estas últimas deben ser modeladas ahora como capas granulares no ligadas, con un módulo similar al de la base granular. Este nuevo pavimento se convierte en un pavimento granular equivalente, con la finalidad de efectuar los ajustes requeridos por los módulos de las capas granulares y la subrasante, a causa de su dependencia del estado de esfuerzos al cual se encuentran sometidas	Capa 1, asfáltica nueva, 10 cm (2400 MPa) Capa 2, granular, 10+48 = 58 cm (177 MPa) Capa 3, subrasante (10 MPa) $h_g = 38,5$ cm $h_e = 58 + 38,5 = 96,5$ cm	
Ajustar el módulo del material granular por dependencia de esfuerzos (E_{ga})	$E_{ga} = 60$ MPa	
Ajustar módulo de la subrasante por dependencia de esfuerzos (E_{sa})	$E_g = 177$ MPa $E_s = 10$ MPa $h = 580$ mm $h_g = 385$ mm	$FS = 1,51$ $E_{sa} = 10 \cdot 1,51 = 20$ MPa
Elaborar el nuevo modelo de pavimento	Capa 1, asfáltica nueva, 10 cm (2400 MPa) Capa 2, granular, 58 cm (60 MPa) Capa 3, subrasante (20 MPa)	
Correr el programa y determinar el factor de daño acumulado de la subrasante ($FDA_{S,TR}$) debido al tránsito remanente futuro (N_{FR}). Verificar si $FDA_{S,TR} < FDA_{S,R}$	$\epsilon_{zr} = 7,43 \cdot 10^{-4}$ N_{AS} (obtenida a partir de la ley de comportamiento con ϵ_{zr}) = $2,05 \cdot 10^6$ $FDA_{S,TR} = (6,14 \cdot 10^5) / (2,05 \cdot 10^6) = 0,30$ $FDA_{S,R} = 0,981$ $FDA_{S,TR} < FDA_{S,R}$ OK!	
Determinar el factor de daño acumulado para la sobrecapa asfáltica ($FDA_{A,S,TR}$), debido al tránsito remanente futuro (N_{FR}). Verificar si $FDA_{A,S,TR} < FDA_{A,S,R}$	$\epsilon_{tr} = 5,18 \cdot 10^{-4}$ N admisible de laboratorio (ley de fatiga) = $1,02 \cdot 10^5$ Si factor de desplazamiento = 10, el N admisible en el terreno será $1,02 \cdot 10^6$ $FDA_{A,S,TR} = (6,14 \cdot 10^5) / (1,02 \cdot 10^6) = 0,603$ $FDA_{A,S,R} = 0,991$ $FDA_{A,S,TR} < FDA_{A,S,R}$ OK!	

	Conclusión: La sobrecapa de concreto asfáltico de 10 cm es suficiente		
Verificación de deformaciones calculadas sean menores a las admisibles	calculadas	admisibles	consumo
	$2,70 \cdot 10^{-4}$	$4,76 \cdot 10^{-4}$	56,7%
	$5,61 \cdot 10^{-4}$	$8,48 \cdot 10^{-4}$	66,2%
	$4,96 \cdot 10^{-4}$	$5,95 \cdot 10^{-4}$	83,4%
Diseño de pavimento para condiciones actualizadas	CAPA REFUERZO 10 CM (2400 MPa)		
	CAPA ASFALTICA 10 CM (490 MPa)		
	CAPA GRANULAR 48 CM (177 MPa)		
	SUBRASANTE (10 MPa)		

En el Anexo 6, se muestra la hoja de resultados del programa Bisar para el Sector 1: PR51+100 – PR56+500.

Se requiere antes de colocar esta capas de refuerzo efectuar los parcheos en todas las zonas que por su condición de fisuramiento y/o agrietamiento lo requieran.

11.3.3.2 Sector 2: PR57+800 – PR64+450. Este sector presenta un buen estado con un grado de fisuración mínima y teniendo en cuenta el estudio deflectométrico del sector, se planteó como solución de rehabilitación la colocación de una capa de refuerzo en concreto asfáltica, previo parcheo en las zonas que se encuentren agrietadas y/o fisuradas.

La estructura existente presenta las condiciones mostradas en la Tabla 11.13.

Tabla 11.13
Estructura existente sector 2: PR57+800 – PR64+450

CAPA	MODULO (MPa)	ESPESOR (cm)	RELACION POISSON μ
ASFALTICA	490	10	0,35
GRANULAR	165	53	0.40
SUBRASANTE	10		0,50

Se diseña la sobrecapa con las siguientes condiciones:

- El tránsito pasado estimado (N_A) es de $8,3 \cdot 10^5$ ejes equivalentes de 8,2 toneladas en el carril de diseño y la temperatura promedio de la región del proyecto es 16 C.
- Tránsito durante el período de diseño de la rehabilitación, $N_F = 8,4 \cdot 10^5$ ejes equivalentes de 8,2 toneladas.
- El concreto asfáltico de la sobrecapa tendrá un stiffness de 2.400 MPa, relación de Poisson = 0.35 y su ley de fatiga está dada por la expresión:

$$\varepsilon_t = 5,2 * 10^{-3} * (N_{DA})^{-0,2}$$

Para la solución del problema, se utilizará el programa Bisar de Shell.

Para efectuar la verificación del diseño aplicando la teoría elástica, se ajustaron los módulos de las capas no ligadas (granulares y de subrasante), de acuerdo con

lo explicado anteriormente y tomando como referencia los espesores de refuerzo en cada caso. En la Tabla 11.14 se presenta los resultados de este ajuste:

Tabla 11.14
Diseño rehabilitación sector 2: PR57+800 – PR64+450

PROCEDIMIENTO	CALCULOS
Modelar estructura existente	Capa 1, asfáltica sana, 10 cm (490 MPa) Capa 2, granular, 53 cm (165 MPa) Capa 3, subrasante (10 MPa)
Correr el programa y determinar (ϵ_{zp})	$\epsilon_{zp} = 7,33 \cdot 10^{-4}$ $\epsilon_t = 5,35 \cdot 10^{-4}$
Determinar la deformación de tracción en la fibra inferior de las capas asfálticas (ϵ_t) y a partir de ella, calcular el tránsito admisible (N_{DA}) según la ley de fatiga $\epsilon_t = 5,2 \cdot 10^{-3} \cdot (N_{DA})^{-0,2}$. Determinar el factor daño acumulado ($FDA_{A,A,P}$) debido al tránsito que ya circuló (N_A)	$\epsilon_t = 5,35 \cdot 10^{-4}$ $N_{DA} = 8,65 \cdot 10^4$ (lab.) N_{DA} obra = N lab * F.D. = $8,65 \cdot 10^4 \cdot 10 = 8,65 \cdot 10^5$ ejes $N_A = 8,3 \cdot 10^5$ ejes $FDA_{A,A,P} = 8,3 \cdot 10^5 / 8,65 \cdot 10^5 \cdot 100\% = 96\% < 100\%$ OK! CA CON VIDA RESIDUAL
Identificar la condición de las capas asfálticas existentes: Como $FDA_{A,A,P} < 100\%$, corresponde la Situación en la que hay vida residual en las capas asfálticas Calcular el factor de daño acumulado de vida residual, $FDA_{A,A,R} = 1 - FDA_{A,A,P}$	$FDA_{A,A,R} = 1 - 0,96 = 0,04 \cdot 100 = 4\%$ <i>Situación 2</i> Modelo de pavimento adoptado para el análisis posterior: Capa 1, asfáltica nueva, Ha (2400 MPa) Capa 2, asfáltica antigua, 10 cm (490 MPa) Capa 3, granular, 53 cm (165 MPa) Capa 4, subrasante (10 MPa)
Postular un espesor de refuerzo (H_a)	$H_a = 10$ cm
Transformar el pavimento con la sobrecapa en un pavimento granular equivalente. Para estimar el espesor equivalente de las dos capas asfálticas (nueva y antigua), se considera como si se tratara de una sola capa con un módulo promedio [$E_a = (2400+490)/2 = 1445$ MPa]	$H_g = 61,9$ cm $H_e = 53 + 61,9 = 114,9$ cm

Ajustar el módulo del material granular por dependencia de esfuerzos (E_{ga})	$E_{ga} = 40 \text{ MPa}$
Ajustar módulo de la subrasante por dependencia de esfuerzos (E_{sa})	$E_g = 165 \text{ MPa}$ $E_s = 10 \text{ MPa}$ $H = 530 \text{ mm}$ $H_g = 619 \text{ mm}$
Ajustar los módulos en la configuración con sobrecapa de refuerzo	Capa 1, asfáltica nueva, 10 cm (2400 MPa) Capa 2, asfáltica antigua, 10 cm (490 MPa) Capa 3, granular, 53 cm (40 MPa) Capa 4, subrasante (20 MPa)
Correr el programa y determinar (ϵ_{zr}). Calcular (ϵ_{zd}). Comparar (ϵ_{zr}) con (ϵ_{zd}) y verificar el valor FDA_S . Cambiar el espesor si los criterios no se cumplen	$\epsilon_{zr} = 5,85 \cdot 10^{-4}$ $\epsilon_{zd} = 7,31 \cdot 10^{-4}$ $\epsilon_{zr} < \epsilon_{zd}$, OK! N_{AS} (obtenida a partir de la ley de comportamiento con ϵ_{zr}) = $5,79 \cdot 10^6$ $FDA_S = (8,4 \cdot 10^5) / (5,79 \cdot 10^6) = 0.145 = 14,5\% < 100\%$ OK!
Con los resultados de la corrida del programa, determinar (ϵ_{tr}) para la capa de refuerzo. Empleando la fórmula de fatiga de la mezcla, calcular el número admisible de repeticiones de carga y verificar que ($FDA_{A,T}$) no sea superior a la unidad.	$\epsilon_{tr} = 2,72 \cdot 10^{-4}$ N admisible de laboratorio (ley de fatiga) = $2,58 \cdot 10^6$ Si factor de desplazamiento = 10, el N admisible en el terreno será $2,58 \cdot 10^7$ $FDA_{A,T} = (8,4 \cdot 10^5) / (2,58 \cdot 10^7) = 0,033 = 3,3\% < 100\%$ OK!
Con los resultados de la corrida del programa, determinar (ϵ_{tr2}) para la capa asfáltica antigua. Empleando la fórmula de fatiga de la mezcla, calcular el número admisible de repeticiones de carga y verificar que ($FDA_{A,A,T}$) no sea superior a ($FDA_{A,A,R}$). Continuar sólo si $FDA_{A,A,T} > FDA_{A,A,R}$	$\epsilon_{tr2} = 5,73 \cdot 10^{-4}$ N admisible de laboratorio (ley de fatiga) = $6,18 \cdot 10^4$ Si factor de desplazamiento = 10, el N admisible en el terreno será $6,18 \cdot 10^5$ $FDA_{A,A,T} = (8,4 \cdot 10^5) / (6,18 \cdot 10^5) = 1,360 = 136,0\% > 4\%$ NO OK Conclusión: La vida residual de la capa asfáltica antigua es consumida durante el período de vida del refuerzo. Por lo tanto, se debe verificar la "vida después de la muerte"
Determinar la vida residual de la capa asfáltica antigua	$N_R = (6,18 \cdot 10^5) \cdot 0,04 = 2,47 \cdot 10^4$

Calcular el tránsito remanente futuro (N_{FR}) luego del final de la vida de las capas asfálticas existentes, en términos de ejes equivalentes de 8,2 ton	$N_{FR} = 8,4 \cdot 10^5 - 2,47 \cdot 10^4 = 8,15 \cdot 10^5$	
Calcular el factor de daño acumulado que resta por consumir en la sobrecapa, luego del término de la vida de las capas asfálticas del pavimento antiguo ($FDA_{A,S,R}$)	$FDA_{A,S,R} = 1 - (2,47 \cdot 10^4 / 2,58 \cdot 10^7) = 0,999 = 99,9\%$	
Calcular el factor de daño acumulado que resta por consumir para la subrasante, luego del término de la vida de las capas asfálticas del pavimento antiguo ($FDA_{S,R}$)	$FDA_{S,R} = 1 - (2,47 \cdot 10^4 / 5,79 \cdot 10^6) = 0,996 = 99,6\%$	
Adoptar una nueva configuración (modelo) para el análisis del pavimento luego de que expire la vida de las capas asfálticas del pavimento antiguo. Estas últimas deben ser modeladas ahora como capas granulares no ligadas, con un módulo similar al de la base granular. Este nuevo pavimento se convierte en un pavimento granular equivalente, con la finalidad de efectuar los ajustes requeridos por los módulos de las capas granulares y la subrasante, a causa de su dependencia del estado de esfuerzos al cual se encuentran sometidas	Capa 1, asfáltica nueva, 10 cm (2400 MPa) Capa 2, granular, 10+53 = 63 cm (165 MPa) Capa 3, subrasante (10 MPa) $h_g = 38,9$ cm $h_e = 63 + 38,9 = 101,9$ cm	
Ajustar el módulo del material granular por dependencia de esfuerzos (E_{ga})	$E_{ga} = 60$ MPa	
Ajustar módulo de la subrasante por dependencia de esfuerzos (E_{sa})	$E_g = 165$ MPa $E_s = 10$ MPa $h = 630$ mm $h_g = 389$ mm	$FS = 1,32$ $E_{sa} = 10 \cdot 1,32 = 20$ MPa
Elaborar el nuevo modelo de pavimento	Capa 1, asfáltica nueva, 10 cm (2400 MPa) Capa 2, granular, 63 cm (60 MPa) Capa 3, subrasante (20 MPa)	
Correr el programa y determinar el factor de daño acumulado de la subrasante ($FDA_{S,TR}$) debido al tránsito remanente futuro (N_{FR}). Verificar si $FDA_{S,TR} < FDA_{S,R}$	$\epsilon_{zr} = 6,76 \cdot 10^{-4}$ N_{AS} (obtenida a partir de la ley de comportamiento con ϵ_{zr}) = $3,09 \cdot 10^6$ $FDA_{S,TR} = (8,15 \cdot 10^5) / (3,09 \cdot 10^6) = 0,264$ $FDA_{S,R} = 0,996$ $FDA_{S,TR} < FDA_{S,R}$ OK!	

<p>Determinar el factor de daño acumulado para la sobrecapa asfáltica ($FDA_{A,S,TR}$), debido al tránsito remanente futuro (N_{FR}). Verificar si $FDA_{A,S,TR} < FDA_{A,S,R}$</p>	<p>$\epsilon_{tr} = 5,15 \cdot 10^{-4}$</p> <p>N admisible de laboratorio (ley de fatiga) = $1,05 \cdot 10^5$ Si factor de desplazamiento = 10, el N admisible en el terreno será $1,05 \cdot 10^6$</p> <p>$FDA_{A,S,TR} = (8,15 \cdot 10^5) / (1,05 \cdot 10^6) = 0,778$</p> <p>$FDA_{A,S,R} = 0,999$</p> <p>$FDA_{A,S,TR} < FDA_{A,S,R}$ OK!</p> <p>Conclusión: La sobrecapa de concreto asfáltico de 10 cm es suficiente</p>						
<p>Verificación de deformaciones calculadas sean menores a las admisibles</p>	<p>calculadas</p>	<p>admisibles</p>	<p>consumo</p>				
	<p>$2,72 \cdot 10^{-4}$</p>	<p>$4,79 \cdot 10^{-4}$</p>	<p>56,8%</p>				
	<p>$5,73 \cdot 10^{-4}$</p>	<p>$8,48 \cdot 10^{-4}$</p>	<p>67,5%</p>				
	<p>$5,85 \cdot 10^{-4}$</p>	<p>$5,95 \cdot 10^{-4}$</p>	<p>98,3%</p>				
<p>Diseño de pavimento para condiciones actualizadas</p>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;">CAPA REFUERZO 10 CM (2400 MPa)</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;">CAPA ASFALTICA 10 CM (490 MPa)</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #f1c232;">CAPA GRANULAR 53 CM (165 MPa)</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #555555; color: white;">SUBRASANTE (10 MPa)</td> </tr> </table>			CAPA REFUERZO 10 CM (2400 MPa)	CAPA ASFALTICA 10 CM (490 MPa)	CAPA GRANULAR 53 CM (165 MPa)	SUBRASANTE (10 MPa)
CAPA REFUERZO 10 CM (2400 MPa)							
CAPA ASFALTICA 10 CM (490 MPa)							
CAPA GRANULAR 53 CM (165 MPa)							
SUBRASANTE (10 MPa)							

En el Anexo 6, se muestra la hoja de resultados del programa Bisar para el Sector 2: PR57+800 – PR53+450.

11.3.3.3 Sector 3: PR65+750 – PR68+150. Este sector presenta un buen estado con un grado de fisuración mínima y teniendo en cuenta el estudio deflectométrico del sector, se planteó como solución de rehabilitación la

colocación de una capa de refuerzo en concreto asfáltica, previo parcheo en las zonas que se encuentren agrietadas y/o fisuradas.

La estructura existente presenta las condiciones mostradas en la Tabla 11.15.

Tabla 11.15
Estructura existente sector 3: PR65+750 – PR68+150

CAPA	MODULO (MPa)	ESPESOR (cm)	RELACION POISSON μ
ASFALTICA	490	10	0,35
GRANULAR	167	58	0.40
SUBRASANTE	6		0,50

Se diseña la sobrecapa con las siguientes condiciones:

- El tránsito pasado estimado (N_A) es de $8,1 \cdot 10^5$ ejes equivalentes de 8,2 toneladas en el carril de diseño y la temperatura promedio de la región del proyecto es 16 C.
- Tránsito durante el período de diseño de la rehabilitación, $N_F = 1,1 \cdot 10^6$ ejes equivalentes de 8,2 toneladas.
- El concreto asfáltico de la sobrecapa tendrá un stiffness de 2.400 MPa, relación de Poisson = 0.35 y su ley de fatiga está dada por la expresión:

$$\epsilon_t = 5,2 * 10^{-3} * (N_{DA})^{-0,2}$$

Para la solución del problema, se utilizará el programa Bisar de Shell.

Para efectuar la verificación del diseño aplicando la teoría elástica, se ajustaron los módulos de las capas no ligadas (granulares y de subrasante), de acuerdo con lo explicado anteriormente y tomando como referencia los espesores de refuerzo en cada caso. En la Tabla 11.16 se presenta los resultados de este ajuste:

Tabla 11.16
Diseño rehabilitación sector 3: PR65+750 – PR68+150

PROCEDIMIENTO	CALCULOS
Modelar estructura existente	Capa 1, asfáltica sana, 10 cm (490 MPa) Capa 2, granular, 58 cm (167 MPa) Capa 3, subrasante (6 MPa)
Correr el programa y determinar (ϵ_{zp})	$\epsilon_{zp} = 7,16 \cdot 10^{-4}$ $\epsilon_t = 5,20 \cdot 10^{-4}$
Determinar la deformación de tracción en la fibra inferior de las capas asfálticas (ϵ_t) y a partir de ella, calcular el tránsito admisible (N_{DA}) según la ley de fatiga $\epsilon_t = 5,2 \cdot 10^{-3} \cdot (N_{DA})^{-0,2}$. Determinar el factor daño acumulado ($FDA_{A,A,P}$) debido al tránsito que ya circuló (N_A)	$\epsilon_t = 5,20 \cdot 10^{-4}$ $N_{DA} = 1,00 \cdot 10^5$ (lab.) N_{DA} obra = N lab * F.D. = $1,00 \cdot 10^5 \cdot 10 = 1,00 \cdot 10^6$ ejes $N_A = 8,1 \cdot 10^5$ ejes $FDA_{A,A,P} = 8,1 \cdot 10^5 / 1,00 \cdot 10^6 \cdot 100\% = 81\% < 100\%$ OK! CA CON VIDA RESIDUAL
Identificar la condición de las capas asfálticas existentes: Como $FDA_{A,A,P} < 100\%$, corresponde la Situación en la que hay vida residual en las capas asfálticas Calcular el factor de daño acumulado de vida residual, $FDA_{A,A,R} = 1 - FDA_{A,A,P}$	$FDA_{A,A,R} = 1 - 0,81 = 0,19 \cdot 100 = 19\%$ <i>Situación 2</i> Modelo de pavimento adoptado para el análisis posterior: Capa 1, asfáltica nueva, Ha (2400 MPa) Capa 2, asfáltica antigua, 10 cm (490 MPa) Capa 3, granular, 58 cm (167 MPa) Capa 4, subrasante (6 MPa)
Postular un espesor de refuerzo (Ha)	Ha = 12 cm

<p>Transformar el pavimento con la sobrecapa en un pavimento granular equivalente.</p> <p>Para estimar el espesor equivalente de las dos capas asfálticas (nueva y antigua), se considera como si se tratara de una sola capa con un módulo promedio $[E_a = (2400+490)/2 = 1445 \text{ MPa}]$</p>	<p>$H_g = 75,7 \text{ cm}$</p> <p>$H_e = 58 + 75,7 = 133,7 \text{ cm}$</p>		
Ajustar el módulo del material granular por dependencia de esfuerzos (E_{ga})	$E_{ga} = 30 \text{ MPa}$		
Ajustar módulo de la subrasante por dependencia de esfuerzos (E_{sa})	<table border="1"> <tr> <td> $E_g = 167 \text{ MPa}$ $E_s = 6 \text{ MPa}$ $H = 580 \text{ mm}$ $H_g = 757 \text{ mm}$ </td> <td> $FS = 2,61$ $E_{sa} = 6 * 2,61 = 20 \text{ MPa}$ </td> </tr> </table>	$E_g = 167 \text{ MPa}$ $E_s = 6 \text{ MPa}$ $H = 580 \text{ mm}$ $H_g = 757 \text{ mm}$	$FS = 2,61$ $E_{sa} = 6 * 2,61 = 20 \text{ MPa}$
$E_g = 167 \text{ MPa}$ $E_s = 6 \text{ MPa}$ $H = 580 \text{ mm}$ $H_g = 757 \text{ mm}$	$FS = 2,61$ $E_{sa} = 6 * 2,61 = 20 \text{ MPa}$		
Ajustar los módulos en la configuración con sobrecapa de refuerzo	<p>Capa 1, asfáltica nueva, 12 cm (2400 MPa)</p> <p>Capa 2, asfáltica antigua, 10 cm (490 MPa)</p> <p>Capa 3, granular, 58 cm (30 MPa)</p> <p>Capa 4, subrasante (20 MPa)</p>		
<p>Correr el programa y determinar (ϵ_{zr}).</p> <p>Calcular (ϵ_{zd}).</p> <p>Comparar (ϵ_{zr}) con (ϵ_{zd}) y verificar el valor FDA_s.</p> <p>Cambiar el espesor si los criterios no se cumplen</p>	<p>$\epsilon_{zr} = 4,95 * 10^{-4}$</p> <p>$\epsilon_{zd} = 6,67 * 10^{-4}$</p> <p>$\epsilon_{zr} < \epsilon_{zd}$, OK!</p> <p>$N_{AS}$ (obtenida a partir de la ley de comportamiento con ϵ_{zr}) = $1,19 * 10^7$</p> <p>$FDA_s = (1,1 * 10^6) / (1,19 * 10^7) = 0,092 = 9,2\% < 100\%$ OK!</p>		
<p>Con los resultados de la corrida del programa, determinar (ϵ_{tr}) para la capa de refuerzo. Empleando la fórmula de fatiga de la mezcla, calcular el número admisible de repeticiones de carga y verificar que ($FDA_{A,T}$) no sea superior a la unidad.</p>	<p>$\epsilon_{tr} = 2,64 * 10^{-4}$</p> <p>$N$ admisible de laboratorio (ley de fatiga) = $2,98 * 10^6$</p> <p>Si factor de desplazamiento = 10, el N admisible en el terreno será $2,98 * 10^7$</p> <p>$FDA_{A,T} = (1,1 * 10^6) / (2,98 * 10^7) = 0,037 = 3,7\% < 100\%$ OK!</p>		
<p>Con los resultados de la corrida del programa, determinar (ϵ_{tr2}) para la capa asfáltica antigua. Empleando la fórmula de fatiga de la mezcla, calcular el número admisible de repeticiones de carga y verificar que ($FDA_{A,A,T}$) no sea superior a ($FDA_{A,A,R}$).</p> <p>Continuar sólo si $FDA_{A,A,T} > FDA_{A,A,R}$</p>	<p>$\epsilon_{tr2} = 5,22 * 10^{-4}$</p> <p>$N$ admisible de laboratorio (ley de fatiga) = $9,79 * 10^4$</p> <p>Si factor de desplazamiento = 10, el N admisible en el terreno será $9,79 * 10^5$</p> <p>$FDA_{A,A,T} = (1,1 * 10^6) / (9,79 * 10^5) = 1,123 = 112,3\% > 19\%$ NO OK</p> <p>Conclusión: La vida residual de la capa asfáltica</p>		

	antigua es consumida durante el período de vida del refuerzo. Por lo tanto, se debe verificar la “vida después de la muerte”	
Determinar la vida residual de la capa asfáltica antigua	$N_R = (9,79 \cdot 10^5) \cdot 0,19 = 1,86 \cdot 10^5$	
Calcular el tránsito remanente futuro (N_{FR}) luego del final de la vida de las capas asfálticas existentes, en términos de ejes equivalentes de 8,2 ton	$N_{FR} = 1,1 \cdot 10^6 - 1,86 \cdot 10^5 = 9,14 \cdot 10^5$	
Calcular el factor de daño acumulado que resta por consumir en la sobrecapa, luego del término de la vida de las capas asfálticas del pavimento antiguo ($FDA_{A,S,R}$)	$FDA_{A,S,R} = 1 - (1,86 \cdot 10^5 / 2,98 \cdot 10^7) = 0,994 = 99,4\%$	
Calcular el factor de daño acumulado que resta por consumir para la subrasante, luego del término de la vida de las capas asfálticas del pavimento antiguo ($FDA_{S,R}$)	$FDA_{S,R} = 1 - (1,86 \cdot 10^5 / 1,19 \cdot 10^7) = 0,984 = 98,4\%$	
Adoptar una nueva configuración (modelo) para el análisis del pavimento luego de que expire la vida de las capas asfálticas del pavimento antiguo. Estas últimas deben ser modeladas ahora como capas granulares no ligadas, con un módulo similar al de la base granular. Este nuevo pavimento se convierte en un pavimento granular equivalente, con la finalidad de efectuar los ajustes requeridos por los módulos de las capas granulares y la subrasante, a causa de su dependencia del estado de esfuerzos al cual se encuentran sometidas	Capa 1, asfáltica nueva, 12 cm (2400 MPa) Capa 2, granular, 10+58 = 68 cm (167 MPa) Capa 3, subrasante (6 MPa) $hg = 50,8$ cm $he = 68 + 50,8 = 118,8$ cm	
Ajustar el módulo del material granular por dependencia de esfuerzos (Ega)	$Ega = 50$ MPa	
Ajustar módulo de la subrasante por dependencia de esfuerzos (Esa)	$Eg = 167$ MPa $Es = 6$ MPa $h = 680$ mm $hg = 508$ mm	$FS = 1,55$ $Esa = 6 \cdot 1,55 = 10$ MPa
Elaborar el nuevo modelo de pavimento	Capa 1, asfáltica nueva, 12 cm (2400 MPa) Capa 2, granular, 68 cm (50 MPa) Capa 3, subrasante (10 MPa)	

<p>Correr el programa y determinar el factor de daño acumulado de la subrasante ($FDA_{S,TR}$) debido al tránsito remanente futuro (N_{FR}). Verificar si $FDA_{S,TR} < FDA_{S,R}$</p>	<p>$\epsilon_{zr} = 7,87 \cdot 10^{-4}$</p> <p>$N_{AS}$ (obtenida a partir de la ley de comportamiento con ϵ_{zr}) = $1,59 \cdot 10^6$</p> <p>$FDA_{S,TR} = (9,14 \cdot 10^5) / (1,59 \cdot 10^6) = 0.575$</p> <p>$FDA_{S,R} = 0,984$</p> <p>$FDA_{S,TR} < FDA_{S,R}$ OK!</p>		
<p>Determinar el factor de daño acumulado para la sobrecapa asfáltica ($FDA_{A,S,TR}$), debido al tránsito remanente futuro (N_{FR}). Verificar si $FDA_{A,S,TR} < FDA_{A,S,R}$</p>	<p>$\epsilon_{tr} = 4,63 \cdot 10^{-4}$</p> <p>N admisible de laboratorio (ley de fatiga) = $1,78 \cdot 10^5$ Si factor de desplazamiento = 10, el N admisible en el terreno será $1,78 \cdot 10^6$</p> <p>$FDA_{A,S,TR} = (9,14 \cdot 10^5) / (1,78 \cdot 10^6) = 0,513$</p> <p>$FDA_{A,S,R} = 0,994$</p> <p>$FDA_{A,S,TR} < FDA_{A,S,R}$ OK!</p> <p>Conclusión: La sobrecapa de concreto asfáltico de 12 cm es suficiente</p>		
<p>Verificación de deformaciones calculadas sean menores a las admisibles</p>	calculadas	admisibles	consumo
	$2,64 \cdot 10^{-4}$	$4,53 \cdot 10^{-4}$	58,3%
	$5,22 \cdot 10^{-4}$	$8,03 \cdot 10^{-4}$	65,0%
<p>Diseño de pavimento para condiciones actualizadas</p>	<p>CAPA REFUERZO 12 CM (2400 MPa)</p>		
	<p>CAPA ASFALTICA 10 CM (490 MPa)</p>		
	<p>CAPA GRANULAR 58 CM (167 MPa)</p>		
	<p>SUBRASANTE (6 MPa)</p>		

En el Anexo 6, se muestra la hoja de resultados del programa Bisar para el Sector 3: PR65+750 – PR68+150.

11.3.3.4 Sector 4: PR68+150 – PR70+700. Este sector presenta un buen estado con un grado de fisuración mínima y teniendo en cuenta el estudio deflectométrico del sector, se planteó como solución de rehabilitación la colocación de una capa de refuerzo en concreto asfáltica, previo parcheo en las zonas que se encuentren agrietadas y/o fisuradas. Pero se necesita la atención puntual en el tramo comprendido entre el PR 70+0400 al PR 70+0700 debido a que existen fisuras longitudinales muy pronunciadas que ameritan realizar un cajeo en la estructura del pavimento.

La estructura existente presenta las condiciones mostradas en la Tabla 11.17.

Tabla 11.17
Estructura existente sector 4: PR68+150 – PR70+700

CAPA	MODULO (MPa)	ESPESOR (cm)	RELACION POISSON μ
ASFALTICA	490	10	0,35
GRANULAR	300	38	0.40
SUBRASANTE	10		0,50

Se diseña la sobrecapa con las siguientes condiciones:

- El tránsito pasado estimado (N_A) es de $8,1 \cdot 10^5$ ejes equivalentes de 8,2 toneladas en el carril de diseño y la temperatura promedio de la región del proyecto es 16 C.

- Tránsito durante el período de diseño de la rehabilitación, $N_F = 1,1 \cdot 10^6$ ejes equivalentes de 8,2 toneladas.
- El concreto asfáltico de la sobrecapa tendrá un stiffness de 2.400 MPa, relación de Poisson = 0.35 y su ley de fatiga está dada por la expresión:

$$\epsilon_t = 5,2 \cdot 10^{-3} \cdot (N_{DA})^{-0,2}$$

Para la solución del problema, se utilizará el programa Bisar de Shell.

Para efectuar la verificación del diseño aplicando la teoría elástica, se ajustaron los módulos de las capas no ligadas (granulares y de subrasante), de acuerdo con lo explicado anteriormente y tomando como referencia los espesores de refuerzo en cada caso. En la Tabla 11.18 se presenta los resultados de este ajuste:

Tabla 11.18
Diseño rehabilitación sector 4: PR68+150 – PR70+700

PROCEDIMIENTO	CALCULOS
Modelar estructura existente	Capa 1, asfáltica sana, 10 cm (490 MPa) Capa 2, granular, 38 cm (300 MPa) Capa 3, subrasante (10 MPa)
Correr el programa y determinar (ϵ_{zp})	$\epsilon_{zp} = 7,62 \cdot 10^{-4}$ $\epsilon_t = 2,74 \cdot 10^{-4}$
Determinar la deformación de tracción en la fibra inferior de las capas asfálticas (ϵ_t) y a partir de ella, calcular el tránsito admisible (N_{DA}) según la ley de fatiga $\epsilon_t = 5,2 \cdot 10^{-3} \cdot (N_{DA})^{-0,2}$.	$\epsilon_t = 2,74 \cdot 10^{-4}$ $N_{DA} = 2,48 \cdot 10^6$ (lab.) $N_{DA} \text{ obra} = N \text{ lab} \cdot F.D. = 2,48 \cdot 10^6 \cdot 10 = 2,48 \cdot 10^7$ ejes
Determinar el factor daño acumulado ($FDA_{A,A,P}$) debido al tránsito que ya circuló (N_A)	$N_A = 8,1 \cdot 10^5$ ejes $FDA_{A,A,P} = 8,1 \cdot 10^5 / 2,48 \cdot 10^7 \cdot 100\% = 3\% < 100\%$ OK! CA CON VIDA RESIDUAL

<p>Identificar la condición de las capas asfálticas existentes: Como $FDA_{A,A,P} < 100\%$, corresponde la Situación en la <i>que</i> hay vida residual en las capas asfálticas</p> <p>Calcular el factor de daño acumulado de vida residual, $FDA_{A,A,R} = 1 - FDA_{A,A,P}$</p>	<p>$FDA_{A,A,R} = 1 - 0,03 = 0,97 * 100 = 97\%$ <i>Situación 2</i></p> <p>Modelo de pavimento adoptado para el análisis posterior: Capa 1, asfáltica nueva, Ha (2400 MPa) Capa 2, asfáltica antigua, 10 cm (490 MPa) Capa 3, granular, 38 cm (300 MPa) Capa 4, subrasante (10 MPa)</p>	
<p>Postular un espesor de refuerzo (Ha)</p>	<p>Ha = 12 cm</p>	
<p>Transformar el pavimento con la sobrecapa en un pavimento granular equivalente.</p> <p>Para estimar el espesor equivalente de las dos capas asfálticas (nueva y antigua), se considera como si se tratara de una sola capa con un módulo promedio [$E_a = (2400+490)/2 = 1445$ MPa]</p>	<p>Hg = 63,1 cm He = 38 + 63,1 = 101,1 cm</p>	
<p>Ajustar el módulo del material granular por dependencia de esfuerzos (Ega)</p>	<p>Ega = 40 MPa</p>	
<p>Ajustar módulo de la subrasante por dependencia de esfuerzos (Esa)</p>	<p>Eg=300 MPa Es=10 MPa H=380 mm Hg=631 mm</p>	<p>FS = 2,92 Esa=10*2,92=30 MPa</p>
<p>Ajustar los módulos en la configuración con sobrecapa de refuerzo</p>	<p>Capa 1, asfáltica nueva, 12 cm (2400 MPa) Capa 2, asfáltica antigua, 10 cm (490 MPa) Capa 3, granular, 38 cm (40 MPa) Capa 4, subrasante (30 MPa)</p>	
<p>Correr el programa y determinar (ϵ_{zr}).</p> <p>Calcular (ϵ_{zd}).</p> <p>Comparar (ϵ_{zr}) con (ϵ_{zd}) y verificar el valor FDA_S.</p> <p>Cambiar el espesor si los criterios no se cumplen</p>	<p>$\epsilon_{zr} = 5,08 * 10^{-4}$ $\epsilon_{zd} = 7,10 * 10^{-4}$ $\epsilon_{zr} < \epsilon_{zd}$, OK!</p> <p>$N_{AS}$ (obtenida a partir de la ley de comportamiento con ϵ_{zr}) = $1,07 * 10^7$</p> <p>$FDA_S = (1,1 * 10^6) / (1,07 * 10^7) = 0.103 = 10,3\% < 100\%$ OK!</p>	
<p>Con los resultados de la corrida del programa, determinar (ϵ_{tr}) para la capa de refuerzo. Empleando la fórmula de fatiga de la mezcla, calcular el número admisible de repeticiones de carga y verificar que ($FDA_{A,T}$) no sea superior a la unidad.</p>	<p>$\epsilon_{tr} = 2,50 * 10^{-4}$</p> <p>N admisible de laboratorio (ley de fatiga) = $3,88 * 10^6$</p> <p>Si factor de desplazamiento = 10, el N admisible en el terreno será $3,88 * 10^7$</p> <p>$FDA_{A,T} = (1,1 * 10^6) / (3,88 * 10^7) = 0,028 = 2,8\% < 100\%$ OK!</p>	

<p>Con los resultados de la corrida del programa, determinar (ϵ_{tr2}) para la capa asfáltica antigua. Empleando la fórmula de fatiga de la mezcla, calcular el número admisible de repeticiones de carga y verificar que ($FDA_{A,A,T}$) no sea superior a ($FDA_{A,A,R}$). Continuar sólo si $FDA_{A,A,T} > FDA_{A,A,R}$</p>	<p>$\epsilon_{tr2} = 4,75 \cdot 10^{-4}$</p> <p>N admisible de laboratorio (ley de fatiga) = $1,57 \cdot 10^5$</p> <p>Si factor de desplazamiento = 10, el N admisible en el terreno será $1,57 \cdot 10^6$</p> <p>$FDA_{A,A,T} = (1,1 \cdot 10^6) / (1,57 \cdot 10^6) = 0,699 = 69,9\% < 97\% \text{ OK!}$</p> <p>Conclusión: Conclusión: La sobrecapa de concreto asfáltico de 12 cm es suficiente</p>		
<p>Verificación de deformaciones calculadas sean menores a las admisibles</p>	<p>calculadas</p>	<p>admisibles</p>	<p>consumo</p>
	<p>$2,50 \cdot 10^{-4}$</p>	<p>$4,53 \cdot 10^{-4}$</p>	<p>55,2%</p>
	<p>$4,75 \cdot 10^{-4}$</p>	<p>$8,03 \cdot 10^{-4}$</p>	<p>59,1%</p>
<p>Diseño de pavimento para condiciones actualizadas</p>	<p style="text-align: center;">CAPA REFUERZO</p>		
	<p style="text-align: center;">12 CM (2400 MPa)</p>		
	<p style="text-align: center;">CAPA ASFALTICA</p>		
	<p style="text-align: center;">10 CM (490 MPa)</p>		
<p style="text-align: center;">CAPA GRANULAR</p>			
<p style="text-align: center;">38 CM (300 MPa)</p>			
<p style="text-align: center;">SUBRASANTE (10 MPa)</p>			

En el Anexo 6, se muestra la hoja de resultados del programa Bisar para el Sector 4: PR68+150 – PR70+700.

11.4 SELECCIÓN DE ESPESOR DE SOBRECAPA DE REFUERZO

En la Tabla 11.19, se establecen los valores de espesor de capa de refuerzo en concreto asfáltico adoptados para la rehabilitación de la Vía Santiago – San Francisco.

Tabla 11.19
Sobrecapa de refuerzo

SECTOR	CAPA	ESPESOR (cm)
PR51+100 – PR56+500	Capa Refuerzo	10
PR57+800 – PR63+450	Capa Refuerzo	10
PR65+750 – PR68+150	Capa Refuerzo	12
PR68+150 – PR70+700	Capa Refuerzo	12

11.5 RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO DE REFUERZO

Los siguientes son los elementos de diseño aplicados.

Altura media: 2.100 m.s.n.m.

Temperatura promedio: 16 °C.

Precipitación media anua: 1.579 mm/año

Confiabilidad: 85%

Periodo de diseño: 10 años

Tránsito Sectores 1 y 2 (10 años): $8,4 \cdot 10^5$

Transito Sectores 3 y 4 (10 años): $1,1 \cdot 10^6$

Alternativa de rehabilitación: Sobrecarpeta espesa de refuerzo

Características de la vía: Una calzada dos carriles uno por sentido

Sección: 8,0 de calzada y berma-cuneta de ancho variable

Geotecnia: Suelos limo arenosos con afirmado con material de río

Asfalto y mezcla:

- CBR Sectores 1, 2 y 4: 1,0%
- CBR Sector 3: 0,6%
- Penetración original: 99 (0,1 mm)
- T₈₀₀: 44,1 °C
- Contenido óptimo de asfalto: 5,03%
- Contenido de asfalto en volumen: 12,1%
- Contenido de Vacíos: 3,8%
- Contenido de Agregados: 84,1%
- Compactación máxima del 95%
- Stiffness de la mezcla: 2.400 MPa

12. PRESUPUESTO

El presupuesto del proyecto se desarrolló teniendo en cuenta la localización de las fuentes de materiales y el espesor de la sobrecapa espesa de refuerzo. Se desarrolla teniendo en cuenta los costos involucrados en la construcción de la rehabilitación y los impactos asociados de los usuarios del proyecto sobre el período de diseño. Con base en los siguientes aspectos:

- La sobrecapa de refuerzo es de diez (10) centímetros para los sectores 1 y 2 y de doce (12) centímetros para los sectores 3 y 4.
- Mezcla asfáltica desde la planta de asfalto ubicada en Pasto o planta móvil ubicada en el Valle de Sibundoy.
- Para establecer el ítem transporte de material se ha considerado una distancia de 70 kilómetros desde la planta de asfaltos hasta la obra, la cual involucra materiales para mezcla asfáltica.
- Para establecer los volúmenes finales de transporte de materiales se ha asumido los siguientes factores de expansión: de mezcla asfáltica de un 5%.
- Tanto la distancia y factores de expansión afectan el transporte de los ítem mencionados, para los demás materiales los costos son puestos en obra.

El presupuesto total del proyecto asciende a OCHO MIL SEISCIENTOS SESENTA Y DOS MILLONES OCHENTA Y OCHO MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y CINCO PESOS, CON ONCE CENTAVOS (\$ 8.662.088.655,11).

En Anexo 7, se muestra el presupuesto de obra con las respectivas cantidades y análisis de precios unitarios.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las recomendaciones efectuadas se encuentran fundamentadas en los datos obtenidos en la inspección visual, la deflectometría y la investigación geotécnica de archivo recopilada.
- Cualquier situación que sea diferente a las condiciones encontradas en el terreno y específicamente en lo relativo a los tipos de suelos analizados, deben ser informadas para efectuar las modificaciones que sean pertinentes.
- Antes de iniciar cualquier obra de pavimentación que sea inherente a la colocación de los refuerzos recomendados, la Interventoría y el Contratista, deberán realizar un inventario sobre las condiciones del drenaje y subdrenaje de la vía, con el propósito que previamente se hayan solucionado las deficiencias de las obras existentes, lo cual implica especialmente revisar el funcionamiento de filtros, alcantarillas y cunetas, para disidir sobre su adecuación y/o complementación. Estos sitios son los indicados en la Tabla 5.1 Sectores con valores de radio de curvatura menor a 80 metros.
- Las obras recomendadas para la rehabilitación deben realizarse en concordancia con los estándares de calidad que establecen las especificaciones generales y particulares que rigen actualmente en el INVIAS.
- Respecto a las mezclas asfálticas tipo concreto asfáltico en caliente, éstas deberán fabricarse, extenderse y compactarse atendiendo la Especificación

INV 450. De acuerdo con la magnitud de los refuerzos recomendados, el espesor total por colocar debe instalarse atendiendo la siguiente discriminación:

- La capa de refuerzo asfáltica estará conformada por espesores entre 10 y 12 cm y deberán ajustarse a las características de una mezcla tipo MDC-2.
- Cuando se requiera efectuar bacheos o parcheos, deberá utilizarse una mezcla asfáltica tipo MDC-0 ó tipo MDC-1. Para este efecto debe atenderse igualmente lo contemplado en el numeral 450.9 P de las Especificaciones Generales de Construcción. Allí se explica que para espesores menores o iguales a 15 cm, el bache debe rellenarse en su totalidad con mezcla asfáltica. Sí este supera los 15 cm podría rellenarse con mezcla asfáltica (espesor mínimo 7.5 cm) y base granular. En cuanto esta última exigencia debe tenerse en cuenta, siempre y cuando no se pierda la homogeneidad del espesor de la estructura existente.
- Este tipo de evaluaciones se deben realizar a vías de la red nacional periódicamente con el fin de prever el comportamiento de la estructura de dichas vías y así programar las intervenciones económicamente más viables como la de restauración y refuerzo y evitar grandes gastos en rehabilitaciones de tipo reconstructivo que son mucho más costosas que las planteadas en este trabajo.
- Se debe crear un banco de datos con la información de las rehabilitaciones realizadas a la red nacional de vías, brindando la posibilidad de emplear los instrumentos de predicción, evolución de los deterioros de las mismas.

Estos modelos podrán ser utilizados para verificar la evolución de los parámetros superficiales y definir el momento de aplicación de futuras acciones de mantenimiento.

BIBLIOGRAFIA

1. Colombia. Ministerio de Transporte Instituto Nacional de Vías. Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras. Bogotá, D.C., 2002.
2. Colombia. Ministerio de Transporte Instituto Nacional de Vías. Estudio e Investigación del estado Actual de las Obras de la Red Nacional de Carreteras. Manual para la Inspección Visual de Pavimentos flexibles. Bogotá, D.C., 2006.
3. Colombia. Ministerio de Transporte Instituto Nacional de Vías. Volúmenes de Tránsito. Bogotá, D.C., 2007.
4. Colombia. Ministerio de Transporte Instituto Nacional de Vías. Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras. Bogotá, D.C., 2007.
5. Colombia. Ministerio de Transporte Instituto Nacional de Vías. Especificaciones generales de Construcción de Carreteras. Bogotá, D.C., 2007.
6. Aashto. Aashto guide for Design of Pavement Structures. Washington, 1993.
7. The Asphalt Institute. Research and Development of The Asphalt Institute's Thickness Design Manual (MS – 1). Novena Edición. College Park, Maryland, 1982.

8. Shell. Shell Pavement Design Manual. Asphalt Pavements and Overlays for Road Traffic. Shell International Petroleum Company Limited. London 1978.
9. Shell. Shell Pavement Design Manual. Asphalt Pavements and Overlays for Road Traffic. Shell International Petroleum Company Limited. Londres, 1978.
10. Shell. Shell International Oil Products BV. Software Shell Bitumen Bisar 3.0. Londres, 1998.
11. Shell. Shell International Oil Products BV. Software Shell Bitumen Bands 2.0. Londres, 1998.
12. Colombia. Ministerio de Transporte Instituto Nacional de Vías. Software Inpaco Diseño Racional de Pavimentos Aplicación de Nuevas Técnicas Deflex. Universidad del Cauca. Bogotá, 1993.
13. Chavarro Barreto, Eugenio y otros. Determinación de módulos resilientes en suelos de subrasante. Undécimo simposio colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos. Cartagena de Indias, 1997
14. Lilli, Felix. Curso Sobre Diseño Racional de Pavimentos Flexibles. Universidad del Cauca. Popayán, 1991.
15. Muñoz Ricaurte, Guillermo. Diseño y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles, Métodos Racionales. Editorial Universidad de Nariño. Pasto, 1998.
16. Montejo Fonseca, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Segunda Edición. Editorial Universidad Católica de Colombia. Manizales, 2002.

17. Reyes Lizcano, Fredy Alberto. Diseño Racional de Pavimentos. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá, 2004.

18. Colombia. Ministerio de Transporte Instituto Nacional de Vías. Estudio para Rehabilitación de la Carretera Pasto – San Francisco Sector: Santiago – San Francisco. Paulo Emilio Bravo Y Cia. Ltda. Ingenieros Consultores. Popayán, 1994.

ANEXO 1

INSPECCION VISUAL

**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE**

TIPO DE DAÑO	CONVENCION	SEVERIDADES		
		BAJA	MEDIA	ALTA
FISURAS				
Fisura longitudinal (m)	FL	Abertura < 1mm o sellada	Abertura 1-3 mm, sin agua, algunas fisuras leves la cruzan	Abertura > 3 mm, posee alta degradación, algunas fisuras median la cruzan, causa vibración al vehículo
Fisura horizontal (m)	HF			
Fisura en junta de construcción (m)	FCL, FCT			
Reflexión en juntas de pavimentos rígidos (m)	FJL, FJT			
Fisura en medio línea (m)	FML			
Fisura de borde (m)	FBO			
Fisura en bloque (m ²)	FB	Los bloques se comenzaron a formar, pero no están claramente definidos y están conformados por fisuras < 1mm o selladas, sin desgaste en ellas	Bloques definidos por fisuras 1-3mm, o instantánea, con desgaste leve	Bloques bien definidos por fisuras > a 3 mm que presentan alto desgaste
Rede cocodrilo (m ²)	FC	Serie de fisuras longitudinales paralelas con aberturas de hasta 3mm, principalmente en la base	Las fisuras han formado bloques que tienen un ligero desgaste en los bordes	Areas con bloques sueltos, desgastados, puede existir bombeo
Fisura por desplazamiento de capas (m ²)	FDC	Fisuras < 1 mm o selladas	Fisuras de 1-3 mm, pueden estar agrietando los alrededores con aberturas menores a 1 mm	Fisuras > 3mm pueden estar agrietando entre las fisuras con aberturas mayores a 1 mm
Fuercion inapiente (m ²)	FB		En grado de severidades asociados	
DEFORMACIONES				
Condiciones (m ²)	CMD			
Abultamiento (m ²)	AL	Altura < 10 mm	Altura entre 10-20mm	Altura > 20mm
Hundimiento (m ²)	HUM	Altura < 20 mm	Altura entre 20-40mm	Altura > 40mm
Ahuellamiento (m ²)	AHU	Altura < 10 mm	Altura entre 10-25mm	Altura > 25mm
DANOS SUPERFICIALES				
Desgaste superficial (m ²)	DSU	Perdida de la textura uniforme de la superficie, con irregularidad de hasta de 2mm	Profundidad de los irregularidades entre 3-10mm, se observa el agregado grueso, el vehículo experimenta vibración y ruido	No comenzado a desmenuzarse la superficie, presenta desmenuzamiento evidente y partículas sueltas sobre la cobeta
Pulveriento del agregado (m ²)	PA		En grado de severidades asociados	
Cubetas duras (m ²)	CD		En grado de severidades asociados	
Fuadador (m ²)	FI	Se hace visible en la superficie en zonas aisladas y de espesor delgado que no cubra los agregados gruesos	Escasos de daño leve que cubren una pequeña superficie parcialmente los agregados	Cantidad significativa de daño en la superficie cubriendo casi la totalidad de los agregados, aspecto húmedo de intenso color negro
Suros (m ²)	SU		En grado de severidades asociados	
DETERIORO DE LAS CARAS SUPERFICIALES				
Desacostamiento (m ²)	DC	Altura < 10 mm	Altura entre 10-25mm	Altura > 25mm
Bache o hueco (m ²)	BCH	Profundidad < 25mm, corresponde al desplazamiento de los materiales superficiales o capas delgadas	Profundidad entre 25-50mm, afecta incluso la base asfáltica	Profundidad > 50mm, llega a afectar la base granular
Parcheo (m ²)	PCH	Esta en muy buena condición y se desempeña satisfactoriamente.	Presenta algunos daños de severidad baja a media y deficiencias en los bordes	Presenta daños de severidad alta y requiere ser reparado pronto
OTROS DANOS				
Corrosión vertical de la bamba (m ²)	C/V	Altura < 4mm	Altura > 4mm	Altura > 5mm
Separación de la bamba (m ²)	SB	Ancho < 5cm	Altura 3-10mm	Altura > 10mm
Afloramiento de agua (m ²)	AFA		En grado de severidades asociados	
Afloramiento de sales	AF		En grado de severidades asociados	
COMENTARIOS				
<p>1- En el caso de las bamba, los daños que presenten deben registrarse con las mismas convenciones indicadas adicionando una "B" al final para diferenciarlos de los daños en el pavimento. Los daños reportados como separación vertical de la bamba no requieren la adición de la "B" al final</p> <p>2- En el caso de los afloramientos de agua se evalúa en (m) la zona afectada cuando no tiene daño asociado, en cambio, cuando el afloramiento se presenta donde existe daño (por ejemplo una fisura o piel de cocodrilo), se reporta el daño y en las aclaraciones se escribe que posee afloramiento de agua</p> <p>3- Dado que el desplazamiento de las fisuras siempre se presentan durante más de un día (por ejemplo una fisura o piel de cocodrilo), se reporta el daño y en las aclaraciones se escribe que posee afloramiento de fisuras</p>				

CONVENCIONES Y SEVERIDADES PARA DAÑOS EN CUNETAS Y CANALES DE CONDUCCIÓN

TIPO DE DAÑO	CONVENCIÓN	SEVERIDADES		
		BAJA	MEDIA	ALTA
FIGURAS				
Desplazamiento (m)	SI	Menor a 0,2 cm	Mayor a 0,5 cm	Mayor a 1,0 cm
Gravita (m)	GR	Menor a 0,2 cm o vertical	Mayor a 0,5 cm	Mayor a 1,0 cm
Desgaste (m) o # de rodajas	DU	El desgaste ha comenzado a ser visible, pero no de manera significativa	La superficie de la cuneta se ha deteriorado en forma significativa, hay pérdida de perfil, las lavallas y drenajes no funcionan correctamente	La superficie está muy rugosa y presenta pérdida de perfil, se puede presentar un resaca o un hueco que genera un canal más profundo por donde debe fluir
Desplazamiento (m)	DES, DPL	Longitud < 4 cm	Longitud 4-10 cm	Longitud > 10 cm
Fracturamiento (m) o # de rodajas	FRAO	Tallos más de 2 bloques en el modelo de la cuneta, aunque no hay desplazamiento ni hundimiento del concreto ni se observa infiltración en el agua	Los bloques presentan una separación entre 0,5 mm y 2 mm con algún desplazamiento de hundimiento	Los bloques presentan separación entre 2 mm y 5 mm con desplazamiento de hundimiento que genera un hueco o resaca en la cuneta, puede haber separación total o parcial del concreto y no hay continuidad de la cuneta
Separación de la cuneta (m)	SC	Menor a 3 mm	Mayor a 3 mm	Mayor a 10 mm
Obstrucción (m)	OB	El agua del 10% de la sección se evapora con normalidad y no hay obstrucción de la cuneta	La cuneta se encuentra obstruida hasta un porcentaje que puede llegar a obstruir un 50% de la sección	La cuneta presenta obstrucción de más del 50% de la sección
Integro		Aquí no se describe un daño, sino que la estructura se encuentra en la condición de integro		

ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS


FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2

TERRITORIAL	<u> </u>	FECHA	<u> </u>	CORRECTOR	<input type="checkbox"/>	FR. LOCAL	<u> </u>
CODIGO DE LA V.A.	<u> </u>	CONTRATO No	<u> </u>	MOODSTRAL	<input type="checkbox"/>	FR. PROV.	<u> </u>
NOMBRE DE LA V.A.	<u> </u>	LEWANTADO POR	<u> </u>	AMX	<input type="checkbox"/>	MOBIL	<u> </u>

PR	Carril	Tipo	Sever.	PATOLOGIA				Foto	Aclaraciones
				Daño		Reparación			
				Longitud	Anchura	Longitud	Anchura		
SI+193		FC		1.00	1.00	1.00	1.00		
SI+222		FT		0.50		0.50			
SI+247,4									
		EX		0.50	0.50	0.50	0.50		
SI+070		BA		1.00	1.00	1.00	1.00		
SI+269,1		FT		1.00	1.00	1.00	1.00		
SI+274,1				1.00	1.00	1.00	1.00		
SI+030		PC		1.00	1.00	1.00	1.00		
SI+481,1		B							
SI+446,3		BR							

**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2**

TERRITORIO: FECHA: COLECCIÓN: CONDICIÓN: PR. ACIA:
 CÓDIGO DE LA VÍA: CONTRATO: WFO. SISTEMAL: PR. PAV:
 NOMBRE DE LA VÍA: LEVANTADOR: NÚM. DE DISEÑO: A.M.: VOA: E. DE: E.

PK	Carril	Tipo	Base	PATOLOGÍA				Foto	Aclaraciones
				Daño		Reparación			
				Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)	Ancho(m)		
SI-0471		PC							
SI-500		ML							
SI-500.1		ML							
SI-0630		ML							
SI-583.1		BA							
SI-800								Concreto rígido - acostaria	
SI-715		AHU							
SI-807								Valle	
SI-0977		ML							
Número de calzadas: <u> </u> 2								CONDICIÓN	
Número de carriles por calzadas: <u> </u> 1									
Ancho de carril: <u> </u> 3.5				Ancho de terreno: <u> </u> 12					

**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA INSPECCION VISUAL DE CUNETAS**

IDENTIFICACION	PROYECTO	CONVENIO	FECHA	INSTRUMENTOS
SOCIOS DEL CANAL	CONTRATISTA	INSTRUMENTOS	CONVENIO	INSTRUMENTOS
ABASTECIMIENTO	CONTRATISTA	INSTRUMENTOS	CONVENIO	INSTRUMENTOS

PR. MUNICIPAL	FECHA	CONVENIO	INSTRUMENTOS	INSTRUMENTOS
51-298	15/05/2009 14:40			
51-487				
51-970				

PR. MUNICIPAL	DISEÑO	EQUIPAMIENTO	Longitud (m)		Forma	Dato			Ficha No.	Observaciones
			Total	Abastec.		Esp.	Sev.	Can.		
51-298	X	X	198	1.20	V					
51-487	X	X	483	1.20	R					
51-970	X	X	41	1.20	V					
720										
En el PR 51-0900 se encuentra en mal estado										




Forma Triangular V. Rectangular - R. Trapezoidal - T. Semitriangular - S

©SERVICIOS DE INGENIERIA

REPUBLICA DE COLOMBIA		CARRETERA: PASTO MOCOA		FECHA: 13 de Mayo de 2008									
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS		SECTOR: SANTIAGO SAN FRANCISCO		PIE: 51	A PIE: 52								
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS UNIVERSIDAD DE NARIÑO		PIE 01	PIE 52										
		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	
CONDICION SUPERFICIAL	DAÑOS	ESTRUCTURALES	Deformación	[Green bar]									
			Fisuración longitudinal	[Green bar]									
	SUPERFICIALES	Fatiga	[Green bar]										
		Parcheo/Reparación	[Yellow bar]										
		Fisura longitudinal de junta	[Green bar]										
		Pérdida película de ligante	[Green bar]										
		Pérdida de agregado	[Green bar]										
		Ojos de pescado	[Green bar with yellow and red spots]										
	Índice de Fisuración If	[Green bar with '1' markers]											
	Índice de Deformación Id	[Green bar with '1' markers]											
Índice de Deterioro Is	[Green bar with '4' markers]												
IRI m/Km		[Scale: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]											
CRD		0.45											
CONDICION ESTRUCTURAL	DEFLEXION BAJO EL EJE DE LA CARGA (FWD) 1/100 mm		[Line graph showing deflection values]										
	ESTRATIGRAFIA (cm)		[Cross-section diagram of road layers]										
CONDICION DEL DRENAJE		[Green bar]											

**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2**

TERRITORIAL:	Subgrupo:	FECHA:	Orden de obra:	CONDICION:	<input type="checkbox"/>	PR. INCL:	30
CODIGO DE LA VIA:	100:	CONTRATO No.:		ARTIFICIAL:	<input type="checkbox"/>	PR. INCL:	30
NOMBRE DE LA VIA:	Ruta 100:	CONTRATO POR:	Ing. Darío Botto	K.MV.:	<input type="checkbox"/>	HOUR:	1 DE: 1
			Ing. Alejandro Talari				

PR	Carril	Tipo	Secc	PADO DCSA				Foto	Acciones
				Dete		Reparación			
				Largo	Ancho	Largo	Ancho		
52+026		FT		1.00	1.00	1.00	1.00		
52+314		FL							
52+400		FL							
52+600		FL							
52+617.9		ML		2.00	2.00	2.00	2.00		Se realizó parche en el mantenimiento realizado en Marzo del 2008
52+657.15		FL							
52+683.1		FT							
52+733.8		ML							

52-0153		FL										
52-0241		SA										
52-077		M			3.00	2.00	3.00	2.00				
52-009		M										
Número de cazadas:										Comentarios:		
Número de cartiles por cazadas:												
Año de cartil:										Año de compra		

ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2

TERRITORIAL: _____

CONCESION: PR. LOCAL

FECHA: _____

PR. RURAL: _____

COODIGO DE LA VIA: _____

CONTRATO No: _____

PR. URBANO: _____

MTTO-INTEGRAL:

LEJANTADO POR: _____

ÁREA: HORA: _____ DE: _____

PR	Carril	Tipo	Sever		Duro		Reparación		Foto	Aclaraciones
			Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)	Ancho(m)		
52+005		FT	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
52+314		FL								
52+488		FL								
52+609		FL								
52+617.9		ML	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		
52+657.15		FL								
52+683.1		FT								
52+733.6		ML								
52+815.3		FL								
52+824.1		BA								
52+877		ML	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00	2.00		
52+906		ML								

Numero de calzadas: _____

Numero de carriles por calzadas: _____

Ancho de carril: _____


Alto de barra: _____

Comentarios: _____

REPUBLICA DE COLOMBIA		CARRETERA: PASTO MOCOA		FECHA: 13 de Mayo de 2009											
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS		SECTOR: SANTIAGO SAN FRANCISCO		PR: 52	A-PR: 53										
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS UNIVERSIDAD DE NARIÑO		PI.52	2	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	PI.53	
CONDICION SUPERFICIAL	DAÑOS	ESTRUCTURALES	Deformación	[Bar chart showing damage levels across the road length]											
			Fisuración longitudinal	[Bar chart showing damage levels across the road length]											
			Fatiga	[Bar chart showing damage levels across the road length]											
			Parqueo/Reparación	[Bar chart showing damage levels across the road length]											
	SUPERFICIALES	Fisura longitudinal de junta	[Bar chart showing damage levels across the road length]												
		Pérdida película de ligante	[Bar chart showing damage levels across the road length]												
		Pérdida de agregado	[Bar chart showing damage levels across the road length]												
		Ojos de pescado	[Bar chart showing damage levels across the road length]												
	Indice de Fisuración If	[Line graph showing If values across the road length]													
	Indice de Deformación Id	[Line graph showing Id values across the road length]													
Indice de Deterioro Is	[Line graph showing Is values across the road length]														
IRI m/Km	[Bar chart showing IRI values across the road length]														
CRD	0.45														
CONDICION ESTRUCTURAL	DEFLEXION BAJO EL EJE DE LA CARGA (FWD) 1/100 mm	[Line graph showing deflection values across the road length]													
	ESTRATIGRAFIA (cm)	[Cross-section diagram of road layers]													
CONDICION DEL DRENAJE		[Bar chart showing drainage condition across the road length]													

ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2

TERRITORIAL: Autopista RDRM Ortúzar, J. O. S. B. OXK02506 AR. NDAE: SS
 CODIGO DE LA VÍA: 100 CONTRATO No. MTO. MTS/DAE: AQ. FINE: SM
 NOMBRE DE LA VÍA: Puerto México LEVANTADO POR: Ing. César Sánchez XEX HOJA: 1 DE 1
Por Dirección Tuxtla

PR	Carril	Tipo	Sever	PATOLOGIA				Foto	Aclaraciones
				Daño		Reparación			
				Largo(m)	Anchura	Largo(m)	Anchura		
53-010.60		FL							
53-108.1		FL							
53-118.2		FL							
53-140.75		FL							
53-248		FL							
53-429.7		ML		2.08	3.90	2.08	2.08		
53-458		ML							
53-801		FL							
53-851.00								Piscinas	
53-738		SI							

**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA INSPECCION VISUAL DE CUNETAS**

IDENTIFICACION	ESTADISTIVO	FECHA	15/05/2019 14:44	DIRECCION		PK. INICIO	43
COORDENADAS UTM	883	COORDENADA		METROLOGIA		PK. FIN	54
NOMBRE DE LA VIA	AV. DEL MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	HGO.	COMUNIDAD	SA. N.	AQUÍ	SE 3
		ING. DARIO BUQUELY					
		ING. EMERSON TULCAN					

R. INICIAL	Lado		Longitud (m)		Forma	Cebos			Observaciones	Evidencia
	Derecho	Izquierdo	Total	Montado		Tipo	Señ	Can		
53-037	X	X	80	1.20	V					
53-034	X	X	135	1.20	V					
53-787	X	X	107	1.20	V					





Forma Triangular V- Rectangular- R- Trapezoidal- T- Semicircular- S

Observaciones Comunes:

REPUBLICA DE COLOMBIA		CARRETERA: PASTO_MOCOA		FECHA: 13 de Mayo de 2009											
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS		SECTOR: SANTIAGO SAN FRANCISCO		PR: 53	A-PR: 54										
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS, UNIVERSIDAD DE NARIÑO		PR 53			PR 54										
		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000			
CONDICION SUPERFICIAL	DAÑOS	ESTRUCTURALES	Deformación	[Green bar]											
			Fisuración longitudinal	[Green bar]											
	Fatiga		[Green bar]												
	Parcheo/Reparación		[Red bar from 0 to 200]												
	SUPERFICIALES	Fisura longitudinal de junta	[Green bar]												
		Pérdida película de ligante	[Green bar]												
		Pérdida de agregado	[Green bar]												
		Ojos de pescado	[Green bar with yellow spot at 500]												
		Índice de Fisuración If	[Green bar with '1' markers]												
		Índice de Deformación Id	[Green bar with '1' markers]												
	Índice de Deterioro Is	[Green bar with '3' markers]													
	IRI m/Km	[Scale 0-10]													
	CRD	0.45													
CONDICION ESTRUCTURAL	DEFLEXION BAJO EL EJE DE LA CARGA (FWD) 1/100 mm	[Line graph showing deflection]													
	ESTRATIGRAFIA (cm)	[Cross-section diagram of road layers]													
CONDICION DEL DRENAJE		[Yellow and green bars]													

ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2

TERRITORIAL: Palmarito REDAL Octubre de 2008 CONDICION: PS. BICAL: 28
 CODIGO DE LA VIA: 1603 CONTRATO/Nº: MOTIVACION: PS. ABAL: 38
 NOMBRE DE LA VIA: PS48, Mila LEVANTADO POR: Jey David Sichel A EE: BOA: 7 DE 1
Jey, Christian Tizabi

PR	Carril	Tipo	Sever	PATOLOGIA				Foto	Activaciones
				Daño		Reparación			
				Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)	Ancho(m)		
54+00								Panela	
54+33.5									
54+59.7								Dado de pescado daño por máquina	
54+75.0								Dado de pescado	
54+723.80		B						Panela	
54+87								Fisuras - bache	
Número de cazadas								Comentarios	
Número de cañales por cazadas									
Ancho de carril								Ancho de bache	

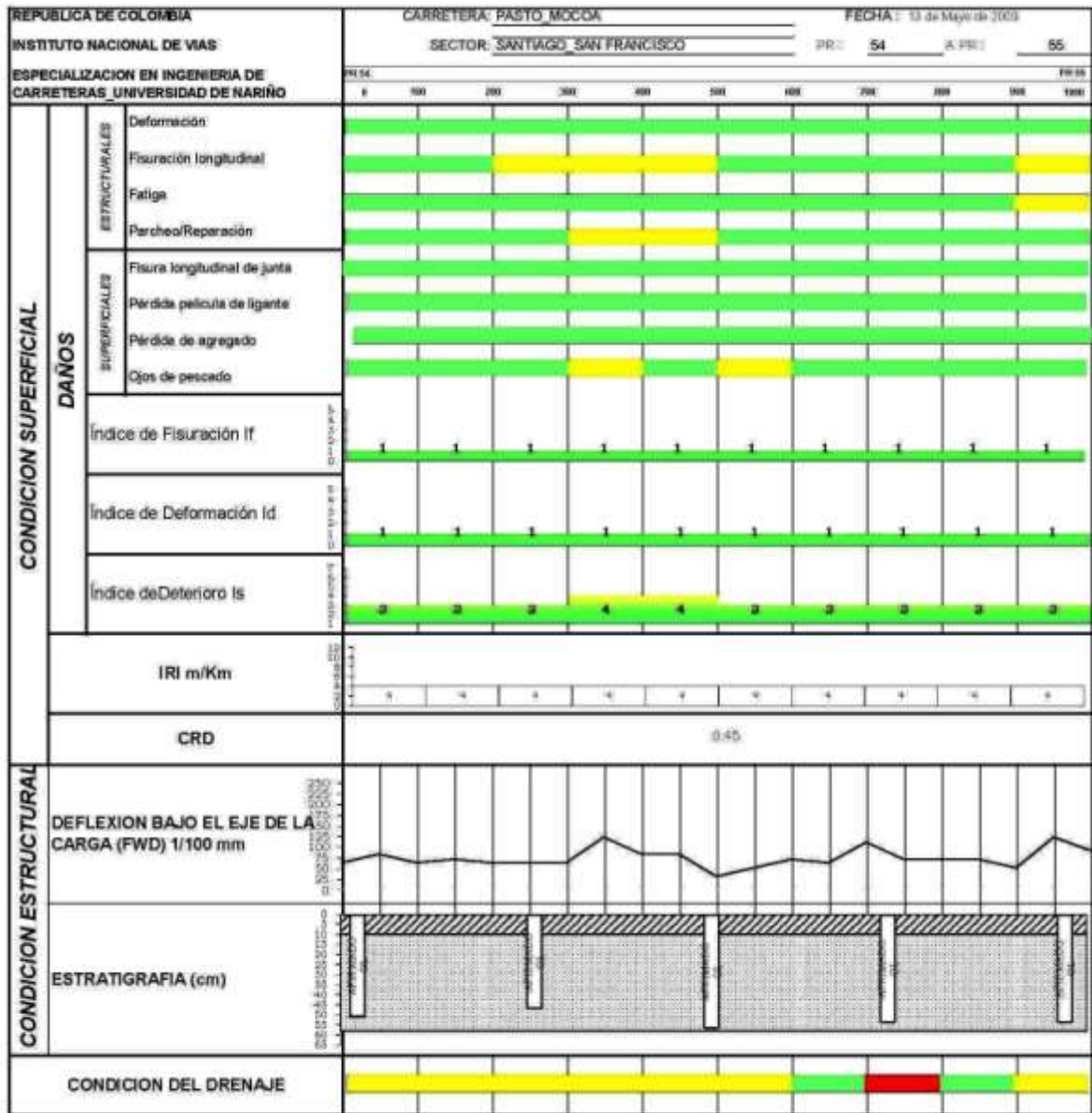
ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA INSPECCION VISUAL DE CUNETAS

TERRITORIO:	NUMERO:	FECHA:	HORARIO:	PROYECTO:
565665 DE LA RM	1305/2008 14.44	CONTINUIDE	10:00	54
BOMAR DE LA VIA.	MAST. BOCCA	(FURNISHING)	ING. DARIO BUCHELY	RE-FARDE: 05
			ING. EMERSON TULCAN	ADAM: 1 26 7

PK INICIAL	PK FINAL	Longitud (m)	Asfalto	Grava	Con	otro	Observaciones	Esquema
54+00.0	54+00.0	0.00					Se hicieron en el último control de mantenimiento	
172.7								

Forma Triangular V- Rectangular B- Trapezoidal T- Jermiangular ->

Observaciones Generales:

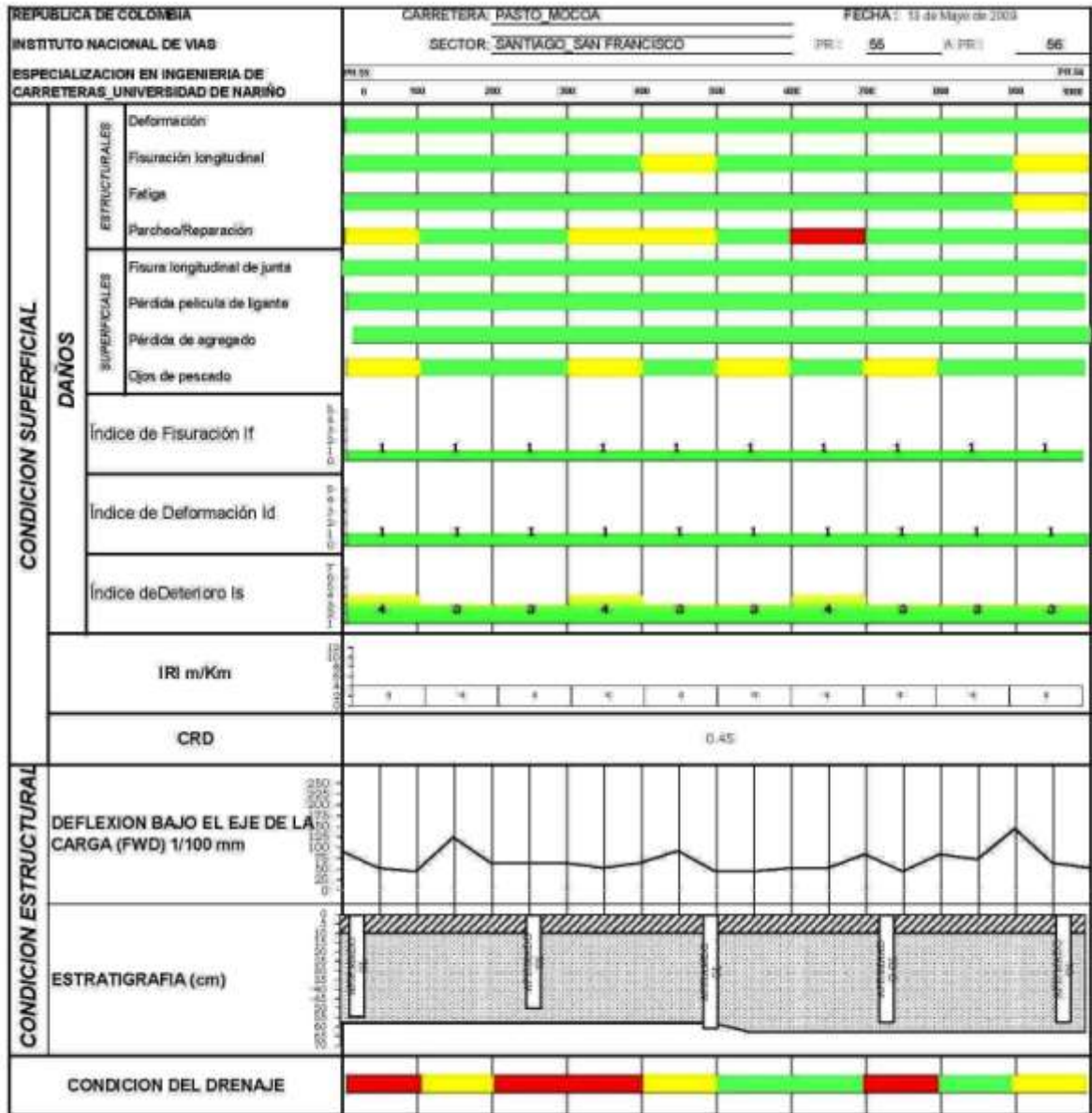


**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - VZ**

TERRITORIAL:	Provincia:	PROVIA:	Circuito: <input type="checkbox"/>	CONCESION:	<input type="checkbox"/>	PK. INICIAL:	DE	
CODIGO DE LA VIA:	Y001:	CONTRATO NO.:	<input type="checkbox"/>	MOTO INTEGRAL:	<input type="checkbox"/>	PK. FINAL:	DE	
NOMBRE DE LA VIA:	Provincia: <u> </u>	LEVANTADO POR:	<input type="checkbox"/>	A.E.X.	<input type="checkbox"/>	K.O.M:	1 DE	2

Ing. Dirección: _____
Ing. Director Subor: _____

PR	Cant	Tipo	PATOLOGIA				Fotos	Aclaraciones	
			Sever	Daño		Reparación			
				Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)			Ancho(m)
SS+115,6		B							
SS+274,5		PC							
SS+475,4							Varias fisuras		
SS+497		FL							
SS+431		FL							
SS+443		FL							
SS+602		FL							
SS+605		PT							
SS+629,2		ML							
SS+650		ML							
Número de cobardas:							Comentarios:		
Número de juntas por cobarda:									
Ancho de carril:				Ancho de berma:					



**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2**

TERRITORIAL: Pinar FECHA: 02 de mayo 2022 COMEDOR: PR. WORK: 08
 CODIGO DE LA VIA: 303 CONTRATO No: METRO INTEGRAL: PR. FINA: 07
 NOMBRE DE LA VA: Pinar, Monte Plata LEVANTADO POR: Ing. David Bichay A.M.E. HOJA: 1 DE 2
Ing. Erickson Taha

PR	Carril	Tipo	PATOLOGIA				Foto	Aclaraciones	
			Sever	Daño		Reparación			
				Largo(m)	Anchura(m)	Largo(m)			Anchura(m)
50+125.9		B							
50+132.7		FL							
50+189.8		ML					Media luna revelación		
50+215.7		ML					Media luna 1 carril		
50+024		ML					Media luna 1 carril		
50+320		FT	2.00	2.00	2.00	2.00	Fisura transversal 2 carril		
50+430	D	FL							
50+437		PCH					Parche en alcantarilla		
50+480.9		ML							
50+537.9		ML	2.00	1.00	2.00	1.00	2 carril		
50+583.9		ML					2 carril		
50+593		ML					2 carril		
50+0700							Ojo de pescado daño		
50+769		B					Beche borde		
50+781.1							Varías fisuras		
50+838.26		FB							
50+881		FL							
Numero de cabadas:							Comentarios:		
Numero de cantos por cabadas:									
Ancho de carril:							Ancho de base:		

**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA INSPECCION VISUAL DE CUNETAS**

IDIFICACION	PROYECTO	FECHA	CONCEPCION		
CODIGO DE LA VIA	RED	CONTINENTE No.	MTD/ARTICULO	PREVENCION	05
NOMBRE DE LA VIA	PAIS DE ORIGEN	LEJANIA/ADJUNTO	ING. DARIO BUCHELY	ACUM	1 05 3
			ING. EMERSON TULCAN		

FF (M/C/A)	Direccion	Lado		Anchura (m)		Forma	Duro			Foto No.	Observaciones
		Izquierda	Derecha	Tubo	2 x 2		Cun	Ent			
55+438	X	X		10	1.20	V					
56+433.60	X	X		318.85	1.20	V					
56+513	X	X		112	1.20	V					

447.85

Forma Triangular V - Rectangular - R - Trapezoidal - T - Semicircular - S

DIRECCIONES DERECHAS

REPUBLICA DE COLOMBIA		CARRERA: PASTO - MOCOA		FECHA: 13 de Mayo de 2008										
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS		SECTOR: SANTIAGO - SAN FRANCISCO		PK: 56	A PK: 57									
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS. UNIVERSIDAD DE NARIÑO		PK: 0		PK: 1000										
CONDICION SUPERFICIAL	DAÑOS	ESTRUCTURALES	Deformación											
			Fisuración longitudinal											
	Fatiga													
	Parqueo/Reparación													
	SUPERFICIALES	Fisura longitudinal de junta												
		Pérdida película de ligante												
		Pérdida de agregado												
		Ciños de pescado												
		Índice de Fisuración If												
		Índice de Deformación Id												
	Índice de Deterioro Is													
	IRI m/Km													
	CRD	0.45												
CONDICION ESTRUCTURAL	DEFLEXION BAJO EL EJE DE LA CARGA (FWD) 1/100 mm													
	ESTRATIGRAFIA (cm)													
CONDICION DEL DRENAJE														

**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2**

TERRITORIAL: San Juan FECHA: Octubre 2008 CONCESSION: PR. ANCL: SP
 CODIGO DE LA VIA: 1000 COORDINADO: APTO. INTEGRAL: PR. ASAL: MS
 NOMBRE DE LA VIA: Ruta 3000 LEVANTADO POR: Ing. Darío Bichler A.M.F.: R.O.M.: PEC T
Ing. Emerson Torres

PR	Carril	Tipo	Sever	PATOLOGIA				Foto	Aclaraciones
				Detección		Reparación			
				Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)	Ancho(m)		
57+298.8								Empieza concreto rígido	
57+764.20								Termina concreto rígido	
57+1023.8		B						Bache el borde	
Número de calzadas:								Comentarios:	
Número de carriles por calzadas:									
Ancho de carril:								Ancho de bamba	

**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA INSPECCION VISUAL DE CUNETAS**

REFERENCIA:	ACTIVIDAD:	FECHA:	COORDINADA:	PER-10807:	57
TIPO DE OBRA:	UBICACION:	COORDINADA:	MTN (ELEVACION):	PER-10807:	58
ACCIDENTE:	PROYECTO:	PROYECTO:	UBICACION:	ACCIDENTE:	200
PRIMICIA:	Longitud (m):	Forma:	Observaciones:	Ejemplo	
Desecho:	Total:	Material:			

Forma triangular V - Rectangular - S - Trapezoidal - T - Semicitricular - S

Observaciones Oemendias:

REPUBLICA DE COLOMBIA		CARRETERA: PASTO MOCCA	FECHA: 13 de Mayo de 2008									
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS		SECTOR: SANTIAGO SAN FRANCISCO	PR: 57	A. PR: 58								
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRERAS. UNIVERSIDAD DE NARIÑO		PI.57	PI.58									
		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
CONDICION SUPERFICIAL	DAÑOS	ESTRUCTURALES	Deformación								100%	100%
		Fisuración longitudinal									100%	100%
		Fatiga									100%	100%
		Parcheo/Reparación									100%	100%
	SUPERFICIALES	Fisura longitudinal de junta									100%	100%
	Pérdida película de ligante										100%	100%
	Pérdida de agregado										100%	100%
	Ojos de pescado										100%	100%
	Índice de Fisuración If	0-100%									100%	100%
	Índice de Deformación Id	0-100%									100%	100%
	Índice de Deterioro Is	0-100%									100%	100%
		IRI m/Km	0-10									4
	CRD										0.45	
CONDICION ESTRUCTURAL	DEFLEXION BAJO EL EJE DE LA CARGA (FWD) 1/100 mm											
	ESTRATIGRAFIA (cm)											
CONDICION DEL DRENAJE											100%	100%

ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - VZ

TERRITORIAL: ZONA: CONCESION: CONCESION: PR. INICIAL:

CODIGO DE LA V.M: CONTRATO No: METOD. ANALISIS: MET. ANAL:

NOBRE DE LA VIA: LEVANTADO POR: INY. AREA: T. DE:

Ing. Gustavo Tulcan

PR	Carril	Tipo	Sever	PATOLOGIA				Foto	Aclaraciones
				Daño		Reparación			
				Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)	Ancho(m)		
50+230		FL							
50+290		FL		2.00	2.00	2.00	2.00		hasta 308,90
50+390									Huellas de maquina
50+436		B							
50+493		B							
50+494		FL		1.50	1.00	1.50	1.00		Hasta 500
50+081		ML							Media luna al borde
50+585		FL							
50+623		B+FML							
50+640		PC							
50+706.7		B							Pequeño al borde
50+762		ML		2.00	1.00	2.00	1.00		Hasta 795
50+798		ML		1.00	2.00	1.00	2.00		Hasta 805,80

Numero de calzadas: Comitaros:

Numero de carriles por calzadas:

Ancho de carril: Ancho de alma:

**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA INSPECCION VISUAL DE CUNETAS**

ZONA/OTORG
 COUNDO BELLA VIV
 RUMAYWENLA VAL

ZUTUBAYO
 N003
 PUNTO INCCOGE

FECHA
 13/05/2019 14:54

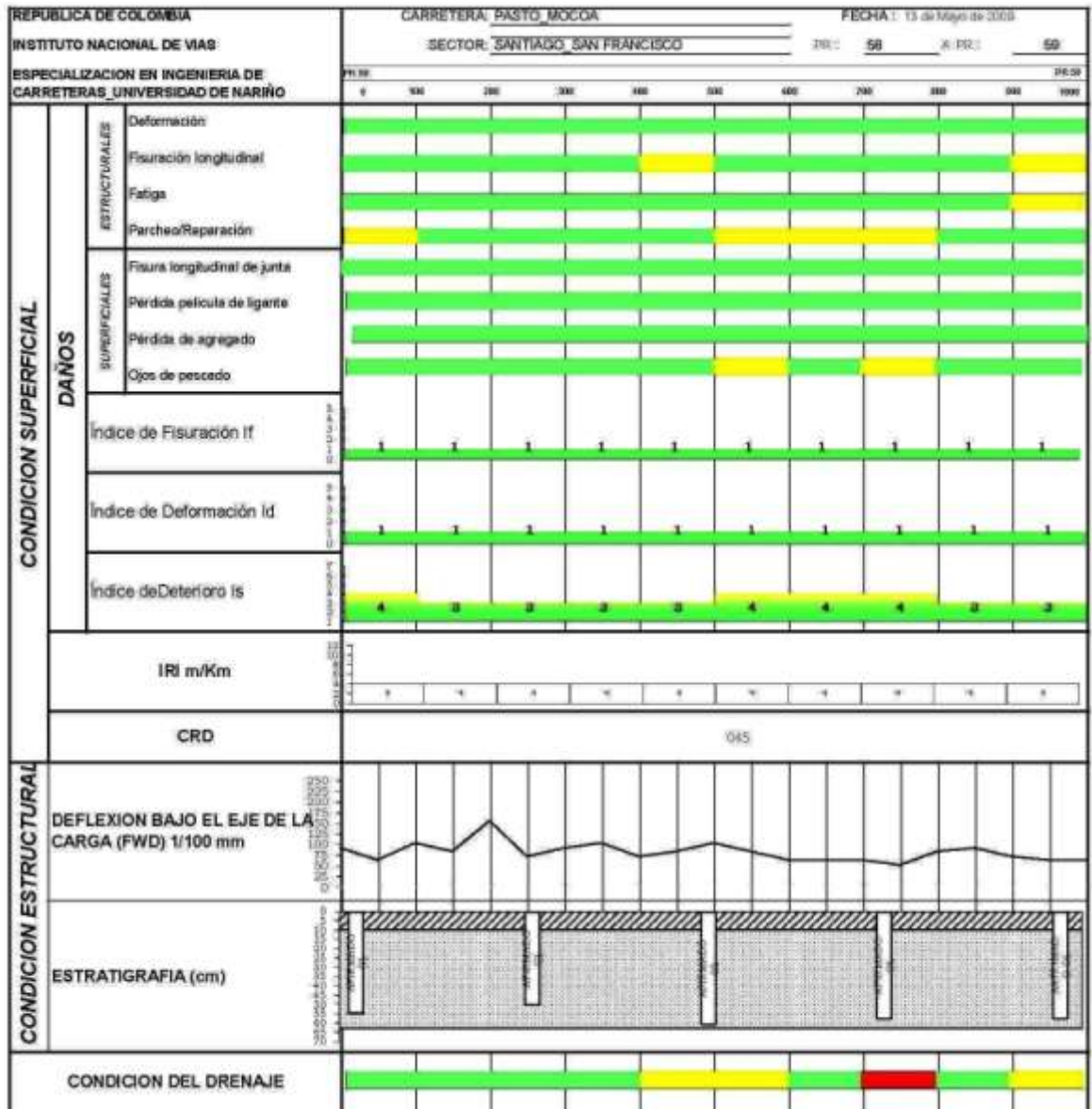
CONCESION
 MOTOINTECANG
 A.R.V.

RE. INCCOGE
 RE. PUNTO
 RUMAY

PR. INCCAL	Lado		Longitud (m)		Forma	Corte			Foto No.	Observaciones	Esquema
	Externo	Interior	Exter	Inter		Can	Orn				
58+814	X		92	1.20	V						
58+395.25	X		220.55	1.20	V						
58+712.50	X		100.3	1.20	V						
58+812.00	X		81.20	1.20	V						

Forma Triangular V - Rectangular - R - Tripeccoidal - T - Semicircular - S

Observaciones Generales



ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - VZ

TERRITORIAL: Ruta 37 FONIA: 20109-26335 CONCESION: PE. FONAL: 88
 CODIGO DE LA VIA: 033 CONTRATO No.: MTO. NITBSRAL: PE. FONAL: 85
 NOMBRE DE LA VIA: Pato Moza LEVANTADO POR: Ing. David Bustos RMV: HOJA: 1 DE 3
 Ing. Ernesto Tuzson

PK	Carril	Tipo	Sever	PATOLOGIA				Foto	Aclaraciones
				Daño		Reparación			
				Longitud(m)	Ancho(m)	Longitud(m)	Ancho(m)		
59+102		FL							
59+129		B							
59+296								Daño pequeño al borde	
59+355		B							
59+371		B						Bacheo pequeño al borde lado izquierdo	
59+451,8		PC							
59+475		B						Bacheo pequeño lado izquierdo	
59+529		B						Bacheo pequeño lado izquierdo	
59+650		PC							
59+655		PC							
59+657		PC							
59+664		FB							
59+685		PCH						Lado izquierdo	
59+746		PC							
59+757		B						Bacheo pequeño lado izquierdo	
59+790		FB							
59+822,6								Daño borde izquierdo + fura longitudinal eq.	
59+845,8		FB						Lado izquierdo	
59+860,8		FB						Lado izquierdo	
59+880		B							
59+914,2		FB						Lado izquierdo	
Número de calzadas:								Comentarios:	
Número de carriles por calzadas:									
Ancho de carril				Ancho de bermá					

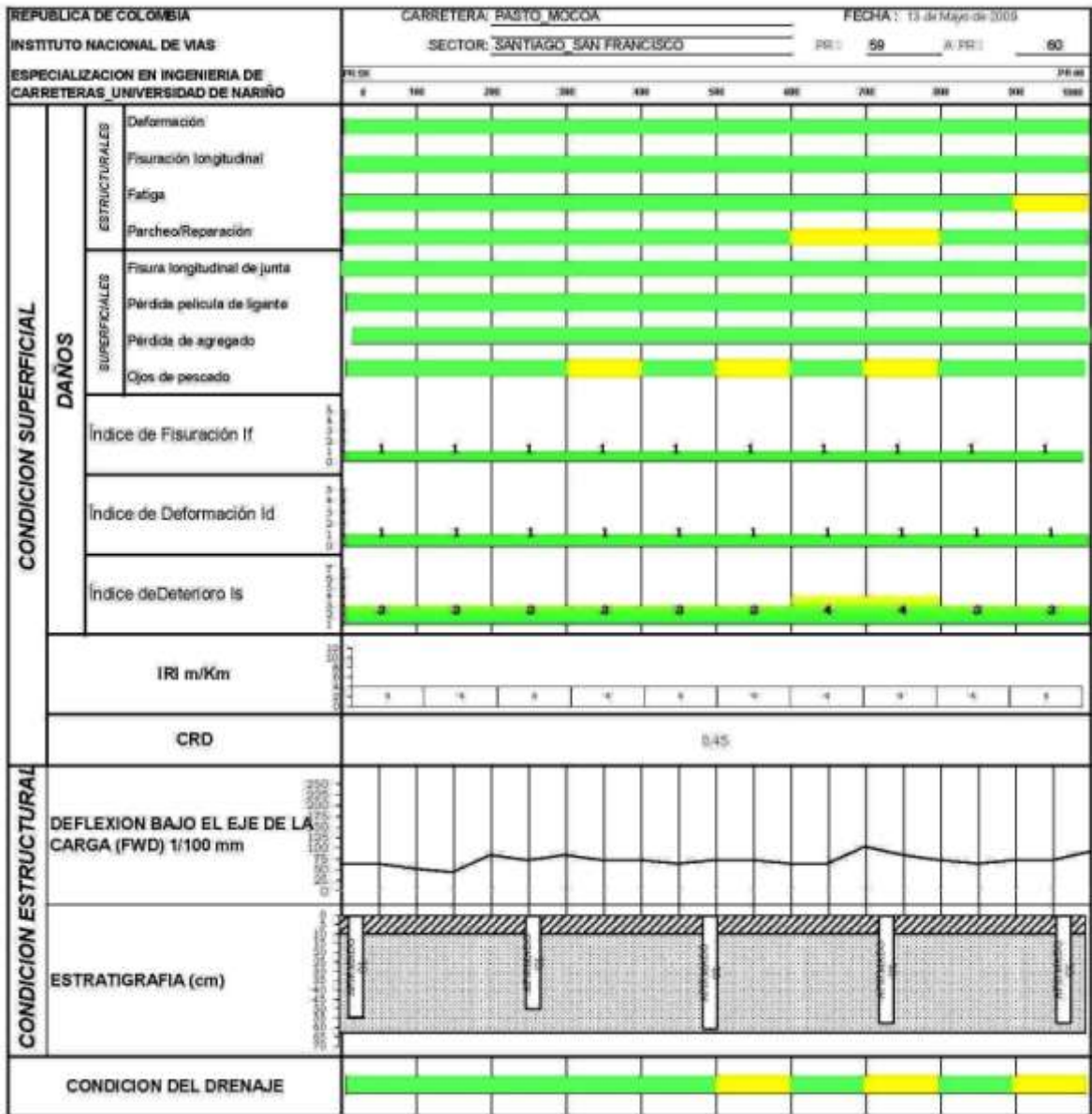
**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA INSPECCION VISUAL DE CUNETAS**

ZONA: BUIJUELO	PROV.: 13/05/2008 14.56	CONDICION: <input type="checkbox"/>	PR. (MCM): 20
COMUNIDAD: NBI	CONTRATO: NBI	MTO (MCM): <input type="checkbox"/>	PR. (MCM): 60
NUMERO DE VA: RASTO MEXIA	PROYECTO: ING. DARIO BUICHELY ING. EMERSON TULCAN	ANEXO: <input type="checkbox"/>	ROZ: 1 200 1

K+MVCAL	Lado Derecho		Lado Izquierdo		Longitud total (m)	Forma	Dato			Observaciones	Equipo
	Devecho	Invecho	Devecho	Invecho			Top	Car	Un		
59+004	X	X	111	120	M						
59+134	X	X	245.25	120	V						
59+300	X	X	76.4	120	V						
59+360	X	X	254	120	V						
59+390	X	X	400	120	V						
1987											

Forma: Triangular V.- Rectangular.- B.- Irregular.- T.- Semicircular.- S.

Observaciones Denunciadas:



ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - VZ

TERRITORIAL: Autonoma FECHA: 03/06/2000 CONCESION: PR. RICAL: 80
 CODIGO DE LA VIA: 001 CONTRATO No: MONTO ANUAL: PR. ANAL: 87
 NOMBRE DE LA VIA: Pedraza LEVANTADO POR: Ing. Darío Suárez A.M.V.: HGIR: 2.00 3
Ing. Director Taller

PR.	C. carril	Tipo	PATOLOGIA				Foto	Aclaraciones	
			Sever.	Daño		Reparación			
				Longitud	Anchura	Longitud			Anchura
60+00.00		RL							
60+111		FT		1.00	1.00	1.00	1.00		
60+245	I	PC							
60+400	E	P					Falla por junta		
60+531.2	I	PC		3.00	1.00	3.00	1.00		
60+567	E	PC		4.00	1.00	4.00	1.00		
60+581.9	E	PC					Parcheo		
60+614.5	E	P		1.00	1.00	1.00	1.00		
60+626.5	D	F		2.00	1.00	1.00	1.00		
60+643	E						Falla por junta		
60+620.8	E						Falla por junta		
60+671.5	D	PC							
60+691.2	D	ML							
60+703.9	D	DB							
60+720.7	I		D:	1.00	1.00	1.00	1.00		
60+782.8	D	PC		1.00	1.00	1.00	1.00		
60+804	I	FBD							
60+846.5	I	DC							
60+875	I	F							
60+884	I								
60+945	D						Falla de faja		
60+945	I	S					señal		
60+951	I	RL							
60+953	D			1.00		1.00			
Número de catzadas:							Comentarios:		
Número de carriles por catzadas:									
Ancho de carril:							Ancho de drenaje:		

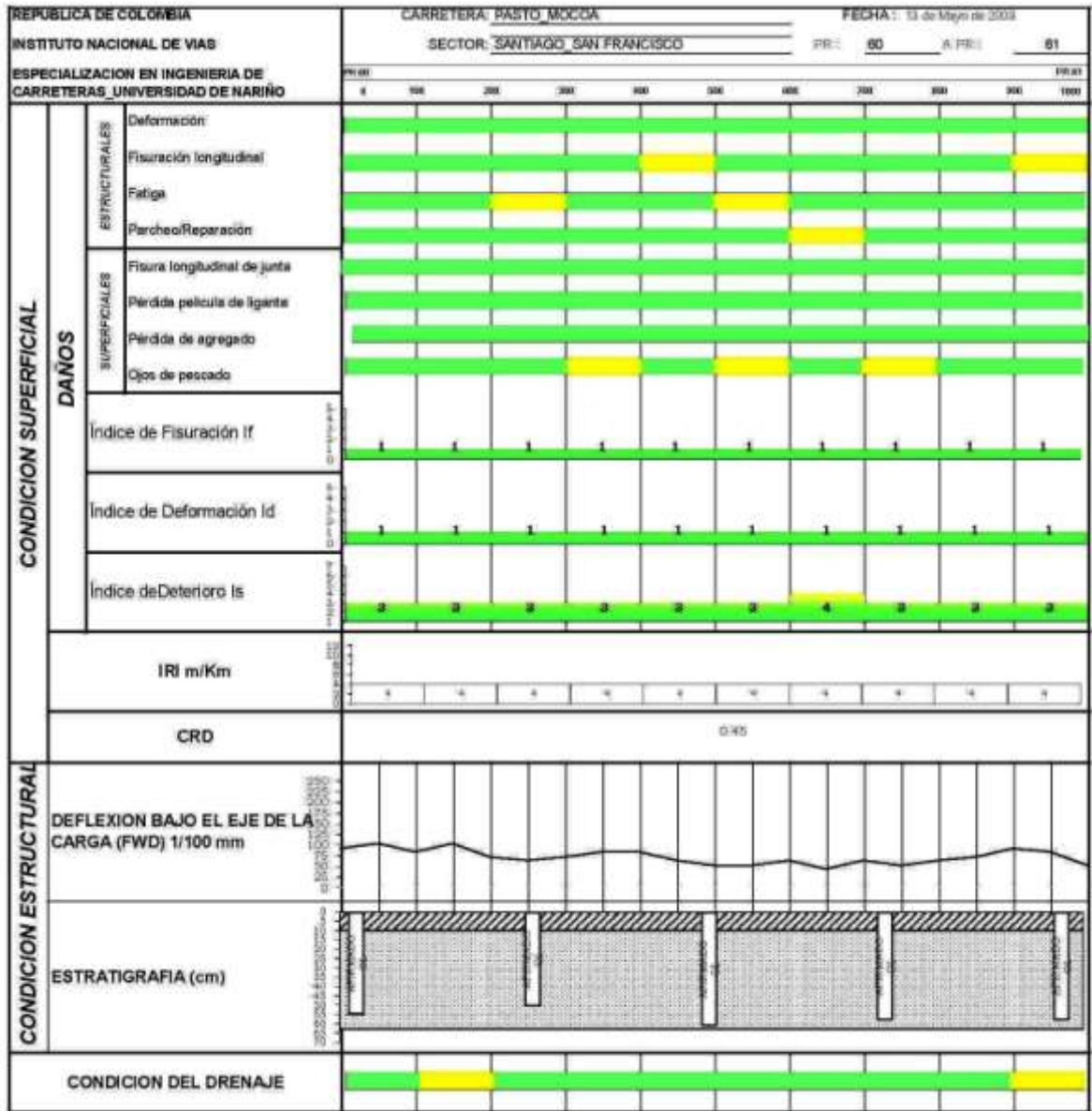
ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA INSPECCION VISUAL DE CUNETAS

INSTITUCION:	PRELADO	FECHA:	13/05/2009 14:57	CONCESION:		PROYECTO:	00
LOCALIDAD:	0000	CONTINENTE:		PROYECTO:	MTO/ACEROS	PROYECTO:	00
SECCION:	ASIST. SOCIA	ACTIVIDAD:	ING. DARIO BUCHELY	PROYECTO:	ABV	PROYECTO:	00
PROYECTO:		ING. EMERSON TILCANI		Observaciones			
PROYECTO:		Folio No:		Equipo			

PK (INICIAL)	PK (FINAL)	Tipo	Sev	Cant	M	Forma	Longitud (m)		Observaciones
							Total	Maximo	
0+000	0+100	R				R	1.20	1.20	
0+100	0+200	R				R	1.20	1.20	

Forma triangular-ψ- Rectangular-φ- Irregular-θ- Simétrico-ι

Observaciones Generales:



**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRETERAS**

FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2

TERRITORIAL:	<u> </u>	PROYECTO:	<u> </u>	CONCEPCION:	<input type="checkbox"/>	RR. RURAL:	<u> </u>
CODIGO DE LA VIA:	<u> </u>	DISTRITO/N:	<u> </u>	MTD INTEGRAL:	<input type="checkbox"/>	RR. RUAL:	<u> </u>
NOMBRE DE LA VIA:	<u> </u>	LEVANTADO POR:	<u> </u>	AMV:	<input type="checkbox"/>	HOJA:	<u> </u> DE <u> </u>

PATOLOGIA									Foto	Aclaraciones
#	Canti	Tipo	Sever	Daño		Reparación		Fotos		
				Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)	Ancho(m)			
614022	D	P		1.00	1.00	1.00	1.00			
614648	I	PC		1.00	2.00	1.00	2.00			
614689		PC								
614075	D	F		1.00	2.00	1.00	2.00		Ojo de pescado	
614162,8	D	PC		1.00	2.00	1.00	2.00		Riel ojo de pescado	
614215,5	D	PC		2.00	2.00	2.00	2.00			
614002,8	D	PC		1.00	1.00	1.00	1.00			
614404	D	F		1.00	1.00	1.00	1.00			
614451	I	PC		3.00	3.00	3.00	3.00			
61455,5		PC								
614525	D	P		1.00	1.00	1.00	1.00			
614542	D	F		1.00	1.00	1.00	1.00			
614545	D	P		1.00	1.00	1.00	1.00			
614550	D	P		1.00	1.00	1.00	1.00			
614626	I	RCH		2.50	1.00	2.50	1.00		Parqueo concreto rígido	
614655,9	I			3.00	1.00	3.00	1.00		Falta por junta	
614631	I	RL		3.00	1.00	3.00	1.00			
614634	D	PC		2.00	1.00	2.00	1.00			
614650	D	PC		2.00	1.00	2.00	1.00			
614662,6	I								Falta por junta	
614663	I	PC								
614682,8	D	PC								
614675	D	PC								
614900	I	F		1.00	1.00	1.00	1.00			
614901	I	PC		1.00	1.00	1.00	1.00			
614925	D	PC		1.00	1.00	1.00	1.00			
614927	D			1.00	1.00	1.00	1.00		Falta transversal	
614950	I								Borde	

Número de cistadas:	Comentarios:
Número de cantes por cistadas:	
Ancho de cante:	Ancho de batera:

**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA INSPECCION VISUAL DE CUNETAS**

DEPARTAMENTO	AUTONOMO	FECHA	13.05.2009 14.58	CONCEPCION	PR. LOCAL	01
LOGGEO DE LA VEA	003	COORDINADO POR		MTO. INTERIOR	PR. REG.	02
SECCION DE LA VEA	PARQUE MOCOA	LENAVALCABER	ING. DARIO BUCHELY	A.M.U.	NUM.	03
			ING. EMERSON TULCAN			

PR. LOCAL	Lado	Derecho	Tanjunto	Longitud (m)		Forma	Defecto			Observaciones	Equipo
				Total	Modulo		Uno	Seis	Com		
01+354	X			22	1,20	N					
01+410	X			140	1,20	R					

1/2

Forma Triangular V - Rectangular B - Trapezoidal T - Semicircular S

Observaciones Generales:

REPUBLICA DE COLOMBIA		CARRETERA: PASTO MOCOA		FECHA: 13 de Mayo de 2009											
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS		SECTOR: SANTIAGO SAN FRANCISCO		PR: 01	A. PR: 02										
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS UNIVERSIDAD DE NARIÑO		PK+00		200+00											
		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000			
CONDICION SUPERFICIAL	DAÑOS	ESTRUCTURALES	Deformación	[Green bar]											
			Fisuración longitudinal	[Green bar]											
			Fatiga	[Green bar]											
			Parcheo/Reparación	[Green bar]											
	SUPERFICIALES	Fisura longitudinal de junta	[Green bar]												
		Pérdida película de ligante	[Green bar]												
		Pérdida de agregado	[Green bar]												
		Ojos de pescado	[Green bar]												
	Índice de Fisuración If	Superficie	[Green bar]												
	Índice de Deformación Id	Carretera	[Green bar]												
Índice de Deterioro Is	Superficie	[Green bar]													
IRI m/Km	Superficie	[Scale 0-10]													
CRD		0.45													
CONDICION ESTRUCTURAL	DEFLEXION BAJO EL EJE DE LA CARGA (FWD) 1/100 mm	[Line graph showing deflection values]													
	ESTRATIGRAFIA (cm)	[Cross-section diagram of road layers]													
CONDICION DEL DRENAJE		[Green bar]													

**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2**

TERRITORIAL: _____ PAVIMENTO: _____ RECOR: _____ DISEÑO: _____ CONSTRUCCION: _____ PRECANTAL: _____
 CODIGO DE LA VÍA: _____ Y000 _____ CONTRATADOR: _____ METODISTAS: _____ PRECANTAL: _____
 NOMBRE DE LA VÍA: _____ PAIS: MEXICO LEVANTADO POR: Ing. GABRIEL V. J. M.V. INICIAL: _____
 Ing. BRENDA FLORES

PK	Caril	Tipo	PATOLOGIA						Foto	Aclaraciones
			Sever.	Daño		Reparacion				
				Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)	Ancho(m)			
42+076 - 42+082	D-I	FI-PC		1.00	1.00	1.00	1.00			
42+087 - 42+093	I	FL								
42+137.6	O	V								
42+173.6	D									
42+256	D	PC								
42+407.7	I	PE								
42+460	I	FRJ								
42+536		PC								
42+538		FRJ								
42+595	D	PC		1.00	1.00	1.00	1.00			
42+598.5	D	PC		1.00	1.00	1.00	1.00			
42+644	D	PC		1.00	1.00	1.00	1.00			
42+655	D	PC		1.00	1.00	1.00	1.00			
42+715.6	D									
42+736	O			2.00	1.00	2.00	1.00			
42+733.6 - 42+800	I	FRJ								
42+850	I	D		3.00	1.00	3.00	1.00			

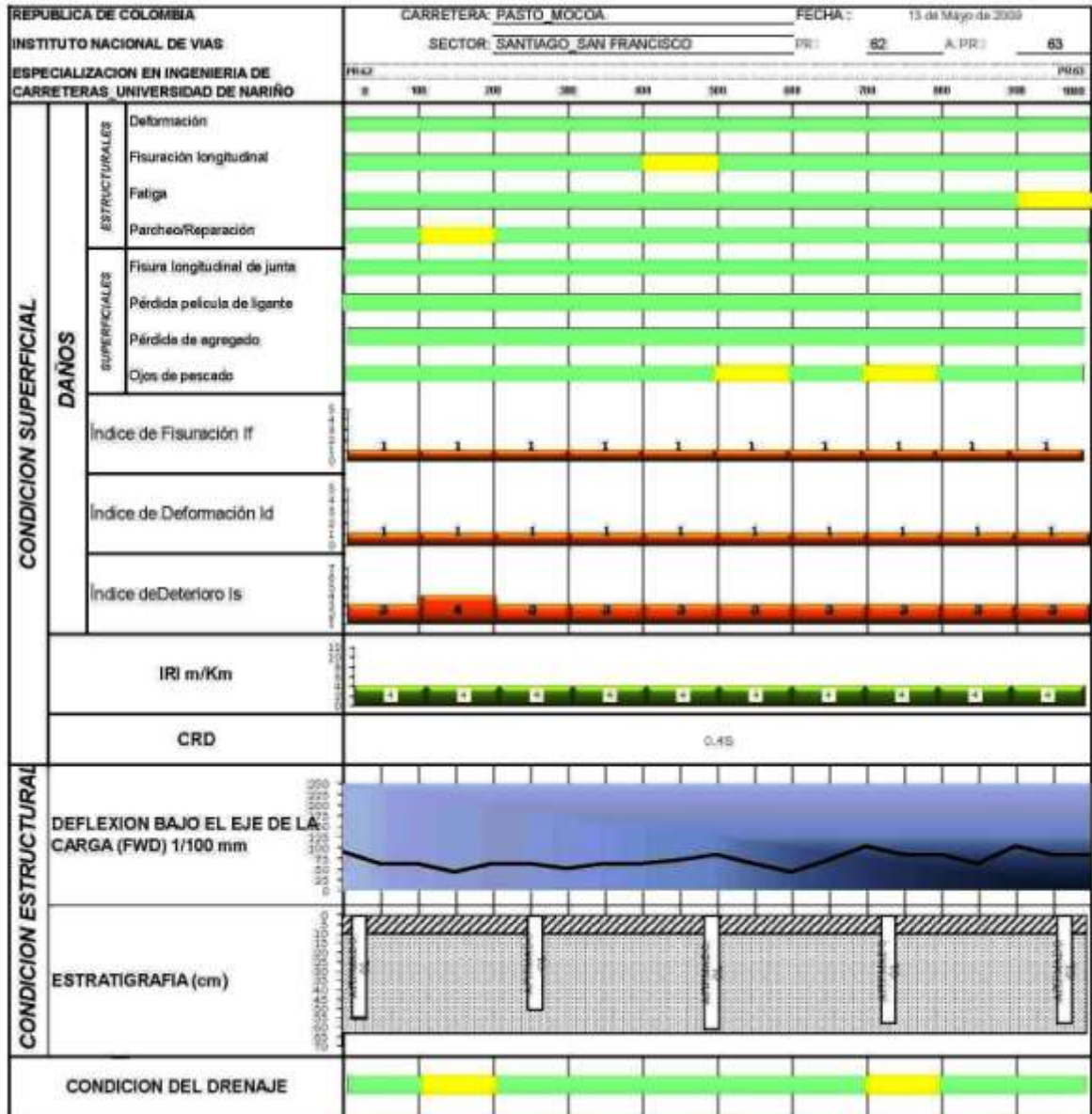
Numero de catadas:	Comentarios:
Numero de catas por catada:	
Ancho de carril:	Ancho de carril:

**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2**

TERRITORIAL: Panamá REGION: ORIENTAL CONGRESO: FEDERAL: 82
 CODIGO DE LA Vía: 100 CONTRATO: METROINSTRUC: PR. FOMU: 80
 NOMBRE DE LA Vía: Paso MOJA LEVANTADO POR: Ing. Dora Buitrago A.M.V.: NCM: 1. DE 8
 Ing. Enrique Flores

PK	Caril	Tipo	PATOLOGIA				Foto	Aclaraciones	
			Sever	Daño		Reparación			
				Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)			Ancho(m)
42+076 - 42+082	D-I	FI-PC		1,00	1,00	1,00	1,00		
42+087 - 42+093	I	FL							
42+137,5	O	V							
42+173,5	D								
42+250	D	PC							
42+407,7	I	FE							
42+460	I	FRJ							
42+536		PC							
42+538		FRJ							
42+593	D	PC		1,00	1,00	1,00	1,00		
42+598,5	D	PC		1,00	1,00	1,00	1,00		
42+644	D	PC		1,00	1,00	1,00	1,00		
42+655	D	PC		1,00	1,00	1,00	1,00		
42+715,5	D								
42+736	O			2,00	1,00	2,00	1,00		
42+073,5 - 42+600	I	FRJ							
42+850	I	D		3,00	1,00	3,00	1,00		

Numero de catadas: Comenzadas:
 Numero de catillas por catada:
 Ancho de carril: Ancho de carril:



ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS

FORMATO PARA LA INSPECCION VISUAL DE CUNETAS

PROYECTO		ESTADO		REGIÓN		PROMOTOR	
CARRERA		CORRECTOR		EVALUADOR		FECHA	
UBICACIÓN		MUNICIPIO		CANTÓN		PROVINCIA	
PUNTO DE VISTA		EVALUACIÓN		CONCEPCIONES		INDICACIONES	
EVALUADOR		EVALUACIÓN		EVALUADOR		EVALUADOR	
EVALUADOR		EVALUACIÓN		EVALUADOR		EVALUADOR	
EVALUADOR		EVALUACIÓN		EVALUADOR		EVALUADOR	
EVALUADOR		EVALUACIÓN		EVALUADOR		EVALUADOR	
EVALUADOR		EVALUACIÓN		EVALUADOR		EVALUADOR	
EVALUADOR		EVALUACIÓN		EVALUADOR		EVALUADOR	
EVALUADOR		EVALUACIÓN		EVALUADOR		EVALUADOR	
EVALUADOR		EVALUACIÓN		EVALUADOR		EVALUADOR	

Forma 01 (Carreteras) - Inspección Visual - Inspección Visual - Inspección Visual - Inspección Visual - Inspección Visual

Observaciones Generales:

REPUBLICA DE COLOMBIA		CARRETERA: PASTO_MOCOA		FECHA: 15 de Mayo de 2009									
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS		SECTOR: SANTIAGO_SAN FRANCISCO		PRJ: 63	A. PRJ: 64								
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS UNIVERSIDAD DE NARIÑO		PK+3	PK+100	PK+200	PK+300	PK+400	PK+500	PK+600	PK+700	PK+800	PK+900	PK+1000	
CONDICION SUPERFICIAL	DAÑOS	ESTRUCTURALES	Deformación	[Green bar]									
			Fisuración longitudinal	[Green bar]									
			Fatiga	[Green bar]									
	SUPERFICIALES	Parcheo/Reparación	[Green bar]										
		Fisura longitudinal de junta	[Green bar]										
		Pérdida película de ligante	[Green bar]										
		Pérdida de agregado	[Green bar]										
	INDICES	Índice de Fisuración If	[Graph: 4 spikes]										
		Índice de Deformación Id	[Graph: 4 spikes]										
		Índice de Deterioro Is	[Graph: 4 spikes]										
IRI m/Km		[Graph: 4 peaks]											
CRD		0.45											
CONDICION ESTRUCTURAL	DEFLEXION BAJO EL EJE DE LA CARGA (FWD) 1/100 mm		[Graph: Deflection curve]										
	ESTRATIGRAFIA (cm)		[Diagram: Road cross-section]										
CONDICION DEL DRENAJE		[Yellow and Green bars]											

**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRETERAS**

FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2

TERRITORIAL: San Juan FECHA: 02/09/2023 CONCESION: PR INICIAL: 84
 CODIGO DE LA VIA: 805 CONTRATADA: _____ MTTO INICIAL: PR FINAL: 85
 NOMBRE DE LA VIA: Ruta Blanca EJECUTADO POR: Ing. Darío Rodríguez K.M.V.: HORA: 17:00 DÍAS: 12
 Pg. Emilio Torres

PR	Carril	Tipo	Sever	PATOLOGIA				Foto	Aclaraciones
				Daño		Reparación			
				Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)	Ancho(m)		
64+200	D	D							
64+212	D	FL							
64+347	D	PC							
64+388.4	D	D							
64+558	D	FL							
64+707.05	I	FJL						Falta junta pavimento rígido	
Número de calzadas:								Comentarios:	
Número de carriles por calzadas:									
Ancho de carril:								Ancho de berma:	

REPUBLICA DE COLOMBIA		CARRETERA PASTO MOCCA		FECHA: 13 de Mayo de 2009											
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS		SECTOR: SANTIAGO SAN FRANCISCO		PR: 54	A. PR: 85										
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS UNIVERSIDAD DE NARIÑO		PR45													
		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000			
CONDICION SUPERFICIAL	DAÑOS	ESTRUCTURALES	Defomación	[Barra verde]											
			Fisuración longitudinal	[Barra verde]											
			Fatiga	[Barra verde]											
			Parcheo/Reparación	[Barra verde]											
	SUPERFICIALES	Fisura longitudinal de junta	[Barra verde]												
		Pérdida película de ligante	[Barra verde]												
		Pérdida de agregado	[Barra verde]												
		Ojos de pescado	[Barra verde]												
	Índice de Fisuración If	[Gráfico de barras con valores 1, 1, 1, 1, 1]													
	Índice de Deformación Id	[Gráfico de barras con valores 1, 1, 1, 1, 1]													
Índice de Deterioro Is	[Gráfico de barras con valores 1, 1, 1, 1, 1]														
IRI m/Km	[Gráfico de barras con valores 1, 1, 1, 1, 1]														
CRD	645														
CONDICION ESTRUCTURAL	DEFLEXION BAJO EL EJE DE LA CARGA (FWD) 1/100 mm	[Gráfico de línea con valores 1, 1, 1, 1, 1]													
	ESTRATIGRAFIA (cm)	[Diagrama de estratigrafía con capas y profundidades]													
CONDICION DEL DRENAJE		[Barra verde]													

**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2**

TERRITORIAL:

CODIGO DE LA VIA:

NOMBRE DE LA VIA:

PK	Caril	Tipo	Sever	PAFOLOGIA				Foto	Aclaraciones
				Daño		Reparación			
				Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)	Ancho(m)		
65+663.30	I								Falla junta concreto flexible
65+663.05	D	PCH							
65+882	D	FL							
65+904.4	D	FL							
65+932.5	D	AHU							
65+976.45	D	FL							

Numero de cabadas:	Comentarios:
Numero de carilas por cabada:	
Ancho de caril:	Ancho de bamba:

ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA INSPECCION VISUAL DE CUNETAS

ESTACION	AUTAVIA		REGION	13050009-13102	STACIONES		RS ADAL	05
COORDENADAS	EBS		COMUNIDAD		MOTOPRODUC		RS ADAL	05
ALICATA DE LA VÍA	ARTEL POCOL		DEPARTAMENTO		AMVA		RS ADAL	05
PK (K.M.)	Inicio	Longitud (m)	Código		Observaciones		Ejemplar	
	Comenzado	Terminado	Sub	Actividad	Forma	Tip	Car	Gr
RS-P330	2	1,30	1	1	1	1	1	1

Formato para V-1 (Vías longitudinales) - B-1 (trapezoidal) - T-1 (rectangular) - B

Observaciones Carreteras:

REPUBLICA DE COLOMBIA		CARRETERA: PASTO_MOCHOA	FECHA: 13 de Mayo de 2009
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS		SECTOR: SANTIAGO_SAN FRANCISCO	PR: 65 A PR: 65
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS UNIVERSIDAD DE NARIÑO		PK 05	PK 60
CONDICION SUPERFICIAL	ESTRUCTURALES	Deforcación	
		Fisuración longitudinal	
	SUPERFICIALES	Fatiga	
		Parcheo/Reparación	
		Fisura longitudinal de junta	
		Pérdida película de ligante	
		Pérdida de agregado	
		Ojos de pescado	
		Índice de Fisuración If	
		Índice de Deformación Id	
	Índice de Deterioro Is		
	IRI m/Km		
	CRD	0.45	
CONDICION ESTRUCTURAL	DEFLEXION BAJO EL EJE DE LA CARGA (FWD) 1/100 mm		
	ESTRATIGRAFIA (cm)		
CONDICION DEL DRENAJE			

**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2**

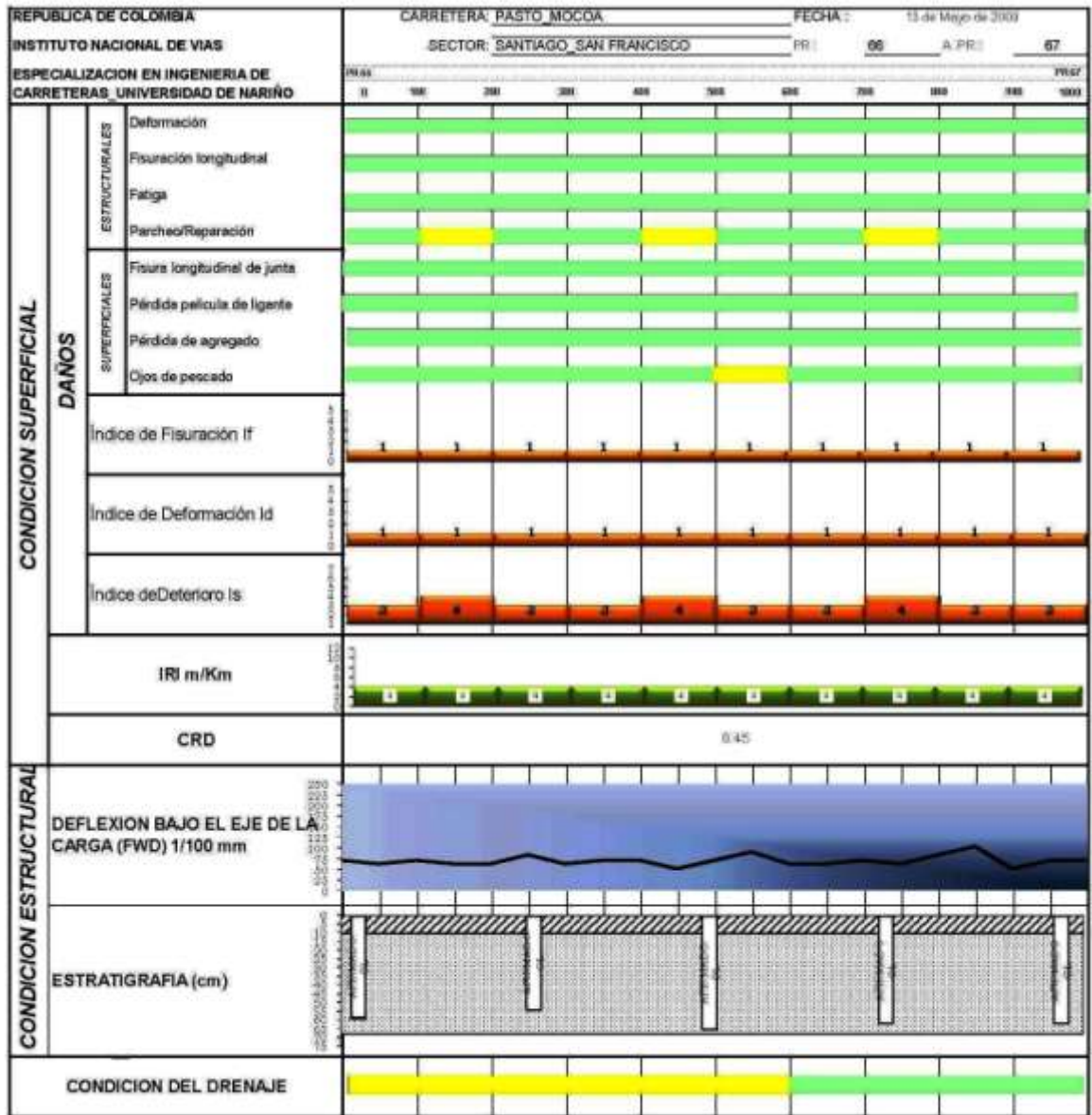
TERRITORIAL: _____ FECHA: _____ DISTRITO: _____ COMISION: _____
 CODIGO DE LA VIA: _____ CONTRATO N°: _____ AYD. INTEGRAL: _____
 NOMBRE DE LA VIA: _____ BENEFICARIO: _____ No. DE VEHICULO: _____ AMV: _____
By. Análisis Técnico

PK	Caril	Tipo	PATOLOGIA				Folio	Aclaraciones
			Leve	Daño (Largo(m) / Ancho(m))		Reparación (Largo(m) / Ancho(m))		
66+00,570	I	S						
66+6,75	D	RL						
66+20,15	D	RL						
66+71	D	F						Cjo de pescada
66+149	D	B						Proactiva
66+177 - 66+200	D	ML						
66+200,2	I	FT						
66+295	D	RL						
66+295,5	D	FT						
66+30	D	FT						Todo el caril
66+294	D	FT						
66+500	D	ML						
66+519	D	ML						
66+590	D	PCH						
66+601,2	D	P						
66+643 - 66+654	D	PC						
66+666	D	F						
66+705 - 66+717	D	PC						
66+714,2	D	PCH						
66+736,3	D	PC						
66+744,5 - 66+752,4	D	PC						Borde
66+761,6	D	P-BA						
66+770,5	D	BA						
66+775,6	I	D						
66+780	I	BA		1,00	1,00	1,00	1,00	
66+784,9	I	BA						
66+790,5	I	P-BA						
66+798,5	D	P-BA						
66+802	D	P-BA						
66+803,6	D	BA						
66+926,5	I	BA - PCH						
66+864	D	BA						
66+868,5	I	RL						
66+873,8	D	BA						Cjo de pescada
66+879,7	D	PCH						Fiel cocodrilo
66+895,7	D	RL						
66+896,7	D	RL						
66+804	D	BA						
66+925	D	PC						

Numero de carpetas: _____ Comentarios: _____
 Numero de cariles por cobetas: _____
 Ancho de caril: _____ Ancho de bamba: _____

**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
 RED NACIONAL DE CARRETERAS
 FORMATO PARA LA INSPECCION VISUAL DE CUNETAS**

MUNICIPIO: DISTRITO DE LA URB: ALCALDIA DE LA URB:	PUEBLO: CONTRATO DE: ENTIDAD:	CANTON: PROVINCIA: DEPARTAMENTO:	FECHA: CONTRATO N°: ENTIDAD:	CONCEPCION: MUNICIPIO: ALCALDIA:	VALOR N°: VALOR N°: VALOR N°:
114					
Norma Nacional V - Rectángulo - B - Triángulo - B - Trapezoidal - T - Juncal - B - 3					
Observaciones Generales:					
FF VIAL:	Tipo:	Estado:	Foto No:	Observaciones:	
ESTACION: (K+M)	Dirección: X Y	Tipo: X Y	Estado: V V	Foto No:	Observaciones:
(Empty grid for detailed data entry)					



**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2**

TERRITORIAL:	<u> </u>	FECHA:	<u> </u>	CONTRATOR:	<input type="checkbox"/>	PR. REAL:	<u> </u>
CODIGO DE LA VIA:	<u> </u>	CONTRATO N°:	<u> </u>	MTD INTEGRAL:	<input type="checkbox"/>	PR. REAL:	<u> </u>
NOMBRE DE LA VIA:	<u> </u>	LEVANTADO POR:	<u> </u>	Ing. Cargo Supt:	<input type="checkbox"/>	NOA:	<u> </u>
				Ing. Supervisor:			<u> </u>

PR	Carril	Tipo	PATOLOGIA				Foto	Aclaraciones	
			Sever	Daño		Reparación			
				Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)			Ancho(m)
67+07.7	D	PC							
67+010.3	D	PC							
67+20.3 - 67+36.8	D	ML - BA					Ojo de pescado		
67+40.8	D	BA					Ojo de pescado		
67+050	D	PC							
67+134.7	D	PC							
67+145.5	D	DC							
67+151.5	D	FL							
67+195 - 67+177	D	ML							
67+185.6	D	PC							
67+214	I	PC							
67+241.8	D	PC							
67+250	D	PC							
67+296	I	BA							
67+288	D	BA							
67+291.4 - 67+300	D	PC							
67+307	D	PC							
67+318 - 67+355	T	EX							
67+374	D	FL							
67+382.2	D	PC							
67+435	D	PC							
67+453.6	D	FT							
67+458	D	FL							
67+478	I	FL							
67+600	I	FL							
67+642.8 - 67+665.7	T	FL							
67+795.35	I	OS					Pérdida de capa		
67+872.8	D	FT							
67+813	D	BA							
67+930	D						Fisura parcheo con pequeño espacio		
67+950 - 67+955.6	D	FT							
67+962.8	I	FT							
67+964.4 - 67+1000	D	FT					Lado derecho		
67+1003	D	BA							
67+1009	D	FL							
67+1044	D	BA					Ojo de pescado		
67+1056	I						Varitas fisuras		
67+1061	I-E-D	FCL							
67+1018.5	I						Daño O.D.		
67+1125.8	D	FL							
67+1145.5	D	BA							
67+1161 - 67+1182.8	D	FT							
67+1206.2	I-E-D	FT							
67+1225	D	FT							
67+1240.1	D	D							

Numero de calzadas:	<u> </u>	Comentarios:	<u> </u>
Numero de carriles por calzadas:	<u> </u>		
Ancho de carril:	<u> </u>	Ancho de bermas:	<u> </u>

**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA INSPECCION VISUAL DE CUNETAS**

DISTRITO: ANÁLISIS: CONVENCION:
 CANTON: OTAS: M73 REGIONAL:
 NOMBRE DEL VEHICULO: M73 NACIONAL:
 NOMBRE DEL INGENIERO: M73 FEDERAL:

FECHA: LUGAR DE LA OBRA: OBSERVACIONES:

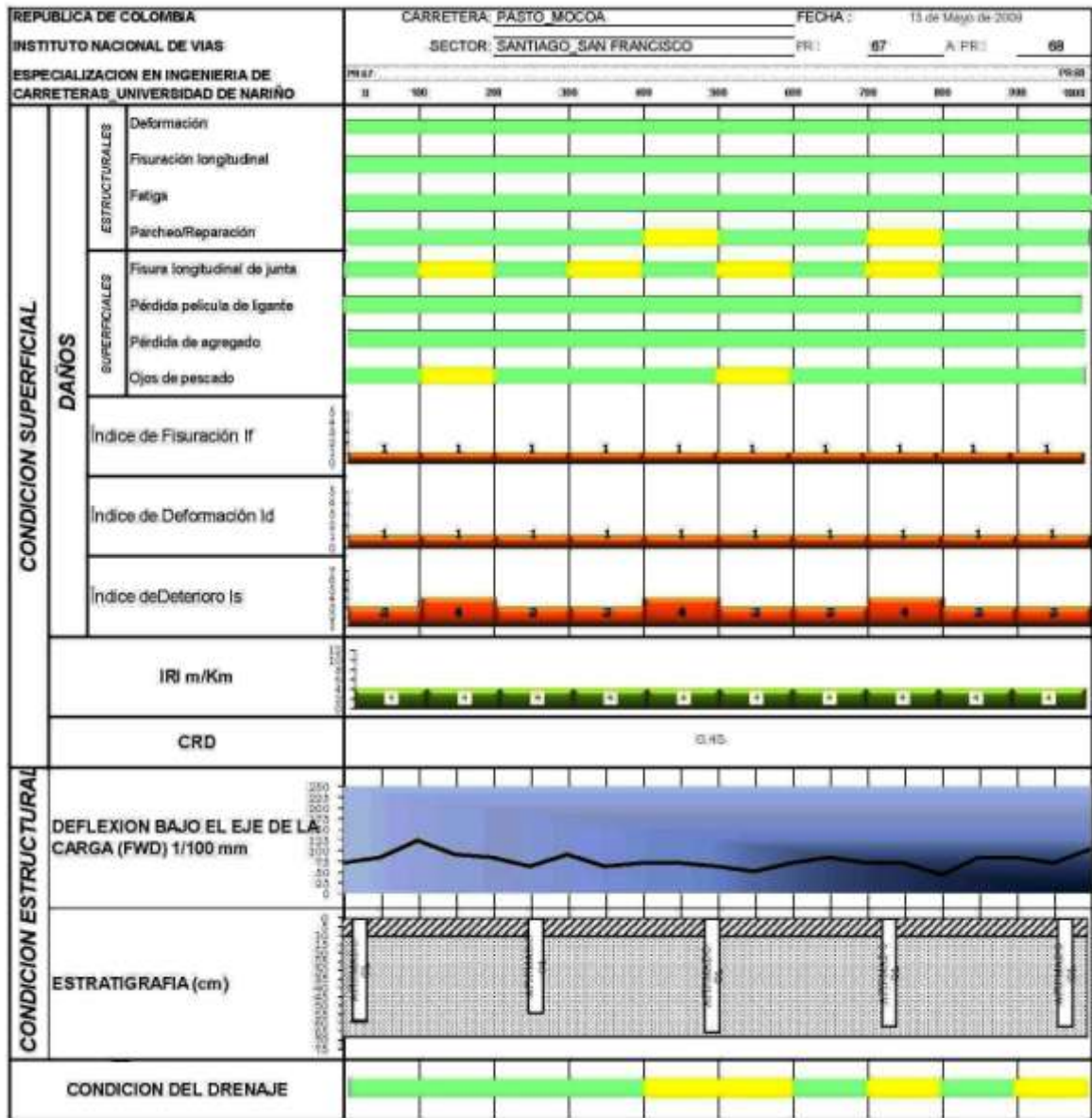
NOMBRE DEL INGENIERO: NOMBRE DEL ASISTENTE:

# MCHAL	CANTON	DISTRITO	Zona	Influencia	Anchura (m)	Forma	Dato			Foto No.	Observaciones
							Tip	Sev	Col		
67+136			X	41	1,20	II					
67+177			X	58	1,20	V					
67+278			X	30	1,20	II					
67+408			X	10	1,20	II					
67+436			X	47	1,20	II					
67+480			X	328,23	1,20	V					
67+621			X	67	1,20	V					
67+637			X	171	1,20	V					
67+1076			X	328,23	1,20	V					

HOJA 3

Folios 111 a 121 V - Sector 407 - E. T. - 30/08/2011 - T. - Sembrado - 3

Observaciones Generales:



**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - VZ**

TERRITORIAL: **FECHA:** **CANTÓN/PROVINCIA:** **CC: INICIAL:**
CODIGO DE LA VIA: **CONTRATO No.:** **MTRC INICIAL:** **CC: FINAL:**
NOMBRE DE LA VIA: **LEVANTADO POR:** **INSTITUCIÓN:** **NOA:**
By: Director Técnico

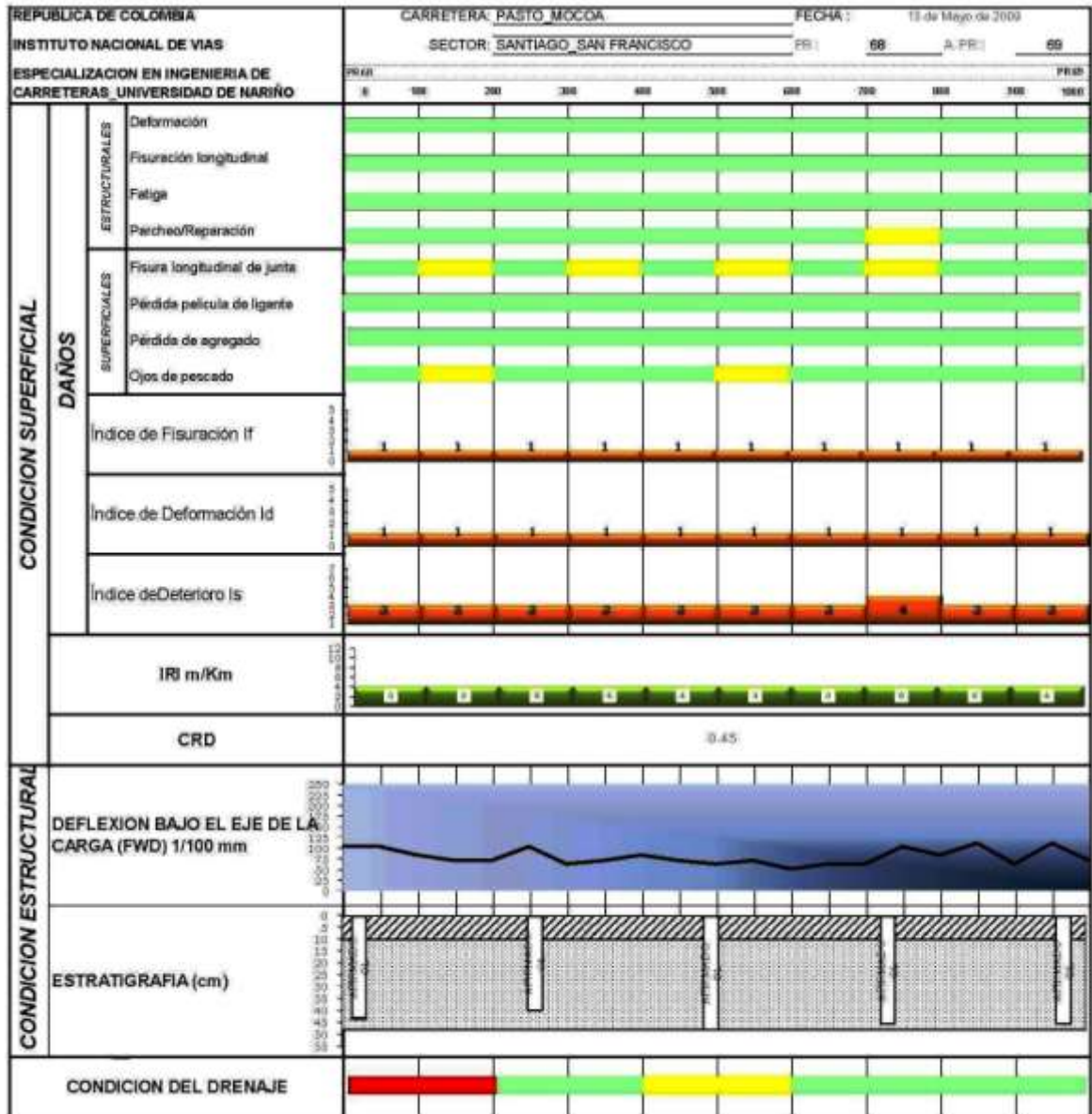
PI	PATOLOGIA								Aclaraciones
	Cantil	Tipo	Sever	Daño		Reparación		Pata	
				Longitud(m)	Anchura(m)	Longitud(m)	Anchura(m)		
68+029.7 - 68+061.3	D	FT							
68+090	D	FT							
68+105.6	D	FT							
68+119	D	FT							
68+126	D	FT							
68+133.3	D	FT							
68+157.7	D	BA - FT							
68+162.7	D	BA - FT							
68+169.2	D	FT							
68+164.3	D	BA							
68+199.3	D	BA							
68+202	D	BA							
68+219 - 68+229.6	D	FT							
68+326	D	BA							
68+330	D	FT							
68+400	D	FT							
68+414.6	D	BA							
68+422	D	BA							
68+450	D	FT							
68+945	D	PC							
68+550	D	PC							
68+646	I								Falla de junta a concreto flexible
Número de catadas:									Comentarios
Número de caries por catada:									
Ancho de carril: <u> </u> Ancho de bermas: <u> </u>									

ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA INSPECCION VISUAL DE CUNETAS

REGIONAL:		PROVINCIA:		MUNICIPIO:		CANTON:		PARROQUIA:	
CARRERA:		KILÓMETRO:		MATERIAL:		ANCHO:		ESTADO:	
NOMBRE DE LA VEHICULA:		NOMBRE DEL CONDUCTOR:		NOMBRE DEL PASAJERO:		NOMBRE DEL PASAJERO:		NOMBRE DEL PASAJERO:	
FECHA:		HORARIO:		LUGAR:		TIPO DE OBRA:		OTROS DATOS:	
INSTRUMENTOS:		MATERIALES:		OBSERVACIONES:		RECOMENDACIONES:		OBSERVACIONES:	
CANTON:		MUNICIPIO:		PARROQUIA:		CARRERA:		KILÓMETRO:	
NOMBRE DEL PASAJERO:		NOMBRE DEL PASAJERO:		NOMBRE DEL PASAJERO:		NOMBRE DEL PASAJERO:		NOMBRE DEL PASAJERO:	

Norma Técnica V-706 (2002) - Inspección Visual de Cunetas - 1. Identificación

Obras de Mantenimiento



**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRETERAS
FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2**

TERRITORIAL: _____ FECHA: _____ Orden de OOB: _____ CONCESION: RR, RORAL RR
 CODIGO DE LA VIA: _____ CONTRATO(S): _____ MTO. INTRINSECO: RR, RORAL RR
 NOMBRE DE LA VIA: _____ LEVANTADO POR: _____ No. DE OBRAS: _____ AÑO: _____ RUA: 1 DE 3
Ing. Emerson Talles

PR	Cantl	Tipo	Sever	PATOLOGIA				Foto	Aclaraciones
				Daño		Reparación			
				Cargo(m)	Ancho(m)	Cargo(m)	Ancho(m)		
6P1050,1	1	FL							
6P1057,5	1	BA							
6P1175,4	D	FT							
6P1180 - 6P1182,5	D	FL						Fallo de junta longitudinal	
6P1207	D	DC							
6P1261,5	1	PCH		3,00	1,00	3,00	1,00		
6P1296	1	PC							
6P1330	1								
6P1429,3	1	FBL		2,00	1,00	2,00	1,00		
6P1511,7	1	D6C		1,00	1,00	1,00	1,00		
6P1518	1	D6C		2,00	1,00	2,00	1,00		
6P1550 - 6P1553	1	FL							
6P1558	1	FL		1,00	1,00	1,00	1,00		
6P1560	1	PA		1,00	1,00	1,00	1,00		
6P1600 - 6P1625	1	FL	F-E-D		8,00		8,00		
6P1626	1	FBL		3,00	1,00	3,00	1,00		
6P1646	1	D6C		2,00	2,00	2,00	2,00		
6P1659 - 6P1664	1	FT		4,00	1,00	4,00	1,00		
6P1671	1	FL		5,00	1,00	5,00	1,00		
6P1679	1	BA		1,00	1,00	1,00	1,00		
6P1685	1	FT		1,00	1,00	1,00	1,00		
6P1691 - 6P1695	1	FBL			3,00		3,00		
6P1729 - 6P1735	E	FBL		2,00	2,00	2,00	2,00		
6P1738	E	D6C		1,00	1,00	1,00	1,00		
6P1775 - 6P1787	1	D6C			3,00		3,00		
6P1792	1	D6C		2,00	1,00	2,00	1,00		
6P1795 - 6P1807	1	FL			1,50		1,50		
6P1815 - 6P1821	1	FL			2,00		2,00		
6P1834	D	FL		2,00	1,00	2,00	1,00		
6P1835,4	1	BA		2,00	2,00	2,00	2,00		
6P1850,8 - 6P1871	1	FL			2,00		2,00		
6P1872 - 6P1877	D	FL							
6P1871	1	BA		3,00	2,00	3,00	2,00	Yps	
6P1880	D	PA		2,00	5,00	2,00	5,00		
6P1880	D	PC		4,00	1,00	4,00	1,00		
6P1884 - 6P1891	1	FL			1,00		1,00		
6P1906	1	BA		2,00	1,00	2,00	1,00		
6P1914	D	FBL		2,00	1,00	2,00	1,00		
6P1915,3	D	FBL		5,00	2,00	5,00	2,00		
6P1917	1	D6C		1,00	1,00	1,00	1,00		
6P1925	D	FT		1,00	1,00	1,00	1,00		
6P1959,5	D	FBL		3,00	1,00	3,00	1,00		
6P1966	D	FL		2,00	1,00	2,00	1,00		
6P1995,5 - 6P11002	D	FBL		4,00	1,00	4,00	1,00		
6P11030	D	D6C		1,50	1,00	1,50	1,00		
6P11064	1	FL		3,00	1,00	3,00	1,00		
6P11071	1	FJ		2,00	1,00	2,00	1,00		
6P11096	1	FL		5,00	1,00	5,00	1,00		
6P1135 - 6P1141	1	D6C			1,50		1,50		
6P1134,5	D	BA		1,00	1,00	1,00	1,00	Núcleo	
6P11275 - 6P11300	1	FL			2,50		2,50		
6P11310 - 1320	1	FL			2,00		2,00		

Número de calzadas: _____ Comentarios: _____
 Número de carriles por calzada: _____
 Ancho de carril: _____ Ancho de Berma: _____

ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRERAS
FORMATO PARA LA INSPECCION VISUAL DE CUNETAS

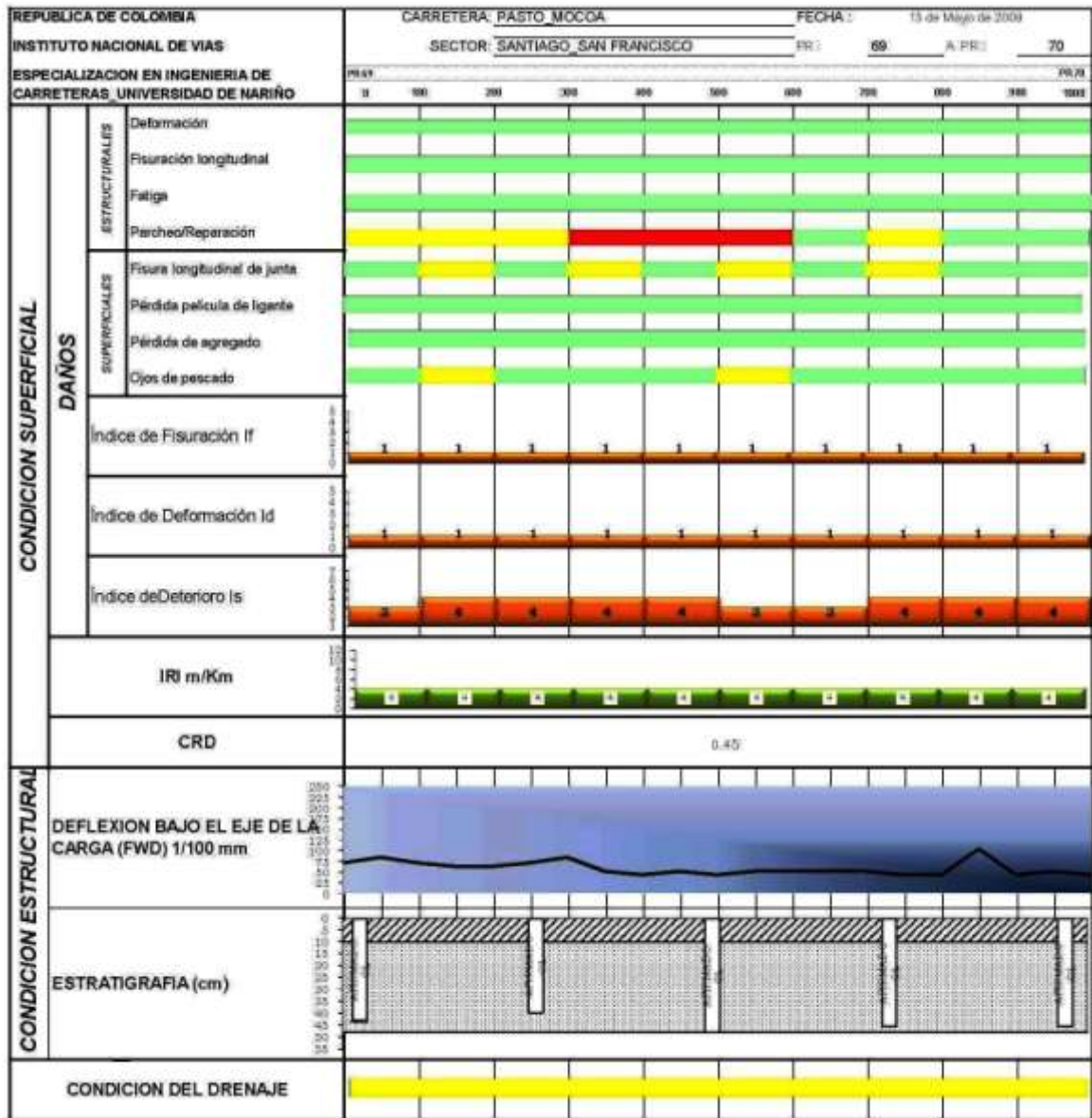
INSTITUCION: UNIVERSIDAD DE SUCRE FECHA: 10/05/2023 TIPO DE OBRAS: RECONSTRUCCION
 LOCALIDAD DE LA OBRAS: UNTA MUNICIPIO: TUNJA
 AREA DE LA OBRAS: PARQUE JOSE GARCIA PROYECTO: RECONSTRUCCION DEL PARQUE JOSE GARCIA

PUNTO DE INSPECCION	Lado		Codo				Forma	Observaciones	Fotografias
	Interno	Externo	Superior	Medio	Inferior	Estado			
01+000	X	X	30'	1,20'	1,20'	Y			
02+000	X	X	30'	1,20'	1,20'	Y			
03+000	X	X	30'	1,20'	1,20'	Y			
04+000	X	X	30'	1,20'	1,20'	Y			

795

Forma: Triangulo (V) - Rectangulo (R) - Trapecoido (T) - Sencillo (S) - O

Obras de Vialidad



**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRETERAS**

FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2

TERRITORIAL:	<u>Distrito</u>	<u>FECHA:</u>	<u>Delimitación:</u>	CONCIERGE: <input type="checkbox"/>	PR. INICIAL: <u>70</u>
CODIGO DE LA VÍA:	<u>1001</u>	<u>CONTRATANTE:</u>	<u> </u>	MITO INTEGRAL: <input type="checkbox"/>	PR. FINAL: <u>71</u>
NOMBRE DE LA VÍA:	<u>Pérez Abreu</u>	<u>LEVANTADO POR:</u>	<u>Ing. Darío Sánchez</u>	ANEX: <input type="checkbox"/>	KOM. <u>7</u> CR. <u>1</u>
			<u>Ing. Giovanni Tuley</u>		

PR	Carril	Tipo	Sever.	PATOLOGIA				Foto	Aclaraciones
				Daño		Reparación			
				Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)	Ancho(m)		
70+015	D	D&C		1.00	1.00	1.00	1.00		
70+070	D	D&C		1.00	1.00	1.00	1.00		con p&c
70+150	D	F&L		4.00	1.00	4.00	1.00		
70+259.5	I	FL		2.00	1.00	2.00	1.00		
70+330	E+D	PA		3.00	9.00	3.00	9.00		Concreto rígido
70+550	D	F&L		2.00	1.00	2.00	1.00		
70+550	D	F&L		3.00	1.50	3.00	1.50		
70+561	D	FL		2.00	1.50	2.00	1.50		
70+657 - 70+690	E	FL							
70+690 - 70+730.0	E+D	FL							
70+694		BA		2.00	2.00	2.00	2.00		
70+701		BA		4.00	3.00	4.00	3.00		
70+721.5	E	BA		3.00	2.00	3.00	2.00		
70+732.5	E	BA		2.00	2.00	2.00	2.00		
70+650	D	N							LIMPIAR ZANJAS
70+770 - 70+895	D	N							Limpia zanjas fondo inferior
70+617	D	BA		3.00	1.00	3.00	1.00		
70+920	D	D&C		3.00	1.00	3.00	1.00		
70+924	D	F		1.00	1.00	1.00	1.00		
70+972	D	F		1.00	1.00	1.00	1.00		
70+1068.0		CF							

Número de cobrados:		Comentarios:
Número de cortes por cobrados:		
Ancho de carril:	Ancho de bermo:	

**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRERAS
FORMATO PARA LA INSPECCION VISUAL DE CUNETAS**

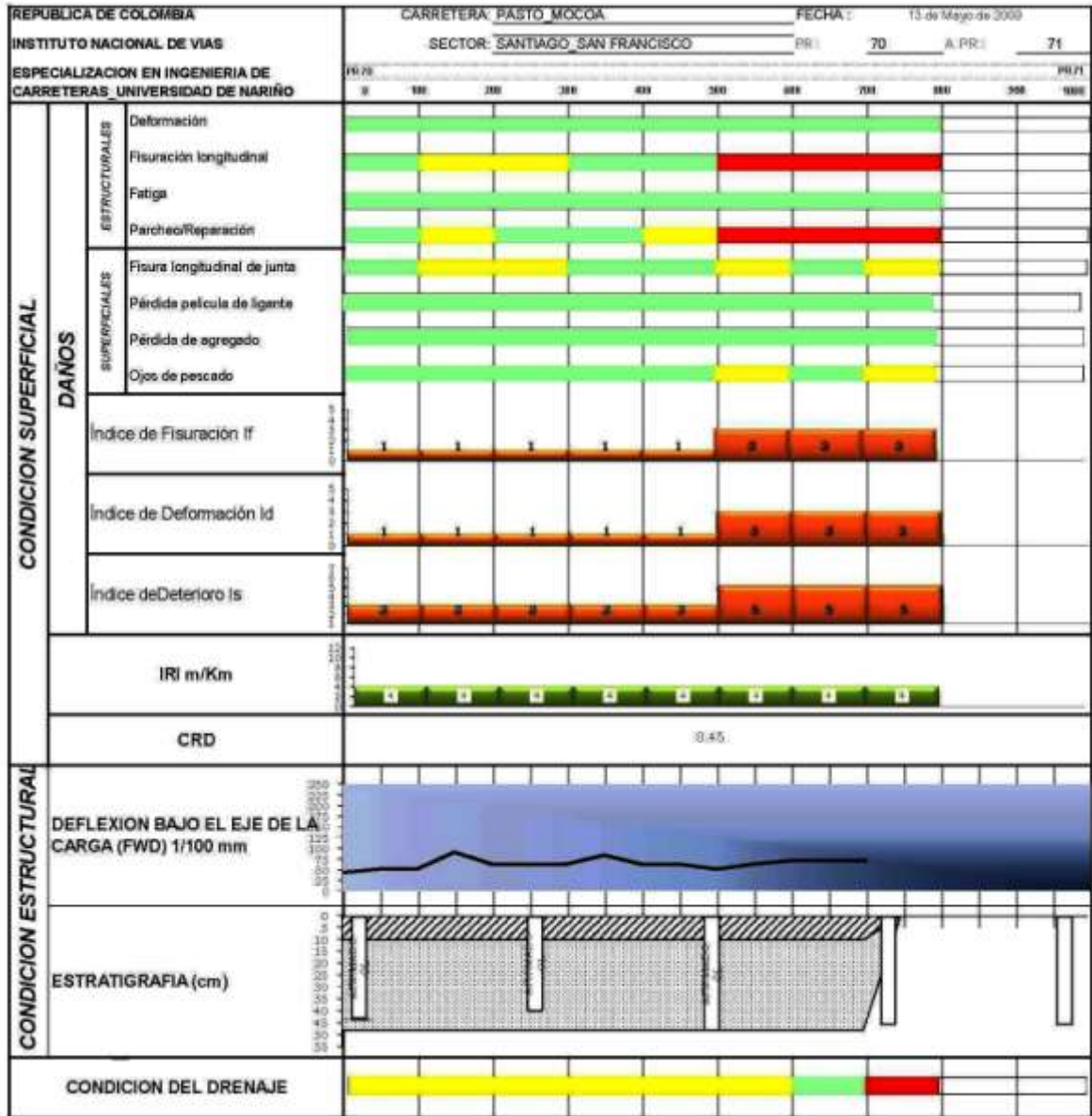
NOMBRE DEL INGENIERO:		FECHA:		CATEGORIA:		AÑO:	
CARRERA:		CONTINENTE:		MATERIAL:		AÑO:	
CARRERA DE LA U.T.:		INSTRUMENTOS:		MATERIAL:		AÑO:	
AUTOR:		LUGAR:		MATERIAL:		AÑO:	
AUTOR:		LUGAR:		MATERIAL:		AÑO:	

# INICIAL	DESCRIPCION	Longitud (m)		Ancho	Orilla			Culata	Observaciones	Equipo
		Superior	Inferior		Superior	Medio	Inferior			
2014001	SE	20	104	1.20	T					
2014002	SE	20	26	1.20	T					
2014003	SE	20	104	1.20	T					

236

Formato Normalizado V - Rectangular - E - Inicial (1) - T - Jambico (1) - B -

Observaciones Generales:



REPUBLICA DE COLOMBIA INSTITUTO NACIONAL DE VIAS ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS_ UNIVERSIDAD DE NARIÑO		CARRETERA: PASTO_MOCOA SECTOR: SANTIAGO_SAN FRANCISCO		FECHA: 15 de Mayo de 2008
		P6: 70	A.P6: 71	

TRAMO		Deformación		Inclinación longitudinal		Fatiga		Pavimento/Reparación		II	Id	Is
DE	A	Extensión	Gravedad	Extensión	Gravedad	Extensión	Gravedad	Extensión	Gravedad			
K0+000	K0+100	0%	1	0%	1	0%	1	0%	1	1	1	3
K0+100	K0+200	30%	1	25%	3	0%	1	0%	1	1	1	3
K0+200	K0+300	0%	1	25%	3	0%	1	0%	1	1	1	3
K0+300	K0+400	0%	1	0%	1	0%	1	0%	1	1	1	3
K0+400	K0+500	0%	1	0%	1	0%	1	0%	1	1	1	3
K0+500	K0+600	0%	1	25%	3	0%	1	50%	3	3	3	5
K0+600	K0+700	0%	1	25%	3	0%	1	50%	3	3	3	4
K0+700	K0+800	0%	1	25%	3	0%	1	50%	3	3	3	5

TRAMO		Fisura longitudinal de junta		Pérdida película de ligante		Pérdida de agregado		Ojos de pescado		IRI	IFI	
DE	A	Extensión	Gravedad	Extensión	Gravedad	Extensión	Gravedad	Extensión	Gravedad		F60	Sp
K0+000	K0+100	0%	1	0%	1	0%	1	0%	1	4		
K0+100	K0+200	25%	2	0%	1	0%	1	0%	1	4		
K0+200	K0+300	25%	2	0%	1	0%	1	0%	1	4		
K0+300	K0+400	0%	1	0%	1	0%	1	0%	1	4		
K0+400	K0+500	0%	1	0%	1	0%	1	0%	1	4		
K0+500	K0+600	25%	2	5%	1	0%	1	0%	1	4		
K0+600	K0+700	0%	1	5%	1	0%	1	25%	2	4		
K0+700	K0+800	25%	2	0%	1	0%	1	25%	2	4		

REPÚBLICA DE COLOMBIA
 INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS
 ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE
 CARRETERAS_ UNIVERSIDAD DE NARIÑO

REFERENCIA: PASTO, MOCOA
 SECTOR: SANTIAGO, SAN FRANCISCO

FECHA: 13 de Mayo de 2008
 PÁG: 70 A 76

71

ABSC	De Baxón (1/100 mm)		ESTRUCTURALES								INFORMACION SORDEOS					
			D _v /D _s		MODULO (MFO)		ESPORES DE CATA (cm)		CAJA 1		CAJA 2		CAJA 3			
			B _s	D _m	CAJA 1	CAJA 2	CAJA 3	CAJA 1	CAJA 2	CAJA 1	CAJA 2	CAJA 1	CAJA 2	CAJA 3		
					RODADURA	GRANULARES	SUBSABRTE	RODADURA	GRANULARES	EST. (cm)	GRANULARES	EST. (cm)	AFIRMADO/OL	CLASIFIC.	AFIRMADO/OL	CLASIFIC.
	44	36	5000	3050	1000	100	380	100	380	100	380	100	380			
			5000	3050	1000	100	380	100	380	100	380	100	380			
	52	48	5000	3050	1000	100	380	100	380	100	380	100	380			
	52	36	5000	3050	1000	100	380	100	380	100	380	100	380			
	52	40	5000	3050	1000	100	380	100	380	100	380	100	380			
	64	56	5000	3050	1000	100	380	100	380	100	380	100	380			
	64	48	5000	3050	1000	100	380	100	380	100	380	100	380			
	64	40	5000	3050	1000	100	380	100	380	100	380	100	380			
	64	80	5000	3050	1000	100	380	100	380	100	380	100	380			
	64	82	5000	3050	1000	100	380	100	380	100	380	100	380			
	64	82	5000	3050	1000	100	380	100	380	100	380	100	380			
	64	82	5000	3050	1000	100	380	100	380	100	380	100	380			
	64	88	5000	3050	1000	100	380	100	380	100	380	100	380			
	64	88	5000	3050	1000	100	380	100	380	100	380	100	380			
	64	88	5000	3050	1000	100	380	100	380	100	380	100	380			
	72	72	5000	3050	1000	100	380	100	380	100	380	100	380			
	72	72	5000	3050	1000	100	380	100	380	100	380	100	380			
	72	64	5000	3050	1000	100	380	100	380	100	380	100	380			

REPUBLICA DE COLOMBIA
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS_ UNIVERSIDAD DE NARIÑO

CARRETERA:	PASTO_MOCOA	FECHA:	13 de Mayo de 2009
SECTOR:	SANTIAGO_SAN FRANCISCO	PR:	70 A PR: 71

EVALUACION COMPLEMENTARIA		
TRAMO		CONDICION DEL DRENAJE
DE	A	Gravedad
K0+000	K0+100	2
K0+100	K0+200	2
K0+200	K0+300	2
K0+300	K0+400	2
K0+400	K0+500	2
K0+500	K0+600	2
K0+600	K0+700	1
K0+700	K0+800	3

ANEXO 2

VIGA BENKELMAN



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
CARRETERA DE CAMPO

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE FECHA ENSAYO: OCTUBRE 18 DE 2008
 CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCOA
 TRAMO: 1003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
 DESCRIPCIÓN: PR. 50+0760 - PR. 70+1000
 VIGA: BENKELMAN DOBLE RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO: 4
 OPERARIO: INGS. DARIO BUCHELY Y EMERSON TULCAN UNIDAD DE LECTURA: 0,01 mm

ABSCISA	COORDENADA	LADO	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		T° C	OBSERVACIONES
			L ₁	L ₂	L ₁	L ₂		
K51+300	19.026 n77 0.222 m	D	16	13	13	12	15	CABECERA SANTIAGO
K51+350	19.059 n77 0.222 m	I	21	19				
K51+400	19.082 n77 0.215 m	D	13	10				
K51+450		I	13	10				
K51+500	19.1 n77 0.192 m	D	16	14				
K51+550	19.126 n77 0.173 m	I	11	10				
K51+600	19.144 n77 0.149 m	D	11	10				
K51+650	19.169 n77 0.129 m	I	13	11				
K51+700	19.186 n77 0.188 m	D	21	10				
K51+750	19.212 n77 0.083 m	I	16	11				CEMENTERIO SANTIAGO
K51+800	19.232 n77 0.071 m	D	16	9	13	9		
K51+850	19.257 n77 0.085 m	I	16	15				
K51+900	19.276 n77 0.033 m	D	16	12				
K51+950	19.299 n77 0.017 m	I	16	7				
K52+000	19.315 n76 99.994 m	D	11	9				PR. 52
K52+050	19.335 n76 99.972 m	I	13	12				
K52+100	19.361 n76 99.959 m	D	16	13				
K52+150	19.382 n76 99.953 m	I	6	5				DAÑO PROBLEMA RELLENOS
K52+200	19.418 n76 99.94 m	D	23	21				
K52+250	19.447 n76 99.93 m	I	16	13				
K52+300	19.465 n76 99.91 m	D	19	16				
K52+350	19.461 n76 99.879 m	I	11	10	8	9	15	
K52+400	19.437 n76 99.864 m	D	13	6				
K52+450	19.42 n76 99.838 m	D	13	10				
K52+500	19.422 n76 99.81 m	D	18	11				
K52+550	19.485 n76 99.794 m	D	11	9				
K52+600	19.473 n76 99.791 m	D	16	14				PARCHO
K52+650	19.501 n76 99.797 m	D	21	11				
K52+700	19.515 n76 99.82 m	I	13	12				
K52+750	19.584 n76 99.827 m	D	11	9				
K52+800	19.586 n76 99.808 m	I	8	6				
K52+850	19.594 n76 99.793 m	D	13	10	8	4		
K52+900	19.624 n76 99.786 m	I	9	6				PR. 53
K52+950	19.653 n76 99.785 m	D	11	9				
K53+000	19.685 n76 99.797 m	I	8	7				
K53+050	19.709 n76 99.782 m	D	13	12				
K53+100	19.737 n76 99.772 m	I	11	10				
K53+150	19.756 n76 99.75 m	D	16	13				
K53+200	19.778 n76 99.729 m	I	16	13				
K53+250	19.796 n76 99.705 m	D	16	10				
K53+300	19.828 n76 99.703 m	I	18	17				
K53+350	19.886 n76 99.699 m	D	16	15				
K53+400	19.889 n76 99.7 m	I	21	20	13	15		
K53+450	19.917 n76 99.695 m	D	18	16				



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
CARTERA DE CAMPO

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE FECHA ENSAYO: OCTUBRE 18 DE 2008
 CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCCA
 TRAMO: 1003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
 DESCRIPCIÓN: PR. 50+0700 - PR. 70+1000
 VIGA: BENKELMAN DOBLE RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO: 4
 OPERARIO: INGS. DARIO BUCHELY Y EMERSON TULCAN UNIDAD DE LECTURA: 0,01 mm

ABSCISA	COORDENADA	LADO	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		T° C	OBSERVACIONES
			L ₆	L ₂₅	L ₆	L ₂₅		
K53+800	1 9.951 n 76 59.696 w	I	13	10				
K53+850	1 9.979 n 76 59.686 w	D	16	12				
K53+900	1 10.006 n 76 59.67 w	I	13	11				
K53+950	1 10.036 n 76 59.646 w	D	13	7			25	
K53+700	1 10.05 n 76 59.627 w	I	21	13				
K53+750	1 10.069 n 76 59.605 w	D	21	10				
K53+800	1 10.096 n 76 59.584 w	I	18	12				PR54
K53+850	1 10.116 n 76 59.559 w	D	16	10				
K53+900	1 10.144 n 76 59.538 w	I	25	25				
K53+950	1 10.163 n 76 59.515 w	D	18	10	16	9		
K54+000	1 10.187 n 76 59.487 w	I	16	10				
K54+050	1 10.206 n 76 59.473 w	D	21	18				
K54+100	1 10.233 n 76 59.452 w	I	16	11				
K54+150	1 10.253 n 76 59.427 w	D	18	14				
K54+200	1 10.277 n 76 59.408 w	I	16	13				
K54+250	1 10.297 n 76 59.384 w	D	16	14				
K54+300	1 10.322 n 76 59.366 w	I	16	13				
K54+350	1 10.339 n 76 59.342 w	D	31	17				
K54+400	1 10.365 n 76 59.324 w	I	21	14				
K54+450	1 10.394 n 76 59.301 w	D	21	14	18	14	30	
K54+600	1 10.406 n 76 59.282 w	I	8	5				
K54+650	1 10.426 n 76 59.26 w	D	13	12				PR55
K54+800	1 10.45 n 76 59.242 w	I	18	12				
K54+850	1 10.469 n 76 59.217 w	D	16	11				
K54+700	1 10.485 n 76 59.198 w	I	28	22				
K54+750	1 10.514 n 76 59.174 w	D	18	9				
K54+800	1 10.536 n 76 59.154 w	I	18	16				
K54+850	1 10.556 n 76 59.133 w	D	18	6				
K54+900	1 10.583 n 76 59.114 w	I	13	10				
K54+950	1 10.603 n 76 59.093 w	D	31	22	6	13		
K55+000	1 10.632 n 76 59.077 w	I	23	14				
K55+050	1 10.651 n 76 59.053 w	D	13	8				
K55+100	1 10.674 n 76 59.034 w	I	11	7				
K55+150	1 10.673 n 76 59.003 w	D	31	23				
K55+200	1 10.673 n 76 59.974 w	D	16	11				
K55+250	1 10.697 n 76 59.96 w	D	16	5				
K55+300	1 10.724 n 76 59.973 w	D	16	13				
K55+350	1 10.756 n 76 59.969 w	I	13	9				
K55+400	1 10.794 n 76 59.957 w	D	16	5	13	5	30	PR56
K55+450	1 10.815 n 76 59.954 w	I	23	18				
K55+500	1 10.833 n 76 59.93 w	D	11	6				
K55+550	1 10.84 n 76 59.901 w	D	11	5				
K55+600	1 10.863 n 76 59.881 w	D	13	11				DRACHEO
K55+650	1 10.885 n 76 59.868 w	D	13	8				FALLA



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE CARRETERAS

EVALUACIÓN DE FLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
CARTERA DE CAMPO

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE FECHA ENSAYO: OCTUBRE 18 DE 2008
 CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCOA
 TRAMO: 1003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
 DESCRIPCIÓN: PR. 50+0700 - PR. 70+1000
 VIGA: BENKELMAN DOBLE RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO: 4
 OPERARIO: INGS. DARIO BUCHELY Y EMERSON TULCAN UNIDAD DE LECTURA: 0,01 mm

ABSCISA	COORDENADA	LADO	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		T° C	OBSERVACIONES
			L ₁	L ₂	L ₁	L ₂		
K55+700	-1 10.911 ± 76 58.844 m	D	21	12				
K55+750	-1 10.939 ± 76 58.841 m	D	11	7				
K55+800	-1 10.97 ± 76 58.832 m	D	21	11				
K55+850	-1 11.018 ± 76 58.812 m	D	18	16				
K55+900	-1 11.04 ± 76 58.792 m	I	36	24	31	22		
K55+950	-1 11.055 ± 76 58.786 m	D	16	13				
K56+000	-1 11.079 ± 76 58.746 m	I	13	11				CABECERA COLON
K56+050	-1 11.101 ± 76 58.725 m	D	23	14				
K56+100	-1 11.125 ± 76 58.706 m	I	16	13				
K56+150	-1 11.143 ± 76 58.682 m	D	36	25				
K56+200	-1 11.167 ± 76 58.666 m	I	39	27				
K56+250	-1 11.185 ± 76 58.643 m	D	21	17				
K56+300	-1 11.211 ± 76 58.625 m	I	26	24				
K56+350	-1 11.227 ± 76 58.602 m	D	18	15	16	12		
K56+400	-1 11.252 ± 76 58.584 m	I	35	29				
K56+450	-1 11.27 ± 76 58.563 m	D	18	14				INICIA PAV. RIGIDO COLON
K57+800	-1 11.486 ± 76 58.38 m	I	23	15			40	FIN PAVIM. RIGIDO COLON
K57+850	-1 11.507 ± 76 58.337 m	D	13	10				
K57+900	-1 11.53 ± 76 58.32 m	I	23	20				
K57+950	-1 11.549 ± 76 58.295 m	D	18	16				
K58+000	-1 11.575 ± 76 58.274 m	I	23	16				PR 58
K58+050	-1 11.594 ± 76 58.252 m	D	16	10				
K58+100	-1 11.616 ± 76 58.231 m	I	26	15				
K58+150	-1 11.639 ± 76 58.21 m	D	21	14	11	10		
K58+200	-1 11.664 ± 76 58.191 m	I	39	34				
K58+250	-1 11.683 ± 76 58.166 m	D	18	17				
K58+300	-1 11.707 ± 76 58.149 m	I	23	21				
K58+350	-1 11.727 ± 76 58.126 m	D	26	17				
K58+400	-1 11.753 ± 76 58.106 m	I	18	11				FIN CABECERA COLON
K58+450	-1 11.772 ± 76 58.083 m	D	21	17				
K58+500	-1 11.789 ± 76 58.063 m	I	26	16				
K58+550	-1 11.817 ± 76 58.04 m	D	21	18				CERAMITERIO COLON
K58+600	-1 11.84 ± 76 58.016 m	I	16	14				
K58+650	-1 11.845 ± 76 57.997 m	D	16	9	11	4		
K58+700	-1 11.854 ± 76 57.982 m	I	16	10				
K58+750	-1 11.856 ± 76 57.922 m	D	13	9				
K58+800	-1 11.87 ± 76 57.891 m	I	21	14				PR 59
K58+850	-1 11.875 ± 76 57.869 m	D	23	21				
K58+900	-1 11.88 ± 76 57.827 m	I	18	16				
K58+950	-1 11.895 ± 76 57.797 m	D	18	15				
K59+000	-1 11.907 ± 76 57.767 m	I	16	12				
K59+050	-1 11.913 ± 76 57.734 m	D	16	11				
K59+100	-1 11.927 ± 76 57.706 m	I	13	11				
K59+150	-1 11.936 ± 76 57.676 m	D	11	7	11	7	40	



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
CARTERA DE CAMPO

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE FECHA ENSAYO: OCTUBRE 18 DE 2008
 CARRETERA: RUTA 30 PASTO - MOCOA
 TRAMO: 1005 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
 DESCRIPCIÓN: PR 50+0700 - PR 70+1000
 VIGA: BENKELMAN DOBLE RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO: 4
 OPERARIO: INGS. DARIO BUCHELY Y EMERSON TULCAN UNIDAD DE LECTURA: 0,01 mm

ABSCISA	COORDENADA	LADO	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		T° C	OBSERVACIONES
			L ₂₅	L ₂₅	L ₂₅	L ₂₅		
K59+200	1 11 864 n 76 57 646 w	I	21	10				
K59+250	1 11 964 n 76 57 617 w	D	18	9				
K59+300	1 11 80 n 76 57 609 w	I	21	13				
K59+350	1 11 987 n 76 57 551 w	D	18	15				
K59+400	1 12 005 n 76 57 535 w	I	18	14				
K59+450	1 12 013 n 76 57 506 w	D	16	14				
K59+500	1 12 029 n 76 57 475 w	I	18	14				
K59+550	1 12 038 n 76 57 443 w	D	18	15				PR 60
K59+600	1 12 056 n 76 57 416 w	I	16	13				
K59+650	1 12 065 n 76 57 387 w	D	15	14	13	20		
K59+700	1 12 081 n 76 57 359 w	I	25	23				
K59+750	1 12 091 n 76 57 327 w	D	21	17				
K59+800	1 12 109 n 76 57 298 w	I	18	16				
K59+850	1 12 12 n 76 57 269 w	D	16	15				
K59+900	1 12 137 n 76 57 241 w	I	18	12				
K59+950	1 12 147 n 76 57 207 w	D	18	17				
K60+000	1 12 165 n 76 57 18 w	I	23	19				
K60+050	1 12 174 n 76 57 147 w	D	25	20				
K60+100	1 12 182 n 76 57 122 w	I	21	18				
K60+150	1 12 201 n 76 57 092 w	D	26	20	21	13	35	
K60+200	1 12 221 n 76 57 058 w	I	18	16				
K60+250	1 12 231 n 76 57 025 w	D	16	15				
K60+300	1 12 253 n 76 57 003 w	I	18	16				
K60+350	1 12 272 n 76 56 98 w	D	21	19				
K60+400	1 12 290 n 76 56 964 w	I	21	18				PR 61
K60+450	1 12 321 n 76 56 94 w	D	18	12				
K60+500	1 12 35 n 76 56 922 w	I	13	9				
K60+550	1 12 372 n 76 56 898 w	D	13	10				
K60+600	1 12 4 n 76 56 882 w	I	16	10				
K60+650	1 12 423 n 76 56 858 w	D	11	10	11	8		
K60+700	1 12 461 n 76 56 841 w	I	16	15				CANCHA FUTBOL SAN PEDRO
K60+750	1 12 47 n 76 56 817 w	D	13	9				
K60+800	1 12 499 n 76 56 801 w	I	16	11				
K60+850	1 12 521 n 76 56 777 w	D	18	12				
K60+900	1 12 549 n 76 56 76 w	I	23	20				
K60+950	1 12 57 n 76 56 738 w	D	21	14				
K61+000	1 12 595 n 76 56 72 w	I	13	12				
K61+050	1 12 609 n 76 56 69 w	D	18	16				
K61+100	1 12 63 n 76 56 667 w	I	41	32				
K61+150	1 12 641 n 76 56 638 w	D	21	20	18	17		INICIO CABECERA SAN PEDRO
K61+200	1 12 665 n 76 56 611 w	I	23	20				
K61+250	1 12 673 n 76 56 584 w	D	26	21				
K61+300	1 12 678 n 76 56 553 w	I	35	30				
K61+350	1 12 687 n 76 56 522 w	D	26	25				



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E- 795)
CARTERA DE CAMPO

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE FECHA ENSAYO: OCTUBRE 18 DE 2008
 CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCCA
 TRAMO: 1003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
 DESCRIPCIÓN: PR 50+0780 - PR 70+1000
 VIGA: BENKELMAN DOBLE RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO: 4
 OPERARIO: INGS. DARIO BACHELY Y EMERSON TULCAN UNIDAD DE LECTURA: 0,03 mm

ABSCISA	COORDENADA	LADO	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		T° C	OBSERVACIONES
			L ₂₅	L ₁₃	L ₂₅	L ₁₃		
K61+400	-1 12.662 n 76 56.493 w	I	13	7				
K61+460	-1 12.663 n 76 56.462 w	D	13	10				FIN CABECERA SAN PEDRO
K61+500		I	11	3				RIO SAN PEDRO
K61+550	-1 12.645 n 76 56.412 w	D	16	13				
K61+600	-1 12.617 n 76 56.363 w	I	16	13				
K61+650	-1 12.596 n 76 56.337 w	D	19	10	13	8	30	
K61+700	-1 12.569 n 76 56.354 w	I	13	12				
K61+750	-1 12.548 n 76 56.33 w	D	18	17				
K61+800	-1 12.521 n 76 56.31 w	I	11	7				
K61+850	-1 12.501 n 76 56.282 w	D	16	15				
K61+900	-1 12.476 n 76 56.268 w	I	16	9				
K61+950	-1 12.454 n 76 56.24 w	D	16	3				
K62+000	-1 12.445 n 76 56.216 w	I	23	15				PR63
K62+050	-1 12.433 n 76 56.187 w	D	16	14				
K62+100	-1 12.416 n 76 56.163 w	I	16	15				
K62+150	-1 12.406 n 76 56.129 w	D	11	10	11	9		
K62+200	-1 12.386 n 76 56.097 w	I	16	14				
K62+250	-1 12.384 n 76 56.065 w	D	16	13				
K62+300	-1 12.392 n 76 56.036 w	I	13	9				
K62+350	-1 12.395 n 76 56.004 w	D	16	12			20	
K62+400	-1 12.397 n 76 55.976 w	I	16	14				
K62+450	-1 12.396 n 76 55.941 w	D	18	16				
K62+500	-1 12.379 n 76 55.914 w	I	21	16				
K62+550	-1 12.379 n 76 55.887 w	D	16	15				
K62+600	-1 12.37 n 76 55.851 w	I	11	10				
K62+650	-1 12.369 n 76 55.815 w	D	18	17	16	10		
K62+700	-1 12.362 n 76 55.783 w	I	26	23				
K62+750	-1 12.359 n 76 55.751 w	D	21	18				
K62+800	-1 12.352 n 76 55.72 w	I	21	3				PR64
K62+850	-1 12.351 n 76 55.689 w	D	16	13				
K62+900	-1 12.342 n 76 55.658 w	I	26	24				
K62+950	-1 12.342 n 76 55.626 w	D	21	18				
K63+000	-1 12.334 n 76 55.595 w	I	21	20				INICIO CABECERA SIBUNDOY
K63+050	-1 12.332 n 76 55.563 w	D	23	15				
K63+100	-1 12.325 n 76 55.529 w	I	19	17				
K63+150	-1 12.324 n 76 55.493 w	D	16	15	13	13		
K63+200	-1 12.316 n 76 55.462 w	I	18	16				
K63+250	-1 12.314 n 76 55.43 w	D	13	10				
K63+300	-1 12.307 n 76 55.398 w	I	11	9				
K63+350	-1 12.305 n 76 55.366 w	D	13	12				
K63+400	-1 12.296 n 76 55.339 w	I	21	19				INICIO PAV. RIGIDO SIBUNDOY
K64+750	-1 12.083 n 76 54.876 w	D	13	12	13	12	11	FIN PAV. RIGIDO SIBUNDOY
K65+600	-1 12.065 n 76 54.851 w	I	11	9				
K65+650	-1 12.048 n 76 54.826 w	D	16	15				



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
CARTERA DE CAMPO

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE FECHA ENSAYO: OCTUBRE 18 DE 2008
 CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCOA
 TRAMO: 1003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
 DESCRIPCIÓN: PR. 50+0780 - PR. 70+1000
 VIGA: BENKELMAN DOBLE RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO: 4
 OPERARIO: INGS. DARJO BUCHELY Y EMERSON TULCAN UNIDAD DE LECTURA: 0,01 mm

ABSCISA	COORDENADA	LADO	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		T° C	OBSERVACIONES
			L _a	L ₂₅	L _a	L ₂₅		
K65+900	+112.031 n 76 54.603 m	I	21	19				
K65+950	+112.014 n 76 54.778 m	D	21	18				
K66+000	+112.001 n 76 54.751 m	I	18	16				
K66+050	+111.98 n 76 54.739 m	D	16	14				PR66
K66+100	+111.965 n 76 54.703 m	I	18	16				
K66+150	+111.948 n 76 54.679 m	D	16	15				
K66+200	+111.931 n 76 54.653 m	I	16	15				
K66+250	+111.911 n 76 54.632 m	D	21	20	16	14		
K66+300	+111.893 n 76 54.604 m	I	16	14				
K66+350	+111.875 n 76 54.56 m	D	18	15				
K66+400	+111.859 n 76 54.554 m	I	18	16				
K66+450	+111.841 n 76 54.531 m	D	13	11				FIN CABECERA SISUNDUY
K66+500	+111.826 n 76 54.605 m	I	18	14				
K66+550	+111.805 n 76 54.483 m	D	23	22				
K66+600	+111.792 n 76 54.455 m	I	16	13				
K66+650	+111.769 n 76 54.431 m	D	16	15				
K66+700	+111.755 n 76 54.402 m	I	18	15				FALLAS
K66+750	+111.734 n 76 54.36 m	D	16	15	16	14	11	
K66+800	+111.719 n 76 54.351 m	I	21	19				
K66+850	+111.696 n 76 54.326 m	D	26	21				PR67
K66+900	+111.682 n 76 54.296 m	I	13	3				
K66+950	+111.662 n 76 54.277 m	D	18	8				
K67+000	+111.646 n 76 54.249 m	I	18	14				
K67+050	+111.627 n 76 54.226 m	D	21	14				NATLAC
K67+100	+111.614 n 76 54.2 m	I	31	28				FALLAS
K67+150	+111.592 n 76 54.178 m	D	23	22				FALLAS
K67+200	+111.577 n 76 54.149 m	I	21	16				
K67+250	+111.556 n 76 54.127 m	D	16	12	13	11		
K67+300	+111.542 n 76 54.099 m	I	23	20				
K67+350	+111.52 n 76 54.076 m	D	16	12				
K67+400	+111.506 n 76 54.049 m	I	18	17				
K67+450	+111.485 n 76 54.027 m	D	19	15				
K67+500	+111.47 n 76 53.999 m	I	16	12				
K67+550	+111.449 n 76 53.977 m	D	13	7				
K67+600	+111.433 n 76 53.948 m	I	18	16				
K67+650	+111.411 n 76 53.926 m	D	21	16				FALLA
K67+700	+111.396 n 76 53.899 m	I	18	17				
K67+750	+111.376 n 76 53.877 m	D	18	16	16	15	15	
K67+800	+111.363 n 76 53.85 m	I	11	10				
K67+850	+111.341 n 76 53.829 m	D	21	20				
K67+900	+111.327 n 76 53.802 m	I	21	18				
K67+950	+111.307 n 76 53.781 m	D	18	16				PR68
K68+000	+111.293 n 76 53.756 m	I	26	23				FALLAS
K68+050	+111.272 n 76 53.733 m	D	26	24				



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V.E - 795)
CARTERA DE CAMPO

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE FECHA ENSAYO: OCTUBRE 18 DE 2008
 CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCOA
 TRAMO: 3003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
 DESCRIPCIÓN: PR 59+0780 - PR 70+1000
 VIGA: BENKELMAN DOBLE RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO: 4
 OPERARIO: INGS. DARIO BACHELY Y EMERSON TULCAN UNIDAD DE LECTURA: 0,01 mm

ABSCISA	COORDENADA	LADO	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		T° C	OBSERVACIONES
			L ₂₅	L ₁₀	L ₂₅	L ₁₀		
K88+100	1 11.257 n 76 53.707 m	I	21	19				
K88+150	1 11.236 n 76 53.884 m	D	18	17				
K88+200	1 11.221 n 76 53.857 m	I	18	17				
K88+250	1 11.2 n 76 53.834 m	D	26	22	21	17		
K88+300	1 11.187 n 76 53.806 m	I	16	14				
K88+350	1 11.167 n 76 53.583 m	D	18	15				
K88+400	1 11.151 n 76 53.558 m	I	21	18				
K88+450	1 11.131 n 76 53.534 m	D	18	16				
K88+500	1 11.118 n 76 53.508 m	I	16	15				
K88+550	1 11.097 n 76 53.484 m	D	18	16				PR69
K88+600	1 11.075 n 76 53.448 m	I	13	7				
K88+650	1 11.058 n 76 53.431 m	D	16	13				
K88+700	1 11.043 n 76 53.405 m	I	16	3				
K88+750	1 11.023 n 76 53.382 m	D	26	21	16	14	15	
K88+800	1 11.007 n 76 53.355 m	I	21	17				
K88+850	1 10.987 n 76 53.331 m	D	28	24				
K88+900	1 10.971 n 76 53.305 m	I	16	13				
K88+950	1 10.948 n 76 53.281 m	D	28	25				
K89+000	1 10.934 n 76 53.253 m	I	18	16				FALLA
K89+050	1 10.912 n 76 53.228 m	D	21	19				
K89+100	1 10.896 n 76 53.201 m	I	18	16				
K89+150	1 10.875 n 76 53.176 m	D	16	13				
K89+200	1 10.86 n 76 53.148 m	I	16	12				
K89+250	1 10.838 n 76 53.125 m	D	18	13	13	11		
K89+300	1 10.823 n 76 53.098 m	I	21	17				
K89+350	1 10.804 n 76 53.073 m	D	13	11				RIO SAN FRANCISCO
K89+400	1 10.788 n 76 53.048 m	I	11	6				
K89+450	1 10.768 n 76 53.028 m	D	13	12				
K89+500	1 10.752 n 76 52.998 m	I	11	10				
K89+550	1 10.728 n 76 52.964 m	D	13	11				
K89+600	1 10.701 n 76 52.97 m	I	13	11				
K89+650	1 10.671 n 76 52.962 m	D	13	9				INICIO CABECERA SAN FCO
K89+700	1 10.638 n 76 52.955 m	I	13	9				
K89+750	1 10.608 n 76 52.96 m	D	11	9	B	7		
K89+800	1 10.578 n 76 52.953 m	I	11	10				
K89+850	1 10.545 n 76 52.95 m	D	25	21			16	PR70
K89+900	1 10.514 n 76 52.942 m	I	11	9				
K89+950	1 10.482 n 76 52.941 m	D	13	10				
K70+000	1 10.458 n 76 52.927 m	I	11	9				
K70+050	1 10.429 n 76 52.902 m	D	13	12				
K70+100	1 10.427 n 76 52.873 m	I	13	9				
K70+150	1 10.413 n 76 52.848 m	D	23	15				
K70+200	1 10.402 n 76 52.82 m	I	16	14				
K70+250	1 10.388 n 76 52.794 m	D	16	12	13	10		



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE CARRETERAS

EVALUACIÓN DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
CARTEA DE CAMPO

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE FECHA ENSAYO: OCTUBRE 18 DE 2008
 CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCOA
 TRAMO: 1003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
 DESCRIPCIÓN: PR. 50+0780 - PR. 70+1000
 VIGA: BENKELMAN DOBLE RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO: 4
 OPERARIO: INGS. DARIO BUCHELY Y EMERSON TULCAN UNIDAD DE LECTURA: 0,01 mm

ABSCISA	COORDENADA	LADO	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		T° C	OBSERVACIONES
			L _w	L ₂₅	L _w	L ₂₅		
K70+300	1 10.375 ± 78 52.785 m	I	16	15				
K70+350	1 10.369 ± 78 52.74 m	D	21	20				
K70+400	1 10.351 ± 78 52.71 m	I	16	13				
K70+450	1 10.34 ± 78 52.678 m	D	16	8				
K70+500	1 10.344 ± 78 52.648 m	I	13	12				
K70+550	1 10.338 ± 78 52.617 m	D	16	13				
K70+600	1 10.345 ± 78 52.587 m	I	18	15				
K70+650	1 10.34 ± 78 52.556 m	D	18	17				
K70+700		I	18	16				FIN CABECERA SAN FCO



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
 CARTERA DE DEFLEXIONES

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE FECHA: OCTUBRE 18 DE 2008
 CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCCA
 TRAMO: 1003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
 DESCRIPCIÓN: PR 50+0780 - PR 70+1000
 VIGA: BENKELMAN DOBLE RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO: 4
 OPERARIO: INGS. DARJO BACHELY Y EMERSON TULCAN UNIDAD DE LECTURA: 0,01 mm

ABSCISA	COORDENADA	LADO	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		T° C	OBSERVACIONES
			D ₁	D ₂	D ₁	D ₂		
K51+300	19.025 ± 77 0.222 m	0	64	52	52	48	15	CABECERA SANTIAGO
K51+350	19.055 ± 77 0.222 m	1	64	72			15	
K51+400	19.062 ± 77 0.215 m	0	52	40			15	
K51+450		1	52	40			15	
K51+500	19.1 ± 77 0.182 m	0	64	56			15	
K51+550	19.126 ± 77 0.172 m	1	44	40			15	
K51+600	19.144 ± 77 0.148 m	0	44	40			15	
K51+650	19.189 ± 77 0.128 m	1	52	44			15	
K51+700	19.186 ± 77 0.108 m	0	64	40			15	
K51+750	19.212 ± 77 0.093 m	1	64	44			15	
K51+800	19.232 ± 77 0.071 m	0	64	36	52	30	15	CEMENTERIO SANTIAGO
K51+850	19.257 ± 77 0.055 m	1	64	60			15	
K51+900	19.276 ± 77 0.033 m	0	64	48			15	
K51+950	19.299 ± 77 0.017 m	1	64	28			15	
K52+000	19.315 ± 76 59.994 m	0	44	36			15	PR 52
K52+050	19.335 ± 76 59.972 m	1	52	48			15	
K52+100	19.361 ± 76 59.959 m	0	64	52			15	
K52+150	19.392 ± 76 59.953 m	1	24	30			15	DAÑO PROBLEMA RELLENOS
K52+200	19.418 ± 76 59.94 m	0	92	64			15	
K52+250	19.447 ± 76 59.93 m	1	64	52			15	
K52+300	19.465 ± 76 59.91 m	0	72	64			15	
K52+350	19.461 ± 76 59.879 m	1	44	40	32	36	15	
K52+400	19.437 ± 76 59.864 m	0	52	24			15	
K52+450	19.42 ± 76 59.835 m	0	52	40			15	
K52+500	19.422 ± 76 59.81 m	0	72	44			15	
K52+550	19.445 ± 76 59.794 m	0	44	36			15	
K52+600	19.473 ± 76 59.791 m	0	64	56			15	PARCHEO
K52+650	19.501 ± 76 59.787 m	0	64	44			15	
K52+700	19.515 ± 76 59.82 m	1	52	48			15	
K52+750	19.544 ± 76 59.827 m	0	44	36			15	
K52+800	19.566 ± 76 59.806 m	1	32	24			15	
K52+850	19.594 ± 76 59.793 m	0	52	40	32	16	15	
K52+900	19.624 ± 76 59.796 m	1	32	24			15	PR 53
K52+950	19.653 ± 76 59.795 m	0	44	36			15	
K53+000	19.685 ± 76 59.787 m	1	32	28			15	
K53+050	19.703 ± 76 59.782 m	0	52	48			15	
K53+100	19.737 ± 76 59.772 m	1	44	40			15	
K53+150	19.756 ± 76 59.75 m	0	64	52			15	
K53+200	19.778 ± 76 59.729 m	1	64	52			15	
K53+250	19.796 ± 76 59.705 m	0	64	40			15	
K53+300	19.828 ± 76 59.703 m	1	72	66			15	
K53+350	19.856 ± 76 59.699 m	0	64	60			15	
K53+400	19.889 ± 76 59.7 m	1	64	60	52	60	15	
K53+450	19.917 ± 76 59.686 m	0	72	64			15	



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
 CARTERA DE DEFLEXIONES

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE FECHA: OCTUBRE 18 DE 2008
 CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCOR
 TRAMO: 1003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
 DESCRIPCIÓN: PR 50+0780 - PR 70+1000
 VIGA: BENKELMAN DOBLE RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO: 4
 OPERARIO: INGS. DARIO BUCHELY Y EMBERSON TULCAN UNIDAD DE LECTURA: 0,01 mm

ABSCISA	COORDENADA	LADO	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		T° C	OBSERVACIONES
			D ₀	D ₂₅	D ₀	D ₂₅		
K53+500	1 9 951 ± 76 59 695 m	I	52	40			25	
K53+550	1 9 978 ± 76 59 698 m	D	72	48			25	
K53+600	1 10 006 ± 76 59 67 m	I	52	44			25	
K53+650	1 10 026 ± 76 59 648 m	D	52	28			25	
K53+700	1 10 05 ± 76 59 627 m	I	84	52			25	
K53+750	1 10 089 ± 76 59 605 m	D	84	40			25	
K53+800	1 10 096 ± 76 59 584 m	I	72	48			25	PR54
K53+850	1 10 118 ± 76 59 558 m	D	64	40			25	
K53+900	1 10 144 ± 76 59 539 m	I	104	100			25	
K53+950	1 10 163 ± 76 59 515 m	D	72	40	64	36	25	
K54+000	1 10 187 ± 76 59 497 m	I	64	40			25	
K54+050	1 10 206 ± 76 59 473 m	D	84	72			25	
K54+100	1 10 233 ± 76 59 452 m	I	64	44			25	
K54+150	1 10 253 ± 76 59 427 m	D	72	56			25	
K54+200	1 10 277 ± 76 59 408 m	I	64	52			25	
K54+250	1 10 297 ± 76 59 384 m	D	64	56			25	
K54+300	1 10 322 ± 76 59 366 m	I	64	52			25	
K54+350	1 10 339 ± 76 59 342 m	D	124	68			25	
K54+400	1 10 365 ± 76 59 324 m	I	84	56			25	
K54+450	1 10 384 ± 76 59 301 m	D	84	56	72	56	30	
K54+500	1 10 406 ± 76 59 282 m	I	32	20			30	
K54+550	1 10 426 ± 76 59 26 m	D	52	48			30	PR55
K54+600	1 10 45 ± 76 59 242 m	I	72	48			30	
K54+650	1 10 489 ± 76 59 217 m	D	64	44			30	
K54+700	1 10 485 ± 76 59 196 m	I	112	88			30	
K54+750	1 10 514 ± 76 59 174 m	D	72	36			30	
K54+800	1 10 538 ± 76 59 154 m	I	72	64			30	
K54+850	1 10 556 ± 76 59 133 m	D	72	24			30	
K54+900	1 10 583 ± 76 59 114 m	I	52	40			30	
K54+950	1 10 603 ± 76 59 093 m	D	124	88	6	13	30	
K55+000	1 10 632 ± 76 59 077 m	I	92	56			30	
K55+050	1 10 651 ± 76 59 053 m	D	52	32			30	
K55+100	1 10 674 ± 76 59 034 m	I	44	28			30	
K55+150	1 10 673 ± 76 59 003 m	D	124	92			30	
K55+200	1 10 673 ± 76 59 974 m	D	64	44			30	
K55+250	1 10 697 ± 76 59 96 m	D	64	20			30	
K55+300	1 10 724 ± 76 59 973 m	D	64	52			30	
K55+350	1 10 756 ± 76 59 969 m	I	52	36			30	
K55+400	1 10 784 ± 76 59 957 m	D	64	20	52	20	30	PR56
K55+450	1 10 815 ± 76 59 954 m	I	92	72			30	
K55+500	1 10 833 ± 76 59 93 m	D	44	24			30	
K55+550	1 10 84 ± 76 59 901 m	D	44	20			30	
K55+600	1 10 863 ± 76 59 881 m	D	52	44			30	PARCHEO
K55+650	1 10 885 ± 76 59 866 m	D	52	32			30	FALLA



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE CARRETERAS

EVALUACIÓN DE FLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
 CARTERA DE DEFLEXIONES

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE FECHA: OCTUBRE 18 DE 2008
 CARRETERA: RUTA 30 PASTO - MOCOA
 TRAMO: 1033 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
 DESCRIPCIÓN: FR 50+0700 - FR 70+1000
 VIGA: BENKELMAN DOBLE RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO: 4
 OPERARIO: INGS. DARIO BUACHELY Y EMERSON TULCAN UNIDAD DE LECTURA: 0,01 mm

ABSCISA	COORDENADA	LADO	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		T° C	OBSERVACIONES
			D ₆	D ₂₅	D ₆	D ₂₅		
K55+700	1 10.911 n 76 58.948 m	D	84	48			30	
K55+750	1 10.939 n 76 58.841 m	D	44	28			30	
K55+800	1 10.97 n 76 58.832 m	D	84	44			30	
K55+850	1 11.018 n 76 58.812 m	D	72	64			30	
K55+900	1 11.04 n 76 58.792 m	I	144	96	124	88	30	
K55+950	1 11.056 n 76 58.706 m	D	64	52			30	
K56+000	1 11.079 n 76 58.748 m	I	52	44			30	CABECERA COLON
K56+050	1 11.101 n 76 58.723 m	D	92	56			30	
K56+100	1 11.125 n 76 58.705 m	I	64	52			30	
K56+150	1 11.143 n 76 58.682 m	D	144	100			30	
K56+200	1 11.167 n 76 58.666 m	I	156	100			30	
K56+250	1 11.185 n 76 58.643 m	D	84	68			30	
K56+300	1 11.211 n 76 58.625 m	I	104	96			30	
K56+350	1 11.227 n 76 58.602 m	D	72	60	64	48	30	
K56+400	1 11.252 n 76 58.584 m	I	144	116			30	
K56+450	1 11.27 n 76 58.563 m	D	72	56			30	INICIA PAV. RIGIDO COLON
K57+000	1 11.486 n 76 58.36 m	I	92	60			40	FIN PAVIM. RIGIDO COLON
K57+050	1 11.507 n 76 58.337 m	D	52	40			40	
K57+900	1 11.63 n 76 58.32 m	I	92	80			40	
K57+950	1 11.548 n 76 58.295 m	D	72	64			40	
K58+000	1 11.575 n 76 58.274 m	I	92	64			40	FR 50
K58+050	1 11.594 n 76 58.252 m	D	64	40			40	
K58+100	1 11.616 n 76 58.231 m	I	104	60			40	
K58+150	1 11.638 n 76 58.21 m	D	84	44	44	40	40	
K58+200	1 11.664 n 76 58.191 m	I	156	136			40	
K58+250	1 11.683 n 76 58.168 m	D	72	68			40	
K58+300	1 11.707 n 76 58.148 m	I	92	84			40	
K58+350	1 11.727 n 76 58.126 m	D	104	68			40	
K58+400	1 11.753 n 76 58.106 m	I	72	44			40	FIN CABECERA COLON
K58+450	1 11.772 n 76 58.083 m	D	84	68			40	
K58+500	1 11.798 n 76 58.063 m	I	104	84			40	
K58+550	1 11.817 n 76 58.04 m	D	84	72			40	CEMENTERIO COLON
K58+600	1 11.84 n 76 58.016 m	I	64	56			40	
K58+650	1 11.845 n 76 57.987 m	D	64	36	44	36	40	
K58+700	1 11.854 n 76 57.952 m	I	64	40			40	
K58+750	1 11.896 n 76 57.922 m	D	52	36			40	
K58+800	1 11.87 n 76 57.891 m	I	84	56			40	FR 50
K58+850	1 11.875 n 76 57.859 m	D	92	84			40	
K58+900	1 11.89 n 76 57.827 m	I	72	64			40	
K58+950	1 11.895 n 76 57.797 m	D	64	60			40	
K59+000	1 11.907 n 76 57.767 m	I	64	48			40	
K59+050	1 11.913 n 76 57.734 m	D	64	44			40	
K59+100	1 11.927 n 76 57.706 m	I	52	44			40	
K59+150	1 11.936 n 76 57.679 m	D	44	28	44	28	40	



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
 CARTERA DE DEFLEXIONES

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE FECHA: OCTUBRE 18 DE 2008
 CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCCA
 TRAMO: 1003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
 DESCRIPCIÓN: PR 50+0780 - PR 70+1000
 VIGA: BENKELMAN DOBLE RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO: 4
 OPERARIO: INGS. DARJO BUCHELY Y EMERSON TULCAN UNIDAD DE LECTURA: 0,01 mm

ABSCISA	COORDENADA	LADO	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		T° C	OBSERVACIONES
			D ₀	D ₂₀	D ₀	D ₂₀		
K59+200	1 11 954 n 76 57 626 w	I	84	40			40	
K59+250	1 11 964 n 76 57 617 w	D	72	36			40	
K59+300	1 11 98 n 76 57 589 w	I	84	52			40	
K59+350	1 11 987 n 76 57 561 w	D	72	60			40	
K59+400	1 12 005 n 76 57 536 w	I	72	56			40	
K59+450	1 12 013 n 76 57 508 w	D	64	56			40	
K59+500	1 12 029 n 76 57 479 w	I	72	56			40	
K59+550	1 12 038 n 76 57 443 w	D	72	60			40	PR60
K59+600	1 12 056 n 76 57 416 w	I	64	52			40	
K59+650	1 12 085 n 76 57 387 w	D	64	56	52	40	40	
K59+700	1 12 081 n 76 57 359 w	I	104	92			40	
K59+750	1 12 091 n 76 57 327 w	D	84	68			40	
K59+800	1 12 109 n 76 57 298 w	I	72	64			40	
K59+850	1 12 12 n 76 57 266 w	D	64	60			40	
K59+900	1 12 137 n 76 57 241 w	I	72	48			40	
K59+950	1 12 147 n 76 57 207 w	D	72	68			40	
K60+000	1 12 165 n 76 57 18 w	I	92	76			40	
K60+050	1 12 174 n 76 57 147 w	D	104	80			40	
K60+100	1 12 192 n 76 57 122 w	I	84	72			40	
K60+150	1 12 201 n 76 57 092 w	D	104	80	84	52	35	
K60+200	1 12 221 n 76 57 058 w	I	72	64			35	
K60+250	1 12 231 n 76 57 025 w	D	64	60			35	
K60+300	1 12 253 n 76 57 009 w	I	72	64			35	
K60+350	1 12 272 n 76 56 98 w	D	84	76			35	
K60+400	1 12 298 n 76 56 964 w	I	84	72			35	PR61
K60+450	1 12 321 n 76 56 94 w	D	64	48			35	
K60+500	1 12 35 n 76 56 922 w	I	52	36			35	
K60+550	1 12 372 n 76 56 896 w	D	52	40			35	
K60+600	1 12 4 n 76 56 882 w	I	64	40			35	
K60+650	1 12 423 n 76 56 856 w	D	44	40	44	32	35	
K60+700	1 12 451 n 76 56 841 w	I	64	60			35	CANCHA FUTBOL SAN PEDRO
K60+750	1 12 47 n 76 56 817 w	D	52	36			35	
K60+800	1 12 498 n 76 56 801 w	I	64	44			35	
K60+850	1 12 521 n 76 56 777 w	D	72	48			35	
K60+900	1 12 548 n 76 56 76 w	I	92	80			35	
K60+950	1 12 57 n 76 56 738 w	D	84	56			35	
K61+000	1 12 506 n 76 56 72 w	I	52	48			35	
K61+050	1 12 609 n 76 56 69 w	D	72	64			35	
K61+100	1 12 63 n 76 56 667 w	I	164	128			35	
K61+150	1 12 641 n 76 56 638 w	D	84	80	72	68	35	INICIO CARCERA SAN PEDRO
K61+200	1 12 685 n 76 56 611 w	I	92	80			35	
K61+250	1 12 673 n 76 56 584 w	D	104	84			35	
K61+300	1 12 676 n 76 56 553 w	I	144	120			35	
K61+350	1 12 667 n 76 56 522 w	D	104	100			35	



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
 CARTERA DE DEFLEXIONES

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE FECHA: OCTUBRE 18 DE 2008
 CARRETERA: RUTA 30 PASTO - MOCOA
 TRAMO: 1003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
 DESCRIPCIÓN: PR 50+0700 - PR 70+1000
 VIGA: BENKELMAN DOBLE RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO: 4
 OPERARIO: INGS. DARIO BUCHELY Y EMBERSON TULCAN UNIDAD DE LECTURA: 0,01 mm

ABSCISA	COORDENADA	LADO	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		Tº C	OBSERVACIONES
			D ₆	D ₂₅	D ₆	D ₂₅		
K01+400	+12.662 n76 55.493 w	I	52	28			35	
K01+450	+12.653 n76 55.462 w	D	52	40			35	FIN CABECERA SAN PEDRO
K01+500		I	44	12			35	RIO SAN PEDRO
K01+550	+12.640 n76 55.412 w	D	64	52			35	
K01+600	+12.617 n76 55.393 w	I	64	52			35	
K01+650	+12.596 n76 55.37 w	D	72	40	52	32	32	
K01+700	+12.569 n76 55.354 w	I	52	48			32	
K01+750	+12.548 n76 55.33 w	D	72	56			32	
K01+800	+12.521 n76 55.31 w	I	44	28			32	
K01+850	+12.501 n76 55.287 w	D	64	50			32	
K01+900	+12.476 n76 55.268 w	I	64	36			32	
K01+950	+12.464 n76 55.24 w	D	64	12			32	
K02+000	+12.445 n76 55.216 w	I	92	60			32	PR63
K02+050	+12.433 n76 55.187 w	D	64	56			32	
K02+100	+12.418 n76 55.163 w	I	64	60			32	
K02+150	+12.406 n76 55.129 w	D	44	40	44	36	32	
K02+200	+12.388 n76 55.097 w	I	64	56			32	
K02+250	+12.384 n76 55.065 w	D	64	52			32	
K02+300	+12.392 n76 55.036 w	I	52	36			32	
K02+350	+12.395 n76 55.004 w	D	64	48			20	
K02+400	+12.367 n76 55.976 w	I	64	56			20	
K02+450	+12.386 n76 55.941 w	D	72	64			20	
K02+500	+12.378 n76 55.914 w	I	64	64			20	
K02+550	+12.378 n76 55.881 w	D	64	60			20	
K02+600	+12.37 n76 55.851 w	I	44	40			20	
K02+650	+12.369 n76 55.815 w	D	72	68	64	40	20	
K02+700	+12.362 n76 55.783 w	I	104	92			20	
K02+750	+12.359 n76 55.751 w	D	84	72			20	
K02+800	+12.362 n76 55.72 w	I	64	12			20	PR64
K02+850	+12.351 n76 55.689 w	D	64	52			20	
K02+900	+12.342 n76 55.658 w	I	104	96			20	
K02+950	+12.340 n76 55.626 w	D	64	72			20	
K03+000	+12.334 n76 55.595 w	I	64	80			20	INICIO CABECERA SIBUNDOY
K03+050	+12.332 n76 55.563 w	D	62	60			20	
K03+100	+12.325 n76 55.529 w	I	72	68			20	
K03+150	+12.324 n76 55.493 w	D	64	60	52	52	20	
K03+200	+12.318 n76 55.462 w	I	72	64			20	
K03+250	+12.314 n76 55.43 w	D	52	40			20	
K03+300	+12.307 n76 55.398 w	I	44	36			20	
K03+350	+12.305 n76 55.368 w	D	52	48			20	
K03+400	+12.298 n76 55.339 w	I	84	76			20	INICIO PAV. RIGIDO SIBUNDOY
K05+750	+12.083 n76 54.876 w	D	52	48	52	48	11	FIN PAV. RIGIDO SIBUNDOY
K05+800	+12.065 n76 54.851 w	I	44	32			11	
K05+850	+12.048 n76 54.826 w	D	64	60			11	



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
 CARTERA DE DEFLEXIONES

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE FECHA: OCTUBRE 18 DE 2008
 CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCOA
 TRAMO: 1003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
 DESCRIPCIÓN: PK: 50+0780 - PR: 70+1000
 VIGA: BENKELMAN DOBLE RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO: 4
 OPERARIO: INGS. DARIO BUCHELY Y EMERSON TULCAN UNIDAD DE LECTURA: 0,01 mm

ABSCISA	COORDENADA	LADO	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		T° C	OBSERVACIONES
			D _a	D ₂₅	D _a	D ₂₅		
K65+900	112.031 n 78 54.803 w	I	84	76			11	
K65+950	112.014 n 78 54.779 w	O	84	72			11	
K66+000	112.001 n 78 54.751 w	I	72	64			11	
K66+050	111.98 n 78 54.728 w	O	64	56			11	PR 66
K66+100	111.965 n 78 54.703 w	I	72	64			11	
K66+150	111.948 n 78 54.678 w	O	64	60			11	
K66+200	111.931 n 78 54.653 w	I	64	60			11	
K66+250	111.911 n 78 54.632 w	O	84	80	64	56	11	
K66+300	111.893 n 78 54.604 w	I	64	56			11	
K66+350	111.875 n 78 54.58 w	O	72	60			11	
K66+400	111.859 n 78 54.554 w	I	72	64			11	
K66+450	111.841 n 78 54.531 w	O	52	44			11	FIN CABECERA SIBUNDUY
K66+500	111.826 n 78 54.505 w	I	72	56			11	
K66+550	111.805 n 78 54.483 w	O	52	88			11	
K66+600	111.792 n 78 54.455 w	I	64	52			11	
K66+650	111.769 n 78 54.431 w	O	64	60			11	
K66+700	111.755 n 78 54.402 w	I	72	60			11	FALLAS
K66+750	111.734 n 78 54.38 w	O	64	60	64	56	11	
K66+800	111.719 n 78 54.351 w	I	84	72			11	
K66+850	111.695 n 78 54.325 w	O	104	84			11	PR 67
K66+900	111.682 n 78 54.296 w	I	52	32			11	
K66+950	111.662 n 78 54.277 w	O	72	32			11	
K67+000	111.648 n 78 54.248 w	I	72	56			11	
K67+050	111.627 n 78 54.228 w	O	84	56			11	MATILAC
K67+100	111.614 n 78 54.2 w	I	124	112			11	FALLAS
K67+150	111.592 n 78 54.178 w	O	92	88			11	FALLAS
K67+200	111.577 n 78 54.149 w	I	84	64			11	
K67+250	111.556 n 78 54.127 w	O	64	48	5	11	11	
K67+300	111.542 n 78 54.098 w	I	92	80			11	
K67+350	111.52 n 78 54.076 w	O	64	48			11	
K67+400	111.506 n 78 54.049 w	I	72	68			11	
K67+450	111.485 n 78 54.027 w	O	72	60			11	
K67+500	111.47 n 78 53.999 w	I	64	48			11	
K67+550	111.448 n 78 53.977 w	O	52	28			11	
K67+600	111.433 n 78 53.948 w	I	72	64			11	
K67+650	111.411 n 78 53.926 w	O	84	64			11	FALLA
K67+700	111.395 n 78 53.896 w	I	72	68			11	
K67+750	111.375 n 78 53.877 w	O	72	64	64	60	15	
K67+800	111.365 n 78 53.85 w	I	44	40			15	
K67+850	111.341 n 78 53.826 w	O	84	80			15	
K67+900	111.327 n 78 53.802 w	I	84	72			15	
K67+950	111.307 n 78 53.781 w	O	72	64			15	PR 68
K68+000	111.293 n 78 53.756 w	I	104	92			15	FALLAS
K68+050	111.272 n 78 53.733 w	O	104	96			15	



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE CARRETERAS

EVALUACIÓN DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
 CARTERA DE DEFLEXIONES

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE FECHA: OCTUBRE 18 DE 2008
 CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCOA
 TRAMO: 1003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
 DESCRIPCIÓN: PR 50+0780 - PR 70+1000
 VIGA: BENKELMAN DOBLE RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO: 4
 OPERARIO: INGS. DARIO BUCHELY Y EMERSON TULCAN UNIDAD DE LECTURA: 0,01 mm

ABSCISA	COORDENADA	LADO	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		Tº C	OBSERVACIONES
			D ₂₅	D ₂₅	D ₂₅	D ₂₅		
K88+100	1 11 257 n 76 53 707 w	I	84	76			25	
K88+150	1 11 236 n 76 53 884 w	D	72	68			25	
K88+200	1 11 221 n 76 53 657 w	I	72	66			25	
K88+250	1 11 2 n 76 53 634 w	D	104	98	94	88	25	
K88+300	1 11 187 n 76 53 696 w	I	64	56			25	
K88+350	1 11 167 n 76 53 583 w	D	72	68			25	
K88+400	1 11 151 n 76 53 558 w	I	84	72			25	
K88+450	1 11 131 n 76 53 534 w	D	72	64			25	
K88+500	1 11 118 n 76 53 508 w	I	64	60			25	
K88+550	1 11 097 n 76 53 484 w	D	72	64			25	PR 60
K88+600	1 11 075 n 76 53 448 w	I	52	48			25	
K88+650	1 11 058 n 76 53 431 w	D	64	52			25	
K88+700	1 11 043 n 76 53 405 w	I	64	42			25	
K88+750	1 11 023 n 76 53 382 w	D	104	84	84	66	25	
K88+800	1 11 007 n 76 53 355 w	I	84	68			25	
K88+850	1 10 987 n 76 53 331 w	D	112	96			25	
K88+900	1 10 973 n 76 53 305 w	I	64	52			25	
K88+950	1 10 949 n 76 53 281 w	D	112	100			25	
K89+000	1 10 934 n 76 53 253 w	I	72	64			25	FALLA
K89+050	1 10 912 n 76 53 229 w	D	84	76			25	
K89+100	1 10 896 n 76 53 201 w	I	72	64			25	
K89+150	1 10 875 n 76 53 176 w	D	64	52			25	
K89+200	1 10 86 n 76 53 148 w	I	64	48			25	
K89+250	1 10 838 n 76 53 125 w	D	72	52	52	44	25	
K89+300	1 10 823 n 76 53 098 w	I	84	68			25	
K89+350	1 10 804 n 76 53 073 w	D	52	44			25	RIO SAN FRANCISCO
K89+400	1 10 788 n 76 53 048 w	I	44	24			25	
K89+450	1 10 768 n 76 53 028 w	D	52	48			25	
K89+500	1 10 752 n 76 52 998 w	I	44	40			25	
K89+550	1 10 728 n 76 52 964 w	D	52	44			25	
K89+600	1 10 709 n 76 52 927 w	I	52	44			25	
K89+650	1 10 671 n 76 52 962 w	D	52	36			25	INICIO CABECERA SAN FCO.
K89+700	1 10 638 n 76 52 955 w	I	52	36			25	
K89+750	1 10 608 n 76 52 86 w	D	44	36	32	28	25	
K89+800	1 10 578 n 76 52 953 w	I	44	40			25	
K89+850	1 10 545 n 76 52 95 w	D	104	84			25	PR 70
K89+900	1 10 514 n 76 52 942 w	I	44	36			25	
K89+950	1 10 482 n 76 52 941 w	D	52	40			25	
K70+000	1 10 466 n 76 52 927 w	I	44	36			25	
K70+050	1 10 439 n 76 52 882 w	D	52	48			25	
K70+100	1 10 427 n 76 52 873 w	I	52	36			25	
K70+150	1 10 413 n 76 52 848 w	D	92	60			25	
K70+200	1 10 402 n 76 52 82 w	I	64	56			25	
K70+250	1 10 388 n 76 52 794 w	D	64	48	52	40	25	



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
 CARTERA DE DEFLEXIONES

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE FECHA: OCTUBRE 18 DE 2008
 CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCCA
 TRAMO: 1003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
 DESCRIPCIÓN: PR. 50+0780 - PR. 70+1000
 VIGA: BENKELMAN DOBLE RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO: 4
 OPERARIO: INGS. DARZO BACHELY Y EMERSON TULCAN UNIDAD DE LECTURA: 0,01 mm

ABSCISA	COORDENADA	LADO	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		T° C.	OBSERVACIONES
			D ₆	D ₂₅	D ₆	D ₂₅		
K70+300	1 10.375 n 76 52.785 *	I	64	60			16	
K70+350	1 10.369 n 76 52.74 *	D	84	80			16	
K70+400	1 10.351 n 76 52.71 *	I	64	52			16	
K70+450	1 10.34 n 76 52.678 *	D	64	32			16	
K70+500	1 10.344 n 76 52.645 *	I	52	48			16	
K70+550	1 10.338 n 76 52.617 *	D	64	52			16	
K70+600	1 10.346 n 76 52.587 *	I	72	60			16	
K70+650	1 10.34 n 76 52.558 *	D	72	68			16	
K70+700		I	72	64			16	FIN CABECERA SAN FCO.



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
CARTERA DE DEFLEXIONES CALCULADA Y RADIOS DE CURVATURA

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCOA
TRAMO: 1003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
ABSCISA INICIAL: PR 50+0780
ABSCISA FINAL: PR 70+1000
LONGITUD: 19.400 MTS.
CALCULO: INGS. DARIO BUCHELY Y EMERSON TULCAN

ABSCISA	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		RC (m)	OBSERVACIONES
	D ₀	D ₂₅	D ₀	D ₂₅		
K51+300	67	54	54	50	240	CABECERA SANTIAGO
K51+350	88	75			240	
K51+400	54	42			260	
K51+450	54	42			260	
K51+500	67	58			347	
K51+550	46	42			781	
K51+600	46	42			781	
K51+650	54	46			391	
K51+700	88	42			68	
K51+750	67	46			149	CEMENTERIO SANTIAGO
K51+800	67	38	54	21	108	
K51+850	67	63			781	
K51+900	67	50			184	
K51+950	67	29			82	
K52+000	46	38			391	PR. 52
K52+050	54	50			781	
K52+100	67	54			240	
K52+150	25	21			781	DAÑO PROBLEMA RELLENOS
K52+200	96	88			391	
K52+250	67	54			240	
K52+300	75	67			391	
K52+350	46	42	33	38	781	
K52+400	54	25			108	
K52+450	54	42			260	
K52+500	75	46			108	
K52+550	46	38			391	
K52+600	67	58			347	PARCHEO
K52+650	88	46			74	
K52+700	54	50			781	



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
CARTERA DE DEFLEXIONES CALCULADA Y RADIOS DE CURVATURA

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCOA
TRAMO: 1003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
ABSCISA INICIAL: PR 50+0780
ABSCISA FINAL: PR 70+1000
LONGITUD: 19.400 MTS.
CALCULO: INGS. DARIO BUGHELY Y EMERSON TULCAN

ABSCISA	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		RC (m)	OBSERVACIONES
	D ₀	D ₂₅	D ₀	D ₂₅		
K52+750	46	38			391	
K52+800	33	25			391	
K52+850	54	42	33	17	260	
K52+900	33	25			391	PR53
K52+950	46	38			391	
K53+000	33	29			781	
K53+050	54	50			781	
K53+100	46	42			781	
K53+150	67	54			240	
K53+200	67	54			240	
K53+250	67	42			125	
K53+300	75	71			781	
K53+350	67	63			781	
K53+400	88	83	54	63	625	
K53+450	75	67			391	
K53+500	54	42			260	
K53+550	75	50			125	
K53+600	54	46			391	
K53+650	50	27			136	
K53+700	81	50			101	
K53+750	81	38			73	
K53+800	69	46			136	PR54
K53+850	62	38			130	
K53+900	100	96			781	
K53+950	69	38	62	35	101	
K54+000	62	38			130	
K54+050	81	69			260	
K54+100	62	42			156	
K54+150	69	54			208	



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
CARTERA DE DEFLEXIONES CALCULADA Y RADIOS DE CURVATURA

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCOA
TRAMO: 1003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
ABSCISA INICIAL: PR 50+0790
ABSCISA FINAL: PR 70+1000
LONGITUD: 19.400 MTS.
CALCULO: INGS. DARIO BUGHELY Y EMERSON TULCAN

ABSCISA	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		RC (m)	OBSERVACIONES
	D ₀	D ₂₅	D ₀	D ₂₅		
K54+200	62	50			260	
K54+250	62	54			391	
K54+300	62	50			260	
K54+350	119	65			58	
K54+400	61	54			116	
K54+450	78	52	67	52	120	
K54+500	30	19			284	
K54+550	48	44			781	PR55
K54+600	67	44			136	
K54+650	59	41			174	
K54+700	104	81			136	
K54+750	67	33			92	
K54+800	67	59			391	
K54+850	67	22			69	
K54+900	48	37			284	
K54+950	115	81	6	12	92	
K55+000	85	52			95	
K55+050	48	30			174	
K55+100	41	26			208	
K55+150	115	85			104	
K55+200	59	41			174	
K55+250	59	19			78	
K55+300	59	48			284	
K55+350	48	33			208	
K55+400	59	19	48	19	78	PR56
K55+450	85	67			174	
K55+500	41	22			164	
K55+550	41	19			142	
K55+600	48	41			446	PARO-EO



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
CARTERA DE DEFLEXIONES CALCULADA Y RADIOS DE CURVATURA

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCOA
TRAMO: 1003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
ABSCISA INICIAL: PR 50+0780
ABSCISA FINAL: PR 70+1000
LONGITUD: 19.400 MTS.
CALCULO: INGS. DARIO BUCHELY Y EMERSON TULCAN

ABSCISA	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		RC (m)	OBSERVACIONES
	D ₀	D ₂₅	D ₀	D ₂₅		
K55+650	48	30			174	FALLA
K55+700	78	44			92	
K55+750	41	26			208	
K55+800	78	41			84	
K55+850	67	59			391	
K55+900	133	89	115	81	71	
K55+950	59	48			284	
K56+000	48	41			446	CABECERA COLON
K56+050	85	52			95	
K56+100	59	48			284	
K56+150	133	93			78	
K56+200	144	100			71	
K56+250	78	63			208	
K56+300	96	89			446	
K56+350	67	56	99	44	284	
K56+400	133	107			120	
K56+450	67	52			208	INICIA PAV. RIGIDO COLON
K57+800	79	52			116	FIN PAVIM. RIGIDO COLON
K57+850	45	34			284	
K57+900	79	69			313	
K57+950	62	55			446	
K58+000	79	55			130	PR58
K58+050	55	34			149	
K58+100	90	52			82	
K58+150	72	38	38	34	92	
K58+200	134	117			184	
K58+250	62	59			1,042	
K58+300	79	72			446	
K58+350	90	59			101	



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
CARTERA DE DEFLEXIONES CALCULADA Y RADIOS DE CURVATURA

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCOA
TRAMO: 1003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
ABSCISA INICIAL: PR 50+0780
ABSCISA FINAL: PR 70+1000
LONGITUD: 19.400 MTS.
CALCULO: INGS. DARIO BUD-ELY Y EMERSON TILCAN

ABSCISA	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		RC (m)	OBSERVACIONES
	D ₀	D ₂₅	D ₀	D ₂₅		
K58+400	62	38			130	FIN CABECERA COLON
K58+450	72	59			240	
K58+500	90	55			89	
K58+550	72	62			313	CEMENTERIO COLON
K58+600	55	48			446	
K58+650	55	31	38	14	130	
K58+700	55	34			149	
K58+750	45	31			223	
K58+800	72	48			130	PR59
K58+850	79	72			446	
K58+900	62	55			446	
K58+950	55	52			1,042	
K59+000	55	41			223	
K59+050	55	38			184	
K59+100	45	38			446	
K59+150	38	24	38	24	223	
K59+200	72	34			82	
K59+250	62	31			101	
K59+300	72	45			116	
K59+350	62	52			313	
K59+400	62	48			223	
K59+450	55	48			446	
K59+500	62	48			223	
K59+550	62	52			313	PR60
K59+600	55	45			313	
K59+650	55	48	45	34	446	
K59+700	90	79			284	
K59+750	72	59			240	
K59+800	62	55			446	



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
CARTERA DE DEFLEXIONES CALCULADA Y RADIOS DE CURVATURA

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCOA
TRAMO: 1008 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
ABSCISA INICIAL: PR 50+0780
ABSCISA FINAL: PR 70+1000
LONGITUD: 19,400 MTS.
CALCULO: INGS. DARIO BUGHELY Y EMERSON TILCAN

ABSCISA	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		RC (m)	OBSERVACIONES
	D ₀	D ₂₅	D ₀	D ₂₅		
K59+850	55	52			1,042	
K59+900	62	41			149	
K59+950	62	59			1,042	
K60+000	79	66			240	
K60+050	90	69			149	
K60+100	72	62			313	
K60+150	93	71	75	46	142	
K60+200	64	57			446	
K60+250	57	54			1,042	
K60+300	64	57			446	
K60+350	75	68			446	
K60+400	75	64			284	PR61
K60+450	57	43			223	
K60+500	46	32			223	
K60+550	46	36			313	
K60+600	57	36			149	
K60+650	59	36	39	29	1,042	
K60+700	57	54			1,042	CANCHA FUTBOL SAN PEDRO
K60+750	46	32			223	
K60+800	57	39			174	
K60+850	64	43			149	
K60+900	82	71			284	
K60+950	75	50			125	
K61+000	46	43			1,042	
K61+050	64	57			446	
K61+100	146	114			98	
K61+150	75	71	64	61	781	INICIO CERCERA SAN PEDRO
K61+200	82	71			284	
K61+250	93	75			174	



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
CARTERA DE DEFLEXIONES CALCULADA Y RADIOS DE CURVATURA

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCCA

TRAMO: 1003 SECTOR: SANTIAGO - SAN FRANCISCO

ABSCISA INICIAL: PR 50+0780

ABSCISA FINAL: PR 70+1000

LONGITUD: 19,400 MTS

CALCULO: INGS. DARIO BUGHELY Y EMERSON TULCAN

ABSCISA	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		RC (m)	OBSERVACIONES
	D ₀	D ₂₅	D ₀	D ₂₅		
K61+300	129	107			142	
K61+350	93	89			781	
K61+400	46	25			149	
K61+450	46	36			313	FIN CABECERA SAN PEDRO
K61+500	39	11			112	RIO SAN PEDRO
K61+550	57	46			284	
K61+600	57	46			284	
K61+650	66	36	47	29	104	
K61+700	47	44			1,042	
K61+750	66	62			781	
K61+800	40	26			223	
K61+850	58	55			1,042	
K61+900	58	33			125	
K61+950	58	11			66	
K62+000	84	55			108	PR53
K62+050	58	51			446	
K62+100	58	55			1,042	
K62+150	40	36	40	33	781	
K62+200	58	51			446	
K62+250	58	47			284	
K62+300	47	33			223	
K62+350	64	48			195	
K62+400	64	56			391	
K62+450	72	64			391	
K62+500	84	64			156	
K62+550	64	60			781	
K62+600	44	40			781	
K62+650	72	68	64	40	781	
K62+700	104	92			260	



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
CARTERA DE DEFLEXIONES CALCULADA Y RADIOS DE CURVATURA

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCOA
TRAMO: 1033 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
ABSCISA INICIAL: PR 50+0780
ABSCISA FINAL: PR 70+1000
LONGITUD: 19,400 MTS
CALCULO: INGS. DARIO BUCHELY Y EMERSON TULCAN

ABSCISA	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		RC (m)	OBSERVACIONES
	D ₀	D _{2.5}	D ₀	D _{2.5}		
K62+750	84	72			260	
K62+800	84	12			43	PR64
K62+850	64	52			260	
K62+900	104	96			391	
K62+950	84	72			260	
K63+000	84	80			781	INICIO CABECERA SIBUNDOY
K63+050	92	60			96	
K63+100	72	68			781	
K63+150	64	60	52	52	781	
K63+200	72	64			391	
K63+250	52	40			260	
K63+300	44	36			391	
K63+350	52	48			781	
K63+400	84	76			391	INICIO PAV. RIGIDO SIBUNDOY
K65+750	56	52	56	52	781	FIN PAV. RIGIDO SIBUNDOY
K65+800	47	34			240	
K65+850	69	65			781	
K65+900	91	82			347	
K65+950	91	78			240	
K66+000	78	69			347	
K66+050	69	60			347	PR66
K66+100	78	69			347	
K66+150	69	65			781	
K66+200	69	65			781	
K66+250	91	86	69	60	625	
K66+300	69	60			347	
K66+350	78	65			240	
K66+400	78	69			347	
K66+450	56	47			347	FIN CABECERA SIBUNDOY



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
CARTERA DE DEFLEXIONES CALCULADA Y RADIOS DE CURVATURA

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
CARRETERA: RUTA 10. PASTO - MOCOA
TRAMO: 1003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
ABSCISA INICIAL: PR 50+0780
ABSCISA FINAL: PR 70+1000
LONGITUD: 19,400 MTS
CALCULO: INGS. DARIO BUQUELY Y EMERSON TILCAÑ

ABSCISA	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		RC (m)	OBSERVACIONES
	D ₀	D ₂₅	D ₀	D ₂₅		
K66+500	78	60			174	
K66+550	99	95			781	
K66+600	69	56			240	
K66+650	69	65			781	
K66+700	78	65			240	FALLAS
K66+750	69	65	68	60	781	
K66+800	91	78			240	
K66+850	112	91			149	PR67
K66+900	56	13			73	
K66+950	78	34			71	
K67+000	78	60			174	
K67+050	91	60			101	NATILAC
K67+100	134	121			240	FALLAS
K67+150	99	95			781	FALLAS
K67+200	91	69			142	
K67+250	69	52	5	12	184	
K67+300	99	86			240	
K67+350	69	52			184	
K67+400	78	73			625	
K67+450	78	65			240	
K67+500	69	52			184	
K67+550	56	30			120	
K67+600	78	69			347	
K67+650	91	69			142	FALLA
K67+700	78	73			625	
K67+750	75	67	67	63	391	
K67+800	46	42			781	
K67+850	88	83			625	
K67+900	88	75			240	



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
CARTERA DE DEFLEXIONES CALCULADA Y RADIOS DE CURVATURA

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
CARRETERA: RLTA 10 PASTO - MOCOA
TRAMO: 1008 SECTOR: SANTIAGO - SAN FRANCISCO
ABSCISA INICIAL: PR 50+0780
ABSCISA FINAL: PR 70+1000
LONGITUD: 19,400 MTS.
CALCULO: INGS. DARIO BUCHELY Y EMERSON TILCAN

ABSCISA	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		RC (m)	OBSERVACIONES
	D ₀	D ₂₅	D ₀	D ₂₅		
K67+950	75	67			391	PR68
K68+000	108	96			260	FALLAS
K68+050	108	100			391	
K68+100	88	79			347	
K68+150	75	71			781	
K68+200	75	71			781	
K68+250	108	92	88	71	195	
K68+300	67	58			347	
K68+350	75	63			260	
K68+400	88	75			240	
K68+450	75	67			391	
K68+500	67	63			781	
K68+550	75	67			391	PR69
K68+600	54	29			125	
K68+650	67	54			240	
K68+700	67	13			58	
K68+750	108	86	67	58	156	
K68+800	88	71			184	
K68+850	117	100			184	
K68+900	67	54			240	
K68+950	117	104			240	
K69+000	75	67			391	FALLA
K69+050	88	79			347	
K69+100	75	67			391	
K69+150	67	54			240	
K69+200	67	50			184	
K69+250	75	54	54	46	145	
K69+300	88	71			184	
K69+350	54	46			391	RIO SAN FRANCISCO



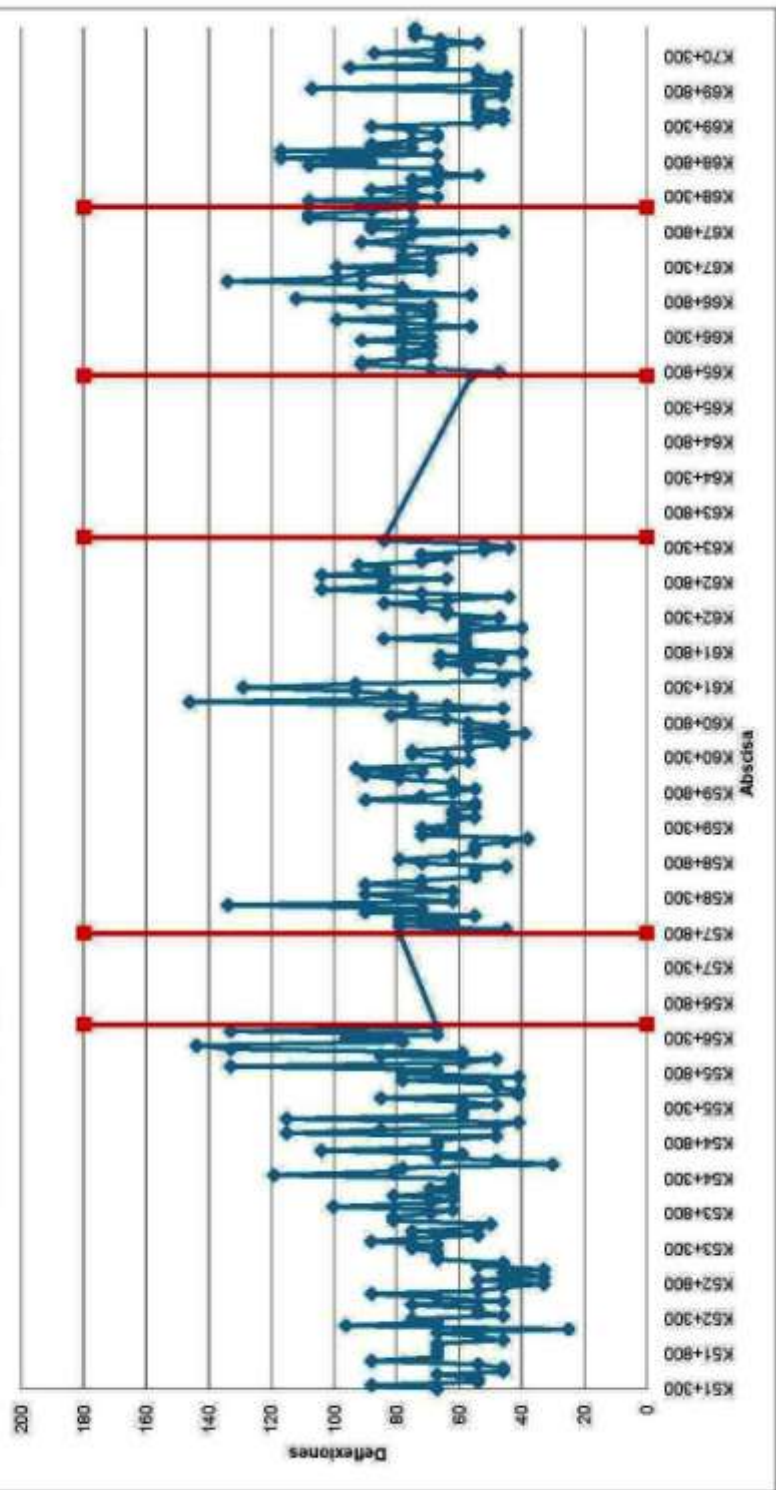
UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS

EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
CARTERA DE DEFLEXIONES CALCULADA Y RADIOS DE CURVATURA

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCCA
TRAMO: 1003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
ABSCISA INICIAL: PR 50+0780
ABSCISA FINAL: PR 70+1000
LONGITUD: 19,400 MTS
CALCULO: INGS. DARIO BUG-ELY Y EMERSON TILCAN

ABSCISA	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		RC (m)	OBSERVACIONES
	D ₀	D ₂₅	D ₀	D ₂₅		
K69+400	-46	25			149	
K69+450	54	50			781	
K69+500	-46	42			781	
K69+550	54	46			391	
K69+600	54	46			391	
K69+650	54	38			195	INICIO CABECERA SAN FCO
K69+700	54	38			195	
K69+750	-46	38	38	29	391	
K69+800	-46	42			781	
K69+850	107	87			156	PR70
K69+900	-45	37			391	
K69+950	54	41			240	
K70+000	-45	37			391	
K70+050	54	50			781	
K70+100	54	37			184	
K70+150	95	62			95	
K70+200	66	58			391	
K70+250	66	50	54	41	195	
K70+300	66	62			781	
K70+350	87	83			781	
K70+400	66	54			260	
K70+450	66	33			95	
K70+500	54	50			781	
K70+550	66	54			260	
K70+600	74	62			260	
K70+650	74	70			781	
K70+700	74	66			391	FIN CABECERA SAN FCO

**DIAGRAMA DE DEFLEXIONES
REHABILITACION DE LA VIA SANTIAGO - SAN FRANCISCO**



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA DE CARRETERAS
 EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN (I.N.V. E - 795)
 ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
 CARRETERA: RUTA 10 PASTO - MOCOA
 TRAMO: 1003 SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
 ABCISA INICIAL: PR 50+0780
 ABCISA FINAL: PR 70+1000
 LONGITUD: 19.400 MTS
 CALCULO: INGS. DARIO BUCHELY Y EMERSON TULCAN

ANALISIS POR SECTORES

SECTOR	ABSCISAS		LONGITUD (m)	RANGO		No. DATOS	DEFLEXION PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	DEFLEXION CARACTERISTICA	D25 (0,01 mm)	RC (m)
	INICIAL	FINAL		<	>						
1	K51+100	K56+000	5.400	25	144	104	67	22.7	99	75	130
2	K57+000	K63+450	5.650	36	146	113	67	16.9	94	79	208
3	K65+750	K68+150	2.400	46	134	49	80	16.8	105	95	264
4	K68+150	K70+700	2.550	45	117	51	70	18.8	98	94	223

ANALISIS DEL SECTOR EN SU TOTALIDAD

SECTOR	ABSCISAS		LONGITUD (m)	RANGO		No. DATOS	DEFLEXION PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	DEFLEXION CARACTERISTICA	D25 (0,01 mm)	RC (m)
	INICIAL	FINAL		<	>						
1 - 4	K51+100	K70+700	19.600	25	146	317	69	20.3	98	82	195

ANEXO 3

ESTUDIO GEOTECNICO ESTUDIO PARA REHABILITACION DE LA CARRETERA PASTO – SAN FRANCISCO 1994

MINISTERIO DE TRANSPORTE



INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES

ESTUDIOS PARA REHABILITACION DE LA CARRETERA
PASTO - SAN FRANCISCO

SECTOR: SANTIAGO - SAN FRANCISCO

**ESTUDIO GEOTECNICO
PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO**

VOLUMEN IV

01- 6660



PAULO EMILIO BRAVO Y CIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

POPAYAN, DICIEMBRE DE 1994

MINISTERIO DE TRANSPORTE



INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES

ESTUDIOS PARA REHABILITACION DE LA CARRETERA
PASTO - SAN FRANCISCO

SECTOR: SANTIAGO - SAN FRANCISCO

**ESTUDIO GEOTECNICO
PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO**

VOLUMEN IV



PAULO EMILIO BRAVO Y CIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

POPAYAN, DICIEMBRE DE 1994

DISEÑO DEL PAVIMENTO
CARRETERA PASTO - SAN FRANCISCO
SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
K0+000 - K19+600

CONTENIDO

1. GENERALIDADES
2. EVALUACION DE LA CONDICION ESTRUCTURAL DEL AFIRMADO EXISTENTE
 - 2.1 Evaluación Deflectométrica
 - 2.2 Evaluación Geotécnica
3. SECCIONES HOMOGENEAS DE DISEÑO
4. MODELO DE LA ESTRUCTURA DE APOYO EXISTENTE (Conjunto Afirmado-Subrasante)
5. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO
 - 5.1 Tránsito de Diseño
 - 5.2 Módulo de elasticidad y relación de Poisson de la capa de concreto asfáltico mezclado en caliente
 - 5.3 Solicitaciones admisibles
 - 5.4 Resultados del diseño
 - 5.4.1 Diseño para 10 años
 - 5.4.2 Diseño para 20 años
6. OBSERVACIONES

DISEÑO DEL PAVIMENTO

CARRETERA PASTO - SAN FRANCISCO

SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO

K0 + 000 - K19 + 600

1. GENERALIDADES

El presente documento constituye la memoria de cálculos del proceso de dimensionamiento de la estructura de pavimento requerida por la carretera PASTO - SAN FRANCISCO en el sector Santiago-San Francisco. El diseño tiene como base dos premisas principales:

- El proyecto definitivo de la rasante es sensiblemente paralelo a la rasante del afirmado actual asumiéndose además que dicho afirmado constituirá la capa de sub-base de la estructura definitiva.
- Los espesores de la estructura requerida para que el pavimento funcione satisfactoriamente durante el período de diseño adoptado han sido calculados a partir de la capacidad estructural del conjunto subrasante - afirmado actual, que será el apoyo de las capas adicionales a construir. La calificación de la capacidad estructural del afirmado actual se realizó mediante la evaluación deflectométrica con Viga Benkelman Doble que permitió medir la deflexión y su radio de curvatura asociado y una evaluación geotécnica con base en sondeos uniformemente espaciados que dieron a conocer los espesores y características generales de los materiales.

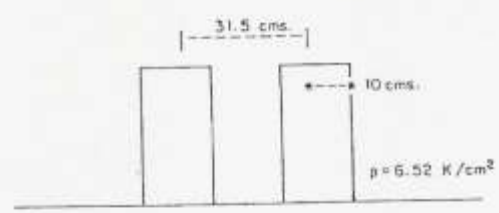
En el presente documento se presenta el diseño para períodos de servicio de 10 y 20 años.

2. EVALUACION DE LA CONDICION ESTRUCTURAL DEL AFIRMADO EXISTENTE

2.1 Evaluación Deflectométrica

Utilizando la Viga Benkelman Doble se tomaron medidas cada 50 metros por el carril derecho en el sentido creciente del abscisado. En el ANEXO 1 se

puede observar la CARTERA DE DEFLEXIONES donde se indica la deflexión en el centro de la rueda doble y su radio de curvatura. El sistema dual con el que se midió la deflectometría fue el siguiente:



El Diagrama No.1 corresponde al perfil de deflexiones a lo largo del tramo y en el Diagrama No.2 se superponen tanto el perfil de deflexiones como el de radios de curvatura.

2.2 Evaluación Geotécnica

Para conocer los espesores del afirmado existente y el tipo de suelos que lo constituye así como las características de la subrasante se llevaron a cabo setenta y cinco (75) sondeos a lo largo del tramo espaciados 250 metros aproximadamente. En el ANEXO 2 se presentan los perfiles estratigráficos de los sondeos y el Diagrama No.3 corresponde al perfil estratigráfico general del conjunto subrasante-afirmado existente a lo largo del sector.

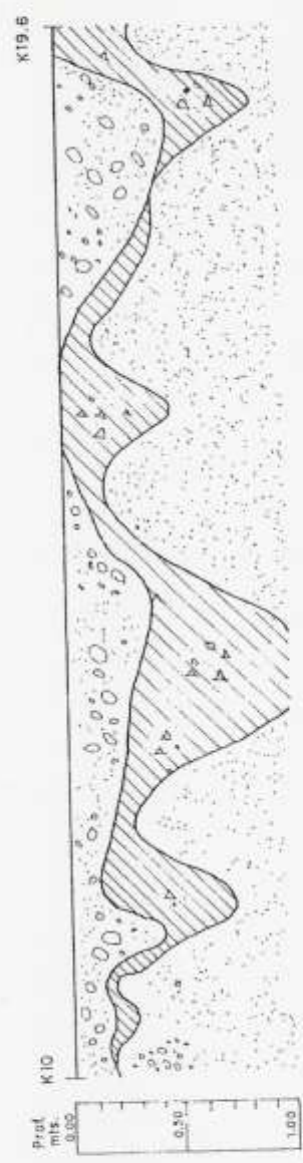
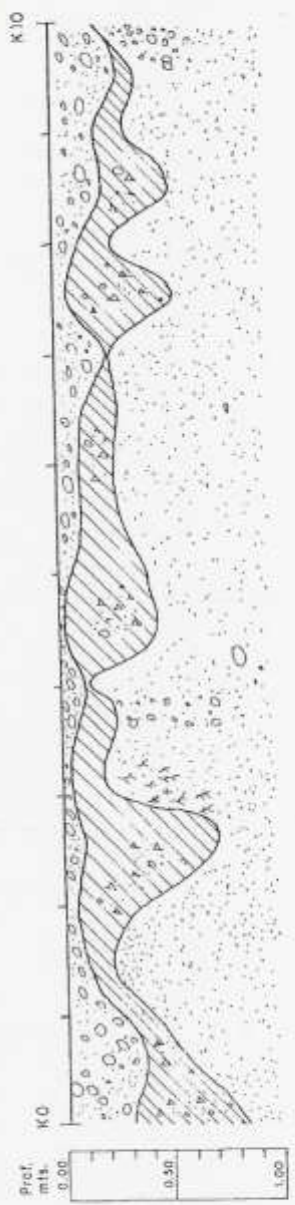
3. SECCIONES HOMOGENEAS DEL DISEÑO

Con base en el análisis estadístico de la deflectometría que se indicó en el ANEXO 3, y los perfiles estratigráficos y características generales de los suelos de subrasante y afirmado se identificaron las cuatro (4) secciones homogéneas de diseño que se muestran en el Cuadro No.1.

MINISTERIO DE TRANSPORTE
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

PAULO EMILIO BRAVO Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIOS DE PAVIMENTACION
CARRETERA : PASTO - SAN FRANCISCO
SECTOR : SANTIAGO - SAN FRANCISCO



ESC. H. 1-20
V. 1-25

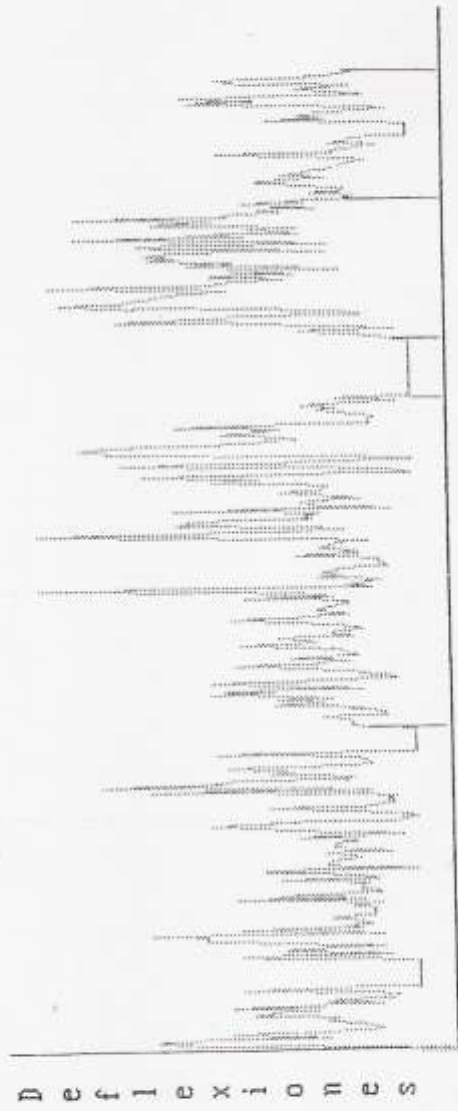
PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL CONJUNTO AFIRMADO EXISTENTE - SUBRASANTE
K 0 + 000 - K 19 + 600
DIAGRAMA No. 3

- CONEXIONES
-  AFIRMADO DE RIO
 -  ROCA MUERTA
 -  ARCILLA LIMOSA
 -  LIMO ARCILLOSO

38

SECCIONES		RANGO #		Prom.	Desv. Stand.	Dc	Absc.F =	Absc.I =
A.Inic.	A.Final	<	>					
* 1	0.0 -	0	832	255	181.0	436	19600.00	0.00
2	6450.0 -	40	980	288	188.2	476		
3	13100.0 -	2	2	2	0.0	2		
4	14250.0 -	36	950	473	220.5	694		
5	17050.0 -	58	592	240	126.0	366		
6								
7								
8								
9								
10								

No. Datos = 393
 Dc = 501
 Promedio = 300
 Desv. Std. = 201.4
 Coef. V. = 67.1

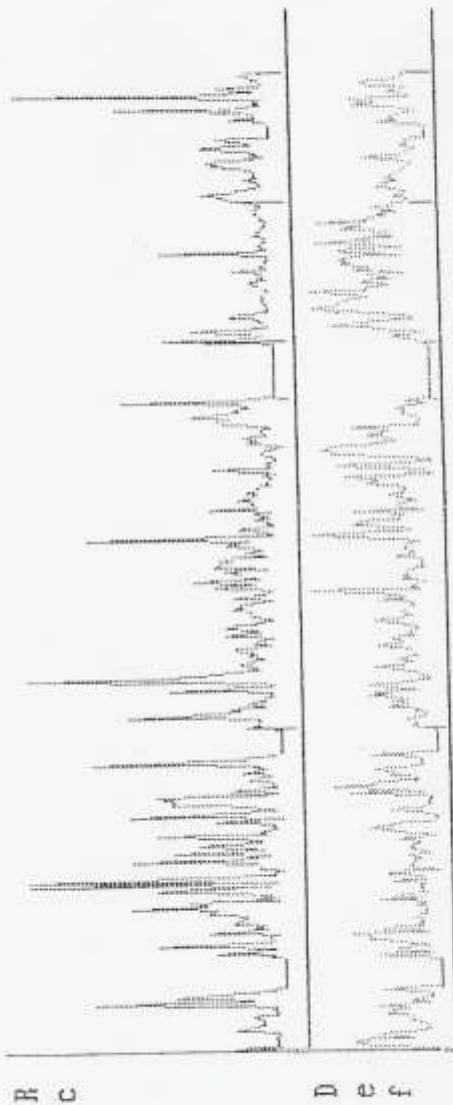


SC : 1101 SANTIAGO - SAN FRANCISCO

DIAGRAMA No. 1

* 1	SECCIONES		RANGO		Desv. Stand.	Dc
	A. Inic.	A. Final	<	> Datos		
2	0.0 -	6450.0	0	832	181.0	436
3	6450.0 -	13100.0	40	980	188.2	476
4	13100.0 -	14250.0	2	2	0.0	2
5	14250.0 -	17050.0	36	950	220.5	694
6	17050.0 -	19600.0	58	592	126.0	366
7						
8						
9						
10						

Absc. I = 0.00
 Absc. F = 19600.00
 No. Datos = 393
 Dc = 501
 Promedio = 300
 Desv. Std. = 201.4
 Coef. U. = 67.1



Sc : 1101 SANTIAGO - SAN FRANCISCO

CUADRO No.1

SECCIONES HOMOGENEAS DE DISEÑO			
No.	ABSCISAS	LONGITUD KMS.	DEFLEXION CARACTERISTICA (85 PERCENTIL)
1	K00+000 - K06+450	6.45	436 1/100 mm.
2	K06+450 - K13+100	6.65	476 1/100 mm.
3	K14+250 - K17+050	2.80	694 1/100 mm.
4	K17+050 - K19+600	2.55	366 1/100 mm.

NOTA: Del K13+100 al K14+250 corresponde al pavimento rígido de la zona urbana de Sibundoy.

4. MODELO DE LA ESTRUCTURA DE APOYO EXISTENTE. (CONJUNTO AFIRMADO- SUBRASANTE)

Para cada una de las unidades de diseño identificadas, mediante el programa de computador DEPAV -Diseño Estructural de Pavimentos- se estableció el modelo que representa a la estructura existente, es decir aquella que a la luz de la teoría elástica se deforma igual a como lo hace la estructura real que servirá de apoyo al pavimento nuevo. En el Cuadro No.2 se pueden observar las características del modelo de cada unidad de diseño y en el ANEXO 4 se encuentran los reportes del PROGRAMA DEPAV.

CARRERA PASTO - SAN FRANCISCO
SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO
 K0+000 - K19+800

MODELO DE LA ESTRUCTURA DE APOYO EXISTENTE
(CONJUNTO AFIRMADO - SUBRASANTE)

SECCION		ABSCISA DE REFERENCIA	AFIRMADO		SUBRASANTE		DEFLECTOMETRIA CALCULADA		DEFLECTOMETRIA MEDIDA		
No.	ABSCISAS		ESPESOR CMS.	MODULO DINAMICO K/CMS ²	U	MODULO DINAMICO K/CMS ²	U	D 1/100 mm	Rc m	D 1/100 mm	Rc m
1	K00+000 - K08+450	K00+700	25	850	0.35	100	0.50	438.4	13	438	14
2	K08+450 - K13+100	K08+600	25	480	0.35	100	0.50	476.7	10	478	11
3	K14+250 - K17+050	K15+900	25	475	0.35	60	0.50	691.7	9	694	10
4	K17+050 - K18+800	K17+400	25	1220	0.35	100	0.50	367.0	22	366	22

CUADRO No. 2

5. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

5.1 Tránsito de Diseño

El estudio de Tránsito permitió estimar el número de ejes equivalentes de 8.2 ($N_{8.2T}$) que deberá soportar el carril de diseño tanto para un período de servicio de 10 años como de 20 años. En el Cuadro No.3 se indican los resultados de dicho estudio.

CUADRO No.3

SECCION DE DISEÑO			N _{8.2T} EJES 8.2T/CARRIL DISEÑO	
TRAMO	No.	ABSCISAS	ANALISIS A 10 AÑOS	ANALISIS A 20 AÑOS
SANTIAGO - SIBUNDOY	1	k00+000-k06+450	650.000	1.420.000
SIBUNDOY - SIBUNDOY	2	k06+450-k13+100		
SIBUNDOY - SAN FRANCISCO	3	k14+250-k17+050	710.000	1.700.000
	4	k17+050-k19+600		

NOTA: El tramo del K13+100 al K14+250 corresponde al pavimento rígido de la zona urbana de Sibundoy

5.2 Módulo de Elasticidad Dinámico y Relación de Poisson de la Capa de Concreto Asfáltico Mezclado en Caliente

La capa de rodadura será de concreto asfáltico mezclado en caliente de conformidad con las especificaciones MOPT-70. Si se asume que el asfalto a utilizar será del campo de Barrancabermeja, dicha mezcla tendría las siguientes características:

- CODIGO: S1 - F1 - 100 (SHELL)
- W_{MAAT} : 15°C
- E_{din} : 23.000 K/cm².
- U : 0.35

5.3 Solicitaciones Admisibles

Los niveles admisibles tanto de la deformación unitaria de tracción horizontal en la base de la capa asfáltica (E_t) como de la deformación unitaria de compresión sobre la subrasante (E_z) se han calculado con los criterios Shell que se indican a continuación y cuyos resultados se consignan en el Cuadro No.4:

$$E_{tadm} = -2.64 \cdot 10^{-3} (N_{g,2}/K)^{-0.1626}$$

$$E_{zadm} = 2.8 \cdot 10^{-2} \cdot N_{g,2}^{-0.25}$$

$K = 5.0$ (Factor de equivalencia entre ciclos de carga en un ensayo dinámico de laboratorio y aplicaciones reales de ejes de 8.2T.)

CUADRO No.4

SECCION		ANALISIS A 10 AÑOS		ANALISIS A 20 AÑOS	
No.	ABSCISAS	E_{tadm}	E_{zadm}	E_{tadm}	E_{zadm}
1	k00+000 - k06+450	-3.89*10 ⁻⁴	9.86*10 ⁻⁴	-3.42*10 ⁻⁴	8.11*10 ⁻⁴
2	k06+450 - k13+100	-3.89*10 ⁻⁴	9.86*10 ⁻⁴	-3.42*10 ⁻⁴	8.11*10 ⁻⁴
3	k14+250 - k17+050	-3.84*10 ⁻⁴	9.64*10 ⁻⁴	-3.32*10 ⁻⁴	7.75*10 ⁻⁴
4	k17+050 - k19+600	-3.84*10 ⁻⁴	9.64*10 ⁻⁴	-3.32*10 ⁻⁴	7.75*10 ⁻⁴

5.4 RESULTADOS DEL DISEÑO

5.4.1 Diseño para 10 años

En el Cuadro No.5 se indica la estructura requerida en cada una de las secciones de diseño. Además se puede observar el valor de las solicitaciones críticas calculadas verificándose que en todos los casos son menores que las admisibles. En el ANEXO 4 se presentan los reportes del PROGRAMA DEPAV.

CUADRO No.5

CARRETERA PASTO - SAN FRANCISCO SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO DISEÑO PARA LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANÁLISIS PARA 10 AÑOS						
SECCION		ESPEORES DE DISEÑO (CMS)			SOLICITACIONES CALCULADAS	
No	ABSCISAS	SUB-BASE	BASE GRANULAR	CARPETA DE C.A.	E1	E2
1	K00+000 - K06+450	Afirmado existente	Min 30	5	$-3.68 \cdot 10^{-4}$	$9.82 \cdot 10^{-4}$
2	K06+450 - K13+100	Afirmado existente	Min 35	5	$-3.88 \cdot 10^{-4}$	$9.24 \cdot 10^{-4}$
3	K14+250 - K17+050	Afirmado existente	Min 40	5	$-3.79 \cdot 10^{-4}$	$9.44 \cdot 10^{-4}$
4	K17+050 - K19+600	Afirmado existente	Min 20	5	$-2.29 \cdot 10^{-4}$	$9.64 \cdot 10^{-4}$

5.4.2 Diseño para 20 años

Los resultados del análisis se pueden observar en el Cuadro No.6

CUADRO No.6

CARRETERA PASTO - SAN FRANCISCO SECTOR SANTIAGO - SAN FRANCISCO DISEÑO PARA LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANÁLISIS PARA 20 AÑOS						
SECCION		ESPEORES DE DISEÑO (CMS)			SOLICITACIONES CALCULADAS	
No	ABSCISAS	SUB-BASE	BASE GRANULAR	CARPETA DE C.A.	Et	Ez
1	K00 + 000 - K06 + 450	Afirmado existente	Min 30	10	-3.17*10 ⁻⁴	7.79*10 ⁻⁴
2	K06 + 450 - K13 + 100	Afirmado existente	Min 35	10	-3.25*10 ⁻⁴	7.41*10 ⁻⁴
3	K14 + 250 - K17 + 050	Afirmado existente	Min 40	10	-3.15*10 ⁻⁴	7.70*10 ⁻⁴
4	K17 + 050 - K19 + 600	Afirmado existente	Min 20	10	-2.37*10 ⁻⁴	7.55*10 ⁻⁴

- PROGRAMA DEPAV -

1

DATOS :

Título : 2011 Stgo-SnFco. Sci K0+000 - K6+450

Alternativa : 1

Radio de Carga = 10.00 cm
 Presión de Contacto = 5.60 Kg/cm²
 Distancia Entre Ejes de Liantas = 32.40 cm

Capa Nº 1

E = 23000.00 Kg/cm²
 μ = 0.35
 H = 5.00 cm

Capa Nº 2

E = 1800.00 Kg/cm²
 μ = 0.25
 H = 30.00 cm

Capa Nº 3

E = 650.00 Kg/cm²
 μ = 0.35
 H = 25.00 cm

Capa Nº 4

E = 100.00 Kg/cm²
 μ = 0.50

RESULTADOS :

Posición del valor máximo para una carga :

- A ... Bajo una rueda simple
- B ... Bajo una de las llantas de la rueda doble
- C ... Al centro de la rueda doble

#	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm ²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm ²)
1	0.00	5.8700E-04 B	2.2637E+01 B	-4.1500E-04 B	5.5982E+00 A
	5.00	-3.6800E-04 A	-1.1115E+01 A	-1.9000E-05 C	3.5893E+00 B
Ligada					
2	5.00	-3.6800E-04 A	3.5078E-01 B	1.9000E-03 A	3.5893E+00 B
	35.00	-4.9200E-04 C	-9.8197E-01 C	4.6600E-04 C	3.9768E-01 C
Ligada					
3	35.00	-4.9200E-04 C	-2.4269E-01 C	8.3700E-04 C	3.9768E-01 C
	60.00	-5.2100E-04 C	-4.4663E-01 C	6.3300E-04 C	1.0911E-01 C
Ligada					
4	60.00	-5.2100E-04 C	8.7694E-03 B	9.8200E-04 C	1.0911E-01 C

Deflexión = 173.100 mm/100
 Radio de Curvatura = 60.790 m

DATOS :

Titulo : 2812 Stgo-SnFco. Sc2 K6+450 - K13+100 Alternativa : 1

Radio de Carga = 10.80 cm
 Presión de Contacto = 5.60 Kg/cm²
 Distancia Entre Ejes de Llantas = 32.40 cm

Capa Nº 1

E = 23000.00 Kg/cm²
 μ = 0.35
 H = 5.00 cm

Capa Nº 2

E = 1680.00 Kg/cm²
 μ = 0.25
 H = 35.00 cm

Capa Nº 3

E = 480.00 Kg/cm²
 μ = 0.35
 H = 25.00 cm

Capa Nº 4

E = 100.00 Kg/cm²
 μ = 0.50

RESULTADOS :

Posición del valor máximo para una carga :

- A ... Bajo una rueda simple
- B ... Bajo una de las llantas de la rueda doble
- C ... Al centro de la rueda doble

#	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm ²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm ²)
1	0.00	5.9900E-04 B	2.3045E+01 B	-4.2700E-04 B	5.5982E+00 A
	5.00	-3.8800E-04 B	-1.1829E+01 A	-1.2900E-05 C	3.5384E+00 B Ligada
2	5.00	-3.8800E-04 B	3.4262E-01 B	2.0100E-03 A	3.5384E+00 B
	40.00	-4.9100E-04 C	-9.4934E-01 C	4.3800E-04 C	2.9979E-01 C Ligada
3	40.00	-4.9100E-04 C	-1.7947E-01 C	8.5700E-04 C	2.9979E-01 C
	65.00	-4.8600E-04 C	-2.9571E-01 C	6.2700E-04 C	9.9727E-02 C Ligada
4	65.00	-4.8600E-04 C	5.9958E-03 B	9.2400E-04 C	9.9727E-02 C

Deflexión = 171.238 mm/100
 Radio de Curvatura = 58.710 m

DATOS :

Titulo : 2813 Stgo-SnFco. Sc3 K13+100 + K17+050 Alternativa : 1

Radio de Carga = 10.80 cm
 Presión de Contacto = 5.60 Kg/cm²
 Distancia Entre Ejes de Llantas = 32.40 cm

Capa Nº 1

E = 23000.00 Kg/cm²
 μ = 0.35
 H = 5.00 cm

Capa Nº 2

E = 1700.00 Kg/cm²
 μ = 0.25
 H = 40.00 cm

Capa Nº 3

E = 475.00 kg/cm²
 μ = 0.35
 H = 25.00 cm

Capa Nº 4

E = 60.00 Kg/cm²
 μ = 0.50

RESULTADOS :

Posición del valor máximo para una carga :

- A ... Bajo una runda simple
- B ... Bajo una de las llantas de la rueda doble
- C ... Al centro de la rueda doble

#	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm ²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm ²)
1	0.00	5.9500E-04 B	2.2943E+01 B	-4.2500E-04 B	5.5982E+00 A
	5.00	-3.7900E-04 A	-1.1523E+01 A	-2.4600E-05 C	3.5589E+00 B
Ligada					
2	5.00	-3.7900E-04 A	3.7015E-01 B	1.9900E-03 A	3.5589E+00 B
	45.00	-4.4700E-04 C	-9.0345E-01 C	3.8000E-04 C	2.2127E-01 C
Ligada					
3	45.00	-4.4700E-04 C	-1.9272E-01 C	7.2000E-04 C	2.2127E-01 C
	70.00	-4.9300E-04 C	-3.1815E-01 C	5.9100E-04 C	6.2712E-02 C
Ligada					
4	70.00	-4.9300E-04 C	5.4554E-03 B	9.4400E-04 C	6.2712E-02 C

Deflexión = 211.600 mm/100
 Radio de Curvatura = 60.040 m

- PROGRAMA DEPAV -

DATOS :

Título : 2814 Stgo-SnFco. Sc4 K17+050 + K19+600 Alternativa : 1

Radio de Carga = 10.00 cm
 Presión de Contacto = 5.60 Kg/cm²
 Distancia Entre Ejes de Llantas = 32.40 cm

Capa Nº 1

E = 23000.00 Kg/cm²
 μ = 0.35
 H = 5.00 cm

Capa Nº 2

E = 3050.00 Kg/cm²
 μ = 0.25
 H = 20.00 cm

Capa Nº 3

E = 1220.00 kg/cm²
 μ = 0.35
 H = 25.00 cm

Capa Nº 4

E = 100.00 Kg/cm²
 μ = 0.50

RESULTADOS :

Posición del valor máximo para una carga :

- A ... Bajo una rueda simple
- B ... Bajo una de las llantas de la rueda doble
- C ... Al centro de la rueda doble

#	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm ²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm ²)
1	0.00	4.7800E-04 B	1.9068E+01 B	-3.1300E-04 B	5.5982E+00 A
	5.00	-2.2900E-04 A	-5.9347E+00 A	-6.3300E-05 C	4.0278E+00 B
2	5.00	-2.2900E-04 A	5.0577E-01 B	1.2500E-03 A	4.0278E+00 B
	25.00	-4.3100E-04 C	-1.3868E+00 C	4.0700E-04 B	6.5567E-01 B
3	25.00	-4.3100E-04 C	-3.7219E-01 C	7.0300E-04 B	6.5567E-01 B
	50.00	-5.2000E-04 C	-8.7592E-01 C	5.7900E-04 C	1.1625E-01 C
4	50.00	-5.2000E-04 C	1.7743E-02 B	9.6400E-04 C	1.1625E-01 C

Deflexión = 165.630 mm/100
 Radio de Curvatura = 84.250 m

DATOS :

Título : 2821 Stgo-SnFco. Sc1 K0+000 - K6+450

Alternativa : 1

Radio de Carga = 10.00 cm
 Presión de Contacto = 5.60 Kg/cm²
 Distancia Entre Ejes de Llantas = 32.40 cm

Capa Nº 1

E = 23000.00 Kg/cm²
 μ = 0.35
 H = 10.00 cm

Capa Nº 2

E = 1800.00 Kg/cm²
 μ = 0.25
 H = 30.00 cm

Capa Nº 3

E = 650.00 Kg/cm²
 μ = 0.35
 H = 25.00 cm

Capa Nº 4

E = 100.00 Kg/cm²
 μ = 0.50

RESULTADOS :

Posición del valor máximo para una carga :

- A ... Bajo una rueda simple
- B ... Bajo una de las llantas de la rueda doble
- C ... Al centro de la rueda doble

#	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm ²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm ²)
1	0.00	3.8300E-04 B	1.5499E+01 B	-2.3600E-04 C	5.5902E+00 A
	10.00	-3.1700E-04 B	-9.3303E+00 B	3.3500E-04 A	1.7641E+00 B
2	10.00	-3.1700E-04 B	-1.2236E-01 B	9.9600E-04 B	1.7641E+00 B
	40.00	-3.6400E-04 C	-7.5050E-01 C	3.4700E-04 C	2.7320E-01 C
3	40.00	5.6400E-04 C	-1.9986E-01 C	6.1700E-04 C	2.7320E-01 C
	65.00	-4.0700E-04 C	-3.5180E-01 C	5.0200E-04 C	0.5451E-02 C
4	65.00	-4.0700E-04 C	6.5975E-03 B	7.7900E-04 C	0.5451E-02 C

Deflexión = 150.560 mm/100
 Radio de Curvatura = 124.170 m

DATOS :

Título : 2822 Stgo-SnFco. Sc2 K6+450 - K13+100 Alternativa : 1

Radio de Carga = 10.00 cm
 Presión de Contacto = 5.60 Kg/cm²
 Distancia Entre Ejes de Llantas = 32.40 cm

Capa Nº 1

E = 23000.00 Kg/cm²
 μ = 0.35
 H = 10.00 cm

Capa Nº 2

E = 1600.00 Kg/cm²
 μ = 0.25
 H = 35.00 cm

Capa Nº 3

E = 400.00 Kg/cm²
 μ = 0.35
 H = 25.00 cm

Capa Nº 4

E = 100.00 Kg/cm²
 μ = 0.50

RESULTADOS :

Posición del valor máximo para una carga :

- A ... Bajo una rueda simple
- B ... Bajo una de las llantas de la rueda doble
- C ... Al centro de la rueda doble

#	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm ²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm ²)
1	0.00	3.8700E-04 B	1.5601E+01 B	-2.3700E-04 C	5.5982E+00 A
	10.00	-3.2500E-04 B	-9.6056E+00 B	3.4200E-04 A	1.7335E+00 B
2	10.00	-3.2500E-04 B	-1.0299E-01 B	1.0400E-03 B	1.7335E+00 B
	45.00	-3.6700E-04 C	-7.2007E-01 C	3.3100E-04 C	2.1109E-01 C
3	45.00	-3.6700E-04 C	-1.4684E-01 C	6.4000E-04 C	2.1109E-01 C
	70.00	-3.8500E-04 C	-2.3657E-01 C	5.0200E-04 C	7.9333E-02 C
4	70.00	-3.8500E-04 C	4.4561E-03 B	7.4100E-04 C	7.9333E-02 C

Deflexión = 148.890 mm/100
 Radio de Curvatura = 122.100 m

DATOS :

Título : 2823 Stgo-SnFco. Sc3 K13+100 + K17+050 Alternativa : 1

Radio de Carga = 10.00 cm
 Presión de Contacto = 5.60 Kg/cm²
 Distancia Entre Ejes de Llantas = 32.40 cm

Capa Nº 1

E = 23000.00 Kg/cm²
 μ = 0.35
 H = 10.00 cm

Capa Nº 2

E = 1700.00 Kg/cm²
 μ = 0.25
 H = 40.00 cm

Capa Nº 3

E = 475.00 Kg/cm²
 μ = 0.35
 H = 25.00 cm

Capa Nº 4

E = 60.00 Kg/cm²
 μ = 0.50

RESULTADOS :

Posición del valor máximo para una carga :

- A ... Bajo una rueda simple
- B ... Bajo una de las llantas de la rueda doble
- C ... Al centro de la rueda doble

#	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm ²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm ²)
1	0.00	3.0400E-04 B	1.5601E+01 B	-2.3500E-04 C	5.5902E+00 A
	10.00	-3.1500E-04 B	-9.2491E+00 B	3.3600E-04 A	1.7539E+00 B
2	10.00	-3.1500E-04 B	-8.2800E-02 B	1.0400E-03 B	1.7539E+00 B
	50.00	-3.4800E-04 C	-7.1685E-01 C	2.9500E-04 C	1.5703E-01 C
3	50.00	-3.4800E-04 C	-1.6111E-01 C	5.5800E-04 C	1.5703E-01 C
	75.00	-3.9800E-04 C	-2.5798E-01 C	4.0100E-04 C	5.0577E-02 C
4	75.00	-3.9800E-04 C	4.1094E-03 B	7.7000E-04 C	5.0577E-02 C

Deflexión = 186.450 mm/100
 Radio de Curvatura = 124.320 m

DATOS :

Título : 2824 Stgo-Snfco. Sz4 K17+050 + K19+600

Alternativa : 1

Radio de Carga = 10.80 cm
 Presión de Contacto = 5.60 Kg/cm²
 Distancia Entre Ejes de Llantas = 32.40 cm

Capa Nº 1

E = 23000.00 Kg/cm²
 μ = 0.35
 H = 10.00 cm

Capa Nº 2

E = 3050.00 Kg/cm²
 μ = 0.25
 H = 20.00 cm

Capa Nº 3

E = 1220.00 Kg/cm²
 μ = 0.35
 H = 25.00 cm

Capa Nº 4

E = 100.00 Kg/cm²
 μ = 0.50

RESULTADOS :

Posición del valor máximo para una carga :

- A ... Bajo una rueda simple
- B ... Bajo una de las llantas de la rueda doble
- C ... Al centro de la rueda doble

#	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm ²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm ²)
1	0.00	3.3300E-04 B	1.3770E+01 B	-2.0500E-04 C	5.5902E+00 A
	10.00	-2.3700E-04 B	-6.5975E+00 B	2.7800E-04 A	2.1100E+00 B
2	10.00	-2.3700E-04 B	-2.1100E-01 C	7.1100E-04 B	2.1100E+00 B
	20.00	-3.2400E-04 C	-1.1010E+00 C	3.0500E-04 C	4.3747E-01 C
3	30.00	-3.2400E-04 C	-3.2630E-01 C	5.2400E-04 C	4.3747E-01 C
	55.00	-3.9900E-04 C	-6.8014E-01 C	4.5700E-04 C	8.9836E-02 C
4	55.00	-3.9900E-04 C	1.5052E-02 B	7.5500E-04 C	8.9836E-02 C

Deflexión = 144.690 mm/100
 Radio de Curvatura = 152.000 m

ANEXO 4

ENSAYOS DE LABORATORIO

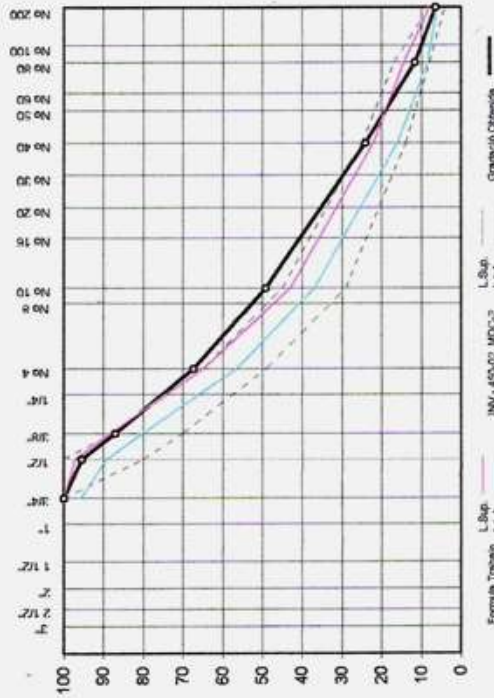
**ANÁLISIS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
EXTRACCIÓN, GRADACIÓN, DENSIDAD,
% DE VACIOS, ESTABILIDAD Y FLUJO**
NORMA I.N.V. E - 732 / 123 1733 / 748

FECHA: 10 de Abril de 2008

REV. 0

CONTRATISTA:

MATERIAL: MEZCLA DENSA EN CALIENTE MDC-2
LUGAR EXTRACCIÓN: Briquetas , y Mezcla Pavimento Colon - Sibunday Pavimento
TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN:



VACIOS MEZCLA ASFÁLTICA

Peso Especifico de Agregados (gr./cm³):	2.647
Peso Especifico Asfalto (gr./cm³):	1.008
Peso Especifico Mezcla (gr./cm³):	2.410
Porcentaje de Vacios Promedio:	

OBSERVACIONES:

0

Jose Seguis Maza
JOSE SEGUIS MAZA
LABORATORISTA

INGENIERO

MDC-2	GENE LAB		PESO UNITARIO		VACIOS MEZCLA		VACIOS AIREO MME		ESTABILIDAD		FLUJO	
	%	g/cc	g/cc	%	%	%	%	kgf	mm	mm	mm	
Exp-INV	F.T. 4-0.3	-	-	4.0	4.0	16.1	16.1	>=900	2-3.5	2-3.5	2-3.5	3.4
F. Trabajo	6	145.4	2.380	5.42	16.1	16.1	98.4					

GRADACIÓN DE EXTRACCIÓN			
PESO INICIAL (gr): 1058.0			
TAMIZ	NO.	RETIENDE (%)	PASA (%)
1 1/2"	1	0.00	100.00
1"	1*	0.00	100.00
3/4"	3/4*	0.00	100.00
1/2"	1/2*	48.50	51.50
3/8"	3/8*	89.50	10.50
4"	4	207.10	79.90
10"	10	193.30	86.70
40"	40	264.90	79.10
80"	80	131.60	68.40
200"	200	56.10	43.90
-200"	-200	67.00	33.00

EXTRACCIONES			
PRUEBA No 1			
Peso Inicial =	1126.2	gf	
Peso Restante =	1058.1	gf	
Diferencia =	68.1	gf	
% De Asfalto =	6.05%		
PRUEBA No 2			
Peso Inicial =		gf	
Peso Restante =		gf	
Diferencia =		gf	
% De Asfalto =			

PORCENTAJES DE ASFALTO	
BRIQUETA NÚMERO	0
Peso seco briqueta sola al aire (gf)	0.0
Peso briqueta + Parafina al aire (gf)	0.0
Peso Parafina (gf)	0.0
Volumen Parafina (cm³)	0.0
Peso briqueta + Parafina sumergida (gf)	0.0
Volumen Briqueta + parafina (cm³)	0.0
Volumen Briqueta sola (cm³)	0.0
Espesor de la Briqueta (cm)	0.00
Densidad Briqueta (gf/cm³)	0.00
Porcentaje de vacios	11.00
Factor de correlación por espesor	0
Lectura prensa	2
Estabilidad medida (Kg)	2
Estabilidad corregida (Kg)	0.00
Flujo (mm)	0.00

INGEPAVILaboratorio de Ingeniería,
Geotecnia y Pavimentos
Carrera 33A N° 6-59 B/ San Vicente

FORMATO

Código :

DENSIDAD BULK

Fecha : 12 de Abril de 2008

CONTRATISTA : Ing. Emerson Tulcan.

CONTRATO No : _____

ACTIVIDAD : DENSIDAD PAVIMENTO EXISTENTE

MATERIAL : _____

SECTOR : _____

AJUSTE GRANULOMETRICO : _____

DESCRIPCION : Muestra Pavimento entre Colon y Sibundoy

DENSIDAD PARAFINA : 0.888 g/cm³

Muestra No	PR	L	Espesor cm.	Peso en el aire grs.			Volumen de la parafina cm ³	Peso en el agua de la muestra con parafina	Volumen de la muestra con parafina cm ³	Volumen de la muestra cm ³	Densidad de la muestra g/cm ³
				Muestra	Muestra con parafina	Parafina					
A	B		C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		D	9.05	2813.1	2850.9	37.8	42.57	1498.4	1352.50	1309.9	2.148
2		E	9.05	2492.9	2517.1	24.2	27.25	1343.2	1173.90	1146.6	2.174

Observaciones :

Emerson Tulcan
Elaboró

ANEXO 5

DISEÑO MARSHALL

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL.
INV E-748.

IDENTIFICACION DEL PROYECTO.
 Nombre del Contratista
 Nombre del Proyecto

IDENTIFICACION DEL MATERIAL.
 Tipo de Base
 Descripción de los Agregados
 Procedencia del Asfalto

3. Bituminos MARSHALL

LHS
 PAVIMENTACION VIA EL ECAMCO - SAN FRANCISCO

SEPTIEMBRE 23 DE 2003
 RIO TELLEZ, TRITURADORA INCORCUIPOS, TRITURADORA AGRESUR
 BARRANCABERMEJA

1. Peso Especifico de Agregados. (pcf)
 2. Agua saturada. (del Asfalto. (pcf)
 3.1. Peso del Asfalto

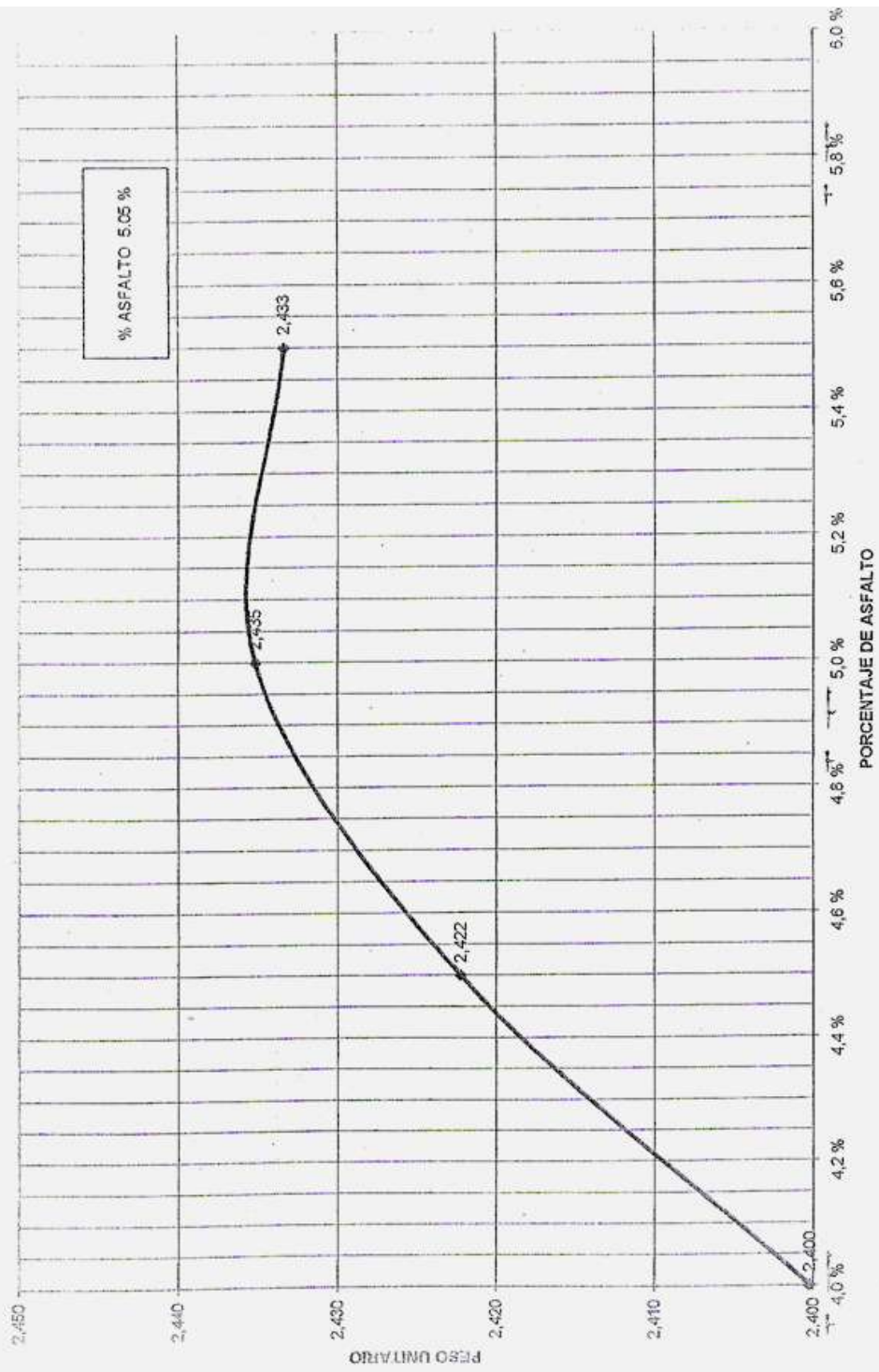
3.5. Porcentaje de Agregado Grueso.
 3.6. Porcentaje de Agregado Fino.
 3.7. Porcentaje del Llenante.

3.8. Peso Especifico Bulk Agregado Grueso.
 3.9. Peso Especifico Bulk Agregado Fino.
 3.10. Peso Especifico Bulk Llenante.

Categoría	% de Asfalto		PESO EN GRANULOS			PESO ESPECIFICO			VOLUMEN - % TOTAL			ESTABILIDAD - %			Faja en mm	
	a	b	En Alve	En Agut.	Bulk	Maximo Teorico	Maximo Medido	Asfalto Absorbido %	Agregados	Vacos con Air	Asfalto Efectivo	Agregados	Uenos	Medida		Controlada
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	6.22	4.0 %	1191.4	886.8	1186.9									649.1	675.1	2.5
2	5.2		1195.1	894.1	1185.0									724.9	753.8	2.6
3	5.12		1195.0	893.9	1183.1									782.8	831.0	2.3
PROMEDIO	5.2		1197.5	886.8	1181.3	2.450	2.575	2.62	0.165	83.77	6.7	8.51	16.2	68.6	753.5	2.5
4	5.1	4.5 %	1198.0	704.7	1193.0									833.0	1017	3.0
5	5.1		1193.3	703.3	1190.2									1046.3	1140	3.1
6	5.1		1190.3	703.3	1183.4									981.8	1037.8	3.0
7	5.1		1192.4	701.8	1184.2	2.422	2.553	2.6	0.188	84.10	5.1	10.78	15.9	67.8	1085.0	3.0
8	5.1		1188.5	701.8	1186.2									1328.8	1442.2	3.6
9	5.1	5.0 %	1185.7	701.8	1183.7									1328.8	1427.7	3.4
10	5.1		1193.9	705.2	1194.7									1384.9	1505.5	3.5
11	5.1		1190.3	701.4	1190.2	2.455	2.552	2.80	0.161	84.10	3.8	12.06	15.8	75.6	1461.9	3.5
12	5.1		1184.8	699.0	1185.6									1176.1	1284.1	3.6
13	5.0	5.5 %	1180.5	700.0	1181.2									1140.5	1243.1	3.9
14	5.0		1184.6	696.0	1185.9									1088.5	1165.8	3.7
15	5.0		1183.3	696.0	1184.3	2.433	2.513	2.81	0.168	83.60	3.2	13.25	16.4	80.8	1231.0	3.8
16	5.0	6.0 %	1180.0	676.0	1182.3									1027.4	1281.8	4.0
17	5.0		1186.7	707.0	1193.3									1083.9	1256.3	4.2
18	5.1		1181.4	702.8	1182.5									1159.3	1286.4	4.3
PROMEDIO	5.0		1186.0	695.9	1185.0	2.410	2.483	2.49	0.171	82.38	3.3	14.32	17.6	81.2	1185.9	4.2

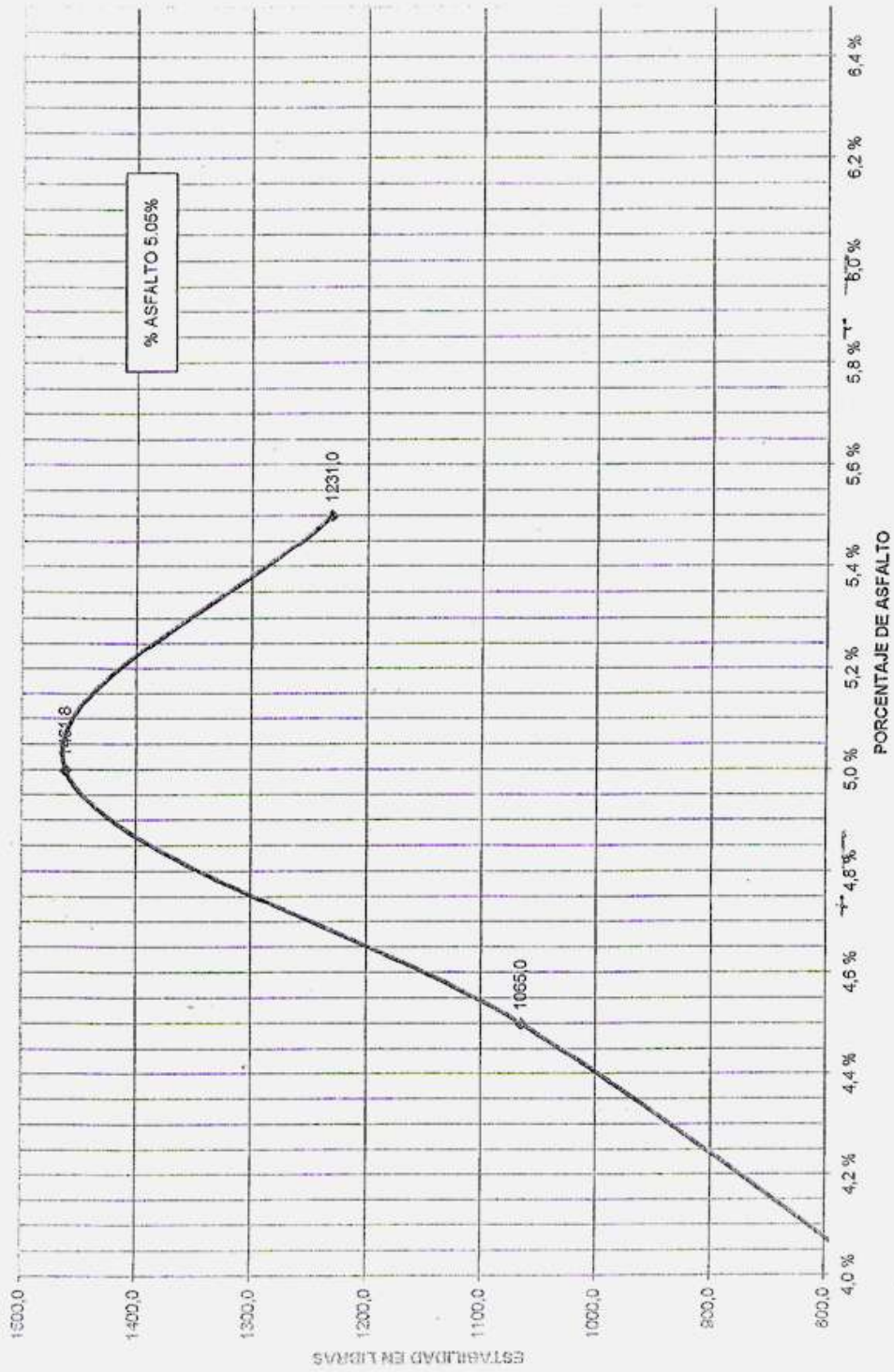
DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD
 DIRECTOR DE OBRA

Peso Unitario de la Mezcla



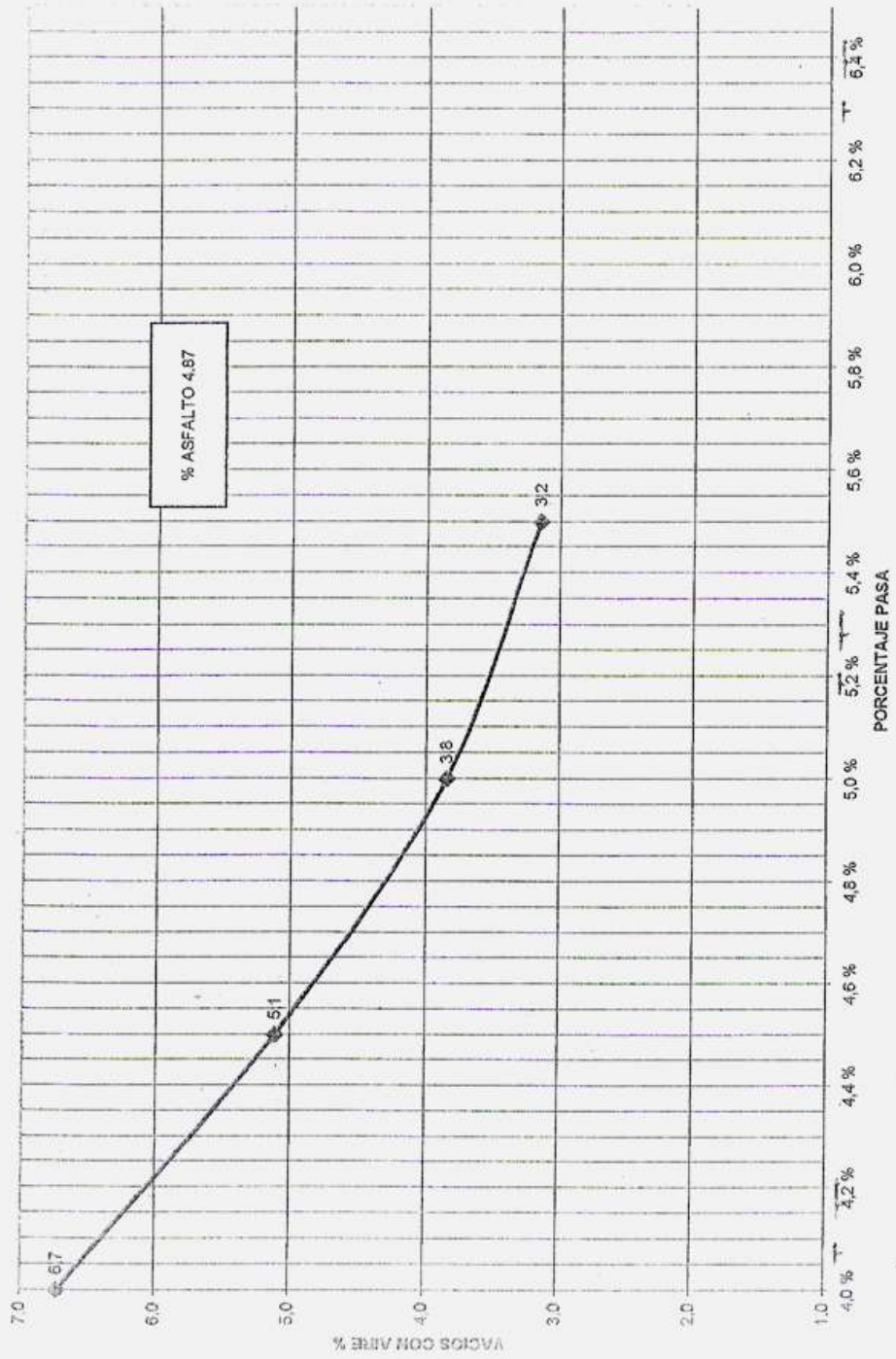
% ASFALTO 5.05 %

ESTABILIDAD DE MEZCLA



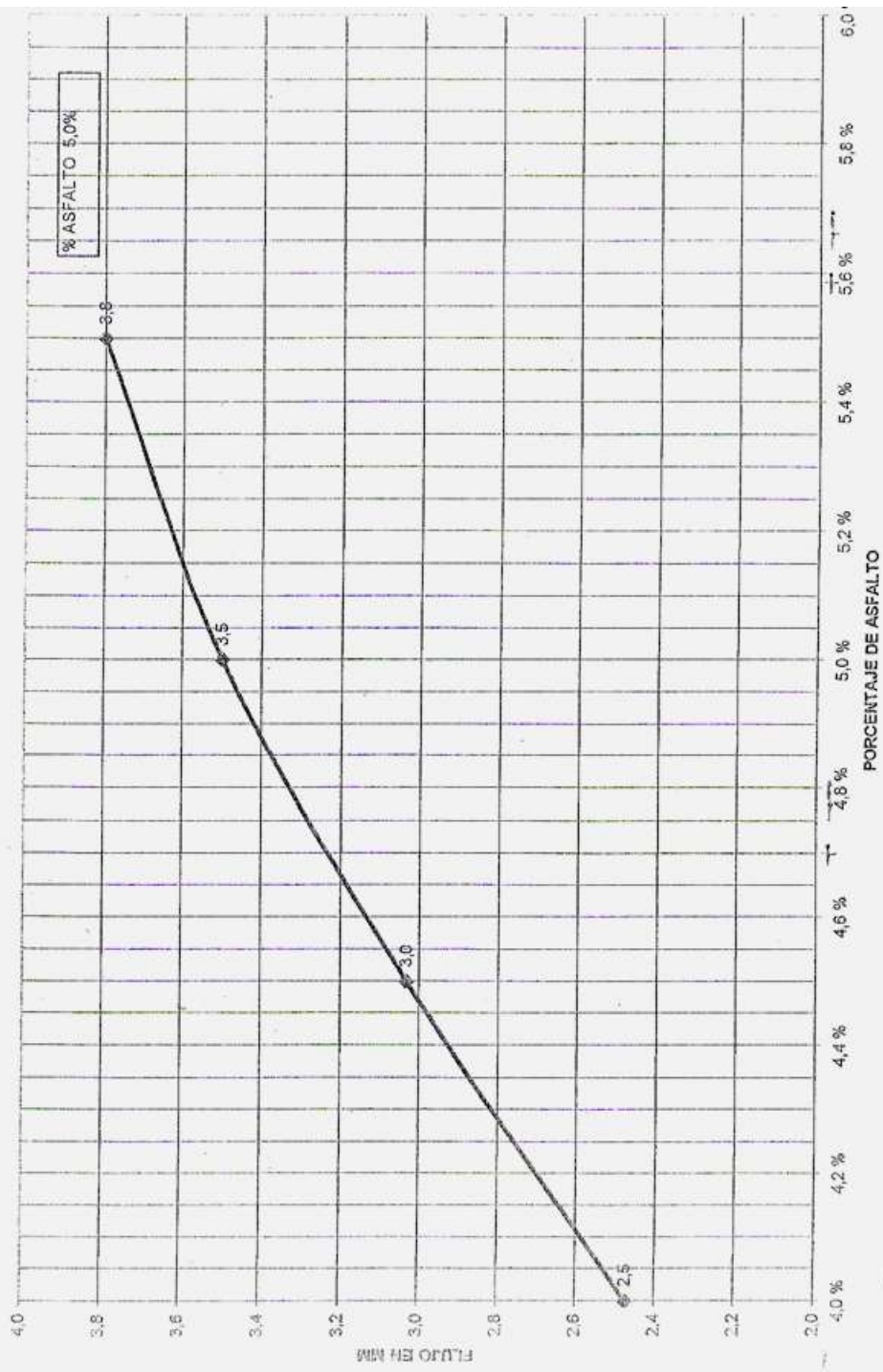
[Handwritten signature]

Vacios con Aire en Mezcla Total



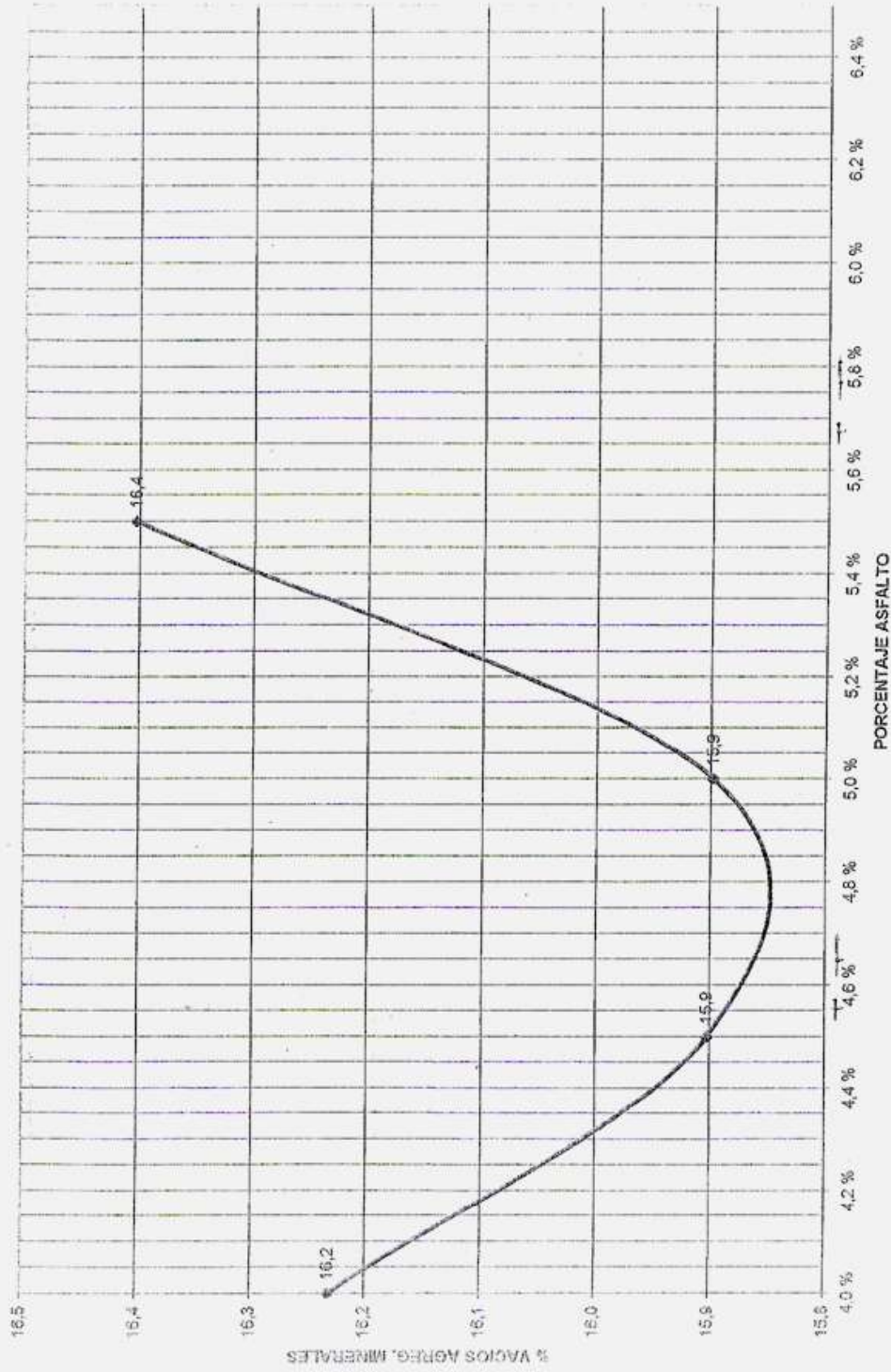
[Handwritten signature]

FLUJO DE MEZCLA



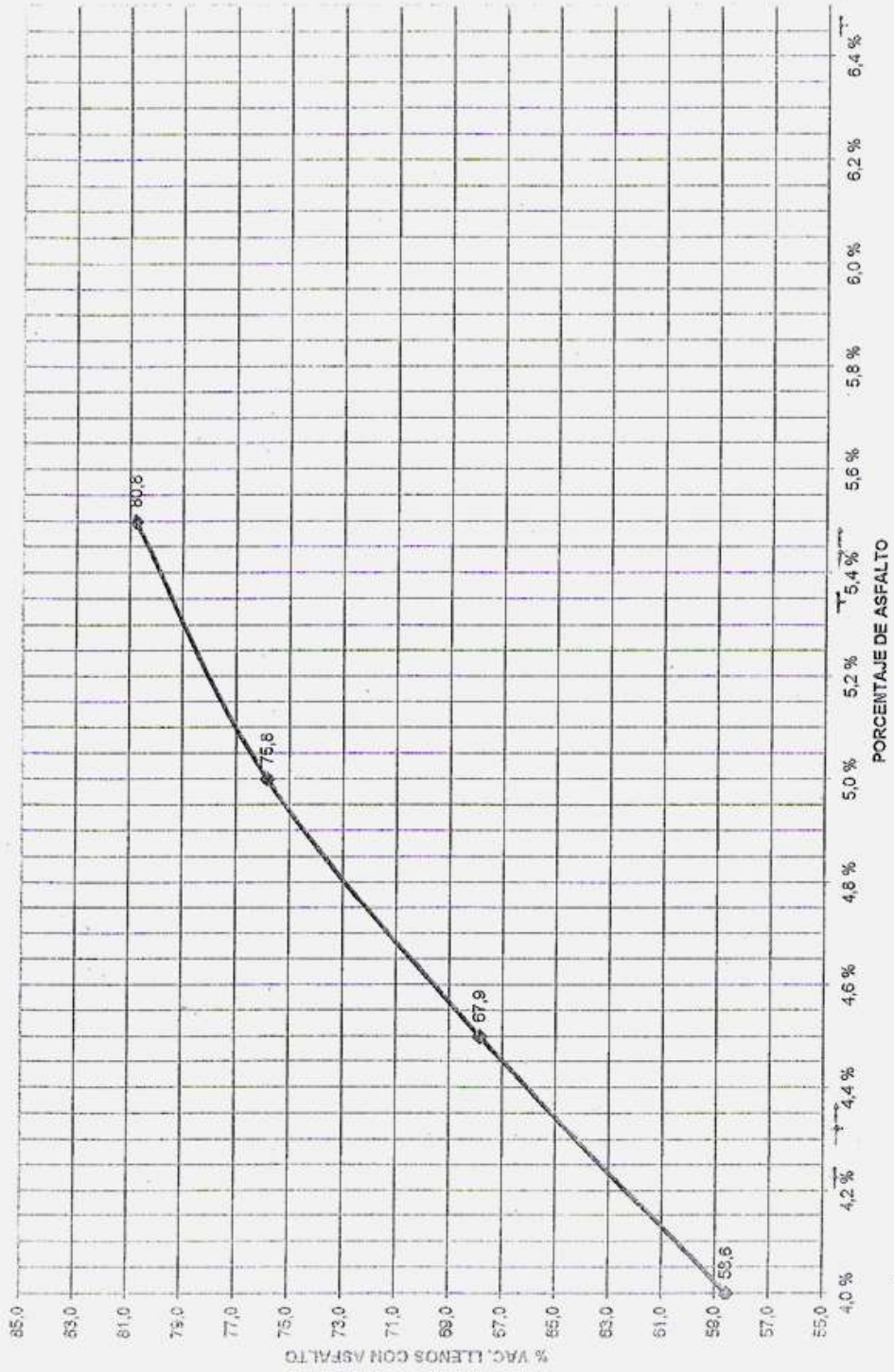
Handwritten signature

VACIOS EN AGREGADOS MINERALES



[Handwritten signature]

VACIOS LLENOS CON ASFALTO



[Handwritten signature]

**DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
(RICE)**

1. IDENTIFICACION DEL PROYECTO.

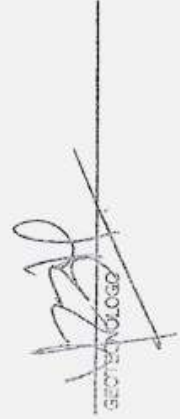
1.1 Nombre del Consorcio **LHS**
 1.2 Nombre del Proyecto. **PAVIMENTACION EL ENCANO - SAN FRANCISCO**

2. IDENTIFICACION DEL MATERIAL.

2.1 Fecha de Ensayo. **SEPTIEMBRE 23 DE 2008**
 2.2 Procedencia de los Agregados. **RIO TELLEZ, TRITURADORA INCOEQUIPOS, AGRESUR**
 2.3 Procedencia del Asfalto. **BARRANCABERMEJA**

3. ENSAYO MARSHALL.

MUESTRA No.	1	2	3	4	5
PORCENTAJ DE ASFALTO DE LA MEZCLA.	4,0	4,5	50,0	5,5	6,0
PESO MUESTRA MEZCLA	800	800	800	800	800
PESO FRASCO + AGUA A 25°C	1775,2	1775,2	1775,2	1775,2	1775,2
PESO FRASCO + AGUA A 25°C + M.MEZCLA	2270	2267	2265	2256	2254
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MEZCLA	2,62	2,60	2,58	2,51	2,49



 GEOTECNICOLOGO

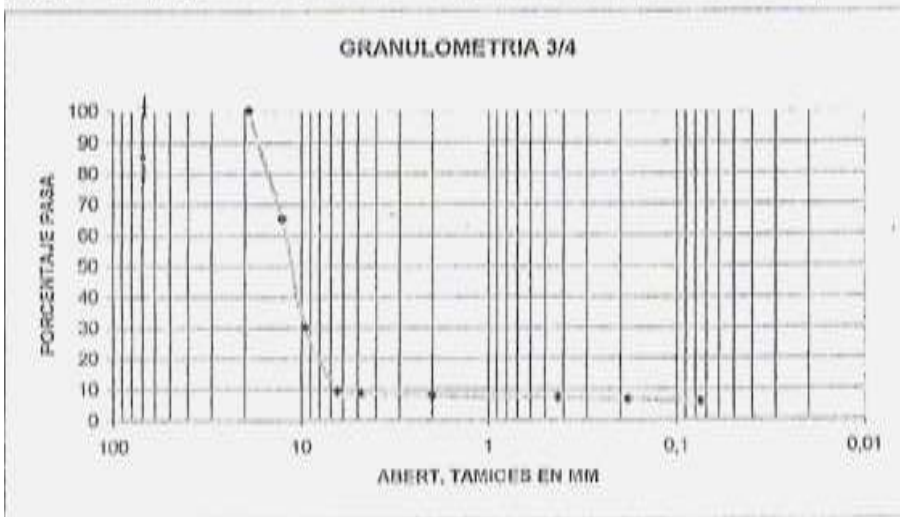
PROYECTO VIA EL JONCAYO
 FUENTE DE MAJUDALES TRIT INCÓGNITOS
 FECHA ENSAYO Martes 25 de Septiembre de 2006

MUESTRA No. 34

PESO HUMEDO 1471,1
 P. SECO ANTES DE LAVAR 1319,5
 P. SECO DESPUÉS DE LAVAR 1248,2
 % DE HUMEDAD 11,49

ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO DE 3/4

TAMIZ	RETENIDO	%RETENIDO	ABERT. TAMIZ	%PASA
3/4	0	0	19,05	100
1/2	458,0	34,7	12,7	65,3
3/8	468,0	35,3	9,5	30,0
1/4	272,2	20,8	6,35	9,3
No. 4	10,0	0,8	4,75	8,0
No. 10	11,0	0,8	2,00	7,8
No. 40	5,5	0,4	0,425	7,3
No. 80	10,70	0,8	0,18	6,5
No. 200	11,30	0,9	0,075	5,7
P 200	74,8	5,7		0,0



[Handwritten Signature]
 GEOTECNOLOGO

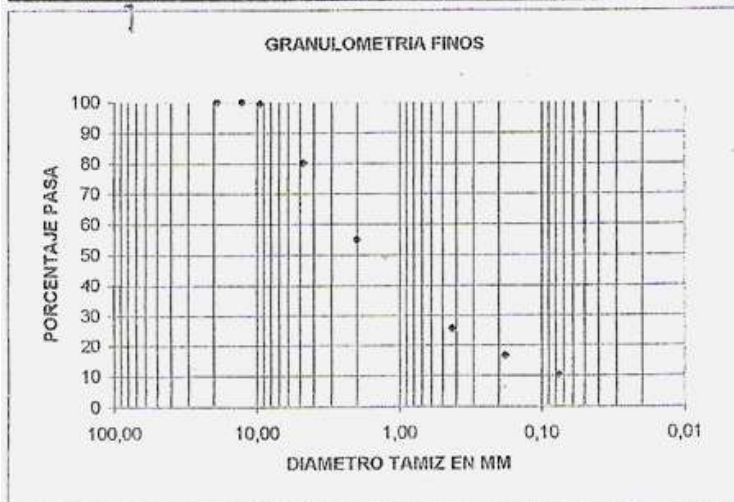
PROYECTO VÍA EL ENCANO
 FUENTE DE MATERIALES TRIT AGRESUR
 FECHA ENSAYO Mar 23 de Septiembre de 2008

MUESTRA No. 34

PESO HUMEDO 1351,8
 P. SECO ANTES DE LAVAR 1321,5
 P. SECO DESPUES DE LAVAR 1214,4
 % DE HUMEDAD 2,3

ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO FINO

TAMIZ	P.RETENIDO	%RETENE	ABER.TAMIZ	%PASA
3/4			19,05	100
1/2	0	0,00	12,70	100,00
3/8	6,5	0,49	9,50	99,51
No.4	254,2	19,24	4,75	80,27
No.10	334,6	25,32	2,00	54,95
No.40	387,4	29,32	0,43	25,64
No.80	118,9	9,00	0,18	16,64
No.200	85,7	6,49	0,08	10,16
P200	134,2	10,16		




 GEOTECNÓLOGO

PROYECTO: VIA EL ENCANO
 FUENTE DE MATERIALES TRIT.INCOEQUIPOS
 FECHA ENSAYO Martes 23 de Septiembre de 2008

MUESTRA No. 34

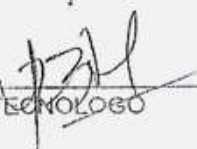
INDICE DE ALARGAMIENTO

FRACCION	P.FRACCION	P.LARGAS	INDICE ALARGAMIENTO	% GRANULOMETRIA	
3/4 - 1/2	458	2,6	0,6	34,71	0,197
1/2 - 3/8	466	51,3	11,0	35,32	3,888
3/8 - 1/4	272,2	32,7	12,0	20,63	2,478
INDICE DE ALARGAMIENTO DE LA MUESTRA					7

INDICE DE APLANAMIENTO

FRACCION	P.FRACCION	P.PLANA	INDICE ALARGAMIENTO	% GRANULOMETRIA ORIGINAL	
3/4 - 1/2	458	83,8	18,3	34,71	6,35
1/2 - 3/8	466	49,2	10,6	35,32	3,73
3/8 - 1/4	272,2	11,9	4,4	20,63	0,90
INDICE DE APLANAMIENTO DE LA MUESTRA					11

INDICE DE ALARGAMIENTO GLOBAL	7
INDICE DE APLANAMIENTO GLOBAL	12


 GEOTECNOLOGO

PROYECTO: VIA EL ENCANO
FUENTE DE MATERIALES TRIT. AGRESUR
FECHA ENSAYO Martes 23 de Septiembre de 2008

MUESTRA No. 34

DETERMINACION DEL EQUIVALENTE DE ARENA

ENSAYO No.	1	2	3
LECTURA DE ARCILLA	150	150	155
LECTURA DE ARENA	89	90	91
EQUIVALENTE DE ARENA EN %	59.3	60.0	58.7
PROMEDIO EQUIVALENTE DE ARENA %	59,3		


GEOTECNICOLOGO

PROYECTO: VIA EL ENCANO
 FUENTE DE MATERIALES TRIT.INCOEQUIPOS
 FECHA ENSAYO Martes 23 de Septiembre de 2008

MUESTRA No. 34

FRACCION	PESO FRACCION	PESO FRACTURAS	% PART. FRAC FRACCION	% GRANULOME TRIA ORIGINAL	% PART. FRACTURAS
5/4 - 1/2	458	352,8	77	34,71	2673,740
1/2 - 3/5	466	344,4	74	35,32	2610,080
3/5 - 1/4					
% DE PARTICULAS FRACTURADAS					75


 GEOTECNOLOGO

PROYECTO: VIA EL ENCANO
 FUENTE DE MATERIALES TRIT.INCOEQUIPOS, AGRESUR
 FECHA ENSAYO Martes 23 de Septiembre de 2008

MUESTRA No. 34

PESO ESPECIFICO FRACCION GRUESA (3/4 - No.4)

ENSAYO No.	1	2	3
A	780,2	798,1	776,3
B	789,1	806,9	785,3
C	509,5	520,4	505,7
B - C	279,6	286,5	279,6
A - C	270,7	277,7	270,6
B - A	8,9	8,8	9
GS BULK = A/(B-C)	2,79	2,79	2,78
GS BULK SSS = B/(B - C)	2,82	2,82	2,81
GS APARENTE = A/ (A - C)	2,88	2,87	2,87
ABSORCION = ((B-A)/(A))*100	1,14	1,10	1,16

A = P. SECO MUESTRA EN EL AIRE
 B = P. MUESTRA EN ESTADO SSS EN EL AIRE
 C = P. MUESTRA SUMERGIDA EN EL AGUA
 GS = GRAVEDAD ESPECIFICA

PESO ESPECIFICO FRACCION FINA

ENSAYO No.	1	2	3
WSSS	200	200	200
WPAS	809	808,9	809
WPA	680	680	680
W	194,2	194,4	194
VS = WPA -(WPAS - W)	65,2	65,5	65
VSSS = VS + (WSSS - W)	71	71,1	71
GS BULK = W/VSSS	2,74	2,73	2,73
GS BULK SSS = WSSS/VSSS	2,82	2,81	2,82
GS APARENTE W/VS	2,98	2,97	2,98
ABSORCION = (WSSS - WS)/W * 100	3,0	2,9	3,1

WSSS= PESO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO
 WPAS = PESO PICNOMETRO + AGUA + MUESTRA
 WPA = PESO PICNOMETRO + AGUA A T °C
 W = PESO MUESTRA SECA
 VS = VOLUMEN DE SOLIDOS
 GS = GRAVEDAD ESPECIFICA

GEOTECNOLOGO



SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES APIAY

SOA-F-413

REPORTE RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO
ASFALTO 60-70

Version
1

1/1

TANQUE CERRADO: K-507B
FECHA DESPACHO: Noviembre 24 de 2008
TEMPERATURA K-S07B (F): 296

ENSAYO	NORMA	VALOR REPORTADO		REFERENCIA	
		F	°C	F	°C
Punto de Ablandamiento	ASTM D 36	118	47.78	107-131	42-55
Punto de Inflamación	ASTM D 92	496	-	Mín 450	Mín 232
Penetración a 25 °C, 100 g y 5 s (0.1 mm) al asfalto original	ASTM D 5	66		60 – 70 mm/10	
% Pérdida de masa RTFOT	ASTM D 2872	0.9833		< 1 %	
Solubilidad en tricloroetileno (% peso)	ASTM D 2042	99.90		Mín 99.0	
Contenido de agua (% volumen)	ASTM D 95	0.00		Máx 0.2	
Ductilidad a 25°C	ASTM D 113	>130		Mín 100	
Penetración a 25 °C, 100 g y 5 s (0.1 mm) al asfalto envejecido TFOT		36.1		-	
Penetración residual (%)	ASTM D 5	52.1%		Mín 52	
Viscosidad Dinámica @ 60 °C (P)	ASTM D 4402	3060		Mín 1500	
Temperatura de Mezcla (°C)	ASTM D 1559	135 - 139		Reportar	
Temperatura de Compactación (°C)	ASTM D 1559	145 - 150		Reportar	
Indice de penetración	I.N.V. E-724	0.692		-1 hasta +1	

CURVA REOLÓGICA

Fecha de ensayo: 24 Noviembre de 2008.

TEMPERATURA (°C)	VISCOSIDAD (cP)
60	3298036
100	3329
135	315
150	151
160	99
170	68

Nota: Los resultados correspondientes a los ensayos de Solubilidad en Tricloroetileno, contenido de agua, Ductilidad, Penetración al asfalto envejecido y Penetración Residual, corresponden a los valores reportados por Corasfaltos a partir del análisis de una muestra de Asfalto Apiay tomada el día 15 de Julio de 2008 correspondiente al tanque K-507B, cuya Penetración a 25 °C fue 69.3 mm/10.

Actualizó: Diana M. Jara G. Profesional Proceso	Revisó: Ing. William Barbosa V. Cordinador Proceso	Aprobó: Ing. Rafael Castillo A. Jefe Departamento Producción
Fecha: 03 / 11 / 07	Fecha: 11 / 11 / 07	Fecha: 05 / 12 / 07

Nota: Cualquier documento, físico o magnético, que se encuentre fuera del portal de la Intranet, será considerado como copia no controlada, por lo que su consulta y uso es responsabilidad exclusiva del usuario.



Producto: ADFAL TO 80/100
Número de muestra: 202 300.554
Fecha de Vo.Bo: 17-09-2008 12:59:32
Almacenamiento: K0206

Vo.Bo: SI

ANÁLISIS	UNIDAD	RESULTADO	ESPECIFICACION	METODO
VISCOSIDAD A 60 C	cP	90633	REPORTAR	ASTM D 4402
VISCOSIDAD A 80 C	cP	90633	REPORTAR	ASTM D 4402
VISCOSIDAD A 80 C	cP	9913	REPORTAR	
VISCOSIDAD A 100 C	cP	1805	REPORTAR	
VISCOSIDAD A 135 C	cP	236.8	REPORTAR	
VISCOSIDAD A 150 C	cP	125.0	REPORTAR	
DUCTILIDAD	cm	140	REPORTAR	ASTM D 113 D
GRAVEDAD API	Grados API	7.0	REPORTAR	ASTM D 4052
GRAVEDAD API	Grados API	7.8	REPORTAR	ASTM D 4052
DENSIDAD A 15 °C	kg/m3	1019.2	REPORTAR	
PENETRACION A 25 C (77 F)	mm/10	99	80 MINIMO -100 MAX	ASTM D 5
PENETRACION A 25 C (77 F)	mm/10	99	80 MINIMO -100 MAX	ASTM D 5
INDICE DE PENETRACION	N/A	-1.1	REPORTAR	
PERDIDA DE MASA (RTFOT)	g/100g	0.29	1 MAXIMO	ASTM D 2872
PUNTO ABLANDAMIENTO	°C	44.2	42 MINIMO - 63 MAXIM	ASTM D 36
PUNTO DE INFLAMACION	°C	288	232 MINIMO	ASTM D 92
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	%	100	99 MINIMO	ASTM D 2042
VoBo	N/A	SI	REPORTAR	VISTO BUENO
VoBo	N/A	SI	REPORTAR	VISTO BUENO
COMENTARIO	N/A	NINGUNO	REPORTAR	

Nombre

JAVIER PATIRO GENTIL Reg. 2-2259

A. Si tiene alguna duda en cuanto al producto favor comunicarse con la Gerencia de Comercialización:

COORDINACIÓN DE COMERCIALIZACIÓN BARRANCABERMEJA (097820) 9500/9807 FAX (097820) 9071 Belloiría ECOPEPETROL
COORDINACIÓN DE QUÍMICOS E INDUSTRIALES BOGOTÁ (091234) 5001/5000/5000/4070/5071/5068 FAX (091231) 5565/6538 Calle 37 No. 7-43 Piso 8
COORDINACIÓN DE COMBUSTIBLES BOGOTÁ (091234) 5091/5090/5087/5491 FAX (091231) 5565/5538 Calle 37 No. 7-43 Piso 8
Enviar un reclamo se requiere comunicación escrita informando producto, No. de Factura y Objeto del Reclamo, además muestra del producto (líquido en galón, SI)
Para el Funcionario adicionar el número de lote.

ASTM D 300, ASTM D 323, ASTM D 337, ASTM D 4, ASTM D 16, ASTM D 402, ASTM D 2042, ASTM D 2475, ASTM D 113, ASTM D604, ASTM D 4176, ASTM D 3054, ASTM D 3017, ASTM D 1600, ...
ASTM D 1120, ASTM D 938, ASTM D 2482, ASTM D 894, ASTM D 1386, ASTM D 4377, ASTM D 4007, ASTM D 2160, ASTM D 2004 A & B, ASTM D 1028, ASTM D 850, ASTM D 813, ASTM D 5590, ASTM D 948, ASTM
D 4041, ASTM D 552, ASTM D 158, ASTM D 1333, UNF - EN 14133, ASTM D 1214, ASTM D 4103, ASTM D 509, ASTM D 2420, ASTM D 508, ASTM D 773, ASTM D 2792, ASTM D 525, ASTM D 509 (A, B & C)
D, ASTM D 1187, ASTM D 5580, ASTM D 3100, ASTM D 3009, ASTM D 1034, ASTM D 2004, ASTM D 6662, ASTM D 130, ASTM D 6494, ASTM D 1940, ASTM D 361, ASTM D 1094, ASTM D 4056, (MOP) ASTM D 1219
D 1609, ASTM D 1914 A & B, ASTM D 4652, ASTM D 4652, ASTM D 3902, ASTM D 397, ASTM D 442 (A & B), ASTM D 9750, ASTM D 6184, ASTM D 88, ASTM D 2322, ASTM D 4284, ASTM D 3822, ASTM D 1000
ASTM D 3102, ASTM D 1215, ASTM D 752, ASTM D 6290, ASTM D 1901, ASTM D 1620, ASTM D 1325, ASTM D 105, ASTM D 1319, ASTM D 916, ASTM D 3160, ASTM D 1342, ASTM D 2014, ASTM D 911, ASTM D
ASTM D 1322, ASTM D 2395. La información adicional bajo el número 002 1778 VIGILANCIA 002, según el artículo 17 de la Ley 1712 de 2004, emitida por la SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
SICA

PROYECTO: VIA EL ENCANO - SAN FRANCISCO
 LOCALIZACION DE MUESTREO PLANTA PILCUAN
 FECHA TOMA DE MUESTRA SEPTIEMBRE 29 DE 2008

TIPO DE ENSAYO: AJUSTE GRANULOMETRICO FORMULA DE TRABAJO MEZCLA ASFALTICA TIPO 2

PESO SECO ANTES DE LAVAR 2454,6 PESO SECO ANTES DE LAVAR 2093,3
 PESO SECO DESPUES DE LAVADO 2389,4 PESO SECO DESPUES DE LAVAR 1900

ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADOS PARA MEZCLA ASFALTICA

MATERIAL PASANTE DE 3/4

tamiz	p.retenido	%retenido	%pasa
3/4	0	0,00	100
1/2	604,0	24,61	75,39
3/8	846,8	34,50	40,89
No.4	682	27,78	13,11
No.10	150,0	6,11	7,00
No.40	74,8	3,05	3,95
No.80	19,1	0,78	3,17
No.200	12,7	0,52	2,66
pasa 200	65,2	2,66	0,00

MATERIAL PASANTE DE 3/8

tamiz	p.retenido	%retenido	%pasa
3/4	0	0,00	100
1/2	0	0,00	100,00
3/8	5,9	0,28	99,72
No.4	383,2	18,31	81,41
No.10	585,3	27,96	53,45
No.40	632,8	30,23	23,22
No.80	173,9	8,31	14,91
No.200	118,9	5,68	9,23
pasa 200	193,30	9,23	0,00

1929

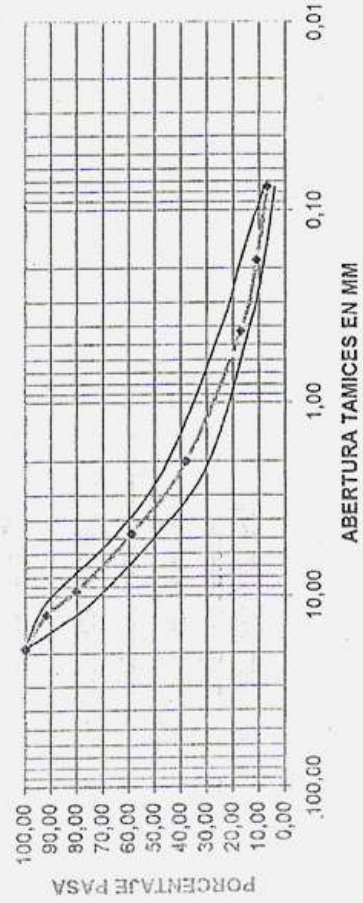
PROYECTO: VIA EL ENCANO - SAN FRANCISCO
 LOCALIZACION DE MUESTREO PLANTA PILCUAN
 FECHA TOMA DE MUESTRA SEPTIEMBRE 29 DE 2008

TIPO DE ENSAYO: AJUSTE GRANULOMETRICO FORMULA DE TRABAJO MEZCLA ASFALTICA TIPO 2

DOSIFICACION DE AGREGADOS PARA MEZCLA ASFALTICA TIPO MDC-2

tamiz	grueso 33%	fino 67% aber.tamiz	especificacion	% PASA
3/4	33,0	67,0	19,00	100
1/2	24,88	67,0	12,50	95
3/8	13,50	66,8	9,50	88
No.4	4,33	54,5	4,75	65
No.10	2,31	35,8	2,00	45
No.40	1,30	15,6	0,425	25
No.80	1,05	10,0	0,180	17
No.200	0,88	6,2	0,075	8

DOSIFICACION MDC-2



[Handwritten signature]
 INGENIERO

DISEÑO MARSHALL PARA MEZCLA ASFALTICA DENSA EN CALIENTE TIPO 2

NOMBRE DEL CONSORCIO LHS
 NOMBRE DEL PROYECTO PAVIMENTACION VIA EL ENCANO - SAN FRANCISCO
 IDENTIFICACION DEL MATERIAL MEZCLA ASFALTICA TIPO MDC-2
 FECHA DE ENSAYO SEPTIEMBRE 23 DE 2008
 PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS TRITURADORA INCOEQUIPOS- TRITURADORA AGRESUR

GRANULOMETRIA

TAMIZ	3/4	1/2	3/8	No.4	No.10	No.40	No.80	No.200
FORMULA DE TRABAJO	100	87,9	75,2	55,2	36,4	19,2	13,1	8,58
ESPECIF INV -02	100	80	70	49	29	14	8	4
LINF								
ESPECIF INV -02	100	100	88	65	45	25	17	8
L.SUP								

TRANSITO DE DISEÑO

Ejes equivalentes de 80 KN

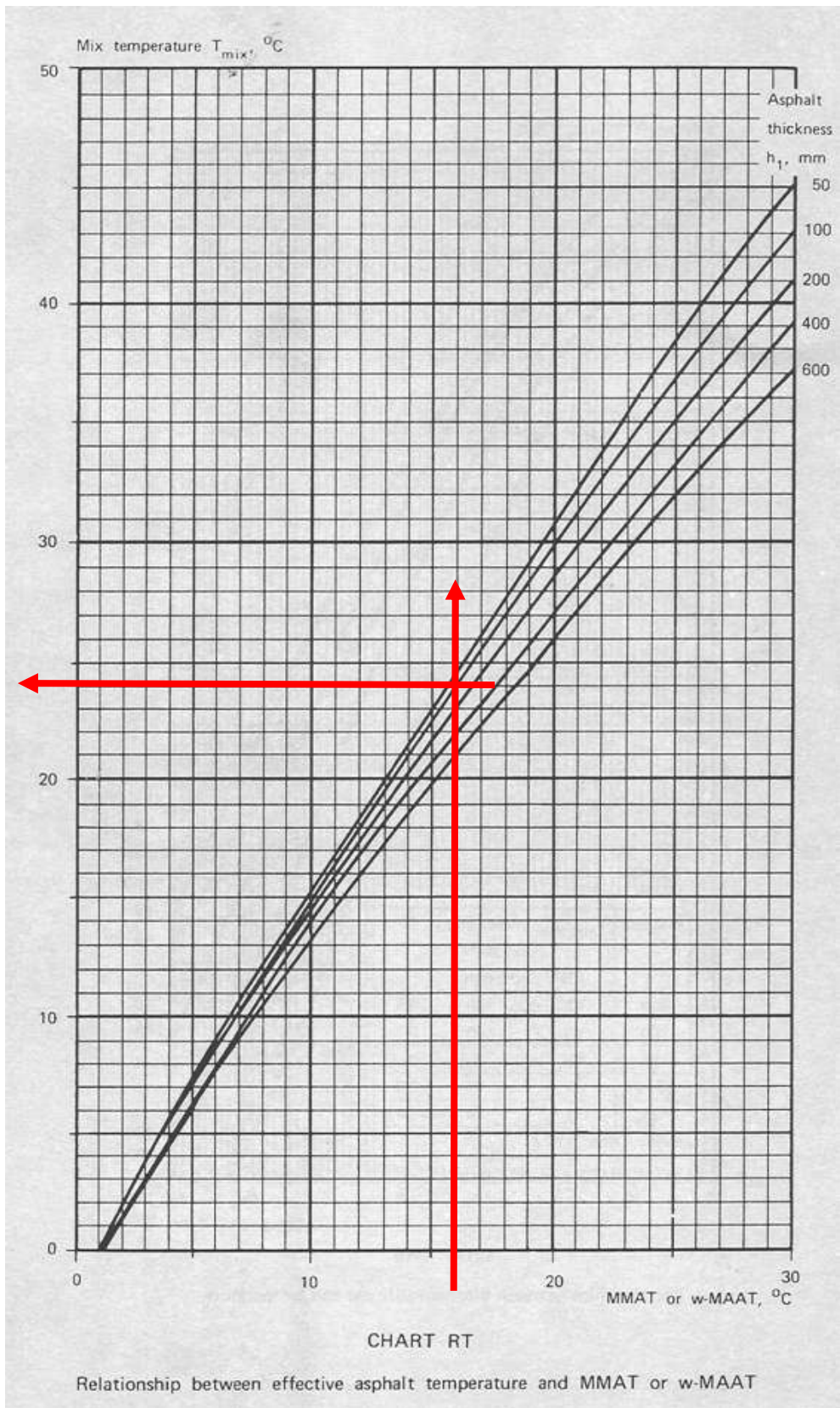
> 5X10⁶

CARACTERISTICAS DEL DISEÑO	F. DE TRABAJO	ESPECIFICACION INV-2002
PORCENTAJE OPTIMO DE ASFALTO	5,03	+/- 0,3%
PROPORCION DE AGREGADOS	GRUESOS 35% FINOS 65%	
ESTABILIDAD EN KG	1461,8	900
FLUJO EN MM	3,5	2 - 3,5
VACIOS CON AIRE	4	4 - 6
VACIOS MINIMOS EN AGREGADOS MINERALES (%)	15,8	15 % MINIMO
VACIOS LLENOS CON ASFALTO (%)	75%	65 - 75 %


 GEOTECNICOLOGO

ANEXO 6

CALCULOS PROGRAMAS BANDS Y BISAR





2705/2007

BANDS 2.0 - Bitumen Stiffness Calculations

Page 1

Load Time (S)	Load Time (Other Units)	Temp Bitumen °C	Pen Value 0.1mm	Pen Temp °C	Softening Point °C	Pen. Index	Bitumen Stiffness MPa
0,02	7,96 Hertz	20	99	25	44,10	-1,1	12,5



2705/2007

BANDS 2.0 - Asphalt Mix Stiffness Calculations

Page 1

Bitumen Stiffness MPa	Volume of Bitumen %v/v	Volume of Aggregate %v/v	Volume of Voids %v/v	Asphalt Mix Stiffness MPa
12,50	12,10	84,10	3,80	2400



BISAR 3.0 - Block Report

REH SANTIAGO SAN FCO SECTOR 1

System 1: REHABILITACION SANTIAGO - SAN FRANCISCO SECTOR 1

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical		Horizontal (Shear)		Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
					Load (kN)	Stress (MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0,100	4,900E+02	0,35	1	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,400	1,770E+02	0,40	2	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	3,240E-01	0,000E+00	0,000E+00
3		1,000E+01	0,50									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses (MPa)			Strains (µstrain)			Displacements (µm)		
					XX	YY	ZZ	XX	YY	ZZ	UX	UY	UZ
1	1	0,000E+00	0,000E+00	5,990E-02	1,380E-01	1,851E-01	-3,072E-01	3,688E+02	4,987E+02	-8,578E+02	-1,819E+00	0,000E+00	1,643E+03
2	3	0,000E+00	0,000E+00	5,801E-01	-3,967E-03	-2,547E-03	-1,021E-02	3,311E+02	4,091E+02	-7,402E+02	-5,799E+01	0,000E+00	1,357E+03
3	1	1,620E-01	0,000E+00	5,990E-02	-2,199E-01	6,164E-02	-1,465E-01	-3,081E+02	3,875E+02	-1,860E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,616E+03
4	3	1,620E-01	0,000E+00	5,801E-01	-2,970E-03	-2,360E-03	-1,079E-02	3,715E+02	4,292E+02	-8,007E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,381E+03



BISAR 3.0 - Block Report

REH SANTIAGO SAN FCO SECTOR 1

System 2: REHABILITACION SANTIAGO - SAN FRANCISCO SECTOR 1

Structure				Loads								
Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,100	2,400E+03	0,35	1	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,080E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,100	4,900E+02	0,35	2	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,080E-01	3,240E-01	0,000E+00	0,000E+00
3	0,480	4,000E+01	0,40									
4		3,000E+01	0,50									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses (MPa)			Strains (µstrain)			Displacements (µm)		
					XX	YY	ZZ	XX	YY	ZZ	UX	UY	UZ
1	1	0,000E+00	0,000E+00	9,990E-02	6,780E-01	8,182E-01	-1,915E-01	1,911E+02	2,699E+02	-2,980E+02	-1,745E+01	0,000E+00	1,018E+03
2	2	0,000E+00	0,000E+00	1,999E-01	2,764E-01	3,400E-01	-5,159E-02	3,581E+02	5,333E+02	-5,456E+02	-5,445E+01	0,000E+00	9,716E+02
3	4	0,000E+00	0,000E+00	6,801E-01	-3,032E-03	-2,397E-03	-1,674E-02	2,179E+02	2,496E+02	-4,675E+02	-3,750E+01	0,000E+00	6,249E+02
4	1	1,620E-01	0,000E+00	9,990E-02	2,200E-01	6,330E-01	-9,068E-02	9,653E+00	2,532E+02	-1,651E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,044E+03
5	2	1,620E-01	0,000E+00	1,999E-01	2,495E-01	3,439E-01	-5,215E-02	3,008E+02	5,609E+02	-5,303E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,066E+03
6	4	1,620E-01	0,000E+00	6,801E-01	-2,856E-03	-2,470E-03	-1,755E-02	2,384E+02	2,577E+02	-4,962E+02	0,000E+00	0,000E+00	6,376E+02



BIZAR 3.0 - Block Report

REH SANTIAGO SAN FCO SECTOR 1

System 3: REHABILITACION SANTIAGO - SAN FRANCISCO SECTOR 1

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical		Horizontal (Shear)		Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
					Load (kN)	Stress (MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0,100	2,400E+03	0,35	1	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,500	6,000E+01	0,40	2	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	3,240E-01	0,000E+00	0,000E+00
3		2,000E+01	0,50									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses (MPa)			Strains (µstrain)			Displacements (µm)		
					XX	YY	ZZ	XX	YY	ZZ	UX	UY	UZ
1	1	0,000E+00	0,000E+00	9,990E-02	1,370E+00	1,684E+00	-1,109E-01	3,413E+02	5,182E+02	-4,916E+02	-3,506E+01	0,000E+00	1,338E+03
2	3	0,000E+00	0,000E+00	6,801E-01	-2,529E-03	-1,785E-03	-1,602E-02	3,186E+02	3,744E+02	-6,930E+02	-5,539E+01	0,000E+00	8,763E+02
3	1	1,620E-01	0,000E+00	9,990E-02	6,247E-01	1,404E+00	-9,972E-02	7,008E+01	5,985E+02	-3,374E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,378E+03
4	3	1,620E-01	0,000E+00	6,801E-01	-2,318E-03	-1,854E-03	-1,694E-02	3,538E+02	3,887E+02	-7,425E+02	0,000E+00	0,000E+00	8,961E+02



BIZAR 3.0 - Block Report

REH SANTIAGO SAN FCO SECTOR 2

System 1: REHABILITACION SANTIAGO - SAN FRANCISCO SECTOR 2

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical		Horizontal (Shear)		Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
					Load (kN)	Stress (MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0,100	4,900E+02	0,35	1	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,080E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,530	1,850E+02	0,40	2	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,080E-01	3,240E-01	0,000E+00	0,000E+00
3		1,000E+01	0,50									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses (MPa)			Strains (µstrain)			Displacements (µm)		
					XX	YY	ZZ	XX	YY	ZZ	UX	UY	UZ
1	1	0,000E+00	0,000E+00	9,990E-02	1,620E-01	2,132E-01	-3,023E-01	3,942E+02	5,353E+02	-8,849E+02	-3,758E+00	0,000E+00	1,594E+03
2	3	0,000E+00	0,000E+00	6,301E-01	-2,614E-03	-2,179E-03	-9,196E-03	3,074E+02	3,725E+02	-6,799E+02	-5,367E+01	0,000E+00	1,283E+03
3	1	1,620E-01	0,000E+00	9,990E-02	-2,156E-01	7,932E-02	-1,483E-01	-3,907E+02	4,218E+02	-2,053E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,565E+03
4	3	1,620E-01	0,000E+00	6,301E-01	-2,515E-03	-2,209E-03	-9,689E-03	3,434E+02	3,893E+02	-7,327E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,304E+03



BISAR 3.0 - Block Report

REH SANTIAGO SAN FCO SECTOR 2

System 2: REHABILITACION SANTIAGO - SAN FRANCISCO SECTOR 2

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical		Horizontal (Shear)		Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
					Load (kN)	Stress (MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0,100	2,400E+03	0,35	1	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,100	4,900E+02	0,35	2	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	3,240E-01	0,000E+00	0,000E+00
3	0,530	4,000E+01	0,40									
4		2,000E+01	0,50									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses			Strains			Displacements		
					XX (MPa)	YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	UY (μ m)	UZ (μ m)
1	1	0,000E+00	0,000E+00	9,990E-02	6,838E-01	8,241E-01	-1,909E-01	1,926E+02	2,715E+02	-2,994E+02	-1,770E+01	0,000E+00	1,226E+03
2	2	0,000E+00	0,000E+00	1,999E-01	2,855E-01	3,493E-01	-5,024E-02	3,491E+02	5,449E+02	-5,561E+02	-5,628E+01	0,000E+00	1,179E+03
3	4	0,000E+00	0,000E+00	7,301E-01	-2,077E-03	-1,643E-03	-1,295E-02	2,410E+02	2,937E+02	-5,547E+02	-4,460E+01	0,000E+00	8,104E+02
4	1	1,620E-01	0,000E+00	9,990E-02	2,261E-01	6,502E-01	-9,000E-02	1,119E+01	2,548E+02	-1,666E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,254E+03
5	2	1,620E-01	0,000E+00	1,999E-01	2,589E-01	3,534E-01	-5,085E-02	3,122E+02	5,726E+02	-5,411E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,215E+03
6	4	1,620E-01	0,000E+00	7,301E-01	-1,941E-03	-1,682E-03	-1,350E-02	2,826E+02	3,020E+02	-5,846E+02	0,000E+00	0,000E+00	8,240E+02



BISAR 3.0 - Block Report

REH SANTIAGO SAN FCO SECTOR 2

System 3: REHABILITACION SANTIAGO - SAN FRANCISCO SECTOR 2

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical		Horizontal (Shear)		Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
					Load (kN)	Stress (MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0,100	2,400E+03	0,35	1	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,630	6,000E+01	0,40	2	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	3,240E-01	0,000E+00	0,000E+00
3		2,000E+01	0,50									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses			Strains			Displacements		
					XX (MPa)	YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	UY (μ m)	UZ (μ m)
1	1	0,000E+00	0,000E+00	9,990E-02	1,360E+00	1,673E+00	-1,114E-01	3,387E+02	5,152E+02	-4,887E+02	-3,461E+01	0,000E+00	1,310E+03
2	3	0,000E+00	0,000E+00	7,301E-01	-2,148E-03	-1,524E-03	-1,450E-02	2,933E+02	3,401E+02	-6,333E+02	-5,074E+01	0,000E+00	8,301E+02
3	1	1,620E-01	0,000E+00	9,990E-02	6,136E-01	1,293E+00	-1,003E-01	6,721E+01	5,054E+02	-3,343E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,349E+03
4	3	1,620E-01	0,000E+00	7,301E-01	-1,960E-03	-1,570E-03	-1,520E-02	3,234E+02	3,521E+02	-6,755E+02	0,000E+00	0,000E+00	8,473E+02



BISAR 3.0 - Block Report

REH SANTIAGO SAN FCO SECTOR 3

System 1: REHABILITACION SANTIAGO - SAN FRANCISCO SECTOR 3

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical		Horizontal (Shear)		Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
					Load (kN)	Stress (MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0,100	4,900E+02	0,35	1	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,080E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,580	1,670E+02	0,40	2	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,080E-01	3,240E-01	0,000E+00	0,000E+00
3		6,000E+00	0,50									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses			Strains			Displacements		
					XX (MPa)	YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	UY (μ m)	UZ (μ m)
1	1	0,000E+00	0,000E+00	9,990E-02	-1,501E-01	2,008E-01	-3,038E-01	3,800E+02	5,196E+02	-8,708E+02	-1,856E+00	0,000E+00	1,994E+03
2	3	0,000E+00	0,000E+00	6,801E-01	-1,855E-03	-1,640E-03	-5,773E-03	3,085E+02	3,623E+02	-6,709E+02	-5,234E+01	0,000E+00	1,674E+03
3	1	1,620E-01	0,000E+00	9,990E-02	-2,239E-01	6,876E-02	-1,488E-01	-3,998E+02	4,066E+02	-1,928E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,964E+03
4	3	1,620E-01	0,000E+00	6,801E-01	-1,801E-03	-1,655E-03	-6,023E-03	3,397E+02	3,762E+02	-7,159E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,692E+03



BISAR 3.0 - Block Report

REH SANTIAGO SAN FCO SECTOR 3

System 2: REHABILITACION SANTIAGO - SAN FRANCISCO SECTOR 3

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical		Horizontal (Shear)		Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
					Load (kN)	Stress (MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0,120	2,400E+03	0,35	1	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,080E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,100	4,900E+02	0,35	2	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,080E-01	3,240E-01	0,000E+00	0,000E+00
3	0,580	3,000E+01	0,40									
4		2,000E+01	0,50									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses			Strains			Displacements		
					XX (MPa)	YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	UY (μ m)	UZ (μ m)
1	1	0,000E+00	0,000E+00	1,199E-01	6,874E-01	8,227E-01	-1,447E-01	1,875E+02	2,637E+02	-2,805E+02	-2,071E+01	0,000E+00	1,206E+03
2	2	0,000E+00	0,000E+00	2,199E-01	2,709E-01	3,248E-01	-3,687E-02	3,471E+02	4,958E+02	-5,008E+02	-5,511E+01	0,000E+00	1,164E+03
3	4	0,000E+00	0,000E+00	8,001E-01	-1,897E-03	-1,899E-03	-1,133E-02	2,259E+02	2,483E+02	-4,742E+02	-3,824E+01	0,000E+00	7,684E+02
4	1	1,620E-01	0,000E+00	1,199E-01	3,651E-01	7,148E-01	-7,585E-02	5,894E+01	2,557E+02	-1,881E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,235E+03
5	2	1,620E-01	0,000E+00	2,199E-01	2,695E-01	3,338E-01	-3,781E-02	3,201E+02	5,222E+02	-5,018E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,198E+03
6	4	1,620E-01	0,000E+00	8,001E-01	-1,906E-03	-1,735E-03	-1,172E-02	2,412E+02	2,540E+02	-4,952E+02	0,000E+00	0,000E+00	7,782E+02



BIZAR 3.0 - Block Report

REH SANTIAGO SAN FCO SECTOR 3

System 3: REHABILITACION SANTIAGO - SAN FRANCISCO SECTOR 3

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical		Horizontal (Shear)		Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
					Load (kN)	Stress (MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0,120	2,400E+03	0,35	1	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,080E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,680	5,000E+01	0,40	2	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,080E-01	3,240E-01	0,000E+00	0,000E+00
3		1,000E+01	0,50									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses (MPa)			Strains (µstrain)			Displacements (µm)		
					XX	YY	ZZ	XX	YY	ZZ	UX	UY	UZ
1	1	0,000E+00	0,000E+00	1,199E-01	1,252E+00	1,522E+00	-7,909E-02	3,114E+02	4,632E+02	-4,376E+02	-3,723E+01	0,000E+00	1,742E+03
2	3	0,000E+00	0,000E+00	8,001E-01	-1,360E-03	-1,097E-03	-8,732E-03	3,554E+02	3,949E+02	-7,503E+02	-6,034E+01	0,000E+00	1,266E+03
3	1	1,620E-01	0,000E+00	1,199E-01	7,675E-01	1,354E+00	-7,453E-02	1,332E+02	4,631E+02	-3,404E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,783E+03
4	3	1,620E-01	0,000E+00	8,001E-01	-1,284E-03	-1,127E-03	-9,073E-03	3,816E+02	4,952E+02	-7,868E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,283E+03



BISAR 3.0 - Block Report

REH SANTIAGO SAN FCO SECTOR 4

System 1: REHABILITACION SANTIAGO - SAN FRANCISCO SECTOR 4

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical		Horizontal (Shear)		Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
					Load (kN)	Stress (MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0,100	4,900E+02	0,35	1	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,380	3,000E+02	0,40	2	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	3,240E-01	0,000E+00	0,000E+00
3		1,000E+01	0,50									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses (MPa)			Strains (µstrain)			Displacements (µm)		
					XX	YY	ZZ	XX	YY	ZZ	UX	UY	UZ
1	1	0,000E+00	0,000E+00	5,990E-02	-1,700E-02	6,693E-03	-3,470E-01	2,084E+02	2,737E+02	-7,008E+02	8,147E+00	0,000E+00	1,596E+03
2	3	0,000E+00	0,000E+00	4,801E-01	-4,222E-03	-3,647E-03	-1,099E-02	3,095E+02	3,957E+02	-7,051E+02	-5,401E+01	0,000E+00	1,425E+03
3	1	1,620E-01	0,000E+00	5,990E-02	-2,287E-01	-3,736E-02	-1,365E-01	-3,426E+02	1,846E+02	-8,840E+01	0,000E+00	0,000E+00	1,576E+03
4	3	1,620E-01	0,000E+00	4,801E-01	-4,200E-03	-3,714E-03	-1,158E-02	3,447E+02	-4,176E+02	-7,622E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,450E+03



BISAR 3.0 - Block Report

REH SANTIAGO SAN FCO SECTOR 4

System 2: REHABILITACION SANTIAGO - SAN FRANCISCO SECTOR 4

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Stress (MPa)		Horizontal (Shear) Stress (MPa)		Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
					Load (kN)	Stress (MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0,120	2,400E+03	0,35	1	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,100	4,900E+02	0,35	2	2,050E+01	5,594E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,000E-01	3,240E-01	0,000E+00	0,000E+00
3	0,380	4,000E+01	0,40									
4		3,000E+01	0,50									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses (MPa)			Strains (µstrain)			Displacements (µm)		
					XX	YY	ZZ	XX	YY	ZZ	UX	UY	UZ
1	1	0,000E+00	0,000E+00	1,199E-01	6,414E-01	7,727E-01	-1,496E-01	1,764E+02	2,502E+02	-2,686E+02	-1,076E+01	0,000E+00	9,416E+02
2	2	0,000E+00	0,000E+00	2,199E-01	2,379E-01	2,890E-01	-4,253E-02	3,095E+02	4,502E+02	-4,632E+02	-4,075E+01	0,000E+00	9,019E+02
3	4	0,000E+00	0,000E+00	6,001E-01	-3,635E-03	-2,931E-03	-1,759E-02	2,206E+02	2,560E+02	-4,767E+02	-3,811E+01	0,000E+00	6,443E+02
4	1	1,620E-01	0,000E+00	1,199E-01	3,148E-01	6,619E-01	-8,078E-02	4,643E+01	2,417E+02	-1,761E+02	0,000E+00	0,000E+00	9,663E+02
5	2	1,620E-01	0,000E+00	2,199E-01	2,266E-01	2,966E-01	-4,347E-02	2,804E+02	4,749E+02	-4,620E+02	0,000E+00	0,000E+00	9,316E+02
6	4	1,620E-01	0,000E+00	6,001E-01	-3,460E-03	-3,012E-03	-1,847E-02	2,427E+02	2,651E+02	-5,078E+02	0,000E+00	0,000E+00	6,579E+02

ANEXO 7

PRESUPUESTO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA
 ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS

OBJETO: REAHABILITACION DE LA CARRETERA PASTO - MOCOA SECTOR SANTIAGO PR 50+0700 - SAN FRANCISCO PR 71+0050
ruta 10 TRAMO 1003

No	CODIGO CUBS	ITEM	Especificaciones		ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD (1)	PRECIO (2)	VALOR PARCIAL (1) + (2) = (3)
			GRAL	PART					
1	3.6.3.6	330,1	330		BASE GRANULAR	M3	300,00	84.082,00	25.224.600,00
2	3.6.4.3.1	420,1	420		IMPRIMACION	M2	1.500,00	3.509,00	5.263.500,00
3	3.6.4.11.5	450,9		450,9P	MEZCLA DENSA EN CALIENTE PARA BACHEO	M3	150,00	605.126,00	90.768.900,00
4		485,1	485		EXCAVACIONES PARA REPARACION DE PAVIMENTO EXISTENTE	M3	150,00	50.607,00	7.591.050,00
5		450,3 P		450,3 P	MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC - 2	M3	13.582,00	559.091,00	7.599.164.872,00
6		421,1	421,1		RIEGO DE LIGA CON EMULSION ASFALTICA CRR-1	M2	128.000,00	2.597,00	332.416.000,00
7	3.6.6.1.10	600,4	600		EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMUN EN SECO	M3	137,00	16.515,00	2.262.555,00
8	3.6.6.2.1	610,1	610		RELLENO PARA ESTRUCTURAS	M3	150,00	47.993,00	7.198.950,00
9	3.6.6.16.5	671,1	671		CUNETAS REVESTIDAS EN CONCRETO	M3	1.137,00	409.078,00	465.121.686,00
10		700,1	700,1		LINEA DE DEMARCON CON PINTURA EN FRIO	ML	39.200,00	1.878,00	73.617.600,00
11		900,1			TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE LA EXCAVACION EXPLANACION CANALES Y PRESTAMOS PARA DISTANCIAS MAYORES DE 100 M	M3-KM	373,10	1.286,00	479.806,60
TOTAL BASICO =(A)									8.609.109.519,60
AIU=(B)									30%
UTILIDAD = (C)									5%
IVA= ((A)*16%*(C))/((1+B))=(D)									52.979.135,51
VALOR TOTAL =(A)+(E)									8.662.088.655,11

TRAMO : 1003 Pasto - El Pepino

SECTOR

FECHA

Enero del 2009

PR. 50+0700 - 71+0050

ITEM: IMPRIMACION

ESPECIFICACIÓN: 420
UNIDAD : M2

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.
CARROTANQUE IRRIGADOR DE ASFALTO		68,750.00	500.00	137.50
COMPRESOR (Barrido y/o Soplado de la Superficie)		66,000.00	500.00	132.00
HERRAMIENTA MENOR (2%MO)				0.28
Sub-Total				269.78

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.
EMULSION ASFALTICA CRL-0 Ó CRL-1h	LT	2,100	1,150	2,415.00
SEÑAL PREVENTIVA Y TEMPORAL				
Sub-Total				2,415.00

III. TRANSPORTES

Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.
Sub-Total					0.00

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.
OBREROS (2)	\$ 30,766.00	185%	56,917.10	4,000.00	14.23
Sub-Total					14.23

Total Costo Directo

2,699.01

V. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor Total
ADMINISTRACION	20%	539.80
IMPREVISTOS	5%	134.95
UTILIDAD	5%	134.95
Sub-Total		809.70

Precio unitario total aproximado al peso

3,509.00

ITEM: MEZCLA DENSA EN CALIENTE PARA BACHEO

ESPECIFICACIÓN: 450.5
UNIDAD : M3

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
COMPACTADOR BENITIN		45,000	2.50	18,000.00	
HERRAMIENTA MENOR (10%MO)				1,710.00	
Sub-Total					19,710.00

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
MEZCLA MDC-2	M3	285,000	1.250	356,250.00	
RIEGO DE LIGA (CRR-2)	M2	880	15.3	234.09	
Sub-Total					356,484.09

III. TRANSPORTES

Material	Vol-peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
MEZCLA MDC-2	1.250	70.0	87.5	825.00	72,187.50	
Sub-Total						72,187.50

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
PALETEROS (2)	\$ 30,766.00	185%	57,000.00	20.00	2,850.00	
OBREROS (5)	76,915	185%	142,500.00	20.00	7,125.00	
RASTRILLEROS	42,400	185%	142,500.00	20.00	7,125.00	
Sub-Total						17,100.00

Total Costo Directo

465,481.59

V. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor Total	
ADMINISTRACION	20%	93,096.32	
IMPREVISTOS	5%	23,274.08	
UTILIDAD	5%	23,274.08	
Sub-Total			139,644.48

Precio unitario total aproximado al peso

605,126.00

ITEM: EXCAVACION PARA REPARACION DEL PAVIMENTO EXISTENTE

ESPECIFICACIÓN: 413

UNIDAD : M3

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
COMPRESOR 125 PIES3 CON MARTILLOS		49,500	10.00	4,950.00	
CORTADORA DE PAVIMENTO		15,000	1.12	13,392.86	
COMPACTADOR MANUAL - RANA		12,375	1.00	12,375.00	
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)				135.63	
Sub-Total					30,853.48

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
SEÑAL PREVENTIVA					
Sub-Total					0.00

III. TRANSPORTES

Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
TRANSPORTE MATERIAL	1.3	5.0	6.5	825.00	5,362.50	
Sub-Total						5,362.50

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
OFICIAL	25,000	185%	46,250	80.00	578.13	
OBREROS (4)	\$ 61,532.00	185%	113,834.20	80.00	1,422.93	
PALETEROS (2)	\$ 30,766.00	185%	56,917.10	80.00	711.46	
Sub-Total						2,712.52

Total Costo Directo

38,928.50

V. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor Total	
ADMINISTRACION	20%	7,785.70	
IMPREVISTOS	5%	1,946.42	
UTILIDAD	5%	1,946.42	
Sub-Total			11,678.55

Precio unitario total aproximado al peso

50,607.00

ITEM: MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC - 2

ESPECIFICACIÓN: 450.3
UNIDAD : M3

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
TERMINADORA DE ASFALTO		100,000	20.00	5,000.00	
COMPACTADOR VIBRATORIO (10 TON)		60,000	20.00	3,000.00	
COMPACTADOR NEUMATICO		60,000	20.00	3,000.00	
HERRAMIENTA MENOR (10%MO)				142.70	
Sub-Total					11,142.70

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
MEZCLA DENSA MDC -2	M3	285,000	1.250	356,250.00	
SEÑAL TEMPORAL					
Sub-Total					356,250.00

III. TRANSPORTES

Material	Vol-peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
MEZCLA DENSA MDC-2	1.25	70.0	87.5	700.00	61,250.00	
Sub-Total						61,250.00

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jomal	Prestaciones	Jomal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
OBREROS (5)	\$ 76,916.67	185%	142,295.83	160.00	889.35	
RASTRILLEROS (1)	\$ 20,000.00	185%	37,000.00	160.00	231.25	
OFICIAL	\$ 26,500.00	185%	49,025.00	160.00	306.41	
Sub-Total						1,427.01

Total Costo Directo

430,069.71

V. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor Total	
ADMINISTRACION	20%	86,013.94	
IMPREVISTOS	5%	21,503.49	
UTILIDAD	5%	21,503.49	
Sub-Total			129,020.91

Precio unitario total aproximado al peso

559,091.00

ITEM: EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMUN EN SECO

ESPECIFICACIÓN: 600.4
UNIDAD : M3

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
Retroexcavadora 428 doble transmision		65,000.00	9.35	6,953.28	
HERRAMIENTA MENOR (2%)				7.61	
Sub-Total					6,960.89

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
SEÑAL PREVENTIVA					
Sub-Total					0.00

III. TRANSPORTES

Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
TRANSPORTE INCLUYENDO E	1.3	5.0	6.5	825.00	5,362.50	
Sub-Total						5,362.50

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
OBREROS (1)	\$ 15,383.00	185%	28,458.55	74.78	380.54	
Sub-Total						380.54

Total Costo Directo

12,703.93

V. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor Total	
ADMINISTRACION	20%	2,540.79	
IMPREVISTOS	5%	635.20	
UTILIDAD	5%	635.20	
Sub-Total			3,811.18

Precio unitario total aproximado al peso

16,515.00

ESPECIFICACIÓN: 610.1
UNIDAD : M3

ITEM: RELLENO PARA ESTRUCTURAS

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
COMPACTADOR MANUAL VIBRATORIO (RANA)		12,375.00	1.63	7,610.11	
HERRAMIENTA MENOR (5%MO)				505.90	
Sub-Total					8,116.01

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
MATERIAL SELECCIONADO PARA RELLENO	M3	10,000	1.30	13,000.00	
AGUA	LT	11	30.0	321.00	
Sub-Total					13,321.00

III. TRANSPORTES

Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
MATERIALES SELECCIONADOS	1.3	5.0	6.5	825.00	5,362.50	
Sub-Total					5,362.50	

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
OBREROS (3)	\$ 46,149.00	185%	85,375.65	13.01	6,562.81	
OFICIAL	\$ 25,000.00	185%	46,250.00	13.01	3,555.23	
Sub-Total					10,118.04	

Total Costo Directo

36,917.55

V. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor Total	
ADMINISTRACION	20%	7,383.51	
IMPREVISTOS	5%	1,845.88	
UTILIDAD	5%	1,845.88	
Sub-Total			11,075.27

Precio unitario total aproximado al peso

47,993.00

ITEM: CUNETAS REVESTIDAS EN CONCRETO

ESPECIFICACIÓN: 671
UNIDAD : M3

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
HERRAMIENTA MENOR (0,05% MO)				1,000.53	
				Sub-Total	1,000.53

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
CONCRETO CLASE F	M3	290,000	1,000	290,000.00	
FORMALETA PARA JUNTAS	M2	12,000	0,300	3,600.00	
CEMENTO ASFALTICO 60-70	KG	1,284	0,050	64.20	
SEÑAL PREVENTIVA					
				Sub-Total	293,664.20

III. TRANSPORTES

Material	Vol-peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
					Sub-Total	0.00

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
OBREROS (4)	\$ 61,532.00	185%	113,834.20	8.00	14,229.28	
OFICIAL	\$ 25,000.00	185%	46,250.00	8.00	5,781.25	
					Sub-Total	20,010.53

Total Costo Directo

314,675.25

V. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor Total	
ADMINISTRACION	20%	62,935.05	
IMPREVISTOS	5%	15,733.76	
UTILIDAD	5%	15,733.76	
		Sub-Total	94,402.58

Precio unitario total aproximado al peso

409,078.00

REPUBLICA DE COLOMBIA UNIVERSIDAD DE NARIÑO FACULTAD DE INGENIERIA	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS
--	-------------------------------

ITEM: LINEA DE DEMARCAACION

ESPECIFICACIÓN: 700.1
UNIDAD : ML

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
VEHICULO DELINEADOR		95,000.00	3,000.00	31.67	
CAMIONETA D300		18,000.00	3,000.00	6.00	
HERRAMIENTA MENOR (10%MO)				0.09	
Sub-Total					37.76

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
ESFERAS REFLECTIVAS	KG	9,300	0.047	437.10	
PINTURA ACRILICA PURA PARA TRAFICO	GALON	65,000	0.015	955.50	
DISOLVENTE (3%) tiner	GALON	11,300	0.0004	4.97	
SEÑAL PREVENTIVA					
Sub-Total					1,397.57

III. TRANSPORTES

Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
Sub-Total						0.00

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
OBREROS (6)	\$ 92,300.00	185%	170,755.00	24,000.00	7.11	
OFICIAL	\$ 26,500.00	185%	49,025.00	24,000.00	2.04	
Sub-Total						9.16

Total Costo Directo

1,444.49

V. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor Total	
ADMINISTRACION	20%	288.90	
IMPREVISTOS	5%	72.22	
UTILIDAD	5%	72.22	
Sub-Total			

Precio unitario total aproximado al peso

1,878.00

ITEM: TRANSPORTE DE MATERIALES DE LA EXPLAN,CANALES Y PRESTAM (MAS DE 1000M) ESPECIFICACIÓN: 900.2
 UNIDAD : M3-KM

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
VOLQUETA 6M3		49,500.00	50.02	989.55	
Sub-Total					989.55

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
Sub-Total					0.00

III. TRANSPORTES

Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
Sub-Total						0.00

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
Sub-Total						0.00

Total Costo Directo

989.55

V. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor Total	
ADMINISTRACION	20%	197.91	
IMPREVISTOS	5%	49.48	
UTILIDAD	5%	49.48	
Sub-Total			296.87

Precio unitario total aproximado al peso

1,286.00