

**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

	<b>Pág.</b>
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

	<b>Pág.</b>
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

	<b>Pág.</b>
Figura 4.1 Localización del proyecto	31
Figura 5.1 Seccionamiento preliminar de unidades de análisis	37

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
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**

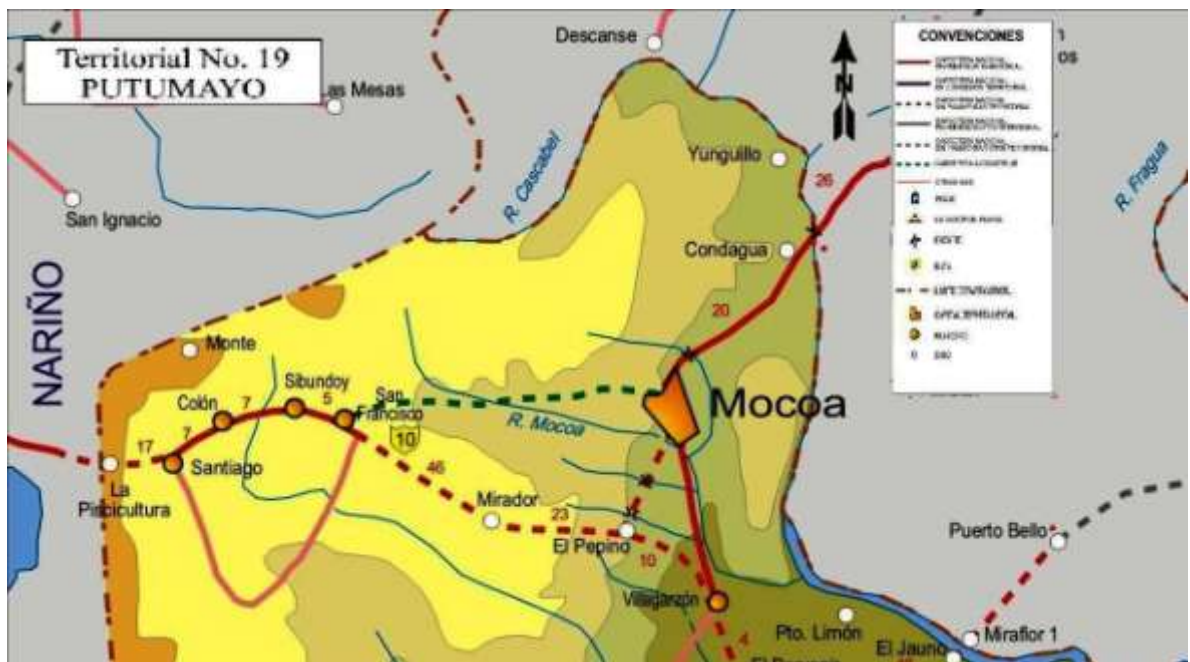
Definidas las alternativas de intervención factibles de acuerdo con el estado de la calzada y las expectativas del tránsito, se realizará el diseño detallado de ella.

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 <sup>(1)</sup>**



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/](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**

<b>ABSCISA</b>	<b>RC (m)</b>
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.

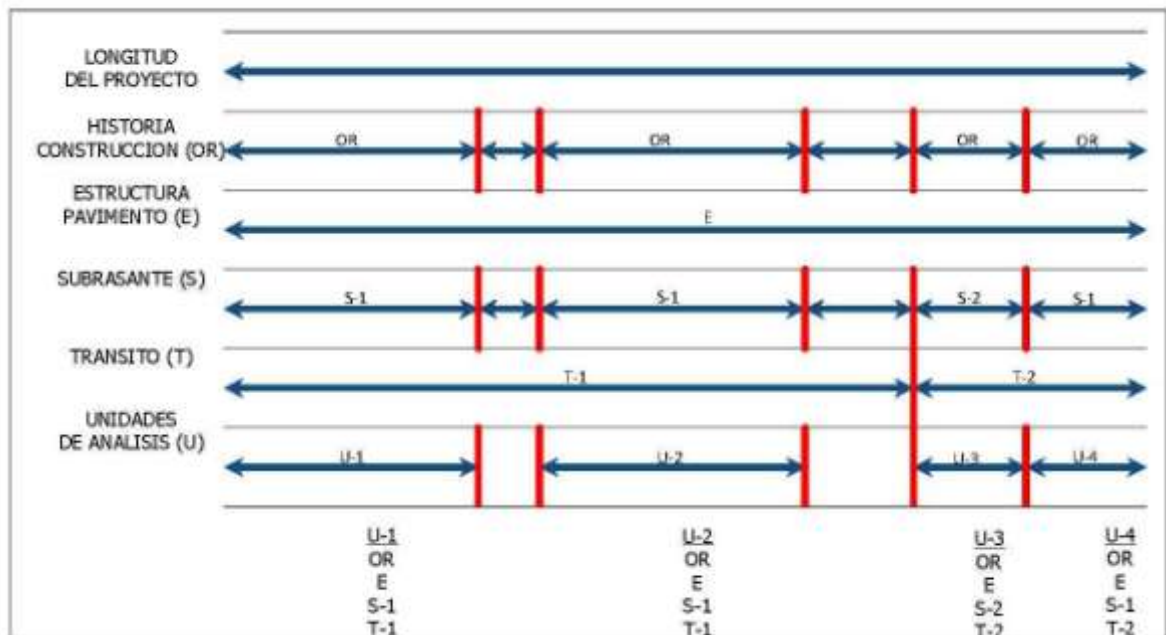
### **5.3 SECCIONAMIENTO**

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

$T^{\circ}$  = 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**

<b>SECTOR</b>	<b>ABSCISAS</b>		<b>LONGITUD</b> (m)	<b>DEFLEXION</b> <b>CARACTERISTICA</b> (0,01 mm)
	<b>INICIAL</b>	<b>FINAL</b>		
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 <sup>2</sup> )	H (cm)	E (k/cm <sup>2</sup> )	H (cm)	E (k/cm <sup>2</sup> )	H (cm)	E (k/cm <sup>2</sup> )
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**

<b>ENSAYO</b>	<b>REQUISITOS</b>	<b>EXTRACCION</b>
Asfalto (%)	F.T. +/- 0.3	6,05
Densidad de laboratorio (lb/pie <sup>3</sup> )	–	145,4
Peso Unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	–	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
<b>SUMATORIA</b>		<b>4.544</b>

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**

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

**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 <sup>2</sup>
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**

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

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**

<b>AÑO</b>	<b>TPDS PROYECTADO</b>	<b>ERROR DE PRONÓSTICO</b>	<b>ZR</b>	<b>CORRECCIÓN</b>	<b>TPDS CORREGIDO</b>
------------	------------------------	----------------------------	-----------	-------------------	-----------------------

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
<b>SUMATORIA</b>					<b>4.625</b>

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**

<b>FACTOR DE DISTRIBUCION DIRECCIONAL</b>	<b>0,5</b>
<b>FACTOR DE DISTRIBUCION POR CARRIL (1 POR SENTIDO)</b>	<b>1,0</b>
<b>TPDS PASADO = <math>4.625 \cdot 365 \cdot 0,5 \cdot 1,0</math></b>	<b>844.063</b>



<b>EJES EQUIVALENTES DE 8,2 TON (N)</b>	<b>8,4*10<sup>5</sup></b>
---	---------------------------

**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**

<b>AÑO</b>		<b>TRÁNSITO EQUIVALENTE DIARIO OBSERVADO</b>
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
<b>SUMATORIA</b>		<b>4.416</b>

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**

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

**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**

<b>AÑO</b>	<b>TRÁNSITO EQUIVALENTE DIARIO OBSERVADO</b>
------------	--

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 <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup>
2.005	308	298	-10	100
2.006	287	307	20	400

2.007	327	317	-10	100
<b>SUMATORIA</b>				<b>600</b>
<b>ERROR ESTANDAR</b>				<b>24</b>
<b>AÑO PROMEDIO</b>				<b>2.006</b>

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**

<b>AÑO</b>	<b>TPDS PROYECTADO</b>	<b>ERROR DE PRONÓSTICO</b>	<b>ZR</b>	<b>CORRECCIÓN</b>	<b>TPDS CORREGIDO</b>
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

<b>SUMATORIA</b>	<b>6.287</b>
------------------	--------------

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**

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

### 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**

<b>ESTACION DE CONTEO</b>	<b>SECTOR</b>	<b>TRANSITO PASADO (ejes 8,2 ton)</b>	<b>TRANSITO ESPERADO (ejes 8,2 ton)</b>
---------------------------	---------------	---------------------------------------	---

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 <sub>c</sub> (0,01 mm)	INDICE DE DETERIORO I <sub>s</sub>
	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 <sub>c</sub> (0,01 mm)	DEFLEX D <sub>25</sub> (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 ( $\mu$ ) recomendada para la subrasante es de 0,50.

**Tabla 9.2**  
**Módulo de elasticidad de la subrasante**

SECTOR	ABSCISAS	CBR (%)	E SUBRASANTE (kg/cm <sup>2</sup> )	RELACION DE POISSON $\mu$
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 <sup>2</sup> )	RELACION DE POISSON $\mu$
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 ( $\mu$ ) 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 <sup>2</sup>
Carpeta asfáltica con fisuramiento regular:	E	=	5.000 kg/cm <sup>2</sup>
Carpeta asfáltica muy fisuradas:	E	=	1.400 kg/cm <sup>2</sup>

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**

<b>SECTOR</b>	<b>ABSCISAS</b>	<b>ESTADO DE DAÑOS</b>	<b>H (cm)</b>	<b>E (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>RELACION DE POISSON <math>\mu</math></b>
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)**

<b>CAPA</b>	<b>MODULO</b> (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>ESPESOR</b> (cm)	<b>RELACION</b> <b>POISSON</b> $\mu$	<b>DEFLEX</b> <b>CALCULADA</b> $D_0$ (0,01 mm)	<b>RADIO</b> <b>CURVATURA</b> <b>RC</b> (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)**

<b>CAPA</b>	<b>MODULO</b> (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>ESPESOR</b> (cm)	<b>RELACION</b> <b>POISSON</b> $\mu$	<b>DEFLEX</b> <b>CALCULADA</b> $D_0$ (0,01 mm)	<b>RADIO</b> <b>CURVATURA</b> <b>RC</b> (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)**

<b>CAPA</b>	<b>MODULO</b> (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>ESPESOR</b> (cm)	<b>RELACION</b> <b>POISSON</b> $\mu$	<b>DEFLEX</b> <b>CALCULADA</b> $D_0$ (0,01 mm)	<b>RADIO</b> <b>CURVATURA</b> <b>RC</b> (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<sub>C</sub> = 98 (0,01 mm) D<sub>25</sub> = 84 (0,01 mm)**

<b>CAPA</b>	<b>MODULO</b> (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>ESPESOR</b> (cm)	<b>RELACION</b> <b>POISSON</b> <b>μ</b>	<b>DEFLEX</b> <b>CALCULADA</b> <b>D<sub>0</sub></b> (0,01 mm)	<b>RADIO</b> <b>CURVATURA</b> <b>RC</b> (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 <sup>(2)</sup>**

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 <sup>1, 2</sup>		X	X	
	Sobrecapa espesa <sup>1, 3</sup>	X	X		
	Nivelación y sobrecapa <sup>1</sup>	X	X		
	Fresado y sobrecapa <sup>1</sup>	X	X		
RECICLADO	Reciclado en planta en caliente <sup>4</sup>	X	X		



	Reciclado superficial en caliente <sup>5, 6</sup>				
	Reciclado en frío en el sitio	X			
RECONSTRUCCION	Remoción y reemplazo de capas <sup>7</sup>	X			
	Whitetopping <sup>8</sup>	X			

Notas: <sup>1</sup> Puede requerir bacheo previo a la sobrecapa. <sup>2</sup> No es recomendable cuando exista posibilidad de reflejo de grietas. <sup>3</sup> Puede incluir un tratamiento antirreflexivo de grietas. <sup>4</sup> 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. <sup>5</sup> Su finalidad es similar a la de los trabajos de restauración. <sup>6</sup> No se recomienda en el manual por su limitada aplicación en el país. <sup>7</sup> Se refiere a una reconstrucción de tipo flexible o semirrígido. <sup>8</sup> 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 ( $V_r$ )**

<b>SECTOR</b>	<b>ABSCISAS</b>	<b><math>V_r</math></b>
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 <sub>800</sub>	= 44.1°C

Frecuencia

= 10 Hertz

El módulo del asfalto es 12,50 MPa (128 kg/cm<sup>2</sup>). 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/cm<sup>2</sup>). 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	$\Delta PSI$	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 <sup>2</sup>	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 <sub>o</sub>	0,35
Desviación estándar	ZR	0,85
Índice de servicio inicial	P <sub>o</sub>	4,00
Índice de servicio final	P <sub>f</sub>	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 <sub>ref</sub>	3,75

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



ESTRUCTURA REHABILITADA								
CAPA	ESPESOR (D)		MODULO DINAMICO		COEF. ESTRUCTURAL (A)	COEF. DRENAJE (M)	SN	
	cm	plg	kg/cm <sup>2</sup>	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 <sub>o</sub>	0,35
Desviación estándar	ZR	0,85
Índice de servicio inicial	P <sub>o</sub>	4,00
Índice de servicio final	P <sub>f</sub>	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 <sub>ref</sub>	4,03

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

ESTRUCTURA REHABILITADA								
CAPA	ESPESOR (D)		MODULO DINAMICO		COEF. ESTRUCTURAL (A)	COEF. DRENAJE (M)	SN	
	cm	plg	kg/cm <sup>2</sup>	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 <sub>o</sub>	0,35
Desviación estándar	ZR	0,85
Índice de servicio inicial	P <sub>o</sub>	4,00
Índice de servicio final	P <sub>f</sub>	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 <sub>ref</sub>	2,92

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

ESTRUCTURA REHABILITADA								
CAPA	ESPESOR (D)		MODULO DINAMICO		COEF. ESTRU CTURA L (A)	COEF. DRENA JE (M)	SN	
	cm	plg	kg/cm <sup>2</sup>	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  $\epsilon_\tau$ .** 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:

- $\epsilon_\tau$  = 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**

<b>SECTOR</b>	<b>ABSCISAS</b>	<b>V<sub>b</sub></b> (%)	<b>E<sub>REF</sub></b> (N/m <sup>2</sup> )	<b>N</b> (eje 8,2 t)	<b>ε<sub>τ</sub> CAPA</b> <b>REFUERZO</b>
1	PR51+100 – PR56+500	12,1	2,4*10 <sup>9</sup>	8,4*10 <sup>5</sup>	4,79*10 <sup>4</sup>
2	PR57+800 – PR63+450	12,1	2,4*10 <sup>9</sup>	8,4*10 <sup>5</sup>	4,79*10 <sup>4</sup>
3	PR65+750 – PR68+150	12,1	2,4*10 <sup>9</sup>	1,1*10 <sup>6</sup>	4,53*10 <sup>4</sup>
4	PR68+150 – PR70+700	12,1	2,4*10 <sup>9</sup>	1,1*10 <sup>6</sup>	4,53*10 <sup>4</sup>

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

<b>SECTOR</b>	<b>ABSCISAS</b>	<b>V<sub>b</sub></b> (%)	<b>E<sub>REF</sub></b> (N/m <sup>2</sup> )	<b>N</b> (eje 8,2 t)	<b>ε<sub>τ</sub> CAPA</b> <b>EXISTENTE</b>
1	PR51+100 – PR56+500	12,1	4,9*10 <sup>8</sup>	8,4*10 <sup>5</sup>	8,48*10 <sup>4</sup>
2	PR57+800 – PR63+450	12,1	4,9*10 <sup>8</sup>	8,4*10 <sup>5</sup>	8,48*10 <sup>4</sup>
3	PR65+750 – PR68+150	12,1	4,9*10 <sup>8</sup>	1,1*10 <sup>6</sup>	8,03*10 <sup>4</sup>
4	PR68+150 – PR70+700	12,1	4,9*10 <sup>8</sup>	1,1*10 <sup>6</sup>	8,03*10 <sup>4</sup>

**11.3.1.2 Deformación Admisible de la Subrasante ε<sub>z</sub>.** La deformación vertical por compresión en la Subrasante ε<sub>z</sub>, 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:

$\varepsilon_z$  = 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**

<b>SECTOR</b>	<b>ABSCISAS</b>	<b>N</b> (eje 8,2 t)	<b><math>\varepsilon_z</math></b> <b>SUBRASANTE</b>
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:

$\epsilon_{zd}$  = Deformación vertical de compresión admisible sobre la subrasante

$\epsilon_{zp}$  = 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<sub>s</sub> = 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<sub>s</sub>, H<sub>g</sub>, E<sub>g</sub> 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<sub>A</sub> = Tránsito que ya circuló sobre el pavimento existente, expresado como ejes equivalentes de 8,2 ton

N<sub>DA</sub> = 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<sub>A,A,P</sub>) se determina con la ecuación anterior. Para ello, se requiere calcular el tránsito admisible por este



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**

<b>ESFUERZOS Y DEFORMACIONES ADMISIBLES</b>	<b>SECTOR 1</b>	<b>SECTOR 2</b>	<b>SECTOR 3</b>	<b>SECTOR 4</b>
$\epsilon_t$ REF	$4,79 \cdot 10^4$	$4,79 \cdot 10^4$	$4,53 \cdot 10^4$	$4,53 \cdot 10^4$
$\epsilon_t$ CA	$8,48 \cdot 10^4$	$8,48 \cdot 10^4$	$8,03 \cdot 10^4$	$8,03 \cdot 10^4$
$\epsilon_z$	$5,95 \cdot 10^4$	$5,95 \cdot 10^4$	$5,56 \cdot 10^4$	$5,56 \cdot 10^4$

**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**

<b>CAPA</b>	<b>MODULO (MPa)</b>	<b>ESPESOR (cm)</b>	<b>RELACION POISSON <math>\mu</math></b>
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 ( $\epsilon_{zp}$ )	$\epsilon_{zp} = 8,01 \cdot 10^{-4}$ $\epsilon_t = 4,99 \cdot 10^{-4}$	
Determinar la deformación de tracción en la fibra inferior de las capas asfálticas ( $\epsilon_t$ ) 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 <i>que</i> 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 (<math>\epsilon_{zr}</math>).</p> <p>Calcular (<math>\epsilon_{zd}</math>).</p> <p>Comparar (<math>\epsilon_{zr}</math>) con (<math>\epsilon_{zd}</math>) y verificar el valor <math>FDA_S</math>.</p> <p>Cambiar el espesor si los criterios no se cumplen</p>	<p><math>\epsilon_{zr} = 4,96 \cdot 10^{-4}</math></p> <p><math>\epsilon_{zd} = 7,98 \cdot 10^{-4}</math></p> <p><math>\epsilon_{zr} &lt; \epsilon_{zd}</math>, OK!</p> <p><math>N_{AS}</math> (obtenida a partir de la ley de comportamiento con <math>\epsilon_{zr}</math>) = <math>1,18 \cdot 10^7</math></p> <p><math>FDA_S = (8,4 \cdot 10^5) / (1,18 \cdot 10^7) = 0,071 = 7,1\% &lt; 100\%</math> OK!</p>
<p>Con los resultados de la corrida del programa, determinar (<math>\epsilon_{tr}</math>) para la capa de refuerzo. Empleando la fórmula de fatiga de la mezcla, calcular el número admisible de repeticiones de carga y verificar que (<math>FDA_{A,T}</math>) no sea superior a la unidad.</p>	<p><math>\epsilon_{tr} = 2,70 \cdot 10^{-4}</math></p> <p>N admisible de laboratorio (ley de fatiga) = <math>2,65 \cdot 10^6</math></p> <p>Si factor de desplazamiento = 10, el N admisible en el terreno será <math>2,65 \cdot 10^7</math></p> <p><math>FDA_{A,T} = (8,4 \cdot 10^5) / (2,65 \cdot 10^7) = 0,032 = 3,2\% &lt; 100\%</math> OK!</p>
<p>Con los resultados de la corrida del programa, determinar (<math>\epsilon_{tr2}</math>) para la capa asfáltica antigua. Empleando la fórmula de fatiga de la mezcla, calcular el número admisible de repeticiones de carga y verificar que (<math>FDA_{A,A,T}</math>) no sea superior a (<math>FDA_{A,A,R}</math>).</p> <p>Continuar sólo si <math>FDA_{A,A,T} &gt; FDA_{A,A,R}</math></p>	<p><math>\epsilon_{tr2} = 5,61 \cdot 10^{-4}</math></p> <p>N admisible de laboratorio (ley de fatiga) = <math>6,85 \cdot 10^4</math></p> <p>Si factor de desplazamiento = 10, el N admisible en el terreno será <math>6,85 \cdot 10^5</math></p> <p><math>FDA_{A,A,T} = (8,4 \cdot 10^6) / (6,85 \cdot 10^5) = 1,227 = 122,7\% &gt; 33\%</math> 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><math>N_R = (6,85 \cdot 10^5) \cdot 0,33 = 2,26 \cdot 10^5</math></p>
<p>Calcular el tránsito remanente futuro (<math>N_{FR}</math>) luego del final de la vida de las capas asfálticas existentes, en términos de ejes equivalentes de 8,2 ton</p>	<p><math>N_{FR} = 8,4 \cdot 10^5 - 2,26 \cdot 10^5 = 6,14 \cdot 10^5</math></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 (<math>FDA_{A,S,R}</math>)</p>	<p><math>FDA_{A,S,R} = 1 - (2,26 \cdot 10^5 / 2,65 \cdot 10^7) = 0,991 = 99,1\%</math></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 $\epsilon_{zr}$ ) = $2,05 \cdot 10^6$  $FDA_{S,TR} = (6,14 \cdot 10^5) / (2,05 \cdot 10^6) = 0,30$  $FDA_{S,R} = 0,981$  $FDA_{S,TR} < FDA_{S,R}$ 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	<b>calculadas</b>	<b>admisibles</b>	<b>consumo</b>
	$2,70 \cdot 10^{-4}$	$4,76 \cdot 10^{-4}$	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**

<b>CAPA</b>	<b>MODULO (MPa)</b>	<b>ESPESOR (cm)</b>	<b>RELACION POISSON <math>\mu</math></b>
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:  
$$\epsilon_t = 5,2 * 10^{-3} * (N_{DA})^{-0,2}$$

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 11.14 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 ( $\epsilon_{zp}$ )	$\epsilon_{zp} = 7,33 \cdot 10^{-4}$ $\epsilon_t = 5,35 \cdot 10^{-4}$
Determinar la deformación de tracción en la fibra inferior de las capas asfálticas ( $\epsilon_t$ ) 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 ( $\epsilon_{zr}$ ).  Calcular ( $\epsilon_{zd}$ ).  Comparar ( $\epsilon_{zr}$ ) con ( $\epsilon_{zd}$ ) 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 $\epsilon_{zr}$ ) = $5,79 \cdot 10^6$  $FDA_S = (8,4 \cdot 10^5) / (5,79 \cdot 10^6) = 0.145 = 14,5\% < 100\%$ OK!
Con los resultados de la corrida del programa, determinar ( $\epsilon_{tr}$ ) 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 ( $\epsilon_{tr2}$ ) 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	<p>Capa 1, asfáltica nueva, 10 cm (2400 MPa)          Capa 2, granular, 10+53 = 63 cm (165 MPa)          Capa 3, subrasante (10 MPa)</p> <p>hg = 38,9 cm          he = 63 + 38,9 = 101,9 cm</p>	
Ajustar el módulo del material granular por dependencia de esfuerzos ( $E_{ga}$ )	$E_{ga} = 60 \text{ MPa}$	
Ajustar módulo de la subrasante por dependencia de esfuerzos ( $E_{sa}$ )	$E_g = 165 \text{ MPa}$ $E_s = 10 \text{ MPa}$ $h = 630 \text{ mm}$ $h_g = 389 \text{ mm}$	$FS = 1,32$ $E_{sa} = 10 \cdot 1,32 = 20 \text{ MPa}$
Elaborar el nuevo modelo de pavimento	<p>Capa 1, asfáltica nueva, 10 cm (2400 MPa)          Capa 2, granular, 63 cm (60 MPa)          Capa 3, subrasante (20 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 $FDA_{S,TR} < FDA_{S,R}$	$\epsilon_{zr} = 6,76 \cdot 10^{-4}$ $N_{AS}$ (obtenida a partir de la ley de comportamiento con $\epsilon_{zr}$ ) = $3,09 \cdot 10^6$ $FDA_{S,TR} = (8,15 \cdot 10^5) / (3,09 \cdot 10^6) = 0,264$ $FDA_{S,R} = 0,996$ $FDA_{S,TR} < FDA_{S,R}$ OK!	

<p>Determinar el factor de daño acumulado para la sobrecapa asfáltica (<math>FDA_{A,S,TR}</math>), debido al tránsito remanente futuro (<math>N_{FR}</math>). Verificar si <math>FDA_{A,S,TR} &lt; FDA_{A,S,R}</math></p>	<p><math>\epsilon_{tr} = 5,15 \cdot 10^{-4}</math></p> <p>N admisible de laboratorio (ley de fatiga) = <math>1,05 \cdot 10^5</math> Si factor de desplazamiento = 10, el N admisible en el terreno será <math>1,05 \cdot 10^6</math></p> <p><math>FDA_{A,S,TR} = (8,15 \cdot 10^5) / (1,05 \cdot 10^6) = 0,778</math></p> <p><math>FDA_{A,S,R} = 0,999</math></p> <p><math>FDA_{A,S,TR} &lt; FDA_{A,S,R}</math> 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><b>calculadas</b></p>	<p><b>admisibles</b></p>	<p><b>consumo</b></p>				
	<p><math>2,72 \cdot 10^{-4}</math></p>	<p><math>4,79 \cdot 10^{-4}</math></p>	<p>56,8%</p>				
	<p><math>5,73 \cdot 10^{-4}</math></p>	<p><math>8,48 \cdot 10^{-4}</math></p>	<p>67,5%</p>				
	<p><math>5,85 \cdot 10^{-4}</math></p>	<p><math>5,95 \cdot 10^{-4}</math></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: #c4c4c4;">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**

<b>CAPA</b>	<b>MODULO (MPa)</b>	<b>ESPESOR (cm)</b>	<b>RELACION POISSON <math>\mu</math></b>
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 ( $\epsilon_{zp}$ )	$\epsilon_{zp} = 7,16 \cdot 10^{-4}$ $\epsilon_t = 5,20 \cdot 10^{-4}$
Determinar la deformación de tracción en la fibra inferior de las capas asfálticas ( $\epsilon_t$ ) 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  <math>[E_a = (2400+490)/2 = 1445 \text{ MPa}]</math></p>	<p><math>H_g = 75,7 \text{ cm}</math></p> <p><math>H_e = 58 + 75,7 = 133,7 \text{ cm}</math></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> <math>E_g = 167 \text{ MPa}</math>  <math>E_s = 6 \text{ MPa}</math>  <math>H = 580 \text{ mm}</math>  <math>H_g = 757 \text{ mm}</math> </td> <td> <math>FS = 2,61</math>   <math>E_{sa} = 6 * 2,61 = 20 \text{ MPa}</math> </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 (<math>\epsilon_{zr}</math>).</p> <p>Calcular (<math>\epsilon_{zd}</math>).</p> <p>Comparar (<math>\epsilon_{zr}</math>) con (<math>\epsilon_{zd}</math>) y verificar el valor <math>FDA_S</math>.</p> <p>Cambiar el espesor si los criterios no se cumplen</p>	<p><math>\epsilon_{zr} = 4,95 * 10^{-4}</math></p> <p><math>\epsilon_{zd} = 6,67 * 10^{-4}</math></p> <p><math>\epsilon_{zr} &lt; \epsilon_{zd}</math>, OK!</p> <p><math>N_{AS}</math> (obtenida a partir de la ley de comportamiento con <math>\epsilon_{zr}</math>) = <math>1,19 * 10^7</math></p> <p><math>FDA_S = (1,1 * 10^6) / (1,19 * 10^7) = 0,092 = 9,2\% &lt; 100\%</math> OK!</p>		
<p>Con los resultados de la corrida del programa, determinar (<math>\epsilon_{tr}</math>) para la capa de refuerzo. Empleando la fórmula de fatiga de la mezcla, calcular el número admisible de repeticiones de carga y verificar que (<math>FDA_{A,T}</math>) no sea superior a la unidad.</p>	<p><math>\epsilon_{tr} = 2,64 * 10^{-4}</math></p> <p><math>N</math> admisible de laboratorio (ley de fatiga) = <math>2,98 * 10^6</math></p> <p>Si factor de desplazamiento = 10, el <math>N</math> admisible en el terreno será <math>2,98 * 10^7</math></p> <p><math>FDA_{A,T} = (1,1 * 10^6) / (2,98 * 10^7) = 0,037 = 3,7\% &lt; 100\%</math> OK!</p>		
<p>Con los resultados de la corrida del programa, determinar (<math>\epsilon_{tr2}</math>) para la capa asfáltica antigua. Empleando la fórmula de fatiga de la mezcla, calcular el número admisible de repeticiones de carga y verificar que (<math>FDA_{A,A,T}</math>) no sea superior a (<math>FDA_{A,A,R}</math>).</p> <p>Continuar sólo si <math>FDA_{A,A,T} &gt; FDA_{A,A,R}</math></p>	<p><math>\epsilon_{tr2} = 5,22 * 10^{-4}</math></p> <p><math>N</math> admisible de laboratorio (ley de fatiga) = <math>9,79 * 10^4</math></p> <p>Si factor de desplazamiento = 10, el <math>N</math> admisible en el terreno será <math>9,79 * 10^5</math></p> <p><math>FDA_{A,A,T} = (1,1 * 10^6) / (9,79 * 10^5) = 1,123 = 112,3\% &gt; 19\%</math> 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 (<math>FDA_{S,TR}</math>) debido al tránsito remanente futuro (<math>N_{FR}</math>). Verificar si <math>FDA_{S,TR} &lt; FDA_{S,R}</math></p>	<p><math>\epsilon_{zr} = 7,87 \cdot 10^{-4}</math></p> <p><math>N_{AS}</math> (obtenida a partir de la ley de comportamiento con <math>\epsilon_{zr}</math>) = <math>1,59 \cdot 10^6</math></p> <p><math>FDA_{S,TR} = (9,14 \cdot 10^5) / (1,59 \cdot 10^6) = 0.575</math></p> <p><math>FDA_{S,R} = 0,984</math></p> <p><math>FDA_{S,TR} &lt; FDA_{S,R}</math> OK!</p>						
<p>Determinar el factor de daño acumulado para la sobrecapa asfáltica (<math>FDA_{A,S,TR}</math>), debido al tránsito remanente futuro (<math>N_{FR}</math>). Verificar si <math>FDA_{A,S,TR} &lt; FDA_{A,S,R}</math></p>	<p><math>\epsilon_{tr} = 4,63 \cdot 10^{-4}</math></p> <p>N admisible de laboratorio (ley de fatiga) = <math>1,78 \cdot 10^5</math> Si factor de desplazamiento = 10, el N admisible en el terreno será <math>1,78 \cdot 10^6</math></p> <p><math>FDA_{A,S,TR} = (9,14 \cdot 10^5) / (1,78 \cdot 10^6) = 0,513</math></p> <p><math>FDA_{A,S,R} = 0,994</math></p> <p><math>FDA_{A,S,TR} &lt; FDA_{A,S,R}</math> 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>	<p><b>calculadas</b></p> <p><math>2,64 \cdot 10^{-4}</math></p> <p><math>5,22 \cdot 10^{-4}</math></p> <p><math>4,95 \cdot 10^{-4}</math></p>	<p><b>admisibles</b></p> <p><math>4,53 \cdot 10^{-4}</math></p> <p><math>8,03 \cdot 10^{-4}</math></p> <p><math>5,56 \cdot 10^{-4}</math></p>	<p><b>consumo</b></p> <p>58,3%</p> <p>65,0%</p> <p>89,0%</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 12 CM (2400 MPa)</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;">CAPA ASFALTICA 10 CM (490 MPa)</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #c4c4c4;">CAPA GRANULAR 58 CM (167 MPa)</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #555555; color: white;">SUBRASANTE (6 MPa)</td> </tr> </table>			CAPA REFUERZO 12 CM (2400 MPa)	CAPA ASFALTICA 10 CM (490 MPa)	CAPA GRANULAR 58 CM (167 MPa)	SUBRASANTE (6 MPa)
CAPA REFUERZO 12 CM (2400 MPa)							
CAPA ASFALTICA 10 CM (490 MPa)							
CAPA GRANULAR 58 CM (167 MPa)							
SUBRASANTE (6 MPa)							

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**

<b>CAPA</b>	<b>MODULO (MPa)</b>	<b>ESPESOR (cm)</b>	<b>RELACION POISSON <math>\mu</math></b>
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 ( $\epsilon_{zp}$ )	$\epsilon_{zp} = 7,62 \cdot 10^{-4}$ $\epsilon_t = 2,74 \cdot 10^{-4}$
Determinar la deformación de tracción en la fibra inferior de las capas asfálticas ( $\epsilon_t$ ) 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 <math>FDA_{A,A,P} &lt; 100\%</math>, 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, <math>FDA_{A,A,R} = 1 - FDA_{A,A,P}</math></p>	<p><math>FDA_{A,A,R} = 1 - 0,03 = 0,97 * 100 = 97\%</math> <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 [<math>E_a = (2400+490)/2 = 1445</math> 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 (<math>\epsilon_{zr}</math>).</p> <p>Calcular (<math>\epsilon_{zd}</math>).</p> <p>Comparar (<math>\epsilon_{zr}</math>) con (<math>\epsilon_{zd}</math>) y verificar el valor <math>FDA_S</math>.</p> <p>Cambiar el espesor si los criterios no se cumplen</p>	<p><math>\epsilon_{zr} = 5,08 * 10^{-4}</math> <math>\epsilon_{zd} = 7,10 * 10^{-4}</math> <math>\epsilon_{zr} &lt; \epsilon_{zd}</math>, OK!</p> <p><math>N_{AS}</math> (obtenida a partir de la ley de comportamiento con <math>\epsilon_{zr}</math>) = <math>1,07 * 10^7</math></p> <p><math>FDA_S = (1,1 * 10^6) / (1,07 * 10^7) = 0.103 = 10,3\% &lt; 100\%</math> OK!</p>	
<p>Con los resultados de la corrida del programa, determinar (<math>\epsilon_{tr}</math>) para la capa de refuerzo. Empleando la fórmula de fatiga de la mezcla, calcular el número admisible de repeticiones de carga y verificar que (<math>FDA_{A,T}</math>) no sea superior a la unidad.</p>	<p><math>\epsilon_{tr} = 2,50 * 10^{-4}</math></p> <p>N admisible de laboratorio (ley de fatiga) = <math>3,88 * 10^6</math></p> <p>Si factor de desplazamiento = 10, el N admisible en el terreno será <math>3,88 * 10^7</math></p> <p><math>FDA_{A,T} = (1,1 * 10^6) / (3,88 * 10^7) = 0,028 = 2,8\% &lt; 100\%</math> OK!</p>	

<p>Con los resultados de la corrida del programa, determinar (<math>\epsilon_{tr2}</math>) para la capa asfáltica antigua. Empleando la fórmula de fatiga de la mezcla, calcular el número admisible de repeticiones de carga y verificar que (<math>FDA_{A,A,T}</math>) no sea superior a (<math>FDA_{A,A,R}</math>). Continuar sólo si <math>FDA_{A,A,T} &gt; FDA_{A,A,R}</math></p>	<p><math>\epsilon_{tr2} = 4,75 \cdot 10^{-4}</math></p> <p>N admisible de laboratorio (ley de fatiga) = <math>1,57 \cdot 10^5</math></p> <p>Si factor de desplazamiento = 10, el N admisible en el terreno será <math>1,57 \cdot 10^6</math></p> <p><math>FDA_{A,A,T} = (1,1 \cdot 10^6) / (1,57 \cdot 10^6) = 0,699 = 69,9\% &lt; 97\% \text{ OK!}</math></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><b>calculadas</b></p>	<p><b>admisibles</b></p>	<p><b>consumo</b></p>				
	<p><math>2,50 \cdot 10^{-4}</math></p>	<p><math>4,53 \cdot 10^{-4}</math></p>	<p>55,2%</p>				
	<p><math>4,75 \cdot 10^{-4}</math></p>	<p><math>8,03 \cdot 10^{-4}</math></p>	<p>59,1%</p>				
	<p><math>5,08 \cdot 10^{-4}</math></p>	<p><math>5,56 \cdot 10^{-4}</math></p>	<p>91,4%</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 12 CM (2400 MPa)</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;">CAPA ASFALTICA 10 CM (490 MPa)</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #c4c4c4;">CAPA GRANULAR 38 CM (300 MPa)</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #555555; color: white;">SUBRASANTE (10 MPa)</td> </tr> </table>			CAPA REFUERZO 12 CM (2400 MPa)	CAPA ASFALTICA 10 CM (490 MPa)	CAPA GRANULAR 38 CM (300 MPa)	SUBRASANTE (10 MPa)
CAPA REFUERZO 12 CM (2400 MPa)							
CAPA ASFALTICA 10 CM (490 MPa)							
CAPA GRANULAR 38 CM (300 MPa)							
SUBRASANTE (10 MPa)							

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**

<b>SECTOR</b>	<b>CAPA</b>	<b>ESPESOR (cm)</b>
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)
- T<sub>800</sub>: 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
<b>FISURAS</b>				
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 <sup>2</sup> )	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 <sup>2</sup> )	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 <sup>2</sup> )	FDC	Fisuras < 1 mm o selladas	Fisuras de 1-3 mm, pueden existir agrietamientos alrededor con aberturas menores a 1 mm	Fisuras > 3mm pueden existir agrietamientos entre las fisuras con aberturas mayores a 1 mm
Fuercion inapiente (m <sup>2</sup> )	FB		En grado de severidades asociados	
<b>DEFORMACIONES</b>				
Condiciones (m <sup>2</sup> )	CMD			
Abultamiento (m <sup>2</sup> )	AL	Altura < 10 mm	Altura entre 10-20mm	Altura > 20mm
Hundimiento (m <sup>2</sup> )	HUM	Altura < 20 mm	Altura entre 20-40mm	Altura > 40mm
Ahuellamiento (m <sup>2</sup> )	AHU	Altura < 10 mm	Altura entre 10-25mm	Altura > 25mm
<b>DANOS SUPERFICIALES</b>				
Desgaste superficial (m <sup>2</sup> )	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 desmenuzamientos evidentes y partículas sueltas sobre la cobeta
Pulveriento del agregado (m <sup>2</sup> )	PA		En grado de severidades asociados	
Cubetas duras (m <sup>2</sup> )	CD		En grado de severidades asociados	
Exudador (m <sup>2</sup> )	EX	Se hace visible en la superficie en forma de gotas y de espesor delgado que no cubra los agregados gruesos	Gotas de asfalto base que cubren una película cubriendo parcialmente los agregados	Cantidad significativa de asfalto en la superficie cubriendo con la totalidad de los agregados, aspecto húmedo de intenso color negro
Suras (m <sup>2</sup> )	SU		En grado de severidades asociados	
<b>DETERIORO DE LAS CARAS SUPERFICIALES</b>				
Desacostamiento (m <sup>2</sup> )	DC	Altura < 10 mm	Altura entre 10-25mm	Altura > 25mm
Bache o hueco (m <sup>2</sup> )	BCH	Profundidad < 25mm, corresponde al deterioramiento 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 <sup>2</sup> )	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
<b>OTROS DANOS</b>				
Corrosión vertical de la balsa (m <sup>2</sup> )	C/V	Altura < 4mm	Altura > 4mm	Altura > 5mm
Separación de la balsa (m <sup>2</sup> )	SB	Ancho < 5cm	Altura 3-10mm	Altura > 10mm
Ahorramiento de agua (m <sup>2</sup> )	AFA		En grado de severidades asociados	
Ahorramiento de fines	AFI		En grado de severidades asociados	
<b>COMENTARIOS</b>				
<p>1- En el caso de las balsa, 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 balsa no requieren la adición de la "B" al final</p> <p>2- En el caso de los ahorramientos de agua se evalúa en (m) la zona afectada cuando no tiene daño asociado, sin embargo, cuando el ahorramiento 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 ahorramiento de agua</p> <p>3- Dado que el ahorramiento de los fines siempre se presentan donde existe un daño (por ejemplo una fisura o piel de cocodrilo), se reporta el daño y en las aclaraciones se escribe que posee ahorramiento de fines</p>				

CONVENCIONES Y SEVERIDADES PARA DAÑOS EN CUNETAS Y CANALES DE CONDUCCIÓN

TIPO DE DAÑO	CONVENCIÓN	SEVERIDADES		
		BAJA	MEDIA	ALTA
<b>FIGURAS</b>				
Desplazamiento (m)	01	Más de 10 cm	Más de 10 cm	Más de 20 cm
Gravita (gr)	02	Más de 10,0 gr por 1 m de longitud	Más de 10,0 gr	Más de 20 gr
Desgaste (mm o # de rodaje)	03	El desgaste ha aumentado considerablemente, pero no de manera significativa	La superficie de la cuneta se ha deteriorado en forma leve, hay pérdida de perfil, las líneas de drenaje no se observan marcadas significativas	La superficie está muy rugosa y presenta pérdida de perfil, se puede presentar escape de agua que genera un canal más profundo por donde debe fluir
Desplazamiento (m)	04, 05, 06	Longitud 4-6 cm	Longitud 4-10 cm	Longitud 10-20 cm
Fracturamiento (mm o # de rodaje)	07, 08	Tallado más de 2 bloques en el modelo de la cuneta, aunque no hay desplazamiento ni hundimiento del concreto ni se observan infiltraciones evidentes	Los bloques presentan una separación entre 50 mm y 10 cm con algún desplazamiento de hundimiento	Los bloques presentan separación entre 100 mm a 15 cm con desplazamiento, hundimiento que genera infiltraciones escape de agua a las capas inferiores. Puede haber separación total o parcial del concreto y no hay continuidad de la cuneta
Separación de la cuneta (m)	09	Más de 10 cm	Más de 10 cm	Más de 20 cm
Obstrucción (m)	10	El área del 10% de la sección se encuentra con material fino transportado como del que proviene de taludes adyacentes	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 cuneta se encuentra en la condición de estar en perfecto estado de conservación y funcionamiento		



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


TERRITORIAL:                      PEDA:                      DISTRITO:                      CORRECTOR:  - PR. LOCAL                       - SI                       
 CODIGO DE LA VIAL:                      CONTRATO No:                      MTO. MATERIA:  - PR. FINAL                       - SI                       
 NOMBRE DE LA VIAL:                      LEVANTADO POR:                      Ing. David Barahona AMX  - NOVA:                       - SI                       - NOVA                       - SI                     

PR	Carril	Tipo	Sever	PATOLOGIA				Foto	Aclaraciones
				Daño		Reparación			
				Longitud	Anchura	Longitud	Anchura		
SI+193		FE		1.00	1.00	1.00	1.00		
SI+222		FT		0.50		0.50			
SI+347.4									
		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		S							
SI+448.3		BR							

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

TERMINAL:	<u>                    </u>	FECHA:	<u>                    </u>	CONCEPCION:	<input type="checkbox"/>	PR. ACIA:	<u>                    </u>
CODIGO DE LA VÍA:	<u>                    </u>	CONTRATO:	<u>                    </u>	WFO. SISTEMAL:	<input type="checkbox"/>	PR. PAU:	<u>                    </u>
NOMBRE DE LA VÍA:	<u>                    </u>	LEVANTADOR:	<u>                    </u>	NO. DE DISEÑO:	<input type="checkbox"/>	NO. DE TR.:	<u>                    </u>

Así como fecha

PK	Carril	Tipo	Base	PATOLOGIA				Foto	Aclaraciones
				Daño		Reparación			
				Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)	Ancho(m)		
E1-0471		FC							
E1-500		ML							
E1-500.1		ML							
E1-0530		ML							
E1-503.1		BA							
E1-800								Concreto rígido- acantaria	
E1-715		AHJ							
E1-807								Valle	
E1-0977		ML							

Numero de calzadas:	<u>                    </u>	CONCEPCION:	<u>                    </u>
Numero de carriles por calzadas:	<u>                    </u>		
Ancho de carril:	<u>                    </u>	Ancho de base:	<u>                    </u>

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

IDENTIFICACION	PROYECTO	FECHA	CONVENIO	PR. INICIAL
SOCIOS DEL CANAL	CONTRATISTA	15/05/2009 14:40	INTRO. SEPTIMA	PR. FINAL
ABASTECIMIENTO	ENCARGADO DEL PROYECTO	ING. DARIO BUCHELY	A.H.V.	AQUÍ
		ING. EMERSON TUICAN		DE

PR. INICIAL	DIRECCION	EQUIPAMIENTO	Longitud (m)		Forma	Dato			Ficha No.	Observaciones
			Total	Abastec.		Esp.	Sev.	Can.		
514288	X	X	198	1.20	V					
514487	X	X	483	1.20	R					
514970	X	X	41	1.20	V					
720										
En el PR 514590 se encuentra en mal estado										

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




©SERVICIOS DE CONSULTORIA

REPUBLICA DE COLOMBIA		CARRETERA: PASTO MOCOA		FECHA: 13 de Mayo de 2008									
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS		SECTOR: SANTIAGO SAN FRANCISCO		PIL.: 51 A. PCL.: 52									
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS UNIVERSIDAD DE NARIÑO		PK.01	PK.52										
		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	
<b>CONDICION SUPERFICIAL</b>	<b>DAÑOS</b>	ESTRUCTURALES	Deformación	[Green bar]									
			Fisuración longitudinal	[Green bar]									
	ESTRUCTURALES	Fatiga	[Green bar]										
		Parcheo/Reparación	[Yellow bar]										
		SUPERFICIALES	Fisura longitudinal de junta	[Green bar]									
			Pérdida película de ligante	[Green bar]									
	Pérdida de agregado		[Green bar]										
	SUPERFICIALES	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 yellow and red spots]											
	IRI m/Km	[Scale 0-10]											
	CRD	0.45											
<b>CONDICION ESTRUCTURAL</b>	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	[Green bar with yellow spots]											

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

**FORMATO PARA LA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2**

TERRITORIAL:	Rubro:	FECHA:	Orden de obra:	CONDICIÓN:	<input type="checkbox"/>	PR. INCL:	50
CODIGO DE LA VIA:	100:	CONTRATO No.:		ARTO MATERIAL:	<input type="checkbox"/>	PR. INCL:	50
NOMBRE DE LA VIA:	Ruta, Motor:	CONVARTADO POR:	Ing. Darío Botto	ARM:	<input type="checkbox"/>	HOUR:	1. DE: 1
			Ing. Alejandro Talan				

PR	Cantil	Tipo	Secc	PAVIMENTO				Foto	Acciones
				Dño		Reparación			
				Largo	Ancho	Largo	Ancho		
52+005		FT		1.00	1.00	1.00	1.00		
52+214		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	PL									
52-0241	SA									
52-077	MI		3.00	2.00	3.00	2.00				
52-009	MI									
Número de colchadas:										Comentarios:
Número de cartiles por colchadas:										
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. URBAN: \_\_\_\_\_

MOTIVO ESPECIAL:

MOBILIDAD: \_\_\_\_\_

LEJANTADO POR: \_\_\_\_\_

ÁREA:  HORA: \_\_\_\_\_

DE: \_\_\_\_\_

PR	Carril	Tipo	Sever		Dado		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	2.00	2.00		
52+906		ML								

Numero de calzadas: \_\_\_\_\_

Numero de carriles por calzadas: \_\_\_\_\_

Ancho de carril: \_\_\_\_\_

Alto de barrera: \_\_\_\_\_


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	
<b>CONDICION SUPERFICIAL</b>	<b>DAÑOS</b>	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]												
	Índice de Fisuración If		0-100000	[Line graph showing If index values]											
	Índice de Deformación Id		0-100000	[Line graph showing Id index values]											
Índice de Deterioro Is		0-100000	[Line graph showing Is index values]												
IRI m/Km		0-100000	[Line graph showing IRI values]												
CRD		0.45													
<b>CONDICION ESTRUCTURAL</b>	DEFLEXION BAJO EL EJE DE LA CARGA (FWD) 1/100 mm		0-100000	[Line graph showing deflection values]											
	ESTRATIGRAFIA (cm)		0-100000	[Cross-section diagram of road layers]											
<b>CONDICION DEL DRENAJE</b>		[Bar chart showing drainage condition]													



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

TERRITORIAL: Autopista RORCA Orizaba-Veracruz OROZCOB:  AR. NDAE: 33  
 CODIGO DE LA VIA: 100 CONTRATO No: MTD-INTS-04  AQ. FINE: 34  
 NOMBRE DE LA VIA: Puerto México LEVANTADO POR: Ing. César Sánchez X.M.Y.  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	3.00	2.00	2.00		
53-458		ML							
53-601		FL							
53-851.00								Pisuras	
53-738		FL							

53-7450								Financ
Número de colación: 0								Carpeta:
Número de ordenes por colación								
Ancho de cartil:		7.6	Año de ingreso:		12			

**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		AQUÍ	SE 3
		NOMBRE DEL INGENIERO	ING. DARIO BUICHELY				
		NOMBRE DEL INGENIERO	ING. EMERSON TULCAN				

PK. INICIAL	PK. FINAL	Longitud (m)	Cebos			Forma	Estado	Observaciones	Evidencia
			Tipos	Señal	Cam				
53+000	53+007	80	1.20	V					
53+004	53+014	100	1.20	V					
53+007	53+017	100	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	
<b>CONDICION SUPERFICIAL</b>	<b>DAÑOS</b>	<b>ESTRUCTURALES</b>	Deformación	[Green bar]									
			Fisuración longitudinal	[Green bar]									
	Fatiga		[Green bar]										
	Parcheo/Reparación		[Red bar from 0 to 200]										
	<b>SUPERFICIALES</b>	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											
<b>CONDICION ESTRUCTURAL</b>	DEFLEXION BAJO EL EJE DE LA CARGA (FWD) 1/100 mm	[Line graph showing deflection values]											
	ESTRATIGRAFIA (cm)	[Cross-section diagram of road layers]											
<b>CONDICION DEL DRENAJE</b>		[Yellow and green bars indicating drainage status]											

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

TERRITORIAL: Palmar: \_\_\_\_\_ REDAL: Octubre de 2008 CONDICION:  PS. BICAL: 25  
 CODIGO DE LA VIA: 1603 CONTRATO/N: \_\_\_\_\_ MOTIVACION:  PS. ABAL: 35  
 NOMBRE DE LA VIA: PS48, Milla LEVANTADO POR: Jey, David Sichel, A.R.E.  BOA: 7 DE 1  
 Ing. Cristian Torres

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								Daño de pescado daño por maquina	
54+75.0								Daño de pescado	
54+723.80		B						Panela	
54+87								Fisuras - bache	
Numero de cazadas								Comentarios	
Numero 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**

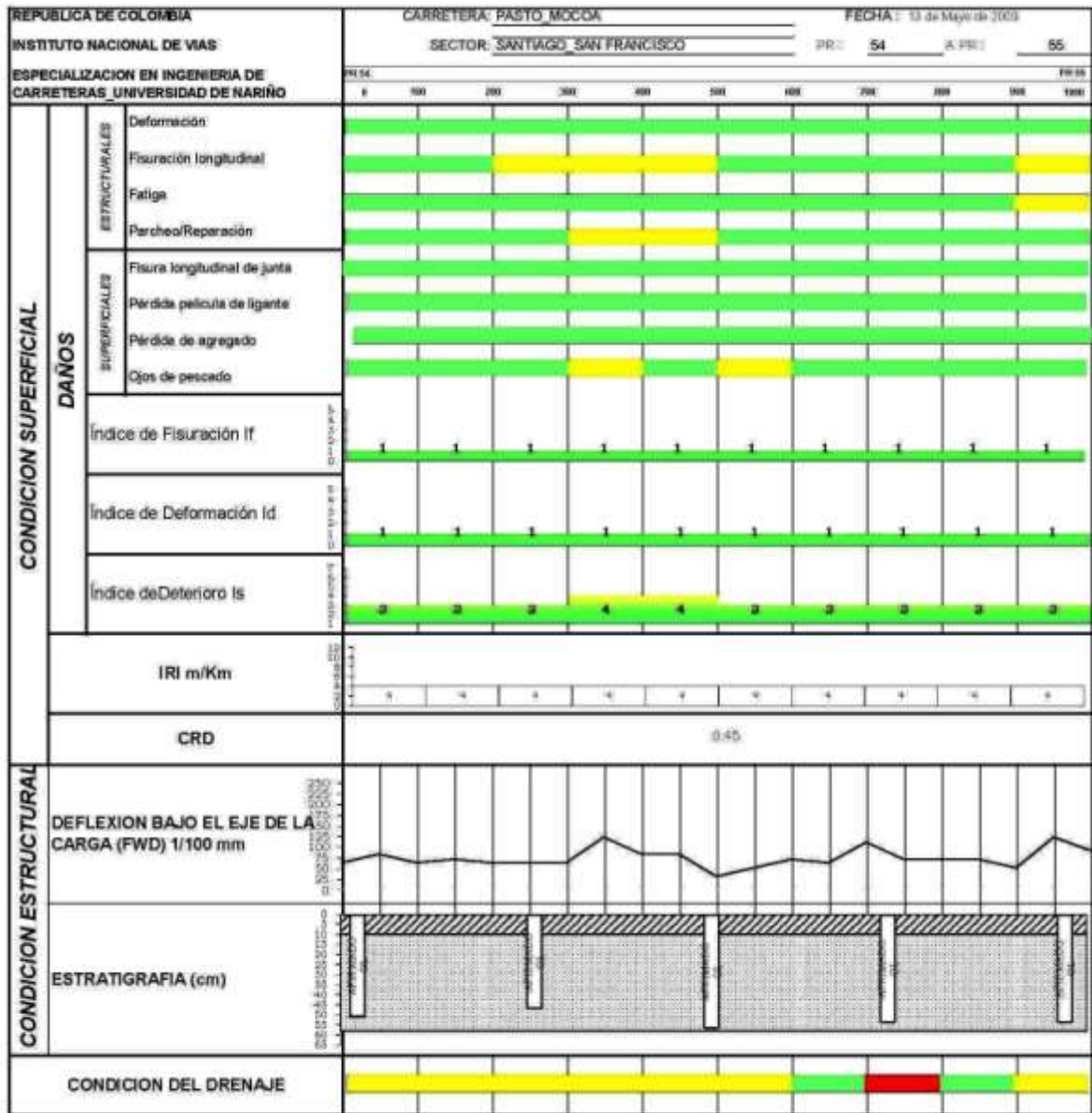
TERRITORIO:			AUTUMAYO		FECHA: 13/05/2008 14:44			BOCCESONO		
SOLARIO DE LA VIA:			R-155		CONTINUIDAD:			RTO. INVESTIGAD		
NOMBRE DE LA VIA:			CALLE BOCCHA		EQUIVOCACION:			A. M. P.		
			ING. DARIO BUCHELY					PUNTO DE CONTROL:		
			ING. EMERSON TILCAN					RECORRIDO:		
								RE-FARDE:		
								ADQU:		

Lado Derecho		Lado Izquierdo		Asimétrico		Forma		Código		Observaciones	
Distancia	Estado	Distancia	Estado	Distancia	Estado	Distancia	Estado	Distancia	Estado	Distancia	Estado
172.7	I,2	1.21	M							Se hicieron en el último control de mantenimiento.	
172.7											

Forma Triangular V- Rectangular B- Trapezoidal T- Bifurcado R-  
-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:	<u>                    </u>	FECHA:	<u>                    </u>	CODIGO AUTOM:	<u>                    </u>	CONCESION:	<input type="checkbox"/>	PR. ROAD:	<u>                    </u>
COORDENADA VIA:	<u>                    </u>	CONTRATO NO.:	<u>                    </u>	MITO INTERNA:	<input type="checkbox"/>	PR. ROAD:	<input type="checkbox"/>	PR. ROAD:	<u>                    </u>
NOMBRE DE LA VIA:	<u>                    </u>	LEVANTADO POR:	<u>                    </u>	Ag. Dirección:	<input type="checkbox"/>	A.E.X.	<input type="checkbox"/>	HOJA:	<u>                    </u> DE <u>                    </u>

PR	Cant	Tipo	PAATOLOGIA						Foto	Aclaraciones
			Sever	Daño		Reparación				
				Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)	Ancho(m)			
554115,6		B								
554274,5		PC								
554475,4									Varias fisuras	
554497		FL								
554431		FL								
554443		FL								
554622		FL								
554605		PT								
554629,2		ML								
554850		ML								

Numero de cobradas:	<u>                    </u>	Comentarios:	<u>                    </u>
Numero de cortes por cobrada:	<u>                    </u>		
Ancho de carril:	<u>                    </u>	Ancho de bermas:	<u>                    </u>



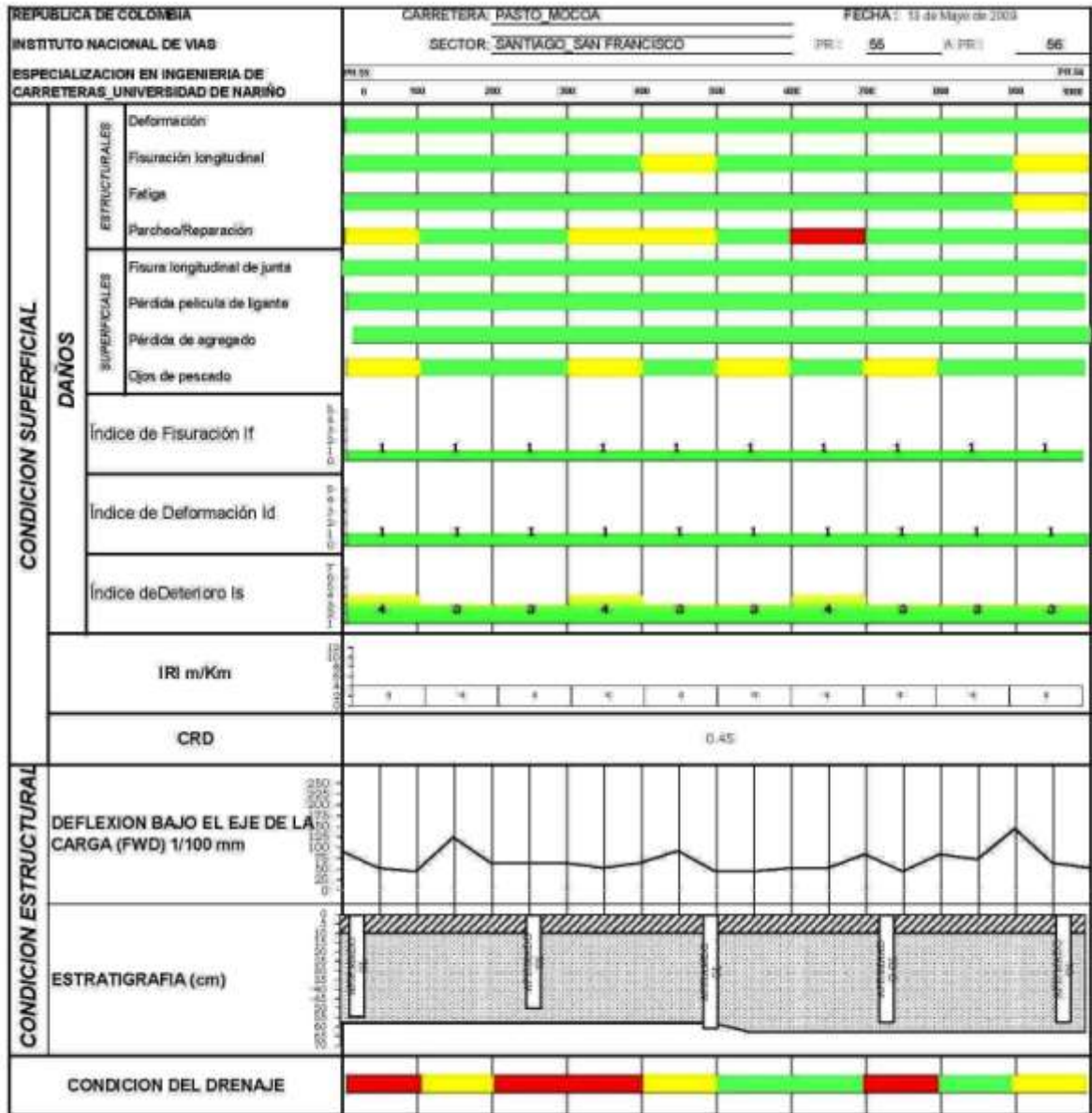
**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS**

**FORMATO PARA LA INSPECCION VISUAL DE CUNETAS**

REGIONES:		AUTOMOV:		FORMA:		ELEVACION (ms):		CONDICION:		PR. REG. 1:	
CANTON DE LA VIA:		RED:		CONTRATO No.:		FECHA DE INSPECCION:		APTO. INICIAL:		PR. REG. 2:	
NOMBRE DE LA VIA:		ANCHO AJUSTADO:		APROBADO/NO:		ING. EN CARRO INICIAL Y FIN:		ARR:		RUM: 1. 2. 3.	
PR. INICIAL:	Lado:	Longitud (m):	Forma:	Tipos:	Señal:	Cam:	Sh:	Observaciones:	Etapas:		
55-982395	Derecho:	402.85	Y	Triángulo				Es malabaron en el último costado de mantenimiento			
X	Izquierda:	1.20									
		42.66									

Forma Triángulo V - Ho-cángular - B - Tripezoedal - T - Semicírculo - S

06/04/2016 Gerente



**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: 02/06/2022 COMEDOR:  PR. WORK: 08  
 CODIGO DE LA VIA: 303 CONTRATO No.:                      METRO LINEAL:  PR. DIA: 07  
 NOMBRE DE LA VA: Pinar, Monte Plata LEVANTADO POR: Ing. David Sánchez A.M.E:  HOJA: 1 DE 2  
Ing. Erickson Toluá

PR	Carril	Tipo	Sever	PATOLOGIA				Foto	Aclaraciones
				Daño		Reparación			
				Largo(m)	Anchura(m)	Largo(m)	Anchura(m)		
50+125.9		B							
50+132.7		FL							
50+189.8		ML						Media luna renivelación	
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:	CONCEPCION:	
CODIGO DE LA VIALIDAD:	CONTINENTE No.:	MTOP/INSTRUCION:	PREVENCION:
NOMBRE DE LA VIALIDAD:	LEMAN/PROYECTO:	444/4:	ACUMULACION:
		ING. DARIO BUCHELY	1
		ING. EMERSON TULCAN	2

FF. (M.C.M.)	Lado		Anchura (m)		Forma	Doble			Foto No.	Observaciones
	Derecho	Izquierdo	Totol	Alto		Tipo	2 x 2	Can		
55+438	X		10	1.20	V					
56+433.60	X		318.85	1.20	V					
56+513	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		P.R.: 56 A.P.R.: 57	
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS. UNIVERSIDAD DE NARIÑO		K.M. 0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000		K.M. 0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000	
<b>CONDICION SUPERFICIAL</b>	<b>DAÑOS</b>	<b>ESTRUCTURALES</b>	Deformación	[Barra verde]	
			Fisuración longitudinal	[Barra verde]	
	Fatiga		[Barra verde]		
	Parqueo/Reparación		[Barra amarilla]		
	<b>SUPERFICIALES</b>	Fisura longitudinal de junta	[Barra verde]		
		Pérdida película de ligante	[Barra verde]		
		Pérdida de agregado	[Barra verde]		
		Ciños de pescado	[Barra amarilla]		
		Índice de Fisuración If	[Gráfico de barras verdes]		
		Índice de Deformación Id	[Gráfico de barras verdes]		
	Índice de Deterioro Is	[Gráfico de barras verdes y amarillas]			
	IRI m/Km	[Gráfico de barras verdes]			
	CRD	0.45			
<b>CONDICION ESTRUCTURAL</b>	DEFLEXION BAJO EL EJE DE LA CARGA (FWD) 1/100 mm	[Gráfico de línea de deflexión]			
	ESTRATIGRAFIA (cm)	[Diagrama de estratigrafía]			
<b>CONDICION DEL DRENAJE</b>		[Barra amarilla y roja]			

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

TERRITORIAL: Puerto Rico FECHA: 02/05/2008 CONCESION:  PR-ANCL: 87  
 CODIGO DE LA VIA: 1000 COORDINADO:                      ARTIFICIAL:  PR-PRAL: 88  
 NOMBRE DE LA VIA: Road 3000 LEVANTADO POR: Ing. David Bache A.M.P.:  RQA: 7-EC 7  
Ing. Emerson Torres

PR	Carril	Tipo	Sever	PATOLOGIA				Foto	Aclaraciones
				Detección		Reparación			
				Largitud	Anchura	Largitud	Anchura		
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 bermas:	



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	ESTRUCTURALES	Deformación											
		Fisuración longitudinal											
		Fatiga											
		Parqueo/Reparación											
	SUPERFICIALES	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 Ii												
	IRI m/Km												
CRD													
CONDICION ESTRUCTURAL	DEFLEXION BAJO EL EJE DE LA CARGA (FWD) 1/100 mm												
	ESTRATIGRAFIA (cm)												
CONDICION DEL DRENAJE													





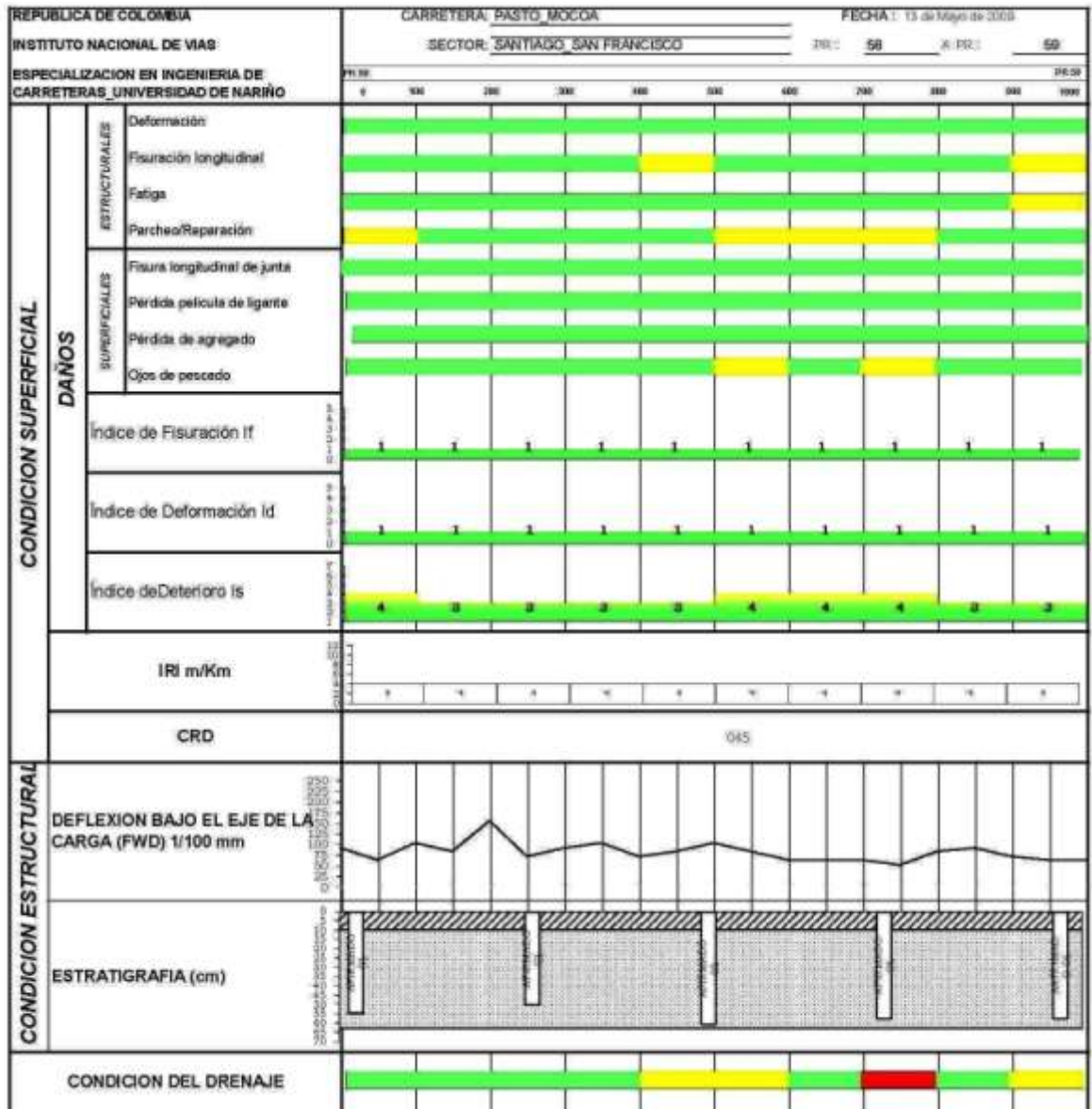
**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA  
RED NACIONAL DE CARRETERAS  
FORMATO PARA LA INSPECCION VISUAL DE CUNETAS**

ZONA/COMUNIDAD: ZUTUBERNO  
 MUNICIPIO: MOY  
 PROVINCIA: SANTA FE  
 CANTÓN: ZUTUBERNO  
 PARCELA: 008  
 FECHA: 13/05/2019 14:54  
 CONCESSIONARIO: [ ]  
 COMITENTE: [ ]  
 INGENIERO: ING. DARIO BUCHELY  
 EMPRESA: ING. EMERSON TULCAN  
 DISEÑADOR: [ ]  
 DISEÑADOR: [ ]  
 DISEÑADOR: [ ]

PK INICIAL	PK FINAL	Lado		Longitud (m)		Forma	Corte			Foto No.	Observaciones
		Derecho	Izquierdo	Total	Abertura		Tipo	Base	Can		
58+614		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 - Trapezoidal - 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:                                  ZONA:                                  CONCESION:                                  CONGRESO:  FICHA:                                   
CODIGO DE LA VIA:                                  CONTRATO:                                  MTO:                                  REGIONAL:  REGIONAL:                                   
NOMBRE DE LA VIA:                                  LEVANTADO POR:                                  S.M.V:  HOJA:                                  DE                                 

PATOLOGIA									Aclaraciones
PK	Caril	Tipo	Sever	Daño		Reparación		Foto	
				Longitud(m)	Ancho(m)	Longitud(m)	Ancho(m)		
39+102		FL							
39+129		B							
39+296									Daño pequeño al borde
39+355		B							
39+371		B							Bacheo pequeño al borde lado izquierdo
39+457.8		PC							
39+475		B							Bacheo pequeño lado izquierdo
39+529		B							Bacheo pequeño lado izquierdo
39+650		PC							
39+655		PC							
39+657		PC							
39+664		FB							
39+665		PCH							Lado izquierdo
39+746		PC							
39+757		B							Bacheo pequeño lado izquierdo
39+790		FB							
39+822.6									Daño borde izquierdo + fura longitudinal eq.
39+843.8		FB							Lado izquierdo
39+840.8		FB							Lado izquierdo
39+880		B							
39+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**

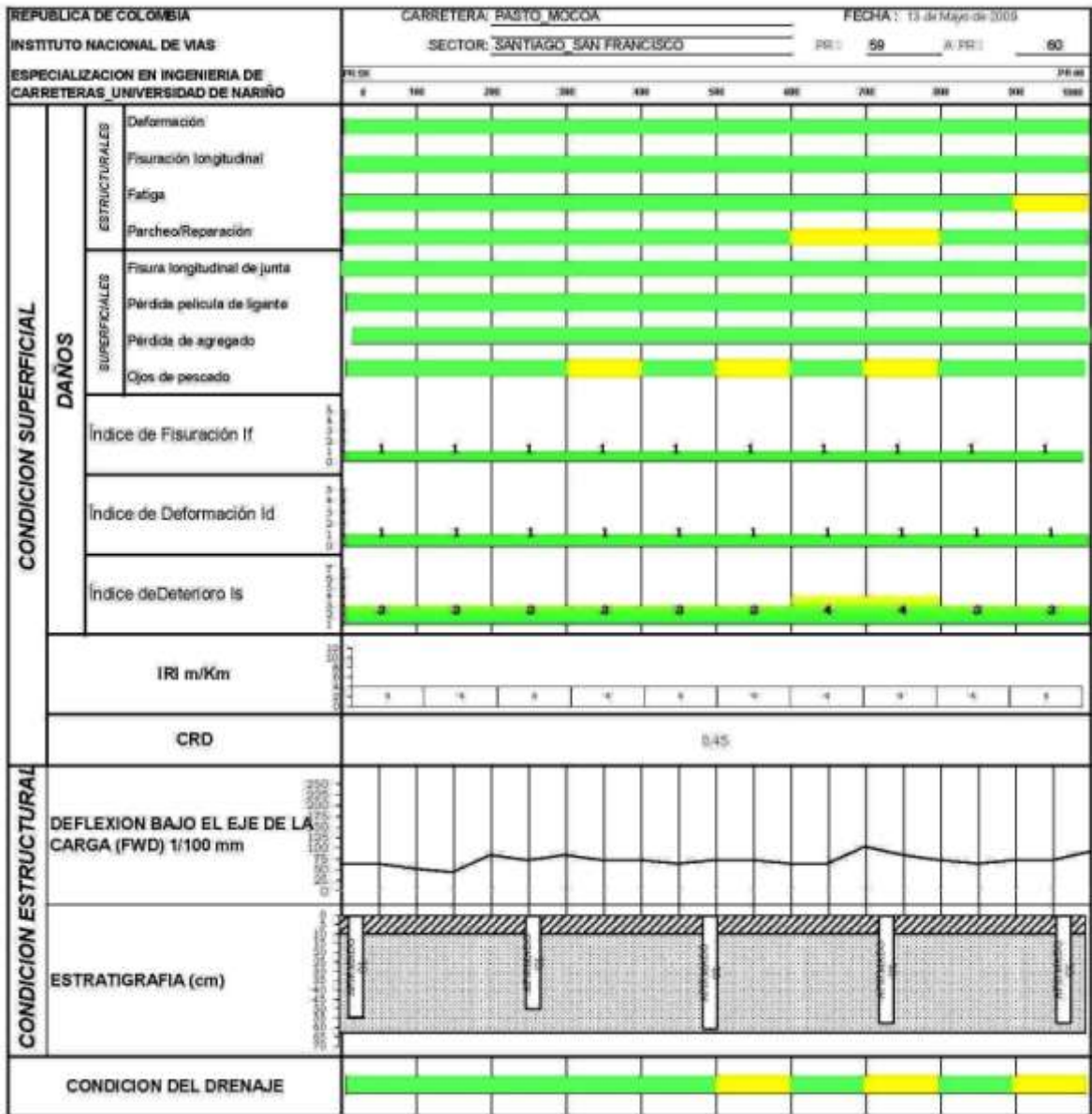
ZONA: QUINTANA ROO PROYECTO: 13/05/2008 14.56 CONDICION:  PR. (NOVA) 20  
 CANTON: HOH CONDICION:  PR. (NOVA) 20  
 MUNICIPIO: KASTO MUCIB CONDICION:  PR. (NOVA) 20

PROYECTO: ING. DARIO BUICHELY CONDICION:  PR. (NOVA) 20  
PROYECTO: ING. EMERSON TULCAN CONDICION:  PR. (NOVA) 20

K+V	Lado Derecho		Lado Izquierdo		Forma	Dato			Observaciones	Equipo
	Defecto	Numero	Defecto	Numero		Tip	Sev	Can		
59+004	X	1	X	1	M					
59+134	X	1			V					
59+300	X	1			V					
59+360	X	1			V					
59+390	X	1			V					
<b>1987</b>										

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+963	D			1.00		1.00			

Numero de catzadas:                      Comentarios:                       
 Numero de carriles por catzadas:                       
 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**

ZONA:		FECHA:		CONCESION:		PREVENCION:	
MUNICIPIO:		CONTINENTE:		MOTIVACION:		PREVENCION:	
CANTON:		DEPARTAMENTO:		ABR:		PREVENCION:	
CALLE:		ING. DARIO BUCHELY		ING. EMERSON TILCANI		PREVENCION:	

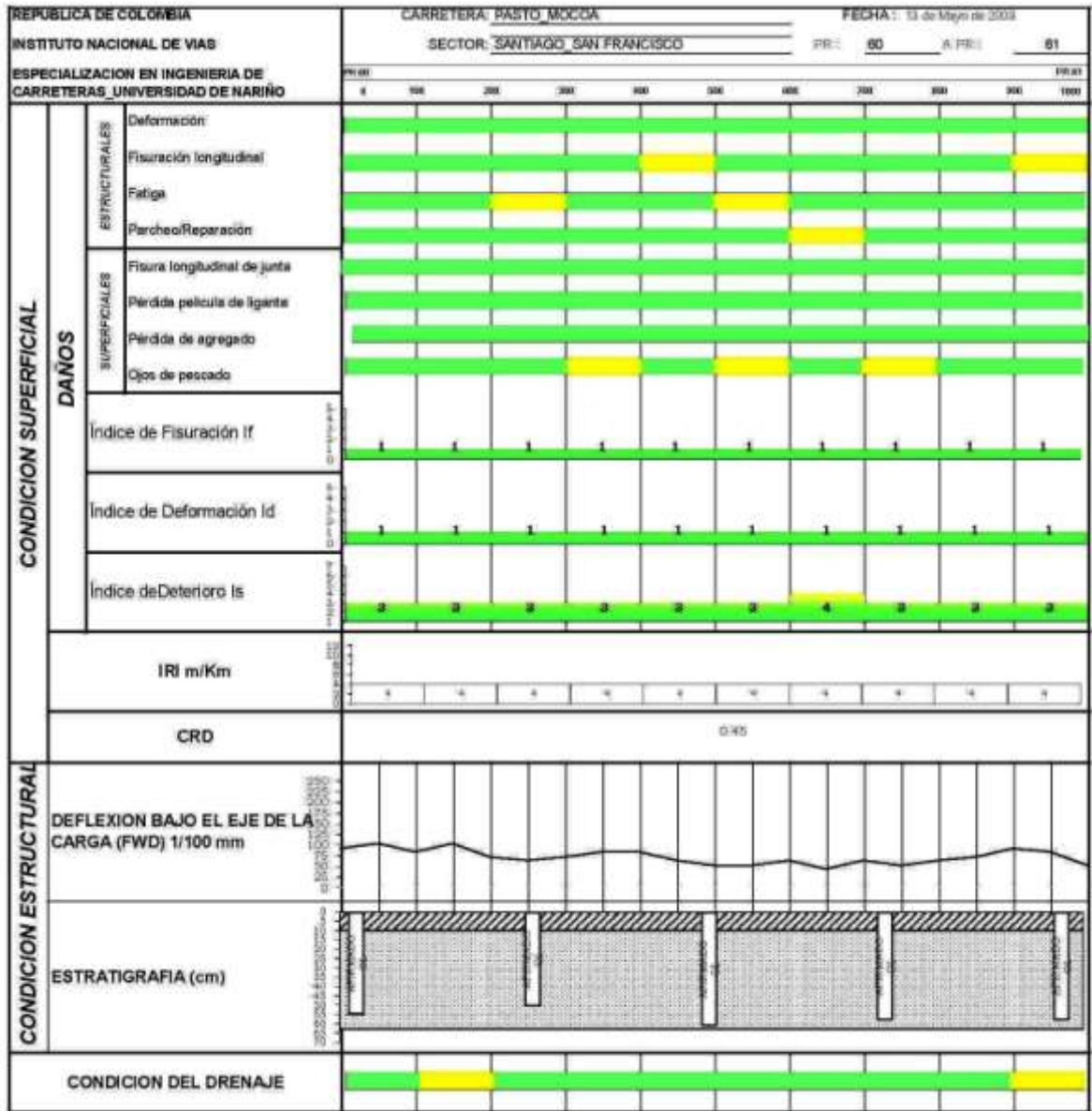
  

PK (INICIAL)	PK (FINAL)	Lado Derecho	Lado Izquierdo	Longitud (m)		Forma	Grado			Tipo	Calt	In	Observaciones	Equipo
				Total	Modulo		Sev	Med	Min					
0+000	0+050	R	I	1.20	1.20	R								
0+050	0+100	R	I	1.20	1.20	R								

Forma Triangular (R-Rectangular- R- Irregular) - 1 - Sembrador - 1

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:                                                                                                                                                                                                                  

CODIGO DE LA VIA:                                                                                                                                                                                                                  

NOMBRE DE LA VIA:                                                                                                                                                                                                                  

PATOLOGIA									Foto	Aclaraciones
PK	Cantl	Tipo	Sever	Daño		Reparación				
				Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)	Ancho(m)			
614022	D	P		1.00	1.00	1.00	1.00			
614048	I	PC		1.00	2.00	1.00	2.00			
614063	I	PC								
614079	D	F		1.00	2.00	1.00	2.00		Ojo de pescada	
614162	D	PC		1.00	2.00	1.00	2.00		Riel ojo de pescada	
614215.5	D	PC		2.00	2.00	2.00	2.00			
614300.8	D	PC		1.00	1.00	1.00	1.00			
614406	D	F		1.00	1.00	1.00	1.00			
614451	I	PC		3.00	3.00	3.00	3.00			
614566.5	I	PC								
614526	D	P		1.00	1.00	1.00	1.00			
614542	D	F		1.00	1.00	1.00	1.00			
614549	D	P		1.00	1.00	1.00	1.00			
614580	D	P		1.00	1.00	1.00	1.00			
614626	I	RCH		2.50	1.00	2.50	1.00		Pavimento concreto rígido	
614655.9	I			3.00	1.00	3.00	1.00		Falla por junta	
614681	I	RL		3.00	1.00	3.00	1.00			
614684	D	PC		2.00	1.00	2.00	1.00			
614690	D	PC		2.00	1.00	2.00	1.00			
614662.6	I								Falla por junta	
614663	I	PC								
614683.8	D	PC								
614679	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			
614921	D			1.00	1.00	1.00	1.00		Falla transversal	
614950	I								Borde	

Numero de castadas:                      Comentarios:                     

Numero de cantes por castadas:                     

Ancho de canto:                      Ancho de base:

**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 VÍA	1003	COORDENADA N		MTO. INTERIOR	PR. REGI.	02
SECCION DE LA VÍA	PARQUE MOCOA	LENAVALCABER	ING. DARIO BUCHELY	A.M.U.	MOA	03
			ING. EMERSON TULCAN			04

PR. LOCAL	Lado	Derecho	Tanjunto	Longitud (m)		Forma	Defeo			Observaciones	
				Total	Modulo		Uno	Seis	Com		sin
01+354	X			22	1,20	N					
01+410	X			1,40	1,20	R					

**162**

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			
<b>CONDICION SUPERFICIAL</b>	<b>DAÑOS</b>	<b>ESTRUCTURALES</b>	Deforcación	[Green bar]											
			Fisuración longitudinal	[Green bar]											
			Fatiga	[Green bar]											
			Parcheo/Reparación	[Green bar]											
	<b>SUPERFICIALES</b>	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													
<b>CONDICION ESTRUCTURAL</b>	DEFLEXION BAJO EL EJE DE LA CARGA (FWD) 1/100 mm	Superficie	[Line graph showing deflection values]												
	ESTRATIGRAFIA (cm)	Superficie	[Cross-section diagram of road layers]												
<b>CONDICION DEL DRENAJE</b>		[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 _____	FECHA _____	ORDENADOR _____	CONGESSOL <input type="checkbox"/>	PR. N°: <u>02</u>
CODIGO DE LA VÍA:	100 _____	CONTRATO: _____	MTCO/INTASPRAC _____	<input type="checkbox"/>	PR. FRENTE: <u>03</u>
NOMBRE DE LA VÍA:	Paseo MUSA _____	LEVANTADO POR: <u>Ing. Dora Buitrago</u>	J.M.V. _____	<input type="checkbox"/>	NOVA: <u>3</u> DE: <u>8</u>

PK	Caril	Tipo	PATOLOGIA				Foto	Aclaraciones	
			Sever.	Daño		Reparación			
				Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)			Ancho(m)
02+076 - 02+082	D-I	FI-PC		1,00	1,00	1,00	1,00		
02+087 - 02+093	I	FL							
02+137,8	O	V							
02+173,8	D								
02+256	D	PC							
02+407,7	I	FE							
02+460	I	FRJ							
02+536		PC							
02+538		FRJ							
02+593	D	PC		1,00	1,00	1,00	1,00		
02+598,5	D	PC		1,00	1,00	1,00	1,00		
02+644	D	PC		1,00	1,00	1,00	1,00		
02+655	D	PC		1,00	1,00	1,00	1,00		
02+715,8	D								
02+736	O			2,00	1,00	2,00	1,00		
02+073,8 - 02+600	I	FRJ							
02+850	I	D		3,00	1,00	3,00	1,00		

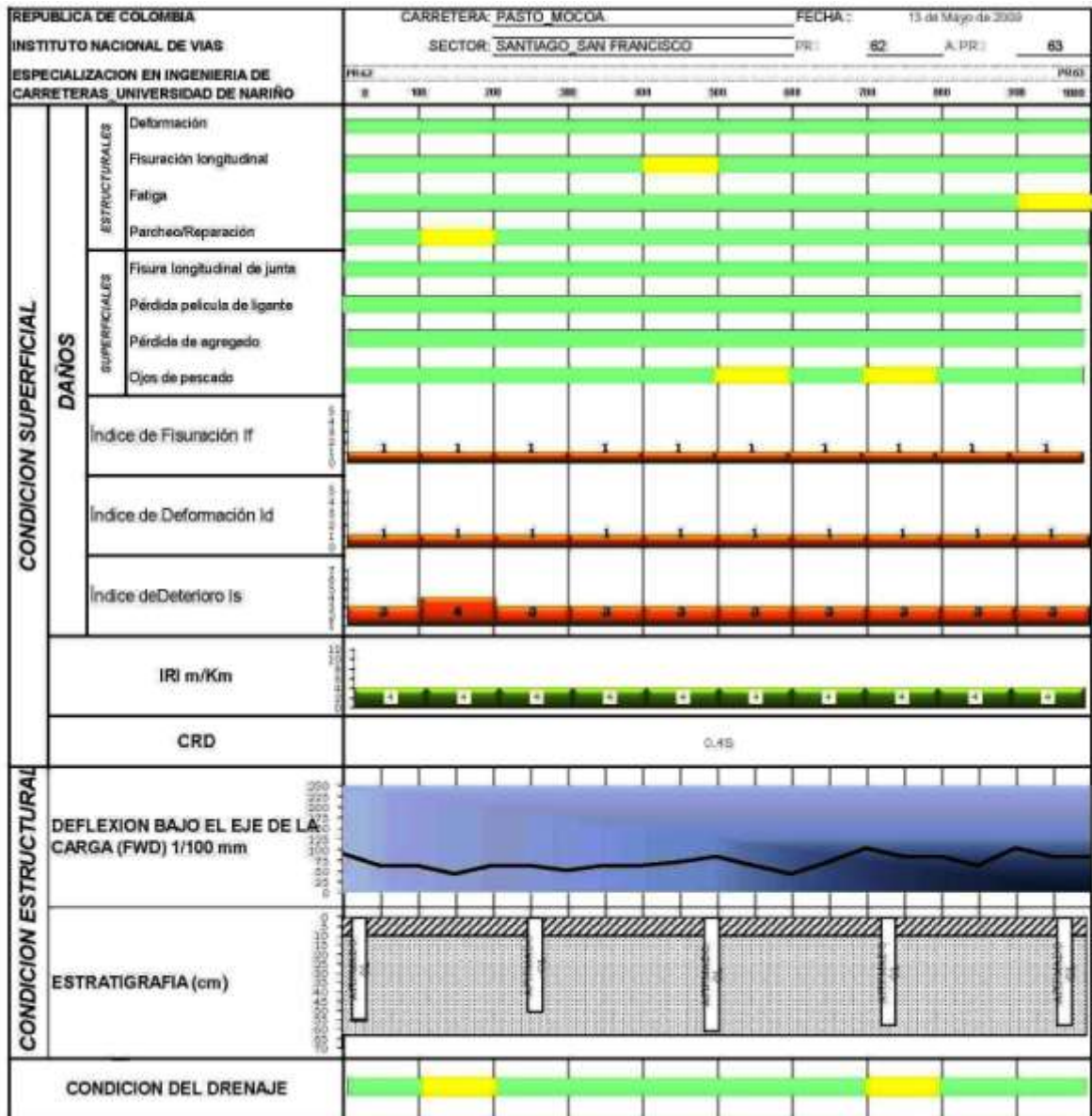
Número de catadas: _____	Comentarios: _____
Número de catillas por catada: _____	_____
Ancho de carril: _____	Anchura de carril: _____

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

TERRITORIAL:	<u>                    </u>	FECHA:	<u>                    </u>	CONDICION:	<input type="checkbox"/>	PR. INICIAL:	<u>          </u>
CODIGO DE LA VÍA:	<u>          </u>	CONTRATO/SE:	<u>                    </u>	MTO. INICIAL:	<input type="checkbox"/>	PR. FINAL:	<u>          </u>
NOMBRE DE LA VÍA:	<u>          </u>	LEVANTADO POR:	<u>                    </u>	A.M.V.:	<input type="checkbox"/>	MCM:	<u>          </u>

PK	Carril	Tipo	PATOLOGIA				Foto	Aclaraciones	
			Sever	Daño		Reparación			
				Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)			Ancho(m)
42+076 - 42+082	D-F	FI-PC		1.00	1.00	1.00	1.00		
42+087 - 42+093	I	FL							
42+137.8	O	V							
42+173.8	D								
42+256	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+656	D	PC		1.00	1.00	1.00	1.00		
42+715.8	D								
42+736	O			2.00	1.00	2.00	1.00		
42+073.8 - 42+600	I	FRJ							
42+850	I	D		3.00	1.00	3.00	1.00		

Número de catadas:	<u>                    </u>	Cover total:	<u>                    </u>
Número de catadas por catada:	<u>                    </u>		<u>                    </u>
Ancho de carril:	<u>                    </u>	Ancho de carril:	<u>                    </u>



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

TERRITORIAL: San Juan FECHA: 10/05/2011 CATEGORÍA: CONCESION  PR. INICIAL: 02  
 CODIGO DE LA VIA: 1005 CONTRATO No:                      MTO INTEGRAL:  PR. FINAL: 06  
 NOMBRE DE LA VIA: Ruta 30 SEPARADOR: As. Deft. Norte KMS:                       HORA: 1 DE 1  
Dr. Emilio Tizón

PK	Carril	Tipo	Sever	Daño		Reparación		Foto	Aclaraciones
				Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)	Ancho(m)		
64+000	D	D							
64+212	D	FL							
64+347	D	FO							
64+388.4	D	D							
64+556	D	FL							
64+707.05	I	EJL							Falta junta pavimento rígido.
Número de calzadas:									Comentarios:
Número de carriles por calzadas:									
Ancho de carril:									
									Ancho de terrazo:



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

ZONAS/REGION		REGIMEN	FECHA		30/05/2010 15:00	BOCACION		REANEXO	01
CANTON DE LA RIA		000	GOBIERNO REG.			MITIQUINZANA		REANEXO	01
COMUNA DE LA RIA			DIPARTAMENTO REG.			#15		REANEXO	01
# DE ANCHIL			Dpto					REANEXO	01
			Carretera					REANEXO	01
			Tipo					REANEXO	01
			Forma					REANEXO	01
			Material					REANEXO	01
			Estado					REANEXO	01
			Calle					REANEXO	01
			Municipio					REANEXO	01
			Comuna					REANEXO	01
			Provincia					REANEXO	01
			País					REANEXO	01

Formo (longitud V= longitudura - R - longitud - T - longitud - B)

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: 305 CONTRATADA:                      MTTO INICIAL:  PR FINAL: 85  
 NOMBRE DE LA VIA: Ruta Blanca EVANITADOR: Ing. Darío Rodríguez K.M.V.:  HORA: 17:00 DÍAS: 12  
Ing. Erickson Torres

PR	Cami	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 cami:								Ancho de bermas:	



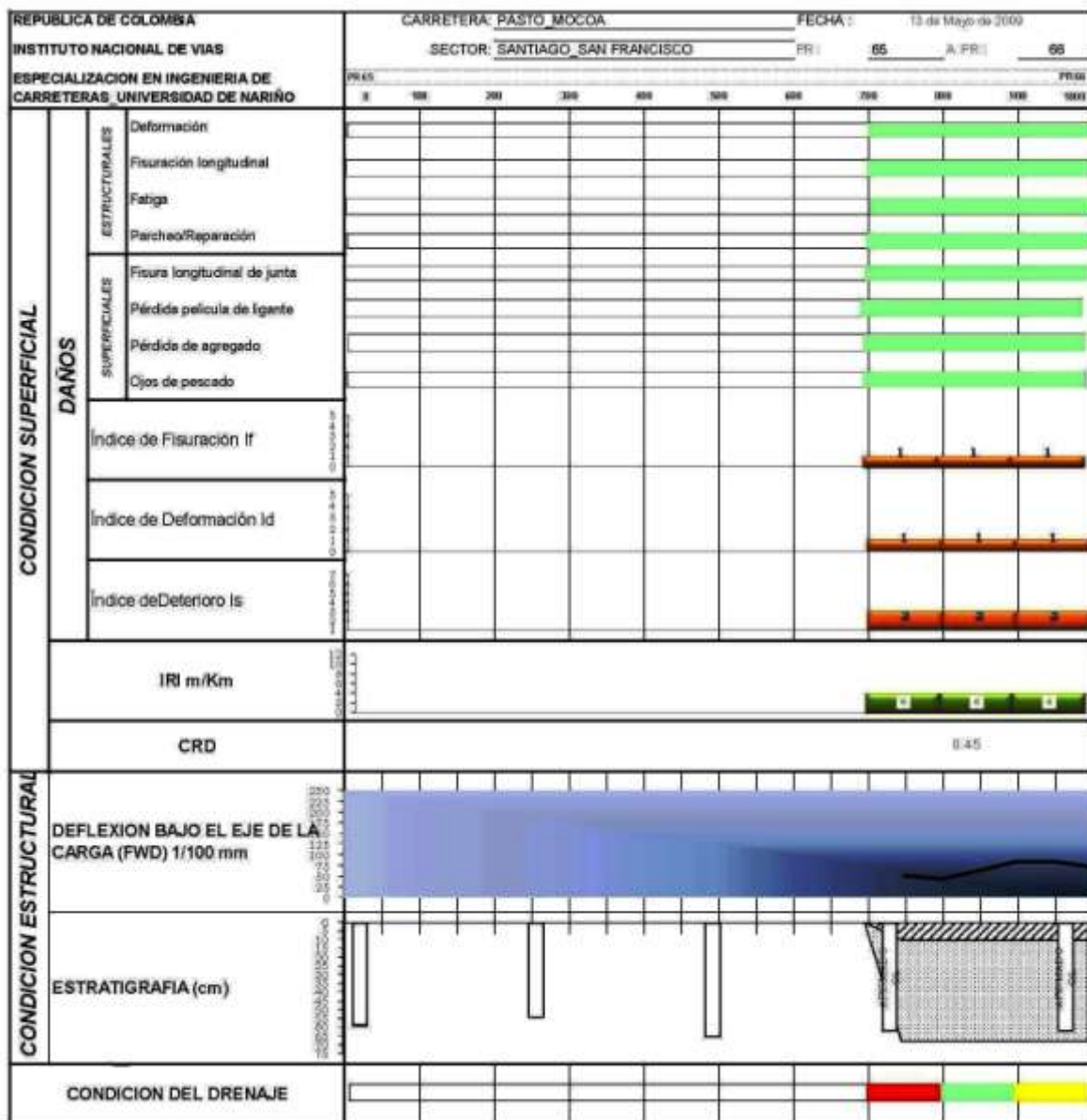
REPUBLICA DE COLOMBIA		CARRETERA PASTO MOCCA		FECHA: 13 de Mayo de 2009											
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS		SECTOR: SANTIAGO SAN FRANCISCO		PR: 54	A. PR: 85										
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS UNIVERSIDAD DE NARIÑO		PR45													
		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000			
<b>CONDICION SUPERFICIAL</b>	<b>DAÑOS</b>	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														
<b>CONDICION ESTRUCTURAL</b>	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]													
<b>CONDICION DEL DRENAJE</b>		[Barra verde]													

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

<b>TERRITORIAL:</b>	<u>                    </u>	FECHA:	<u>                    </u>	CONVENIO:	<u>                    </u>	CONTRACION:	<input type="checkbox"/>	PR. MOVAL:	<u>                    </u>
<b>CODIGO DE LA VIA:</b>	<u>                    </u>	CONTRATO No.:	<u>                    </u>	MTC INTEGRAL:	<input type="checkbox"/>	PR. ANIL:	<input type="checkbox"/>	SE:	<u>                    </u>
<b>NOMBRE DE LA VIA:</b>	<u>                    </u>	LEVANTADO POR:	<u>                    </u>	AMV:	<input type="checkbox"/>	HORA:	<u>                    </u>	T. DC:	<u>                    </u>
				Ing. David Bustos Ing. Erickson Torres					

P#	Caril	Tipo	PATOLOGIA				Foto	Aclaraciones	
			Sever	Daño		Reparación			
				Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)			Ancho(m)
60+663,30	I						Falta junta concreto flexible		
65+602,05	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 INVESTIGACIÓN 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>	COORDENADAS:	<u>                    </u>	COFUNDACION:	<input type="checkbox"/>	PR. INICIAL:	<u>                    </u>
CODIGO DE LA VIA:	<u>                    </u>	DOMINIO N°:	<u>                    </u>	MTO INTEGRAL:	<input type="checkbox"/>	PR. FINAL:	<input type="checkbox"/>	PR. FINAL:	<u>                    </u>
NOMBRE DE LA VIA:	<u>                    </u>	SEÑALADO RPE:	<u>                    </u>	IN. DE V. BLOWN:	<u>                    </u>	AMV:	<input type="checkbox"/>	HORA:	<u>                    </u>
						By:			

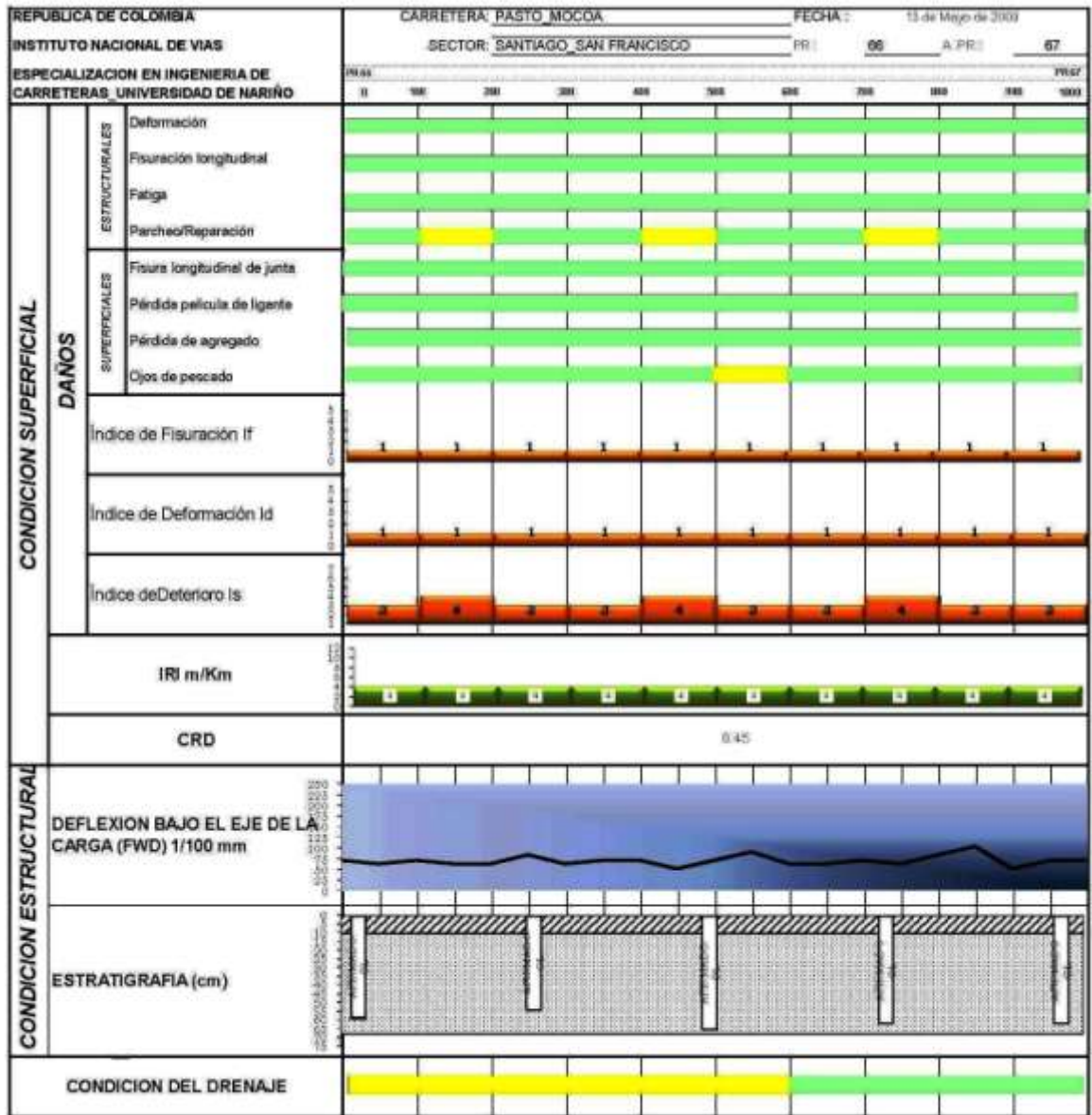
PK	Caril	Tipo	Leve	Dafío		Reparación		Foto	Aclaraciones
				Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)	Ancho(m)		
66+00,570	I	S							
66+6,76	D	RL							
66+20,15	D	RL							
66+71	D	F							Cjo de pescada
66+149	D	B							Proactiva
66+177 - 66+200	D	ML							
66+200,2	I	FT							
66+296	D	RL							
66+296,5	D	FT							
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+741,4	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+964	D	BA							
66+965,5	I	RL							
66+973,8	D	BA							Cjo de pescada
66+879,7	D	PCH							Fiel coccodrilo
66+890,7	D	RL							
66+896,7	D	RL							
66+894	D	BA							
66+925	D	PC							
Número de cajadas:				Comentarios:					
Número de cariles por cajada:									
Ancho de caril:			Ancho de beme:						

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

MUNICIPIO: _____ CANTÓN: _____ PROVINCIA: _____		FECHA: _____ CONTRATO: _____ ENTIDAD: _____		CONCEDE: _____ MOTIVO: _____ AÑO: _____		PLANTA: _____ PLANO: _____ ESCALA: _____	
PROYECTO: _____ Nº: _____ ANTECEDENTE: _____		ESTACION: _____ KM: _____		OBSERVACIONES: _____		Copiloteo: _____	
FF VIAL: _____ ESTACION: _____ (K+M): _____	Tipo: _____ Estado: _____ Ancho: _____ Longitud (m): _____ Área (m <sup>2</sup> ): _____	Tipo: _____ Estado: _____ Ancho: _____ Longitud (m): _____ Área (m <sup>2</sup> ): _____	Tipo: _____ Estado: _____ Ancho: _____ Longitud (m): _____ Área (m <sup>2</sup> ): _____	Tipo: _____ Estado: _____ Ancho: _____ Longitud (m): _____ Área (m <sup>2</sup> ): _____	Tipo: _____ Estado: _____ Ancho: _____ Longitud (m): _____ Área (m <sup>2</sup> ): _____	Tipo: _____ Estado: _____ Ancho: _____ Longitud (m): _____ Área (m <sup>2</sup> ): _____	Tipo: _____ Estado: _____ Ancho: _____ Longitud (m): _____ Área (m <sup>2</sup> ): _____

Forma Triangular V - Rectangular - B - Trapezoidal - T - Juncal - 3

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>	FECHA:	<u>                    </u>	CONCRECIÓN:	<input type="checkbox"/>	PR. REAL:	<u>          </u>
CODIGO DE LA VIA:	<u>          </u>	CONTRATO N°:	<u>                    </u>	MTCO INTEGRAL:	<input type="checkbox"/>	PR. REAL:	<u>          </u>
NOMBRE DE LA VIA:	<u>          </u>	LEVANTADO POR:	<u>                    </u>	REP. CARRETERAS:	<input type="checkbox"/>	HORA:	<u>          </u> DE <u>          </u> <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+241.5	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+385	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+795.25	I	OS					Pérdida de capa		
67+872.8	D	FT							
67+812	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						Varías fisuras		
67+1061	I-E-D	FCL							
67+1018.0	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**

INDICADOR	ACTIVADO	FECHA	ESTACION TO DE	CONSEJO	AV. ARICUA
CODIGO DE LA VEHICULO	OTRO	ENTRADA DEL	M75 METROS	ANOS	
ABOQUE DE LA VEHICULO	RENTA AUTOM	INVENTARIADA	MS. DAVID BACHELIER	ANOS	

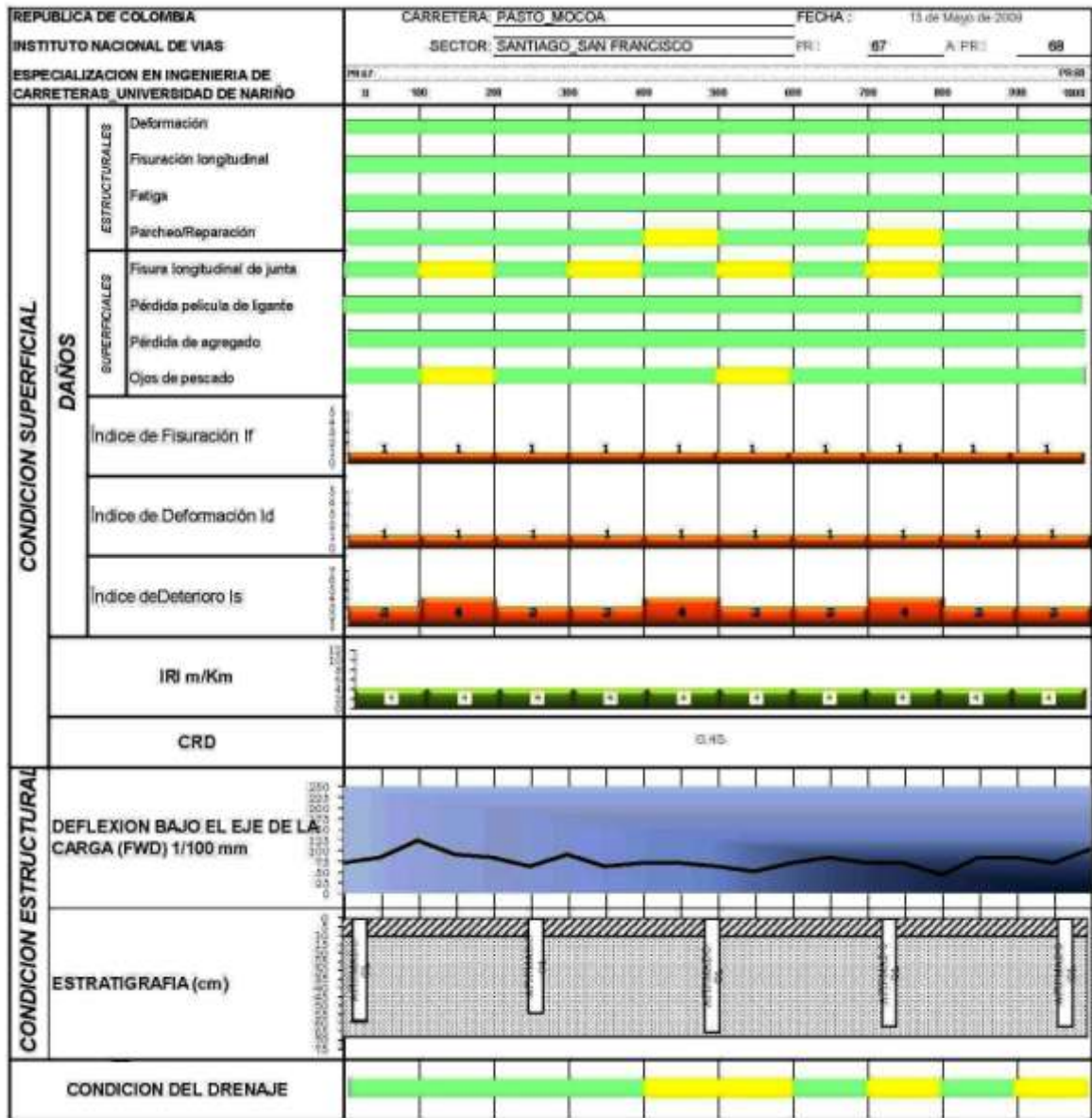
INSTRUMENTO: [ ]

FECHA: [ ] de [ ] de [ ]

# VEHICULO	Tipo	Marca	Año	Donde				Foto No.	Observaciones
				Sur	Cen	Ort	Un		
67+115	X	41	1,20						
67+177	X	38	1,20						
67+278	X	30	1,20						
67+308	X	10	1,20						
67+436	X	4	1,20						
67+500	X	32	1,20						
67+621	X	6	1,20						
67+657	X	17	1,20						
67+1076	X	33	1,20						

**RODS 3**  
Polifila Miraguajay V - Sector Guajay - R. Inspección - T. Sembrados - B

Observaciones Generales:





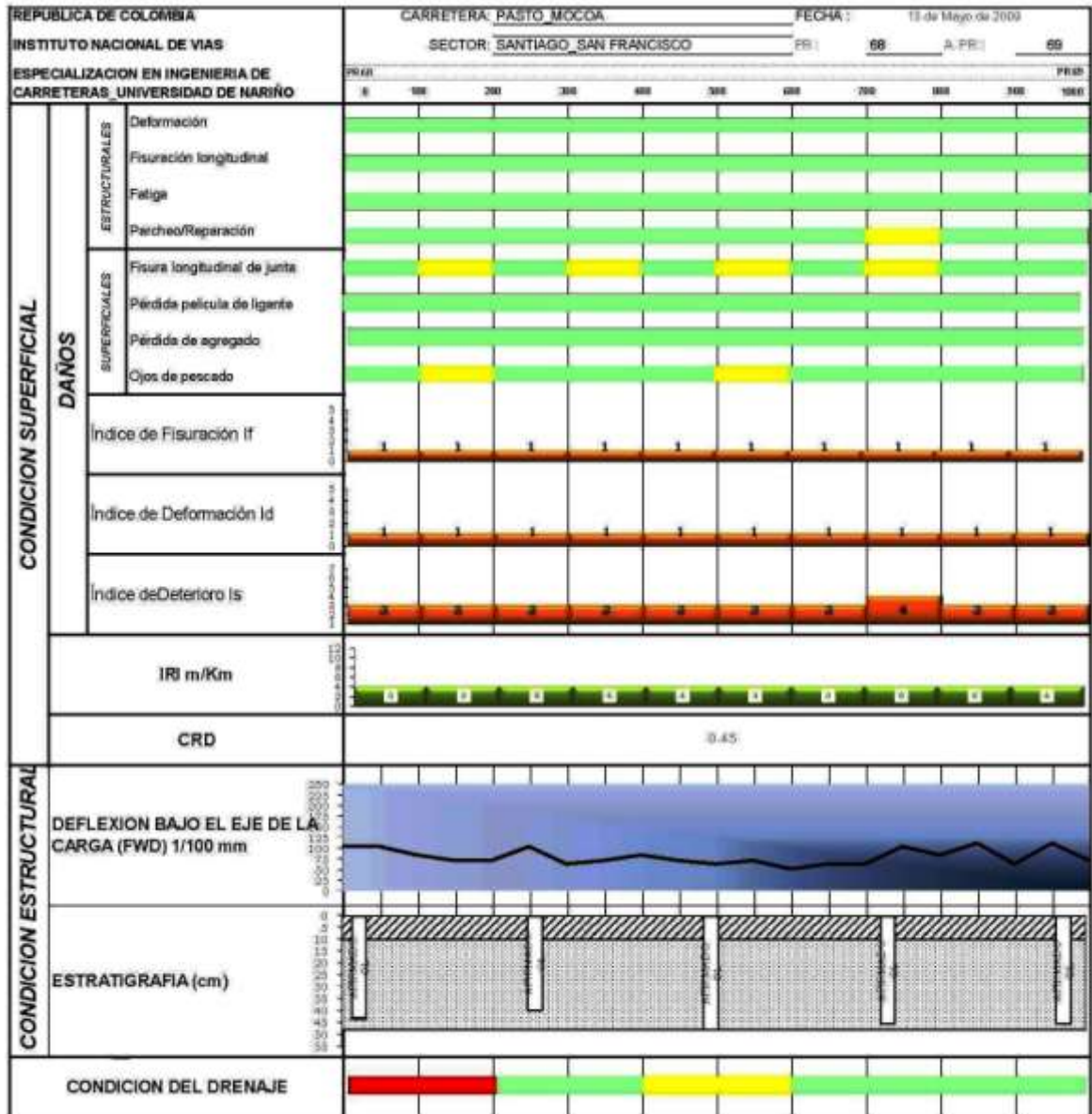
**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRERAS**  
**FORMATO PARA LA INSPECCION VISUAL DE CUNETAS**

REGIONAL:	PROYECTO:	FECHA:	13/05/2008 10:08	GOBIERNO:		PR. ARQUEL:	M
DISTRICTO DE LA VÍA:	KM:	CONTRATISTA:		MTO. AUTOMOB:		PR. P.V.M.C:	SP
NOMBRE DE LA VÍA:	ANEXO:	LEVENDORES:	MIS. DARIO BUCHELY MIS. FANTASOM TILCAN	J.M.E:		GRUPO:	DC
F. Regional:	Longitud (m)	Forma	Estado	Observaciones	Ejecutor		
PR.05.06:	N. 255 1.200	Tipa	Sev	Un			

Formato (F.05.20) - Versión Actualizada (E.05.10) - Versión Actualizada (E.05.10) - Versión Actualizada (E.05.10)

Observaciones: CUNETAS





**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: \_\_\_\_\_ A.E.V.:  RORAL  DE

Ing. Emerson Talles

PR	Cantl	Tipo	Sever	PATOLOGIA				Foto	Aclaraciones
				Daño		Reparación			
				Cargo(m)	Ancho(m)	Cargo(m)	Ancho(m)		
6P1060,1	1	FL							
6P1067,5	1	BA							
6P1176,4	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		
6P1776 - 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		
6P1856,8 - 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		
6P1939,5	D	FBL		3,00	1,00	3,00	1,00		
6P1966	D	FL		2,00	1,00	2,00	1,00		
6P1996,5 - 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		
6P1138 - 6P1141	1	D6C			1,50		1,50		
6P1134,5	D	BA		1,00	1,00	1,00	1,00	Núcleo	
6P1175 - 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: \_\_\_\_\_

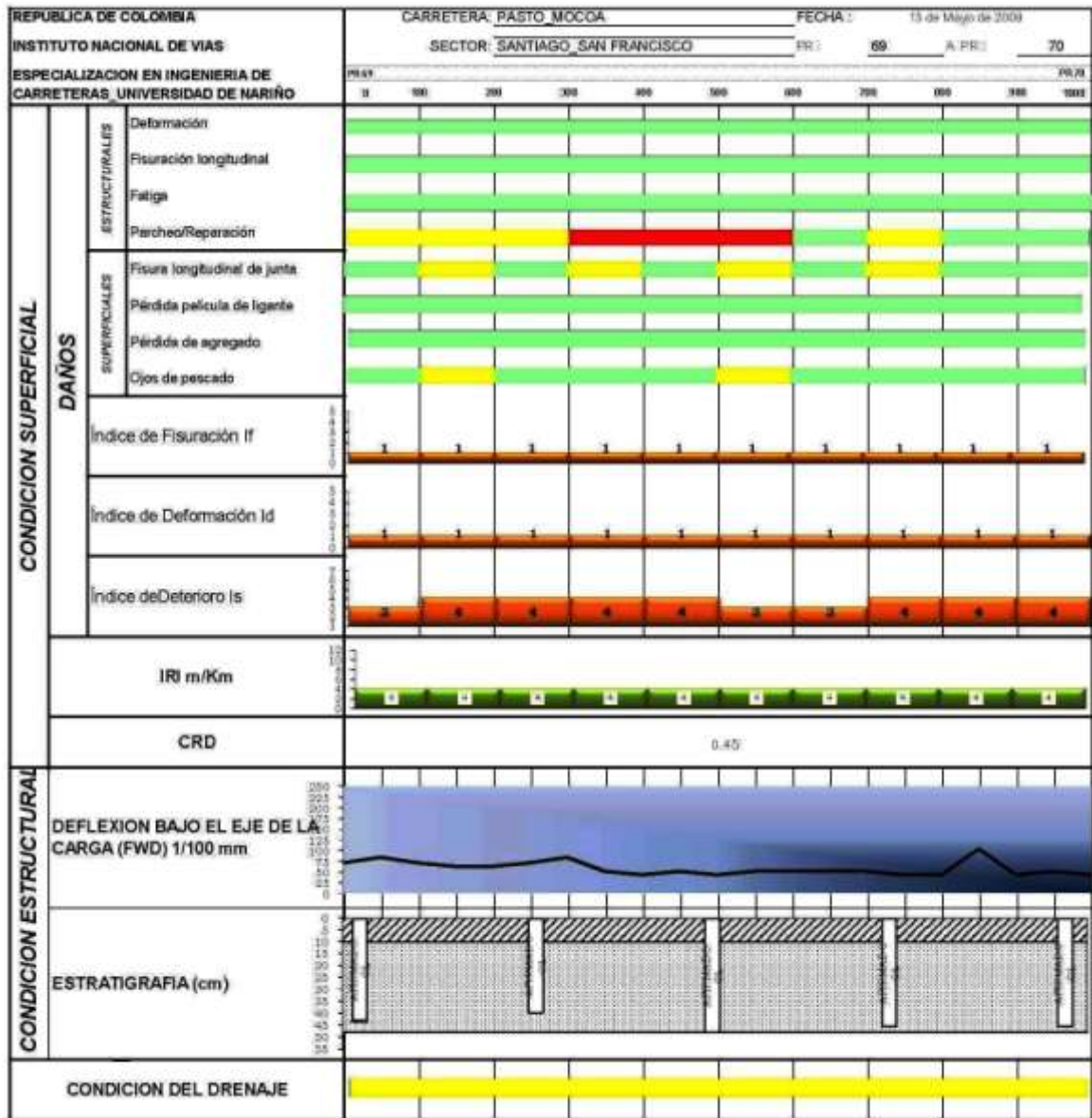
**ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE OBRAS DE LA  
RED NACIONAL DE CARRERAS  
FORMATO PARA LA INSPECCION VISUAL DE CUNETAS.**

INSTITUCION: ITCV INSTITUTO TECNICO Y TECNOLÓGICO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS  
 REGION: Caracas  
 DIVISION: OT  
 AREA DE LA INGENIERIA: INSTRUMENTACION  
 FECHA: 11/05/2022 TIPO DE: REVISIÓN  
 COMUNICACION: ASISTENTE  
 LEYENDAS: MMS, DARRIO BUCHELY  
MRS. EMERSON TUCCAN

M. (M.C.A.)	Ubicación	Lote	Eje	Codo			Forma	Materiales	Forma	Codo	Observaciones			Fotografía
				5 cm	15 cm	30 cm					Forma	Material	Forma	
074708		X	17	1,20	Y									
074709		X	17	1,20	Y									
074710		X	17	1,20	Y									
074711		X	17	1,20	Y									
<b>795</b>														

Forma Triangular (V - Rectangular - R - Tripesta - T - Simétrico - S)

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:                          RUMBO:                          AEREA:                          CONVENCION:  RR. INICIAL:       20          

CODIGO DE LA VIA:       100           CONTRATO No:                          METRO INTEGRAL:  RR. FINAL:       21          

NOMBRE DE LA VIA:       Patz-Mocim           LEVANTADO POR:       Ing. Darío Sánchez           A.M.E.:  HOJA:       1           DE       3          

*Ing. Emerson Tzucay*

PR	Carril	Tipo	Sever	PATOLOGIA				Foto	Aclaraciones
				Daño		Reparación			
				Largo(m)	Ancho(m)	Largo(m)	Ancho(m)		
70+015	D	D5C		1.00	1.00	1.00	1.00		
70+075	D	D5C		1.00	1.00	1.00	1.00		con pic
70+150	D	F8L		4.00	1.00	4.00	1.00		
70+259.5	I	FL		2.00	1.00	2.00	1.00		
70+335	E-H	PA		3.00	9.00	3.00	9.00		Concreto rígido
70+550	D	F8L		2.00	1.00	2.00	1.00		
70+558	D	F8L		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+693 - 70+730.8	H-E-D	MAL							
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+776 - 70+895	D	N							Limpiar zanjas fondo inferior
70+617	D	BA		2.00	1.00	2.00	1.00		
70+920	D	D5C		3.00	1.00	3.00	1.00		
70+924	D	F		1.00	1.00	1.00	1.00		
70+973	D	F		1.00	1.00	1.00	1.00		
70+1008.8		CF							
Número de cobrados: <u>                        </u>									Comentarios:
Número de cortes por cobrados: <u>                        </u>									
Ancho de carril: <u>                        </u>									Ancho de sistema: <u>                        </u>

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

IDENTIFICACION DE LA VÍA	ACTIVIDAD	FECHA	SUSCRIPTOR	OPERACION	AN. MODI:
Kilometros de la Vía	SEAL	CONTINENTE	INSTITUCION	REVISION	AN. MODI:
	PAIS, MUNICIPIO	UNIVERSIDAD	ING. DARIO BUCHHELY	AREA	AN. MODI:
			ING. EMERSON TILCAN		

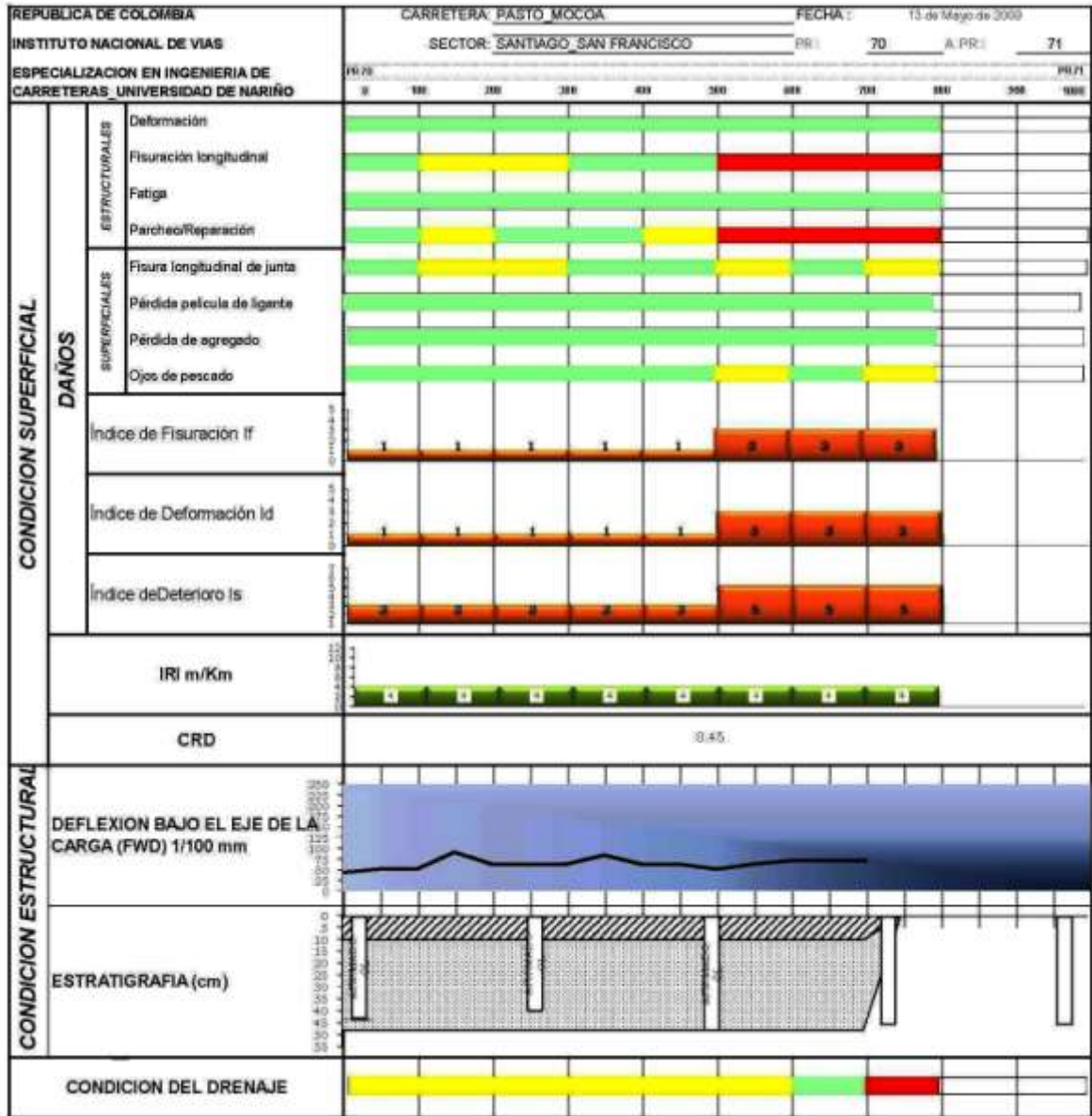
  

PK INICIAL	PK FINAL	Tipo de Cuneta	Ancho			Profundidad	Estado	Observaciones	Equipo
			Superior	Inferior	Medio				
2014000	2014005	2x	104	120	7				
2014005	2014010	2x	96	120	7				
2014010	2014015	2x	104	120	7				

234

Formato para la Inspección Visual de Cunetas - E. Incestrada - T. Jemini (1) (2) - 2013

Observaciones Generales:



<b>REPUBLICA DE COLOMBIA</b> <b>INSTITUTO NACIONAL DE VIAS</b> <b>ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS</b> <b>UNIVERSIDAD DE NARIÑO</b>		<b>CARRETERA:</b> PASTO MOCOA <b>FECHA:</b> 15 de Mayo de 2008
<b>SECTOR:</b> SANTIAGO SAN FRANCISCO		<b>PK:</b> 70 <b>A.PK:</b> 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		
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	



REPUBLICA DE COLOMBIA INSTITUTO NACIONAL DE VIAS ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS_ UNIVERSIDAD DE NARIÑO	REFERIA: PASTO, MOCOA.	FECHA: 13 de Mayo de 2008
	SECTOR: SANTIAGO, SAN FRANCISCO	PROY: 70 A. (P)
		71

ABSC	De Baxón (1/100 mm)		D <sub>v</sub> /D <sub>s</sub>	MODULO (MFO)			ESORES DE CATA (cm)			INFORMACION SORDEOS				
	D <sub>s</sub>	D <sub>v</sub>		CAFA 1		CAFA 3	CAFA 1		CAFA 2		CAJA 1	CAFA 2		
				RODADURA	GRANULARES		RODADURA	GRANULARES	RODADURA	GRANULARES		EST. (cm)	CLASIFIC.	RODADURA
	44	36	0.818	5000	3050	1000	100	380	100	380	100	380	AFIRMADO OL	AFIRMADO OL
	50	48	0.925	5000	3050	1000	100	380	100	380				
	52	38	0.692	5000	3050	1000	100	380	100	380				
	52	60	0.652	5000	3050	1000	100	380	100	380				
	64	56	0.875	5000	3050	1000	100	380	100	380				
	64	48	0.750	5000	3050	1000	100	380	100	380	100	380	AFIRMADO OL	AFIRMADO OL
	64	60	0.908	5000	3050	1000	100	380	100	380				
	84	80	0.952	5000	3050	1000	100	380	100	380				
	64	62	0.813	5000	3050	1000	100	380	100	380				
	64	32	0.500	5000	3050	1000	100	380	100	380				
	62	48	0.723	5000	3050	1000	100	380	100	380	100	380	AFIRMADO OL	AFIRMADO OL
	64	52	0.813	5000	3050	1000	100	380	100	380				
	72	60	0.833	5000	3050	1000	100	380	100	380				
	72	68	0.944	5000	3050	1000	100	380	100	380				
	72	64	0.889	5000	3050	1000	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 <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>		
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	19.275 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 99.859 m	D	16	13				
K52+150	19.382 n76 99.853 m	I	6	5				DAÑO PROBLEMA RELLENOS
K52+200	19.418 n76 99.84 m	D	23	21				
K52+250	19.447 n76 99.83 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				PL53
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	19.856 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. DARJO BUCHELY Y EMERSON TULCAN      UNIDAD DE LECTURA: 0,01 mm

ABSCISA	COORDENADA	LADO	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		T° C	OBSERVACIONES
			L <sub>6</sub>	L <sub>25</sub>	L <sub>6</sub>	L <sub>25</sub>		
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 <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>		
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 58.768 m	D	16	13				
K56+000	-1 11.079 ± 76 58.748 m	I	13	11				CABECERA COLON
K56+050	-1 11.101 ± 76 58.728 m	D	23	14				
K56+100	-1 11.125 ± 76 58.708 m	I	16	13				
K56+150	-1 11.143 ± 76 58.682 m	D	36	25				
K56+200	-1 11.167 ± 76 58.668 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	36	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 58.148 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 58.018 m	I	16	14				
K58+650	-1 11.845 ± 76 57.997 m	D	16	9	11	4		
K58+700	-1 11.854 ± 76 57.952 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 57.859 m	D	23	21				
K58+900	-1 11.89 ± 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 57.708 m	I	13	11				
K59+150	-1 11.936 ± 76 57.679 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 10 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: 0,01mm

ABSCISA	COORDENADA	LADO	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		T° C	OBSERVACIONES
			L <sub>25</sub>	L <sub>25</sub>	L <sub>25</sub>	L <sub>25</sub>		
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 88 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 12 298 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 56 902 w	I	13	9				
K60+550	1 12 372 n 76 56 889 w	D	13	10				
K60+600	1 12 4 n 76 56 882 w	I	16	10				
K60+650	1 12 423 n 76 56 856 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 <sub>0</sub>	L <sub>25</sub>	L <sub>0</sub>	L <sub>25</sub>		
K61+400	-1 12.662 n 76 56.493 w	I	13	7				
K61+460	-1 12.653 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 56.37 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 12.388 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 <sub>a</sub>	L <sub>25</sub>	L <sub>a</sub>	L <sub>25</sub>		
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 <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>		
K68+100	1 11.257 n 76 53.707 m	I	21	19				
K68+150	1 11.236 n 76 53.884 m	D	18	17				
K68+200	1 11.221 n 76 53.857 m	I	18	17				
K68+250	1 11.2 n 76 53.834 m	D	26	22	21	17		
K68+300	1 11.187 n 76 53.806 m	I	16	14				
K68+350	1 11.167 n 76 53.583 m	D	18	15				
K68+400	1 11.151 n 76 53.558 m	I	21	18				
K68+450	1 11.131 n 76 53.534 m	D	18	16				
K68+500	1 11.118 n 76 53.508 m	I	16	15				
K68+550	1 11.097 n 76 53.484 m	D	18	16				PR69
K68+600	1 11.075 n 76 53.448 m	I	13	7				
K68+650	1 11.058 n 76 53.431 m	D	16	13				
K68+700	1 11.043 n 76 53.405 m	I	16	3				
K68+750	1 11.023 n 76 53.382 m	D	26	21	16	14	15	
K68+800	1 11.007 n 76 53.355 m	I	21	17				
K68+850	1 10.987 n 76 53.331 m	D	28	24				
K68+900	1 10.971 n 76 53.305 m	I	16	13				
K68+950	1 10.948 n 76 53.281 m	D	28	25				
K69+000	1 10.934 n 76 53.253 m	I	18	16				FALLA
K69+050	1 10.912 n 76 53.228 m	D	21	19				
K69+100	1 10.896 n 76 53.201 m	I	18	16				
K69+150	1 10.875 n 76 53.176 m	D	16	13				
K69+200	1 10.86 n 76 53.148 m	I	16	12				
K69+250	1 10.838 n 76 53.125 m	D	18	13	13	11		
K69+300	1 10.823 n 76 53.098 m	I	21	17				
K69+350	1 10.804 n 76 53.073 m	D	13	11				RIO SAN FRANCISCO
K69+400	1 10.788 n 76 53.048 m	I	11	6				
K69+450	1 10.768 n 76 53.028 m	D	13	12				
K69+500	1 10.752 n 76 52.998 m	I	11	10				
K69+550	1 10.728 n 76 52.964 m	D	13	11				
K69+600	1 10.701 n 76 52.97 m	I	13	11				
K69+650	1 10.671 n 76 52.962 m	D	13	9				INICIO CABECERA SAN FCO
K69+700	1 10.638 n 76 52.955 m	I	13	9				
K69+750	1 10.608 n 76 52.96 m	D	11	9	B	7		
K69+800	1 10.578 n 76 52.953 m	I	11	10				
K69+850	1 10.545 n 76 52.95 m	D	26	21			16	PR70
K69+900	1 10.514 n 76 52.942 m	I	11	9				
K69+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 10.439 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 INGENIERIA  
 ESPECIALIZACION EN INGENIERIA 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. DARIO BUCHELY Y EMERSON TULCAN      UNIDAD DE LECTURA: 0,01 mm

ABSCISA	COORDENADA	LADO	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		T° C	OBSERVACIONES
			L <sub>w</sub>	L <sub>25</sub>	L <sub>w</sub>	L <sub>25</sub>		
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 <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>		
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 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 - 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 <sub>0</sub>	D <sub>2K</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>2K</sub>		
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 10 095 ± 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 95 m	D	64	20			30	
K55+300	1 10 724 ± 76 59 873 m	D	64	52			30	
K55+350	1 10 756 ± 76 59 869 m	I	52	36			30	
K55+400	1 10 784 ± 76 59 857 m	D	64	20	52	20	30	PR56
K55+450	1 10 815 ± 76 59 854 m	I	92	72			30	
K55+500	1 10 833 ± 76 59 83 m	D	44	24			30	
K55+550	1 10 84 ± 76 59 801 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 59 856 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 <sub>6</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>6</sub>	D <sub>25</sub>		
K55+700	1 10.911 n 76 58.944 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 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 BUCHELY Y EMERSON TULCAN      UNIDAD DE LECTURA: 0,01 mm

ABSCISA	COORDENADA	LADO	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		T° C	OBSERVACIONES
			D <sub>0</sub>	D <sub>20</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>20</sub>		
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 <sub>6</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>6</sub>	D <sub>25</sub>		
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	+12.423 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	+12.316 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 55.366 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 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 - 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 <sub>a</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>a</sub>	D <sub>25</sub>		
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	48			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	42			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 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 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: ENGS. DARIO BUCHELY Y EMERSON TULCAN      UNIDAD DE LECTURA: 0,01 mm

ABSCISA	COORDENADA	LADO	LECTURA EXTERNA		LECTURA INTERNA		Tº C	OBSERVACIONES
			D <sub>25</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>25</sub>		
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	84	80	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	60			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	64	56	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 52 802 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 <sub>6</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>6</sub>	D <sub>25</sub>		
K70+300	1 10.375 n 76 52.785 m	I	64	60			16	
K70+350	1 10.369 n 76 52.74 m	D	84	80			16	
K70+400	1 10.351 n 76 52.71 m	I	64	52			16	
K70+450	1 10.34 n 76 52.678 m	D	64	32			16	
K70+500	1 10.344 n 76 52.645 m	I	52	48			16	
K70+550	1 10.338 n 76 52.617 m	D	64	52			16	
K70+600	1 10.346 n 76 52.587 m	I	72	60			16	
K70+650	1 10.34 n 76 52.558 m	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 <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>		
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 30 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 <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>		
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 <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>		
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 <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>		
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	98	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 <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>		
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 <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>		
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	PR51
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 <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>		
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 <sub>0</sub>	D <sub>2.5</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>2.5</sub>		
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 <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>		
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 <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>		
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



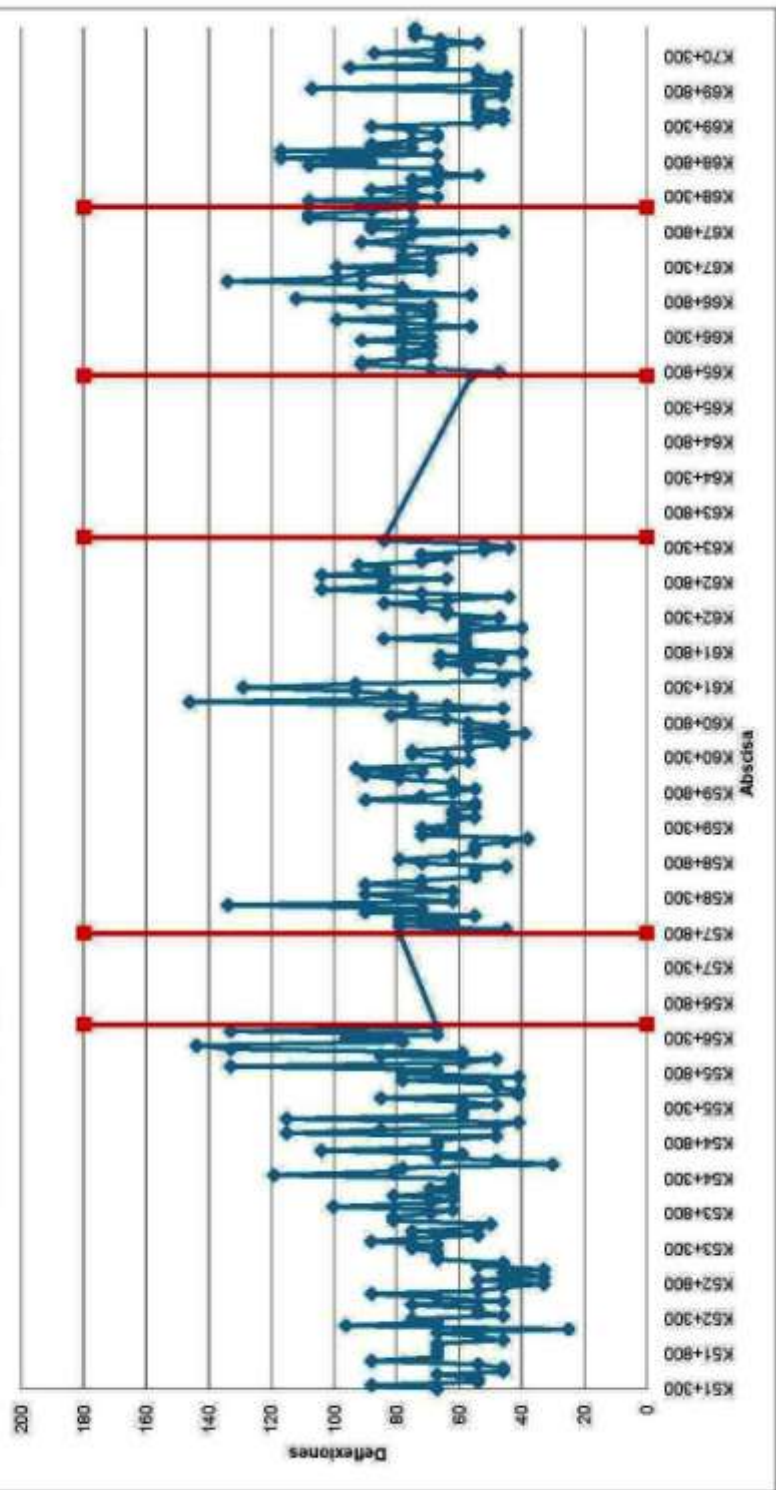
**UNIVERSIDAD DE NARIÑO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS**

**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 <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>		
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 PMS  
 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+500	5.400	25	144	104	67	22.7	99	75	130
2	K57+800	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

*ft*

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.

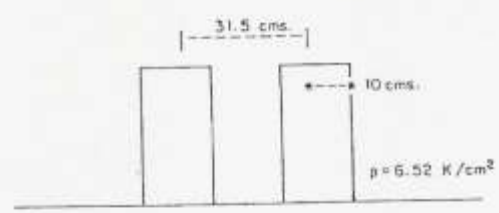
En el presente documento se presenta el diseño para períodos de servicio de 10 y 20 años.

### **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.

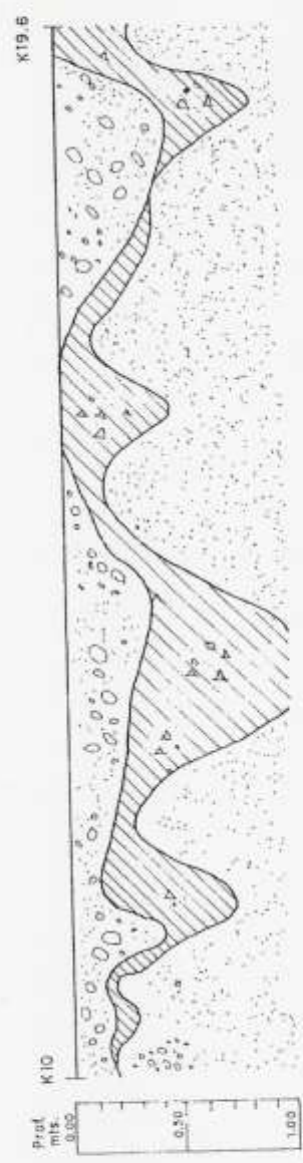
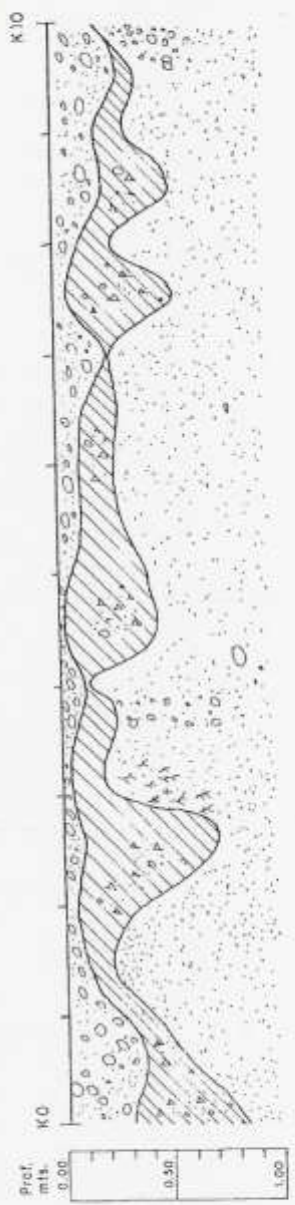
### 3. SECCIONES HOMOGENEAS DEL DISEÑO

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

PAULLO EMILIO BRAVO Y CIA. LTDA.  
INGENIEROS CONSULTORES

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



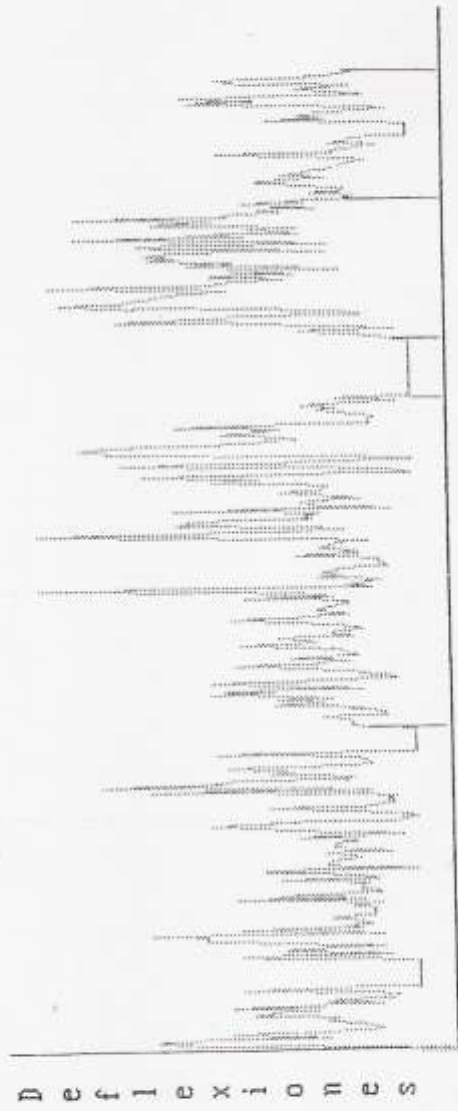
ESC. H. 1-50  
V. 1-25

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

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

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

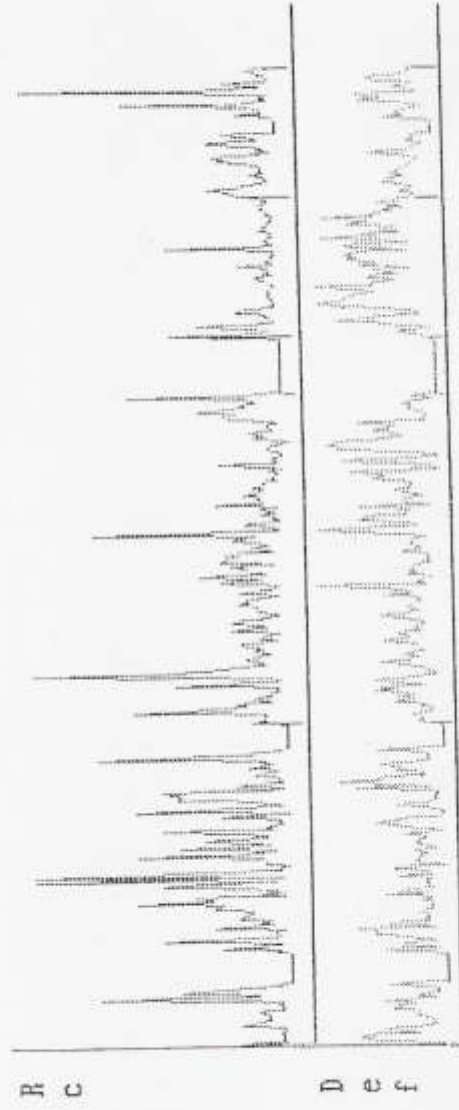
DIAGRAMA No. 1



* 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 <sup>2</sup>	U	MODULO DINAMICO K/CMS <sup>2</sup>	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 <sub>8.2T</sub> EJES 8.2T/CARRIL DISEÑO	
TRAMO	No.	ABSCISAS	ANALISIS A 10 AÑOS	ANALISIS A 20 AÑOS
SANTIAGO - SIBUNDOY	1 2	k00+000-k06+450 k06+450-k13+100	650.000	1.420.000
SIBUNDOY - SAN FRANCISCO	3 4	k14+250-k17+050 k17+050-k19+600	710.000	1.700.000

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/cm<sup>2</sup>.
- $U$  : 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 <sup>-4</sup>	9.86*10 <sup>-4</sup>	-3.42*10 <sup>-4</sup>	8.11*10 <sup>-4</sup>
2	k06+450 - k13+100	-3.89*10 <sup>-4</sup>	9.86*10 <sup>-4</sup>	-3.42*10 <sup>-4</sup>	8.11*10 <sup>-4</sup>
3	k14+250 - k17+050	-3.84*10 <sup>-4</sup>	9.64*10 <sup>-4</sup>	-3.32*10 <sup>-4</sup>	7.75*10 <sup>-4</sup>
4	k17+050 - k19+600	-3.84*10 <sup>-4</sup>	9.64*10 <sup>-4</sup>	-3.32*10 <sup>-4</sup>	7.75*10 <sup>-4</sup>

## 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 ANALISIS PARA 10 AÑOS						
SECCION		ESPESORES 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		ESPESORES 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 <sup>-4</sup>	7.79*10 <sup>-4</sup>
2	K06 + 450 - K13 + 100	Afirmado existente	Min 35	10	-3.25*10 <sup>-4</sup>	7.41*10 <sup>-4</sup>
3	K14 + 250 - K17 + 050	Afirmado existente	Min 40	10	-3.15*10 <sup>-4</sup>	7.70*10 <sup>-4</sup>
4	K17 + 050 - K19 + 600	Afirmado existente	Min 20	10	-2.37*10 <sup>-4</sup>	7.55*10 <sup>-4</sup>

- 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/cm<sup>2</sup>  
 Distancia Entre Ejes de Liantas = 32.40 cm

Capa Nº 1

E = 23000.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 0.35  
 H = 5.00 cm

Capa Nº 2

E = 1800.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 0.25  
 H = 30.00 cm

Capa Nº 3

E = 650.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 0.35  
 H = 25.00 cm

Capa Nº 4

E = 100.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 0.50

RESULTADOS :

Posición del valor máximo para una carga :

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

#	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm <sup>2</sup> )	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm <sup>2</sup> )
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
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
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
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/cm<sup>2</sup>  
 Distancia Entre Ejes de Llantas = 32.40 cm

Capa Nº 1

E = 23000.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 0.35  
 H = 5.00 cm

Capa Nº 2

E = 1680.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 0.25  
 H = 35.00 cm

Capa Nº 3

E = 480.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 0.35  
 H = 25.00 cm

Capa Nº 4

E = 100.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 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 <sup>2</sup> )	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	0.00	5.9900E-04 B	2.3845E+01 B	-4.2700E-04 B	5.5982E+00 A
	5.00	-3.8800E-04 B	-1.1827E+01 A	-1.2900E-05 C	3.5384E+00 B
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
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
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/cm<sup>2</sup>  
 Distancia Entre Ejes de Llantas = 32.40 cm

Capa Nº 1

E = 23000.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 0.35  
 H = 5.00 cm

Capa Nº 2

E = 1700.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 0.25  
 H = 40.00 cm

Capa Nº 3

E = 475.00 kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 0.35  
 H = 25.00 cm

Capa Nº 4

E = 60.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 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 <sup>2</sup> )	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	0.00	5.9500E-04 B	2.2943E+01 B	-4.2500E-04 B	5.5902E+00 A
	5.00	-3.7900E-04 A	-1.1523E+01 A	-2.4600E-05 C	3.5500E+00 B
2	5.00	-3.7900E-04 A	3.7015E-01 B	1.9900E-03 A	3.5500E+00 B
	45.00	-4.4700E-04 C	-9.0345E-01 C	3.8000E-04 C	2.2127E-01 C
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
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 -

4

DATOS :

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

Radio de Carga = 10.00 cm  
 Presión de Contacto = 5.60 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Distancia Entre Ejes de Llantas = 32.40 cm

Capa Nº 1

E = 23000.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 0.35  
 H = 5.00 cm

Capa Nº 2

E = 3050.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 0.25  
 H = 20.00 cm

Capa Nº 3

E = 1220.00 kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 0.35  
 H = 25.00 cm

Capa Nº 4

E = 100.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 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 <sup>2</sup> )	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm <sup>2</sup> )
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
Ligada					
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
Ligada					
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
Ligada					
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/cm<sup>2</sup>  
 Distancia Entre Ejes de Llantas = 32.40 cm

Capa Nº 1

E = 23000.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 0.35  
 H = 10.00 cm

Capa Nº 2

E = 1800.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 0.25  
 H = 30.00 cm

Capa Nº 3

E = 650.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 0.35  
 H = 25.00 cm

Capa Nº 4

E = 100.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 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 <sup>2</sup> )	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm <sup>2</sup> )
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/cm<sup>2</sup>  
 Distancia Entre Ejes de Llantas = 32.40 cm

Capa Nº 1

E = 23000.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 0.35  
 H = 10.00 cm

Capa Nº 2

E = 1600.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 0.25  
 H = 35.00 cm

Capa Nº 3

E = 400.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 0.35  
 H = 25.00 cm

Capa Nº 4

E = 100.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = 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 <sup>2</sup> )	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm <sup>2</sup> )
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/cm<sup>2</sup>  
 Distancia Entre Ejes de Llantas = 32.40 cm

Capa Nº 1

E = 23000.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 μ = 0.35  
 H = 10.00 cm

Capa Nº 2

E = 1700.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 μ = 0.25  
 H = 40.00 cm

Capa Nº 3

E = 475.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 μ = 0.35  
 H = 25.00 cm

Capa Nº 4

E = 60.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 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 <sup>2</sup> )	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm <sup>2</sup> )
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	-3.4000E-04 C	-7.1685E-01 C	2.9500E-04 C	1.5703E-01 C
3	50.00	-3.4000E-04 C	-1.6111E-01 C	5.5000E-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/cm<sup>2</sup>  
 Distancia Entre Ejes de Llantas = 32.40 cm

Capa Nº 1

E = 23000.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 μ = 0.35  
 H = 10.00 cm

Capa Nº 2

E = 3050.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 μ = 0.25  
 H = 20.00 cm

Capa Nº 3

E = 1220.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 μ = 0.35  
 H = 25.00 cm

Capa Nº 4

E = 100.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 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 <sup>2</sup> )	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm <sup>2</sup> )
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
					Ligada
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
					Ligada
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
					Ligada
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**



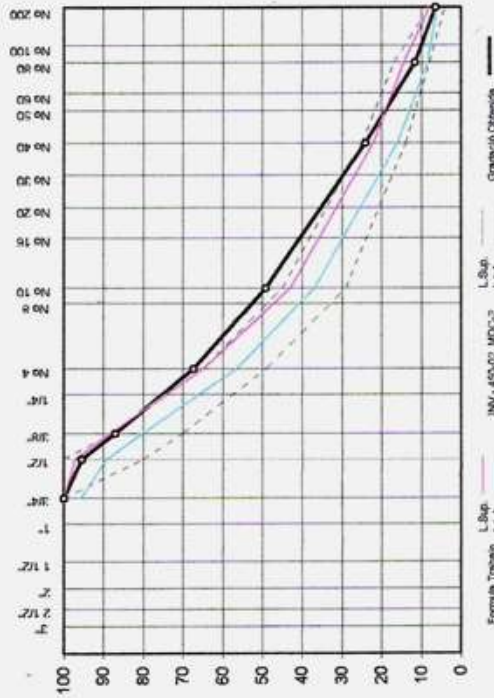
**ANÁLISIS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS  
EXTRACCIÓN, GRADACIÓN, DENSIDAD,  
% DE VACIOS, ESTABILIDAD Y FLUJO**  
NORMA I.N.V. E - 732 / 123 1733 / 748

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./cm <sup>3</sup> ):	2.647
Peso Especifico Asfalto (gr./cm <sup>3</sup> ):	1.008
Peso Especifico Mezcla (gr./cm <sup>3</sup> ):	2.410
Porcentaje de Vacios Promedio:	

OBSERVACIONES:

0

*Jose Seguis*  
JOSE SEGUIS MARRA  
LABORATORISTA

INGENIERO

MDC-2		PESO UNITARIO		VACIOS MEZCLA		VACIOS AIREO MME		ESTABILIDAD		FLUJO	
Exp-INV	F.T.±0.3	GENE LAB	g/cc	%	%	%	>=15	>=900	kgf	mm	mm
	6	145.4	2.380	5.42	16.1	98.4					3.4

GRADACIÓN DE EXTRACCIÓN			
PESO INICIAL (gr): 1058.0			
TAMIZ	NO.	RETENIDO (%)	PASA (%)
1 1/2"	0.00	0.0	100.0
1"	0.00	0.0	100.0
3/4"	0.00	0.0	100.0
1/2"	48.50	4.6	95.4
3/8"	89.50	8.5	87.0
4"	207.10	19.6	87.4
10"	193.30	18.3	49.1
40"	264.90	25.0	24.1
80"	131.60	12.4	11.6
200"	56.10	5.3	6.3
-200"	87.00	6.3	0.0

EXTRACCIONES	
<b>PRUEBA No 1</b>	
Peso Inicial =	1126.2 gf
Peso Restante =	1058.1 gf
Diferencia =	68.1 gf
% De Asfalto =	6.05%
<b>PRUEBA No 2</b>	
Peso Inicial =	
Peso Restante =	
Diferencia =	
% 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 (cm <sup>3</sup> )	0.0
Peso briqueta + Parafina sumergida (gf)	0.0
Volumen Briqueta + parafina (cm <sup>3</sup> )	0.0
Volumen Briqueta sola (cm <sup>3</sup> )	0.0
Espesor de la Briqueta (cm)	0.00
Densidad Briqueta (gf/cm <sup>3</sup> )	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



## **ANEXO 5**

### **DISEÑO MARSHALL**

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

- IDENTIFICACION DEL PROYECTO.
- Nombre del Contratista
- Nombre del Proyecto

LHS

PAVIMENTACION VIA EL ECANO - SAN FRANCISCO

- IDENTIFICACION DEL MATERIAL.
- Fecha de Entrega
- Procedimiento de los Agregados
- Procedimiento del Acido

SEPTIEMBRE 23 DE 2003

RIO TELLEZ, TRITURADORA INCORCUPIPOS, TRITURADORA AGRESUR  
BARRANCABERMEJA

- Blindaje MARSHALL.

- Peso Especifico de Agregados (pcf)
- Area superficial del Asfalto (ft<sup>2</sup>)
- Area del Asfalto

- Porcentaje de Agregado Grueso.
- Porcentaje de Agregado Fino.
- Porcentaje del Llenante.

- Peso Especifico Bul. Agregado Grueso
- Peso Especifico Bul. Agregado Fino.
- Peso Especifico Bul. Llenante.

2.73

1.01

35.50 %

60.00 %

2.79

2.73

- Peso del Asfalto

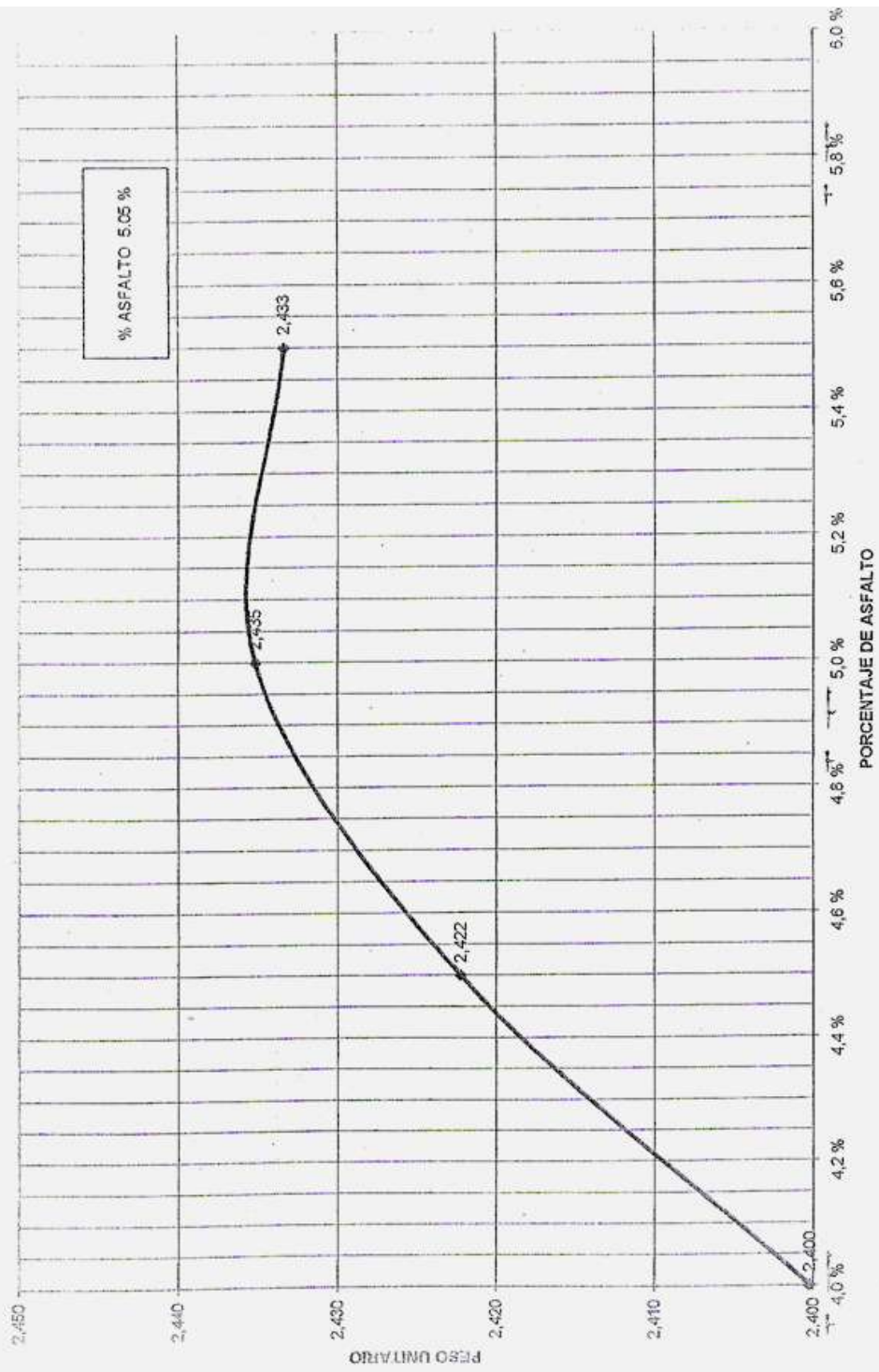
Categoría	Nº de Muestras	% de Asfalto	Espesor Briquetta (cm)	PESO EN GRAMOS.			PESO ESPECIFICO			Asfalto Absorbido %	VOLUMEN - % TOTAL			ESTABILIDAD - lb/in <sup>2</sup>			Faja en mm		
				Seca en Aire	En Agua.	Bulk	Maximo Teorico	Maximo Medido	Agregados		Vacos con Aire	Asfalto Efectivo	Uenos	Medida	Controlada				
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s
1	6.22	4.0 %	5.2	1191.4	1186.9	686.8											649.1	675.1	2.5
2	5.2	4.0 %	5.2	1195.1	1185.0	684.1											724.9	753.8	2.6
3	5.12	4.0 %	5.12	1195.9	1189.1	693.9											782.8	831.0	2.3
PROMEDIO	5.2	4.0 %	5.2	1197.5	1191.3	686.8	2.450	2.573	2.62	0.165	83.77	6.7	8.51	16.2	68.6	148.8		753.5	2.5
4	5.1	4.5 %	5.1	1198.0	1193.0	704.7											833.0	1017	3.0
5	5.1	4.5 %	5.1	1193.9	1190.2	697.8											1046.3	1140	3.1
6	5.1	4.5 %	5.1	1190.3	1193.4	703.3											981.8	1037.8	3.0
7	5.1	4.5 %	5.1	1192.4	1184.2	701.8	2.422	2.553	2.6	0.188	84.10	5.1	10.78	15.9	67.8	151.1		1085.0	3.0
8	5.1	5.0 %	5.1	1191.5	1186.2	697.2											1328.8	1442.2	3.6
9	5.1	5.0 %	5.1	1188.5	1185.7	701.8											1328.8	1427.7	3.4
10	5.1	5.0 %	5.1	1193.9	1194.7	705.2											1384.9	1509.5	3.5
PROMEDIO	5.1	5.0 %	5.1	1190.3	1190.2	701.4	2.455	2.552	2.60	0.161	84.10	3.8	12.06	15.8	75.8	152.0		1461.8	3.5
11	5.1	5.5 %	5.1	1184.8	1185.6	698.0											1176.1	1284.1	3.6
12	5.0	5.5 %	5.0	1180.5	1181.2	700.0											1140.5	1243.1	3.9
13	5.0	5.5 %	5.0	1184.6	1185.9	698.0											1088.5	1165.8	3.7
PROMEDIO	5.0	5.5 %	5.0	1183.3	1184.3	698.0	2.433	2.513	2.51	0.168	83.60	3.2	13.25	16.4	80.8	151.8		1231.0	3.8
14	5.0	6.0 %	5.0	1190.0	1182.3	678.0											1027.4	1281.8	4.9
15	5.0	6.0 %	5.0	1186.7	1189.3	707.9											1089.9	1256.3	4.2
16	5.1	6.0 %	5.1	1151.4	1182.5	702.8											1158.3	1086.4	3.3
PROMEDIO	5.0	6.0 %	5.0	1186.0	1186.0	695.9	2.410	2.483	2.48	0.171	82.38	3.3	14.32	17.8	81.2	150.4		1186.9	4.2

*[Handwritten Signature]*  
DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD

DIRECTOR DE OBRA

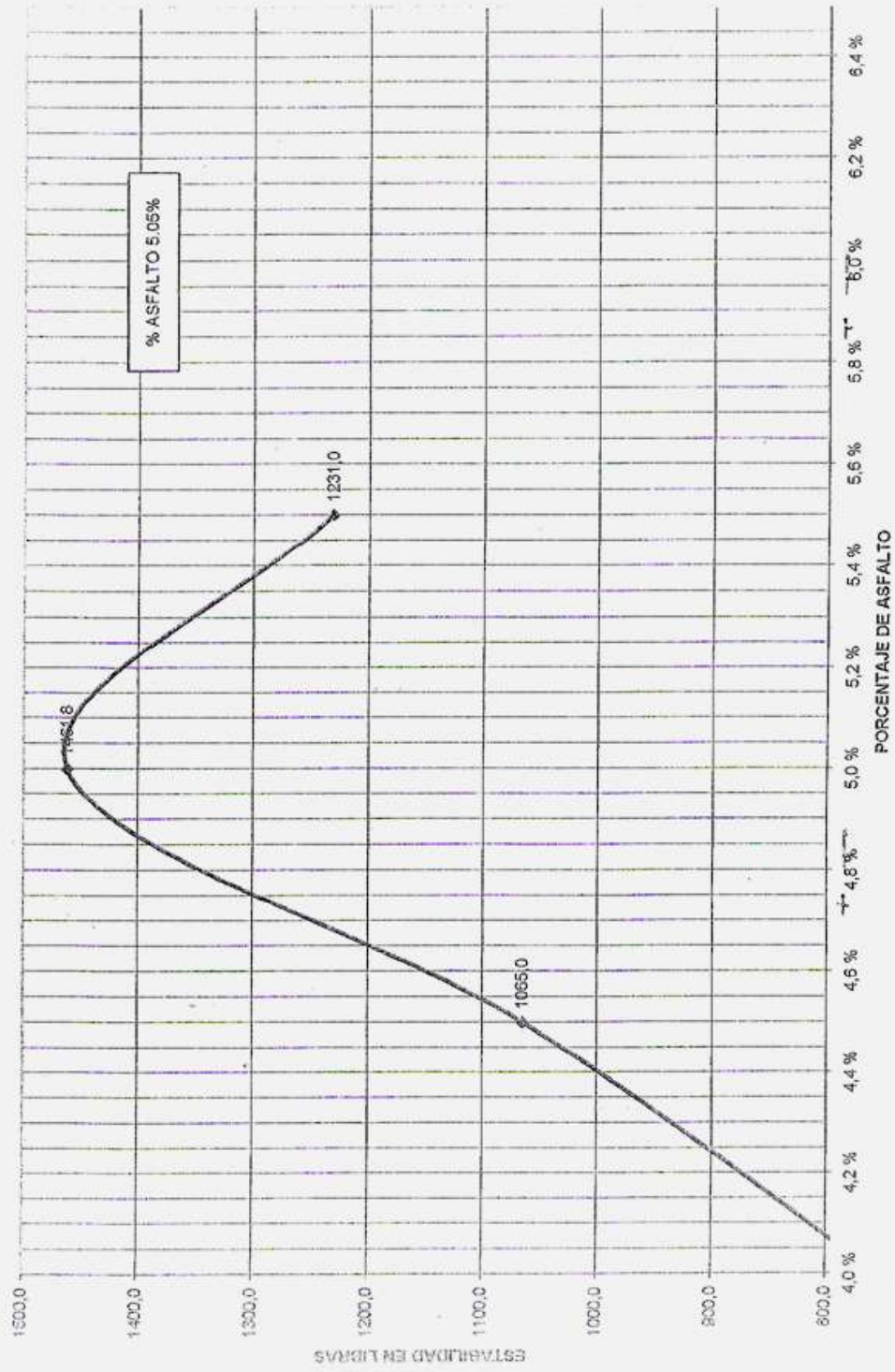
CV-APR-010-2005

Peso Unitario de la Mezcla



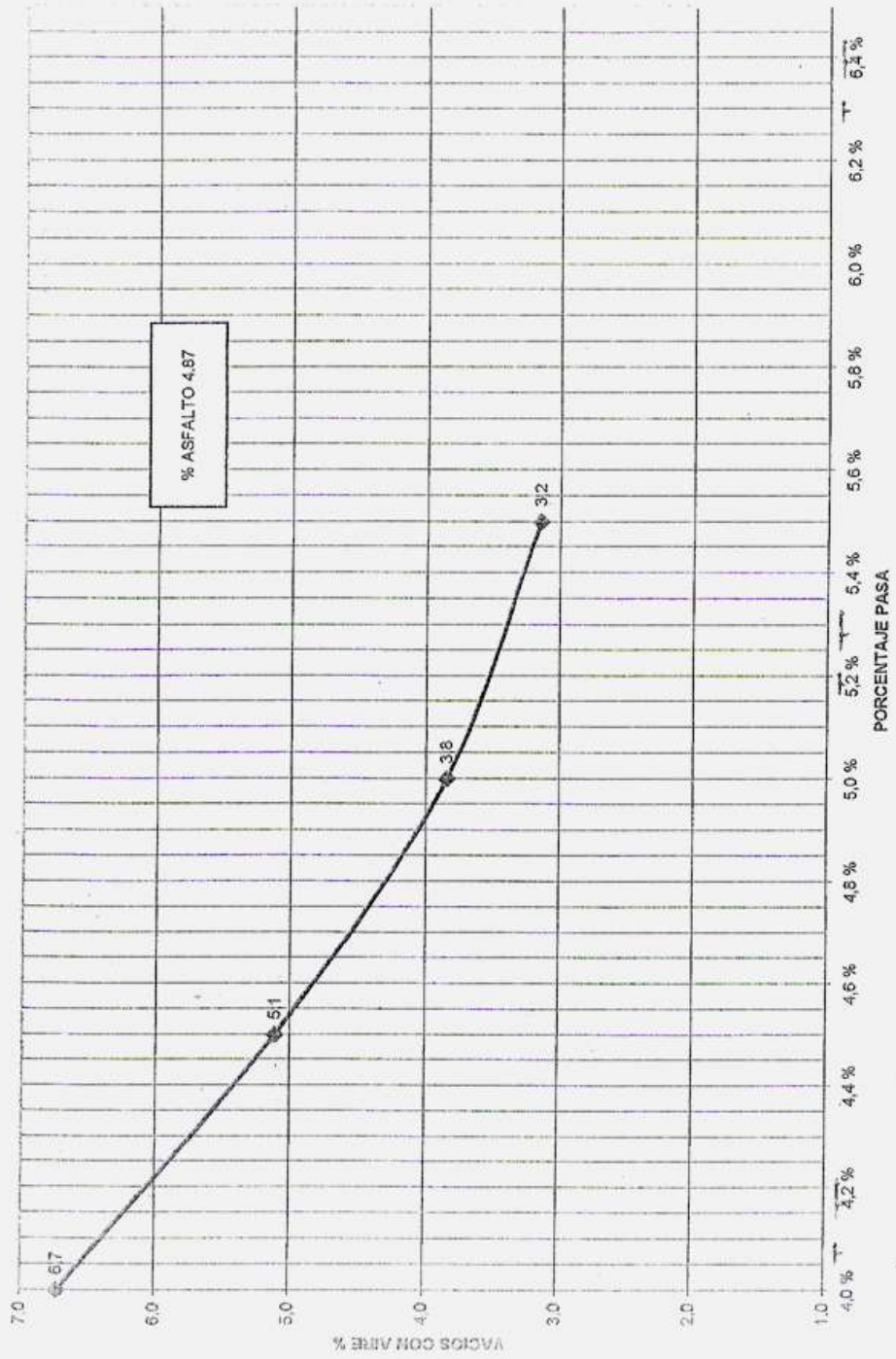
*[Handwritten signature]*

ESTABILIDAD DE MEZCLA



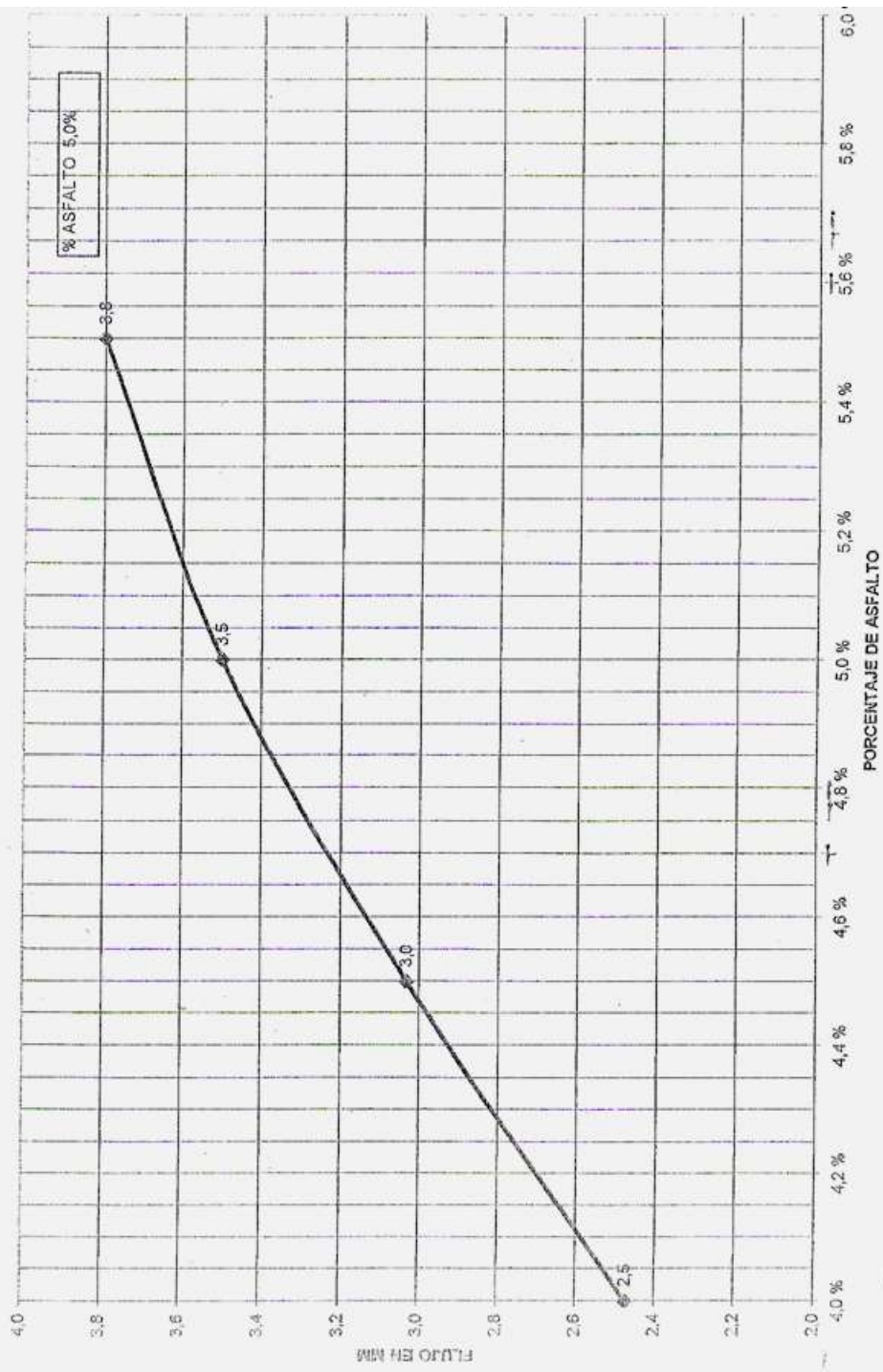
*[Handwritten signature]*

Vacios con Aire en Mezcla Total



*[Handwritten signature]*

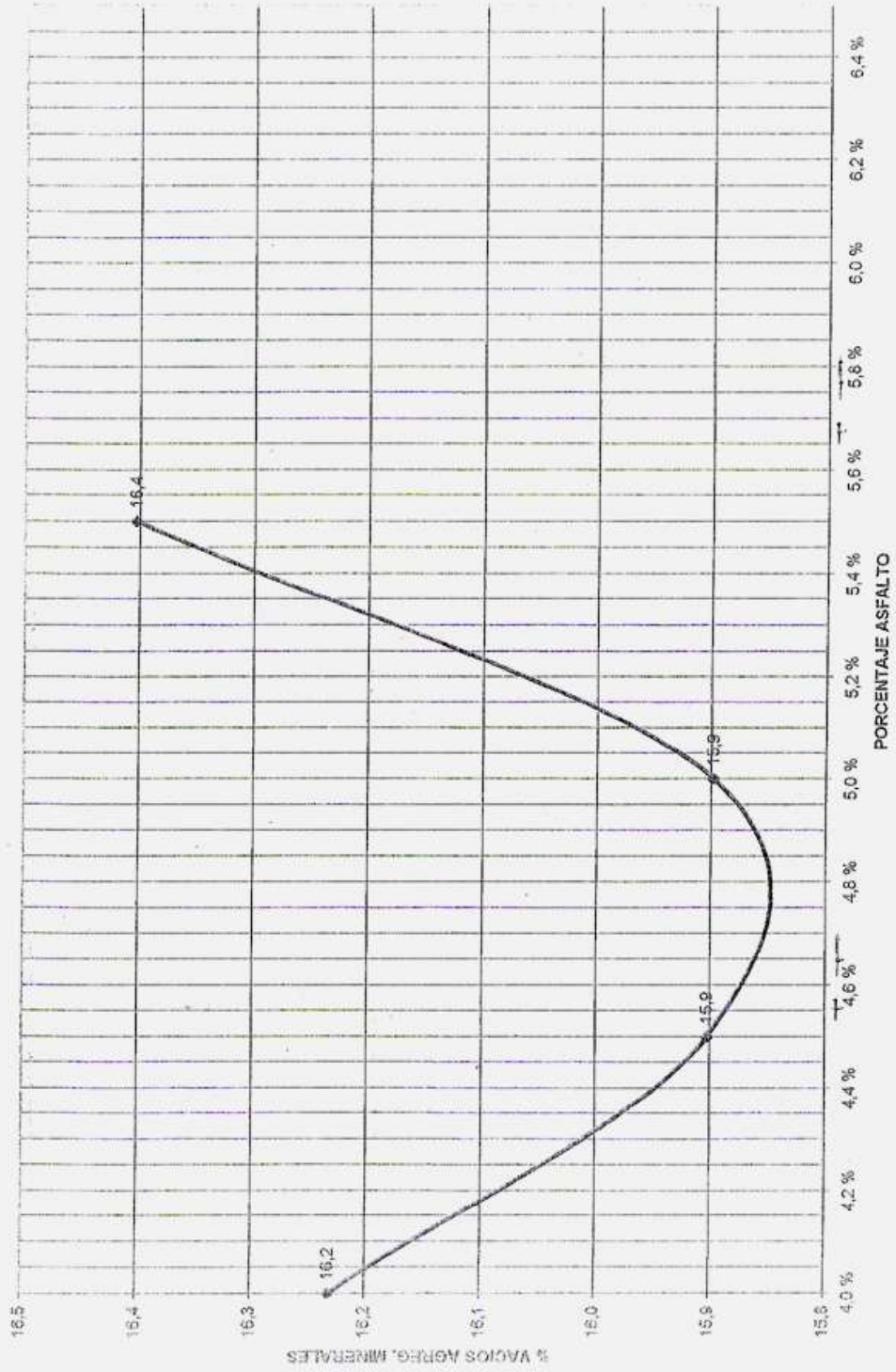
FLUJO DE MEZCLA



*Handwritten signature*

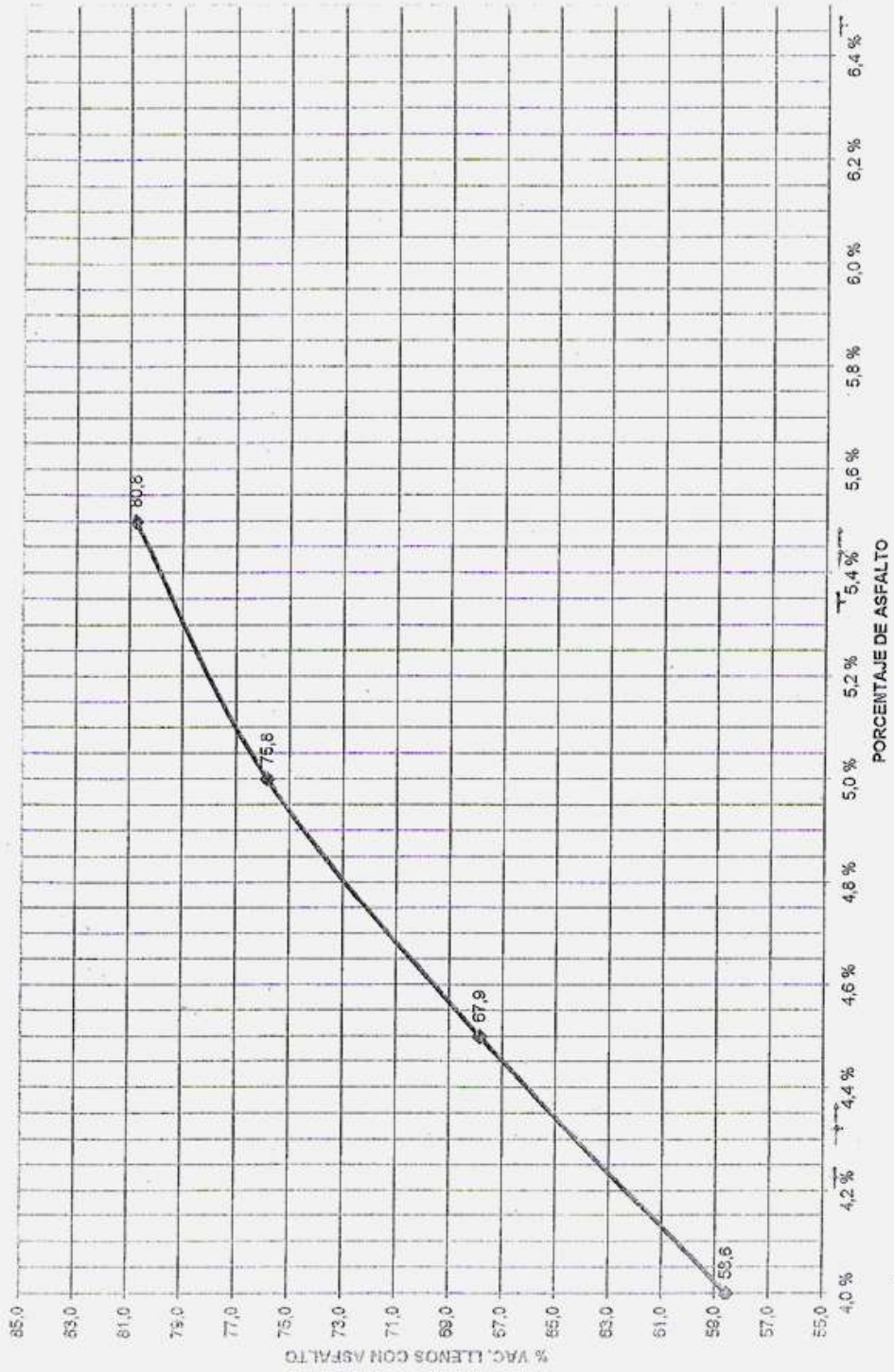


VACIOS EN AGREGADOS MINERALES



*[Handwritten signature]*

VACIOS LLENOS CON ASFALTO



*[Handwritten signature]*

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

**1. IDENTIFICACION DEL PROYECTO.**

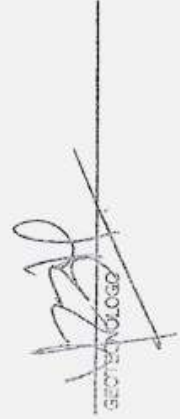
1.1 Nombre del Consorcio **LHS**  
 1.2 Nombre del Proyecto. **PAVIMENTACION EL ENCANO - SAN FRANCISCO**

**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

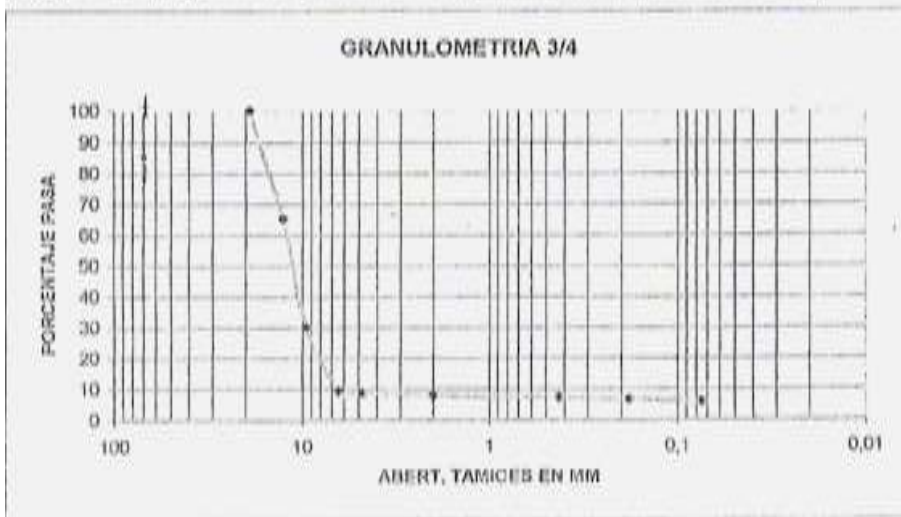
PROYECTO VIA EL JONCAYO  
 FUENTE DE MAJUDALES TRIT INCÓGNITOS  
 FECHA ENSAYO Martes 25 de Septiembre de 2006

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

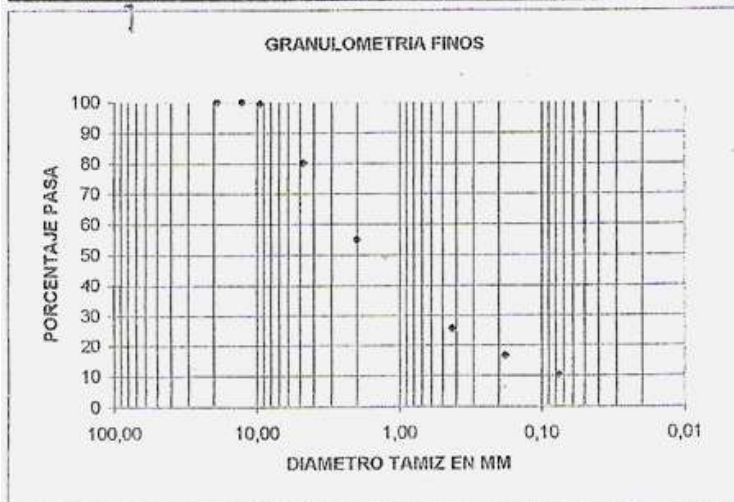
PROYECTO VÍA EL ENCANO  
 FUENTE DE MATERIALES TRIT AGRESUR  
 FECHA ENSAYO Mar 23 de Septiembre de 2008

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

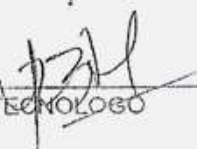
**INDICE DE ALARGAMIENTO**

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
<b>INDICE DE ALARGAMIENTO DE LA MUESTRA</b>					<b>7</b>

**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
<b>INDICE DE APLANAMIENTO DE LA MUESTRA</b>					<b>11</b>

INDICE DE ALARGAMIENTO GLOBAL	<b>7</b>
INDICE DE APLANAMIENTO GLOBAL	<b>12</b>

  
 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

*[Handwritten Signature]*  
 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

Versión  
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	32980		Mín 1500	
Temperatura de Mezcla (°C)	ASTM D 1559	135 - 139		Reportar	
Temperatura de Compactación (°C)	ASTM D 1559	145 - 150		Reportar	
Índice 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.



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

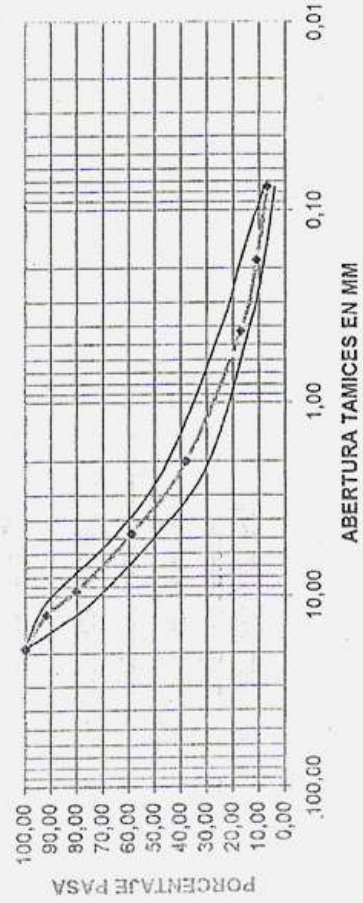
PROYECTO: VIA EL ENCANO - SAN FRANCISCO  
 LOCALIZACION DE MUESTREO PLANTA PILCUAN  
 FECHA TOMA DE MUESTRA SEPTIEMBRE 29 DE 2008

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



*[Firma manuscrita]*  
 ASISTENTE TECNICO

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

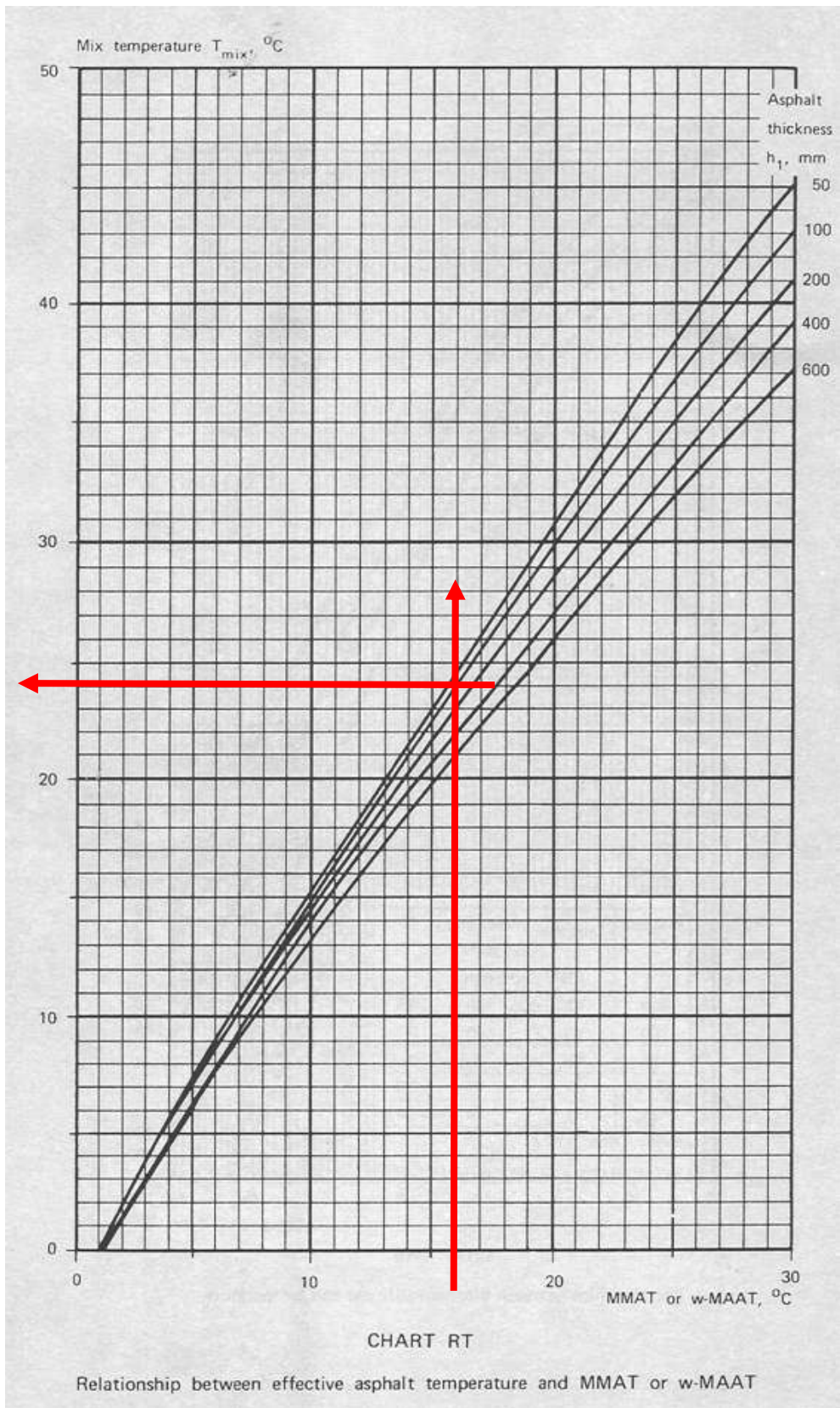
> 5X10<sup>6</sup>

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	1,006E+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 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	1,000E-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	-1,054E-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 $\mu$ strain	YY $\mu$ strain	ZZ $\mu$ strain	UX ( $\mu$ m)	UY ( $\mu$ m)	UZ ( $\mu$ 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 $\mu$ strain	YY $\mu$ strain	ZZ $\mu$ strain	UX ( $\mu$ m)	UY ( $\mu$ m)	UZ ( $\mu$ 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 $\mu$ strain	YY $\mu$ strain	ZZ $\mu$ strain	UX ( $\mu$ m)	UY ( $\mu$ m)	UZ ( $\mu$ 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 $\mu$ strain	YY $\mu$ strain	ZZ $\mu$ strain	UX ( $\mu$ m)	UY ( $\mu$ m)	UZ ( $\mu$ 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



## BISAR 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
<b>VALOR TOTAL =(A)+(E)</b>									<b>8.662.088.655,11</b>

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
<b>Sub-Total</b>				<b>269.78</b>

**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				
<b>Sub-Total</b>				<b>2,415.00</b>

**III. TRANSPORTES**

Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.
<b>Sub-Total</b>					<b>0.00</b>

**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
<b>Sub-Total</b>					<b>14.23</b>

**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
<b>Sub-Total</b>		<b>809.70</b>

**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
<b>Sub-Total</b>				<b>19,710.00</b>

**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
<b>Sub-Total</b>				<b>356,484.09</b>

**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
<b>Sub-Total</b>					<b>72,187.50</b>

**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
<b>Sub-Total</b>					<b>17,100.00</b>

**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
<b>Sub-Total</b>		<b>139,644.48</b>

**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	
<b>Sub-Total</b>					<b>30,853.48</b>

**II. MATERIALES EN OBRA**

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
SEÑAL PREVENTIVA					
<b>Sub-Total</b>					<b>0.00</b>

**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	
<b>Sub-Total</b>						<b>5,362.50</b>

**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	
<b>Sub-Total</b>						<b>2,712.52</b>

**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	
<b>Sub-Total</b>			<b>11,678.55</b>

**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	
<b>Sub-Total</b>					<b>11,142.70</b>

**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					
<b>Sub-Total</b>					<b>356,250.00</b>

**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	
<b>Sub-Total</b>						<b>61,250.00</b>

**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	
<b>Sub-Total</b>						<b>1,427.01</b>

**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	
<b>Sub-Total</b>			<b>129,020.91</b>

**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	
<b>Sub-Total</b>					<b>6.960.89</b>

**II. MATERIALES EN OBRA**

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
SEÑAL PREVENTIVA					
<b>Sub-Total</b>					<b>0.00</b>

**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	
<b>Sub-Total</b>					<b>5,362.50</b>	

**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	
<b>Sub-Total</b>					<b>380.54</b>	

**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	
<b>Sub-Total</b>		<b>3,811.18</b>	

**Precio unitario total aproximado al peso**

**16,515.00**

ITEM: RELLENO PARA ESTRUCTURAS

ESPECIFICACIÓN: 610.1  
UNIDAD : M3

**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	
				<b>Sub-Total</b>	<b>8,116.01</b>

**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	
				<b>Sub-Total</b>	<b>13,321.00</b>

**III. TRANSPORTES**

Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
MATERIALES SELECCIONADO	1.3	5.0	6.5	825.00	5,362.50	
				<b>Sub-Total</b>	<b>5,362.50</b>	

**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	
				<b>Sub-Total</b>	<b>10,118.04</b>	

**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	
		<b>Sub-Total</b>	<b>11,075.27</b>

**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	
<b>Sub-Total</b>					<b>1,000.53</b>

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					
<b>Sub-Total</b>					<b>293,664.20</b>

III. TRANSPORTES

Material	Vol-peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
<b>Sub-Total</b>						<b>0.00</b>

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	
<b>Sub-Total</b>						<b>20,010.53</b>

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	
<b>Sub-Total</b>			<b>94,402.58</b>

Precio unitario total aproximado al peso

409,078.00

ITEM: LINEA DE DEMARCACION

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	
<b>Sub-Total</b>					<b>37.76</b>

**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					
<b>Sub-Total</b>					<b>1,397.57</b>

**III. TRANSPORTES**

Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
<b>Sub-Total</b>						<b>0.00</b>

**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	
<b>Sub-Total</b>						<b>9.16</b>

**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	
<b>Sub-Total</b>			<b>433.35</b>

**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	
<b>Sub-Total</b>					<b>989.55</b>

**II. MATERIALES EN OBRA**

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
<b>Sub-Total</b>					<b>0.00</b>

**III. TRANSPORTES**

Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
<b>Sub-Total</b>						<b>0.00</b>

**IV. MANO DE OBRA**

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
<b>Sub-Total</b>						<b>0.00</b>

**Total Costo Directo** **989.55**

**V. COSTOS INDIRECTOS**

Descripción	Porcentaje	Valor Total	
ADMINISTRACION	20%	197.91	
IMPREVISTOS	5%	49.48	
UTILIDAD	5%	49.48	
<b>Sub-Total</b>			<b>296.87</b>

**Precio unitario total aproximado al peso** **1,286.00**