

**PARTICIPACIÓN COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA INTERVENTORÍA DEL
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA CRA. 2ª DESDE LA
CALLE 15N HACIA LA CALLE 25N I ETAPA – PLAN DE MOVILIDAD URBANA**



**INFORME DE TRABAJO DE GRADO
MODALIDAD PASANTÍA
PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**DAVID ESTEBAN CABELLOS VILLA
04052171**

**Director:
Ing. JULIA RUIZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
POPAYÁN
2011**



A Luz María Villa y Segundo Ceballos – Mis Padres –

Quienes, a pesar de los contratiempos y obstáculos, con todo su esfuerzo y amor, siempre me dieron su apoyo incondicional y absoluto durante mi formación en la academia, concediéndome la fortaleza necesaria para afrontar los retos y salir adelante con todo el empeño requerido para emprender un horizonte lleno de experiencias y oportunidades que con seguridad harán de mi carrera, Ingeniería Civil, una gran Fortaleza en mi Vida.



Agradecimientos

- ❖ **A mis Padres, Luz María Villa y Segundo Ceballos Mendoza**, por su gran apoyo en todos estos años, por su infinito amor, comprensión y por su formación en la disciplina, la responsabilidad y la honestidad para ser una mejor persona cada día. Por el trabajo y todo el esfuerzo que han hecho para que yo obtuviera este triunfo.
- ❖ **A mi Hermana, Ángela María Ceballos**, por todo su cariño, apoyo incondicional y comprensión brindados en los momentos de dudas y dificultades, por ser aquella persona quien está dispuesta a escucharme siempre buscando lo mejor para mí.
- ❖ **Al Ingeniero Álvaro Mauricio Correal**, Ingeniero Interventor de la obra de Pavimentación de la Carrera Segunda entre Calles 15N y 25N en Popayán. Que depositó su confianza en mí para realizar mi pasantía en la Obra.
- ❖ **Al Ingeniero José Fernando Narváez**, Inspector de Obra en la Construcción de la Pavimentación de la Carrera Segunda entre Calles 15N y 25N en Popayán. Quien me brindó su apoyo y experiencia para que mi formación en campo lleve un buen rumbo, siempre dentro de la ética profesional.
- ❖ **A la Ingeniera Julia Eugenia Ruiz**, Docente del Departamento de Geotecnia de la Facultad de Ingeniería civil en la Universidad del Cauca, quien me brindó su apoyo con la dirección de mi Pasantía.
- ❖ **A cada uno de los profesores** que me dictaron clase durante mi formación académica en la Facultad de Ingeniería Civil.
- ❖ **A todas las personas que han creído en Mí.**



CONTENIDO

	Pág.
1. RESUMEN.	11
2. INTRODUCCION .	12
3. OBJETIVOS.	13
3.1 OBJETIVO GENERAL	13
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
3.3 ACTIVIDADES REALIZADAS	13
4. INFORMACION DEL PROYECTO.	16
GENERALIDADES	16
4.1 LOCALIZACION	17
4.2 INVENTARIO Y ESTADO ACTUAL DE LA VIA	18
4.3 CARACTERISTICAS TECNICAS DEL PROYECTO	20
4.4 INFORMACION DEL CONTRATO	22
5. ACTIVIDADES REALIZADAS COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA DE INTERVENTORIA EN EL DESARROLLO DE LA PASANTIA.	23
5.1 ACTIVIDADES INICIALES COMO PASANTE	23
5.2 ACTIVIDADES ESPECÍFICAS DURANTE EL DESARROLLO DE LA PASANTIA	25
5.2.1 CONSTRUCCION DE BOX COULVERT, ABS K0+207	29
5.2.1.1 Localización y Replanteo	30
5.2.1.2 Excavación	31
5.2.1.3 Solado de Limpieza	32
5.2.1.4 Acero de Refuerzo	33



5.2.1.5 Formaleta	36
5.2.1.6 Tipo de Concreto	37
5.2.1.7 Calidad del Concreto Hidráulico	41
5.2.1.8 Curado del Concreto	44
5.2.2 CONSTRUCCION DE FILTROS	45
5.2.2.1 Constitución del filtro	47
5.2.2.2 Construcción de Filtro Adicional	47
5.2.3 CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	49
5.2.3.1 Acondicionamiento de la Subrasante	49
5.2.3.1.1 Excavación	50
5.2.3.1.2 Nivelación de la Subrasante	53
5.2.3.1.3. Corrección de Fallos en la Subrasante	55
5.2.3.1.4 Compactación de la Subrasante	63
5.2.3.1.5 Ensayos para determinar la calidad de la Subrasante	66
5.2.3.2 SUB-BASE	70
5.2.3.2.1 Selección de los materiales de sub-base granular	71
5.2.3.2.2 Proceso constructivo de la capa de Sub-base	71
5.2.3.2.3 Ensayos para determinar la calidad de la Sub-base	77
5.2.3.3 INSTALACIÓN DE SARDINEL PREFABRICADO	81
5.2.3.4 BASE	83



5.2.3.4.1 Selección de los materiales de Base Granular	84
5.2.3.4.2 Proceso Constructivo de la capa de Base	85
5.2.3.4.3 Ensayos para determinar la calidad de la Base	90
5.2.3.5 RIEGO DE IMPRIMACION	94
5.2.3.5.1 Proceso constructivo riego de imprimación	94
5.2.3.6. CARPETA ASFALTICA	97
5.2.2.6.1 Procedimiento de fabricación de una mezcla asfáltica en planta	98
5.2.3.6.2 Procedimiento Constructivo de la Carpeta Asfáltica	99
5.2.3.6.3 Controles durante la Compactación	101
6. CONCLUSIONES.	108
7. BIBLIOGRAFIA.	111
8. ANEXOS.	112



LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Localización general del Proyecto	18
Figura 2: Inexistencia de Andenes	19
Figura 3: Deterioro de la vía	19
Figura 4: Deterioro de la vía	19
Figura 5: Congestión vehicular	19
Figura 6: Deterioro Andenes existentes	19
Figura 7: Estancamiento aguas lluvias	19
Figura 8: Detalle alcantarilla tipo cajón	30
Figura 9: Demarcación con cal del ancho de excavación	31
Figura 10: Excavación con medio mecánico y Manejo de Aguas de La quebrada	32
Figura 11: Vaciado, distribución y terminado de solado de Limpieza	33
Figura 12: Refuerzo transversal y longitudinal en parrilla inferior de Losa de piso	34
Figura 13: Refuerzo vertical Lateral	34
Figura 14: Acero de refuerzo para losa de piso y muros laterales	35
Figura 15: Acero de refuerzo en losa superior de Box Couvert	36
Figura 16: Formaleta de madera	37
Figura 17: Dosificación y mezcla del concreto en Obra	38
Figura 18: Vaciado del concreto	39
Figura 19: Vibrado interno del concreto mediante vibrador de aguja	40



Figura 20: Desencofrado de Box Couvert, Abs k0+207	40
Figura 21: Ensayo en el cono de Abrams	42
Figura 22: Fabricación de cilindros de prueba	43
Figura 23: Curado del concreto en la losa superior de Box Couvert	44
Figura 24: Construcción del Filtro	46
Figura 25: Partes constitutivas del Filtro	47
Figura 26: Construcción del filtro Adicional	48
Figura 27: Ancho de Calzada a intervenir, demarcación con cal	51
Figura 28: Trabajos de Excavación en Abs k0+250	52
Figura 29: Remoción de Material con Retroexcavadora	52
Figura 30: Nivelación de la Subrasante	54
Figura 31: Suelo orgánico, presente en la subrasante	57
Figura 32: Demarcación, Excavación y remoción de material del fallo	58
Figura 33: Instalación de Geotextil Tejido T2400	58
Figura 34: Instalación de cama de arena y piedra, sobre geotextil	58
Figura 35: Material de Sub-base de reemplazo en fallo	59
Figura 36: Perfilado y compactación de material de Sub-base sobre Fallo	59
Figura 37: Subrasante después de su respectivo mejoramiento	59
Figura 38: Suelo encontrado en el sitio	60
Figura 39: Instalación Geotextil Tejido a lo ancho de la calzada	61
Figura 40: Extensión de material de Sub-base con retroexcavadora	62
Figura 41: Perfilado y compactación de subrasante	62



Figura 42: Mejoramiento de Subrasante con material de Sub-base granular	63
Figura 43: Compactación con Vibrocompactador	65
Figura 44: Subrasante nivelada y compactada	66
Figura 45: Densidad en sitio para Subrasante, Método del cono y Arena	67
Figura 46: Material de Sub-base Granular acordonado en obra	73
Figura 47: Extensión y cereo del material	73
Figura 48: Compactación con Vibrocompactador	76
Figura 49: Capa de Sub-base compactada y terminada	76
Figura 50: Densidad en sitio sub-base - ensayo de cono y arena	77
Figura 51: Instalación de sardinel Prefabricado sobre Sub-base	82
Figura 52: Niveletas para capa de Base Granular	85
Figura 53: Nivelación de la capa de base con motoniveladora	87
Figura 54: Humedecimiento de la base antes de compactar	89
Figura 55: Compactación de la base con vibrocompactador	89
Figura 56: Preparación de la superficie, mediante barrido manual	95
Figura 57: Carrotanque Irrigador	96
Figura 58: Aplicación del riego de imprimación	96
Figura 59: Superficie de la calzada imprimada	97
Figura 60: Vertimiento de la mezcla en la Finisher	103
Figura 61: Extensión de la mezcla asfáltica con pavimentadora o Finisher	103
Figura 62: Venteadores trabajando sobre mezcla asfáltica extendida	104
Figura 63: Compactación primaria con compactador de rodillo liso	104
Figura 64: Control de espesores, y aguja o tornillo de espesores	104



Figura 65: Medida de la temperatura de la mezcla	105
Figura 66: Compactación intermedia y final, Compactador Neumático	105
Figura 67: Carpeta asfáltica Compactada y terminada	105



LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla No 1: Valores de asentamiento	42
Tabla No 2. Ensayo de Compactación material de Subrasante	68
Tabla No 3. Densidad en Sitio, método del cono y arena	69
Tabla No 4: Ensayo de Compactación Material de sub-base Granular	78
Tabla No 5: Densidad en Sitio, método del cono de arena	79
Tabla No 6: Algunas especificaciones de INVIAS para los procesos de compactación de suelos	80
Tabla No 7: Ensayo de Compactación del Material de Base Granular	92
Tabla No 8: Densidad en sitio, método del cono de arena	93
Tabla No 9: Extracción cuantitativa de asfalto	106



1. RESUMEN.

El trabajo de grado realizado, en la modalidad pasantía, se desarrolló en el transcurso de los meses comprendidos entre abril y finales de agosto del presente año, dando cumplimiento al tiempo establecido como requisito por la Universidad Del Cauca para esta modalidad. Durante este tiempo, se lograron los objetivos y las metas propuestos para el desarrollo de la práctica profesional, en cuanto a que se puso en práctica los conocimientos adquiridos durante la formación académica, logrando a su vez la primera experiencia en el campo de la ingeniería civil.

A medida que desarrolló la pasantía, se participó activamente en los procesos constructivos del pavimento flexible, en las distintas capas de su estructura, además de las obras adicionales que se ejecutaron para el correcto y completo desarrollo en la construcción y pavimentación de la vía. También se ejecutaron actividades de tipo administrativo, tales como, la realización de informes semanales y mensuales en los que se resume el avance de obra, además de la participación en los comités semanales y en la revisión de actas de recibo parcial de obra.

La experiencia obtenida con el apoyo y colaboración a la interventoría, me permitió la aplicación de los conceptos obtenidos durante el periodo de formación académica y la consecución de nuevos, resultando ser una práctica productiva.



2. INTRODUCCION.

El Gobierno Nacional en sus pasadas administraciones ha puesto a consideración la gran necesidad de mejorar los problemas de accesibilidad y de movilidad peatonal y vehicular como de transporte público que se presentan en las grandes ciudades y capitales de nuestro país, debido al gran atraso que se evidencia en cuanto a infraestructura vial se trata. Como una salida a esta gran problemática surge una idea de dar a las ciudades colombianas una solución integral de movilidad, la cual se plantea y es sometida a discusión, una vez sea concertada y aprobada, se ejecuta apoyada con un importante porcentaje de recursos de la nación. Inicialmente se desarrollan en las ciudades de Medellín y Bogotá dando paso al llamado sistema de transporte masivo, como primer recurso para la mejoría al transporte urbano.

Transmilenio, consiste en un sistema especial de buses que usa vías exclusivas, estaciones especiales y buses articulados, su construcción se inició en 1998, inaugurado el 4 de diciembre de 2000. Hoy en día es el sistema metropolitano de transporte masivo que funciona en la ciudad de Bogotá. La implementación de este sistema en la capital Colombiana trajo varias adecuaciones a nivel de infraestructura, calidad de vida y de ordenamiento de las rutas de transporte urbano colectivo, individual y particular. Al mirar los resultados positivos y el gran avance que esto generó tanto en infraestructura como en movilidad, este sistema se generalizo y se implementó en otras ciudades de Colombia a través de los gobiernos municipales, actualmente es el mismo tipo de transporte que se está desarrollando en Pereira, Cali, Bucaramanga, Medellín, Cartagena, todos basados en el modelo transmilenio y los cuales planean el avance en infraestructura de las ciudades respectivas a la vez que se ordena el transporte masivo en las mismas y le dan un nuevo aire de urbanismo a dichas ciudades.



Buscando Generar una Infraestructura adecuada para el desarrollo, surge Ciudades Amables, proyecto del Departamento De Planeación Nacional (DNP) que consiste en promover cambios en modernización urbana en pro del progreso de las ciudades. Construir ciudades amables implica, entre sus metas destacables implementar sistemas de transporte masivo en las ciudades con más de 600 mil habitantes. Pero su plan de acción cobija también a ciudades intermedias de población entre 300 y 600 mil habitantes, dentro de las cuales se encuentra incluido Popayán, con la construcción de vías, terminales de transferencia, reducción de la sobreoferta en transporte y la creación de estrategias para sistemas inteligentes de transporte.

Este programa se encuentra en ejecución en algunas ciudades del país, en Popayán se adelanta la primera fase de este proyecto con el llamado Plan de movilidad Urbana, en el cual se considera que Popayán, al igual que muchas ciudades intermedias del país, presenta un deterioro generalizado en su movilidad. Con el propósito de avanzar en la solución de los problemas de accesibilidad, flujo peatonal y vehicular, así como de definir la ampliación, adecuación y construcción de obras viales y la determinación de un sistema de transporte que recoja las necesidades de desplazamiento en el área urbana, teniendo en cuenta parámetros de eficiencia, comodidad, seguridad y economía, la Administración Municipal a través de la Secretaría de Tránsito adelanta los estudios y estrategias necesarias para mejorar la movilidad de la ciudad.

Actualmente se están desarrollando varios de los proyectos contemplados dentro del plan de movilidad, a través de la Secretaria de Infraestructura de la ciudad de Popayán entre los cuales se encuentra la: “Construcción de la pavimentación de la carrera 2da, desde la calle 15N hacia la calle 25N, I etapa”.

El proceso de coordinación, supervisión y control denominado Interventoría, es realizado por el Ing. Álvaro Mauricio Correal, en el proyecto: “Construcción de la



pavimentación de la carrera 2da, desde la calle 15N hacia la calle 25N, I etapa”, mediante Interventoría Técnica, administrativa y financiera del proyecto.

La secretaria de Infraestructura, junto con su personal profesional, brindan a estudiantes de Ingeniería Civil, la oportunidad de ser participantes activos de los procesos que se han desarrollado al interior de la obra en la cual ejercen la actividad de interventoría; de esta manera me permitieron la realización del trabajo de grado, Modalidad Pasantía; en la Interventoría Técnica de los procesos constructivos del Pavimento Flexible y obras complementarias que se ejecuta en el mencionado proyecto.



3. OBJETIVOS.

3.1. OBJETIVO GENERAL:

- ✓ “Participación como auxiliar de ingeniería en la interventoría en la ejecución y control de los procesos constructivos del proyecto de Construcción de la pavimentación de la carrera 2 desde la calle 15N hacia la calle 25N I etapa”

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- ✓ Colaborar en las actividades administrativas a cargo de la interventoría
- ✓ Participar en el control de materiales y de procesos constructivos.
- ✓ Poner en práctica y afianzar los conocimientos adquiridos en la facultad en lo relacionado con la construcción de una obra de pavimentación urbana.

3.3 ACTIVIDADES REALIZADAS

- ✓ Colaborar en el área administrativa al Ingeniero Álvaro Mauricio Correal Granados con la revisión de los diseños de las vías y de los pavimentos.
- ✓ Apoyo a la Interventoría en la celebración de actas tanto de inicio como de suspensión, obra, liquidación, aprobación de ítems no previstos, entre otras.
- ✓ Apoyo a la Interventoría en el control y revisión del cálculo de las cantidades de obra y cronograma.
- ✓ Apoyo en el control de calidad de los materiales, a través de ensayos de laboratorio.
- ✓ Participación en los comités semanales de los proyectos y/o mensuales.



- ✓ Efectuar visitas al sitio del proyecto, objeto de esta pasantía, junto al Ingeniero Interventor con el fin de evaluar el estado y avance de la obra.
- ✓ Presentar informes de las actividades realizadas mensualmente al Director a cargo de esta pasantía.

4. INFORMACION DEL PROYECTO.

GENERALIDADES

Actualmente en Popayán se adelanta el proyecto con la mayor inversión e importancia de todos los tiempos, el PLAN DE MOVILIDAD URBANA, cuyo principal componente es la recuperación de la malla vial, su adecuación para que fluya el transporte y la ampliación de los espacios públicos.

Entre las obras de infraestructura vial que se ejecutarán dentro de este plan están: la Construcción y pavimentación de la doble calzada de las Calles 15N y 25N entre la carrera 2da y 6ta; la carrera 2da entre Calles 15N y 25N, buscando en conjunto con la carrera 6ta la que actualmente se transita en doble calzada, formar un circuito que permita la circulación rápida, cómoda y segura de los vehículos.

El objeto fundamental del proyecto es para mejorar una nueva estructura de pavimento y la movilidad de los vehículos que circulan en la carrera 2da desde la calle 15N hacia la calle 25N del municipio de Popayán, y buscar la solución más viable y económica a largo plazo de pavimento, que anteriormente se encontraba deteriorada por el paso de los vehículos de estas calles.

Con este fin se han realizado todos los análisis geotécnicos y conteo de los vehículos requeridos para el diseño del pavimento.



En el presente informe se incluirán los análisis realizados y los resultados de laboratorio y campo obtenidos por la Alcaldía Municipal.

4.1 LOCALIZACIÓN

El Municipio de Popayán, capital del Departamento del Cauca, se encuentra localizado a los 2° 27' Norte y 76° 37' de longitud Oeste del meridiano de Greenwich con una temperatura promedio de 19°C; está situado a una altura de 1733 m. sobre el nivel del mar y es regado por los ríos Blanco, Cauca, Clarete, Ejido, Molino, Mota, Palacé, Las Piedras, Pisojé, Saté, Hondo, además de numerosas corrientes menores.

El área urbana tiene una extensión de 30 Km² y el área rural es de 482 Km², para un total de 512 Km².

Este proyecto de Infraestructura Vial se va a desarrollar en la ciudad de Popayán; sobre la Carrera 2, desde la calle 15N hacia la calle 25N; situada al Nor-Occidente del Municipio de Popayán, en el sector comprendido entre la Facultad de Ingenierías y Ciencias Contables de La Universidad del Cauca y la Secretaria de Tránsito Municipal; limitante con las urbanizaciones: Pomona, Bosques de Pomona, Altos de Tulcán, Portal de Pomona, Vereda Pomona, y las siguientes instituciones educativas: Universidad del Cauca, Instituto técnico Industrial y Liceo Alejandro Humboldt. La zona está enmarcada en un sector urbano en un alto porcentaje vivienda, con uso en actividades residenciales.

En la figura 1 se puede apreciar el tramo que abarca el proyecto de la construcción de la pavimentación de la carrera 2da entre calles 15N y 25N.

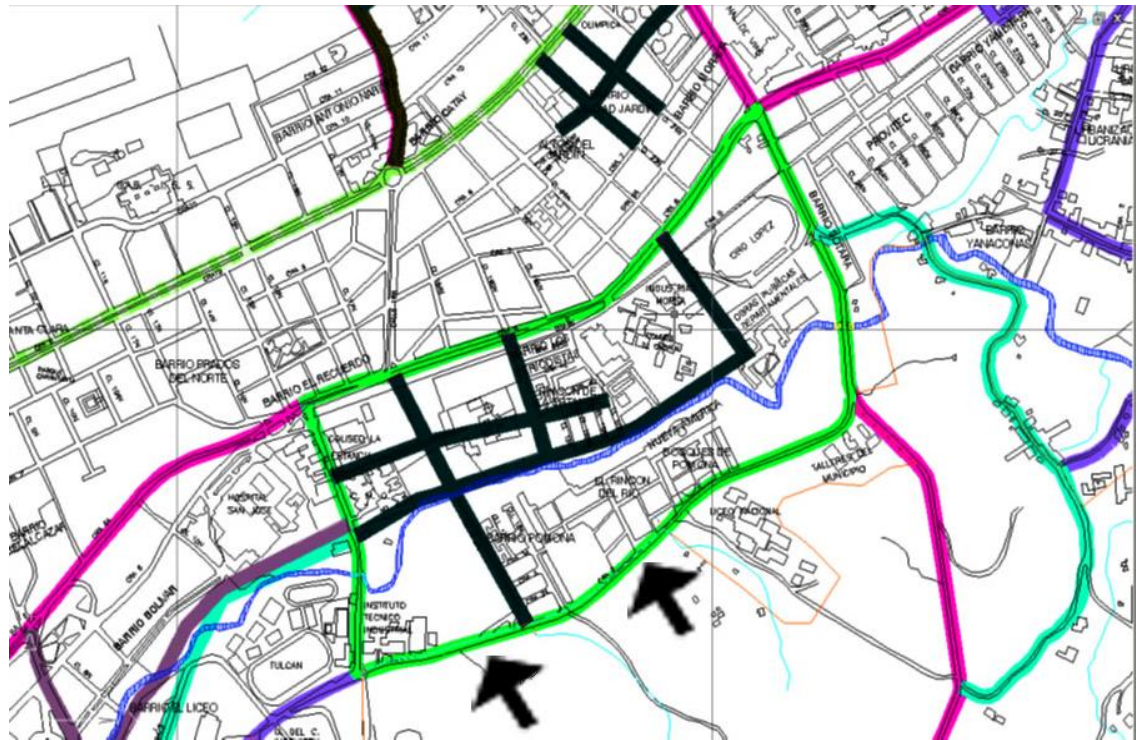


Figura 1. Localización general del Proyecto.

4.2 INVENTARIO Y ESTADO ACTUAL DE LA VIA

La zona a intervenir, es una zona central de la ciudad de Popayán transitada continuamente, que comunica las instituciones educativas mencionadas anteriormente y la Secretaria de Tránsito Municipal, con gran afluencia de vehículos y personal. Además de ser una zona altamente poblada y vía para la salida al departamento del Huila.

La vía de este sector está muy deteriorada debido a la afluencia vehicular y a la inadecuada pavimentación de la misma. Por tal motivo los habitantes de la zona y la comunidad en general presentan gran inconformidad, debido al deterioro de sus vehículos, peligros por accidentalidad y falta de zona peatonal en la calzada izquierda de la vía. Además es evidente el deterioro del alcantarillado que genera problemas de estancamiento de agua lluvia y de salubridad.



A continuación se muestra el estado actual de la vía a intervenir.



Figura 2. Inexistencia de Andenes.



Figura 3. Deterioro de la vía.



Figura 4. Deterioro de la vía.



Figura 5. Congestión vehicular.



Figura 6. Deterioro Andenes existentes.



Figura 7. Estancamiento aguas lluvias.



En la carrera 2, desde la Calle 15N (*Abs k0+000*) hasta la Calle 25N (*Absk1+035*), se tiene una vía en pavimento flexible con un ancho promedio de 5,50 m, la cual debido al deterioro y al mal estado de la capa de rodadura y aspectos que se mencionaron anteriormente, se determinó la reconstrucción total de la estructura de pavimento Flexible a lo largo de esta vía.

4.3 CARACTERISTICAS TECNICAS DEL PROYECTO

El Proyecto de la **Construcción de la Pavimentación de la Carrera 2 desde la Calle 15N hacia la Calle 25N. Primera Etapa – Plan de Movilidad Urbana**, comprende la construcción de la calzada izquierda en sentido Sur – Norte, esta vía consta de 1.035 metros lineales aproximadamente, 4 metros de andenes a la margen izquierda, aproximadamente 4140 metros cuadrados de andenes, teniendo en cuenta la ciclo vía.

La calzada consta de dos carriles de 3,25 metros de ancho, en pavimento flexible, el diseño contempla una estructura de 8 centímetros de carpeta asfáltica, 20 centímetros de base granular, 30 centímetros de subbase granular y mejoramiento de subrasante con material granular clasificado, en los sitios donde el suelo así lo amerite y sardineles prefabricados al lado y lado de la vía.

El trazado de la vía, a partir de la ya existente, se hace retomando niveles desde el eje de la vía a lado y lado de la misma con puntos de referencia para luego realizar el peralte y bombeo de la vía para iniciar con los cortes.

Se realizarán trabajos de excavación, de tipo manual o mecánico, según se requiera, las cuales estarán protegidas en el fondo y paredes contra la intemperie para evitar pérdida de estabilidad y de capacidad de soporte.



La conformación de las diferentes capas del pavimento se realizará con material de canteras aledañas a la región, compactado con método mecánicos, bajo la supervisión y control de la Interventoría.

Anexo a la vía se realizara la construcción de 3 Box Coulvert de aproximadamente 30 metros lineales de longitud, muros de contención de aproximadamente 100 metros lineales, su altura definida por el sistema constructivo.

Construcción de filtros, sobre la margen derecha de la calzada, aproximadamente 120 metros lineales, ancho 70 cm y altura 100 cm con un geotextil NT 2000 de Geosistemas PAVCO, el material granular filtrante es un triturado bien gradado y limpio de impurezas de un tamaño de hasta 3” de diámetro.

Demolición de muros en ladrillo, aproximadamente 200 metros lineales, reubicación y reconstrucción de los mismos.

El proyecto también contempla la reubicación de redes eléctricas, de televisión, datos, internet, alcantarillado sanitario y pluvial las cuales se realizaran por sus respectivas empresas. (Movimiento de postes, 31 unidades).

Se realizará el plan de manejo de tránsito de la zona y el estudio de señalización del mismo, con el fin de implementarlo una vez se inicien actividades.

La Ejecución de las obras de construcción de la vía y sus obras complementarias se dividió en tres tramos aproximadamente cada uno de 300 – 400 – 300 metros lineales.

En el Componente Predial se debe realizar toda la gestión para la compra de predios, mejoras, construcciones que el proyecto requiera, además se deberá realizar las actas de vecindad y gestionar los permisos de ingreso a predios para permitir el desarrollo de las diferentes actividades de obra.



4.4 INFORMACION DEL CONTRATO

La Alcaldía de Popayán, contrata los servicios de ALVARO MAURICIO CORREAL GRANADOS, como Ingeniero Civil – Especialista en Pavimentos, mediante el contrato de Consultoría 313 de 2011, para desarrollar actividades para la INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA PAVIMENTACION DE LA CARRERA 2DA DESDE LA CALLE 15N HACIA LA CALLE 25N PRIMERA ETAPA., de la ciudad de Popayán. Plazo de Interventoría de Seis Meses. Teniendo como inicio Mayo 05 de 2.011 y fecha de terminación Noviembre 05 de 2.011

El Contrato de Obra Pública No. 677 de 2.010, se encuentra a nombre del AGREMEZCLAS S.A, por un valor de \$ 2.423.432.788, con un plazo de ejecución de seis meses, cumpliendo con el cronograma de obra propuesto para este proyecto.

INTERVENTORIA

Contratista:	ALVARO MAURICIO CORREAL GRANADOS
Contrato de Consultoría:	313 de 2011
Objeto:	INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA PAVIMENTACION DE LA CARRERA 2DA DESDE LA CALLE 15N HACIA LA CALLE 25N. PRIMERA ETAPA.
Plazo :	6 meses
Fecha de Iniciación:	Mayo 05 de 2.011
Fecha de Terminación:	Noviembre 05 de 2.011

CONTRATISTA

Contratista:	AGREMEZCLAS S.A.
Contrato de Obra:	677 de 2.010
Objeto:	CONSTRUCCIÓN DE LA PAVIMENTACION DE LA CARRERA 2DA DESDE LA CALLE 15N HACIA LA CALLE 25N. PRIMERA ETAPA.
Valor del contrato:	\$ 2.423.432.788
Plazo :	6 meses
Fecha de Iniciación:	Diciembre 27 de 2.010
Fecha de Suspensión 1:	Diciembre 29 de 2.010
Fecha de Reinicio 1:	Mayo 05 de 2.011
Fecha de Terminación:	Noviembre 05 de 2.011



5. ACTIVIDADES REALIZADAS COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA INTERVENTORIA EN EL DESARROLLO DE LA PASANTIA.

5.1 ACTIVIDADES INICIALES COMO PASANTE

Se realizó una inducción, la cual estuvo a cargo del Ingeniero Interventor de obra Álvaro Mauricio Correal Granados, en la que se hizo un reconocimiento de las actividades a ejecutarse en obra durante los seis meses de plazo del contrato la cual inició legalmente el 5 de mayo del presente año, ya que las actividades en obra se habían estado realizando mientras la obra se encontraba suspendida.

Además se realizó una visita a la obra en conjunto con la Ingeniera residente de obra y Director de obra de la firma contratista, para conocer la “Carrera 2 entre Calles 15N y 25N” en la cual se realizaron las actividades de interventoría durante el tiempo de la pasantía.

En la visita se hizo un recorrido completo por toda la vía, identificando puntos de referencia para la localización geométrica, BM’s, además de los postes los cuales debían ser reubicados para evitar interferencias con las actividades en obra, así como también los arboles los cuales debían ser talados y/o trasplantados debido a que estos quedaban dentro del ancho de banca de la vía.

Se identificó también las cajas de redes de televisión e internet, las cámaras de alcantarillado sanitario, sumideros existentes y sus posibles sitios de reubicación.

Se ubicó y se hizo reconocimiento de las Abscisas y condiciones actuales de los lugares proyectados para la construcción de los tres Box Couvert, debido al paso de pequeños lechos de agua los cuales requieren de un especial tratamiento para evitar posibles daños sobre la estructura de pavimento a futuro.



Se dio a conocer por parte del Ingeniero Interventor de obra, las funciones, actividades y responsabilidades que un Ingeniero Civil en Calidad de Interventor debe Cumplir, realizar y coordinar para que la obra en ejecución marche dentro de las especificaciones técnicas y así lograr el avance programado además del correcto funcionamiento en los procesos constructivos.

Además de las funciones de la interventoría, se dio a conocer los documentos, informes y formatos que se deben diligenciar y enviar a la Alcaldía Municipal, como entidad contratante.

Se conocieron además los diseños y planos de todo el proyecto a ejecutar y se plantearon a su vez modificaciones a tenerse en cuenta durante el desarrollo de la obra.

Las tareas específicas asignadas por el Ingeniero Interventor fueron:

- Realizar el diligenciamiento de los documentos y formatos periódicamente elaborados por parte de la interventoría. (Informes semanales e informes mensuales que se llevan en la Interventoría), así como también llevar un control de las cantidades de obra ejecutadas a diario.
- Participar en la verificación del cumplimiento de las especificaciones de construcción requeridas para garantizar a futuro un buen funcionamiento y comportamiento de la estructura de pavimento y de las obras complementarias que constituyen la construcción de la vía.
- Participar en la coordinación en obra de las comisiones de topografía y de laboratorio requeridas para el control por parte de la interventoría de las actividades de ampliación, construcción de la vía, obras complementarias y de la estructura del pavimento flexible.



- Brindar apoyo a la interventoría en la elaboración, revisión y celebración de actas de recibo parcial de obra, actas de comités semanales de obra entre otras.

5.2 ACTIVIDADES ESPECÍFICAS DURANTE EL DESARROLLO DE LA PASANTIA

En el proyecto de **“Construcción de la pavimentación de la carrera 2 desde la calle 15N hacia la calle 25N. Primera Etapa”**, se va a realizar la pavimentación de 1035 metros lineales para un aproximado de 6730 metros cuadrados (m²), y como se había mencionado anteriormente la pavimentación se realizaría en tres tramos por lo que durante el tiempo en que se desarrolló la pasantía se ejecutó la construcción del primer tramo el cual comprende 345 metros lineales de vía; aquí se trata de observar, puntualizar y analizar todas y cada una de las actividades y procesos constructivos que se realicen dentro de la obra, es decir de todo lo concerniente a control de calidad, mediciones, cálculo de cantidades de material, cálculo de cantidades de obra, interpretación de planos, trazado y localización de la vía, transporte, colocación y compactación de los materiales de subbase y base, transporte de la mezcla asfáltica a la obra, control de temperaturas de llegada, extendido y compactación de la mezcla asfáltica, mezclado y transporte del concreto dentro de la obra, manejo del acero de refuerzo en las diferentes actividades que lo requieran en la obra; así como también el manejo de los diferentes equipos usados en la construcción tales como decímetros, nivel de manguera, plomadas, hilos, maquinaria pesada, equipos de topografía, etc. La manera como se emplean en obra estos instrumentos, y las formas que los maestros de obra se dan para una correcta concepción y materialización de lo que se plasma en los planos, llevando así un adecuado control de la obra y garantizando que los resultados sean óptimos.

Así mismo en la parte administrativa hay que tener en cuenta cada una de las actividades que se realizó en este ámbito, tales como la revisión de pre actas de



recibo parcial de obra, memorias de cálculo de los diferentes ítems que contempla el presupuesto, elaboración de presupuestos de ítem no previstos y participación en cada uno de los comités de obra realizados semanalmente.

Durante la ejecución del proyecto se irán revisando y analizando actividades constructivas tales como:

- Preliminares: instalación y funcionamiento del campamento, demarcación y cerramiento de la obra, señalización para el plan de manejo de tránsito.
- Localización y nivelación del eje de la vía (a partir de la existente).
- Demolición de pavimento existente (flexible) con un espesor de hasta 0.11 m, demolición y remoción de andén y sardinel existente.
- Mejoramiento de la subrasante con material granular clasificado y en alguna ocasión con piedra (rajón) en sitios donde se encontró fallos (material orgánico).
- Construcción de un Box culvert en concreto reforzado de sección interna de 1.50 metros de ancho, 1.30 metros de altura y una longitud de 32,85 metros lineales.
- Realizar excavaciones con medio mecánico (retroexcavadora de llantas) para llegar a nivel de subrasante de la nueva estructura de pavimento.
- Construcción de filtros con geotextil NT 2000, triturado $\frac{3}{4}$ " a 4" sobre la margen derecha de la calzada.



- Marcar niveles en la vía, tanto para el eje como para el costado izquierdo y derecho de la vía para iniciar con trabajos de conformación de la subrasante con medio mecánico (motoniveladora).
- Excavaciones a mano para instalación de tuberías novafort de 12” en algunos sitios para ubicación de sumideros.
- Construcción de dos cámaras de inspección en concreto reforzado y en concreto simple para alcantarillado sanitario y pluvial.
- Conformación y compactación de Subrasante, subbase y base granular.
- Control de espesores y temperaturas de llegada, extendido y compactado de mezcla asfáltica para carpeta de rodadura.
- Realización de concretos, los cuales se componen de mezclas, POR VOLUMEN, de cemento portland, agua, agregado grueso y agregado fino. Con excepción de los aditivos cuyo uso estará sujeto a la aprobación por parte de la interventoría.
- Realizar controles de calidad al concreto mezclado y fundido en obra, tales como ensayos de manejabilidad y consistencia (elaboración de cilindros, ensayo de slump).
- Realizar chequeo de niveles y espesores con topografía a material de sub-base y base instalado y compactado, así como también se realizo toma de densidades en campo (método del cono y arena) por parte del respectivo laboratorio autorizado para la interventoría.



- Elaboración de formaletas para construcción de muros, box culvert, cajas para sumideros, entre otras.
- Mezcla, transporte, colocación y vaciado del concreto.
- Protección y curado del concreto.
- Construcción de muros en concreto ciclópeo.
- Manejo del acero de refuerzo para las diferentes actividades que así lo requerían dentro de la obra.
- Rellenos en tierra amarilla, (recebo), para construcción de andenes.
- Construcción de sardineles fundidos en sitio, para confinamiento de ciclo vía.
- Construcción de muros de ladrillo en soga.
- Instalación de sardineles prefabricados a lado y lado de la vía, para delimitar la calzada de los andenes y separador central.

Se hizo necesario llevar un control diario de cada una de las actividades expuestas anteriormente, observando el avance y los resultados en obra, con la ayuda de documentos en Excel, informes, planos, registro fotográfico, etc.



5.2.1 CONSTRUCCION DE BOX COULVERT, ABS K0+207

Se hizo necesario realizar la construcción de un Box Couvert en la Abs k0+207, para canalizar y evacuar el agua de la quebrada Pomona la cual es de un caudal considerable, este aumenta aún más en época de invierno y también las aguas provenientes de las escorrentías superficiales de los taludes. Debido a esto y a estudios previos se definió su construcción, ya que anteriormente se encontraban instaladas dos tuberías en concreto de 24” cumpliendo dicha función y las cuales se encontraban colmatadas y en mal estado, además de que se presentaban represamientos de agua en este sector reflejándose esto en problemas para la estructura de pavimento.

Especificaciones constructivas para Box Couvert:

- Dimensiones Box Couvert: Ancho (2,10 m), altura (2.20 m), longitud inicial (15,00 ml) (Ver figura No.3).
- Sección hidráulica libre: 1,50m x 1,50m.
- Acero de Refuerzo: Longitudinal: ½”, Transversal: 5/8” (Ver figura No.3).
- Tipo de Concreto: mezclado en obra (3000 Psi).
- Recubrimientos de 0,07 m, con solado en concreto de 2000 Psi (e=0,10 m).
- Formaleta en madera, con apoyo de cerchas metálicas.
- Canalización de aguas, por medio de ataguías y tuberías novafort paralelas al eje de box, para facilitar actividades en su construcción.

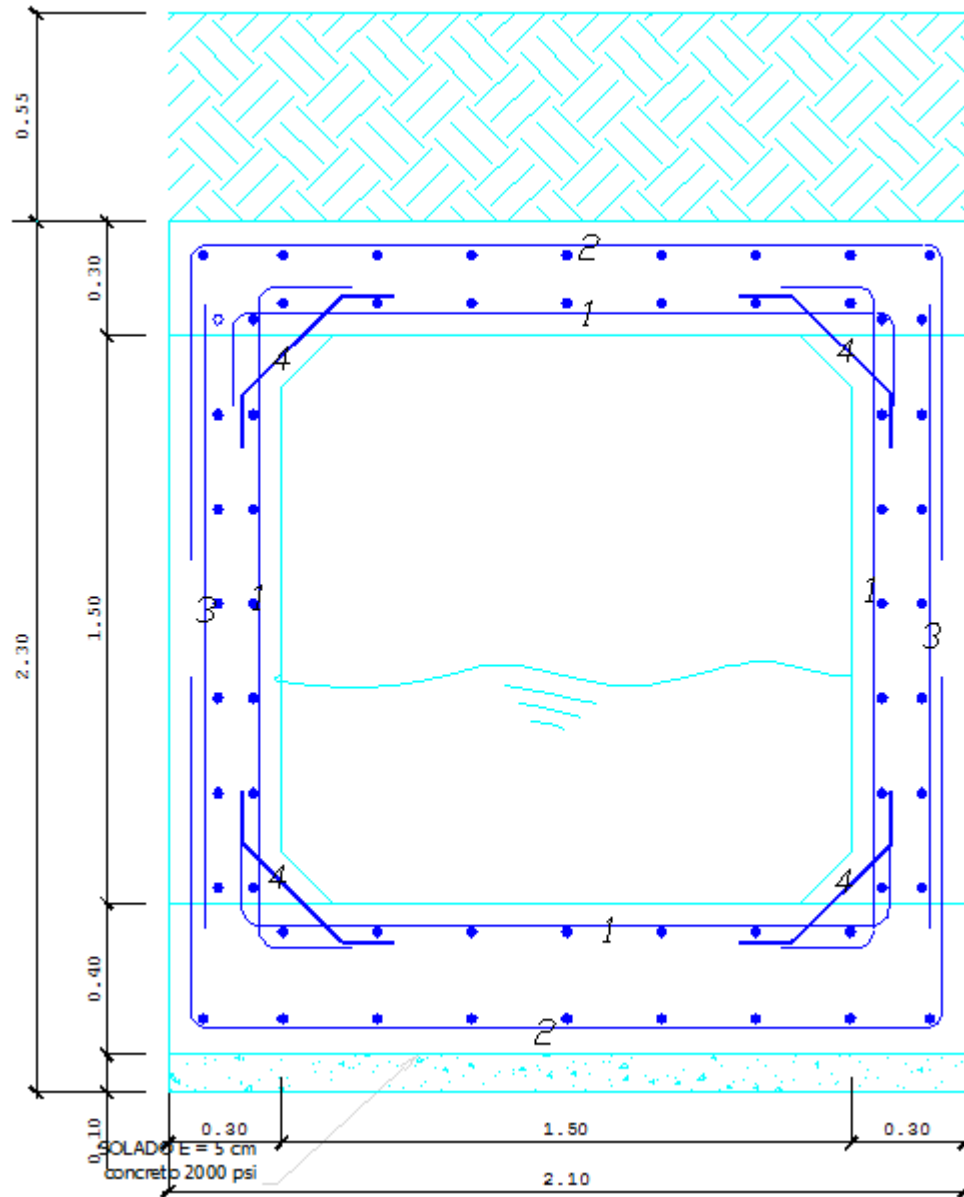


Figura 8. Detalle alcantarilla tipo cajón.

5.2.1.1 Localización y Replanteo. La localización y replanteo se desarrolló de la manera más técnica posible, situando en el terreno mediante un estacado y con la ayuda de niveles, los alineamientos y cotas de dicha obra, tomando como base las dimensiones, niveles y referencias indicadas en los planos respectivos, los que se



encuentren en el terreno o las que sean colocadas a medida que se vayan ejecutando los trabajos.

Se efectuó la localización del eje del box coulvert con equipo de topografía (estación total, plomadas), para luego proceder a demarcar con cal el ancho de la excavación a realizar.

Al terminar las actividades de excavación, se realizó el replanteo del eje de Box Coulvert materializándolo mediante estacas ubicadas cada metro a nivel de piso de la excavación.



Figura 9. Demarcación con cal del ancho de excavación.

5.2.1.2 Excavación. Se ejecutaron excavaciones con medio mecánico como Retroexcavadora de Llantas, el material resultante de la excavación fue evacuado y a su vez transportado en volquetas a escombrera encargada por el señor Orlando revelo, ubicado en el Km 2 sobre la vía Popayán – el Tambo.

Las excavaciones se realizaron a lo ancho de la calzada y hasta una altura tal que el terreno quedara 5 cm por debajo del nivel de instalación de solado, con el objeto de colocar un colchón en material granular (triturado), para mejorar y nivelar el suelo encontrado en el sitio.



Las excavaciones para la construcción del box se ejecutaron a medio talud (sobre excavaciones), con el fin de evitar posibles derrumbes y exponer a su vez a los obreros que en este sitio laboraban.

Fue necesario dar un manejo importante a las aguas de esta quebrada a canalizarse, mediante la realización de ataguías con tierra confinada mezclada con un porcentaje mínimo de cemento, y con el apoyo de tuberías instaladas en el sitio, para facilitar así los trabajos en desarrollo para la construcción del Box Coulvert.



Figura 10. Excavación con medio mecánico y Manejo de Aguas de la quebrada.

5.2.1.3 Solado de Limpieza. Al terminar la instalación y nivelación del colchón de grava en todo el ancho de la excavación, se dio paso a la fundición del solado, con un espesor promedio de 5 cms, dejando la superficie con un buen terminado para la instalación del acero de refuerzo.



El concreto utilizado para esta fundición en un concreto clase F para solado de limpieza en concreto de 2000 Psi. Su mezcla fue realizada con medio mecánico, mezcladora de un saco, vaciado y distribuido en el sitio de instalación mediante la utilización de canales para evitar posibles segregaciones de los materiales, lo cual requiere la aprobación del interventor.



Figura 11. Vaciado, distribución y terminado de solado de Limpieza.

5.2.1.4 Acero de Refuerzo. Paso seguido se procede a la instalación de los aceros según diseño, para dejarlos embebidos sobre la losa inferior a construirse.

Se inicia con la instalación del refuerzo transversal y sobre este se instalan los aceros longitudinales haciendo traslapos de 60 cms, para formar la parrilla inferior de la losa de piso. Para garantizar el recubrimiento de los aceros, se colocan unos tacos de madera a una altura de 5 cms sobre el solado y en toda la longitud del Box. El refuerzo tanto transversal como longitudinal es instalado con una separación de 20 cms y estos a su vez amarrados con alambre negro (en la figura 12 se observa la parrilla Inferior de la losa de piso). Para continuar la prolongación en altura se hace la instalación de aceros verticales laterales, traslapados en una longitud de 0,25 mts con los elementos trasversales de la parrilla inferior, como se puede observar en la figura 13.



Figura 12. Refuerzo transversal y longitudinal en parrilla inferior de losa de piso.



Figura 13. Refuerzo vertical Lateral.

De la misma manera son instalados los aceros transversales y longitudinales para la parrilla superior de la losa de piso garantizándose la separación requerida con la



parrilla inferior, y así mismo el recubrimiento superior de la losa. Terminada esta actividad se procede a instalar la formaleta para luego realizar la fundición de la losa de piso.

Sobre el refuerzo lateral vertical traslapado en sus dos parrillas externa e interna, se instalan aceros longitudinales horizontales, haciendo un traslapo de 0,60 m formando así los muros laterales del Box coulvert. En la figura 14 se puede observar el refuerzo longitudinal para los muros de box, además de la formaleta para la fundición de la losa de piso.



Figura 14. Acero de refuerzo para losa de piso y muros laterales.

Seguido a esto se instala la formaleta en la parte externa e interna lateral del Box Coulvert, para proceder a la respectiva fundición de los muros.

Para finalizar la instalación del acero de refuerzo se procede de la misma manera constituyendo las dos parrillas para la construcción de la losa superior, respetando



el mismo traslapo, separación y recubrimiento que los especificados tanto para la losa de piso y muros laterales.



Figura 15. Acero de refuerzo en losa superior de Box Coulvert.

5.2.1.5 Formaleta. Después de haber realizado la instalación del acero de refuerzo según despiece, comienzan a ubicarse una serie de tableros en madera y con apoyo de cerchas metálicas, tacos de guadua, listones entre otros se constituirá la formaleta para la fundición de: losa de piso, losa superior y muros laterales para Box Coulvert, cuidando de que dicha formaleta quede con las dimensiones correctas, es decir altura, espesor y longitud indicadas por el ingeniero constructor.



La construcción en instalación de la formaleta se hace con ayuda de niveles de burbuja y plomadas, para dar verticalidad a las paredes, horizontalidad a las losas tanto inferior y superior del box Couvert y a los solados del mismo, aunque haya que darle un desnivel para que el agua corra y no se quede estancada en el box. Se hace necesario colocar puntales detrás de la formaleta para contrarrestar el empuje generado por el concreto en el momento del vaciado, y así obtener los espesores adecuados de las paredes y losas del box.

Estos concreto son vibrados su colocación es manual y su mezcla es elaborada con medio mecánico.



Figura 16 Formaleta de madera.

5.2.1.6 Tipo de Concreto. Para llevar a cabo las obras de fundición de Box Couvert, en el contrato se ha establecido que la clase de concreto para esta construcción es un Concreto Clase D de 3000 Psi, en concreto reforzado como se había mencionado anteriormente.

Este concreto se realizó en obra mediante mezclado mecánico, con mezcladora de un saco, y en el cual la dosificación que se utilizó es que por cada saco de cemento (50 kg) se adiciona 5 cuñetes de triturado equivalente a 10 baldes de 0,01 m³ y 4,5 cuñetes de arena equivalente a 9 baldes de 0,01 m³, además para



este concreto se utilizó un aditivo acelerante (Sikaset -L) con una dosificación de 3,0 % del peso del cemento, por cada saco de cemento se adiciona 3,0% de acelerante, esto es 150 ml de aditivo adicionado directamente al concreto, este se utilizó debido a que se deseaba obtener un concreto con altas resistencias en poco tiempo, ya que era necesario seguir con actividades de instalación de sub-base sobre el Box Couvert.

Para la dosificación de la mezcla de concreto se utilizaron instrumentos de trabajo tales como un cuñetes de pintura (equivalente a 2 baldes de 0,01 m³), en el cual se encontraba señalada la medida para la cantidad de agregados a adicionar a la mezcla así como también el agua, mientras que el cemento si viene por sacos de 50 kg y no hay necesidad de medirlo; un elemento que también utiliza el maestro en obra para realizar la mezcla y llevar a cabo la dosificación es mediante carretas o más conocido como “buggies” los cuales tienen un volumen aproximado equivalente a 8 baldes de 0,01 m³.

Para la elaboración de la mezcla concreto se procede a adicionar al trompo primero medio cuñete de agua, luego agregamos los 5 cuñetes de triturado, el aditivo acelerante, luego un saco de cemento, los 4,5 cuñetes de arena y por último se agrega más agua hasta alcanzar la fluidez deseada del concreto. Se carga la mezcla en buggies, se transporta y por ultimo se vacía en la formaleta.



Figura 17. Dosificación y mezcla del concreto en Obra.



Para el vaciado del concreto a la losa de piso del Box Coulvert se utilizaron tuberías novafort de 24”, como medio para su colocación ya que el lugar de vaciado se encontraba a una cota mayor que la del piso del box, esto se realizó para evitar la segregación de los materiales y no se afecten las condiciones iniciales de la mezcla al momento de vaciar el concreto en este lugar.



Figura 18. Vaciado del concreto.



Una vez distribuido y extendido uniformemente el concreto sobre las losas y muros laterales, se procede a ejecutar el proceso de compactación del mismo, utilizando en un principio la vibración interna por medio de vibraciones de agujas; para ejecutar esta labor se introduce varias veces el vibrador en diversos puntos del concreto colocado, así como lo muestra la figura 19; teniendo previo cuidado de abarcar toda el área de las partes a fundir. De cada bachada de concreto fabricada resultaban aproximadamente 4 viajes en buggie, los cuales al



momento de la colocación en su sitio era necesario realizar el vibrado cada que se transportaba uno de estos.



Figura 19. Vibrado interno del concreto mediante vibrador de aguja.



Figura 20. Desencofrado de Box Coulvert, Abs k0+207.



Se hace anotación que en el sitio de construcción del box, se encontraron redes existentes de agua potable, alcantarillado pluvial y redes telemáticas a lo largo de la calzada las cuales fueron protegidas durante el proceso de construcción de la obra para evitar posibles daños en estas, hasta el logro de su reubicación. También cercano al eje de la calzada y a una determinada altura se encontró la red principal de alcantarillado pluvial, la cual fue interrumpida en el sitio por su construcción, haciendo que el flujo de aguas que pasa por esta, descole sobre el mismo box coulvert.

Cabe resaltar que en los diferentes procesos constructivos efectuados, se hizo control previo por parte de la interventoría en cuanto a revisión de diseños según planos, chequeo del acero de refuerzo instalado, formaletas y diseños de los concretos empleados en las fundiciones, para la obtención de óptimos resultados durante y después de la ejecución de dicha obra.

5.2.1.7 Calidad del Concreto Hidráulico. Luego de empezar ya trabajos de construcción y fundición de las losas y muros laterales de concreto para Box, entonces se empiezan a realizar ensayos para determinar y controlar la calidad del concreto en obra, ya que el aseguramiento de la calidad debe formar parte de la estructura del proyecto como un todo. Las entidades que hacen las veces de contratante deben definir los aspectos generales de la obra y dentro de ellos el esquema de calidad establecido.

1) El primer ensayo que se realiza es para controlar la consistencia del concreto mediante el ensayo de asentamiento en el cono de Abrams según Norma I.N.V.E - 404 – 07, con este ensayo podemos definir si aumentar o no la cantidad de agua a la mezcla garantizando un concreto de buena calidad y que no pierda resistencia.

Dependiendo del tipo de estructura a construir se tiene un valor para el asentamiento:



Tabla No 1. Valores de asentamiento

Estructuras	Asentamiento del cono (cms)
Pavimentos, prefabricados	Menos de 5
Estructuras en general	4 – 10
Concreto bombeado	7 – 12

Fuente: www.ingenieracivil.com/pavimento-rigido.html

Este ensayo se realizó en la obra tanto para la fundición de las losas de piso y superior además de los muros laterales, como ejemplo se toma el asentamiento para la losa superior del box, obteniendo un valor de 5.5 cms, lo cual nos indica que tenemos un concreto con buena consistencia y trabajabilidad.

Figura 21. Ensayo en el cono de Abrams.



2) Una vez definida la cantidad óptima de agua en el concreto y la cantidad o mejor dosificación adecuada de los materiales, se continúa con la preparación de la mezcla pero no sin antes realizar una prueba que consiste en certificar la resistencia y calidad del concreto preparado en obra.

Para ello se preparan y ensayan de forma obligatoria una serie de cilindros de prueba (Norma I.N.V.E - 410) que testifiquen la calidad de los concretos usados en obra, esto corre por cuenta del ingeniero residente de obra pero bajo supervisión



de la Interventoría pero también se realizó para la interventoría. Cada uno de estos ensayos realizados debe constar de la rotura de por lo menos cuatro cuerpos de prueba. La edad normal dada para ensayos de los cilindros de prueba será de 28 días, pero debido a que se requiere información anticipada para darle continuidad a la obra y que no surjan demoras, entonces se permitió que varios de los cilindros fueran probados a la edad de siete (7) días, también a la edad de catorce (14) días, y por ultimo calculándose la resistencia correlativa que tendrá a los veintiocho (28) días (ver anexos A y B).

A medida que la obra avanzaba, se realizaron por parte de la interventoría, muestras de cilindros a cada una de las partes que conformaba el box coulvert, que se consideraba necesario para llevar un control de la calidad del concreto. Una vez tomados los cilindros de prueba son sumergidos en una caneca con agua hasta el momento de ser enviados al laboratorio contratado por la interventoría (Geofísica LTDA) quien realizara las pruebas de rotura y luego nos hace llegar los resultados a la obra para realizar las respectivas correlaciones y verificar si se cumple o no con las especificaciones dadas en el diseño para la calidad del concreto.

Figura 22. Fabricación de cilindros de prueba.





5.2.1.8 Curado del Concreto

El curado busca evitar la pérdida de agua de la mezcla, aumentando la resistencia, durabilidad y en general todas las propiedades del concreto endurecido. Dicho proceso se realiza inmediatamente después de efectuar el acabado final de las losas y muros laterales del box Coulvert, y específicamente en el momento en que el concreto pierda la brillantez de su superficie, para protegerlo de la acción del sol, el viento y del lavado que pueda causarle la lluvia; se recomienda que el curado se efectuó por un periodo de siete días.

El curado implementado en el concreto del Box, fue químico. El cuadro químico se efectuó por medio de la implementación de antisol, el cual viene listo para ser usado; este se aplicó sobre toda la superficie de la losa superior en concreto del box coulvert; su aplicación se realizó por medio de una escoba de manera manual por un operador que le dio dos pasadas al área de concreto fundida. En la figura 23 se puede apreciar la aplicación de Antisol.

Figura 23. Curado del concreto en la losa superior de Box Coulvert.





5.2.2. CONSTRUCCION DE FILTROS

Una vez que ya se cuenta con la topografía del lugar con las respectivas carteras de rasante y planos, se empieza a dar ubicación de un filtro que será construido a lo largo de la calzada comprendido entre las abscisas $k0+213$ y $k0+325$, tramo que constituye 112 metros lineales.

Tomando la vía en sentido sur – norte, el filtro se encuentra ubicado hacia la margen derecha de la calzada debajo del que en un futuro se constituirá como el separador central de la vía, es decir parte de este se encuentra debajo de los sardineles prefabricados instalados para el carril derecho. Debido a que en este sector (Abs $k0+223$ a $k0+325$) constituido como una zona de ladera, caracterizada por ser muy húmeda y de alta vegetación, la cantidad de agua proveniente de escorrentías subterráneas es muy grande, la cual puede afectar considerablemente el pavimento si no se le da un tratamiento adecuado, razón por la cual se construye este filtro para ayudar a proteger toda la estructura del nuevo pavimento flexible, evitando así que el agua penetre a la estructura del pavimento y lo puedan debilitar de tal manera que llegue a fallar prematuramente y por ende su durabilidad y resistencia no alcance las proyecciones establecidas para este proyecto.

Las excavaciones a realizar para la instalación de dicho filtro se hacen de forma manual, para ello se dispone de una cuadrilla constituida por un maestro y 6 ayudantes (pueden variar), los cuales con la ayuda de herramienta menor como palas, picas machete entre otros comienzan a realizar la excavación para el filtro y a medida que se avanza se evacua el material que sale de la zanja de 112 m de longitud con una sección rectangular de $0.70m * 1.00 m$, para un volumen total de excavación de aproximadamente $79 m^3$.

Al realizar las excavaciones para el filtro, con ayuda de las referencias inscritas en las estacas y la cartera de rasante, se verifica los niveles de dicha excavación rectificando que los niveles de cota clave y cota batea del filtro sean y estén en la



elevación apropiada, de tal manera que al final de construido el filtro, su cota clave quede al mismo nivel de la cota de subrasante (nivel ceros de la estructura del pavimento).

Hechas las excavaciones se procede a instalar el geotextil el cual cubre a plenitud las paredes laterales y el fondo del filtro dejando un sobrante en la parte superior para poder cerrarlo y cocerlo. Se hace necesario sujetar el geotextil a sus paredes con estacas para evitar que al momento de instalar el material filtrante, este caiga dentro de la zanja. A continuación se comienza a vaciar el material filtrante (grava) teniendo en cuenta que se haga el lleno total hasta llegar a cota clave del mismo, se cierra el geotextil y se cose de forma continua hasta hacer llegar o desembocar el filtro en la alcantarilla más cercana, para este caso el agua que conduce el filtro llega a una tubería de 4" de PVC la cual descola en la margen derecha del Box Couvert.

Figura 24. Construcción del Filtro.





5.2.2.1 Constitución del filtro

Las dimensiones que constituyen al filtro están dadas de tal forma que su sección transversal tiene una altura de 1,00 m y un ancho de 0.70 m, la longitud depende de la proximidad de las alcantarillas construidas en la obra. Se utilizara material filtrante compuesto por grava de tamaños entre $\frac{3}{4}$ " a 4" de forma angular proveniente de la planta de Conexpe en la ciudad de Popayán, un Geotextil NT 2000 de Geosistemas de PAVCO, tubería de PVC de diámetro 4" colocada al final del filtro, cerca al sitio donde se encuentra el Box Couvert (En la figura 25 se puede observar los diferentes elementos que constituyen el filtro)



Figura 25. Partes constitutivas del Filtro (geotextil NT 2000 y material filtrante grava)

5.2.2.2. Construcción de Filtro Adicional

Se hace necesario la construcción de un filtro adicional ubicado a uno de los costados del Box Couvert, aproximadamente 20 metros lineales adicionales de filtro, el cual se construye en este sitio debido a que es ahí en donde se presentan aumentos de la escorrentía subterránea de agua ya que como se había mencionado por este lugar pasa la quebrada Pomona además del agua que se presenta por escorrentía superficial debido a los taludes que quedan a un lado de la calzada, el descole del agua que se transporta por el filtro se efectúa en una caja de inspección en la terminación del Box Couvert.



Los procedimientos constructivos son los mismos aplicados en el filtro construido al inicio de 112 m de longitud, con los mismos materiales pero distintas dimensiones, siendo las de este las constitutivas de su sección transversal la cual tiene una altura de 0,90 m y un ancho de 0,70 m.

El ingeniero Residente junto al interventor de obra llegan a un común acuerdo, en el cual creen conveniente la construcción de este filtro ya que desde el sitio de donde provienen las aguas de la quebrada hasta el lugar en el cual está ubicado el Box coulvert (Abs K0+207) no se ha dado ningún manejo de las aguas de escorrentía tanto superficiales como subterráneas por lo que se cree que estas pueden afectar el sitio de la transición (unión) entre el box y la subrasante de la vía presentando a futuro problemas en este punto, por lo cual con esta decisión se puede garantizar el aislamiento de la estructura de pavimento con el lado donde se ubican las aguas provenientes de dichas escorrentías logrando con ello un buen desempeño del pavimento a lo largo de su vida útil (En la figura 26 se observa la ubicación y construcción del filtro adicional a uno de los lados del box Coulvert).

Figura 26. Construcción del filtro Adicional.





Hay que tener en cuenta que la altura que se había mencionado del box Couvert es de 2,20 m medida desde el nivel del solado y la altura del filtro que va adyacente a este es de 0,90 m, concluido la instalación del filtro se hace necesario realizar un relleno con material de subbase granular a lo largo del box y con una altura tal que alcance el nivel de subrasante de la vía, este material es compactado de forma manual con pisones de mano.

Se debe tener cuidado al momento de la colocación del material filtrante cuando es de gran tamaño (por ejemplo de 3”) hacia la parte interior del geotextil, ya que si este es arrojado desde una altura considerable se pueden ocasionar daños como rompimiento del textil, afectando el funcionamiento del filtro.

5.2.3 CONSTRUCCIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

5.2.3.1 Acondicionamiento de la subrasante

Se puede definir la subrasante como la parte de la corteza terrestre que servirá de apoyo a la estructura de pavimento, y la cual debe garantizarle un apoyo uniforme, resistencia adecuada y permanencia de las propiedades bajo la acción del clima, la cual puede ser formada por el propio terreno natural, perfilado y compactado adecuadamente. Pero algunas veces cuando el material natural disponible no posee las características para cumplir con dicha función debido a problemas como expansión, valores bajos de soporte relativo entre otras, se tiene que recurrir a la utilización de materiales seleccionados de mayor calidad al encontrado, geo textiles, o bien se puede optar por realizar un tratamiento con productos como cemento portland, cal, asfaltos, etc., dependiendo la selección de alguno de estos de aspectos económicos y prácticos.



5.2.3.1.1 Excavación

Concluidos los trabajos de demolición de la carpeta asfáltica existente con un espesor de hasta 0,11 m a lo largo de los primeros 370 ml de la vía, se encontró que el suelo sobre el cual se encontraba cimentada esta era el suelo natural, no se encontró existencia de capas granulares (base y sub-base). Según el diseño geométrico presentado por la Alcaldía Municipal para esta vía, lo primero que se realizó fue su localización para iniciar labores de excavación con medio mecánico con el objetivo de llegar a nivel de subrasante para hacer su respectivo acondicionamiento, y mejoramiento en los lugares en que se presente fallos, para luego proceder con la instalación de las capas granulares de la estructura de pavimento.

Luego de realizada la remoción del material resultante de la demolición de carpeta asfáltica, sardineles y andenes nos encontramos con la vía en su estado natural es decir con sus peraltes y bombeos que se le había dado para el anterior pavimento, con la ayuda de la topografía tomada en el lugar, planos, secciones transversales carteras y puntos de referencia se procede a demarcar con cal viva el ancho de la calzada a intervenir (como se puede observar en la figura 27). Para luego comenzar con los trabajos de excavación teniendo en cuenta que se debía hacer el cajeo de 0,58 m (espesor total de la nueva estructura de pavimento) por debajo de la rasante de la vía hasta llegar a las cotas deseadas para la subrasante, no en todas las Abscisas el corte de material tenía un espesor de 0,58 m ya que en unas era mucho mayor debido a que las cotas de rasante de la vía existente no coinciden con las de la rasante para la vía proyectada.

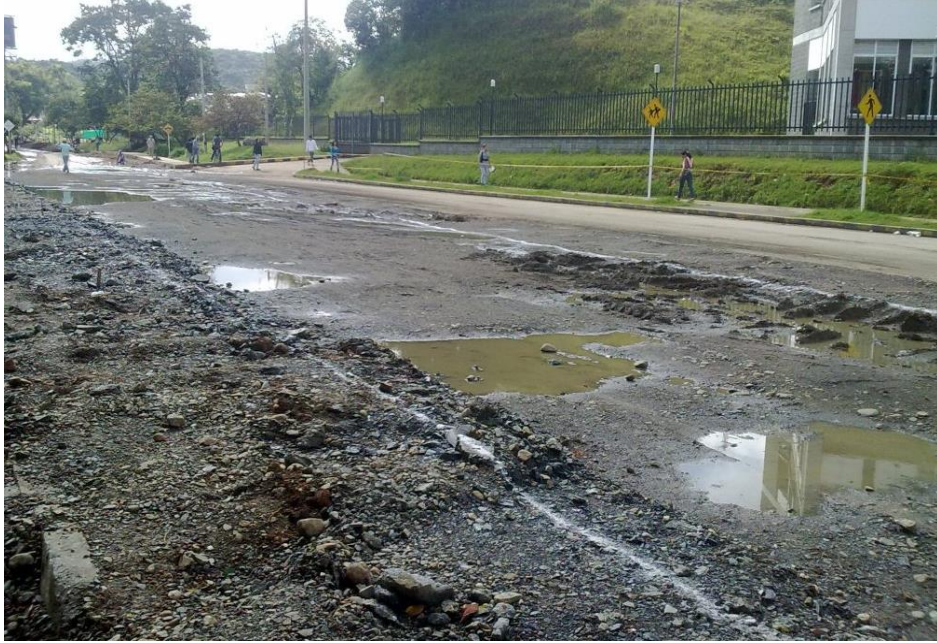


Figura 27. Ancho de Calzada a intervenir, demarcación con cal.

A medida que se avanza longitudinalmente en excavación con Retroexcavadora, la comisión de topografía va tomando niveles tanto en el eje como al costado izquierdo y derecho de la vía, estos niveles se toman cada 5 metros en sentido creciente del abscisado y según las lecturas que se hagan en la mira, se da aviso al operador de la retroexcavadora de cuanto se debe bajar para llegar a un nivel aproximado al de la subrasante.

Cabe resaltar que las excavaciones que se realizaron para llegar a nivel de subrasante se dejaron 5 cms por encima del nivel de esta ya que para esos meses en la ciudad de Popayán se atravesaba por una época de invierno, por lo que esto se realizó como una medida de precaución, en el caso de presentarse lluvias no perjudicar el suelo de la subrasante y evitar hacer sobre excavaciones para luego mejorarla.



Figura 28. Trabajos de Excavación en Abs k0+250.

En el primer tramo a intervenir, que comprende desde la Abscisa k0+000 a la k0+370, se realizó una ampliación de la banca con respecto a la anterior sobre el trazado existente mediante cortes, carga y desalojo del material de remoción realizados con Retroexcavadora de llantas CAT 420E IT y volquetas de 7 y 14 m³ de capacidad. En la figura 28 se puede apreciar la remoción y carga del material con Retroexcavadora.



Figura 29. Remoción de Material con Retroexcavadora.



5.2.3.1.2 Nivelación de la Subrasante

Concluidos los trabajos de excavación se inicia con labores de nivelación de la subrasante, dando el peralte y bombeo correcto y establecido en las carteras tanto en entre tangencias como en curvas horizontales.

El terreno se niveló con la adecuada supervisión de la comisión de topografía de la obra, la cual se aseguró de llevar hasta su espesor correspondiente a la capa de subrasante, mediante la implementación del nivel de precisión y la mira se fue estableciendo de manera correcta las respectivas cotas a las cuales debía llegar la correspondiente capa. Este trabajo consistió en ubicar un BM o un cambio, punto de cota conocida cercano al lugar donde se va a tomar los niveles, luego se coloca la mira topográfica encima del cambio y con el nivel de precisión se hace una lectura la cual sería la altura instrumental(vista +) y la sumamos a la cota del cambio, al valor resultante de lo anterior le restamos las cotas de la rasante correspondientes a cada una de las Abscisas sumado el espesor de la estructura de pavimento y nos da la lectura que debemos hacer en cada punto a nivelar.

Para el trazado del peralte, se toma la cartera de rasante del proyecto y a las cotas del eje, costado derecho e izquierdo le restamos el espesor de la estructura de pavimento que para nuestra vía son 58 cm y a las cotas resultantes al hacer la diferencia según sea la pendiente establecida para el peralte se le suma o se resta su valor a la cota del eje de la vía , dependiendo cual sea el sentido de la curva y para cualquiera de los casos se multiplica por la distancia del eje hasta cualquiera de los costados que para nuestra vía sería de 3,25 metros, y así obtenemos las cotas del costado izquierdo y derecho para el trazado del peralte en la vía.

La figura 30 muestra el paso de la motoniveladora con el fin de darle el nivel requerido a la subrasante.



Figura 30. Nivelación de la Subrasante.

Una vez se tengan los niveles de la subrasante se procede a ubicar estacas sobre los dos costados de la carretera en cada abscisa en las cuales se indica al operario de la motoniveladora donde tiene que realizar cortes del terreno y hasta cuanto tiene que profundizar los escarificadores de la máquina y la cuchilla niveladora, cortando y evacuando el material sobrante, también se indica si hay que realizar terraplenes y su dimensión. Estas referencias se indican con un + 0.15 (indica relleno de 15cms) o un -0.35 (indica 35 cms. de corte). También se colocan estacas al nivel que se desea dejar la subrasante, es decir que la cabeza de la estaca quede a ras con la cota final de la subrasante, en obra se la llamo cota cero, o sea dejar en ceros el nivel de la carretera (céreo).

El operario de la motoniveladora se va guiando con las estacas y con la ayuda de mediciones permanentes del topógrafo y el Ing. Residente de obra, para ir cortando y realizando rellenos donde sea necesario, dejando así perfilada la carretera con bombeos en las entretangencias y los peraltes respectivos en las curvas horizontales presentes en la obra. Se deja un margen de error en las mediciones de más o menos dos centímetros (+ o – 2 cms.), el cual se piensa



suplir a la hora de construir la capa de sub-base en la cual el margen de error ya es menor.

5.2.3.1.3. Corrección de Fallos en la Subrasante

Luego de culminadas las actividades de conformación y nivelación de la subrasante, se observó en varios tramos de la calzada que se presentaban asentamientos excesivos (acolchonamiento) debido a la baja capacidad portante del suelo, lo cual se identificó al momento en que se pasaban los equipos de construcción por estos lugares, los cuales se hacían más evidentes con un mayor contenido de humedad, causado por las fuertes lluvias que atravesaba la zona durante esos meses, debido a que el suelo presente en estos sitios era de tipo orgánico con presencia de limos, los cuales no son recomendables para ser empleados en subrasantes, se tiene la alternativa de reemplazarlos o tratarlos (mejorarlos) utilizando diferentes procedimientos.

El Ingeniero supervisor por parte de la Alcaldía Municipal recomienda para el tratamiento de los fallos pequeños el reemplazo del suelo con material de mejoramiento proveniente de la Planta de Conexpe y para el fallo ubicado entre la abscisa k0+260 y k0+340 realizar una excavación adicional de 0,30 m., instalación de un geotextil tejido a lo ancho de toda la calzada y la instalación de una capa de 0,30 m. de material de sub-base. La colocación del material de sub-base sobre el geotextil deberá hacerse de tal forma que los equipos de construcción NO tengan contacto con la subrasante, se presentó un APU no previsto para la instalación del geotextil para aprobación por parte de la interventoría.

Para el tratamiento de los fallos que se presentan a nivel de la subrasante, la interventoría hace algunas recomendaciones anotadas en bitácora y resumidas así:



- ✓ No se puede permitir el tránsito de vehículos sobre la vía, para esto es necesario terminar el cerramiento, ya que para ese entonces no se había instalado en su totalidad la poli sombra o yute.
- ✓ Siempre debe haber personal disponible para sacar el agua de los encharcamientos, cuando se produzcan fuertes lluvias.
- ✓ Se debe tener en cuenta de que en cada tramo excavado, se debe tener precaución de dejar zanjas de desagüe para recoger y encauzar las aguas superficiales.
- ✓ Se debe evitar la maniobra de los equipos de construcción sobre la subrasante, para esto el proceso de excavación mecánica se ha ido ejecutando de tal forma que se avanza en el sentido del abscisado para evitar el tránsito de maquinaria en la superficie excavada.
- ✓ Se debe construir la sub-base a la mayor brevedad, ya que la subrasante no puede estar expuesta.

Adicionalmente se debe contar con plásticos que cubran todo el ancho de los fallos, una motobomba y personal para bombear inmediatamente en caso de encharcamientos superficiales causados por las lluvias.

A lo largo del primer tramo de la calzada, en sus primeros 370 m., se identificó la presencia de 6 fallos presentes en la subrasante distribuidos tanto a la margen derecha como a la izquierda o a lo ancho de toda la calzada, unos de mayor longitud que otros, a continuación se va a describir los tratamientos que se llevaron a cabo para su corrección:

Fallo Abs k0+025: ubicado sobre la margen derecha de la calzada (en sentido del abscisado), entre las Abs k0+025 y abs k0+043, profundidad de excavación: 0,50m., longitud: 18 m., ancho: 5,00 m., aproximadamente para un volumen de excavación de 45 m³.



Figura 31. Suelo orgánico, presente en la subrasante.

Se inició con la demarcación del fallo la cual se hizo con cal, luego a partir de nivel de subrasante se hizo una excavación de 0,50 m., la cual se llevó a cabo con medio mecánico, se realizó un apique sobre ese nivel y en vista de que el material orgánico presente se encontraba a una profundidad mayor a un metro, la opción planteada por la interventoría y ejecutada por parte de la empresa contratista para la corrección de este fallo fue necesario hacer un mejoramiento del suelo allí presente. Se perfila el área total del fallo manualmente con palas, luego se procede a hacer la instalación del geotextil Tejido T2400 dejando un traslapeo a lo ancho de 0,60 m. y a su vez sobre este se hace la instalación de una capa de arena gruesa de espesor igual a 8 cms distribuida en toda su área, seguido a esto se hace la colocación de una capa de piedra (rajón) de un tamaño mayor o igual a 8” separadas adecuadamente unas de otras. Luego con la retroexcavadora de llantas se extiende el material de sub-base granular que se encontraba adyacente al lugar del fallo, tratando de llenar los vacíos presentes entre las piedras y llegar al nivel de la subrasante, después se da paso a la motoniveladora con el objetivo de distribuir y nivelar el material para finalmente darle la compactación requerida.



Figura 32. Demarcación, Excavación y remoción de material del fallo.



Figura 33. Instalación de Geotextil Tejido T2400.



Figura 34. Instalación de cama de arena y piedra, sobre geotextil.



Figura 35. Material de Sub-base de reemplazo en fallo.



Figura 36. Perfilado y compactación de material de Sub-base sobre Fallo.



Figura 37. Subrasante después de su respectivo mejoramiento.



Fallo Abs k0+260 a la Abs k0+340: ubicado a lo ancho de toda la calzada, comprende una longitud de 80 metros lineales, ancho de 6,50 m., y una profundidad de excavación de 0,30m.

Con respecto al suelo encontrado entre estas abscisas, se hizo necesario realizar un apique para tener mayor conocimiento del suelo encontrado en este sitio. En visita del ingeniero Geotecnista por parte de la Alcaldía y el Ingeniero interventor de la obra se llegó a la conclusión de que el suelo encontrado en el sitio es también un suelo orgánico con pobres características mecánicas, susceptible de grandes asentamientos y con un mayor contenido de humedad que el suelo de la Abs k0+026.

Para su tratamiento se ejecutaron las siguientes actividades: se hizo excavación mecánica con retroexcavadora de llantas a una profundidad de 0,30 m., teniendo en cuenta ubicar la retroexcavadora de tal manera que la excavación avance en el sentido del abscisado y no se permita el tránsito luego de ya realizada la excavación. Se debe instalar un geotextil tejido referencia T2400 y sobre el geotextil se coloca una capa de sub-base granular de 0,30m., la que se extiende con retroexcavadora pero el cereo se hace de manera manual para evitar inconvenientes con el tránsito en este tramo, la compactación se llevó a cabo con un vibro compactador Dynapac de 7 Toneladas de peso en dos capas de 0,15 m. con una vibración mínima, para así finalmente llegar a la cota de subrasante del proyecto.

Figura 38. Suelo encontrado en el sitio.





El geotextil como material de Separación: El objetivo de la instalación del geotextil tejido es para lograr una separación entre capas, entre el suelo fino orgánico encontrado en el sitio y la capa de material de sub-base granular utilizada como mejoramiento para la subrasante, esto ayuda a evitar la contaminación de las capas granulares por la migración de suelos finos a otras capas y así no afectar de alguna manera la capacidad portante de la estructura del pavimento. El área de instalación debe limpiarse adecuadamente de tal manera que quede libre de raíces, desechos y otros objetos que puedan dañar el geotextil. El agregado debe ser vaciado en forma adyacente al geotextil, se extiende usando una motoniveladora, en un espesor máximo de 0,15m. No debe hacerse descarga trasera o vaciado directo del agregado sobre el geotextil, solo se permite este tipo de descarga una vez se haya compactado la primera capa. El material se compacta hasta la densidad especificada, teniendo la precaución de no usar compactación vibratoria en la capa colocada directamente sobre el geotextil.



Figura 39. Instalación Geotextil Tejido a lo ancho de la calzada.



Figura 40. Extensión de material de Sub-base con retroexcavadora.



Figura 41. Perfilado y compactación de subrasante.

El proceso de compactación mecánica con vibro compactador busca mejorar en el suelo sus características mecánicas, disminuyendo la compresibilidad del suelo además de disminuir la magnitud de los asentamientos.



Figura 42. Mejoramiento de Subrasante con material de Sub-base granular.

Para los fallos que se presentan de manera puntual el Ingeniero supervisor por parte de la alcaldía recomienda hacer un reemplazo del material del fallo por un material de mejoramiento suministrado por la planta de Conexpe, colocados en capas de 0,30m. de espesor debidamente compactado para así llegar al nivel de subrasante de diseño del proyecto.

5.2.3.1.4 Compactación de la Subrasante

Se denomina compactación de suelos al proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo - deformación de los mismos; por lo general el proceso implica una reducción más o menos rápida de los vacíos, como consecuencia de la cual en el suelo ocurren cambios de volumen de importancia, fundamentalmente ligados a pérdida de volumen de aire. El objetivo principal de la compactación es obtener un suelo de tal manera estructurado que posea y mantenga un comportamiento adecuado a través de toda la vida útil de la obra.



La compactación debe ser realizada con estrictos controles de calidad a objeto de evitar asentamientos diferenciales que pueden afectar al pavimento. Si bien el pavimento flexible transmite bajas presiones al suelo de fundación, requiere de una plataforma uniforme y bien compactada.

Luego de terminados los trabajos con la motoniveladora, dejando lista y nivelada la capa de subrasante, entonces se procede a darle la compactación requerida haciendo uso de un compactador vibratorio monocilíndrico, el cual tiene que dar una serie de pasadas; 8 aproximadamente; en los tramos que ya han sido nivelados dejándolo así compactado y listo para dar paso a la instalación de la capa de sub-base.

Algo especial que cabe resaltar que se miró en estos trabajos es que el grado de compactación de la subrasante se obtiene confiando en la amplia experiencia del operador del vibro compactador, el cual daba una serie de pasadas y afirmaba que eran suficientes para dejar listo y bien compactado.

Durante el desarrollo de la compactación de la subrasante, se observó cómo llevar a cabo una adecuada compactación. Entre los aspectos vistos se destacan los siguientes:

- El operador del vibro compactador debe conducirlo a lo largo de la longitud de la vía teniendo en cuenta que el rodillo liso debe estar bien ubicado, al momento de activar la vibración del equipo.
- El operario debe conducir el vibro compactador a una velocidad regulada que no sea muy rápido, ni muy lento para lograr distribuir la presión del rodillo en toda la capa.



Figura 43. Compactación con Vibrocompactador.

- Al finalizar una pasada, la siguiente se debe comenzar en la mitad de la franja compactada en la pasada inmediatamente anterior.
- La compactación de esta capa de suelo no se debe llevar a cabo cuando el material está muy húmedo debido a que este puede adherirse al rodillo liso, generando así una mala compactación y echando a perder el material lo que se refleja en sobrecostos.

Estos trabajos de compactación se vieron afectados algunas veces debido a la presencia de lluvias fuertes y constantes ya que como sabemos es una zona de alta pluviosidad. El suelo se vuelve inestable, convirtiéndose en un barro el cual no se puede manejar, excavar, evacuar ni compactar, para esto había que esperar que el tiempo mejorara para continuar con los trabajos de acondicionamiento de la subrasante.

Una vez se tiene compactada y nivelada la subrasante se procede a realizar un sellado de la misma el cual se hace con el mismo vibro compactador rociando un poco de agua y así humedecer el suelo lo suficiente para garantizar adherencia entre las partículas del suelo; de esta manera se logra que el agua que caiga



sobre la carretera, proveniente de lluvias o escorrentías superficiales, siga su curso normal evitando que penetre en la capa y vuelva inestable el suelo.

Finalizada esta labor habrá que responder por una capa muy bien compactada y sellada de características óptimas, de tal manera de que las estructuras que van sobre ella no sufran ningún tipo de avería, ni falla estructural tal como fisuras, fracturas entre otras. En la figura 44 se puede apreciar la superficie de la subrasante nivelada y compactada lista para la instalación de la Sub-base granular.



Figura 44. Subrasante nivelada y compactada.

El equipo utilizado para realizar el proceso de compactación tanto a la subrasante como a la sub-base y base granular que conforman la estructura del pavimento flexible de la vía; fue un vibro compactador DYNAPAC CA-15.

5.2.3.1.5 Ensayos para determinar la calidad de la Subrasante

Concluida la conformación y compactación de la capa de Subrasante, antes de seguir con la instalación de la capa de Sub-base granular se realizan una serie de ensayos a partir de los cuales se dará por aceptada o no dicha capa.



El ensayo de compactación del material de subrasante previamente realizado en laboratorio nos proyecta datos importantes tales como la humedad óptima que esta del orden del 30.5% y la densidad máxima del orden de 1,280 gr/cm³. Con estos datos entramos a trabajar en la capa de sub-base durante su construcción.

El ingeniero contratista suministra a la interventoría datos de laboratorio tan importantes como el del ensayo de Proctor Modificado, desgaste en la máquina de los ángeles, determinación de la humedad óptima y la densidad máxima entre otros; pero también verifica el grado de compactación alcanzado en la sub-base, para ello se realizan una serie de ensayos de densidad en sitio (tabla No 3) los cuales arrojan valores tales como humedad del suelo, densidad seca y húmeda, densidad máxima y el que también nos determina la aceptación o no de la capa, la Compactación del Terreno el cual deberá estar por encima o por lo menos igual a la compactación especificada en el proyecto.

Figura 45. Densidad en sitio para Subrasante, Método del cono y Arena.





Tabla No 2. Ensayo de Compactación material de Subrasante.



ENSAYO DE COMPACTACION MODIFICADO				
INV E -142				
OBRA:	PAVIMENTACION CODIGO 854 CARRERA 2 POMONA			FL-36 VS 1
SOLICITANTE:	Ingeniera DIEGO GOMEZ			
LOCALIZACION:	CARRERA 2 ENTRE 15N y 25N POMONA			
MATERIAL:	SUB RASANTE SUELO FINO CAFÉ MUY OSCURO			
FECHA:	MAYO	2	2011	
	MAYO	4	2011	
DENSIDAD SECA				
No. de golpes		25	25	25
No. de Capas		5	5	5
Molde No.		1	1	1
Peso molde + muestra humeda	gr	3757,0	4114,0	4082,0
Peso Molde	gr	2462,6	2462,6	2462,6
Peso de la muestra humeda	gr	1294,4	1651,4	1619,4
Humedad (Horno)	%	11,9	35,4	64,9
Peso de la muestra seca	gr	1156,4	1219,5	981,9
Volumen de la muestra	cm ³	956,0	956,0	956,0
Densidad de la muestra Seca	gr/cm ³	1,210	1,276	1,027
HUMEDAD				
Peso Cápsula + suelo humedo	gr	224,9	197,1	240,5
Peso Cápsula + suelo seco	gr	205,1	155,7	160,7
Peso Agua	gr	19,8	41,4	79,8
Peso Cápsula	gr	39,2	39,0	37,8
Peso Seco	gr	165,9	116,8	122,9
Humedad (Horno)	%	11,9	35,4	64,9
		CLASIFICACION DE SUELO Sistema AASHTO _____ Sistema USC _____		
		RESULTADOS DE ENSAYOS Indice de Grupo : _____ Humedad óptima 30,5 % Densidad Seca máx 1,280 gr/cm³		
FERNANDO MUÑOZ FUENTES Matricula Profesional # 19516001294 CAU		GEOFISICA LTDA NIT. 900.224.884 - 0 Tel. 8224555 - Cel. 321 6424006		

www.geofisicaltda.com

e-mail:geofisicaltda@hotmail.com



Tabla No 3. Densidad en Sitio, método del cono y arena.



PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO METODO DEL CONO DE ARENA								
NORMA DE ENSAYO INV E- 161								
OBRA:	CONSTRUCCION PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRERA 2 ENTRE CALLE 15N HACIA 25N CONTRATO 677 DE 2011							
LOCALIZACION:	CARRERA 2 ENTRE 15N y 25N POPAYAN							
SOLICITANTE:	ALCALDIA MUNICIPAL DE POPAYAN - Ingeniero ALVARO MAURICIO CORREAL							
CLIENTE:	ALCALDIA MUNICIPAL DE POPAYAN							
MATERIAL:	SUB RASANTE SUELO RNO							
FECHA:	JUNIO 20 DE 2011							
PRUEBA No.		1	2	3	4	5	6	
ABSCISA		K 0 + 005	K 0 + 030	K 0 + 055	K 0 + 080	K 0 + 105	K 0 + 130	
LADO		EJE	IZQUIERDO	DERECHO	EJE	IZQUIERDO	DERECHO	
Peso hueco + arena inicial	g	9068	8892	7680	8752	7594	8736	
Peso hueco + arena restante	g	4478	4274	3530	4280	3280	4628	
Peso arena total usada	g	4590	4618	4150	4472	4314	4108	
Constante del cono	g	1609,0	1609,0	1609,0	1609,0	1609,0	1609,0	
Peso arena en el hueco	g	2981	3009	2541	2863	2705	2499	
Densidad de la arena	g/cm ³	1,510	1,510	1,510	1,510	1,510	1,510	
Volumen del hueco	cm ³	1974,2	1992,7	1682,8	1896,0	1791,4	1655,0	
Peso material extraído húmedo	Peso 3"*	g	3569	3462	3015	3092	2815	2638
	Retenido 3"*	g	0	0	0	0	0	0
Recipiente No.		*	*	*	*	*	*	
Peso recipiente + muestra húmeda	g	*	*	*	*	*	*	
Peso recipiente + muestra seca	g	*	*	*	*	*	*	
Peso recipiente	g	*	*	*	*	*	*	
Humedad material pasado 3"*	%	28,0	28,4	30,0	18,0	15,0	16,0	
Peso material extraído seco	Peso 3"*	g	2788,2	2696,3	2319,2	2620,0	2447,7	2273,8
	Retenido 3"*	g	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Porcentaje en peso secos de fracciones	Peso 3"*	%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	Retenido 3"*	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
HUMEDAD CORREGIDA	%	28,0	28,4	30,0	18,0	15,0	16,0	
Densidad del Terreno Seco	g/cm ³	1,412	1,353	1,378	1,382	1,366	1,374	
DENSIDAD MAXIMA DE LABORATORIO	NORMAL	g/cm ³	1,380	1,380	1,380	1,380	1,380	
	CORREGIDA	g/cm ³	1,380	1,380	1,380	1,380	1,380	
Humedad Optima laboratorio	%	28,8%	28,8%	28,8%	28,8%	28,8%	28,8%	
COMPACTACION	%	102	98	100	100	99	100	

PORCENTAJE DE COMPACTACION			
ESPECIFICACION			
NORMA	DESCRIPCION ESTRUCTURA	TOLERANCIA	CHEQUEO
ARTICULO INV 220	TERRAPLENAMIENTO - NUCLEO	Min 90 %	
	TERRAPLEN CORONA	Min 95 %	
ARTICULO INV 311	AFIRMADO	Min 95 %	
ARTICULO INV 320	SUB BASE GRANULAR	Min 95 %	
ARTICULO INV 330	BASE GRANULAR	Min 100 %	
ARTICULO INV 340	BASE ESTABILIZADA CON EMULSION	Min 95 %	
ARTICULO INV 341	BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO	Min 98 %	

OBSERVACIONES

Los resultados de los ensayos de laboratorio que se presentan en este informe, son solo aplicables a las muestras procesadas.

AUTORIZA
Fernando Muñoz Fuentes
FERNANDO MUÑOZ FUENTES
Matrícula Profesional: 19516001294 CAU

www.geofisicaltda.com
e-mail: geofisicaltda@hotmail.com



Para el control de calidad del proceso de compactación de la subrasante, se realizó el ensayo destructivo del cono de arena en varios puntos sobre la calzada repartidos esto en el eje, costado derecho o izquierdo de la calzada, estos se realizaron en sentido del abscisado, los resultados de densidad en sitio mostrados en la tabla No 3. Nos muestran la calidad de la compactación para el primer tramo de 140 metros lineales, las muestras fueron tomadas al azar cada 25 metros.

El instituto Nacional de vías dentro de sus especificaciones de construcción contempla algunos valores relacionados con los porcentajes de compactación a obtener los cuales se presentan en la tabla 6. En cada tramo se sugiere controlar la densidad promedio obtenida a partir de por lo menos seis (6) determinaciones en sitios seleccionados al azar.

Como podemos observar en la tabla No 3 los porcentajes de compactación del suelo de subrasante se encuentran todos por encima del especificado por el INVIAS, osea que se está cumpliendo con el grado de compactación promedio para subrasante al ser mayor o igual al 95 % del proctor modificado, dado esto y chequeados las respectivas cotas de subrasante se da por recibida la capa por parte de la Interventoría.

5.2.3.2 SUB-BASE

La capa de sub-base utilizada en pavimentos flexibles es definida como aquella capa de materiales pétreos seleccionados que se construye generalmente sobre la sub-rasante cuyas funciones principales son proporcionar un apoyo uniforme a la base del pavimento flexible, soportar las cargas que estas transmiten aminorando



los esfuerzos incluidos y distribuyéndolos a la capa inmediatamente inferior y también prevenir la migración de finos hacia las capas superiores.

5.2.3.2.1 Selección de los materiales de sub-base granular

Para la selección del material, se basó en los lineamientos y requisitos exigidos en las especificaciones del artículo INV 300-07. De acuerdo a lo anterior se llegó a la determinación de utilizar material de la planta de CONEXPE aledaña a la zona del proyecto.

Para la escogencia del material de sub-base granular que se requiere en la construcción del pavimento flexible se llevan a cabo una serie de ensayos sobre materiales dispuestos en la región, estos materiales son enviados a el laboratorio contratado por la interventoría donde se les efectuó una serie de ensayos, los cuales fueron: granulometría, durabilidad, dureza, limpieza, geometría de partículas, resistencia del material, límites de Atterberg, grado de compactación, equivalente de arena y densidad en el terreno; de acuerdo al material que más cumpliera con los requisitos establecidos por el artículo INV 320-07.

Se envían muestras de materiales al laboratorio tales como el de sub-base granular, Arena y Triturado, todos estos materiales producidos por la planta de trituración de Conexpe. Para la conformación de la sub-base se va a utilizar el material granular suministrado por dicha planta al cual se le realizaron los ensayos mencionados anteriormente para su posterior empleo.

5.2.3.2 2 Proceso constructivo de la capa de Sub-base

Después de nivelada y compactada la capa de sub-rasante, se procede a la construcción de una capa de sub-base, con el fin de proporcionar un apoyo uniforme a las capas que sobre esta se instalarán y lo más importante el control de deflexiones además de que sirve como transición entre la sub-rasante y las capas de mayor calidad.



Para llevar a cabo el proceso de construcción de la capa de sub-base se realizan una serie de operaciones de forma repetitiva cuantas veces sea necesario, tales como extensión, mezcla y humedecimiento de la capa, compactación y acabado de la misma. Es conveniente que el ingeniero contratista antes de dar comienzo a esta actividad, tenga la plena aprobación por parte de la Interventoría sobre las fuentes de suministro del material propuesto y el acabado aprobado de la sub-rasante, incluyendo el bombeo, peraltes y demás obras de carácter definitivo necesarias para mantener drenada la vía, sea cual sea la condición climática. En ningún caso se permite colocar la capa de sub-base sin que la capa inferior, en este caso la sub-rasante, cumpla con las condiciones de nivelación y densidad exigidas.

Una vez que el material de sub-base es suministrado por la planta de trituración, es transportado y colocado en la obra por parte del contratista, este es depositado (acordonado) en las cantidades requeridas a lo largo de la calzada con ayuda de volquetas de 14 m³, para de este modo lograr los espesores especificados para cada capa. Luego se comienza con la conformación de la misma por medio de motoniveladora la cual se encarga de mezclar, extender y dejar con un espesor determinado el material granular, para su posterior compactación con el vibro compactador y lograr la densidad especificada por el estudio geotécnico.

En la figura 46. Se puede observar el material de sub-base acordonado para su posterior extensión con motoniveladora.

En la figura 47. Se puede observar el proceso de extensión y cereo efectuado por la motoniveladora sobre el material granular.



Figura 46. Material de Sub-base Granular acordonado en obra.



Figura 47. Extensión y cereo del material.

Cabe resaltar que la motoniveladora, nivelo el terreno con la supervisión e instrucción del topógrafo de la obra, el cual se aseguró de llevar hasta su espesor



correspondiente a la capa de sub-base granular; mediante la implementación del nivel de precisión y la mira, fue estableciendo correctamente las respectivas cotas, por medio de unas estacas llamadas niveletas, a las cuales debía llegar la correspondiente capa en todo el contorno de la calzada.

La compactación en la obra se realiza con ayuda de maquinaria pesada en este caso se usó un Compactador Vibratorio mono cilíndrico el cual está compuesto por un cilindro metálico vibratorio liso que actúa como elemento de compactación y dos neumáticos traseros de tracción. Este tipo de maquina tiene una mejor adaptación a la compactación de suelos no cohesivos, donde el efecto de la vibración posibilita una mejor acomodación de los elementos granulares.

En la compactación del material se encuentra el éxito de la estructura del pavimento, debido a que la durabilidad y estabilidad de la estructura depende en un alto grado del estado de compactación proporcionado a cada una de las capas que lo conforman. Por lo anterior, se tuvo un específico seguimiento y control al proceso de compactación, implementando para esta actividad personal calificado y con experiencia suficiente en el desarrollo del proceso.

Para lograr la compactación requerida, se pasó varias veces el vibro compactador sobre el material de sub-base granular, teniendo en cuenta de que este debía poseer la humedad óptima para obtener la densidad requerida de acuerdo al estudio realizado. Cuando el material granular se encontraba seco, poco eventual en la obra, este se humedecía por medio de un tanque irrigador de agua, el cual esparcía el agua en toda la longitud de la vía; estos procesos se ejecutaron con la previa inspección y orientación del ingeniero residente encargado.

La compactación del material de sub-base granular se llevó acabo en dos capas de 0,15m ya que su espesor total es de 0,30m, la compactación tiene inicio en los bordes y se avanzará hacia la parte central, excepto en las curvas en las cuales el trabajo de compactación se realiza avanzando desde el interior de la curva hacia



el exterior, como es exigido por las especificaciones del INVIAS lo cual se puede detallar en el artículo 320-07 de estas mismas.

Uno de los principales impedimentos para lograr la densidad requerida para esta capa fue la intensidad de las lluvias que no permitían realizar una adecuada compactación, por lo tanto se procedió a esperar que mejorara un poco el tiempo para ser oreado. Al lograr secar el material, este es escarificado con la motoniveladora y se extiende nuevamente para ser compactado por el vibro compactador, logrando una densidad igual o mayor al 95% del proctor modificado.

Una vez se ha terminado con el trabajo de compactación de la última capa de la sub-base, se dan dos o las pasadas que sean necesarias de tal forma que cubra el ancho total de la calzada y luego se iniciará un perfilado general de la sub-base para continuar la compactación hasta obtener una superficie lisa, totalmente sellada y uniforme.

Al finalizar la compactación se encontró algunas zonas defectuosas (presentó acolchonamiento el material de sub-base) para lo cual se hizo necesario escarificar con la motoniveladora esa zona en un espesor no menor de 6 cm. y realizar el reemplazo del volumen de material ahí existente para obtener luego de compactado una capa firme, con la humedad óptima y la densidad adecuada.

Al final, dicho perfilado se aceptará por parte de la interventoría siempre y cuando la superficie no presente ningún tipo de irregularidades, o si las tiene que éstas no sean mayores a los niveles teóricos especificados en planos. Al igual que las diferencias en las cotas tanto del eje como del costado izquierdo y derecho de la vía las cuales deberán verificarse y corregirse antes de las demás comprobaciones y para ello esto se hizo con ayuda del nivel de precisión y la mira topográfica. Deberá corregirse toda diferencia que sea mayor a la tolerancia especificada en el contrato.



Figura 48. Compactación con Vibrocompactador.



Figura 49. Capa de Sub-base compactada y terminada.



5.2.3.2.3 Ensayos para determinar la calidad de la Sub-base

Luego de terminada la construcción de la capa de Sub-base, antes de seguir con la instalación de la capa de base granular se realizan una serie de ensayos a partir de los cuales se dará por aceptada o no dicha capa.

El ensayo de compactación del material de sub-base previamente realizado en laboratorio nos proyecta datos importantes tales como la humedad óptima que esta del orden del 6.7% y la densidad máxima del orden de $2,180 \text{ gr/cm}^3$. Con estos datos entramos a trabajar en la capa de sub-base durante su construcción.

El ingeniero contratista suministra a la interventoría datos de laboratorio tan importantes como el del ensayo de Proctor Modificado, desgaste en la máquina de los ángeles, determinación de la humedad óptima y la densidad máxima entre otros; pero también verifica el grado de compactación alcanzado en la sub-base, para ello se realizan una serie de ensayos de densidad en sitio (tabla No 5) los cuales arrojan valores tales como humedad del suelo, densidad seca y húmeda, densidad máxima y el que también nos determina la aceptación o no de la capa, la Compactación del Terreno el cual deberá estar por encima o por lo menos igual a la compactación especificada en el proyecto.

Figura 50. Densidad en sitio de sub-base mediante el ensayo de cono y arena.





Tabla No 4. Ensayo de Compactación Material de sub-base Granular.



GEOFISICA LTDA.

Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
 Confiabilidad, Calidad y Economía NIT. 900.224.884-0

ENSAYO DE COMPACTACION MODIFICADO			
INV E-142			
INFORMACION GENERAL			
			FL-23 VS 1
OBJETO:	CONSTRUCCION PAVIMENTACION DE LA CARRERA 2 DESDE LA CALLE 15N HACIA LA CALLE 25N CONTRATO 677 DE 2011 I ETAPA		
LOCALIZACION:	MUNICIPIO DE POPAYAN - DEPARTAMENTO DEL CAUCA		
SOLICITANTE:	ALCALDIA MUNICIPAL DE POPAYAN - Ingeniero ALVARO MAURICIO CORREAL		
CLIENTE:	ALCALDIA MUNICIPAL DE POPAYAN - Ingeniero ALVARO MAURICIO CORREAL		
FECHA RECIBO:	JUNIO	8	2011
FECHA ENSAYO:	JUNIO	13	2011
DESCRIPCION:	SUBBASE GRANULAR		FUENTE: CONEXPE
DATOS DE ENSAYO			
No. de golpes		56,00	56,00
No. de Capas		5,00	5,00
Molde No.		1,00	1,00
Peso molde + muestra humeda	g	7586,00	7956,00
Peso Molde	g	3073,00	3073,00
Peso de la muestra humeda	g	4513,00	4883,00
Humedad (Horno)	%	4,1	6,1
Peso de la muestra seca	g	4335,83	4601,45
Volumen de la muestra	cm ³	2116,80	2116,80
Densidad de la muestra Seca	g/cm ³	2,048	2,174
HUMEDAD			
Peso Cápsula + suelo humedo	g	256,50	330,55
Peso Cápsula + suelo seco	g	248,25	314,10
Peso Cápsula	g	46,35	45,25
Humedad (Horno)	%	4,1	6,1
CLASIFICACION DE SUELO			
Sistema AASHTO		*	
Sistema USC		*	
RESULTADOS DE ENSAYOS			
Indice de Grupo :		*	
Humedad óptima:	6,7	%	
Densidad Secca máx:	2,180	g/cm ³	
OBSERVACIONES:	EL RESULTADO CORRESPONDE A LA MUESTRA ENVIADA AL LABORATORIO POR EL INTERESADO.		
 FERNANDO MUÑOZ FUENTES Matricula Profesional # 19516001294 CAU			

www.geofisicaltda.com

e-mail:geofisicaltda@hotmail.com



Tabla No 5. Densidad en Sitio, método del cono de arena.



GEOFISICA LTDA.
 Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
 Geofiablez, Calidad y Economía NIT. 900.224.884-0

PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO METODO DEL CONO DE ARENA																																														
NORMA DE ENSAYO INV E - 161																																														
OBRA:	CONSTRUCCION PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRERA 2 ENTRE CALLE 15N HACIA 25N CONTRATO 677 DE 2011																																													
LOCALIZACION:	CARRERA 2 ENTRE 15N Y 25N POMONA																																													
SOLICITANTE:	ALCALDIA MUNICIPAL DE POPAYAN - Ingeniero ALVARO MAURICIO CORREAL																																													
CLIENTE:	ALCALDIA MUNICIPAL DE POPAYAN																																													
MATERIAL:	SUB BASE GRANULAR DE CONEXPE																																													
FECHA:	JUNIO 24 DE 2011																																													
PRUEBA No.		1	2	3	4	5																																								
ABSCISA		K 0 + 140	K 0 + 105	K 0 + 070	K 0 + 035	K 0 + 005																																								
LADO		IZQUIERDO	EJE	DERECHO	IZQUIERDO	EJE																																								
Peso Frasco + arena inicial	g	8594	8584	8572	8562	8534																																								
Peso frasco + arena restante	g	3688	4052	3376	3718	3764																																								
Peso arena total usada	g	4906	4532	5196	4844	4770																																								
Constante del cono	g	1609,0	1609,0	1609,0	1609,0	1609,0																																								
Peso arena en el hueco	g	3297	2923	3587	3235	3161																																								
Densidad de la arena	g/cm ³	1,510	1,510	1,510	1,510	1,510																																								
Volumen del hueco	cm ³	2183	1936	2375	2142	2093,4																																								
Peso material extralido húmedo	Pasa 3/4"	g	4049	3711	5061	4775	4527																																							
	Retenido 3/4"	g	1309	1085	1043	611	812																																							
Recipiente No.		*	*	*	*	*																																								
Peso recipiente + muestra húmeda	g	*	*	*	*	*																																								
Peso recipiente + muestra seca	g	*	*	*	*	*																																								
Peso recipiente	g	*	*	*	*	*																																								
humedad material pasant 3/4"	%	13,2	13,8	12,6	12,8	9,4																																								
Peso material extralido seco	Pasa 3/4"	g	3576,8	3260,9	4494,6	4233,1	4138,1																																							
	Retenido 3/4"	g	1283,4	1063,8	1022,6	599,1	796,1																																							
Porcentaje en peso seco de fracciones	Pasa 3/4"	%	73,6	75,4	81,5	87,6	83,9																																							
	Retenido 3/4"	%	26,4	24,6	18,5	12,4	16,1																																							
HUMEDAD CORREGIDA	%	10,2	10,9	10,6	11,5	8,2																																								
Densidad del Terreno Deka	g/cm ³	2,226	2,234	2,323	2,256	2,357																																								
DENSIDAD MAXIMA DE LABORATORIO	NORMAL	g/cm ³	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180																																							
	CORREGIDA	g/cm ³	2,277	2,270	2,247	2,225	2,238																																							
Humedad óptima laboratorio	%	6,7%	6,7%	6,7%	6,7%	6,7%																																								
COMPACTACION	%	98	98	103	101	105																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">PORCENTAJE DE COMPACTACION</th> </tr> <tr> <th colspan="4">ESPECIFICACION</th> </tr> <tr> <th>NORMA</th> <th>DESCRIPCION ESTRUCTURA</th> <th>TOLERANCIA</th> <th>CHEQUEO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ARTICULO INV 220</td> <td>TERRAPLEN CIMENTO - NUCLEO</td> <td>Min 90 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>TERRAPLEN CORONA</td> <td>Min 95 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ARTICULO INV 311</td> <td>AFIRMADO</td> <td>Min 95 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ARTICULO INV 320</td> <td>SUB BASE GRANULAR</td> <td>Min 95 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ARTICULO INV 330</td> <td>BASE GRANULAR</td> <td>Min 100 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ARTICULO INV 340</td> <td>BASE ESTABILIZADA CON EMULSION</td> <td>Min 95 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ARTICULO INV 341</td> <td>BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO</td> <td>Min 98 %</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							PORCENTAJE DE COMPACTACION				ESPECIFICACION				NORMA	DESCRIPCION ESTRUCTURA	TOLERANCIA	CHEQUEO	ARTICULO INV 220	TERRAPLEN CIMENTO - NUCLEO	Min 90 %			TERRAPLEN CORONA	Min 95 %		ARTICULO INV 311	AFIRMADO	Min 95 %		ARTICULO INV 320	SUB BASE GRANULAR	Min 95 %		ARTICULO INV 330	BASE GRANULAR	Min 100 %		ARTICULO INV 340	BASE ESTABILIZADA CON EMULSION	Min 95 %		ARTICULO INV 341	BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO	Min 98 %	
PORCENTAJE DE COMPACTACION																																														
ESPECIFICACION																																														
NORMA	DESCRIPCION ESTRUCTURA	TOLERANCIA	CHEQUEO																																											
ARTICULO INV 220	TERRAPLEN CIMENTO - NUCLEO	Min 90 %																																												
	TERRAPLEN CORONA	Min 95 %																																												
ARTICULO INV 311	AFIRMADO	Min 95 %																																												
ARTICULO INV 320	SUB BASE GRANULAR	Min 95 %																																												
ARTICULO INV 330	BASE GRANULAR	Min 100 %																																												
ARTICULO INV 340	BASE ESTABILIZADA CON EMULSION	Min 95 %																																												
ARTICULO INV 341	BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO	Min 98 %																																												
OBSERVACIONES																																														
Los resultados de los ensayos de laboratorio que se presentan en este informe, solo son aplicables a las muestras procesadas.				AUTORIZA FERNANDO MUÑOZ FUENTES Matricula Profesional: 19516001294 CAU																																										



Para el control de calidad del proceso de compactación de la capa de sub-base como se había mencionado anteriormente, se realizó el ensayo destructivo del cono de arena en varios puntos sobre la calzada repartidos esto en el eje, costado derecho o izquierdo de la calzada, estos se realizaron a medida que se iba avanzando en la construcción de la capa de sub-base, los resultados de densidad en sitio mostrados en la tabla No 5. nos muestran la calidad de la compactación para el primer tramo de 140 metros lineales, las muestras fueron tomadas al azar cada 25 metros.

El instituto Nacional de vías dentro de sus especificaciones de construcción contempla algunos valores relacionados con los porcentajes de compactación a obtener los cuales se presentan en la tabla. En cada tramo se sugiere controlar la densidad promedio obtenida a partir de por lo menos seis (6) determinaciones en sitios seleccionados al azar.

Tabla No 6. Algunas especificaciones de INVIAS para los procesos de compactación de suelos

Estructura	Especificación (INV)	Promedio de densidad (Dm)	Valor individual de densidad (Di)
Terrapién - Cimiento Núcleo y Corona	INV Artículo 220	≥ 90% PM ≥ 95% PM	≥ 98% Dm •
Resistencia	CBR ≥ 10% Suelo seleccionado	CBR ≥ 5% Suelo adecuado	CBR ≥ 3% Suelo tolerable
Mejoramiento de Subrasante	INV Artículo 230	≥ 95% PM	≥ 98% Dm
Afirmado	INV Artículo 311	≥ 95% PM	•
Subbase	INV Artículo 320	≥ 95% PM	•
Resistencia		CBR ≥ 25%	
Base	NV Artículo 330	≥ 100% PM	•
Resistencia		CBR ≥ 80%	

Como podemos observar en la tabla No 6 los porcentajes de compactación del material de sub-base granular están todos por encima del especificado por el INVIAS, osea que se está cumpliendo con el grado de compactación promedio para subbase al ser mayor o igual al 95 % del proctor modificado, dado esto y



chequeados las respectivas cotas de sub-base se da por recibida la capa por parte de la Interventoría.

5.2.3.3 INSTALACIÓN DE SARDINEL PREFABRICADO

Al finalizar las actividades de compactación y nivelación de la capa de sub-base granular, se procede a realizar la instalación de sardineles prefabricados sobre esta, en la margen derecha e izquierda para la respectiva delimitación de la calzada con el andén y el separador central.

Los sardineles se construyen con piezas aligeradas prefabricadas en concreto de 4 MPa, cuya función es delimitar el andén cuando se va a generar un desnivel y cuando va a estar en contacto con el tráfico vehicular, confina los materiales que componen el andén y resiste el impacto de las llantas de los vehículos que circulan por la vía. Cumplen con la norma técnica colombiana, NTC 4109.

Los sardineles fueron suministrados por Metaltec y sus dimensiones son: longitud (cm): 80, base (cm): 20 y altura (cm): 50. El diseño de estos elementos se hace de acuerdo a manuales de espacio público y con base en recomendaciones de modulación.

Con apoyo de topografía se da la línea para la ubicación de sardinel, ubicando en cada abscisa una varilla (pin) sobre la cual se marca también el nivel al cual este debe ir, luego se procede a templar un hilo el cual indica la cota a la cual debe quedar la cara superior del sardinel. Estas piezas deben quedar sentadas sobre la subbase compactada y 1 o 2 cm de mortero de nivelación. Las juntas deben ser de máximo 1 cm y se deben llenar con un mortero 1:3 con 0.33 % de cal opcionalmente. Se debe hacer uso de una porción de cemento blanco o arena de peña para igualar al color de la pieza.



Las ventajas de instalación de estos cuerpos con respecto a sardineles fundidos en sitio radican en el rendimiento de instalación, excelente terminado en la cara a la vista, dimensiones exactas y la excelente calidad del concreto.

En la figura 51 se puede observar la instalación de estos cuerpos prefabricados.



Figura 51. Instalación de sardinel Prefabricado sobre Sub-base.

Los sardineles se instalaron sobre la capa de sub-base granular para evitar trabajos de excavaciones o demoliciones con la posterior construcción de las capas de base y la carpeta asfáltica, además de que estos contribuyen al



confinamiento del material de base granular y de su lado contrario al material de relleno para la construcción del andén.

5.2.3.4 BASE

La capa de base utilizada en pavimentos flexibles es definida como aquella que subyace a la carpeta asfáltica constituida y está constituida por materiales pétreos seleccionados y la cual se construye generalmente sobre la sub-base, cuyas funciones son proporcionar un apoyo uniforme a la carpeta asfáltica, soportar las cargas que este transmite aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos adecuadamente a la estructura de pavimento, brindar la rigidez necesaria para evitar deformaciones excesivas, drenar el agua que se puede infiltrar e impedir el ascenso capilar del agua. Esta capa también puede ser de mezcla asfáltica o con tratamientos según diseños.

Al igual que para la sub-base, para la construcción de la capa de base granular se deben llevar a cabo una serie de ensayos sobre materiales dispuestos de la región, estos materiales son enviados al laboratorio contratado para la interventoría (laboratorio de suelos y pavimentos Geofísica S.A) en donde se les realizan pruebas como desgaste en la máquina de los ángeles, granulometría, ensayos de compactación (proctor modificado) entre otros para verificar las características de dichos materiales y luego de un estudio minucioso entrar a definir el tipo de material a usar y las cantidades necesitadas de los mismos.

Hay que hacer aclaración que para cuando se iba a realizar la colocación de la base granular, siguiendo con el cronograma dispuesto por el contratista, la planta de trituración de Conexpe dejo de suministrar el material debido a daños en su trituradora secundaria, por lo cual el contratista para dar solución a esto hace las respectivas diligencias para que el material de base sea suministrado y transportado desde la planta de Agremezclas S.A en Puerto tejada Cauca, cuyos



agregados son explotados de la cantera del rio Guengue, cercana a la planta, aunque esto genere sobrecostos por el transporte debido a la lejanía a el sitio de desarrollo del proyecto.

5.2.3.4.1 Selección de los materiales de Base Granular

Para la escogencia del material, se basó en los lineamientos y requisitos exigidos en las especificaciones del artículo INV 300-07. De acuerdo a lo anterior se llegó a la determinación de utilizar material de la planta de AGREMEZCLAS S.A ubicada cerca al municipio de Puerto Tejada, Cauca.

Para la escogencia del material de base granular que se requiere en la construcción del pavimento flexible se llevan a cabo una serie de ensayos sobre materiales dispuestos en la región cercana a la planta de Agremezclas, estos materiales son enviados a el laboratorio contratado por la interventoría donde se les efectúo una serie de ensayos, los cuales fueron: granulometría, durabilidad, dureza, limpieza, geometría de partículas, resistencia del material, límites de Atterberg, grado de compactación, equivalente de arena y densidad en el terreno; para determinar si el material cumplía con los requisitos establecidos por el artículo INV 330-07.

Los materiales a usar en obra deberán ser extraídos de canteras o depósitos aluviales, los cuales deberán ser estudiados y aceptados por parte de la Interventoría del proyecto con estudio y control de calidad realizada y confirmada mediante documentos escritos y debidamente firmados, de reconocida competencia y seriedad. En caso de que el contratista desee usar materiales de fuentes diferentes a las acordadas inicialmente, pedirá una autorización por escrito, dando a conocer los estudios de laboratorio que demuestren el cumplimiento de las especificaciones indicadas en este proyecto. Los costos derivados correrán por cuenta del contratista, además es su obligación certificar que dichas fuentes cuentan con el material suficiente para el avance satisfactorio



de la obra. La aprobación por parte de la Interventoría no exonera al Contratista de su responsabilidad con respecto a la calidad de la obra a entregar.

5.2.3.4.2 Proceso Constructivo de la capa de Base

Esta actividad consiste en transportar, extender, mezclar, humedecer y compactar las capas de materiales compuestos por grava o piedra fracturada (en forma natural o artificial) y finos, sobre la sub-base debidamente preparada, en conformidad con los alineamientos, niveles y secciones transversales típicas indicadas en los planos).

Concluidas las actividades de nivelación y compactación de la capa de sub-base granular, con el apoyo del topógrafo de obra se marcan los niveles a los cuales debe llegar el espesor de la capa de base, los cuales se marcan con pintura sobre los sardineles en cada abscisa de los dos lados en los cuales fueron instalados. A partir de las cotas de la sub-base se sube 0,22 m y se marcan los niveles, se deja dos centímetros más de espesor ya que la capa de material suelto debe ser de mayor espesor que el que debe tener la capa compactada.

En la figura 52 se puede apreciar el nivel al que debe quedar el material de base después de su extensión.



Figura 52. Niveletas para capa de Base Granular.



Antes de iniciar con labores de extensión del material, es conveniente que el ingeniero contratista antes de dar comienzo a esta actividad, tenga la plena aprobación por parte de la interventoría sobre las fuentes de suministro del material propuesto y el acabo aprobado de sub-base, incluyendo el bombeo, peraltes y demás obras de carácter definitivo que sean necesarias para mantener unas buenas condiciones de drenaje en la vía, sea cual sea la condición climática.

En ningún caso la interventoría permitirá instalar la capa de base sin que la capa inmediatamente inferior, en este caso es la sub-base, cumpla con las condiciones exigidas de nivelación y densidades.

El material a emplear en la construcción de la base, de igual manera que el de sub-base, después de ser transportado desde la planta trituradora, es depositado y acordonado sobre la sub-base debidamente preparada con ayuda volquetas de 7 y 14 m³, para de esta manera alcanzar los espesores para cada capa. El extendido de los materiales se hace en capas que no pasen de 10 a 15 cm. de espesor ya compactado, como la capa de base tiene un espesor de 20 cm se realizan en dos capas de 10 cm. El material fue extendido en una capa uniforme con el apoyo de maquinaria pesada como lo es la motoniveladora, la cual es usada para repartir, nivelar y dar la pendiente indicada al material en el cual se está trabajando. Esta máquina se considera como de terminación superficial, es por ello que es utilizada más que todo en tareas de acabado o trabajos de precisión, en nuestro caso fue empleado para la nivelación de la base granular.

En la figura 53 podemos apreciar la nivelación de la capa de base con motoniveladora.



Figura 53. Nivelación de la capa de base con motoniveladora.

Se extiende parcialmente el material y en caso de que este se encuentre muy seco se procede a añadirle agua con la ayuda de un carro tanque irrigador, se realizan mezclados sucesivos hasta alcanzar la humedad óptima para su compactación. Una vez el material sea homogéneo en humedad se procede al extendido y compactación de la misma, evitando en los posible la disgregación del material. En la figura 54 se puede apreciar el humedecimiento del material de base para su correcta compactación.



La base se colocó con un espesor de 20 cm ya compactada, y mantendrá una humedad cercana a la óptima (6,3 % según ensayo de compactación, ver tabla 7) para de esta manera lograr una compactación a un mínimo de 100% de la densidad máxima obtenida en el ensayo del Proctor Modificado. Si existe algún tipo de contaminación de las capas, ella debe corregirse antes de proseguir con el trabajo; de esta manera el ingeniero residente se ve obligado a conservar y restaurar todo acceso utilizado para acarreo de materiales, dejando en condiciones similares a como las que presentaba antes de iniciar los acarreos.

Una vez se tiene totalmente extendida las capas, con la nivelación requerida, mezclados los materiales de forma homogénea en humedad y gradación se procede a la compactación de los mismos. La compactación en la obra se lleva a cabo con la ayuda de un compactador vibratorio monocilindrico el cual como se había mencionado anteriormente está compuesto por un cilindro metálico vibratorio liso que actúa como elemento de compactación y dos neumáticos trasero de tracción. En la figura 55 se puede apreciar el proceso de compactación de la base granular mediante vibrocompactador de rodillo.

La compactación se realizó de tal manera que se inicie en los bordes y se avance hacia la parte central, excepto en las curvas en las cuales el trabajo de compactación se realizó avanzando desde el interior de la curva hacia el exterior. Es necesario que durante la compactación se continúe con el riego de agua en las cantidades y oportunidades que se requiera para compensar las perdida de humedad por evaporación, claro está que ello depende de las condiciones climáticas en las que nos encontremos a la hora de llevar a cabo la compactación.

Para el caso en el cual la compactación se realiza en zonas próximas a obras tales como sardineles, muros u otras estructuras, se ejecuta con equipo manual o mecánico adecuado tal como el saltarín.



Figura 54. Humedecimiento de la base antes de compactar.



Figura 55. Compactación de la base con vibrocompactador.

Una vez se ha terminado con el trabajo de compactación de la última capa de la base, se dan dos o las pasadas que sean necesarias de tal forma que cubra el ancho total de la calzada y luego se iniciará un perfilado general de la base para continuar la compactación hasta obtener una superficie lisa, totalmente sellada y uniforme.



Al final, dicho perfilado se aceptará siempre y cuando la superficie no presente ningún tipo de irregularidades, o si las tiene que éstas no sean mayores a los niveles teóricos especificados en planos. Al igual que las diferencias en las cotas entre los bordes las cuales deberán verificarse y corregirse antes de las demás comprobaciones y para ello lo haremos con ayuda del nivel de precisión, la mira topográfica y las referencias marcadas en los sardineles a lado y lado de la carretera. Deberá corregirse toda diferencia que sea mayor a la tolerancia especificada en el contrato.

Al momento de la ejecución de actividades de compactación de la capa de base también se presentaron impedimentos al momento de tratar de lograr la densidad requerida, esto fue por las lluvias que no permitieron realizar una adecuada compactación, por lo que cuando sucedía esto se procedió a esperar que el tiempo mejorara para así orear el material. Cuando se logra secar el material, este es escarificado con la motoniveladora y es compactado de nuevo por el vibrocompactador, dejando la capa de 20 cm y logrando la densidad igual o mayor al 100% del proctor modificado realizado en el laboratorio.

Se presentaron algunas ocasiones durante la ejecución de trabajos de construcción de la base, en los cuales se suministraba el material por parte de Agremesclas y este era transportado y acordonado en el sitio de la obra, pero no había la presencia de maquinaria como lo es la motoniveladora para su extensión o el vibrocompactador para su compactación y casualmente se presentaban lluvias, lo cual hizo obligatorio y necesario el trabajo de cubrir con plásticos el material acordonado para protegerlo de pérdidas de finos u otros inconvenientes.

5.2.3.4.3 Ensayos para determinar la calidad de la Base

Se realizó un control de calidad del proceso de compactación elaborando ensayos de densidad del material (método del cono y la arena) por parte del laboratorio de la interventoría, para obtener el grado de compactación y determinar si cumple, al ser mayor o igual al 100% de la densidad máxima del proctor modificado; así



como establecer que se cumple con los diversos requisitos de los ensayos expuestos en el artículo 300 de la norma INVIAS.

Una vez se concluye con el proceso constructivo de la capa de base granular y al lograr obtener el grado de compactación requerido para el material, se procede a tener el visto bueno por la interventoría para proceder con la instalación del riego de imprimación para la construcción posterior de la carpeta asfáltica del pavimento flexible; durante esta inspección el personal de interventoría examinó por medio visual y tangible toda la longitud de la vía, tomando muestras al azar en diversos puntos de la superficie de la capa de base de la vía, para realizar la prueba de ensayo del método del cono y la arena; por consiguiente establecer una evaluación general de la capa de base y de esta manera dar un dictamen de aprobación a la siguiente etapa constructiva.

Para el control de calidad del proceso de compactación de la capa de base granular como se había mencionado anteriormente, se realizó el ensayo destructivo del cono de arena en varios puntos sobre la calzada repartidos esto en el eje, costado derecho o izquierdo de la calzada, estos se realizaron a medida que se iba avanzando en la construcción de la capa de base, los resultados de densidad en sitio mostrados en la tabla No 8. Nos muestran la calidad de la compactación para un tramo de 320 metros lineales, las muestras fueron tomadas al azar cada 100 metros.

Como podemos observar en la tabla No 6 los porcentajes de compactación del material de base granular están todos por encima del especificado por el INVIAS, o sea que se está cumpliendo con el grado de compactación promedio para base al ser mayor o igual al 100 % del proctor modificado, dado esto y chequeados las respectivas cotas de base se da por recibida la capa por parte de la Interventoría.



Tabla No 7. Ensayo de Compactación del Material de Base Granular.



GEOFISICA LTDA.
 Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
 Confabilidad, Calidad y Economía No. 500.224.854-0

ENSAYO DE COMPACTACION MODIFICADO				
INV E-142				
INFORMACION GENERAL				
				FL-23 VS 1
OBJETO:	CONSTRUCCION PAVIMENTACION DE LA CARRERA 2 DESDE LA CALLE 15N HACIA LA CALLE 25N CONTRATO 877 DE 2011 I ETAPA			
LOCALIZACION:	MUNICIPIO DE POPAYAN - DEPARTAMENTO DEL CAUCA			
SOLICITANTE:	ALCALDIA MUNICIPAL DE POPAYAN - Ingeniero FABIAN RUIZ			
CLIENTE:	ALCALDIA MUNICIPAL DE POPAYAN - Ingeniero FABIAN RUIZ			
FECHA RECIBO:	JULIO	13	2011	
FECHA ENSAYO:	JULIO	14	2011	
DESCRIPCION:	BASE GRANULAR	FUENTE:	RIO GUENGUE	
DATOS DE ENSAYO				
No. de golpes		56,00	56,00	56,00
No. de Capas		5,00	5,00	5,00
Molde No.		1	1	1
Peso molde + muestra humeda	g	7585,0	7776,0	7847,0
Peso Molde	g	2631,3	2631,3	2631,3
Peso de la muestra humeda	g	4933,7	5144,7	5215,7
Humedad (Horno)	%	3,6	5,4	8,3
Peso de la muestra seca	g	4780,6	4878,8	4814,5
Volumen de la muestra	cm ³	2114,0	2114,0	2114,0
Densidad de la muestra Seca	g/cm ³	2,252	2,308	2,277
HUMEDAD				
Peso Cápsula + suelo humedo	g	751,5	796,9	520,0
Peso Cápsula + suelo seco	g	726,7	758,1	483,5
Peso Cápsula	g	44,8	45,2	46,1
Humedad (Horno)	%	3,6	5,4	8,3
		CLASIFICACION DE SUELO Sistema AASHTO : * Sistema USC : * RESULTADOS DE ENSAYOS Indice de Grupo : Humedad óptima: 6,3 % Densidad Seca máx: 2,313 g/cm³		
OBSERVACIONES: <u>EL RESULTADO CORRESPONDE A LA MUESTRA ENVIADA AL LABORATORIO POR EL INTERESADO.</u>				
 FERNANDO MUÑOZ FUENTES Matricula Profesional # 19516001294 CAU				

www.geofisicaltda.com

e-mail: geofisicaltda@hotmail.com



Tabla No 8. Densidad en sitio, método del cono de arena.



GEOFISICA LTDA.

Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
 Confiable, Calidad y Economía NIT. 900.224.884-0

PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO METODO DEL CONO DE ARENA						
NORMA DE ENSAYO INV E - 161						
OBRA:	CONSTRUCCION PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRERA 2 ENTRE CALLE 15N HACIA 25N CONTRATO 677 DE 2011					
LOCALIZACION:	CARRERA 2 ENTRE 15N y 25N POMONA					
SOLICITANTE:	ALCALDIA MUNICIPAL DE POPAYAN - Ingeniero ALVARO MAURICIO CORREAL					
CLIENTE:	ALCALDIA MUNICIPAL DE POPAYAN					
MATERIA:	BASE DEL RIO GUENGUE					
FECHA:	SEPTIEMBRE 15 DE 2011					
PRUEBA No.		1	2	3	4	
ABSCISA		K 0 + 000	K 0 + 100	K 0 + 200	K 0 + 320	
LADO		EJE	DERECHO	IZQUIERDO	EJE	
Peso Frasco + arena inicial	g	6649	6885	8234	9793	
Peso frasco + arena restante	g	1622	1523	2740	5045	
Peso arena total usada	g	5027	5362	5494	4748	
Constante del cono	g	1708,0	1791,0	1733,0	1638,0	
Peso arena en el hueco	g	3319	3571	3761	3110	
Densidad de la arena	g/cm ³	1,510	1,510	1,510	1,510	
Volumen del hueco	cm ³	2198	2365	2491	2060	
Peso material extraído húmedo	Pasa 3/4"	g	4664	4782	5230	4122
	Retenido 3/4"	g	966	1020	1185	1125
Recipiente No.		*	*	*	*	
Peso recipiente + muestra húmeda	g	*	*	*	*	
Peso recipiente + muestra seca	g	*	*	*	*	
Peso recipiente	g	*	*	*	*	
humedad material pasant 3/4"	%	6,8	4,8	8,4	7,6	
Peso material extraído seco	Pasa 3/4"	g	4367,0	4563,0	4824,8	3831,0
	Retenido 3/4"	g	947,1	1000,0	1161,8	1102,9
Porcentaje en peso seco de fracciones	Pasa 3/4"	%	82,2	82,0	80,6	77,6
	Retenido 3/4"	%	17,8	18,0	19,4	22,4
HUMEDAD CORREGIDA	%	5,9	4,3	7,2	6,3	
Densidad del Terreno Seca	g/cm ³	2,418	2,352	2,404	2,396	
DENSIDAD MAXIMA DE LABORATORIO	NORMAL	g/cm ³	2,313	2,313	2,313	2,313
	CORREGIDA	g/cm ³	2,359	2,360	2,364	2,372
Humedad óptima laboratorio	%	6,3%	6,3%	6,3%	6,3%	
COMPACTACION	%	102	100	102	101	

PORCENTAJE DE COMPACTACION			
ESPECIFICACION			
NORMA	DESCRIPCION ESTRUCTURA	TOLERANCIA	CHEQUEO
ARTICULO INV 220	TERRAPLEN CIMIENTO - NUCLEO	Min 90 %	
	TERRAPLEN CORONA	Min 95 %	
ARTICULO INV 311	AFIRMADO	Min 95 %	
ARTICULO INV 320	SUB BASE GRANULAR	Min 95 %	
ARTICULO INV 330	BASE GRANULAR	Min 100 %	
ARTICULO INV 340	BASE ESTABILIZADA CON EMULSION	Min 95 %	
ARTICULO INV 341	BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO	Min 98 %	

OBSERVACIONES:

Los resultados de los ensayos de laboratorio que se presentan en este informe, solo son aplicables a las muestras procesadas.

AUTORIZA

 FERNANDO MUÑOZ FUENTES
 Matricula Profesional: 19516001294 CAU

www.geofisicaltda.com

e-mail:geofisicaltda@hotmail.com



5.2.3.5 RIEGO DE IMPRIMACION

El riego de imprimación es definido como la aplicación de una película de ligante el cual puede ser un asfalto liquido como también una emulsión asfáltica, de baja viscosidad que se instala sobre la superficie terminada de una base granular absorbente o porosa para formar una transición entre la capa granular y la carpeta asfáltica, además sirve como protección en el caso de que la carpeta tarde algún tiempo en construirse, la cual se espera debe tener una buena penetración máximo 3mm en la capa granular sobre la que se está aplicando.

Algunas funciones que cumple el riego de imprimación son las de aumentar la cohesión de la parte superficial de la capa de base, proporciona continuidad y adherencia, impermeabilizar el contacto carpeta – base granular, proteger la capa de base del tránsito y agentes atmosféricos durante la construcción de la vía además de la ya mencionada función de ligar la carpeta asfáltica a la base granular.

Como ya se había mencionado anteriormente se pueden utilizar dos tipos de materiales para la aplicación del riego de imprimación como lo son un asfalto liquido el cual tiene que ser de curado medio o una emulsión asfáltica de rompimiento lento, para cualquiera de los dos materiales que se utilice este debe permanecer vivo al menos 12 horas.

5.2.3.5.1 Proceso constructivo riego de imprimación

La aplicación del riego de imprimación se hace después de tener nivelada, compactada y bien sellada la base con los niveles, peraltes y bombeos establecidos por el diseño de la vía.

La imprimación consiste en hacer el riego con emulsión asfáltica (CRL-1) sobre la superficie de la base terminada, la cual debe estar preparada de tal manera que debe estar libre de polvo, materiales arenosos sueltos, hojas, palos entro otros, lo cual se logró mediante un barrido con escobas manuales. Esta instalación se



realizó transportando hasta el sitio de la obra un camión cisterna, el cual cuenta con un sistema de motobomba e instalación incorporada para hacer su riego, conducida a su vez mediante una manguera la cual en su punta presenta un pulverizador para que la emulsión se esparza de manera uniforme sobre la superficie de la vía. La manipulación de esta manguera es efectuada por un obrero el cual hace un movimiento con esta de lado a lado de la vía con el fin de cubrir la superficie en todo el ancho y a su vez a lo largo de la vía, a medida que el carro tanque va avanzando longitudinalmente.

Estas labores se ejecutaron en horas nocturnas con previa autorización de la interventoría, desde las 6 hasta las 10 y 30 pm, en una longitud de 316 metros lineales y en todo el ancho de la calzada, incluida la bahía para la ubicación de paradero de buses, para un total aproximado de 2130 m² de superficie cubierta con riego de imprimación.



Figura 56. Preparación de la superficie, mediante barrido manual.



Figura 57. Carro tanque irrigador.



Figura 58. Aplicación del riego de imprimación.



Figura 59. Superficie de la calzada imprimada.

Antes de realizar los trabajos de imprimación, la Interventoría debió asegurarse de que la capa de base granular cumpliera con todos los requisitos tanto de conformación, compactación y acabado de dicha capa, como también se observó si se encontraban fallas o imperfecciones en la superficie por imprimir.

5.2.3.6. CARPETA ASFALTICA

Son materiales heterogéneos que están compuestos por agregados pétreos inmersos en una matriz asfáltica que tiene concavidades de aire y eventualmente otros aditivos, cuyas propiedades mecánicas dependen de cada una de los componentes y sus respectivos contenidos volumétricos. Las mezclas asfálticas pueden ser clasificadas según la temperatura de puesta en obra como mezclas en frío o en caliente, según el porcentaje de vacíos en la mezcla, según el tamaño



máximo del agregado en mezclas gruesas y finas, y también según la granulometría en uniformes o continuas.

Algunas de las propiedades que se desea que cumplan las mezclas asfálticas para el correcto funcionamiento de la carpeta de rodadura, se resumen en la estabilidad, durabilidad que debe poseer además de flexibilidad, resistencia a la fatiga, resistencia al deslizamiento, impermeabilidad, trabajabilidad entre otras, estas últimas para darle la capacidad de ofrecer seguridad bajo condiciones desfavorables de alta velocidad, agua, etc.

Mezcla Densa en Caliente comúnmente es la más utilizada, también llamado concreto asfáltico denso en caliente, la cual consiste en una mezcla elaborada en caliente utilizando cemento asfáltico y materiales pétreos en una planta mezcladora estacionaria o móvil, provista del equipo necesario para calentar los componentes de la mezcla. Los agregados deben ser bien gradados y mezclados con cemento asfáltico, los cuales se calientan de forma separada a una temperatura entre 140° y 160° C, estos son cuidadosamente medidos y dosificados para su mezclado hasta que las partículas sean recubiertas totalmente por el asfalto para su posterior transporte, extensión y compactación en obra.

5.2.2.6.1 Procedimiento de fabricación de una mezcla asfáltica en planta

En la planta de concreto asfáltico se deberá tener el material pétreo del diámetro adecuado que de preferencia deberá estar triturado y cumplir con las especificaciones que se dictan en el artículo 400 de INVIAS. Este material se eleva a un cilindro de calentamiento y secado hasta llegar a una temperatura de 140° a 160° C, de ahí se pasa a la unidad de mezclado donde se criba para alimentar las tolvas necesarias con material de diferente tamaño, se pesa la cantidad de material necesaria de agregados pétreos y se depositan en las cajas mezcladoras donde se le provee de cemento asfáltico el cual deberá estar a una temperatura de 130° a 150° C, se recomienda no exceder estos valores para evitar



que se pierdan propiedades, se realiza la mezcla hasta su homogenización y esta se vacía a los vehículo a una temperatura entre 110° a 160° C, de preferencia esta mezcla se cubre con una lona para evitar se enfríe en el trayecto al ser transportada hasta el sitio de la obra.

5.2.3.6.2 Procedimiento Constructivo de la Carpeta Asfáltica

Después de concluidas las actividades de imprimación sobre la superficie de la base granular terminada, se procede a la construcción de la última capa del pavimento flexible, la carpeta asfáltica. Para esto la mezcla asfáltica fue suministrada dos días después de realizada la imprimación por lo cual se puede asegurar que fue el tiempo suficiente para que el ligante alcance totalmente su curado.

Se transporta la mezcla asfáltica desde la planta de Agremezclas S.A en Puerto Tejada, Cauca, al sitio de la obra en volquetas de 7 y 14 m³ protegiéndola de la lluvia y del enfriamiento que pueda sufrir en el transporte, mediante cubiertas en lona. La mezcla deberá llegar con una temperatura de 110° a 160° C, lo cual se verifica con un termómetro de varilla al momento del descargue de las volquetas. Luego se vierte en la tolva de la maquina pavimentadora o Finisher la cual está diseñada para colocar y extender la mezcla asfáltica con la sección transversal proyectada sobre la superficie en un ancho y un espesor apropiado según el diseño y proporcionándole además una compactación inicial. Sobre la superficie por pavimentar se hizo necesario colocar una guía longitudinal que sirva de referencia al operador de la finisher, para conservar el alineamiento.

Se recomienda tener una cuadrilla de obreros “venteadores” con sus respectivos rastrillos, los cuales se encargan de darle una mejor distribución a los agregados de la mezcla para el posterior sellamiento de la carpeta evitando segregaciones en el material, además de que ellos aseguran darle una textura conveniente a la capa



asfáltica y los cuales también son encargados de borrar las juntas longitudinales entre franjas.

Luego se procede a darle la compactación requerida a la mezcla asfáltica ya extendida, la cual se inició a la temperatura más alta a la cual la mezcla soporta el peso del compactador sin que se produjeran desplazamientos indebidos, a una temperatura entre 110° y 130° C utilizando un compactador vibratorio de rodillo liso de entre 8 y 10 toneladas de peso; el rodillo se moverá paralelamente al eje de la vía empezando la compactación por los bordes y de la orilla hacia el centro, y del lado interior al exterior en las curvas. La compactación deberá realizarse con los equipos apropiados de tal manera que alcance los niveles de densidad y regularidad superficial exigidos.

Entre los objetivos que se busca con la compactación se pueden destacar los siguientes:

- Prevenir una densificación posterior.
- Obtener resistencia al corte y a las deformaciones permanentes.
- Garantizar la impermeabilidad.
- Prevenir la oxidación excesiva del ligante asfáltico.

Se procede a realizar una compactación intermedia, con la cual se busca seguir densificando la mezcla antes de que se enfriara por debajo de 85° C y se va sellando la superficie. Ayuda la densificación por medio de amasado, esta compactación se realiza con un compactador neumático (Jainster) de mayor peso que el anterior el cual avanza próximo al rodillo liso. Finalmente se procede a realizar la compactación final la que se efectúa solamente para mejorar la superficie mientras la mezcla está caliente para permitir la eliminación de cualquier marca realizada por los equipos, además de dar un sello y el terminado a la



carpeta asfáltica hasta alcanzar el grado de compactación que se especifica en el diseño.

5.2.3.6.3 Controles durante la Compactación

Básicamente se realizaron tres controles sobre la mezcla asfáltica al momento en que esta era instalada, control de espesores, temperatura y control en la homogeneidad de textura.

A medida que la finisher iba avanzando y extendiendo la mezcla asfáltica un obrero iba verificando los espesores de la capa en tres puntos a lo ancho de la instalación, aproximadamente cada cinco metros lineales, actividad que realizaba con un tornillo de espesores y en el caso de no estar cumpliendo con el espesor requerido para la capa, el obrero ajustaba un mango el cual subía o bajaba una placa, la que era la encargada de dar el ancho y espesor adecuado de la extensión. En la figura 64 se puede apreciar el control de espesores y el tornillo con el cual se realizaba dicho procedimiento.

El control en la temperatura fue otro parámetro muy importante al momento de la extensión y compactación de la mezcla ya que con este dato se podía determinar qué tan rápido se debía ejecutar las actividades de compactación final con el compactador de tipo neumático sin dejar que la mezcla se enfriara. Se realizó un control por parte de la interventoría tanto en la temperatura de llegada de la mezcla como también de extensión (instalación) y la de compactación. Por ejemplo del el primer viaje de 7 m³ de mezcla asfáltica que llego al sitio de la obra se pudo obtener los siguientes datos: la temperatura de llegada de la mezcla registrada fue de 155° C, la cual a continuación se extendió con la finisher registrando una temperatura de 150° C y por último se tomó la temperatura de compactación la cual marcó en el termómetro 130° C, de esto se puede concluir que la mezcla está cumpliendo con las especificaciones en cuanto se trata al control temperaturas, garantizando así una buena densificación y unas buenas



propiedades de la mezcla al momento de abrirse al tráfico. Este procedimiento de control de temperatura se realizó a cada viaje que llegaba a la obra, encontrando al final una gran cercanía en los datos obtenidos de cada uno, de lo que se puede afirmar que en general la mezcla instalada a lo largo del primer tramo de la vía presenta un buen comportamiento en todas sus propiedades. En la figura 65 se puede observar el termómetro de varilla marcando la temperatura de instalación de la mezcla en un determinado tramo.

Algo muy importante que se aprendió de esto es que en la condición de Ingeniero residente, se debe tener noción de la cantidad de mezcla asfáltica que se debe pedir a la planta con el objetivo de lograr la pavimentación en todo el ancho de la calzada y en su longitud y espesor especificados por el proyecto. Esto se logra teniendo conocimiento del factor de compactación de una mezcla, por ejemplo para un viaje de 14 m^3 de mezcla sueltos, se divide por el factor de compactación que para este caso es de 1,2, dando un resultado de $11,67 \text{ m}^3$ pero compactos, dicho valor se divide por el ancho de la calzada y luego por su espesor que para nuestro caso es de 3,25m teniendo en cuenta un solo costado y de 0.08m respectivamente obteniendo un resultado de 44,87 metros lineales, lo cual nos quiere decir que por viaje de 14 m^3 de mezcla hay un rendimiento de aproximadamente 45 metros lineales de un solo costado. Hecho que se pudo comprobar visualmente al momento de la extensión de $14,5 \text{ m}^3$ de mezcla los cuales evidentemente tuvieron un rendimiento de 45 metros lineales de pavimentación por un solo costado.

Para el primer tramo de la vía se pavimentaron 316 metros lineales, desde la Abs k0+000 a la Abs k0+316, los cuales multiplicados por el ancho de la calzada de 6,50m y el espesor de la capa asfáltica de 0,08m resulta un valor de aproximadamente $164,32 \text{ m}^3$ compactos, multiplicados por el factor compactación ($FC=1,2$) nos da un resultado de $197, 2 \text{ m}^3$ sueltos, lo que nos quiere decir que



para cubrir con carpeta asfáltica el primer tramo de vía hay que pedir a la planta aproximadamente 200 m³ de mezcla o bien 14 viajes de 14 m³.



Figura 60. Vertimiento de la mezcla en la Finisher.



Figura 61. Extensión de la mezcla asfáltica con pavimentadora o Finisher.



Figura 62. Venteadores trabajando sobre mezcla asfáltica extendida.



Figura 63. Compactación primaria con compactador de rodillo liso.

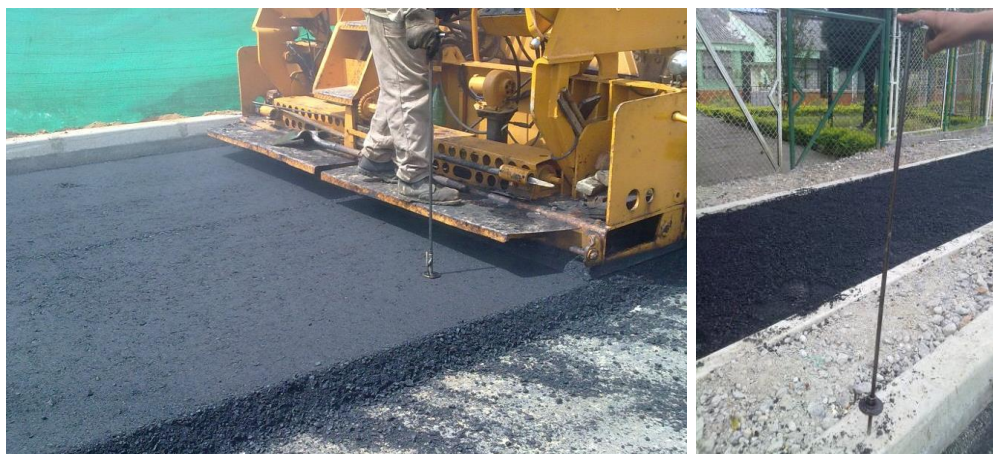


Figura 64. Control de espesores, y aguja o tornillo de espesores.



Figura 65. Medida de la temperatura de la mezcla.



Figura 66. Compactación intermedia y final, Compactador Neumático.



Figura 67. Carpeta asfáltica Compactada y terminada.



Tabla No 9. Extracción cuantitativa de asfalto.



EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DEL ASFALTO EN MEZCLAS EN CALIENTE. I.N.V. E – 732 – 07

F

INFORMACION GENERAL

CONTRATISTA: **AGREMEZCLAS S.A.**
 OBRA: **CONSTRUCCION PAVIMENTO FLEXIBLE** ABCISIA: **KD-315 CALZADA IZQUIERDA**
 LOCALIZACION: **MUNICIPIO DE POPAYAN** DIRECCION: **CARRERA 2 ENTRE CALLE 15N HACIA 25N POMONA**
 INTERVENTOR: **ALCALDIA DE POPAYAN** TEMPERATURA: **160°C**
 TIPO MEZCLA: **MDC - 2** PLACA VOLQUE.: **VBQ-515**
 PLANTA: **AGREMEZCLAS** FECHA DE TOMA: **SEPTIEMBRE 20 DE 2011**

Peso muestra concreto asfalt.	1201,4	gramos
Peso seco inicial:	1150,0	gramos
Peso seco final:	1067,7	gramos
% Asfalto	4,3	

TAMIZ	PESO RETENIDO gramos	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO	DIAMETRO PARTICULA m.m.	PORCENTAJE PASA	FRANJA GRANULOMETRICA MDC-2 % PASA ARTICULO 460-07. TABLA 460.2
1"	0,0	0,0	0,0	25,40	100,0	100
3/4"	0,0	0,0	0,0	19,05	100,0	100
1/2"	120,9	10,5	10,5	12,70	89,5	80
3/8"	181,4	15,8	26,3	9,53	73,7	70
Nº 4	257,8	22,4	48,7	4,75	51,3	49
Nº 10	169,0	14,7	63,4	2,00	36,6	29
Nº 40	203,7	17,7	81,1	0,43	18,9	14
Nº 80	86,4	7,5	88,6	0,18	11,4	8
Nº 200	42,6	3,7	92,3	0,07	7,7	4
PASA No. 200	88,2	7,7	100,0	0,07	0,0	4
Peso Total	1150,0					

CURVA GRANULOMETRICA

OBSERVACIONES: muestra traída por personal de laboratorio.

Fernando Muñoz Fuentes

FERNANDO MUNOZ FUENTES
 Mat. Profesional. # 19516001294CAU

www.geofisicaltda.com

e-mail:geofisicaltda@hotmail.com



Para el control del cumplimiento de los criterios del diseño Marshall, se realiza el ensayo de extracción del contenido de asfalto en mezclas en caliente según la norma INVIAS 732-07. En este ensayo se trata de verificar el % de cemento asfáltico y la gradación utilizada en la mezcla.

Este ensayo se realizó directamente sobre la mezcla obtenida en la vía en la Abs k0+315, antes de ser esta extendida.

Como podemos observar en la tabla No 9 el porcentaje en peso de cemento asfáltico obtenido es de 5,3% en la mezcla, lo cual es un porcentaje adecuado de participación dentro de una mezcla asfáltica, por consiguiente en cuanto a la cantidad de agregado y de cemento asfáltico de la muestra obtenida se puede decir que está dentro de las especificaciones, sin embargo este valor debe ser comparado con el porcentaje óptimo de cemento asfáltico del diseño de la mezcla (% CA=5.2% óptimo) y de acuerdo a lo escrito en el artículo 450 – 07 de INVIAS se acepta que el contenido de asfalto este entre más o menos 0,3% del porcentaje óptimo de asfalto del diseño de la mezcla. En nuestro caso el valor de CA es igual a 5,2 % obtenido del diseño Marshall el cual está entre 4.9% y 5,5% por esto se puede concluir que la mezcla está cumpliendo con este requisito y no es necesario realizar ninguna corrección.



6. CONCLUSIONES.

- Con el desarrollo del trabajo de grado en su modalidad pasantía, dentro de la obra, se logró complementar y fortalecer de manera satisfactoria los conocimientos teóricos y técnicos adquiridos en la Alma Mater durante la carrera. Fue una experiencia en todo sentido enriquecedora, no tanto por los procesos constructivos observados, sino también porque de alguna manera se aprendió a tener criterio sobre el manejo del personal en la obra y resolver situaciones en las cuales se necesita de decisiones y soluciones rápidas y eficaces.
- A lo largo de la carrera en la Universidad se van adquiriendo conocimientos, los cuales le dan al futuro ingeniero un firme criterio para afrontar los diferentes problemas que se le presenten. Es por ello que el ingeniero no debe exponer inseguridad alguna en la toma de decisiones, pues sería motivo de desconfianza y pérdida de autoridad para con el personal de la obra.
- Con la práctica profesional realizada en la obra de la carrera segunda, se logró tener una gran perspectiva de la problemática que se presenta a medida que se ejecuta la obra, no solo de tipo constructivo sino también en la parte financiera y legal, al momento de tener que dar soluciones en aspectos como la compra de predios, permisos para demoliciones, movimiento de redes de acueducto, alcantarillado, televisión entre otras y las diligencias que tiene que realizar el interventor para el correcto funcionamiento en la ejecución del proyecto en general.
- Llevar a cabo un adecuado control a los procesos constructivos presentes en obra, nos da garantías en toda su ejecución acerca de características



importantes como geometría de los elementos, funcionalidad, durabilidad, resistencia y demás requerimientos especificados por el proyecto.

- Es de suma importancia que en la obra siempre se cuente con la presencia permanente de personal capacitado, como el ingeniero residente y un inspector de obra los cuales se encargaban de realizar controles y chequeos diariamente a todos y cada uno de los procesos constructivos, darle un manejo adecuado a los materiales de construcción, de tal manera que se garantice la calidad y el desarrollo pleno de la obra. Si el ingeniero residente cumple a cabalidad con sus deberes y tiene sentido de pertenencia con la obra, entonces se tendrá igual respuesta por parte de los maestros y demás personal involucrado en ella.
- Algo muy importante que se pudo aprender de esta experiencia en el caso de la interventoría, es que se debe llevar unas buenas relaciones con el ingeniero residente de la empresa contratista, llegar a constantes acuerdos en situaciones que surgen a diario en cuanto tiene que ver con los procesos constructivos, para garantizar calidad y avance de obra, sin admitirle o tratar de taparle los errores que este cometa.
- En todo caso se trató de cumplir con las especificaciones y normas dictadas para garantizar una buena calidad en los trabajos hechos que a un futuro son un beneficio para toda la comunidad.
- Es importante ir verificando los niveles en cada uno de las capas del pavimento, logrando espesores adecuados y previamente calculados para luego no tener que incurrir en sobrecostos a la hora de la instalación de la carpeta asfáltica.



- También fue de suma importancia darle el manejo adecuado a las aguas tanto superficiales como subterráneas, para que esto no repercuta de manera negativa a futuro sobre la estructura de pavimento.
- En obra se consigue identificar factores que contribuyen de forma negativa al rendimiento de la mano de obra, tales como: interrupciones prolongadas debido al mal estado del tiempo y también a la falta de insumos, las condiciones del terreno, cambio de personal, riesgos a los que se ven expuestos los trabajadores por falta de elementos de seguridad industrial entre otros que no ayudan con un buen desempeño por parte del personal.



7. BIBLIOGRAFIA.

- ❖ ARENAS L. Hugo León. Teoría de los pavimentos. Universidad del Cauca. Departamento de Geotécnia.
- ❖ Curso de Pavimentos, pregrado Universidad del Cauca orientado por el Ing Carlos Alberto Benavides.
- ❖ MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, Bogotá D.C., 2008.
- ❖ POLANCO FLOREZ, Margarita. Principios Básicos de Mecánica de Suelos. Taller Editorial de la Universidad del Cauca, Popayán (Colombia).
- ❖ RIVERA L., Gerardo A. Concreto Simple. Taller Editorial de la Universidad del Cauca, Popayán, 1992.
- ❖ UNIVERSIDAD DEL CAUCA, Resolución N° 281. Reglamento para trabajos de Grado en la facultad de ingeniería Civil. Popayán 10 de Junio d 2005. Facultad de Ingeniería Civil.
- ❖ <http://libro-pavimentos.blogspot.com/2010/03/caracteristicas-de-la-subrasante.html>
- ❖ <http://www.slideshare.net/jorgesilva26/base-granular-proceso-constructivo>.
- ❖ <http://www.arqhys.com/construccion/subbase-construccion.html>.



8. ANEXOS

A continuación se da a conocer los resultados de una serie de ensayos realizados en el laboratorio de suelos y pavimentos Geofísica de la ciudad de Popayán contratado para la interventoría, en los cuales vemos el comportamiento que tiene el concreto fabricado en obra.

Mediante ensayos de Resistencia a la Compresión con Cilindros de prueba, la información que se obtiene, luego de aplicar las cargas respectivas y en el tiempo adecuado, es quien nos garantiza de que el concreto fabricado para constituir las losas y muros del Box Culvert cumple con los niveles de calidad establecidos para este proyecto de pavimentación.

Además se dará conocer el diseño de la mezcla asfáltica (tipo MDC – 2) a través del método Marshall, utilizada en la construcción de la carpeta asfáltica y la certificación del tiempo y cumplimiento de la pasantía.



ANEXO B



RESISTENCIA DE CONCRETO MÉTODOS DE FLEXIÓN Y COMPRESIÓN

INTERVENTOR: ALVARO MAURICIO CORREAL - ALCALDIA MUNICIPAL DE POPAYAN
 SOLICITANTE: ALCALDIA MUNICIPAL DE POPAYAN
 OBRA: CONSTRUCCION DE LA PAVIMENTACION DE LA CARRERA 2 DESDE LA CALLE 18N HACIA CALLE 28N CONTRATO 677 DE 2011 ETAPA CARRERA 2 DESDE CALLE 18N HACIA LA CALLE 28N
 SOLICITANTE: Ingeniero DIEGO GOMEZ

SIGLA: VERRY HOJA No 2

No.	OBRA	FECHA VACIADO AÑO 2011	FECHA PRUEBA AÑO 2011	MEZCLA % 3000 PSI	ASEN-TAMI. cm	DIAS	RESISTENCIA LIBRE PLOZ		OBSERVACIONES
							DIAS	DIAS OBSERVADA	
17	MURO PARA CERRAMIENTO	JULIO 02	JULIO 09			7	1901	*	
18	K 0 + 119,5 al K 0 + 130		JULIO 08	1 : 2 : 3	8,0	7	2157	*	ARENA TRITURADA DE CONEXPE
19			JULIO 30			28	*	3445	TRITURADO DE CONEXPE
20			AGOSTO 31			60	*	*	SE UTILIZO MEZCLADORA
21	FUNDACION LOBA PISO	JULIO 08	JULIO 15			7	1676	*	CEMENTO DIAMANTE
22	BOX K 0 + 207		JULIO 15	1 : 2 : 3	16,0	7	2613	*	ARENA TRITURADA DE CONEXPE
23			AGOSTO 05			28	*	*	TRITURADO DE CONEXPE
24			SEPTIEMBRE 06			60	*	*	SE UTILIZO MEZCLADORA
25	VIGA SOBRE CIMENTO	JULIO 10	JULIO 17			7	2677	*	CEMENTO DIAMANTE
26	MURO DE CERRAMIENTO		JULIO 17			7	2434	*	ARENA TRITURADA DE CONEXPE
27	COLEGIO INDUSTRIAL		AGOSTO 07	1 : 2 : 3	2,5	28	*	4122	TRITURADO DE CONEXPE
28	K 0 + 150 - K 0 + 157		SEPTIEMBRE 08			60	*	*	SE UTILIZO MEZCLADORA
29		JULIO 16	JULIO 22			7	2827	*	CEMENTO DIAMANTE
30	BOX		JULIO 22			7	2658	*	ARENA TRITURADA DE CONEXPE
31			AGOSTO 12	1 : 2 : 3	6,0	28	*	5082	TRITURADO DE CONEXPE
32			SEPTIEMBRE 13			60	*	*	SE UTILIZO MEZCLADORA
MUESTRA TOMADA POR PERSONAL Y TRIDAS POR PERSONAL DEL LABORATORIO.									
LOS DATOS FUERON SUMINISTRADOS POR EL SOLICITANTE.									

FERNANDO MUÑOZ FUENTES
 Mat. Profesional. # 19516001294CAU

Calle 6 # 11-35 Interior 5 B/ Valencia Telefax: 8224555 Tel: 8223585 Cel. 300 6508041
 POPAYAN - COLOMBIA



ANEXO C



1 de 3
 F11-15
 VERSION: 1
 FECHA: 11-09-06

FORMULA DE TRABAJO PARA MEZCLA ASFALTICA POR EL METODO MARSHALL

Muestra No.	% Asfalto	PESO EN GRAMOS			Volumen (cm ³)	Peso unitario (kg/m ³)	Peso específico			Asfalto absorbido (%)	VOLUMEN % TOTAL			Vozales en Litros/m ³ de Asfalto Agregado	Vozales en M ³ de Mezcla Efectiva	Litros/m ³ de Mezcla Efectiva	Peso específico del asfalto:	ESTABILIDAD
		Seco en aire (g)	En agua (g)	En agua (g)			Máximo Teórico	Máximo Medido	Medido		Vozales Vacíos con aire	Vozales con Asfalto	Vozales con Mezcla (%)					
1	1233,7	1235,7	725,8	510,9	2,415	2,598	2,551	0,81	80,5	45,1	8,9	7,6	16,51	1,67	3,22	1281	1281	2,8
2	1246,6	1240,4	732,9	515,5	2,418	2,410	2,410									1192	1192	2,5
3	1250,6	1252,8	733,8	518,9	2,414	2,414	2,414									1192	1192	2,6
PROMEDIO	4,0															1222	1222	2,7
4	1235,2	1237,7	733,4	504,3	2,440	2,577	2,626	0,81	84,5	57,6	6,6	8,9	16,50	1,43	3,73	1459	1517	3,1
5	1244,3	1245,8	736,6	506,1	2,468	2,461	2,461									1504	1564	3,1
6	1247,2	1248,5	741,7	506,8	2,461	2,461	2,461									1456	1514	2,8
PROMEDIO	4,5															1532	1532	3,0
7	1249,2	1251,4	746,6	504,8	2,474	2,557	2,604	0,75	84,5	67,6	5,0	10,3	15,36	1,24	4,29	1593	1657	3,3
8	1242,5	1243,7	741,2	502,5	2,473	2,473	2,473									1504	1564	3,1
9	1244,7	1246,5	743,1	503,4	2,473	2,473	2,473									1570	1633	3,3
PROMEDIO	5,0															1618	1618	3,2
10	1242,5	1243,2	740,9	502,3	2,474	2,537	2,581	0,71	84,2	74,1	4,1	11,6	15,77	1,10	4,80	1504	1564	3,6
11	1257,7	1258,5	750,5	508,0	2,476	2,476	2,476									1459	1517	3,3
12	1254,7	1255,1	747,9	507,2	2,474	2,474	2,474									1504	1564	3,6
PROMEDIO	5,5															1548	1548	3,5
13	1256,4	1257,8	747,4	510,4	2,461	2,517	2,561	0,73	83,5	77,5	3,8	12,8	16,64	0,96	5,39	1392	1392	3,0
14	1259,4	1260,4	748,5	510,9	2,455	2,455	2,455									1415	1415	3,8
15	1247,7	1248,2	742,6	505,6	2,458	2,458	2,458									1397	1397	3,8
PROMEDIO	6,0															1401	1401	3,8
F. Trabajo	5,2				2,475	2,549	2,598	0,79	84,5	69,7	4,7	10,7	15,48	1,19	4,45	1600	1600	3,3

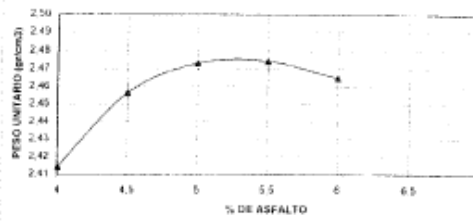
Procedencia de AGREGADOS: Cuido de Rio La Paila, Rio Pance y arena rio La Paila
 ASFALTO: 60-70 06 Apsly Ecopetrol
 Pasa No. 200 5,60%

ELABORO: *P. Hurredo Gilhardo*
 REVISO: *G. Hurredo*
 APROBO: *G. Hurredo*
 INGENIERO EN PLANTA

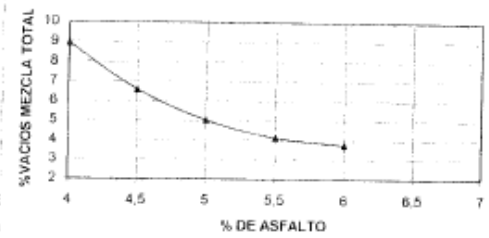


GRAFICAS PARA DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO
 MEZCLA TIPO: MDC-2

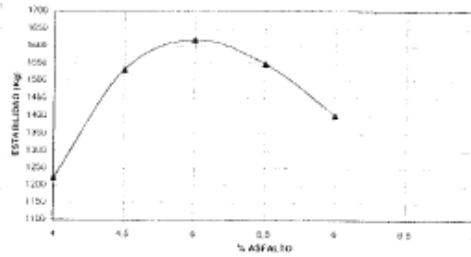
PESO UNITARIO Vs. %ASFALTO



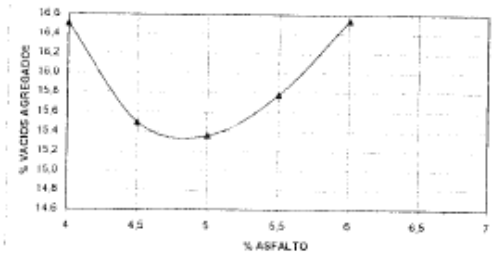
%VACIOS MEZCLA TOTAL Vs. %ASFALTO



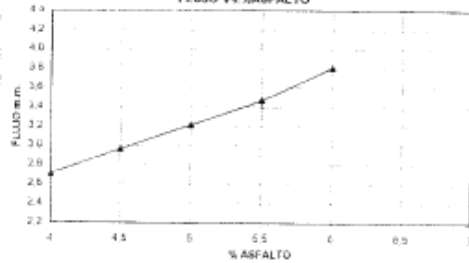
ESTABILIDAD Vs. %ASFALTO



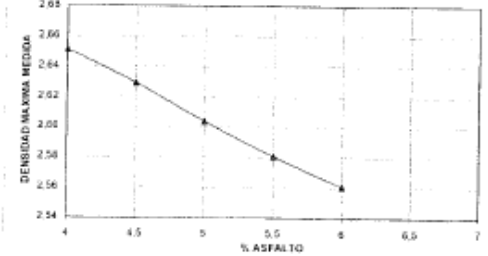
%VACIOS AGREGADOS Vs. %ASFALTO



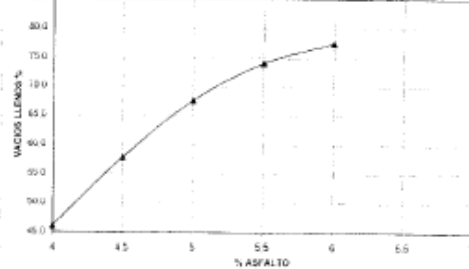
FLUJO Vs. %ASFALTO



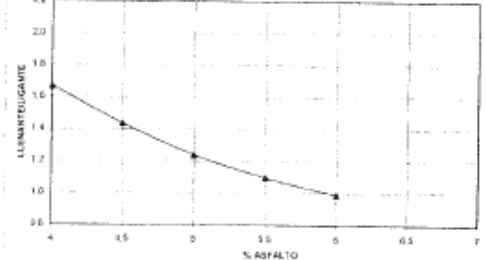
DENSIDAD MÁXIMA MEDIDA Vs. %ASFALTO



VACIOS LLENOS CON ASFALTO Vs. %ASFALTO



LLENANTE/LIGANTE Vs. %ASFALTO



ELABORÓ: *f. Horrado* REVISÓ: *G. Horrado* APROBO: *G. Horrado* INGENIERO EN PLANTA

FECHA: 16.10.10



ANEXO D

El suscrito Ingeniero Civil, Álvaro Mauricio Correal Granados identificado con la cedula de ciudadanía No. 76.329.267 de Popayán, con matricula profesional No. 19202092222CAU,

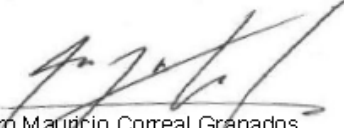
HACE CONSTAR:

Que el señor David Esteban Ceballos Villa, identificado con la cédula de ciudadanía No. 1085911378 de Ipiales (Nariño), estudiante de la Universidad del Cauca, realizó su pasantía en apoyo a la Interventoría como auxiliar de Ingeniería y/o Inspector en obra de interventoría de la obra que se ejecuta en la actualidad "La Construcción de la Pavimentación de la Carrera segunda desde la calle 15N hacia la calle 25N, Primera etapa – Plan de Movilidad Urbana", en la ciudad de Popayán, desde el día 04 de Abril del año 2011 hasta el 23 de septiembre de 2011, que durante este periodo desempeñó sus funciones a cabalidad, demostrando buena conducta y responsabilidad.

El horario de su pasantía fue de lunes a viernes de 7 am a 12 am y de 1pm a 5pm y los sábados de 7 a 12 pm, adicionalmente realizó horas extras necesarias para terminación de actividades programadas, se anexa registro de horas ejecutadas y se aclara que dicha labor fue realizada en cumplimiento al requisito de realizar una pasantía laboral para poder obtener el título como Ingeniero Civil de la Universidad del Cauca y que en ningún momento se generó relación laboral patrono-empleador.

Para constancia se firma en Popayán a los veintiocho (28) días del Mes de Octubre del año 2011.

Atentamente,


Álvaro Mauricio Correal Granados
Ingeniero Civil – Especialista en Pavimentos.
C.C. 76.329.267 DE POPAYÁN.



REGISTRO DE HORAS LABORADAS

ABRIL								TOTAL HORAS DE LA JORNADA NORMAL/MES	HORAS EXTRAS	TOTAL HORAS EXTRAS
DIA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO			
1								129		0
2										
3										
4	8									
5		4								
6			8							
7				4						
8					8					
9						0				
10							0			
11	8									
12		4								
13			8							
14				4						
15					8					
16						0				
17							0			
18	8									
19		4								
20			8							
21				4						
22					8					
23						0				
24							0			
25	8									
26		4								
27			8							
28				4						
29					8					
30						0				
MAYO								TOTAL HORAS DE LA JORNADA NORMAL/MES	HORAS EXTRAS	TOTAL HORAS EXTRAS
DIA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO			
1							0	157		5
2	8									
3		5								
4			8							
5				5						
6					8					
7						0				
8							0			
9	8									
10		5								
11			8							
12				4						
13					5					
14						0				
15							0			
16	8									
17		5								
18			8							
19				5						
20					8					
21						4				
22							0			
23	8									
24		5								
25			8							
26				5						
27					8					
28						8				
29							0			
30	4									
31		5								



JUNIO								TOTAL HORAS DE LA JORNADA NORMAL/MES	HORAS EXTRAS	TOTAL HORAS EXTRAS
DIA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO			
1			8					173	2	4
2				8						
3					8					
4						4				
5							0			
6	4									
7		5								
8			8							
9				8						
10					8					
11						8				
12							0			
13	8									
14		8								
15			8							
16				8						
17					4					
18						0				
19							0			
20	0									
21		8								
22			8							
23				8						
24					8					
25						8				
26							0			
27	4									
28		8								
29			8							
30				8						
JULIO								TOTAL HORAS DE LA JORNADA NORMAL/MES	HORAS EXTRAS	TOTAL HORAS EXTRAS
DIA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO			
1					8			188	2	10
2						6				
3							4			
4	4									
5		8								
6			8							
7				8						
8					6					
9						0				
10							0			
11	8									
12		8								
13			8							
14				8						
15					8					
16						4				
17							0			
18	8									
19		8								
20			8							
21				8						
22					8					
23						8				
24							0			
25	8									
26		8								
27			8							
28				8						
29					8					
30						4				
31							0			



AGOSTO								TOTAL HORAS DE LA JORNADA NORMAL/MES	HORAS EXTRAS	TOTAL HORAS EXTRAS
DIA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO			
1	8							104		0
2		8								
3			8							
4				8						
5					8					
6						8				
7							0			
8	8									
9		8								
10			8							
11				8						
12					8					
13						8				
14							0			
15	0									
16		8								
17			8							
18				8						
19					8					
20						4				
21							0			
22	8									
23		8								
24			8							
25				8						
26					8					
27						0				
28							0			
29	8									
30		8								
31			8							

SEPTIEMBRE								TOTAL HORAS DE LA JORNADA NORMAL/MES	HORAS EXTRAS	TOTAL HORAS EXTRAS
DIA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO			
1				8				140		0
2					8					
3						0				
4							0			
5	8									
6		8								
7			8							
8				8						
9					8					
10						0				
11							0			
12	8									
13		8								
14			8							
15				8						
16					8					
17						4				
18							0			
19	8									
20		8								
21			8							
22				8						
23					8					
24						0				
25							0			
26	0									
27		0								



TOTAL HORAS LABORADAS EN JORNADA NORMAL	890
TOTAL HORAS EXTRAS	19
TOTAL	909



ÁLVARO MAURICIO CORREAL G.
Ingeniero Civil





UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
INFORME DE TRABAJO DE GRADO – DAVID ESTEBAN CEBALLOS VILLA



UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
INFORME DE TRABAJO DE GRADO – DAVID ESTEBAN CEBALLOS VILLA



UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
INFORME DE TRABAJO DE GRADO – DAVID ESTEBAN CEBALLOS VILLA