2015

PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE VÍAS SECUNDARIAS EN EL ALTIPLANO CUNDIBOYACENSE



AUTOR:
ANDRÉS JOSÉ MENDOZA GARCÍA

PRESENTADO A:
COMITÉ DE GRADO
2015

PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE VÍAS SECUNDARIAS EN EL ALTIPLANO CUNDIBOYACENSE

ANDRÉS JOSÉ MENDOZA GARCÍA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO DE GRADO
BOGOTÁ D.C.
2015

PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE VÍAS SECUNDARIAS EN EL ALTIPLANO CUNDIBOYACENSE

ANDRÉS JOSÉ MENDOZA GARCÍA

DIRECTOR DE PROYECTO DE GRADO
ING.RUBBY ESTELA PARDO

PAR ACADÉMICO
ING. HERNANDO RIVEROS

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO DE GRADO
BOGOTÁ D.C.
2015

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN 12
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 13
JUSTIFICACIÓN 15
OBJETIVOS 16
Objetivo General 16
Objetivos Específicos 16
GLOSARIO 17

1. MARCO GEOGRÁFICO 20

2. MARCO REFERENCIAL 21
2.1. PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA LA MEJORAMIENTO DE VÍAS SECUNDARIAS 21
2.2.1 Diseño geométrico 21
2.2.2 Construcción de obras de sub drenaje o filtros 22

3. PROCESOS CONSTRUCTIVOS EN EL MEJORAMIENTO DE VÍAS 23
3.1 MEJORAMIENTO DEL DISEÑO GEOMÉTRICO 23
3.2 PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA LA AMPLIACION DEL ANCHO DE VÍA. 25
3.2.1 Herramienta y equipo utilizados en ampliación del ancho de vía 25
3.2.2 Materiales empleados para la ampliación del ancho de vía 30
3.3 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL AMPLIACION DEL ANCHO DE VIA 32
3.4 HERRAMIENTA Y EQUIPO EMPLEADOS PARA LA CONSTRUCION DE ALCANTARILLAS 37
3.4.1 Materiales empleados para la construcción de Alcantarillas 44
3.5 DESCRIPCIÓN DETALLADA PARA LA CONSTRUCION DE ALCANTARILLAS 47

4. CONSTRUCIÓN DE SUB DRENAJES O FILTROS 57
4.1 HERRAMIENTA Y EQUIPO EMPLEADOS PARA LA CONSTRUCION DE FILTROS 57
4.1.1 Materiales empleados para la construcción de filtros 59
4.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA PARA LA CONSTRUCION DE FILTROS 62

5. PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA LA IMPRIMACION DE EMULSION ASFALTICA 67
5.1. HERRAMIENTA Y EQUIPO EMPLEADOS PARA LA IMPRIMACION 67
5.1.1. Materiales empleados para la imprimación 70
5.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA PARA LA IMPRIMACION 71

6.	PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA LA EXTENSION Y COMPACTACION DE MEZCLA ASFALTICA	77
6.1	CARACTERISTICAS QUE DEBE REUNIR UN PAVIMENTO	77
6.2.	HERRAMIENTA Y EQUIPO EMPLEADOS PARA LA EXTENSION Y COMPACTACION DE MEZCLA ASFALTICA	79
6.2.1	Materiales empleados para la extensión y compactación de mezcla asfáltica	83
6.3	DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO PARA LA EXTENSION Y COMPACTACION DE MEZCLA ASFALTICA	84
7.	PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA LA CONSTRUCION DE CUNETAS	90
7.1.	HERRAMIENTA Y EQUIPO EMPLEADOS PARA LA CONSTRUCION DE CUNETAS	90
7.1.2	Materiales empleados para la construcción de cunetas	90
7.2	DESCRIPCION DETALLADA PARA EL PROCESO DE CONSTRUCION DE CUNETAS	92
8.	PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA LA CONSTRUCION DE MUROS	96
8.1.	HERRAMIENTA Y EQUIPO EMPLEADOS PARA LA CONSTRUCION DE MUROS	96
8.1.2	Materiales empleados para la construcción de muros	96
8.2	DESCRIPCION DETALLADA PARA EL PROCESO DE CONSTRUCION DE MUROS	97
9.	FACTORES SOCIALES Y AMBIENTALES	103
9.1	FACTORES SOCIALES	103
9.2.	FACTORES AMBIENTALES	105
9.3	ZODME	105
9.4	FUENTES DE MATERIALES	108
9.5	PUNTOS DE CAPTACION DE AGUAS	109
9.6	INVENTARIO FORESTAL	110
9.7	PUNTOS ECOLOGICOS	110
10	CONCLUSIONES	112
11	RECOMENDACIONES	113
BIBLIOGRAFÍA		114

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Huecos y deterioro del asfalto 13
Figura 2. Taponamiento de alcantarillas 13
Figura 3. Apozamientos de agua en la vía 14
Figura 4. Vegetación sobre la vía. 14
Figura 5. Ubicación Geográfica del Corredor Vial, Puente Camacho – Las Juntas 20
Figura 6.Esquema de una vía para una velocidad de 30 km/h 23
Figura 7. Localización y replanteo del eje 23
Figura 8. Abcisado de la vía 25
Figura 9. Retroexcavadora Hyundai 140 26
Figura 10. Volqueta doble troque international 27
Figura 11. Motoniveladora CAT 120K 27
Figura 12. VibrocompactadorIngersolL Rand 29
Figura 13. Metro para control de medidas 29
Figura 14. Pala 29
Figura 15. Material de base empleado para cubrir la ampliación 31
Figura 16. Agua para humectación 31
Figura 17. Vía a intervenir 32
Figura 18. Controladora de tráfico 33
Figura 19 .Excavación de la ampliación Figura.20 Ampliación de la vía 33
Figura 20. Cargue de material producto de la ampliación 34
Figura 21.Extension de base granular sobre la ampliación 34
Figura 22.compactacion de base granular sobre la ampliación 35
Figura 23. Esquema de caja de encole 36
Figura 24. Esquema de tubería de alcantarilla 36
Figura 25. Esquema cabezote de descole 37
Figura 26. Cabezote de descole 37
Figura 27. Retroexcavadora Kobelco SK 210 37
Figura 28. Volqueta sencilla International 38
Figura 29. Canguro de compactación 39
Figura 30. Mezcladora de concreto 40
Figura 31. Minicargador case sr250 41
Figura 32. Baldes para mezcla 42
Figura 33. Formaleta para encofrado 42
Figura 34. Llana metálica 43
Figura 35. Carretilla para transporte de material 43
Figura 36.Vibrador de concreto 43
Figura 37. Arena de peña 44
Figura 38. Triturado de ¾ 44

Figura 39. Cemento. 45
Figura 40. Base para rellenó de alcantarilla 45
Figura 41. Tubería de 36" 45
Figura 42. Alcantarilla obstruida por vegetación 47
Figura.43 Excavación de alcantarilla 47
Figura 44. Cargue de material producto de la excavación 48
Figura 45. Descargue de material excavado en el botadero. 48
Figura 46. Nivelación de solado para tubería. 49
Figura 47. Mezclado de concreto para solado de tubería 49
Figura 48. Transporte de mezcla para fundición de solado 50
Figura49. Fundida de solado tubería 50
Figura 50. Señalización de excavación 50
Figura.51 Fabrica de tubos 51
Figura 52. Descargue de tubería para alcantarilla. 51
Figura 53. Compactación de tubería con base granular. 52
Figura 54. Terminación de compactación de media calzada de la vía. 52
Figura 55. Placa de caja de encole 53
Figura 56. Formaleta para caja de encole 53
Figura 57. Inspección a la obra 54
Figura 58. Prueba de asentamiento 54
Figura 59. Control de calidad a agregados 54
Figura 60. Toma de muestras 54
Figura 61. Vaciado de concreto 55
Figura 62. Vibrado del concreto 55
Figura 63. Terminado de caja de encole 55
Figura 64. Lleno con material de base caja de encole 56
Figura 65. Terminación de cabezote de descole 56
Figura 66. Retro cargador new holland B115 57
Figura 67. Pica 58
Figura 68. Geotextil nt 200 para construcción de filtro 59
Figura 69. Triturado de 3" 60
Figura 70. Manguera para filtro 61
Figura 71. Cuerda 61
Figura 72. Construcción de filtro 62
Figura 73. Controladores de tráfico. 62
Figura 74. Excavación de filtro 63
Figura.75 cargue de material producto de excavación 63
Figura 76. Instalación de geo textil 64
Figura 77. Fijación de geotextil 64
Figura 78. Descargue de piedra filtro 64
Figura 79. Instalación de manguera sobre el filtro 65
Figura 80. Conformación de piedra filtro 65
Figura 81. Lleno de filtro 65
Figura 82. Terminación de lleno del filtro 66
Figura 83. Cociendo el geotextil 66

Figura 84. Extensión de base sobre filtro 66
Figura 85. Compactación de base 66
Figura 86. Carro irrigador de emulsión 67
Figura 87. Colombinas de señalización vial 68
Figura 88. Compresor Sullair 185 H 68
Figura 89. Escoba de limpieza 69
Figura 90. Emulsión asfáltica 70
Figura 91. Arena para protección de emulsión 70
Figura 92. Toma de densidades a la capa de base granular 70
Figura 93. Instalación de colombinas 71
Figura 94. Carro irrigador 71
Figura 95. Controlador de tráfico vial 71
Figura 96. Alineación de señalización vial en medio de la calzada. 73
Figura 96. Alineación de señalización vial en medio de la calzada. 73
Figura 98. Soplado de vía 73
Figura 99. Limpieza de vía 74
Figura 100. Limpieza de rocas 74
Figura 101. Calentamiento de emulsión. 74
Figura 102. Temperatura de emulsión. 74
Figura 103. Imprimación de calzada. 75
Figura 104. Extensión de manguera 75
Figura 105. Retiramiento de colombinas de señalización vial 75
Figura 106. Secado de emulsión en calzada. 76
Figura 107. Carretilla 80
Figura 108. Rastrillos y palas para asfalto. 80
Figura 109. Suministro de ACPM 81
Figura 110. Terminadora de asfalto vógele súper 1300 82
Figura 111. Vibrocompactador CB-434D 82
Figura 112. Vibrocompactador Neumático PS-150B 83
Figura 113. Asfalto MDC2 84
Figura 114. Cuadrilla de asfalto 85
Figura 115. Alistamiento de equipo 85
Figura 117. Demarcación de calzada 85
Figura 118. Alineamientos de vía 85
Figura 119. Señalización en medio de la calzada. 86
Figura 120.Aliatamiento de finisher. 86
Figura121. Irrigación con acpm a tolva. 86
Figura 122. Volquetas con asfalto 87
Figura 123. Toma de temperatura 87
Figura 124. Descarga de asfalto. 87
Figura 125. Control de extensión asfalto 87
Figura 126. Tornillero realizando control de espesor de asfalto. 88
Figura 127. Extensión de asfalto 88
Figura 128. Compactación de asfalto. 88
Figura 129. Toma de temperatura 89

Figura 130. Carpeta asfáltica 89
Figura 131. Sellamiento de carpeta asfáltica vibrocompactador neumático 89
Figura 132. Antisol 91
Figura 133. Hierro 3/8 para cunetas 91
Figura 134. Nivelación del terreno 93
Figura 135. Compactación de base granular para construcción de cunetas 93
Figura 136.Esquema diseño de cuneta en v 94
Figura 137. Revisión de separación de hierro 94
Figura 138. Prueba del concreto 94
Figura 139. Asentamiento de la concreta 95
Figura 140. Vibrado del concreto 95
Figura 141. Aplicación de antisol 95
Figura 142. Terminación de cunetas 95
Figura 144. Excavación de muro 97
Figura 145. Conformación de excavación 97
Figura 147. Nivelación del terreno 98
Figura 148. Excavación de dentellón 98
Figura 149.vaciado de concreto 98
Figura 150. Fundición de solado 98
Figura 151. Armado de acero 99
Figura 152. Amarre de acero 99
Figura 154. Fundidad de zarpa de muro 99
Figura 155. Vibrado de concreto 99
Figura 157. Armado de andamios 100
Figura 158 fijación de formaleta 100
Figura 159. Vibrado de concreto 100
Figura 160. Desencofrado de muro 100
Figura 161. Vista de muro 101
Figura 162. Lleno de muro 101
Figura 165. Terminación del muro 101
Figura 166. Visita a comunidades 103
Figura 167. Firma de actas 103
Figura 168. Viviendas cercanas a la vía. 104
Figura 169. Actas de vecindad 104
Figura 170. Solicitud de hojas de vida 104
Figura 171. Explicación del proyecto 104
Figura 172. Conformación de ZODME 105
Figura 173. Descarga de material 105
Figura 174. Extensión y conformación de botadero 106
Figura 175. Interpretación de planos 107
Figura 176. Empradizacion de ZODME 107
Figura 177. Planta de trituración la libertad Samacá Boyacá. 108
Figura 178. Planta de asfalto Samacá Boyacá. 108
Figura 179. Punto de captación de agua. 109
Figura 180. Inventario forestal 110

Figura 181. Árboles en la vía. 110
Figura 183. Puntos ecológicos oficina 111
Figura 184. Puntos ecológicos en obra 111
Figura 185. Baterías sanitarias 111
Figura 186. Limpieza de baños 111

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Especificaciones retroexcavadora Hyundai 26
Tabla 2. Especificaciones retroexcavadora 210 38
Tabla 3.Especificaciones minicargador Case SR 250 41
Tabla 4. Granulometría de un filtro grueso dinámico 60

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto está enfocado en los procesos constructivos, para rehabilitación y mejoramiento de vías secundarias. Está propuesto para dar a conocer con detalle a los constructores, maestros de obra y estudiantes de ingeniería civil, que proceso es conveniente emplear para intervenir una vía, dependiendo de las condiciones del estado en que se encuentre.

El trabajo será desarrollado a través de un estudio en vías secundarias, específicamente en el altiplano cundiboyacense, el tramo de vía a intervenir contempla los municipios de Jenesano, Tibaná, Chinavita y Garagoa las juntas del departamento de Boyacá. Al momento de iniciar la construcción de una vía alterna, se deben tener en cuenta las condiciones de diseño geométrico de la carretera, haciendo una perspectiva del tipo de curvas, y peraltes. Igualmente resulta relevante tener presente el proceso de reciclaje y reutilización de pavimento para construir la estructura de la vía, sin obviar la importancia de las labores de limpieza y drenaje en los procesos de rehabilitación.

Además de ello, deberán establecer que proceso constructivo es más conveniente para el mejoramiento de una vía secundaria, en contraste con la actividad que se va a realizar, ya que estas pueden ser de recuperación de afirmado o capa de rodadura, mediante reconstrucción de sub-base y/o base, y además obras de estabilización como pedraplen; por cuanto tales actividades deben atender a como son los alineamientos horizontales, verticales y ampliaciones de ancho de vía, construcción de filtros, muros, pontones, junto con la extensión y compactación de las carpetas asfálticas.

En adición a lo anterior, es preciso mencionar que es prudente que los constructores analicen de manera simultánea, los diferentes componentes sociales y ambientales, que inciden en el momento de la rehabilitación y mejoramiento de una vía de segundo orden.

En ese mismo sentido, es válido señalar que la recopilación de esta información es útil como un instrumento académico, que soporta no solo bases conceptuales, sino que en la práctica ofrece conocimientos previos de las actividades, que se desarrollan cuando se está ejecutando una obra civil.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A través del Programa Plan 2500, que tuvo como objetivo la pavimentación de 3,125 km de carreteras del orden primario, secundario y terciario, fue posible desarrollar el proyecto de rehabilitación y mejoramiento del tramo entre Jenesano, Tibaná, Chinavita y Garagoa, distribuido en 31 departamentos del territorio nacional, incluido el archipiélago de San Andrés y Providencia.

El fin de mejorar la accesibilidad y conectividad desde y hacia regiones apartadas departamento de Boyacá, la gobernación decidió intervenir el tramo que se encontraba en muy malas condiciones por presentar una sección trasversal angosta, la transitabilidad era muy difícil para sus usuarios ya que tenían que trasladarse a muy bajas velocidades menores a 30 km/hora lo que afectaba el desplazamiento entre los municipios que une.

Los obstáculos y dificultades de la vía como apozamientos de agua en su calzada, huecos, ahuellamientos, baches, deterioro de la carpeta asfáltica, y falta de una buena visibilidad por el crecimiento de vegetación a las orilla, son factores con alta incidencia en la frecuencia de accidentes con lesiones y fallecimientos de vidas humanas.

Figura. 1. Huecos y deterioro del asfalto



Fuente: El Autor

Figura 2. Taponamiento de alcantarillas



Fuente: El Autor

Fig. 3. Apozamientos de agua en la vía



Fuente: El Autor

Figura 4. Vegetación sobre la vía.



Fuente: El Autor

Esta problemática requiere la intervención de profesionales y especialistas en el campo de vías con altos conocimientos en los procesos constructivos, de tal manera que contribuyan al desarrollo de soluciones de mejoramiento o rehabilitación de las vías en mal estado. Debido a esto con el desarrollo del trabajo se formula la pregunta ¿Orientar los procesos constructivos de rehabilitación y mejoramiento de vías secundarias, a los estudiantes de ingeniería y maestros de obras civiles, permite mejorar la calidad y eficiencia de estos procesos durante la ejecución en obras de vías secundarias?

JUSTIFICACIÓN

Este proyecto cobra importancia ya que determina cuales son los procesos constructivos adecuados y pertinentes, al momento de intervenir en cualquier corredor vial en el área del altiplano Cundiboyacense, que a partir de unos estudios se encuentre en malas condiciones como hundimientos en la vía, y la pérdida de la carpeta asfáltica, lo que ocasiona huecos y encharcamientos en la carretera, falta de alcantarillas y drenajes adecuados, los cuales permitan evacuar las aguas que inundan la vía y deslizamientos de derrumbes, que ocasionan taponamientos de la calzada y trancones, todos estos factores perjudican el tránsito adecuado por parte de sus usuarios y pone en riesgo los índices de accidentabilidad en la carretera .

La necesidad de realizar una rehabilitación y mejoramiento en la vía contribuye a un desarrollo de los municipios involucrados con el proyecto, ya que una buena vía les permite transportar sus productos provenientes del campo, como son cultivos de freijoa, manzana, duraznos entre otros, hacia el centro del país, mejorando sus ingresos económicos como también un desarrollo turístico para los municipios boyacenses.

Así mismo, su desarrollo permitirá identificar las obras que se realizan para la rehabilitación y el mejoramiento de éstas vías secundarias, analizando sus diferentes componentes técnicos, sociales y ambientales.

La importancia de participar activamente en estos procesos constructivos de construcción, rehabilitación y mejoramiento de éste corredor vial, permite ampliar los conocimientos adquiridos en la universidad y la práctica en el campo de la ingeniería civil; el fin último de realizar ésta monografía, es optar el título profesional de ingeniero civil, a través de la exposición de la experiencia como aprendiz en el Consorcio Vías y Equipos 2016, que está a cargo de la rehabilitación y mejoramiento de una vía secundaria en el altiplano cundiboyacense .

OBJETIVOS

Objetivo General

Identificar los procesos constructivos para realizar obras de rehabilitación y mejoramiento en vías secundarias, de acuerdo a sus diferentes componentes: técnico, social, ambiental y consideraciones de diseño.

Objetivos Específicos

- Determinar los procesos constructivos adecuados y pertinentes al momento de intervenir obras de rehabilitación dependiendo de las condiciones de diseño geométrico, reciclaje y reutilización de pavimento, para estructura de la vía y limpieza de obras de drenaje.

- Establecer los diferentes procesos constructivos que se aplican en el mejoramiento de una vía como, alineamientos horizontales y verticales, ampliaciones de ancho de vía, construcción de filtros, muros, pontones, extensión y compactación de carpetas asfálticas.

- Analizar los diferentes componentes sociales y ambientales que inciden en la Rehabilitación y Mejoramiento de vías secundarias.

GLOSARIO



CALZADA: La calzada es la zona por la cual transitan los vehículos en la vía. Está compuesta por el pavimento y dos carriles que movilizan el transido en ambos sentidos el ancho de los carriles dependen de su demanda de flujo vehicular y del tipo de proyecto.



DENTELLON: Elemento estructural en concreto reforzado, que compone un muro de confinamiento. Hace parte de la cimentación del muro, se encarga de recibir las cargas trasmitidas por el vástago y la zarpa de este



FINISHER: La terminadora de asfalto cumple la función de extender la mezcla asfáltica una vez la volqueta la descarga en el interior de su tolva la cual tiene una grilla o banda trasportadora que conduce el asfalto a la plancha la cual cumple la función de extender y nivelar la mezcla sobre la vía. Además gradúa el espesor de asfalto según las especificaciones del proyecto.



MDC2: (mezcla densa en caliente). El asfalto es un derivado del petróleo que mezclado con agregados pétreos y polímeros, proporciona al asfalto ligantes con extraordinarias características de elasticidad, adherencia y cohesión. Sometido a altas temperaturas permite pavimentar las vías garantizando una buena resistencia a las cargas del tránsito y a los factores de climáticos.



PAJARITA: Es una maquina conocida como retrocargador empleada en obras de construcción que desarrolla dos funciones, la primera es realizar excavaciones con su brazo mecánico y la segunda, es el cargue de material mediante su cucharon es una maquina muy versátil y práctica para el desarrollo de obras civiles



PIEDRA FILTRO: Es un Agregado grueso, piedra triturada o partida, de grano compuesto y de calidad dura. Debe ser limpio, libre de polvo, materia orgánica para evitar que el agua que entra en el filtro se estanque dentro de él, provocando el taponamiento del filtro. Su tamaño varía entre ¼" hasta el tamaño máximo de 3".



TORNILLERO: el tornillero es el encargado de operar la plancha de la terminadora de asfalto, a su vez de controlar y verificar el espesor del asfalto extendido. Mediante el uso de un tornillo metálico el cual marca el nivel del espesor requerido del pavimento, realiza una perforación aproximadamente cada 3 mts para verificar que el espesor sea el adecuado y confirmarle al operador del equipo.



TRASLAPO: es un proceso realizado para el amarre del hierro en obra. El cual consiste en unir una varilla de acero sobre otra o cierta distancia.



ZARANDEAR: Es una actividad realizada en obras de construcción, en la cual se deposita la arena o los agregados sobre una malla, con el fin de separarlos según su tamaño.

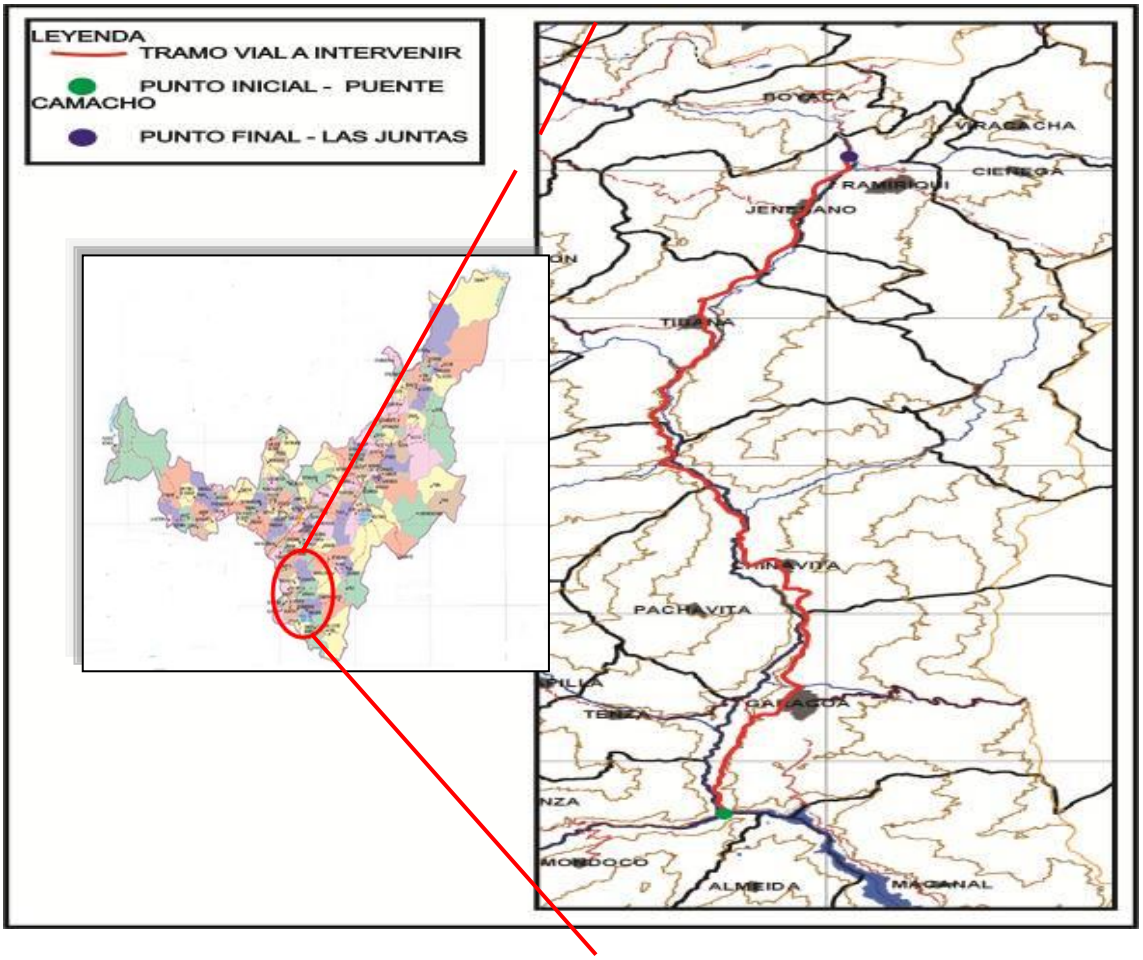


ZODME: Zonas de depósito de material estéril más conocidos como botaderos. Estos sitios deben estar a 5 km circundantes al proyecto en el cual se estén realizando las obras de excavación, esto con el fin de permitir que las volquetas que trasportan el material proveniente de las excavaciones lo depositen en los ZODME y regresen nuevamente a cargar material sin tardar mucho tiempo.

1. MARCO GEOGRÁFICO

El proyecto de Mejoramiento y mantenimiento de la carretera Puente Camacho y Las juntas, se desarrolla al sur oriente del departamento de Boyacá, el tramo de vía a intervenir contempla los municipios de Jenesano, Tibaná, Chinavita y Garagoa, con una longitud total de 61.7 km comprendidos entre las abscisas PR: 0+000 (Puente Camacho) y PR: 61+700 (Las Juntas).como se muestra en la figura 1

Figura 5. Ubicación Geográfica del Corredor Vial, Puente Camacho – Las Juntas



Fuente: Map data, 2015. [en línea] [citado 2 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: https://www.google.com.co/search?q=jenesano+boyaca+mapa

2. MARCO REFERENCIAL

En el desarrollo de este marco teórico referencial se estudiaran los conceptos de vital importancia, para entender los procesos constructivos empleados en el mejoramiento y la rehabilitación de vías secundarias, teniendo en cuenta sus diferentes campos.

2.1. PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA EL MEJORAMIENTO DE VIAS SECUNDARIAS

Estos procesos modifican la geometría y dimensiones originales de la vía con el fin de mejorar su nivel de servicio y adecuarla, a las condiciones requeridas por el tránsito actual y futuro. Comprende tres tipos de trabajos que son: ampliación, rectificación y pavimentación.

La ampliación se puede hacer sobre la calzada existente, también se puede tratar de la construcción de bermas o ambas actividades.

La rectificación se refiere al mejoramiento del alineamiento horizontal y vertical, con el fin de garantizar una velocidad de diseño adoptada.

La pavimentación corresponde al diseño y construcción de la estructura de pavimento. Este tipo de proyecto requiere de diseño geométrico y las actividades principales son:

- Diseño geométrico
- Construcción obras de sub drenaje filtros
- Ampliación de calzada
- Construcción de estructura del pavimento
- Estabilización de afirmados construcción de muros
- Señalización vertical[1]

2.1.1 Diseño Geométrico. Se encarga de determinar las características geométricas de una vía a partir de factores como el tránsito, topografía, velocidades, de modo que se pueda circular de una manera cómoda y segura. El diseño geométrico de una carretera está compuesto por tres elementos bidimensionales, que se ejecutan de manera individual, pero dependiendo unos de otros, y que al unirlos finalmente se obtiene un elemento tridimensional que corresponde a la vía propiamente. Estos tres elementos son:

[1] AGUDELO OSPINA, Jhon Jairo. Diseño geométrico de vías ajustado al diseño colombiano, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, especialización vías y transporte, 2002. [en línea] Medellín: [citado 15 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/disec3b1o-geomc3a9trico-de-vc3adas-john-jairo-agudelo.pdf>

- Alineamiento horizontal: compuesto por ángulos y distancias formando un plano horizontal con coordenadas norte y este.
- Alineamiento vertical: compuesto por distancias horizontales y pendientes dando lugar a un plano vertical con abscisas y cotas.
- Diseño transversal: consta de distancias horizontales y verticales que a su vez generan un plano transversal con distancias y cotas[2]

2.2.2 Construcción de obras de sub drenaje o filtros. Para diseñar sistemas de sub drenaje, de tal forma que se llegue al diseño, técnico y económicamente más conveniente. Lo que tradicionalmente en la ingeniería se ha llamado filtros, realmente es un sistema de drenaje o sub drenaje. Un sistema de drenaje sub superficial eficiente y estable, es necesario que esté compuesto por un medio filtrante y otro drenante.

Se entiende por medio filtrante, el elemento que retiene el suelo pero permite el paso del agua, función que desempeña el geo textil. El medio drenante es el encargado de transportar el agua que pasa a través del filtro, función que desempeña cualquier medio poroso que bien puede ser natural o sintético. Un sistema de drenaje es la suma de los dos procesos anteriores.

El objetivo de los sub drenajes para vías es evitar la saturación total de la estructura, captando, conduciendo y evacuando el agua que pueda entrar en la estructura del pavimento[3].

[2] Ibid.
[3] Manual de diseño con geosintéticos, capítulo 9. Sistemas de sub drenaje para vías con geotextil y material granual, junio del 2012. Departamento de ingeniería y geosistemas. [en línea] [citado 18 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.geosoftpavco.com/manual_geosinteticos_files/OEBPS/ibook_split_011.xhtml>

3. PROCESOS CONSTRUCTIVOS EN EL MEJORAMIENTO DE VÍAS

Una de las principales condiciones para evaluar si una vía requiere procesos de mejoramiento o reconstrucción de vías, es que el porcentaje deterioro debe ser mayor al 50% del área del asfalto existente. El proceso de mejoramiento que requiere el tramo en estudio, es adelantado en una serie de etapas como se describen a continuación.

3.1 MEJORAMIENTO DEL DISEÑO GEOMÉTRICO

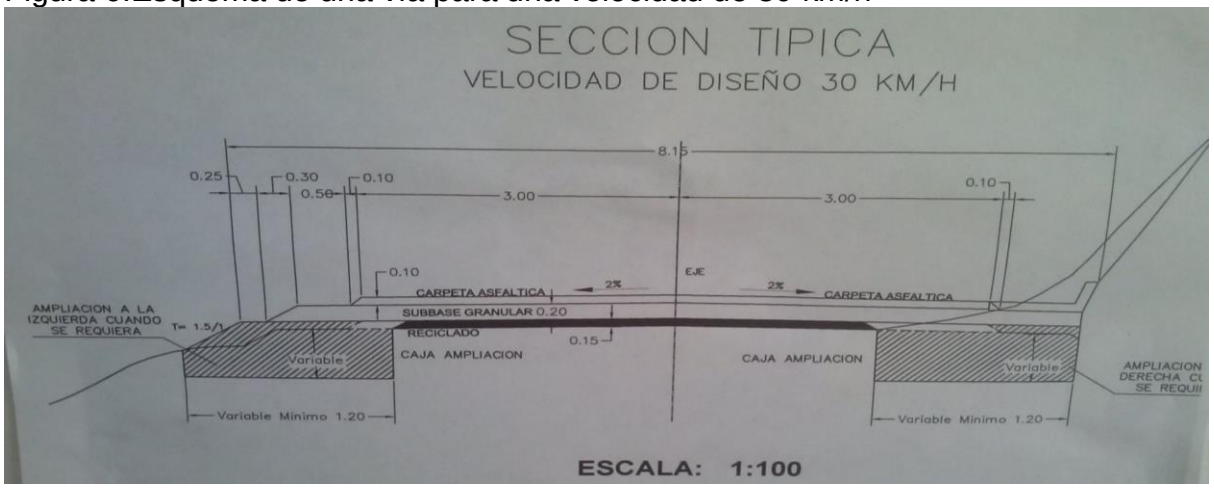
El mejoramiento del diseño geométrico se realiza con el fin de mejorar la velocidad, visibilidad, seguridad y confort para los usuarios.

La velocidad es un parámetro de diseño geométrico que puede ser mejorado ampliando el ancho de la sección transversal. La ampliación de una vía está ligada al aumento de volúmenes de tráfico.

En el caso del tramo en estudio entre los municipios de Jenesano, Tibaná, Chinavita y Garagoa, con una longitud total de 61.7 km comprendidos entre las abscisas PR: 0+000 (Puente Camacho) y PR: 61+700 (Las Juntas).

- Actualmente, el 80% de la vía se encuentra a nivel de pavimento en mal estado, con un bajo nivel de servicio y el 20% restante del tramo vial se encuentra en afirmado.
- La sección trasversal antes era 5.20 metros de ancho y ahora es de 6.20 metros de ancho aumentando así la velocidad.

Figura 6.Esquema de una vía para una velocidad de 30 km/h



Fuente. El Autor

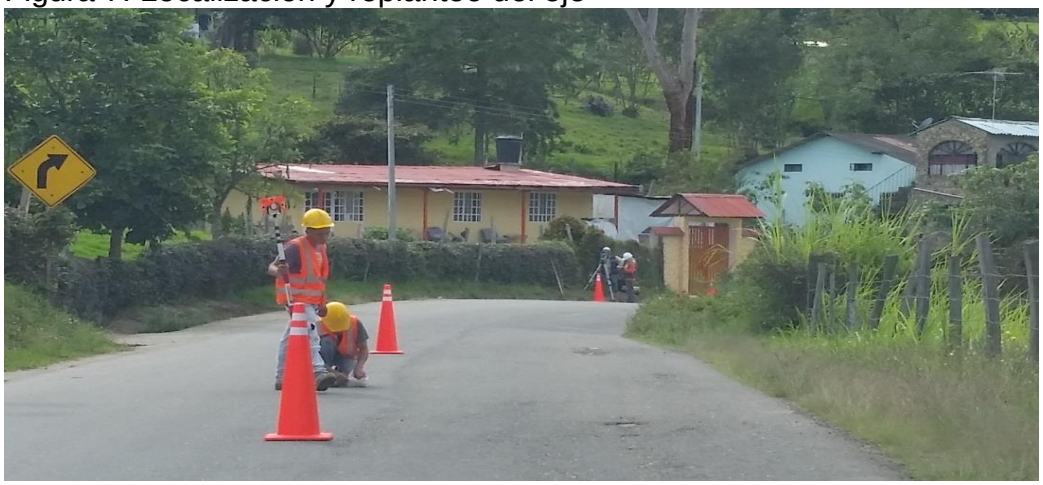
- **LOCALIZACION Y REPLANTEO DE EJE**

Este procedimiento de campo es realizado por una comisión de topografía y consiste en la materialización del eje de la vía, con puntillas o estacas colocadas sobre el eje de la vía, que ayudan a visualizar la geometría del corredor.

Es importante para el ingeniero civil verificar el eje de la vía ya que a partir de él se localizan obras de arte como alcantarillas, filtros, cunetas, bermas y muros; se verifica las medidas en los tramos donde se requiere ampliaciones de calzada.

Para el estudio realizado la localización y replanteo del eje, se realizó desde el PR0+000 hasta el PR4+000 (PR, punto de referencia o abscisa de origen y destino del tramo de vía), en el tramo comprendido entre el Puente Camacho y Jenesano, como se observa en la figura 7.

Figura 7. Localización y replanteo del eje



Fuente: El Autor.

- **DEFINICION DE ABCISADO DE LA VIA**

La definición de abcisado de la vía es muy importante, ya que por medio de él se logra tener una ubicación en el tramo intervenido. El abcisado, se encarga de definirlo y ubicarlo sobre la vía, en la comisión topografía este va de menor a mayor y se marca con pintura de un color visible, en diferentes puntos como árboles, al costado de la vía, en alcantarillas, muros y sobre cunetas se marca cada 20 metros a 50 metros, ejemplo se inicia en el PR 0+000 y continua en el PR 0+020.

Figura 8. Abcisado de la vía



Fuente: El Autor

3.2 PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA LA AMPLIACION DEL ANCHO DE VÍA.

En el caso del tramo Jenesano, Tibaná, Chinavita y Garagoa, la ampliación se realizó en el costado izquierdo con un ancho de un metro, este fue necesario para cumplir con el diseño geométrico.

El proceso de ampliación o ensanche de una vía está determinado, en primer lugar por el aumento del flujo vehicular que se evidencia por los estudios de tránsito, que son el soporte para esta ampliación.

Para realizar la ampliación de la calzada se debe estudiar y determinar, a cual costado de la vía es más factible realizar su ampliación en términos económicos, como la adquisición predial, así como los factores ambientales por presencia de árboles o drenajes superficiales, los cuales no pueden ser intervenidos.

Una vez definidos el costado en el cual se va a realizar la ampliación, la comisión topográfica materializa el eje a partir del cual se toman las medidas necesarias para definir el nuevo borde de la calzada.

3.2.1 Herramienta y equipo utilizados en ampliación del ancho de vía. Durante el proceso de ampliación del ancho de vía, se hace necesario utilizar diversas herramientas y equipos, que permiten realizar los procesos de manera eficiente y óptima. A continuación se hace una breve descripción de la maquinaria utilizada.

- **RETRO EXCAVADORA HYUNDAY 140**

La función que desempeña este equipo en la ejecución de la actividad, es de excavar y conformar la caja para la ampliación de la calzada, así como de cargar el material proveniente de la excavación en las volquetas, para que este sea depositado en los botaderos o zodme.

Figura 9. Retroexcavadora Hyundai 140



Fuente: El Autor

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO

Tabla 1. Especificaciones retroexcavadora Hyundai

Motor:	**Cummins B3.9-C**
Peso Operativo:	**13,980 kg (30,820 lb)**
Capacidad del Balde , SAE:	**0.58m³ (0.76yd³)**
Potencia de Motor:	**113HP(84kW)/2,100rpm**
Max. Profundidad de Excavación:	**5,500mm (18,3")**
Max. Altura de excavación:	**8,500mm (27,11")**
Largo Promedio:	**7,820mm (25,7")**
Ancho Promedio:	**2,600mm (8,6")**
Altura Promedio:	**2,860mm (9,4")**
Velocidad de Desplazamiento:	**3.6~5.6 km/hr (2.2~3.5mph)**
Fuerza de excavación del balde:	**8,900Kgf / 19,620lbf**
Bombas Hidráulica	**2 Bombas Kawasaki de Caudal Variable**

Fuente: Mercovil, [en línea] [citado 15 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.mercovil.com/v2_base/1322_r140lc9s.html

- **VOLQUETA DOBLE TROQUE INTERNATIONAL**

La función principal que cumple la volqueta durante la ampliación del ancho de la vía, es el de transportar el material excavado por la retroexcavadora y depositarlo en los botaderos, una vez descargado el material el equipo se regresa a seguir cargado hasta finalizar la actividad.

Figura 10. Volqueta doble troque international



Fuente: El Autor

ESPECIFICACIONES

- Motores hasta de 475 hp y 1,700 lbs-pie de torque están diseñados para seguir rindiendo en ambientes severos y abruptos.
- Bastidor con travesaños de 5 piezas y ensamblado con pernos Huck, asegura máxima durabilidad con un RBM de 3.800.000 pulg-lb para los sitios de trabajo más severos.
- Extensiones integrales del bastidor ofrecen máxima solidez y facilidad de servicio para todos sus equipos montados al frente.
- La cabina más ancha y espaciosa en su clase tiene campo suficiente para tres adultos, y su suspensión neumática (estándar) mantiene al conductor confortable y relajado.
- Las versiones de las volquetas WORKSTAR-7600 6X4 de línea están configuradas con diferentes tipos de volcos como son IMHASA 14 mt3 7 postes, IMHASA HARDOX 14 mt[34].

[4] WorkStar. [en línea] [citado 16 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://latin-america.internationaltrucks.com/7300_detail.html

- **MOTONIVELADORA CAT 120 K**

La motoniveladora para esta actividad cumple la función de extender el material de base granular, sobre la caja de ampliación y nivelarlo adecuadamente, con el fin de evitar desperdicios de material sobre la vía.

Figura 11. Motoniveladora CAT 120K



Fuente: El Autor

- Motor diesel Cat 3116 con turbo compresión y pos enfriamiento, con Administración de Potencia del Motor
- Marchas 4-8 104 kW 140 hp Marchas 1-3 93 kW 125 hp
- Ancho de la hoja 3.658 mm 12 pies
- Pesos en orden de trabajo (aproximados) (Equipada con sistema hidráulico de inclinación y de desplazamiento lateral, cabina ROPS de perfil alto y diferencial con traba/destraba)
- Sobre las ruedas delanteras 3.455 kg 7.618 lb
- Sobre las ruedas traseras 9.011 kg 19.865 lb
- Toda la máquina 12.466 kg 27.483 lb

- **VIBROCOMPACTADOR INGERSOLL RAMD**

El vibro compactador se encarga de compactar adecuadamente el material base granular, sobre la caja de ampliación, una vez lo haya terminado de extender la motoniveladora.

Figura 12. Vibrocompactador IngersolL Rand



Fuente: El Autor

ESPECIFICACIONES

MOTOR Cummins B3.9-C. kW (hp) 71,6 (96)
Static axle load front /rear, kg 6 000 / 4 325
Drum width, mm 2 134
Drum diameter, mm 1 500
Vibration frequency, Hz 0-30
Centrifugal forcé kN 222,4/ 111,2
Amplitude, mm 1, 70 / 0,85
Operating weight, t 10,325[5]

[5] See more at: [en línea] [citado 14 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.volvoce.com/constructionequipment/corporate/en-gb/AboutUs/history/products/compactors/Ingersoll%20Rand%20soil%20compactors/pages/Ingersoll%20Rand%20SD-100%20D%20F%20B-ser.aspx#sthash.cXNTORxM.dpuf

- **HERRAMIENTAS**

Figura 13. Metro para control de medidas



CINTA MÉTRICA
El metro o cinta métrica permite medir y controlar el espesor, con el cual se está realizando la excavación que para esta actividad es de 25 cm y controlar el ancho de 1 metro de la ampliación de la vía.

Fuente: El Autor.

Figura 14. Pala



PALA

Herramienta elaborada en lámina de acero, de forma cuadrada o redonda, que está sostenida por un mango de madera alargado y redondo. Es usada en esta actividad para limpiar y conformar la excavación.

Fuente: El Autor.

3.2.2 Materiales empleados para la ampliación del ancho de vía

- **BASE GRANULR**

La base granular está compuesta por una serie de agregados pétreos de diferentes características, la fracción gruesa debe ser producto de trituración mecánica. La exigencia usual en nuestro medio es que al menos la mitad de las partículas mayores a 4.76mm, presenten una cara fracturada mecánicamente. Otra característica es el límite líquido de la fracción, que pasa por el tamiz de o.425 mm el cual no puede ser mayor de 25, y el índice plástico máximo admisible debe ser ≤ 3%. La base granular se emplea en esta actividad para cubrir la ampliación del ancho de la vía.

Figura 15. Material de base empleado para cubrir la ampliación



Fuente: El Autor

- **AGUA**

El agua requerida para el humedecimiento previo de los agregados pétreos, estará libre de materia orgánica y de elementos químicos que dificulten el proceso.

Figura 16. Agua para humectación



Fuente: El Autor.

- **PERSONAL REQUERIDO**

- Ingeniero residente
- Topógrafo inspector
- Operador de recicladora
- Operador de volqueta tanque

- Operador de motoniveladora
- Operador de vibro compactador
- Operador de carro tanque
- Operador de retro excavadora
- 2 ayudantes para controlar tráfico
- 1 ayudantes para control de espesor

3.3 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL AMPLIACION DEL ANCHO DE VIA

1. Para iniciar esta actividad de ampliación del ancho de la vía primero que todo se debe verificar las condiciones del tramo a intervenir, es decir que el tramo este limpio y despejado, sin obstáculos como cercas árboles que no permiten la correcta operación de la maquinaria, en este caso la retro excavadora debe tener un buen espacio para girar libremente y realizar la actividad correctamente, sin ocasionar daños o accidentes.

Figura 17. Vía a intervenir



Fuente: El Autor.

2. Para continuar con esta actividad y una vez revisadas las condiciones de la vía a intervenir, se dispone de dos controladores de tráfico los cuales se encuentran separados cada 100 metros y por medio de radios se comunican entre sí para detener los vehículos, mientras la retroexcavadora realiza la ampliación del ancho de la vía.

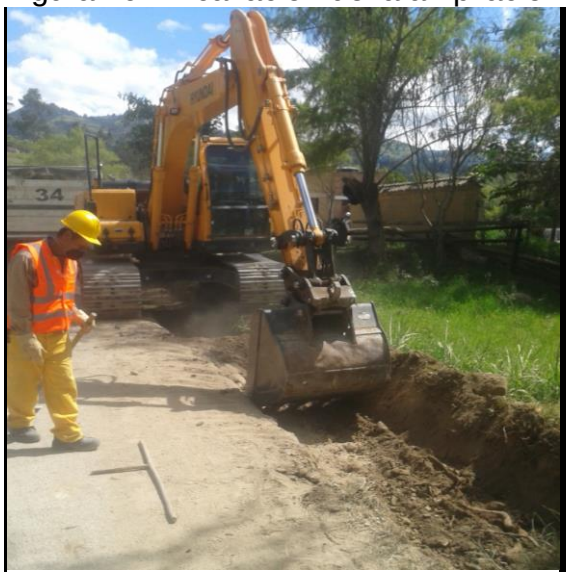
Figura 18. Controladora de tráfico



Fuente: El Autor.

3. Una vez revisadas las condiciones anteriormente mencionadas se inicia con la ejecución de la actividad, la retroexcavadora empieza con una excavación de 30 cm de espesor y un ancho promedio de 1 metro, el ayudante del operador de la máquina se encarga de controlar los espesores garantizando, e igualmente que se cumplan las medidas estipuladas por los diseños.

Figura 19 .Excavación de la ampliación



Fuente: El Autor.

Figura.20 Ampliación de la vía



Fuente: El Autor.

4. Al iniciar con la excavación la retroexcavadora debe disponer de dos volquetas para depositar el material orgánico, producto de la ampliación, esta actividad debe realizarse con mucha precaución ya que al ir avanzando la máquina, el ayudante de esta debe avisar al operador de la volqueta que retroceda, para continuar con el cargue Y evitar algún tipo de golpe o accidente; finalmente el material es depositado en un botadero o zodme por las volquetas.

Figura 20. Cargue de material producto de la ampliación



Fuente: El Autor.

5. Al terminar con la excavación del ancho de la vía finalmente se debe cubrir con base granular tipo (BG 2 INVIAS), para el proyecto se definió un espesor de 30 cm para esta base, la cual es extendida y conformada por la motoniveladora a lo largo del tramo intervenido. Es muy importante cubrir la excavación, ya que al dejarla descubierta se corre el riesgo de producir accidentes por parte de los vehículos que transitan la vía.

Figura 21.Extension de base granular sobre la ampliación



Fuente: El Autor.

6. Una vez cubierta la excavación con base granular esta debe compactarse por medio del vibro compactador y luego humectada, para así garantizar una buena densidad de la capa de base la cual debe ser la óptima del. (95 %).

Figura 22.compactacion de base granular sobre la ampliación



Fuente: El Autor.

7. CONSTRUCCION DE ALCANTARILLAS

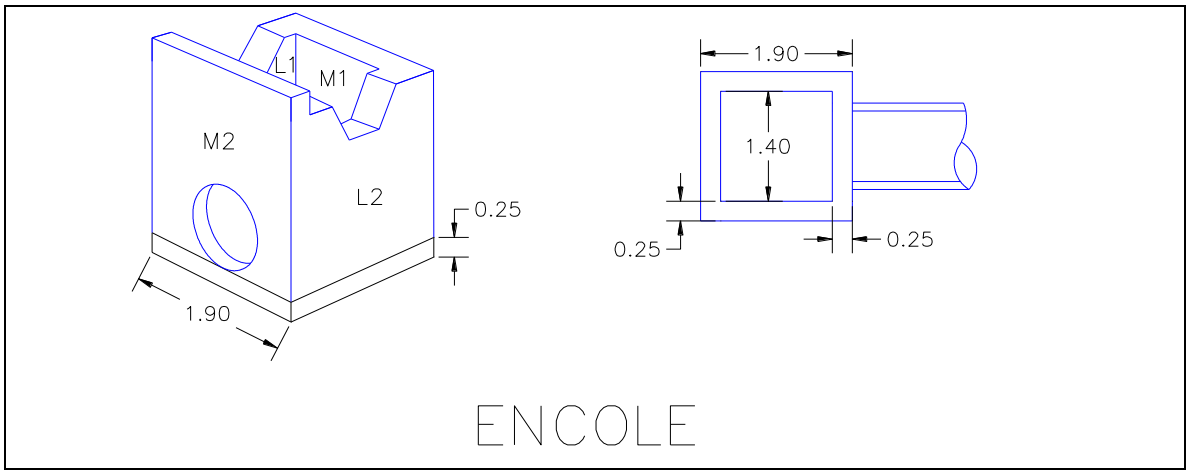
Las estructuras de drenaje tienen como objetivo controlar el agua que llega a la vía y la afectan por escurrimiento superficial, independientemente que las aguas hayan caído sobre o afuera de la vía.

Las alcantarillas son el tipo de estructura responsable del drenaje transversal; es decir, del paso del agua a través de la obra, en una dirección más o menos perpendicular a ella[6].

Las alcantarillas están compuestas por un cabezote de encole el cual cumple la función de captar el agua proveniente de las cunetas y los filtros el cabezote por lo general es una caja construida en concreto la cual se funde sobre una placa de 25 cm tiene una entrada hacia la tubería para así drenar el agua hacia el cabezote de descole.

[6] MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras, 2da edición. Agora editores Ltda., Bogotá. 2001

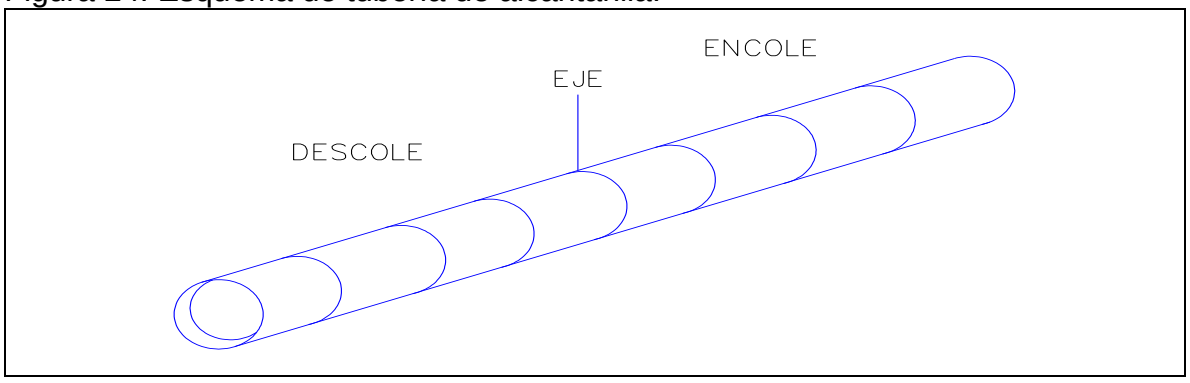
Figura 23. Esquema de caja de encole



Fuente: El Autor.

La tubería que se emplea en la construcción de este proyecto es tubería de 36 pulgadas de diámetro y de 1 metro de largo, la cual es remplazada por la tubería de 24 pulgadas existente en la vía, ya que la tubería de mayor diámetro permite un mejor drenaje en la vía, evitando así obstrucciones o taponamientos de las alcantarillas.

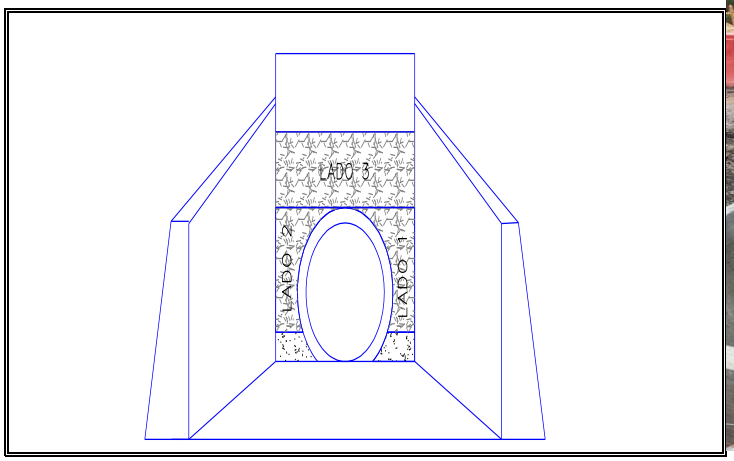
Figura 24. Esquema de tubería de alcantarilla.



Fuente: El Autor.

El descole es la última sección que compone la alcantarilla, la cual se encarga de drenar las aguas captadas por la caja de encole y trasportadas por la tubería. El encole es el cabezote construido en concreto de 300 psi, que costa de una pantalla y dos aletas las cuales cumplen la función de contener el empuje de tierra de la banca de la vía.

Figura 25. Esquema cabezote de descole



Fuente: El Autor.

Figura 26. Cabezote de descole



Fuente: El Autor.

3.5 HERRAMIENTA Y EQUIPO EMPLEADOS PARA LA CONSTRUCION DE ALCANTARILLAS

Al momento de iniciar con esta actividad se requiere la utilización de distintos equipos y herramientas los cuales describiremos a continuación

- **RETROEXCAVADORA KOBELCO SK 210**

La retro excavadora se encarga de realizar las excavaciones necesarias para la instalación de la tubería en medio de la vía, así como de las cajas de encole y descole. El material producto de la excavación es cargado en las volquetas para finalmente ser depositado en los botaderos.

Figura 27. Retroexcavadora Kobelco SK 210



Fuente: El Autor.

Tabla 2. Especificaciones retroexcavadora 210

Especificaciones	
Motor Iveco/Cummins	F4GE9684E-J6
Potencia Neta en el Volante	150 HP
Capacidad de la Cuchara	0,48 a 1,4 m^3
Peso Operacional	21.700 Kg
Fuerza Excavación (Cuchara)	14.379 Kg
Fuerza Compactación (Brazo)	11.113 Kg
Alcance (Nivel Suelo)	9,73 mts.
Profundidad de Excavación	6,70 mts.
Altura de Descarga	6,79 mts.

Fuente: Rodríguez & Londoño SA, excavadora Kobelco SK 210. [en línea] [citado 14 junio 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://2752.co.all.biz/excavadora-kobelco-sk210-g13244

- **VOLQUETA INTERNATIONAL SENCILLA**

Este equipo cuenta con una capacidad de 7 m^3 cúbicos, cuya función es el de cargar y transportar el material producto de la excavación hacia el botadero.

Figura 28. Volqueta sencilla International



Fuente: El Autor.

MODELO: DURASTAR-VOLQUETA 4300 4X2 STD A/C. MOTOR International DT466-EPA 98 (Electrónico) Potencia: 195HP@2300/2600RPM, 520 lb-ft Torque@1400RPM TRANSMISIONES Fuller FS-5406N, 6

- Dana Spicer 23082T dos velocidades, capacidad 23.000 lb. Relación 5.43/7.39.
- Suspensión trasera sencilla, capacidad 23.500. SISTEMAS DE FRENOS 100% aire, sistema doble circuito para camión. Incluye:
- Raches automáticos Meritor-Compresor de aire Bendix TU-FLO 550 - 13.2 CFM.
- Válvula de drenaje rápido Berg para tanques de aire, accionado con cadena.
- Frenos delanteros, 16.5" x 5.0"-Levas tipo "S"cámaras Haldex 20 in2 .
- Frenos traseros 16.5" x 7.0" Levas tipo "S" -cámaras de parqueo con resorte precargado Haldex GC3030LHDHO.
- Las volquetas DURASTAR-4300 4x2 std A/C, tienen instalado un volco de 7 mt3 IMHASA con un sistema integrado que permite operar la unidad de manera ágil y segura. Fuente: Navitrans International. [en línea] [citado 19 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.navitrans.com.co/Portals/0/Images/VEH%C3%8DCULOS/PDFVERSIONES/DURASTAR-VOLQUETA%204300%204X2%20STD%20AC.pdf

- **CANGURO DE COMPACTACION**

El canguro de compactación se emplea para esta actividad para compactar el material de base granular requerido para cubrir la tubería áreas pequeñas como los costados de las cajas de encole y descole.

Figura 29. Canguro de compactación



Fuente: El Autor.

ESPECIFICACIONES
Motor: mono cilíndrico de gasolina Refrigerado por aire
Tamaño de la zapata: 280 x 350
Velocidad de avance: 13 m/min
Área de compactación: 260 m2/h
Altura de salto de la zapata: 55 mm[7]

- **MEZCLADORA**

La mezcladora se emplea para realizar la mezcla de concreto introduciendo en su trompo las diferentes dosificaciones de agregados como arena, cemente y triturado y finalmente el agua.

Figura 30. Mezcladora de concreto



Especificaciones técnicas

Capacidades volumétricas

Disponible: 350 Lts

Capacidad efectiva

Rendimiento: 220 Lts

Ruedas: neumáticas ring 13

Peso aproximado: 240 Kg

Fuente: Mezcladora para concreto Diesel o acpm. [en línea] [citado 21 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.solostocks.com.co/venta-productos/mezcladora-concreto_b

- **MINICARGADOR CASE SR250**

El mini cargador es un equipo muy práctico para la construcción de alcantarillas, ya que permite mover y acopiar los materiales como arena y triturados, al lugar en donde se van a fundir las cajas de encole y descole. También se emplea para realizar los llenos con material de base granular de la tubería y alcantarillas.

[7] Cimbrados. [en línea] [citado 16 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.cimbrados.com/equipo-de-compactaci%C3%B3n.html

Figura 31. Minicargador case sr250



Fuente: El Autor.

Tabla 3.Especificaciones minicargador Case SR 250

Potencia bruta del motor	84 hp | 63 kW
Marca y modelo del motor	Case 432T / M3
Flujo total	22.5 gpm | 85 L/min
Peso operacional	8,000 lb | 3630 kg
Altura hasta el techo rops	78.8" | 2.0 m
Carga operativa nominal	2,500 lb | 1135 kg
Fuerza de desgarre del cucharón	8,585 lb | 38.2 kN
Capacidad nominal	2,500 lb | 1135 kg
Potencia neta del motor a RMP	76 hp | 57 kW
Opcional "High flow"	12.1 gpm | 46 L/min

Fuente: Case construction [en línea] [citado 16 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.casece.com/es_la/Equipment/Skid-Steer-Loaders/Pages/SR250.aspx

BALDES: Son recipientes para trasportar el agua al momento de realizar la mezcla de concreto, también se emplean para dosificar la arena y el triturado.

Figura 32. Baldes para mezcla



Fuente: El Autor.

FORMALETA: Madera aserrada (tablas de formaleta y listonería), formaleta al elemento Horizontal o vertical que dará forma a un elemento que diseñado, al cual se vaciará concreto y estará distribuido con estructura de Hierro.

Figura 33. Formaleta para encofrado



Fuente: El Autor.

LLANA DE METAL: es una herramienta usada en albañilería, formada por una superficie plana, lisa y metálica sujetada por un asa. Según la forma de la superficie plana se encuentran diversos tipos: dentada, redonda, etc.

Figura 34. Llana metálica



Fuente: El Autor.

CARRETILLA: herramienta esencial para trasportar los agregados como cemento y arena, también es empleada para dosificarlo.

Figura 35. Carretilla para transporte de material



Fuente: El Autor.

VIBRADOR DE CONCRETO: Equipo de trabajo que mediante su vibración, se utiliza para homogeneizar el hormigón vertido y realizar estructuras en hormigón.

Figura 36.Vibrador de concreto



Fuente: El Autor.

3.4.1 Materiales empleados para la construcción de Alcantarillas

- **ARENA DE PEÑA**

La arena es el principal agregado que se emplea para la fundición de las alcantarillas en este caso se emplea arena de origen de peña, la cual cumple con ciertos requisitos para granizar una buena resistencia de los concretos. No puede estar alterada con material orgánico como barro, hojas o pasto, se debe zarandear o limpiar, en caso que esta se encuentre contaminada debe protegerse de la lluvia con plásticos para evitar excesos de humedad.

Figura 37. Arena de peña



Gradación: 90% tamaños < 10mm

Índice de Plasticidad:< 6%

Equivalente de arena: 15 – 20 %

Fuente: El Autor.

- **TRITURADO DE 3/4**

Agregado grueso que consiste de material triturado extraído de rocas calizas cuyo tamaño máximo es de 19mm (3/4”). Este triturado conforma el esqueleto granular de la mezcla del concreto, para la fundición de alcantarillas y representa el 80 al 90 % del peso del concreto.

Figura 38. Triturado de ¾



Fuente: El Autor.

- **CEMENTO**

El cemento es el ingrediente principal del concreto y la sustancia que le da su propiedad adhesiva. Es un polvo fino gris resultado de un proceso de transformación de calizas y arcillas, sometidas a altas temperaturas. Se mezcla con los agregados anteriormente descritos como arena y triturado, para conformar el concreto el cual para alcantarillas debe cumplir una resistencia de 300psi.

Figura 39. Cemento.



Fuente: El Autor.

- Incremento de la resistencia final, aun después de los 28 días.
- Alta resistencia a todas las edades.
- Color más claro que el de otros cementos de su tipo.
- Da mejores tiempos de fraguado que permiten un manejo adecuado (transporte, colocación, compactación y afinado), sin que se presente pérdida de movilidad prematura.

- **BASE GRANULAR**

La sub base en la construcción de alcantarillas se emplea para cubrir la tubería la cual se compacta por medio del canguro en capas de 20 cm 30 cm, hasta llegar a nivel de la rasante de la vía. Además, se utiliza para realizar los llenos de las alcantarillas de encole y descole.

Figura 40. Base para rellenó de alcantarilla



Fuente: El Autor.

- **TUBERIA EMPLEADAS PARA LA CONSTRUCION DE ALCANTARILLAS EN VIAS SECUNDARIAS.**

La tubería de 36 pulgadas es instalada en medio de la vía, la cual cumple la función de trasportar el agua y los sedimentos captados por la caja de encole, para finalmente llevarlos al descole. Esta tubería tiene una longitud de 1m de largo x 90 cm de altura.

Figura 41. Tubería de 36"



Fuente: El Autor.

- **PERSONAL REQUERIDO**

- Ingeniero residente
- Topógrafo inspector
- Ingeniero residente calidad
- laboratorista
- Operador de volqueta sencilla
- Operador de minicargador
- Operador de retro excavadora
- 2 ayudantes para controlar tráfico
- Maestro de obra
- 4 ayudantes para construcción de alcantarillas

3.5 DESCRIPCIÓN DETALLADA PARA LA CONSTRUCION DE ALCANTARILLAS

Para iniciar con la construcción de alcantarillas primero que todo se debe realizar un recorrido por el tramo a intervenir, con el fin de identificar las alcantarillas existentes de 24 pulgadas que requieren ser demolidas ampliadas y remplazadas, con una tubería de mayor diámetro en este caso de 36 pulgadas, debido a que la tubería de 36 pulgadas, presta un mejor servicio en cuanto a drenaje y fácil mantenimiento, ya que una persona puede entrar en la tubería y limpiarla cuando se requiera el mantenimiento.

Figura 42. Alcantarilla obstruida por vegetación



Fuente: El Autor.

Una vez realizado el recorrido y la identificación de puntos en la vía, donde se requiere la construcción de nuevas alcantarillas para mejorar el drenaje de la carretera, se inicia con el movimiento de la retro excavadora para realizar las excavaciones de caja de encole y escavar en el centro de la vía, para fundir el solado y posteriormente colocar los primeros cinco tubos de la nueva alcantarilla.

Figura.43 Excavación de alcantarilla



Fuente: El Autor.

Para realizar esta actividad se necesita de dos controladores de tráfico, la función de ellos es la detención de los vehículos que transitan la vía, mientras la retroexcavadora realiza el trabajo. El maestro de obra guía al operador de la máquina, para realizar las excavaciones respetando las medidas correspondiente a los diseños ya establecidos, las cuales son 2 mts de altura entre la rasante de la vía y el solado de la tubería, por 1.70 mts de ancho por 10mts de largo, para la instalación de la tubería.

Figura 44. Cargue de material producto de la excavación



Fuente: El Autor.

Una vez realizada la excavación el material proveniente de esta es cargado por la máquina y depositado sobre una volqueta, para que luego ésta lo trasporte y lo descargue en un botadero autorizado o zodme.

Figura 45. Descargue de material excavado en el botadero.



Fuente: El Autor.

Al terminar con la excavación se inicia el procedimiento de nivelación, conformar el terreno de forma manual para esto el ayudante de obra emplea una pala en la ejecución de la labor. En el sitio donde se va a fundir el solado, lugar dispuesto para apoyar la primera sección de la tubería, el maestro le da un desnivel del 2% de pendiente para el drenaje del agua, en la ejecución de la acción, coloca un hilo ya que con ello se conoce el desnivel.

Figura 46. Nivelación de solado para tubería.



Fuente: El Autor.

Luego de alistar el terreno el maestro de obra en compañía de sus ayudantes inicia la preparación del concreto, en este caso es un concreto pobre de 2000 psi para la fundición del solado de tubería.

Figura 47. Mezclado de concreto para solado de tubería



Fuente: El Autor.

Al terminar de preparar la mezcla por medio de carretillas los ayudantes del maestro de obra, cargan el concreto proveniente del trompo o mezcladora para depositarlo en la fundición del solado.

Figura 48. Transporte de mezcla para fundición de solado



Fuente: El Autor.

Mediante la utilización de una llana metálica se le da el acabado al solado el cual cumple con un espesor de 10 cm, el tiempo de fraguado o secado es de 24 horas para garantizar su resistencia. La vía debe quedar muy bien señalizada para evitar que vehículos y transeúntes caigan sobre la excavación.

Figura.49 fundida de solado tubería



Fuente: El Autor.

Figura 50. Señalización de excavación



Fuente: El Autor.

Al esperar el tiempo adecuado de fraguado, el concreto desolado se inicia con el cargue de tubería de 36 pulgadas proveniente de la fábrica de tubos, la cual se encuentra en un punto central al tramo a intervenir.

Figura 51. Fabrica de tubos



Fuente: El Autor.

Una vez llegada la tubería al punto de construcción de la alcantarilla, se procede a descargarla por medio de una retroexcavadora sobre el solado. El maestro o el ayudante de obra, debe coordinar muy bien con el operador del equipo el momento en que se manipula la tubería para su instalación, ya que un mal movimiento puede ocasionar un accidente o lesiones a la cuadrilla que trabaja.

Figura 52. Descargue de tubería para alcantarilla.



Fuente: El Autor.

Al dejar la tubería perfectamente alineada y acoplada sobre el solado, se inicia la emboquillada o revestimiento en las uniones de entre cada sección de tubos, esto con el fin de evitar filtraciones en el interior de la tubería. Luego empleando concreto se inicia con el lleno de la tubería con material filtrante o base granular, la cual es compactada en capas de 20cm, utilizando un canguro de compactación manipulado por un ayudante experto.

Figura 53. Compactación de tubería con base granular.



Fuente: El Autor.

Una vez tapada completamente la tubería con material filtrante a nivel de la vía, se procede a habilitar la media calzada del tramo cerrada durante la ejecución del trabajo, para luego cerrar la otra media calzada y realizar de nuevo el procedimiento mencionado anteriormente.

Figura 54. Terminación de compactación de media calzada de la vía.



Fuente: El Autor.

Al terminar de instalar la tubería se inicia con la construcción de la caja de encole, la cual se encarga de captar las aguas provenientes de las cunetas gracias a su diseño en V, permitiendo empalmarse con las cunetas. El procedimiento inicia primero que todo con la fundición de la placa en concreto de 1.00 mts largo x 16.0 mts de ancho x 0.20 cm de espesor, según las especificaciones del diseño. El concreto para la placa es de 2000psi.

Figura 55. Placa de caja de encole



Fuente: El Autor.

Luego de esperar el tiempo de fraguado de la placa, el maestro de obra encargado inicia el armado de la formaleta en la cual se va a fundir el concretó para la caja de encole. Este armado se realiza con formaleta de madera la cual debe quedar muy bien aplomada y amarrada, con el fin de garantizar un perfecto acabado para la estructura.

Figura 56. Formaleta para caja de encole



Fuente: El Autor.

Una vez armada la formaleta se inicia con el mezclado del concreto para la fundición del encole. Esta labor es supervisada por el ingeniero residente de calidad y por su laboratorista, quienes se encargan de tomar muestras de concreto para la elaboración de cilindros, los cuales serán fallados a los 28 días con el fin de chequear su resistencia, éste debe ser de 3000 psi. Igualmente se elaboran ensayos de campo de asentamiento del concreto y se revisa la calidad de los agregados; la arena en este caso por ser de peña debe zarandearse para eliminar su material grueso, el cual perjudica la mezcla bajando su resistencia.

Figura 57. Inspección a la obra



Fuente: El Autor.

Figura 58. Prueba de asentamiento



Fuente: El Autor.

Figura 59. Control de calidad a agregados



Fuente: El Autor.

Figura 60. Toma de muestras



Fuente: El Autor.

Luego de revisar los agregados se inicia el vaciado del concreto sobre la formaleta, respecto de esta labor el maestro de obra emplea un vibrador de concreto, el cual permite que la mezcla se asiente y se acomoden sus agregados,

con el fin de evitar el hormigoneo en la estructura, porque de lo contrario perjudica su textura la cual debe ser lisa.

Figura 61. Vaciado de concreto



Fuente: El Autor.

Figura 62. Vibrado del concreto.



Fuente: El Autor.

Al terminar el vaciado del concreto y para poder desencofrar la estructura y retirar las formaletas, se debe esperar un tiempo prudencial de 24 horas, esto con el fin de que el concreto fragüe adecuadamente. La caja de encole una vez terminada es necesario realizarle perforación en ambas caras laterales, para la entrada de la tubería proveniente del filtro.

Figura 63. Terminado de caja de encole



Fuente: El Autor.

Finalmente una vez desencofrada la caja de encole se procede a realizar el lleno, con base granular empleando el mini cargador para cargar y depositar el material alrededor de su estructura.

Figura 64. Lleno con material de base caja de encole



Fuente: El Autor.

Para la construcción del descole el procedimiento constructivo es el mismo descrito anteriormente para la construcción del encoles, con la diferencia que la alcantarilla del descole posee unas aletas dependiendo de las condiciones del terreno y diseño.

Figura 65. Terminación de cabezote de descole



Fuente: El Autor.

4. CONSTRUCIÓN DE SUB DRENAJES O FILTROS

La construcción de filtros es de vital importancia para el diseño de la vía ya que impide que el agua penetre su estructura, compuesta por sub base granular, base granular y carpeta asfáltica. El filtro está construido en el lado derecho de la vía, permitiéndole así captar el agua proveniente de la escorrentía de las laderas y taludes, la cual se infiltra por medio del geo textil y del material granular, luego es trasportada por la manguera que tiene pequeños orificios, para captar el agua, finalmente es depositada en las alcantarillas de encole.

4.1 HERRAMIENTA Y EQUIPO EMPLEADOS PARA LA CONSTRUCIÓN DE FILTROS

Para la construcción de filtros se emplean distintas herramientas y equipos, los cuales hacen posible su ejecución, por tanto serán descritos a continuación.

- **RETRO CARGADOR NEW HOLLAND B115**

El retro cargador o pajarita como es conocido comúnmente en obra. Para la construcción de filtros se encarga de realizar la excavación, en la cual se va a construir el filtro, igualmente de cargar el material producto de esta.

Figura 66. Retro cargador new holland B115



Fuente: El Autor.

Potencia Bruta :(SAE J1995): 110 hp (82 kW)
Peso operacional: 8.296 kg (18.289 lb)
Capacidad de cuchara retroexcavadora: 0,21 m3 (7,5 ft3)

Capacidad colmada SAE cargador: 1,15 m3 (1,5 yd3)[8]:

Para realizar las labores de transporte de material de excavación, se emplea la volqueta international doble troque de capacidad de 15 m^3, igualmente empleada en el proceso constructivo de ampliación de vía mencionado anteriormente en este documento. Así como el requerimiento de la motoniveladora cat 120 h, para que realice la labor de extensión de material de base granular sobre el filtro y finalmente, el vibro compactador ingersoll ram para la compactación de la base una vez extendida y nivelada por la motoniveladora, sus características y funciones fueron descritas en el proceso de ampliación de vía.

HERRAMIENTAS

- **PICA**

Es una herramienta con un mazo en madera de 50 cm a 60 cm., la cual posee una punta metálica que permite escavar y limpiar el material reciclado, para luego ser medido y controlado.

Figura 67. Pica



Fuente: El Autor.

- **AGUJA**

La aguja es necesaria para cocer el geotextil una vez llenado el filtro con material pétreo de 3 pulgadas de diámetro. La persona encargada de cocer el filtro debe tener buena experiencia, para garantizar una costura y así evitar que se descosa el geotextil.

[8] Newholland construction [en línea] [citado 2 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://construction.newholland.com/lar/es/Gallery/Documents/Retroexcavadoras/B95B.pdf

4.1.1. Materiales empleados para la construcción de filtros

- **GEOTEXTIL NT 2000**

El Geotextil tipo NT 2000 es un Geotextil No Tejido por punzonamiento de agujas de 100% fibra sintética discontinua de polipropileno, que se forman en una red aleatoria de estabilidad dimensional. El Tipo No tejido NT - 1600 resiste la degradación ultravioleta, podredumbre, degradación biológica, elementos ácidos o básicos encontrados de manera natural. Polipropileno es estable dentro de un rango de pH de 2 a 13[9].

Figura 68. Geotextil nt 200 para construcción de filtro



Fuente: El Autor.

- **AGREGADO TRITURADO DE 3 PULGADAS**

El Agregado grueso deberá ser grava, piedra triturada o partida, de grano compuesto y de calidad dura. Debe ser limpio, libre de polvo, materia orgánica, greda u otras sustancias perjudiciales y no contendrá piedra desintegrada, mica o cal libre, estará bien graduada desde ¼" hasta el tamaño máximo de 3".

[9] Geo soluciones [en línea] [citado 2 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.geomembranas.com.co/wp-content/uploads/2012/06/Geotextil-NT-20001.pdf

Tabla 4. Granulometría de un filtro grueso dinámico

Posición en la Unidad	Espesor de la Capa (m)	Tamaño de Grava (mm)
Superior	0.20	3.0 - 6.0
Intermedio	0.20	6.0 - 13.0
Inferior, Fondo	0.20	13 - 25.0

Fuentehttp://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/030_Construcci%C3%B3n_tratamiento_Filtraci%C3%B3n_ME/Construcci%C3%B3n_tratamiento_Filtraci%C3%B3n_ME.pdf

Figura 69. Triturado de 3"



Fuente: El Autor.

- **MANGUERA TUBERÍA PERFORADA PARA DRENAJES**

La tubería para drenaje Pavco en muy liviano, fácil de transportar e instalar. Un rollo de 150 metros puede ser cargado por una persona sin esfuerzo alguno. Esta tubería extruida con la mejor resina de PVC, es prácticamente irrompible, resistente a la corrosión y a los agroquímicos. Tolera cualquier grado de acidez del suelo y es inmune a los agentes bioquímicos. No existe hoy en día un sistema más eficiente y confiable que el sistema de drenaje con tubería corrugada Pavco.

Fuente http://www.pavco.com.co/2/infraestructura/4-19-191/i/191#sthash.4LJyPoVZ.dpuf

Figura 70. Manguera para filtro



Fuente: El Autor

Figura 71. Cuerda



LA CUERDA

La cuerda debe ser de un material resistente como nailon el cual evita que la cuerda se rompa al momento de ser cocida en el geotextil.

Fuente: Armería. [en línea] [citado 29 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.armaslajungla.com/catalog/allprods.php?fl=C&page=51&osCsid=883898e1300f9a7b5bc23fb336bd707f

- **PERSONAL REQUERIDO**

- Ingeniero residente
- Topógrafo inspector
- Operador de retro cargador
- Operador de volqueta
- Operador de motoniveladora
- Operador de vibro compactador
- Operador de carro tanque
- Maestro de obra
- 2 ayudantes para controlar tráfico
- 2 ayudantes para construcción de filtro

4.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA PARA LA CONSTRUCION DE FILTROS

Para iniciar con la construcción de filtros, primero que todo se debe revisar el diseño y las dimensiones del filtro a construir. Para este tramo a intervenir se definió que el filtro debería cumplir las siguientes medidas, 90 cm de profundidad o altura x 70 cm de ancho, para luego ser cubierto por un espesor de 20 cm de base granular, debidamente compactada.

Figura 72. Construcción de filtro



Fuente: El Autor

Una vez revisadas las dimensiones del filtro el constructor se encarga de llevar y acopiar los materiales al sitio de trabajo, igualmente de ubicar dos personas encargadas de controlar el tráfico separados, a una distancia de 300 metros mientras se realiza la actividad.

Figura 73. Controladores de tráfico.



Fuente: El Autor

Luego de ubicar los materiales y la maquinaria en el lugar de trabajo, el retro cargador o pajarita inicia con la excavación en la cual se va a extender el geotextetil. Esta excavación es controlada por un ayudante, quien es él encarga de verificar que las medidas de la excavación sean las mismas que se han escrito en el diseño, además avisarle al operador del equipo en caso de que se esté sobre excavando.

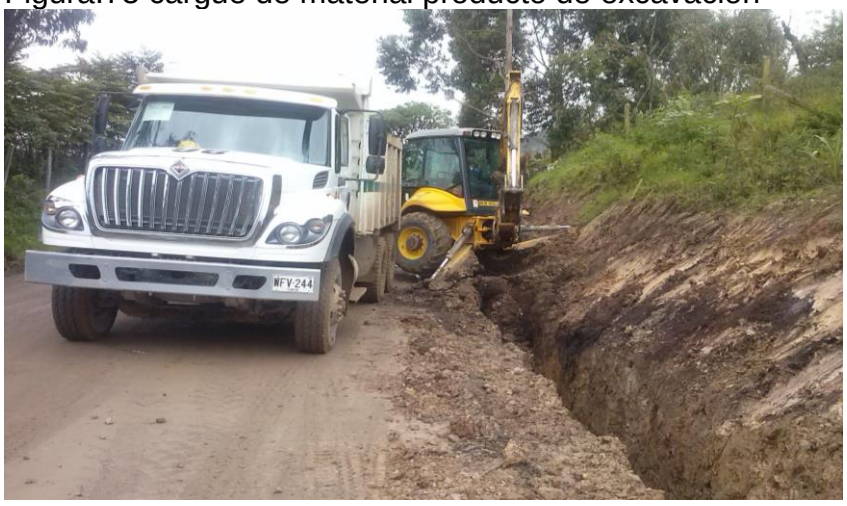
Figura 74. Excavación de filtro



Fuente: El Autor

El material producto de la excavación es cargado por el equipo sobre una volqueta, cuyo conductor se encargada de trasportarlo y deposita en un botadero o zodme cercano, el cual se debe encontrar a una distancia no mayor de 5 km por razones de costo de transporte. Se dispone de dos o tres volquetas para cargar el material, ya que mientras una va al botadero otra se encuentra cargando esto con el fin de agilizar y no tener el retro cargador parado.

Figura.75 cargue de material producto de excavación



Fuente: El Autor

Al realizar unos 80 mts a 100 mts de excavación el maestro de obra en compañía de sus dos ayudantes, inician con la extensión y colocación del geo textil sobre la excavación. Para tensionar el geo textil sobre la excavación, los ayudantes emplean trozos de varillas de 3/8 de 20 cm de largo, la cual es clavada mediante el uso de una maseta en los extremos del geo textil.

Figura 76. Instalación de geo textil



Fuente: El Autor

Figura 77. Fijación de geotextil



Fuente: El Autor

Luego de terminar de extender y colocar el geo textil sobre la excavación se procede al llenado del filtro con material filtrante, en este caso piedra de filtro de 3 pulgadas de diámetro, material que llega a la obra en una volqueta que se descargar sobre el cucharon del retro cargador o pajarita. Esto con el fin de evitar que el material filtrante caiga en el la vía y corra el riesgo de contaminarse con barro ya que la suciedad de la piedra en un futura puede ocasionar el taponamiento del filtro.

Figura 78. Descargue de piedra filtro



Fuente: El Autor

El descargue del material filtrante sobre el cucharon del retro cargador, es controlado por un ayudante encargado de avisarle al operador de la volqueta, cuando debe subir o bajar el volcó del equipo. Una vez cargado el material filtrante, el operador del retro cargador inicia con llenado del filtro el cual inicialmente se llena solo una capa de 20 cm y sobre ella se extiende la manguera del filtro, para luego ser tapada completamente.

Figura 79. Instalación de manguera sobre el filtro.



Fuente: El Autor

Una vez colocada la manguera sobre la capa de 20 cm de material filtrante, se continúa con el lleno del filtro que a su vez es controlado por dos ayudantes, y mediante picas van acomodando y distribuyendo la piedra de forma homogénea sobre el filtro, esto con el fin de darle un buen acabado al filtro .

Figura 80. Conformación de piedra filtro



Fuente: El Autor

Figura 81. Lleno de filtro



Fuente: El Autor

Al terminar de llenar completamente el filtro se inicia el retiro de los trozos de varilla de 3/8 que tensionaban el filtro, luego se procede a recubrir y cocer sus dos extremos empleando una aguja y una cuerda. Los ayudantes como se ha venido diciendo, deben tener una muy buena práctica para realizar esta actividad, ya que del buen amare y cocido del filtro depende su vida útil. También es importante tener precaución de no romper el geo textil mientras lo están pisando.

Figura 82. Terminación de lleno del filtro



Fuente: El Autor

Figura 83. Cociendo el geotextil



Fuente: El Autor

Finalmente, luego de cocer el filtro se inicia con la cobertura de el mediante la extensión y compactación de base granular. Esta actividad es realizada por la motoniveladora la cual se encarga de extender el material sobre el filtro y por último el vibro compactador compacta y sella la base granular.

Figura 84. Extensión de base sobre filtro



Fuente: El Autor

Figura 85. Compactación de base



Fuente: El Autor

5. PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA LA IMPRIMACIÓN DE EMULSION ASFALTICA

La imprimación es un proceso que se realiza empleando emulsión asfáltica que es aplicada mediante riego sobre la capa de base granular, de la estructura de la vía. Esta emulsión es empleada con el fin de obtener una buena adherencia entre la capa de base granular y el asfalto.

El uso de emulsiones modificadas, en especial en combinación con agregados de muy alta calidad, amplía el campo de aplicación de los tratamientos, por cuanto proporciona:

- Buena adhesión activa, con mejora de la viscosidad, que se traduce en una apertura al tránsito más rápida.
- Excelente adhesión pasiva en cualquier tipo de clima.

5.1. HERRAMIENTA Y EQUIPO EMPLEADOS PARA LA IMPRIMACIÓN

Para una buena aplicación de la emulsión asfáltica sobre la capa de base granular, se requiere disponer y contar de las herramientas y equipos descritos a continuación.

- **CARRO IRRIGADOR**

El carro irrigador es el encargado de transportar la emulsión asfáltica a la obra y por medio de una motobomba de 5 caballos, conectada a una manguera, regarla sobre la vía. Cuenta con un tanque de una capacidad de 200 galones de emulsión, también con un calentador o caldera que permite calentar la emulsión a la temperatura ideal para ser aplicada.

Figura 86. Carro irrigador de emulsión



Fuente: El Autor

- **COLOMBINAS PARA SEÑALIZACION VIAL**

Las colombinas son utilizadas en la señalización vial, cuyo empleo en esta actividad se encargan de dar aviso, evitando que los vehículos entren al carril en el cual se está aplicando la emulsión.

Figura 87. Colombinas de señalización vial.



Fuente: El Autor

- **COMPRESOR SULLAIR 185 H**

Este compresor es muy importante para esta actividad, ya que permite limpiar la vía de forma rápida, gracias a la expulsión del aire a presión hace que se retira de la vía todo el polvo y material suelto.

Figura 88. Compresor Sullair 185 H



Fuente: El Autor

Especificaciones

- Marca Sullair
- 185 CFM
- Hecho en Estados Unidos
- Motor Caterpillar 60 HP / 2800 RPM
- Rango de presión 80 – 125 psi
- Rotatorio de tornillo de una etapa en aceite (5.9 m / min)
- Volumen de recipiente de aire de 48 litros.
- 2 salidas de aire de 19mm (3/4 de pulgada).
- Tamaño de los neumáticos ST 175 / 80D 13
- Peso completo de 2130 libras.
- Capacidad del tanque de combustible 20 Gls.
- Consumo por hora de combustible 2.5 Gls[10].

- **ESCOBA**

Permite limpiar la vía de forma manual, retirando las partículas que el compresor no logro remover.

Figura 89. Escoba de limpieza



Fuente: El Autor

[10] Multiequipos, compresor sullair de 185 CFM. [en línea] [citado 12 septiembre. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://multiequipos.net/catalogo/aire-comprimido-y-herramientas-neumaticas/compresor-para-aire-comprimido-marca-sullair-de-185-cfm

5.1.1. Materiales empleados para la imprimación

- **EMULSION ASFALTICA**

La emulsión es un compuesto bituminoso de aplicación en frío, color negro - café, elaborado con materias primas de calidad controlada y utilizada para la impermeabilización de elementos, donde se necesite una barrera que actúe contra el agua y la humedad.

Figura 90. Emulsión asfáltica



INFORMACION TECNICA

Apariencia: Líquido viscoso

Color: Negro – café

Densidad: 1.06 kg/l +/- 0.02 kg/l

Secado al tacto: 30 - 45 minutos a 20°C

Fuente: Emulsión asfáltica. [en línea] [citado 2 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.toxement.com.co/pdfs/Emulsion_Asfaltica.pdf
Fuente: El Autor

- **ARENA**

La arena es aplicada sobre la emulsión en el caso de que el asfalto no vaya a ser aplicado rápidamente, cuyo propósito es el de evitar que al transitar los vehículos sobre ella, estos la levanten.

Figura 91. Arena para protección de emulsión



Fuente: El Autor

- **PERSONAL REQUERIDO**

- Ingeniero residente
- Topógrafo inspector
- Operador de compresor
- Operador de carro irrigador
- 2 ayudantes para controlar tráfico
- 2 ayudantes para carro irrigador

5.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA PARA LA IMPRIMACIÓN

La imprimación es una actividad vital durante la construcción de la estructura de la vía, ya que esta permite la adherencia entre la base granular y la capa de rodadura o mezcla asfáltica. Para su correcta aplicación, se realiza el siguiente procedimiento. Una vez entregada la capa de base granular por el contratista y aprobada por la interventoría de la obra, en la que se chequean las densidades de la capa, éstas deben ser del 95 %.

Figura 92. Toma de densidades a la capa de base granular



Fuente: El Autor

Para iniciar esta actividad se debe preparar y transportar los equipos necesarios en la ejecución al tramo a intervenir, en este caso el carro irrigador, el compresor los conos o colombinas de señalización, deben estar en perfectas condiciones operativas.

Figura 93. Instalación de colombinas



Fuente: El Autor

Figura 94. Carro irrigador



Fuente: El Autor

Una vez dispuestos el personal y el equipo en la obra, se inicia con el cierre del tramo a intervenir empleando dos personas encargadas de controlar el tráfico, ellos deben estar comunicados constantemente por medio de radios. Por lo general se impriman 500 metros lineales a 1000 metros dependiendo de la longitud de base granular lista para pavimentar.

Figura 95. Controlador de tráfico vial



Fuente: El Autor

Luego de cerrar el tramo a imprimar por tiempos de 15 minutos, se procede a colocar las colombinas de señalización vial en medio de la calzada, con el fin evitar que los vehículos pasen al carril en el cual se está trabajando.

Figura 96. Alineación de señalización vial en medio de la calzada.



Fuente: El Autor

Al terminar de colocar la correspondiente señalización vial en medio de la calzada, se procede a preparar el compresor el cual debe ser enganchado a el carro irrigador, para realizar una pasada limpiando el tramo y por medio del aire, removiendo las partículas gruesas que hay sobre la vía como hojas, palos, piedras sueltas las cuales no pueden ser irrigadas .

Figura 97. Enganche de compresor.



Fuente: El Autor

Figura 98. Soplado de vía.



Fuente: El Autor

El operador del compresor debe ser una persona con experiencia en el manejo de este equipo, ya que si sopla mucho en un solo lugar, el aire emitido por el compresor remueve el material fino de la base granular ocasionando huecos en el tramo. También debe usar todos sus implementos de protección como guantes, tapa oídos y casco. Un ayudante va barriendo con una escoba adelante de la vía removiendo el material grueso el cual no es removido por el aire de compresor.

Figura 99. Limpieza de vía.



Fuente: El Autor

Figura 100. Limpieza de rocas.



Fuente: El Autor

Una vez limpiada y barrida la vía se inicia con la irrigación de la emulsión asfáltica, la que previamente se ha calentada a una temperatura de 100 grados para su correcta penetración y adherencia sobre la capa de base granular.

Figura 101. Calentamiento de emulsión.



Fuente: El Autor

Figura 102. Temperatura de emulsión.



Fuente: El Autor

La imprimación es realizada en este caso por el mismo operador del compresor, el cual termina su pasada limpiando la vía y se regresa por el mismo tramo irrigando la emulsión. La irrigación es aplicada de izquierda a derecha y debe cubrirse cada rincón y espacio de la calzada de forma homogénea si dejar apozamientos o charcos de emulsión en la vía. Un ayudante se sitúa al lado del tanque irrigador y se encarga de extender o recoger la manguera a medida en que se avanza la imprimación en el tramo, igualmente de abrir o cerrar la llave que permite el paso de la emulsión.

Figura 103. Imprimación de calzada.



Fuente: El Autor

Figura 104. Extensión de manguera



Fuente: El Autor

Durante el proceso de imprimación un ayudante se encarga de retirar las colombinas de señalización, mientras se realiza la pasada irrigando, con el fin de no mancharlas con la emulsión y una vez realizada o terminada la irrigación en el tramo, nuevamente las ubica en el centro de la vía.

Figura 105. Retiramiento de colombinas de señalización vial



Fuente: El Autor

Finalmente una vez terminada la imprimación en el tramo intervenido, este se cierra por un tiempo de 24 horas cuando la emulsión es de rompimiento lento según la norma invías, pero si se emplea una emulsión de rompimiento rápido la cual se seca y se adhiere rápidamente a la capa de base granular, se puede dar apertura al tránsito en 1 hora o aplicar el asfalto una vez se haya secado.

Figura 106. Secado de emulsión en calzada.



Fuente: El Autor

6. PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA LA EXTENSIÓN Y COMPACTACIÓN DE MEZCLA ASFALTICA

El proceso de construcción para la extensión y compactación de mezclas asfáltica es el último para para la construcción de la estructura de la vía; a continuación se explicará la descripción y funciones de los pavimentos en las carreteras.

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de la vía, obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente a los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le trasmiten, durante el período para la cual fue diseñada la estructura del pavimento.

6.1 CARACTERISTICAS QUE DEBE REUNIR UN PAVIMENTO

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de interperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Debe presentar una regularidad superficial, tanto trasversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y la velocidad de circulación.
- Debe ser durable.
- Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.
- El ruido de rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior, que influye en el entorno, debe ser adecuadamente moderado.
- Debe ser económico.

- Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

En nuestros medios los pavimentos se clasifican en: pavimentos flexibles, pavimentos semi – rígidos o semi– flexibles, pavimentos rígidos y finalmente pavimentos articulados; en este caso se hablará de los pavimentos flexibles aplicable para este proyecto.

PAVIMENTOS FLEXIBLES

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub base. No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.

Funciones de las capas de un pavimento flexible

La sub base granular

Función económica. Una de las principales funciones de esta capa es netamente económica, en efecto el espesor total que se requiere para que el nivel de esfuerzos en la sub rasante sea igual o menor que su propia resistencia, puede ser construido con materiales de alta calidad, sin embargo, es preferible distribuir las capas más calificadas en la parte superior y colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad cual es frecuentemente la más barata .esta solución traer consigo un aumento en el espesor total del pavimento y no obstante ,resulta más económica.

- **Capa de transición.** la sub base bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la sub rasante y por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la sub rasante la contaminen menoscabando su calidad.

- **Disminución de las deformaciones.** Algunos cambios volumétricos de la capa sub rasante , generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones), o a cambios extremos de temperatura (heladas), pueden adsorberse con la capa de sub base , impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.

- **Resistencia.** La sub base debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidos a un nivel adecuado a la sub rasante.

- **Drenaje.** En muchos casos la sub rasante debe drenar el agua, que se introduzca a través de la carpeta o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar.

La base granular

- **Resistencia.** La función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que trasmita a la sub base y a la sub rasante los esfuerzos producidos por el tránsito a una intensidad adecuada.

- **Función económica.** Respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la que tiene la sub base respecto a la base.

Carpeta

- **Superficie de rodamiento.** La carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito.

- **Impermeabilidad.** Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.

- **Resistencia.** Su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento.

6.2. HERRAMIENTA Y EQUIPO EMPLEADOS PARA LA EXTENSIÓN Y COMPACTACIÓN DE MEZCLA ASFALTICA

- **CARRETILLA**

La carretilla para la extensión y compactación de asfalto se emplea para cargar y depositar la mezcla asfáltica sobrante y llevarla a los espacios en donde se requiera nivelar la vía con asfalto. Debe ser mojada con acpm para evitar que el asfalto se adhiera o se pegue en su interior.

Figura 107. Carretilla



Fuente: El Autor

- **RASTRILLOS Y PALAS CUADRADAS**

Los rastrillos son necesarios para nivelar y conformar el asfalto durante el proceso de extensión en la vía. Las palas cuadradas se requieren para cargar y depositar el asfalto sobrante sobre la carretilla.

Figura 108. Rastrillos y palas para asfalto.



Fuente: El Autor

- **ACPM**

El acpm es un combustible que se utiliza para humedecer las palas, rastrillos, carretillas y otros elementos que están en contacto con el asfalto, mientras durante su extensión y compactación, ya que gracias a sus propiedades físicas evita la adherencia de la mezcla asfáltica con los elementos metálicos.

Figura 109. Suministro de ACPM



Fuente: El Autor

- **TERMINADORA DE ASFALTO VOGELE 1300–3**

La terminadora de asfalto cumple la función de extender la mezcla asfáltica una vez la volqueta la descarga en el interior de su tolva, la cual tiene una grilla o banda trasportadora que conduce el asfalto a la plancha, ésta cumple la función de extender y nivelar la mezcla sobre la vía. Además gradúa la altura del espesor de asfalto según las especificaciones del proyecto.

Súper 1300-2	
Ancho de extendido máximo	0.75 - 5.0 m
Producción máx.	350 tn/h
Velocidad de extendido	0 - 30 m/min
Potencia de motor	100 Hp[11]

[11] Vezla [en línea] [citado 30 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://vezla.net/wirtgen-group/vogele/#top

Figura 110. Terminadora de asfalto vógele súper 1300



Fuente: El Autor

- **VIBROCOMPACTADOR CATERPILLAR CB-434D**

Rodillos compactadores de doble tambor desde 7,5 ton hasta 13 ton, con dirección articulada. Estos rodillos son usados en aplicaciones de alta producción como carreteras. Las pesas excéntricas encapsuladas, con una mayor cantidad de selecciones de amplitud, proporcionan un rendimiento de compactación máximo con la mínima necesidad de servicio.

La gran fuerza dinámica ayuda a proporcionar densidad en la menor cantidad de pasadas. Él sistema vibratorio de doble amplitud/doble frecuencia proporciona capacidad para trabajar en alta frecuencia en aplicaciones de capas delgadas.

Figura 111. Vibrocompactador CB-434D



Especificaciones

Potencia (hp): 84
Peso de operación (kg): 7500
Ancho de operación (mm): 1500

Fuente: El Autor

- **VIBROCOMPACTADOR NEUMATICO CATERPILLAR PS-150B**

Compactador PS-150C ofrece alto rendimiento de compactación, velocidad y nivelación para maximizar la productividad, a la vez que proporciona confiabilidad y durabilidad sobresalientes. Su función principal es de sellar los poros del asfalto, así como de proporcionar el brillo y el acabado a la carpeta.

Figura 112. Vibrocompactador Neumático PS-150B



Especificaciones técnicas

Peso sin lastre: 4885Kg
Peso máximo con lastre de arena húmeda: 12940 Kg
Ancho de trabajo: 1743 mm
Cantidad de neumáticos: 9
Potencia del motor: 102 HP

Fuente: El Autor

6.2.1 Materiales empleados para la extensión y compactación de mezcla asfáltica

- **ASFALTO MDC2**

El asfalto es un derivado del petróleo que mezclado con agregados pétreos y polímeros, proporcionan al asfalto ligantes con extraordinarias características de elasticidad, adherencia y cohesión. Sometido a altas temperaturas permite pavimentar las vías garantizando una buena resistencia a las cargas del tránsito y a los factores de climáticos.

Figura 113. Asfalto MDC2



Fuente: El Autor

- **PERSONAL REQUERIDO**

- Ingeniero residente
- Topógrafo inspector
- 2 cadeneros
- Operador de terminadora de asfalto
- Operador de vibro compactador doble cilindro
- Operador de vibro compactador neumático
- 2 ayudantes para controlar tráfico
- 4 cuadrilla de asfalto

6.3 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO PARA LA EXTENSION Y COMPACTACION DE MEZCLA ASFALTICA

La extensión y compactación de la mezcla asfáltica es el último procedimiento realizado para terminar la estructura de la vía. El pavimento debe aplicarse siguiendo una serie de pasos los cuales se describen a continuación, además hay que tener en cuenta primero, que todo se debe trasportar y disponer del personal, herramienta y equipo al lugar o tramo a pavimentar.

Figura 114. Cuadrilla de asfalto



Fuente: El Autor

Figura 115. Alistamiento de equipo



Fuente: El Autor

Una vez organizado y trasportado el equipo de asfalto al tramo a intervenir, la comisión topográfica empleando pintura blanca demarca el ancho o el carril a pavimentar, en este proyecto la calzada tiene un ancho total de 6.40 mts. Se interviene la mitad de la calzada 3.20 mts dejando la otra mitad de la vía habilitada para el tránsito de los vehículos, también se marca la longitud del tramo a intervenir el cual puede ser de 500 mts a 100 mts. La topografía deja un 1 mts de distancia al costado derecho de la vía para la futura construcción de obras de drenaje o cunetas.

Figura 117. Demarcación de calzada



Fuente: El Autor

Figura 118. Alineamientos de vía



Fuente: El Autor

Una vez demarcada la calzada a intervenir se colocan conos y colombinas de señalización vial en el centro de la vía, con el fin de evitar que los vehículos que

transitan por la otra mitad de la calzada se crucen en el tramo que se está extendiendo el asfalto, entorpeciendo así la actividad y ocasionado accidentes para los trabajadores de la cuadrilla de asfalto.

Figura 119. Señalización en medio de la calzada.



Fuente: El Autor

Teniendo en cuenta lo anterior, el ayudante de la finisher o terminadora de asfalto procede a preparar la máquina para iniciar con la pavimentación para esto inicia programando y ajustando el ancho y la altura de la plancha el equipo. También rociando la tolva del equipo en la cual se deposita el asfalto con acpm, para evitar que la mezcla se adhiera en el interior de ella.

Figura 120.Aliatamiento de finisher.



Fuente: El Autor

Figura121. Irrigación con acpm a tolva.



Fuente: El Autor

Continuando con el proceso de pavimentación se hace necesaria la presencia del equipo compuesto por las volquetas, necesarias en el transporte al tramo a pavimentar la mezcla densa en caliente (MDC2). Esta debe cumplir según las normas (INVIAS) una temperatura de 150 grados centígrados, posteriormente es revisada por el ingeniero responsable de la calidad de la obra. Es importante advertir para conservar la temperatura de la mezcla durante el trasporte, el volcó de la volqueta debe estar cubierto adecuadamente con la carpa.

Figura 122. Volquetas con asfalto



Fuente: El Autor

Figura 123. Toma de temperatura



Fuente: El Autor

Ahora se da inicia al vertimiento de la mezcla (MDC2) en el interior de la tolva de la terminadora de asfalto, esta actividad es controlada por un ayudante del equipo el cual le indica al conductor de la volqueta cuando debe subir o bajar el volcó, esta labor debe realizarse simultáneamente junto con la terminadora de asfalto, para así poder extender la mezcla de manera uniforme sobre el tramo a pavimentar.

Figura 124. Descarga de asfalto.



Fuente: El Autor

Figura 125. Control de extensión asfalto



Fuente: El Autor

Una vez extendida la mezcla en la vía, el ayudante de la terminadora de asfalto conocido como tornillero encargado de operar la plancha del equipo controlar y verificar el espesor del asfalto extendido, mediante el uso de un tornillo metálico el cual marca el nivel del espesor requerido del pavimento en este caso es de 5 cm, realiza una perforación aproximadamente cada 3 mts, para verificar que el espesor sea el adecuado y confirmarle al operador del equipo.

Figura 126. Tornillero realizando control de espesor de asfalto.



Fuente: El Autor

Cabe destacar la labor de la cuadrilla de asfalto quienes se encargan de nivelar y conformar el asfalto extendido, perfeccionando manualmente los acabados del pavimento. Para luego dar paso al vibro compactador de doble cilindro el cual se encarga de compactar el asfalto. En esta etapa cobra protagonismo la experiencia del operador del equipo, quien se encarga de compactar adecuadamente el pavimento ya que si se vibra mucho, el asfalto se puede agrietar o provocar hundimientos en él. Por lo general, el operador realiza una pasada sin vibrar el asfalto se regresa por el mismos carril vibrando sobre el pavimento.

Figura 127. Extensión de asfalto



Fuente: El Autor

Figura 128. Compactación de asfalto.



Fuente: El Autor

Para evaluar la calidad del proceso de extensión y compactación del asfalto el ingeniero residente de calidad, verifica que la temperatura de extensión del asfalto este entre los 145 grados y de compactación de 140 grados.

Figura 129. Toma de temperatura



Fuente: El Autor

Figura 130. Carpeta asfáltica



Fuente: El Autor

Para culminar con la tarea de compactación el vibro compactador neumático realiza su pasada sobre el pavimento, para sellar los poros del asfalto así como de darle acabado, textura y brillo al pavimento. Es de anotar que este procedimiento se repite de manera mecánica en el otro segmento de la vía pendiente por pavimentar.

Figura 131. Sellamiento de carpeta asfáltica vibrocompactador neumático



Fuente: El Autor

7. PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA LA CONSTRUCION DE CUNETAS

Las cunetas son estructuras de drenaje que tiene como objetivo controlar el agua que llega a la vía y la afectan por escurrimiento superficial, independientemente que las aguas hayan caído sobre o fuera de la vía. Las obras de drenaje que ayudan a drenar el agua hacia las cunetas son.

El bombeo

Se entiende por bombeo a la pendiente transversal que se da en las carreteras, para permitir que el agua que cae directamente sobre ellas escurra hacia sus dos hombros. En una vía de dos carriles de circulación y en secciones en tangente, el bombeo debe tener un 2% de pendiente desde el eje del camino hasta el hombro correspondiente, en las secciones en curva la pendiente transversal ocurre sin discontinuidad, desde el hombro más elevado al más bajo.

Los bordillos

Son pequeños bordos que forman una barrera para conducir el agua hacia las cunetas o bajantes, evitando erosiones en los taludes y saturación de estos por el agua, que cae sobre la corona de la vía.

Las cunetas

Las cunetas son canales que se adosan a los lados de la corona de la vía y paralelamente al eje longitudinal de la misma. El objetivo de esta estructura es de recibir el agua proveniente del talud y de la superficie de rodamiento.

7.1. HERRAMIENTA Y EQUIPO EMPLEADOS PARA LA CONSTRUCION DE CUNETAS

Las herramientas y equipos empleados para esta actividad son los mismos que se requieren para la construcción de alcantarillas. Equipos como: mezcladora de concreto, canguro de compactación, y herramienta manual como baldes, vibrador de concreto, llana metálica, carretilla, palas y formaletas se hacen necesarios para la correcta construcción de las cunetas.

7.1.2 Materiales empleados para la construcción de cunetas. Para la elaboración de la mezcla de concreto se necesitan materiales como: cemento, triturado de ¾ y arena, los cuales son requeridos igualmente para la construcción de alcantarillas, proceso constructivo mencionado anteriormente en el presente documento. Hay otros materiales diferentes los cuales describiremos a continuación.

- **ANTISOL**

Antisol Blanco es una emulsión acuosa de parafina que forma, al aplicarse sobre el concreto o mortero fresco, una película impermeable que evita la pérdida prematura de humedad, para garantizar un completo curado del material.

Ventajas

- Impide el resecamiento prematuro del concreto permitiendo el normal desarrollo de las resistencias.

- Antisol se aplica una vez, reduciendo así los costos del curado de concretos y morteros por mayor rendimiento en la mano de obra.

- Especialmente diseñado para el curado en recintos cerrados ya que no contiene solventes.

- Viene listo para usar y es fácil de aplicar.

- Ayuda a controlar la fisuración en grandes áreas expuestas al sol y al viento, como en pavimentos rígidos o pisos en concreto. Fuente: [en línea] [citado 2 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/co-ht_Antisol%20Blanco.pdf

Figura 132. antisol



Fuente: El Autor

- **HIERRO 3/8**

  El hierro se emplea para la construcción de cunetas como refuerzo de la estructura, cumple la función de brindarle mayor resistencia a la cuneta. Sus principales especificaciones las describiremos en la siguiente tabla.

Barra Nº	Diámetro Nominal Cms (y pulg.)		Pes Kg/m
3	0,95	(3/8)	0,559

Fuente: Acero de refuerzo. [en línea] [citado 25 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.guafa.com/costos/esar.html

Figura 133. Hierro 3/8 para cunetas



Fuente: El Autor

- **PERSONAL REQUERIDO**

- Ingeniero residente
- Topógrafo inspector
- Ingeniero residente de calidad
- Laboratorista.
- Maestro de obra
- 2 ayudantes para controlar tráfico
- 2 ayudantes para construcción de cunetas

7.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA PARA EL PROCESO DE CONSTRUCIÓN DE CUNETAS

Las cunetas son las obras de drenaje que se construyen en ambos costados de la calzada y se encargan de captar el agua, proveniente del bombeo de la vía y los taludes para trasportarla y depositarla finalmente en las alcantarillas. Para iniciar su construcción primero que todo el maestro de obra en compañía de sus

ayudantes deben limpiar y nivelar el terreno de forma manual en el cual se van a fundir las cunetas.

Figura 134. Nivelación del terreno



Fuente: El Autor

Al realizar la nivelación del terreno se requiere llenar y compactar con material de base granular (BG INVIAS), muy bien la superficie en donde se construirán las cunetas, esto con el fin de garantizar un buen asentamiento de la estructura y una correcta pendiente para la fácil escorrentía del agua sobre las cunetas.

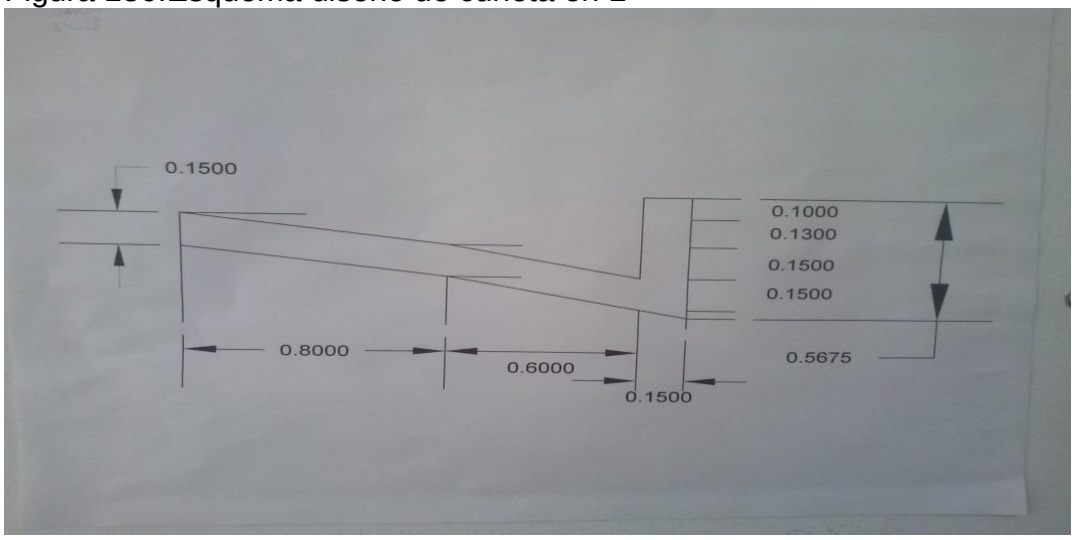
Figura 135. Compactación de base granular para construcción de cunetas



Fuente: El Autor

Luego de realizar la correcta compactación del terreno se inicia con el armado de la formaleta según la dimensiones del diseño de la cuneta a construir. Pará cunetas en L o berma cunetas, las medidas según los diseños son de largo 2.10 m x ancho 1.23 m x espesor 0.15 cm.

Figura 136.Esquema diseño de cuneta en L



Fuente: El Autor

Posteriormente se realiza una revisión de aceros verificando el tipo de acero a utilizar y la separación, el cual es de 3/8. Una vez aprobada la revisión de aceros se procede a fundir las cunetas y tomar las muestras de concreto, como proceso de la fundición de cunetas, se realiza el vibrado en cada una de las secciones fundidas, verificando en cada una de ellas el asentamiento que tiene cada toma, dando en promedio 3". Por último, se procede al curado, el cual se realiza con antisol.

Figura 137. Revisión de separación de hierro



Fuente: El Autor

Figura 138. Prueba del concreto



Fuente: El Autor

Figura 139. Asentamiento de la concreta



Fuente: El Autor

Figura 140. Vibrado del concreto



Fuente: El Autor

Es importante al momento de fundir las cunetas realizar un muy buen curado de ellas, este se efectúa aplicando antisol el cual es rociado de forma homogénea para acelerar el fraguado, ya que los efectos de altas temperaturas en el ambiente pueden cuartear o producir grietas en el terminado de las cunetas.

Figura 141. Aplicación de antisol



Fuente: El Autor

Figura 142. Terminación de cunetas



Fuente: El Autor

8. PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA LA CONSTRUCIÓN DE MUROS

Los muros son estructuras de concreto reforzado construidos comúnmente para el confinamiento de la banca en las carreteras, sus dimensiones dependen del área la cual se requiera contener. Son sometidos a esfuerzos horizontales producidos por el empuje de tierras y a las cargas de vehiculares del tránsito de la vía por lo cual deben estar muy bien construidos, para evitar fallas o perdidas de la bancada de la calzada.

8.1. HERRAMIENTA Y EQUIPO EMPLEADOS PARA LA CONSTRUCIÓN DE MUROS

Las herramientas y equipos empleados para esta actividad son los mismos que se requieren para la construcción de alcantarillas y cunetas. Algunos equipos como: mezcladora de concreto, canguro de compactación, y herramienta manual como baldes, vibrador de concreto, llana metálica, carretilla, palas y formaletas se hacen necesarios para la correcta construcción de los muros. Para adelantar las labores de excavación se emplea la retroexcavadora, requerida para la ampliación del ancho de la vía la Hyundai 140 descrita anteriormente.

8.1.2 Materiales empleados para la construcción de muros. Para la elaboración de la mezcla de concreto se necesitan de materiales como: cemento, triturado de ¾ y arena, los cuales son requeridos igualmente para la construcción de alcantarillas y cunetas proceso constructivo mencionado anteriormente en el presente documento. Sus dosificaciones son mayores ya qué se requiere un concreto de 400 psi de resistencia.

- **PERSONAL REQUERIDO**

- Ingeniero residente
- Topógrafo inspector
- Ingeniero de calidad
- laboratorista
- Operador de carro tanque
- Maestro de obra
- 2 ayudantes para controlar tráfico
- 6 ayudantes para construcción de muro

8.2 DESCRIPCION DETALLADA PARA EL PROCESO DE CONSTRUCIÓN DE MUROS

Para iniciar con la construcción de muros, primero que todo la comisión topográfica se encarga de ubicar las medidas en el terreno del muro, para indicarle al operador de la retroexcavadora a que cota o nivel de profundidad debe excavar así mismos como la longitud que va a tener el muro a construir.

Figura 144. Excavación de muro



Fuente: El Autor

Figura 145. Conformación de excavación



Fuente: El Autor

Una vez la retroexcavadora finaliza con la excavación y remoción de tierra para la construcción del muro, se inicia con la excavación mecánica y nivelación del terreno, para fundición del dentellón del muro y del solado de limpieza. El dentellón hace parte de la cimentación del muro y recibe las cargas provenientes de la zarpa y las pantallas del muro, por lo cual debe tener un buen refuerzo.

Figura 147. Nivelación del terreno



Fuente: El Autor

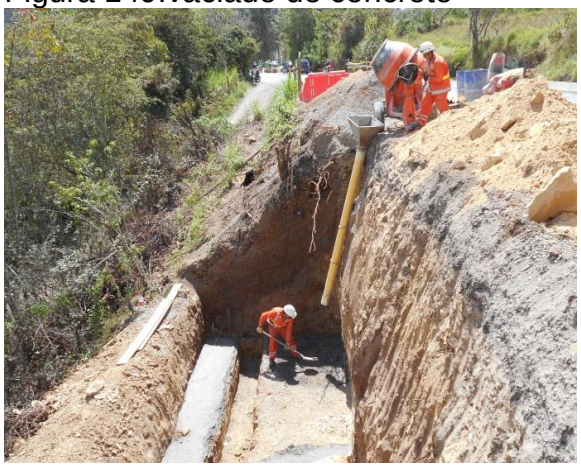
Figura 148. Excavación de dentellón



Fuente: El Autor

Luego de conformar el terreno y de terminar de excavar el dentellón del muro, se procede a fundir el solado de limpieza, el cual tiene un espesor de 05 cm se realiza con concreto pobre de 2000 psi de resistencia para su vaciado es necesario emplear una canal metálica la cual permite que el concreto por gravedad baje al lugar de excavación.

Figura 149.vaciado de concreto



Fuente: El Autor

Figura 150. Fundición de solado



Fuente: El Autor

Continuando con el proceso de construcción se inicia el armado del acero para el dentellón y la zarpa del muro. Esta actividad es supervisada por el Ingeniero residente de calidad de la obra, el cual verifica los diámetros del hierro, la separación y traslapos correctos entre las varillas, las cuales hacen parte del refuerzo estructural del muro.

Figura 151. Armado de acero



Fuente: El Autor

Figura 152. Amarre de acero



Fuente: El Autor

Al terminar de armar correctamente el acero del muro se dejan las varillas de la pantalla del muro traslapadas entre la zarpa y el dentellón, para que estas amarren la estructura. Luego se procede a preparar la mezcla de concreto, empleando los agregados como arena, triturado y cemento, éstos se encestan sean de buena calidad para así garantizar la resistencia exigida de 4000 psi para el concreto. Su vaciado se realiza empleando canales metálicas y por gravedad, como se mencionó anteriormente en la fundición de solado, con la diferencia que para esta fundida se emplea el vibrador, el cual permite acomodar las partículas del concreto evitando así el hormigoneo y grietas en la estructura.

Figura 154. Fundidad de zarpa de muro



Fuente: El Autor

Figura 155. Vibrado de concreto



Fuente: El Autor

Ahora se procede a amarrar el refuerzo del vástago del muro que se realiza para darle rigidez a la estructura, la cual va a soportar el empuje de tierras y la fuerza producida por el tránsito en la vía. Una vez armado el vástago se comienza a formaletiar la estructura empleando formaleta metálica, complemento para para ayudar a dar una buena textura y acabado al muro. Es importante resaltar que por estar trabajando en alturas, los ayudantes deben tener un arnés de seguridad amarrado a una línea de vida para así evitar accidentes en la obra.

Figura 157. Armado de andamios



Fuente: El Autor

Figura 158. Fijación de formaleta



Fuente: El Autor

Una vez terminada de aplomar, nivelar y fijar correctamente la formaleta en el vástago de la estructura, se procede a mezclar y a vaciar el concreto en el interior de la formaleta se debe vibrar adecuadamente por el ayudante de obra. Se realizan tomas de muestras de concreto para llevar el control en cuanto a resistencia y curado. Pasando las 24 horas tiempo de curado del concreto, se procede a desencofrar la estructura.

Figura 159. Vibrado de concreto



Fuente: El Autor

Figura 160. Desencofrado de muro



Fuente: El Autor

Finalmente se continúa con el armado, encofrado y fundida de los siguientes módulos del muro, para luego construir el filtro del muro cuyo objetivo es el de ayudar a drenar las aguas, que se infiltran en la estructura y así evitar daños a como grietas y fisuras en el muro. Los llenos son la última actividad que se realizan en los muros, deben compactarse en capas de 30 cm., éstos deben ser revisados por el ingeniero residente tomando densidades de los llenos que debe ser mayores al 90%.

Figura 161. Vista de muro



Fuente: El Autor

Figura 162. Lleno de muro



Fuente: El Autor

Figura 163.compactacion de filtro



Fuente: El Autor

Figura 164. Filtro del muro



Fuente: El Autor

Figura 165. Terminación del muro



Fuente: El Autor

9. FACTORES SOCIALES Y AMBIENTALES

9.1 FACTORES SOCIALES

Al momento de iniciar la construcción de un proyecto de infraestructura vial, es necesario realizar un recorrido por el tramo a intervenir, con el fin de determinar qué tipo de comunidades, se encuentran en el área de influencia directa al proyecto el cual es de máximo 20 metros de la obra.

Una vez realizado el inventario de comunidades, es necesario investigar qué tipo actividad económica se realiza en la zona como ganadera, agropecuaria, minería, industria. Se inicia con la elaboración de actas de vecindad

Para cada uno de los predios que son afectados por la construcción de una carretera, se debe elaborar una ficha predial o acta de vecindad. Esta ficha debe contener el nombre del propietario, el tipo de predio, el área construida, total y afectada, etc. Esta información es necesario que sea recopilada con la debida anticipación, para adelantar la correspondiente negociación con cada uno de los propietarios, de modo que en el momento de la construcción no se tengan tropiezos

Figura 166. Visita a comunidades



Fuente: El Autor

Figura 167. Firma de actas



Fuente: El Autor

Es importante destacar que las actas de vecindad son muy importantes ya que en estas se realiza un registro fotográfico detallado del inmueble, el que debe situarse alrededor de un máximo a 20 metros de la obra, con el fin de evitar futuras reclamaciones en las viviendas como grietas o fisuras en sus paredes por el paso de la maquinaria pesada como vibro compactadores, retro excavadoras etc.

Figura 168. Viviendas cercanas a la via.



Fuente: El Autor

Figura 169. Actas de vecindad



Fuente: El Autor

Se realizan recorridos con el fin de hacer entrega de volantes, informativos, en las viviendas donde se efectuaran actas de vecindad. También se solicitan hojas de vida con el fin de generar empleo a la gente de la zona.

Figura 170. Solicitud de hojas de vida



Fuente: El Autor

Figura 171. Explicación del proyecto



Fuente: El Autor

9.2. FACTORES AMBIENTALES

Los factores ambientales en la construcción de vías secundarias dependen de las obras civiles que se vayan a adelantar en la vía. De acuerdo a estas obras se determina el impacto que pueda tener la construcción de una vía sobre el área de influencia de ésta. Además permite indicar cuales son las medidas a tener en cuenta para mitigar o minimizar estos efectos. En la construcción de una carretera el movimiento de tierra, excavación y disposición, es uno de los principales problemas de orden ambiental.

De igual forma la explotación de los diferentes materiales para su construcción debe llevar un plan o programa, que minimice el daño ecológico. A continuación se describe detalladamente los factores ambientales más relevantes en este tipo de proyectos.

9.3 ZODME

Zonas de depósito de material estéril más conocidos como botaderos. Los respectivos sitios deben estar a 5 km circundantes al proyecto, lugar en que se estén realizando las obras de excavación, esto con el fin de permitir que las volquetas que trasportan el material proveniente de las excavaciones lo depositen en los ZODME y regresen nuevamente a cargar material, sin tardar mucho tiempo igualmente por especificación y reglamentación del INVIAS..

Figura 172. Conformación de ZODME



Fuente: El Autor

Figura 173. Descarga de material



Fuente: El Autor

Si se realiza un botadero o ZODME a más de 10 km de distancia de las obras de excavación como filtros, ampliación de calzadas y construcción de muros y alcantarillas, se efectúa un sobre acarreo el cual causa un mayor costo de trasporte y consumo de combustibles para la volquetas. Una vez el material producto de las excavaciones es depositado en el ZODME, un buldócer se encarga de extenderlo y nivelarlo.

Figura 174. Extensión y conformación de botadero



Fuente: El Autor

Los permisos requeridos para la autorización de un ZODME o botadero son los siguientes.

- Autorización de planeación municipal.
- Autorización del propietario del predio en donde se va a depositar el material.
- Si es necesario se requiere permiso de la corporación ambiental en el caso de ocasionar impactos graves al medio ambiente por ejemplo: corte de árboles y posible contaminación hidráulica.

Figura 175. Interpretación de planos



Fuente: El Autor

Se determina el volumen en m^3 del material de excavación disponible para llenar el ZODME, en el cual solo se depositan material proveniente de excavaciones como.

- Tierra
- Piedras
- Concretos

En el ZODME no se puede depositar material como:

- Residuos orgánicos como basuras, bolsas de plástico y vidrios.
- Residuos peligrosos, aceites asfalto, hospitalarios.

Finalmente se realiza en el ZODME revegetación del terreno, empradizándolo con especies nativas de la zona con el fin de evitar la erosión en el suelo.

Figura 176. Empradización de ZODME



Fuente: El Autor

9.4 FUENTES DE MATERIALES

Las fuentes de materiales pétreos como arena, plantas de trituración las cuales producen la base granular, sub base granular y los triturados de diferentes pulgadas, deben ser proveedores que cuenten con licencia ambiental y título minero para así suministrar estos productos a proyecto de infraestructura vial. En caso de no tener sus licencias al día, no se puede adelantar el suministro de estos agregados.

Figura 177. Planta de trituración la libertad Samaca Boyacá.



Fuente: El Autor

Para el suministro de mezcla asfáltica a la obra se debe verificar que la planta de producción de asfalto cumpla con el permiso de emisiones atmosféricas, por lo que debe estar vigente para poder suministrar el asfalto al proyecto vial.

Figura 178. Planta de asfalto samaca Boyacá.



Fuente: El Autor

9.5 PUNTOS DE CAPTACION DE AGUAS

El agua es el líquido de vital importancia para la construcción de vías, ya que gracias a ella se puede realizar actividades como la preparación de concretos y humectación de la vía, además de otras actividades. Para captar el agua, se debe buscar un río o un afluente cercano al proyecto, para esto se requiere un permiso o una concesión de aguas el cual se tramita el la corporación ambiental de la zona, la que varía dependiendo del departamento del país, en este caso en Boyacá esta coorpoboyacá en el occidente y en el centro coorpochivor.

Figura 179. Punto de captación de agua.



Fuente: El Autor

Es importante resaltar que la fuente de abastecimiento de agua pueda abastecer el proyecto sin la necesidad de poner en riesgo el consumo de agua, para los habitantes de la zona y otros usos como:

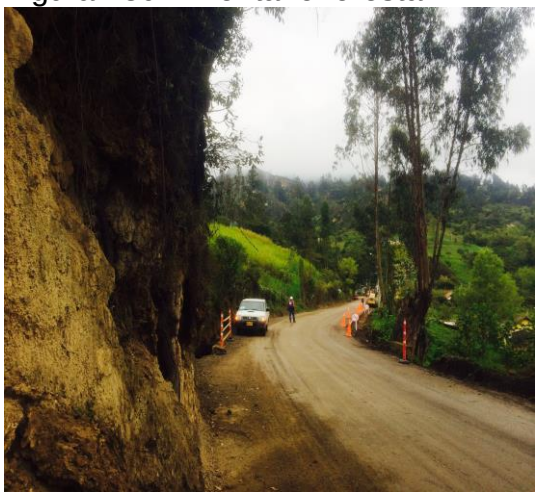
- cultivos
- industria
- recreación como piscinas

Para controlar la extracción del líquido se instalan medidores de caudales en los ríos, en donde se capta el líquido como una medida de control la cual evita extraer más de la cantidad solicitada.

9.6 INVENTARIO FORESTAL

Es necesario realizar un recorrido por la obra inventariando los arboles y especies vegetales que van a ser intervenidas por la construcción de la vía. En este proyecto se amplió la calzada un metro al costado izquierdo lo que ocasionó la tala de algunos árboles, para esto se debe solicitar un permiso de aprovechamiento forestal que es emitido por la Corporación Ambiental.

Figura 180. Inventario forestal



Fuente: El Autor

Figura 181. Árboles en la vía.



Fuente: El Autor

Cuando se realiza la talad de un árbol en la vía se debe tomar medidas compensatorias como por cada árbol cortado sembrar 10 árboles más en el cual se solicita 1 año para la siembra y 3 años para su mantenimiento.

9.7 PUNTOS ECOLOGICOS

Se instalan puntos ecológicos tanto en la oficina del proyecto como en la vía, con el fin de recolectar los residuos sólidos para ser clasificados según su modo de reciclaje. Esto con el fin de no contaminar el medio ambiente y siguiendo las normas ecológicas vigentes.

Figura 183. Puntos ecológicos oficina



Fuente: El Autor

Figura 184. Puntos ecológicos en obra



Fuente: El Autor

13.6. BATERIAS SANITARIAS

Se ubican baterías sanitarias en los frentes de obra, es importante que éstos tengan un mantenimiento periódico para evitar malos olores.

Figura 185. Baterías sanitarias



Fuente: El Autor

Figura 186. Limpieza de baños



Fuente: El Autor

10. CONCLUSIONES

Con la presente guía el lector o consultor podrá determinar de acuerdo a las condiciones de diseño geométrico, diseño de pavimentos y el diseño hidráulico que proceso constructivo adecuado se debe emplear para dar cumplimiento a la rehabilitación de una vía secundaria.

En el proceso de rehabilitación se realizara la actividad de reciclaje de la estructura actual de la vía la cual cuenta una carpeta asfáltica de 5.5 cm y una capa granular de 35 cm de espesor. Esta será escarificara a un espesor de 15 cm luego se nivelara y compactara formando una nueva capa de sub base granular de 25 cm aportando 30 % de la estructura de la vía ya que las capas granulares presentan un grado de consolidación y estabilidad que ayudan a el no deterioro de las capas previstas en la parte superior. Ahorrando dinero en gastos de trasporte si se remplazara la estructura en su totalidad.

La principal intención de este documento es servir como herramienta de orientación o soporte técnico a los profesionales, estudiantes de ingeniería civil y constructores de vías explicando las pautas y requerimientos que deben tener en cuenta al iniciar proyectos de infraestructura vial. En su contenido se describe la terminología empleada en este tipo de medio así como el tipo de maquinaria, herramienta y materiales requeridos para la elaboración de cada tipo de proceso constructivo.

Conocer detalladamente cada uno de los procesos constructivos para la rehabilitación y mejoramiento vías tanto la importancia de implementar los factores sociales y ambientales permitirá al constructor realizar las obras sin generar imprevistos ni pérdidas económicas por falta de permisos o por el mal seguimiento y no cumplimiento adecuado de la metodología para el desarrollo de cada uno de los procesos constructivos.

11. RECOMENDACIONES

Para proteger la estructura de pavimento se recomienda la construcción de un filtro longitudinal, en la sección de la vía hacia el talud en corte para evitar infiltraciones que puedan disminuir la capacidad de soporte de la sudrasante y de los materiales de la estructura de pavimento.

Se recomienda proyectar una pendiente trasversal Bombeo > = 2% para cada uno de los materiales del pavimento, obteniendo una evacuación rápida de las aguas de escorrentía superficial y como consecuencia el buen funcionamiento de la estructura.

Para que la estructura de pavimento se mantenga dentro de las condiciones de recomendable hacer un seguimiento al pavimento mediante inspecciones visuales que permitan identificar deterioros que puedan ser corregidos a tiempo y no incurrir en gastos elevados.

Los materiales a utilizar para construir la estructura de pavimento deben cumplir estrictamente todas las normas vigentes establecidas en las especificaciones generales de carreteras INVIAS 2007.

BIBLIOGRAFÍA

AGUDELO OSPINA, Jhon Jairo. Diseño geométrico de vías ajustado al diseño colombiano, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, especialización vías y transporte, 2002 [en línea] Medellín: [citado 15 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/disec3b1o-geomc3a9trico-de-vc3adas-john-jairo-agudelo.pdf>

Artículo 102 - Resolución 2413 de 1979 del Ministerio de transporte y de seguridad social

Artículo 103 - Resolución 2413 de 1979 del Ministerio de transporte y de seguridad social

Artículo 104 - Resolución 2413 de 1979 del Ministerio de transporte y de seguridad social

B. Francisco. Pontificia universidad Católica Valparaiso, 2015 [en línea] [citado 15 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.academia.edu/8866849/Pedraplen>

Cinta métrica fibra de vidrio medid 1219/20 GF Ferretería.es [en línea] [citado 15 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://ferreteria.es/cinta-metrica-fib-vidrio-medid1210-20-gf.html

Compactadores de suelos vibratorios. Vibro moto. [en línea] [citado 8 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/compactors/vibratory-soil-compactors.html >

Cimbrados. [en línea] [citado 16 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.cimbrados.com/equipo-de-compactaci%C3%B3n.html
Newholland construction [en línea] [citado 2 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://construction.newholland.com/lar/es/Gallery/Documents/Retroexcavadoras/B95B.pdf

Documentos del Consorcio Vías y equipos 2016, construcción, rehabilitación y mejoramiento del corredor vial Puente Camacho- Jenesano- Tibana- chivanita-Garagoa – Las Juntas del departamento de Boyacá 2014.

Estabilizadores de suelo y recicladoras en frío. [en línea] [citado 2 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: www.resansil.com/wirtgen/wirtgen_recicla_estabiliz.htm>

Eiffage infraestructuras, 2009, fresados y reciclados del firme [en línea] [citado 21 marzo. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.infraestructuras.eiffage.es/reciclado.html>

Especificaciones Instituto Nacional de Vías INVIAS-2007

Geo soluciones [en línea] [citado 2 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.geomembranas.com.co/wp-content/uploads/2012/06/Geotextil-NT-20001.pdf

Gestión de infraestructura vial. De Solinihac H. Alfaomega, 3era edición 2005.

Maceta herramienta. [en línea] [citado 15 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.datuopinion.com/maceta-herramienta.

Manual de diseño con geosintéticos, capítulo 9. Sistemas de sub drenaje para vías con geotextil y material granual, junio del 2012. Departamento de ingeniería y geosistemas. [en línea] [citado 18 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.geosoftpavco.com/manual_geosinteticos_files/OEBPS/ibook_split_011.xhtml>

MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras, 2da edición. Agora editores Ltda, Bogotá. 2001, pág. 467.

Multiequipos, compresor sullair de 185 CFM. [en línea] [citado 12 septiembre. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://multiequipos.net/catalogo/aire-comprimido-y-herramientas-neumaticas/compresor-para-aire-comprimido-marca-sullair-de-185-cfm

INVIAS Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS- Ministerio de Transporte Bogotá, 2002

PEÑOLOSA TOBON, Cesar Augusto Ministerio del transporte, oficina asesora de la planeación. Diagnóstico del transporte, 2011, pág. 28.

SÁNCHEZ SABOGA, Fernando, Ing. Materiales para base y sub base, modulo 7, 2008 [en línea] [citado 2 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%207.pdf>

Tipos de puntillas [en línea] [citado 15 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: https://es.wikipedia.org/wiki/Clavo_(objeto)

Vezla [en línea] [citado 30 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://vezla.net/wirtgen-group/vogele/#top

WorkStar. [en línea] [citado 16 abril. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://latin-america.internationaltrucks.com/7300_detail.html