

**“APOYO TECNICO PARA LAS OBRAS DEL CONTRATO 2670 DE 2014, QUE TIENE COMO OBJETO EL MEJORAMIENTO, REHABILITACION Y PAVIMENTACION DE LA RED SECUNDARIA PARA LA CONECTIVIDAD REGIONAL EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER - CORREDOR SAN GIL- CHARALA – LIMITES, ENTRE LOS SECTORES K18+600 - K35+600.”**

**JHONATAN ALEXANDER REVELO RIVERA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL  
SAN JUAN DE PASTO  
2018**

**“APOYO TECNICO PARA LAS OBRAS DEL CONTRATO 2670 DE 2014, QUE TIENE COMO OBJETO EL MEJORAMIENTO, REHABILITACION Y PAVIMENTACION DE LA RED SECUNDARIA PARA LA CONECTIVIDAD REGIONAL EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER - CORREDOR SAN GIL- CHARALA – LIMITES, ENTRE LOS SECTORES K18+600 - K35+600.”**

**JHONATAN ALEXANDER REVELO RIVERA**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Civil**

**Asesor**

**Ing. Javier Moreno Mesías**

**Docente departamento de ingeniería civil**

**Co asesor**

**Ing. Albeiro Armando Arcos**

**Residente de obra**

**Cass Constructores**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL  
SAN JUAN DE PASTO  
2018**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

Las ideas y conclusiones aportadas en este Trabajo de Grado son Responsabilidad de los autores.

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado por el Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

“La Universidad de Nariño no se hace responsable de las opiniones o resultados obtenidos en el presente trabajo y para su publicación priman las normas sobre el derecho de autor”.

Artículo 13, Acuerdo N. 005 de 2010, emanado del Honorable Consejo Académico.

Nota de Aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Febrero de 2018

## **RESUMEN**

En el presente informe se da a conocer cada una de las actividades desarrolladas por el consorcio constructor para el mejoramiento y pavimentación del corredor vial San Gil – Charalá, sector del K18+ 600 – K35+300 y puentes sobre el Rio Pienta y puente Virolin.

El desarrollo de la etapa de construcción durante el periodo de pasantía se dividió en dos etapas, la primera fue el acompañamiento en el proceso de izaje de vigas postensadas, armado y fundición del tablero para el puente Virolin y el acompañamiento técnico en la construcción de la cimentación del puente sobre el Rio Pienta, obras en donde como pasante se realizaron informes de seguimiento de avance diario, control de calidad de muestras de concreto e informes de liberación para etapa de facturación.

La segunda fase fue el acompañamiento técnico en las actividades constructivas para el mejoramiento del tramo vial, en donde, al igual que en los puentes las funciones principales fueron la generación de informes de avance diarios de obra, control de personal, control y programación de materiales para las diferentes obras y generación de informes o liberación de obras para el proceso de facturación.

El presente informe es un resumen del proceso que se lleva a cabo para la construcción de las diferentes obras que requiere el proyecto como son; obras de arte y contención, construcción de la estructura de pavimento, e instalación de mezcla asfáltica y con el apoyo del laboratorio los controles de calidad que se deben tener en cuenta en los diferentes procesos, con los cuales se garantiza una buena ejecución de la obra civil.

## **ABSTRACT**

In the present report, each of the activities developed by the Constructor Consortium for the improvement and paving of the San Gil - Charalá road corridor, sector of K18 + 600 - K35 + 300 and bridges over the Pienta River and Virolin Bridge, is reported.

The development of the construction stage during the internship period was divided into two stages, the first was the accompaniment in the process of hoisting of post-tensioned beams, assembling and casting the board for the Virolin bridge and the technical support in the construction of the foundation of the Bridge over the Pienta River, Works where as an intern were carried out reports of daily progress tracking, quality control of concrete samples and release reports were made for the billing stage.

The second phase was the technical support in the construction activities for the improvement of the road, where, as in the bridges, the main functions were the generation of daily progress reports of work, personnel control, control and programming of materials for the different works and generation of reports or release of works for the billing process.

The present report is a summary of the process that is carried out for the construction of the different works that the project requires such as; works of art and containment, construction of the pavement structure, and installation of asphalt mixture and with the support of the laboratory, the quality controls that must be taken into account in the different processes, with which it is guaranteed a good execution of the civil work.

## CONTENIDO

	<b>Pag.</b>
INTRODUCCIÓN .....	12
1. EJECUCION DE ACTIVIDADES .....	16
1.1 EXPLANACIONES.....	16
Localización y replanteo .....	16
Excavación de la explanación:.....	16
1.2 ESTRUCTURAS Y DRENAJES.....	17
Alcantarilla de 36": .....	17
Box couvert: .....	22
Estructuras de contención: .....	28
Muro en concreto reforzado: .....	29
Muro en gavión: .....	34
Filtros viales: .....	37
1.3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO. ....	40
Mejoramiento de subrasante:.....	41
Sub-base granular: .....	43
Base granular: .....	46
1.4 PAVIMENTOS ASFALTICOS .....	49
Imprimación: .....	49
Mezcla asfáltica: .....	51
1.5 OBRAS DE DRENAJE Y COMPLEMENTARIA.....	57
Cunetas: .....	57
1.6 PUENTES.....	61
Puente virolin: .....	61
Puente pienta:.....	64
2. GESTIÓN ADMINISTRATIVA.....	71
INFORMES TÉCNICOS .....	71
3. CONCLUSIONES .....	72
4. RECOMENDACIONES.....	73

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pag.</b>
Tabla 1. Volumen de excavación de la explanación. ....	16
Tabla 2. Listado de alcantarillas - cantidades de obra .....	18
Tabla 3. Listado de box coulvert – cantidades de obra.....	22
Tabla 4. Registro densidades de campo (box coulvert) .....	28
Tabla 5. Listado de muros en concreto reforzado – Cantidades de obra.....	29
Tabla 6. Registro densidades de campo (muros concreto R) .....	34
Tabla 7. Listado de muros en gaviones – cantidades de obra.....	35
Tabla 8. Estructura del pavimento .....	40
Tabla 9. Tramo de mejoramiento de subrasante .....	41
Tabla 10. Tramos de subbase – volumen instalado.....	43
Tabla 11. Registro de densidades de campo.....	46
Tabla 12. Tramos de base – volumen instalado .....	46
Tabla 13. Registro de densidades de campo.....	49
Tabla 14. Tramos de MDC-19 – volumen instalado.....	52

## LISTA DE IMÁGENES

	<b>Pag.</b>
Imagen 1. Localización general del proyecto .....	13
Imagen 2. Sección típica K18+500 – K31+600 .....	14
Imagen 3. Sección Típica K31+600-K35+300 .....	15
Imagen 4. Corte de talud K32+490 MD .....	17
Imagen 5. Vaciado de solado K31 +200 MD.....	19
Imagen 6. Instalación de tubería K32+080 MI .....	19
Imagen 7. Atraque de tubería K32+080 MI .....	20
Imagen 8. Encofrado de la estructura de encole (caja) K32+080 MD.....	21
Imagen 9. Estructura terminada K32+080 MD .....	21
Imagen 10. Excavación para box K32+635 MD.....	23
Imagen 11. Armado de acero box K30+515 MD.....	24
Imagen 12. Losa Inferior de box K30+515 MD .....	24
Imagen 13. Encofrado muros laterales box K35+130 MD.....	25
Imagen 14. Fundición losa superior K30+515 MD .....	26
Imagen 15. Terminado de la estructura K31+950 MD .....	27
Imagen 16. Relleno estructural y toma de densidad K34+608 MI.....	28
Imagen 17. Excavación muro K31+815 MI .....	30
Imagen 18. Solado de limpieza muro K31+815 MI .....	31
Imagen 19. Instalación de acero muro K31+815 MI .....	31
Imagen 20. Fundición de vástago de muro K31+815 MI.....	33
Imagen 21. Relleno estructural y control de densidades muro K31+815 MI .....	34
Imagen 22. Mejoramiento de suelo muro K30+535 MD.....	36
Imagen 23. Muro en gaviones K30+535 MD.....	37
Imagen 24. Instalación de geotextil y manguera perforada 4" K31+850 MD .....	38
Imagen 25. Llenado de material filtrante K31+850 MD .....	39
Imagen 26. Cierre de geotextil K31+950 MD .....	39
Imagen 27. Mejoramiento de subrasante K30+660 - K30+720.....	42
Imagen 28. Compactación mejoramiento de subrasante K30+660-K30+720.....	42

Imagen 29. Excav. de subrasante K31+200 – K31+350 MD .....	44
Imagen 30. Instalación de subbase K30+300 - K30+600 .....	44
Imagen 31. Compactación de subbase granular K32+100 - K32+300.....	45
Imagen 32. Toma de densidades K30+830 .....	45
Imagen 33. Control de calidad de los agregados.....	47
Imagen 34. Instalación de base granular K30+500 - K30+660 .....	48
Imagen 35. Humedecimiento y compactación de base granular K32+000 .....	49
Imagen 36. Toma de densidades K31+450 .....	49
Imagen 37. Riego de emulsión asfáltica K31+ 200 MI .....	51
Imagen 38. Planta de asfalto (campamento cass constructores) .....	53
Imagen 39. Cargue y transporte de la mezcla Asfáltica.....	53
Imagen 40. Instalación de mezcla asfáltica K32+ 800 MI .....	54
Imagen 41. Controles de temperatura K32+100 MI .....	55
Imagen 42. Compactación mezcla asfáltica con rodillo liso K31+300 MI.....	56
Imagen 43. Compactación mezcla asfáltica con rodillo de llantas K32+000 MI.....	56
Imagen 44. Extracción de núcleos K30+535 MI.....	57
Imagen 45. Sección típica cunetas tipo (L) .....	58
Imagen 46. Excavación para cunetas K32+ 700 MD .....	58
Imagen 47. Corte de pavimento 32+850 MD .....	59
Imagen 48. Conformación de piso para cunetas K32+900 MD.....	59
Imagen 49. Plantillas para cunetas K30+350 MD .....	60
Imagen 50. Fundición de cuneta K21+600 MI .....	60
Imagen 51. Finalización de la cuneta K21+ 600 MI .....	61
Imagen 52. Izaje de viga pos-tensadas – puente virolin .....	62
Imagen 53. Construcción de obra falsa – puente virolin .....	63
Imagen 54. Armado y amarre de acero de losa superior – puente virolin.....	63
Imagen 55. Fundición losa superior (tablero) – puente virolin .....	64
Imagen 56. Vista en planta puente Pienta .....	65
Imagen 57. Excavación y ubicación de la camisa pilote eje 2 – puente pienta.....	66
Imagen 58. Instalación canasta de refuerzo eje 3 – puente pienta .....	67
Imagen 59. Vaciado de concreto pilotes eje 2 - tubería tremie - puente pienta .....	68

Imagen 60. Demolición de concreto sobrante (descabezado) eje 2 – puente pienta .....69

Imagen 61. Amado y amarre de acero para zapata eje 2 – puente pienta .....69

Imagen 62. Fundición de zapata eje 2 – puente pienta .....70

## **INTRODUCCIÓN**

EL proyecto de conectividad vial San Gil, se encuentra localizado en los municipios de San Gil y Charalá del departamento de Santander, a una distancia de Bucaramanga de 98,5 km.

El proyecto está planificado en dos tramos, el tramo 1 Sangil - Charala de 35,6 km, comprende la ampliación de la vía, a un ancho de rodadura de 7,30 metros, berma de 1.20 metros a cada lado y cunetas de 1,20 metros para obtener un ancho total de 10,90 metros, comprende también la construcción de una estructura de pavimento conformada por mejoramiento, subbase, base granular y Mezcla asfáltica, además incluye la construcción de obras de drenaje (box couvert, alcantarillas, cunetas ) y estructuras de contención (muro en concreto reforzado y muro en gavión).

El tramo 2 corresponde al sector Charala – Cantera – Limites, en donde se construyen los puentes, Virolin que tiene una longitud de 27.60 metros y puente sobre el Rio Pienta, que es un puente combinado de longitud 80 metros de los cuales la luz central se construirá en estructura metálica y sus extremos en concreto reforzado, estructura cimentada sobre 18 pilotes de diámetro 1.20 metros y profundidad comprendida entre 12 y 15 metros.

Como parte del proceso de pasantía se realizaron diferentes tareas de apoyo a las actividades que conforman la construcción del tramo vial, a las actividades de cimentación del puente Pienta y construcción del tablero del puente Virolin, tareas que se enmarcan dentro del proceso de calidad de la organización y que conllevan a la realización de informes de obra, informes de seguimiento que forman parte de los procesos constructivos.

### **OBJETIVO GENERAL**

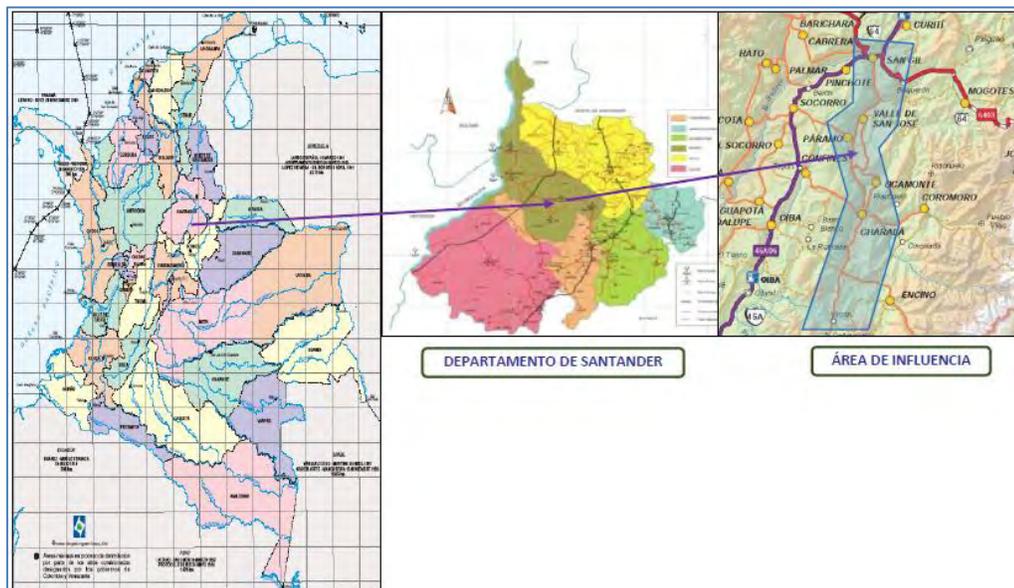
Proporcionar apoyo técnico y administrativo en el desarrollo de las actividades ejecutadas por la empresa Cass Constructores.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ✓ Apoyo técnico y supervisión en el desarrollo de las actividades de construcción de obras de arte, movimientos de tierras, instalaciones de granulares y pavimento flexible.

- ✓ Apoyo técnico y supervisión en el desarrollo de las actividades de construcción del tablero del puente Virolin
- ✓ Apoyo técnico y supervisión en el desarrollo de las actividades de construcción de pilotes, zapatas y pilas del puente Pienta

**Localización del proyecto:** el proyecto se localiza en el departamento de Santander en el municipio de San Gil a 98,5 km de la ciudad de Bucaramanga capital del departamento, el tramo vial en el cual se localiza el corredor San Gil – Charalá y Pienta, presenta zona montañosa y de planicies, perteneciente a la cordillera Oriental, al nororiente colombiano en el departamento de Santander, con presencia de los ríos Cañaverales, Fonce, Riachuelito y Virolín. El territorio corresponde a los pisos térmicos templado y frío (ver imagen 1).

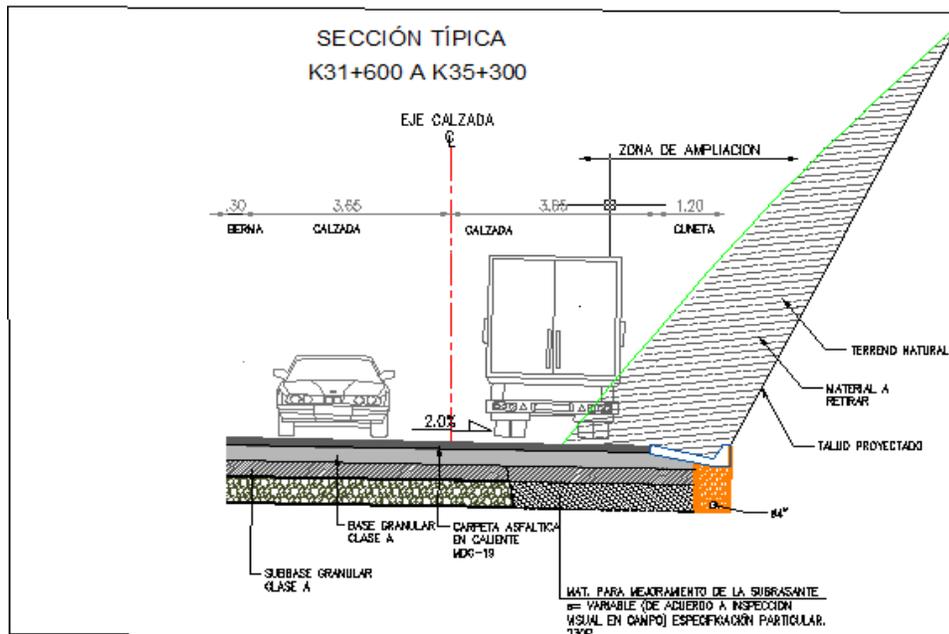


**Imagen 1. Localización general del proyecto**

El corredor comprendido entre los municipios de San Gil – Charalá y corregimiento de Pienta, incluyendo el paso por el puente Virolin, se encuentra a cargo del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y que de acuerdo al planeamiento se proyecta como una ruta de comunicación entre los departamentos de Santander y Boyacá.

Vale mencionar que el departamento de Santander localizado al nororiente colombiano, región Andina, limita al Norte con los Departamentos Boyacá y Norte de Santander y al Sur con los departamentos de Antioquia y Bolívar, el corredor conecta la zona norte con el centro, y el nor-orient del país. Por esta ubicación privilegiada, confluyen en el departamento importantes proyectos industriales y de infraestructura ya consolidados o en desarrollo.





**Imagen 3. Sección Típica K31+600-K35+300**

Antes de iniciar la descripción de los sistemas constructivos de las obras ejecutadas, y teniendo en cuenta las recomendaciones citadas en las especificaciones, se presentan las actividades realizadas como pasante:

- ✓ Medición y registro de cantidades de obras ejecutadas.
- ✓ Cálculo de cantidades de obra.
- ✓ Elaboración de informes de seguimiento a la programación de obra.
- ✓ Elaboración de pre-acta de obra.
- ✓ Despieces para estructuras de acero y lectura de planos.
- ✓ Interpretación de resultados en ensayos de laboratorio.
- ✓ Control de calidad de la obra.
- ✓ Verificación del cumplimiento de las especificaciones y normas INVIAS.
- ✓ Supervisión y seguimiento al cronograma de obra.
- ✓ Reporte de novedades del personal.
- ✓ Control de personal y nómina.
- ✓ Inspección de las obras teniendo en cuenta las normas ambientales.
- ✓ Inspección de seguridad a los puestos de trabajo en obra.

## 1. EJECUCION DE ACTIVIDADES

### 1.1 EXPLANACIONES

**Localización y replanteo:** en esta actividad se realizó trabajos en conjunto con Interventoría, se estableció los ejes de la vía, ubicaciones de chaflanes que representan el ancho máximo de la franja a intervenir, cortes, terraplenes, también se estableció las cotas de cada una de las capas de la estructura del pavimento según los estudios de suelos y la estructura correspondiente a cada tramo como lo sugiere los estudios y diseños del proyecto.

**Excavación de la explanación:** corresponde a los cortes y relleno que se realizaron para el mejoramiento del corredor, teniendo en cuenta el diseño geométrico que busca ampliar y eliminar curvas de radios pequeños, en esta actividad se realiza control permanente de los chaflanes y niveles de excavación para el mejoramiento de la subrasante (cajeo), además en los cortes se verifica la inclinación de los taludes que para este caso son 1:1.5 para taludes mayores a 10 metros y 1:1.0 para taludes menores a 10 metros, en los sectores donde hay taludes de gran altura y antecedentes de inestabilidad se realizaron cortes en terrazas. (ver tabla 1).

#### RESUMEN DE TRAMOS INTERVENIDOS

PERIODO	ABS. INICIAL	ABS. FINAL	UNIDAD	VOLUMEN
Diciembre				-
Enero	K32+640	K32+920	M3	7640
Febrero	K31+680	K32+040	M3	13087
Febrero	K32+510	K32+640	M3	3328
Febrero	K33+650	K33+700	M3	984
Marzo				-
Abril	K31+130	K31+370	M3	2871
Abril	K32+040	K32+160	M3	3096
Abril	K32+160	K32+590	M3	18482
Abril	K34+000	K34+130	M3	2105
Mayo	K31+370	K31+690	M3	2370
		<b>VOLUMEN TOTAL</b>		<b>53.963</b>

Tabla 1. Volumen de excavación de la explanación.

El material proveniente de la excavación fue transportado a los sitios de disposición final (ZODMES), que contaban con los permisos de la autoridad ambiental (ver imagen 4).

### Equipo

- ✓ Retroexcavadora caterpillar 336 de orugas
- ✓ Volqueta doble-troque 14 m3
- ✓ Bulldozer



**Imagen 4. – Corte de talud K32+490 MD**

## 1.2 ESTRUCTURAS Y DRENAJES

**Alcantarilla de 36”:** estructura transversal a la vía que permite el paso y la evacuación de aguas lluvias y de escorrentía, están protegidas en la parte superior por una capa de material granular y también por la estructura del pavimento, según los diseños del proyecto se construyen en concreto reforzado tipo clase D, y tubería reforzada de 4000 psi de diámetro 36”.

Periodo	Localización	Longitud Tubería	Vol. Concreto m3	Vol. Excavación m3
Enero	K32+700	11	6.46	130.10
Enero	K32+810	11	6.46	122.56
Enero	K32+870	11	6.79	178,95
Febrero	K32+490	10	9.64	130.37
Febrero	K34+130	10	8.21	155.90
Marzo	K30+660	11	3.81	120.48
Marzo	K30+740	12	3.40	160.02

Marzo	K30+860	12	8.16	209.57
Marzo	K31+200	12	7.07	158.92
Marzo	K31+675	10	3.88	136.29
Marzo	K31+790	11	2.49	146.42
Abril	K31+010	11	7.13	133.49
Abril	K31+155	11	9.11	147.60
Abril	K31+285	12	6.71	143.70
Abril	K32+080	12	5.87	157.30
Abril	K32+390	10	6.98	104.00
Mayo	K31+535	28	7.44	327.60
Mayo	K30+595	60	10.59	1450.60
Mayo	K32+080	35	5.42	280.00
Mayo	K31+080	13	7.90	214.36

**Tabla 2. Listado de alcantarillas - cantidades de obra**

### Equipo

- ✓ Retroexcavadora caterpillar 320
- ✓ Mixer
- ✓ Volqueta doble troque 14 m<sup>3</sup>
- ✓ Vibrador de concreto
- ✓ Formaleta metálica
- ✓ Herramientas menores

### Materiales

- ✓ Concreto tipo clase D
- ✓ Concreto tipo clase E
- ✓ Acero de 1/2" y 3/8"

**Proceso constructivo:** por lo general, se inició por el lado del descole, para facilitar la evacuación de aguas de escorrentías presentes, teniendo en cuenta los datos de topografía, que son niveles de terminado, paramentos, profundidad de la obra que depende del nivel de rasante, se realizó la excavación correspondiente para la tubería y para la estructura de descole que aplique.

Terminado la excavación se realizó inspección visual de suelo de fundación y según las condiciones en que se encuentre se aplicó un solado de limpieza de concreto Clase E (2500 psi), cuando el terreno presento malas o regulares condiciones portantes se realizó una sobre excavación y una recuperación del suelo con pedraplén, seguido del solado de limpieza para proceder con la instalación de la tubería (Ver imagen 5).



**Imagen 5. Vaciado de solado K31 +200 MD**

El siguiente paso fue la colocación y ubicación de tubería de concreto reforzado de 36", se tuvo en cuenta todos los alineamientos, cotas y pendientes, en el momento de la instalación, interventoría chequea el estado de cada tubo con el fin de descartar la presencia de fisuras, desportillamientos, golpes o fallas en la campana y el espigo que impidan su encaje (Ver imagen 6).



**Imagen 6. Instalación de tubería K32+080 MI**

La tubería suministrada fue fabricada en planta a cargo del área de producción, quien tienen la responsabilidad de verificar que se cumpla con los diseños establecidos y controles de calidad correspondientes.

Terminado la instalación de tubería y verificado su alineamiento se realizó el atraque utilizando concreto tipo clase E, actividad que consistió en vaciar concreto en los extremos en la parte inferior del tubo aproximadamente 0.3 metros de altura y 0,40 de ancho, su principal función fue evitar que la tubería sufriera algún colapso o movimiento que pueda afectar la estructura de la vía, la tubería se debe anillar tanto interna como externamente, este proceso consistió en unir la tubería para evitar filtraciones de agua (Ver imagen 7).



**Imagen 7. Atraque de tubería K32+080 MI**

Terminado con el atraque se dio inicio con el armado y amarre de acero para la construcción de las estructuras de descole, siguiendo los diseños se utilizó acero de refuerzo de diámetro 1/2" y 3/8".

Posteriormente, se realizó el encofrado donde se revisó el alineamiento, el paramento y niveles de terminado, se revisó que no haya espacios entre las juntas para evitar escapes de concreto y se revisó que las formaletas estén debidamente aseguradas.

Revisado lo anteriormente expuesto y con el aval de la interventoría se realizó la cubicación y se solicitó el concreto que corresponde a Clase D (3000 psi), el concreto fue transportado por un camión mixer al lugar del vaciado, antes de salir se realizó toma de muestra en laboratorio para el control de la resistencia.

En obra durante el proceso de vaciado se tuvo en cuenta las recomendaciones citadas por las especificaciones INVIAS Art 630 (Ver imagen 8).



**Imagen 8. Encofrado de la estructura de encole (caja) K32+080 MD**

24 horas después se retiraron los elementos de la formaleta y se realizó el relleno estructural correspondiente (Ver imagen 9).



**Imagen 9. Estructura terminada K32+080 MD**

Terminado la construcción del margen del descole, se realizó el mismo proceso para la construcción de encole que según las condiciones de topografía o requerimiento del cliente puede ser caja o aletas.

La longitud de las alcantarillas está directamente relacionada con el ancho de la calzada considerando un margen de seguridad para evitar accidentes como colisiones de los vehículos con las estructuras.

**Box culvert:** es una estructura que se la utiliza como sistema de drenaje para la fluidez de las aguas naturales impidiendo que las corrientes de agua se represen y presenten inconvenientes en la estructura del pavimento y en la vía en general.

Según los diseños del proyecto, estas estructuras se construyeron en concreto clase C (4000 psi) y de diferentes dimensiones dependiendo del caudal esperado según el estudio hidráulico del proyecto. En la tabla siguiente se muestran los box culvert que se construyeron (Ver tabla 3).

Periodo	Localización	Sección	Vol. Concreto m3	Acero Kg	Vol. Excavación m3	Vol. Relleno m3
Febrero	K32+635	1 x 1	33.49	2923.00	205.13	86.69
Marzo	K35+130	2 x 2	66.87	6614.00	518.99	256.66
Abril	K30+515	2 x 2	56.10	5396.54	742.79	402.36
Abril	K31+950	2 x 2	57	5660.24	1178.12	836.50
Abril	K34+608	5 x 3	103.20	6094.23	717.07	362.80
Mayo	K31+400	5 x 3	93.79	10725.37	231.66	138.06

**Tabla 3. Listado de box culvert – cantidades de obra**

### **Materiales**

- ✓ Concreto clase C
- ✓ Concreto clase E
- ✓ Acero de refuerzo diámetros N4, N5 y N6

### **Equipo**

- ✓ Retroexcavadora caterpillar 320
- ✓ Mixer
- ✓ Volqueta doble-troque 14m3
- ✓ Vibrado de concreto
- ✓ Formaleta metálica
- ✓ Herramientas menores

**Proceso constructivo:** se realizó la localización y replanteo de la obra, el topógrafo suministro datos de alineamiento, paramento, nivel de excavación y nivel de terminado. Se recomendó iniciar la excavación por el lado del descole para dar un mejor manejo a las aguas presentes.

Con la utilización de una excavadora 320 se realizó la excavación tanto para el cuerpo como para la estructura de descole que aplique, realizando controles a los anchos establecidos, profundidad, longitud y pendiente requerida para el correcto funcionamiento de la estructura (Ver imagen 10).



**Imagen 10. Excavación para box K32+635 MD**

Terminado la excavación se realizó la inspección visual de las condiciones del terreno, se hizo la aplicación de un solado de limpieza en concreto Clase E (2500 psi), espesor 10 cm.

Si el área presentaba deficiencias se realizaba una sobre excavación y recuperación del suelo con terraplén seguido de un solado de limpieza o en casos más drásticos reposición en concreto ciclópeo, según como lo autorice el interventor.

Una vez dado por terminado la actividad de replanteo y solado se inició con el armado y amarre de acero, el diámetro utilizado en la construcción de estas estructuras dependió de la sección hidráulica solicitada y del diseño establecido para el proyecto.

Se realizó el figurado, armado y amarre del acero teniendo en cuenta las indicaciones establecidas en los planos de despiece de la estructura y demás controles establecidos en el artículo 640 de la norma INVIAS (Ver imagen 11).



**Imagen 11. Armado de acero box K30+515 MD**

Se liberó la actividad anterior por parte del interventor, quien verificó el cumplimiento de las especificaciones e indicaciones de los planos de la estructura, dimensiones, diámetro del acero, separación, entre otras, se procedió con el encofrado y vaciado de la losa inferior del box, utilizando concreto Clase C (4000 psi), y siguiendo las recomendaciones establecidas en el manual del INVIAS artículo 630, para el control de calidad del concreto desde su producción hasta su terminado final.

Para el control de calidad se tomó 4 muestras que fueron falladas a los 7 y 28 días (Ver imagen 12).



**Imagen 12. Losa Inferior de box K30+515 MD**

Finalizada esta actividad se realizó el retiro de la formaleta 24 horas después y se procedió con la construcción de los muros laterales, se realizó el armado y amarre del acero, según los diseños establecidos en los planos del proyecto, se utilizó formaleta metálica con sus respectivos accesorios para asegurar su estabilidad, puntales de madera y demás elementos con los que se buscó garantizar el correcto funcionamiento de esta durante y después del vaciado, hasta tanto el concreto haya adquirido suficiente resistencia que pueda soportar su propio peso.

Antes del vaciado, además del acero, se verificó la verticalidad de la formaleta (aplomar), los recubrimientos solicitados, espesor de diseño, niveles de terminado, que no haya espacio entre las juntas de las formaleta y demás parámetros requeridos para entregar una buena estructura (Ver imagen 13).



**Imagen 13. Encofrado muros laterales box K35+130 MD**

Previo el cumplimiento de las anteriores requerimientos y autorización de interventoría se procedió al vaciado del concreto, utilizando concreto Clase C, para lo cual se tuvo en cuenta todos los controles solicitados por las especificaciones INVIAS, como vibrado del concreto, toma de muestras para ensayo de compresión, asentamiento slump, transporte, condiciones de vaciado y factores climáticos que contribuyen a garantizar la resistencia y estabilidad general de la estructura.

Terminado la construcción de los muros laterales y teniendo en cuenta los diseños establecidos se inició la construcción de la losa superior de la estructura, para ello se terminó la instalación del acero requerido según los planos.

Se utilizó como obra falsa, formaleta metálica, puntales de madera, puntales metálicos y demás accesorios con los que se buscó garantizar que esta resista el peso del concreto al momento del vaciado y hasta tanto este haya adquirido un

fraguado suficiente que pueda sostenerse por sí mismo.

Al igual que para todos los elementos de esta estructura se debe tener en cuenta las condiciones establecidas en las especificaciones INVIAS para el vaciado de concreto tipo Clase C (4000 psi) (Ver imagen 14).



**Imagen 14. Fundición losa superior K30+515 MD**

Considerando los requerimientos de las especificaciones según el artículo 630 de la norma INVIAS, el retiro de formaleta se hizo a los 14 días después de vaciado la losa de concreto. Laboratorio realizo el ensayo respectivo de compresión y con estos resultados avalados por el interventor, se procedió con el relleno y apertura al tránsito de vehículos, para así continuar con la construcción del lado adyacente, para lo cual se rige el procedimiento antes mencionado.

Las estructuras de encole y descole se construyeron dependiendo la necesidad y condiciones topográficas del terreno natural, estas fueron, muro que sirvió de confinamiento o aleta, se construyeron con el mismo tipo de concreto del resto de la estructura concreto tipo clase C (4000 psi) (Ver imagen 15).



**Imagen 15. Terminado de la estructura K31+950 MD**

En cuanto al relleno de la estructura se realizó después de los 14 días o cuando la resistencia del concreto alcanzo el 85% de la resistencia de diseño. Para estos rellenos se utilizó el vibro-compactador de rodillo y también se utilizó herramienta menor (saltarín o rana) que fueron útiles para compactar lugares de difícil acceso.

Teniendo en cuenta los parámetros expuestos en el artículo 610 de la especificación INVIAS, la conformación del relleno se hizo en capas de espesor uniforme de aproximadamente 0.40 metros, y se compacto hasta obtener una densidad adecuada, se verifico con el ensayo de cono y arena o con densímetro nuclear. Esta debe ser igual o superior al 90% del Proctor (Ver imagen 16).



**Imagen 16. Relleno estructural y toma de densidad K34+608 MI**

<b>Periodo</b>	<b>Localización</b>	<b>Sección</b>
Febrero	K32+635	1 x 1
Marzo	K35+130	2 x 2
Abril	K30+515	2 x 2
Abril	K31+950	2 x 2
Abril	K34+608	5 x 3
Mayo	K31+400	5 x 3

**Tabla 4. Registro densidades de campo (box coulvert)**

**Estructuras de contención:** este sistema estructural se construyó con el fin de mejorar las condiciones de la vía, en cuanto a anchos, confinamientos o zonas de alto riesgo de inestabilidad.

En el proyecto como solución a los problemas de estabilidad o para mejorar las condiciones geométricas se construyeron dos clases de muro, muros en concreto reforzado y muros en gaviones.

**Muro en concreto reforzado:** es una estructura rígida conformada por concreto y acero que contrarresta empujes horizontales y verticales, está diseñada según la necesidad. Para estas estructuras se utilizó concreto Clase C, (4000 psi)

El proyecto tiene establecido diseños tipo que se construyeron según la altura requerida, el diámetro del acero depende también de las condiciones geométricas y la altura de diseño seleccionada (Ver tabla 5).

**LISTADO DE MUROS EN CONCRETO REFORZADO**

Periodo	Localización	Long. (m)	Altura (m)	Vol. Concreto (m3)	Acero Kg	Vol. Excavación (m3)	Vol. relleno (m3)
Febrero	K34+800	8.04	1.91	10.68	678.01	42.12	14.96
Marzo	K31+815	64.56	3.0	120.81	13312.09	777.60	599.04
Abril	K30+515	17.77	2.60	30.55	3452.85	52.58	69.14
Abril	K31+950	9.08	3.20	20.53	2257.47	-	-
Abril	K32+770	6.80	2.0	8.40	585.35	28.40	12.30
Mayo	K31+535	4.60	2.60	6.86	520.99	23.76	10.82
Mayo	K32+480	12.40	2.50	19.41	1398.42	78.00	39.50
Mayo	K32+500	14.60	2.50	22.36	1643.99	90.00	45.50

**Tabla 5. Listado de muros en concreto reforzado – Cantidades de obra**

### **Materiales**

- ✓ Formaleta metálica
- ✓ Acero de refuerzo N 4,5,6 según el tipo de diseño y la altura
- ✓ Alambre de amarre
- ✓ Acero galvanizado
- ✓ Concreto clase C
- ✓ Concreto clase E
- ✓ Madera

### **Equipos**

- ✓ Retroexcavadora caterpillar 320
- ✓ Mixer
- ✓ Volqueta doble-troque -14m3
- ✓ Vibro-compactador de rodillo
- ✓ Vibrador de concreto
- ✓ Herramientas menores

**Proceso constructivo:** se inició con la localización del eje de la vía en el sector donde se proyecta la construcción de la obra, con base en este se localizó el ancho al cual se construirá la estructura, alineamiento paralelo al eje de la vía, paramento y niveles de terminado, parámetros que se tienen en cuenta para el proceso de excavación.

Con la utilización de una excavadora 320, se realizó la excavación de la estructura hasta una profundidad donde las condiciones del suelo sean apropiadas para la cimentación, y en base a esta condición en conjunto con el interventor se seleccionó el diseño que fue aplicado en el sector (Ver imagen 17).



**Imagen 17. Excavación muro K31+815 MI**

Antes de levantar la estructura se realizó un solado de limpieza en concreto tipo clase E (2500 psi), espesor de 0.10 metros, para condiciones de suelo tolerables, si es el caso el interventor autorizara el tratamiento que se requiera para conseguir un suelo de mejores condiciones y que se pueda garantizar la estabilidad de la estructura. (Ver imagen 18).



**Imagen 18. Solado de limpieza muro K31+815 MI**

Continuando con el procedimiento se realizó el figurado, armado y amarre del acero teniendo en cuenta las indicaciones establecidas en los planos de despiece de la estructura y demás controles establecidos en el artículo 640 de la norma INVIAS.

Se liberó la actividad de instalación del acero de refuerzo por parte de interventoría, quien reviso la cantidad, diámetros, separación, traslapos y demás variables, se procedió con la fundición de la zarpa y dentellón, previa instalación de formaleta. El concreto utilizado corresponde a clase C (4000 psi) que se vació considerando los requisitos que establece el artículo 630 de la norma INVIAS, la cual hace referencia a los controles que se deben tener en la producción, transporte e instalación del concreto estructural (Ver imagen 19).



**Imagen 19. Instalación de acero muro K31+815 MI**

Tomando como base soporte la zarpa del muro y una vez cumplido a cabalidad con la instalación del acero de refuerzo, según las indicaciones de los planos del proyecto, se procedió al encofrado del vástago, para esto se utilizó formaleta metálica de (1.2 X 0.6), y demás accesorios que ayudan a alinear y garantizar la verticalidad de la estructura, también otros elementos como puntales con los cuales se buscó asegurar un óptimo funcionamiento de la formaleta durante el proceso de vaciado.

Previa autorización por parte de interventoría se procedió a realizar la cubicación de la estructura para solicitar la cantidad requerida de concreto, especificando la resistencia del mismo.

El concreto se fabricó en la planta y fue transportado en camiones mixer, hasta el lugar donde se realizó la fundición de la estructura. El concreto utilizado para estas estructuras fue concreto tipo clase C (4000 psi).

El procedimiento de producción, transporte y vaciado del concreto en obra estuvo regido bajo la especificación correspondiente y se aplicó estrictamente los controles solicitados.

Para el control de la resistencia se tomaron 4 muestras que fueron falladas a los 7 y 28 días respectivamente, mediante el ensayo de compresión.

Se recomendó la instalación de tubos de 4" que fueron utilizados como lloraderos con el objeto de evacuar posibles filtraciones de aguas subterráneas, estos se ubicaron generalmente en la parte inferior del vástago, y también a la tercera parte de la altura del muro, según lo establecen los diseños (Ver imagen 20).



**Imagen 20. Fundición de vástago de muro K31+815 MI**

Con base en la especificación, 48 horas después se realizó el retiro de la formaleta, evitando golpes que puedan generar desportillamientos que afecten el acabado de la estructura, inmediatamente se continuo con el proceso de curado, para este se utilizó el riego constante de agua.

Finalmente, luego que la estructura alcanzo mínimo el 85% de la resistencia esperada y con los resultados del ensayo de compresión, se procedió a realizar el relleno estructural correspondiente con el fin de habilitar paso vehicular.

El relleno fue conformado con material de sub-base, el cual fue extendido en capas de espesores de 30 a 40 cm y compactado por el vibro-compactador, hasta alcanzar la densidad de compactación solicitada.

Los rellenos realizados fueron verificados, chequeados por parte de interventoría, según lo establece los parámetros indicados en el ensayo de densidad o masa unitaria INV-161- 07, para lo cual se realizó el ensayo de cono y arena. (Ver imagen 21)



**Imagen 21. Relleno estructural y control de densidades muro K31+815 MI**

Periodo	Localización	Long.
Febrero	K34+800	8.04
Marzo	K31+815	64.56
Abril	K30+515	17.77
Abril	K31+950	9.08
Abril	K32+770	6.80
Mayo	K31+535	4.60
Mayo	K32+480	12.40
Mayo	K32+500	14.60

**Tabla 6. Registro densidades de campo (muros concreto reforzado)**

**Muro en gavión:** estructura que contrarresta los empujes horizontales y verticales de la tierra, es catalogada como una estructura flexible y económica de construirla.

Dentro del proyecto se construyeron 18 muros en gavión, de los cuales la mayoría tiene la finalidad de mitigar problemas de estabilización de taludes (Ver tabla 7).

Periodo	Localización	Volumen (m3)	Periodo	Localización	Volumen (m3)
Enero	K25+275	32.00	Marzo	K24+640	166.00
Enero	K33+300	64.00	Marzo	K24+100	472.00
Enero	K33+350	100.00	Abril	K25+494 – K25+470	208.00
Febrero	K24+640	236.00	Abril	K25+125	80.00
Febrero	K25+625	172.00	Abril	K30+530 – K30+595	322.00
Febrero	K33+990	252.00	Abril	K34+100	56.00
Febrero	K34+100	288.00	Mayo	K25+125	34.00
Febrero	K35+100	214.00	Mayo	K28+200	146.00
Marzo	K30+535	71.00	Mayo	K31+450	15.00

**Tabla 7. Listado de muros en gaviones – cantidades de obra**

### **Materiales**

- ✓ Mallas metálicas para gavión
- ✓ Canto rodado (piedra bolo)
- ✓ Formaleta de madera
- ✓ Alambre galvanizado

### **Equipo**

- ✓ Retroexcavadora caterpillar 320
- ✓ Volqueta doble-troque 14m3
- ✓ Herramientas menores

**Sistema constructivo:** se realizó el replanteo correspondiente, se tomó alineamientos, niveles, paramentos etc. Todos estos parámetros de construcción fueron supervisados por la comisión de topografía y avalados por el interventor según el diseño propuesto.

Se hizo la excavación de tal manera que el frente del muro conserve una distancia horizontal igual o superior a 50 cm a partir del bordillo de la cuneta, en cuanto a la profundidad de la excavación los especialistas recomendaron que el muro quede empotrado por lo menos 60 cm por debajo del nivel de rasante.

Dependiendo de las condiciones del suelo de cimentación se realizó la aplicación de un solado de limpieza en concreto Clase E (2500 psi), para casos en los que el suelo no muestre condiciones de soporte adecuadas se realizó una sobre excavación y recuperación del suelo con predraplen seguido de un solado de limpieza (Ver imagen 22).



**Imagen 22. Mejoramiento de suelo muro K30+535 MD**

Antes de iniciar con el llenado de las mallas, las caras se apoyaron a una formaleta de madera, las mallas deben amarrarse entre sí a lo largo de todas las aristas en contacto, tanto horizontales como verticales. Para obtener un mejor alineamiento y terminado.

El relleno se realizó con piedra rajón o piedra bola de modo tal que se obtenga el mínimo porcentaje de vacíos. Para esto la piedra se colocó dentro de la malla manualmente procurando que se traben unas con otras, acomodando las de menor tamaño en el centro de la malla y las de mayor tamaño se colocan junto a la cara buscando un buen acabado, durante el llenado se colocaron tensores de alambre galvanizado en los dos sentidos de la malla, se instalaron cada tercera parte de la altura de la malla, con el fin de prevenir deformación debido a la presión de la piedra o el relleno.

Terminado el relleno se realizó el cierre de la cara superior amarrándola con los bordes laterales de la malla. Por recomendación y según el diseño el primer nivel del muro se ubicó en tizón esto con el fin de que tenga un mejor funcionamiento y contrarreste el empuje que pueda generar el talud durante la construcción, además para la ubicación del nivel superior se recomienda dejar una separación horizontal de 0.50 metros con relación al primer nivel (Ver imagen 23).



**Imagen 23. Muro en gaviones K30+535 MD**

**Filtros viales:** sistema de drenaje que tiene como objetivo la evacuación de aguas sub-superficiales y además ayuda a estabilizar las paredes del carril evitando humedades, filtraciones y desgastes. Su construcción se realizó en sentido longitudinal o paralelo al eje de la vía, ubicado en la pata del talud en la zona de ampliación.

**Materiales:**

- ✓ Material filtrante
- ✓ Geotextil 2500
- ✓ Manguera perforada PVC 4"

**Equipo**

- ✓ Retroexcavadora pajarita
- ✓ Volqueta doblo-troque 14m<sup>3</sup>
- ✓ Mini-cargador

**Proceso constructivo:** con referencia al artículo 673 de las especificaciones INVIAS, se realizó el replanteo y se marcó los niveles de excavación ajustados a la sección transversal del filtro, altura 1 metro y ancho 0.6 metros, este proceso se llevó a cabo con un retro cargador o pajarita y fue apoyado por una comisión de topografía quien controlaba la regularidad y la pendiente longitudinal del filtro con el fin de asegurar una adecuada cota o nivel de descole a la alcantarilla más próxima.

Se realizó la instalación del geo-textil (No tejido 2500), ubicándolo sobre toda la excavación incluido sus paredes, evitando se presenten arrugas, se dejó la cantidad de geotextil necesaria para hacer la cobertura del filtro o si es el caso se realiza costura, los traslajos longitudinales se realizaron como mínimo 0.45 metros, ubicando el nuevo tramo por debajo del geotextil que requiere el traslajo. El geotextil tiene la función de la retención de partículas de grano fino al fluir el agua (Ver imagen 24).



**Imagen 24. Instalación de geotextil y manguera perforada 4" K31+850 MD**

Previo al lleno del filtro se instaló la manguera corrugada de 4", que tiene como objetivo conducir y evacuar el agua del filtro hasta su descole final en la alcantarilla más próxima. Continuando con el proceso se realizó el llenado del filtro con material granular filtrante, este debe estar completamente limpio y libre de finos que puedan obstaculizar el paso del agua, su tamaño está comprendido entre 3/4" y 3" (Ver imagen 25).



**Imagen 25. Llenado de material filtrante K31+850 MD**

Finalmente, una vez completado el nivel de relleno del filtro se realizó el cierre del geotextil, asegurando la cobertura total del material. (Ver imagen 26).



**Imagen 26. Cierre de geotextil K31+950 MD**

### 1.3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.

El pavimento es el conjunto de capas de material seleccionado, que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, cumpliendo los niveles de exigencia de la obra.

La estructura de un pavimento está constituida por un conjunto de varias capas superpuestas, con diferentes características que se diferencian de acuerdo a sus propiedades geo-mecánicas. Es importante anotar que el número de capas estructurales de un pavimento esta dado en función de la calidad que tenga la sub rasante en su capacidad de soporte.

Considerando lo anteriormente expuesto y según los diseños entregados por el cliente, en donde se presentó los resultados de la campaña de exploración geotécnica se definió para el tramo comprendido entre el K18+600 al K35+600, la siguiente estructura (Ver tabla 8).

ABSCISA	CARPETA ASFALTICA (metros)	BASE (metros)	SUBBASE (metros)	MEJORAMIENTO (metros)
K18+600/K21+000	0.11	0.25	0.30	0.30
K21+000/K25+000	0.10	0.20	0.30	-
K25+000/K35+600	0.10	0.20	0.23	-

**Tabla 8. Estructura del pavimento**

Sin embargo, según las recomendaciones de los especialistas si se llegara a encontrar suelos con características diferentes a las descritas en el informe que pudieran representar propiedades expansivas, baja consistencia, alta humedad; sugirieron realizar su reemplazo por material de crudo de río o pedraplén hasta las cotas que permitan eliminar por completo el suelo natural que presente características plásticas y/o expansivas.

Los materiales a utilizar en la construcción de las respectivas capas de la estructura de pavimento fueron producto de un proceso de explotación de río, acopio y trituración que se lleva a cabo en instalaciones y con maquinaria propia del contratista, para este proceso se utilizó maquinaria pesada, Retroexcavadora de Orugas 336D, Dumper, Cargador 966F, Trituradora Telesmith, además se contó con un laboratorio certificado quien hace los respectivos ensayos para verificar el cumplimiento de las normas INVIAS.

**Mejoramiento de subrasante:** consistió en el retiro del suelo natural producto de la excavación para la ampliación de la vía, que posteriormente fue remplazado por material de mejores características geo-mecánicas que ayudan a mejorar las condiciones portantes de la sub rasante o suelo del soporte (Ver tabla 9).

PERIODO	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	VOLUMEN
Febrero	K30+600	K30+700	1980
Marzo	K33+650	K34+000	2100

**Tabla 9. Tramo de mejoramiento de subrasante**

**Materiales:**

- ✓ Material granular – mejoramiento

**Equipo:**

- ✓ Motoniveladora
- ✓ Vibro-compactador
- ✓ Volquetas doble troque (14 m3)
- ✓ Carro tanque de agua

**Ejecución de los trabajos:** una vez realizado el corte del talud para la ampliación y la excavación del retiro del suelo natural, chequeado las cotas según los lineamientos del proyecto y verificado las condiciones de la subrasante, este procedimiento se lo conoce como “cajeo”, se procedió a instalar el material de mejoramiento, que cumple con la especificación particular 230P (Ver imagen 27).



**Imagen 27. Mejoramiento de subrasante K30+660 - K30+720**

En el proceso que se llevó a cabo con la utilización de volquetas doble-troque para el transporte desde la planta de producción hasta su sitio de disposición final, se recomendó que los volcos estén completamente limpios, se encarpo para evitar en caso de lluvias saturación del material y alteración de la humedad de compactación, el material recibido se extendió y se aproximó a las cotas de diseño (Ver imagen 28).



**Imagen 28. Compactación mejoramiento de subrasante K30+660-K30+720**

Aunque según la estructura definida, no debía aplicarse material de mejoramiento, para algunos sectores, este procedimiento se llevó a cabo por que la subrasante encontrada presentaba unas condiciones no aceptables para la construcción de la estructura, lo cual llevo a que en decisión conjunta con el interventor se definiera el tratamiento con una capa de piedra y una capa de mejoramiento, con el fin de mejorar las características portantes de la subrasante.

**Sub-base granular:** capa granular localizada entre la subrasante y la base granular en los pavimentos asfálticos, también sirve de soporte a los pavimentos de concreto hidráulico y en algunos casos se la utiliza como material de soporte para, bordillos, conformación de cunetas y de otros elementos que no estarán sometidos a tráfico vehicular (Ver tabla 10).

<b>ABSCISA INICIAL</b>	<b>ABSCISA FINAL</b>	<b>VOLUMEN</b>
K30+710	K32+920	4699.0
K22+020	K22+190	410.55
K33+650	K34+130	993.60
K21+620	K21+660	94.76

**Tabla 10. Tramos de subbase – volumen instalado**

**Materiales:**

Sub base granular.

**Equipo.**

- ✓ Motoniveladora
- ✓ Vibro-compactador
- ✓ Volquetas doble-troque (14 m3)
- ✓ Carro tanque de agua

**Ejecución de los trabajos:** teniendo en cuenta las características de la estructura definida para los tramos respectivos, que se muestran en la tabla N.8, para la instalación de subbase, en los sectores donde no sea necesario la aplicación de material de mejoramiento, se realizó la excavación para el retiro del terreno natural y se reemplazó con material granular subbase con los espesores previamente definidos (Ver imagen 29).



**Imagen 29. Excav. de subrasante K31+200 – K31+350 MD**

El material fue transportado desde la planta de producción hasta su sitio de disposición final, este fue acordonado para verificar su uniformidad y calidad, se utilizó la motoniveladora para su extensión, aproximación a la sección transversal y cotas de diseño indicados en los planos del proyecto. A razón que el espesor era superior en algunos tramos a 20 cm la instalación se realizó en dos capas, según lo solicitado en las especificaciones (Ver imagen 30).



**Imagen 30. Instalación de subbase K30+300 - K30+600**

Una vez que el material extendido de la sub-base granular obtuvo la humedad apropiada, ya sea por adición de agua o aireación que permitió una apropiada compactación se conformó ajustándola a los alineamientos, niveles y secciones del proyecto, se compacto utilizando un vibro compactador, hasta alcanzar la

densidad especificada. La compactación se realizó longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hizo del borde inferior al superior (Ver imagen 31).



**Imagen 31. Compactación de subbase granular K32+100 - K32+300**

Una vez terminado los trabajos de extensión, nivelación y compactación se solicitó a interventora la liberación de la capa, que consistió en chequear topográficamente los niveles, anchos, espesores y terminado de la respectiva capa, así como el chequeo de densidades para verificar el grado de compactación requerido, que para este caso es el 95% (Ver imagen 32).



**Imagen 32. Toma de densidades K30+830**

<b>ABSCISA INICIAL</b>	<b>ABSCISA FINAL</b>
K30+710	K33+020
K22+020	K22+190
K33+190	K33+900
K21+610	K21+670

**Tabla 11. Registro de densidades de campo**

**Base granular:** capa granular localizada entre la subbase granular y la carpeta asfáltica en los pavimentos flexibles.

Previo la terminación del proceso de construcción de la capa de subbase granular, y que haya sido aprobado por el interventor se procedió a la instalación de la capa de base granular, la cual tiene unas exigencias más altas en cuanto a granulometría, calidad y terminado de la misma, a razón que sobre ella descansara la capa de rodadura (Ver tabla 12).

<b>ABSCISA INICIAL</b>	<b>ABSCISA FINAL</b>	<b>VOLUMEN</b>
K30+880	K33+690	6380
K22+020	K22+240	453
K21+530	K21+680	309
K34+620	K35+040	739

**Tabla 12. Tramos de base – volumen instalado**

**Materiales:** se utilizó material de base granular Clase B, que cumple con las siguientes especificaciones según la tabla INVIAS (Ver imagen 33).

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
<b>Dureza (O)</b>				
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%)	E-218	40	40	35
- 500 revoluciones		8	8	7
- 100 revoluciones				
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	30	25
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10 % de finos	E-224	-	70	90
- Valor en seco, mínimo (kN)		-	75	75
- Relación húmedo/seco, mínimo (%)				
<b>Durabilidad (O)</b>				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220	12	12	12
- Sulfato de sodio		18	18	18
- Sulfato de magnesio				
<b>Limpieza (F)</b>				
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	-	-
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	3	0	0
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	30	30	30
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 1)	E-235	10	10	10
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	2	2	2
<b>Geometría de las Partículas (F)</b>				
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	35	35	35
Caras fracturadas, mínimo (%)	E-227	50	70	100
- Una cara		-	50	70
- Dos caras				
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%)	E-239	-	35	35
<b>Resistencia del material (F)</b>				
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 330.5.2.2.2); el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.	E-148	≥ 80	≥ 80	≥ 95

**Imagen 33. Control de calidad de los agregados**

### Equipo

- ✓ Motoniveladora
- ✓ Vibro-compactador
- ✓ Volquetas doble-troque (14 m3)
- ✓ Carro tanque de agua

**Ejecución de los trabajos:** una vez realizado la liberación de la capa anterior se procedió a instalar el material de base granular, proceso que se llevó a cabo con la utilización de volquetas doble-troque para el transporte desde la planta de producción hasta su sitio de disposición final, en la obra el material fue acordonado donde se verificó su uniformidad, este material fue recibido por el área de topografía del contratista quien indicó las cotas máximas (niveles) a los cuales se debe extender, aproximar y crear, que consistió en llevar el material hasta su

nivel de cotas de diseño con la utilización de la motoniveladora (Ver imagen 34).



**Imagen 34. Instalación de base granular K30+500 - K30+660**

Una vez que el material extendido (base granular) obtuvo la humedad apropiada, ya sea por adición de agua o aireación que permitió una apropiada compactación se conformó ajustándola a los alineamientos, niveles y secciones del proyecto, se realizó el proceso de compactación utilizando un vibro compactador, hasta alcanzar la densidad especificada.

La compactación se realizó longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hizo del borde inferior al superior (Ver imagen 35).



### Imagen 35. Humedecimiento y compactación de base granular K32+000

Una vez terminado los trabajos de extensión, nivelación y compactación se solicitó a interventora la liberación de la capa, que consistió en chequear topográficamente los niveles, anchos, espesores y terminado de la respectiva capa, así como el chequeo de densidades para verificar el grado de compactación requerido, que para este caso es el 100%, ensayo que se realizó con equipo de laboratorio Cono y Arena, según ensayo INV E-161, los resultados se muestran en la siguiente tabla (Ver imagen 36).



Imagen 36. Toma de densidades K31+450

ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL
K30+680	K33+700
K22+020	K22+240
K21+530	K21+700
K34+620	K35+040

Tabla 13. Registro de densidades de campo

## 1.4 PAVIMENTOS ASFALTICOS

**Imprimación:** consistió en la aplicación de un material asfáltico, en forma de película, sobre la superficie de la base granular, sus funciones fueron impermeabilizar, cerrar los espacios capilares, revertir, pegar sobre la superficie las partículas sueltas, Endurecer la superficie, facilitar el mantenimiento, promover la adherencia entre la superficie sobre la cual se colocó la capa asfáltica, este riego no hizo ningún aporte estructural a las capas del pavimento.

**Materiales:**

Emulsión Asfáltica de Rotura rápida al 60%

**Equipo:**

- ✓ Compresor con soplete
- ✓ Irrigador
- ✓ Herramienta menor

**Ejecución de los trabajos:** una vez aceptada la capa de la base granular en cuanto a conformación, compactación y acabado el interventor autorizo realizar el riego, antes de este proceso se tuvo en cuenta las siguientes recomendaciones.

Señalizar el área a imprimir, para evitar accidentes y también preservar el riego, que corre el riesgo de ser levantado por el tránsito de vehículos.

limpiar la superficie para eliminar el polvo, barro, o cualquier otro material suelto, este proceso se debe llevar a cabo cuidadosamente evitando el desprendimiento de partículas de la base que puedan generar huecos en la superficie granular.

Teniendo en cuenta las recomendaciones anteriores se procedió con el riego de la emulsión, la cual esta fue preparada previamente para cumplir con la dosificación exigida y temperatura, la aplicación del ligante se realizó de manera uniforme evitando la generación de charcos que en un futuro puedan genera exudación. Como se trató de una vía en operación constante, primero se realizó la imprimación de un carril, se dejó cerrada por 4 a 6 horas con el fin de garantizar que haga un rompimiento adecuado y que esta sea absorbida por la capa granular, luego de este tiempo se hizo una aplicación ligera de arena sobre la superficie imprimada, con el fin de permitir la circulación vehicular y hacer la imprimación del otro carril. (Ver imagen 37)



**Imagen 37. Riego de emulsión asfáltica K31+ 200 MI**

Para verificar el cumplimiento de la cantidad de emulsión aplicada se realizó un chequeo inicial de la cantidad de producto que sale en el irrigador y una vez consumida se hizo un chequeo final para determinar la cantidad gastada en el área cubierta, cuyo resultado está en el rango de 1.8 litros/m<sup>2</sup>, con esto se cumple con la especificación que exige que la cantidad de riego debe estar entre 0.85-2.25 l/m<sup>2</sup>.

**Mezcla asfáltica:** una vez concluidas las actividades previas a la instalación de MDC , que incluye las liberaciones de las capas granulares donde se recibió a satisfacción niveles, anchos de sección, espesores, densidades y realizado el proceso de imprimación tal como se describió anteriormente, se revisó la uniformidad de la superficie garantizando que no haya sido afectada por agentes externos como el clima, el tráfico y por material de arrastre, entre otras, así como también se verifico que no haya charcos de agua o exceso de imprimación.

Antes de iniciar el proceso de extensión se realizó la localización del eje y bordes de la calzada con la finalidad que el acabado este acorde con el alineamiento y ancho establecido en los planos del proyecto.

Una vez atendido estas consideraciones se inició con el proceso de instalación de mezcla asfáltica, para este caso según las consideraciones del proyecto se utilizó una MDC -19, preparada con Cemento Asfáltico 60/70 diseñada método Marshall, cuyas características principales solicitadas según especificaciones INVIAS se resumen en la fórmula de trabajo, diseño Marshall. (Ver tabla 14)

<b>ABSCISA INICIAL</b>	<b>ABSCISA FINAL</b>	<b>VOLUMEN M3</b>
34+160	34+620	439.60
34+650	35+040	296.40
32+910	33+690	592.80
21+540	21+705	160.05
32+560	32+910	266.00
34+620	34+650	22.80
30+810	31+300	475.30

**Tabla 14. Tramos de MDC-19 – volumen instalado**

### **Equipo**

- ✓ Planta asfáltica: atlon capacidad 50 ton /hora
- ✓ Cargador cat 966F
- ✓ Volquetas doble-troque (14m3)
- ✓ Asphaltadora (finisher)
- ✓ Compactador rodillo (tamdem)
- ✓ Compactador de llantas (hyster)
- ✓ Carro tanque para suministro de agua
- ✓ Herramienta menor

### **Ejecución de los trabajos.**

**Producción de la mezcla asfáltica:** el proyecto contaba con una planta para la producción de la mezcla Asfáltica, se realizó un estricto control por el departamento de laboratorio quien estaba pendiente de la humedad de los agregados, de chequear el porcentaje de asfalto, de la granulometría para asegurar la homogeneidad de la mezcla, se hizo chequeo de la temperatura de producción o de salida de la mezcla, esta estuvo entre 150 y 180°C (Ver imagen 38).



**Imagen 38. Planta de asfalto (campamento cass constructores)**

La mezcla fue transportada hasta el sitio de la obra en volquetas doble-troque (14m<sup>3</sup>), los volcos estuvieron completamente limpios y se aplicó a las paredes un riego ligero de ACPM para evitar la adherencia de la mezcla a la lámina, en la obra se realizó nuevamente el control de la temperatura de llegada antes de iniciar con la extensión (Ver imagen 39).



**Imagen 39. Cargue y transporte de la mezcla Asfáltica**

La mezcla fue vaciada a la tolva de la asphaltadora o finisher, la cual regulo de manera que la superficie de la capa extendida resulto lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con el espesor tal que, luego de compactada, se ajustó a la rasante y a la sección transversal requerida en los diseños, por esa razón

considerando el porcentaje de expansión se aplicó una capa de 12.5 cm, para obtener un espesor final de mezcla compacta de 10 cm, que es el espesor indicado en el diseño de la estructura según la clasificación de algunos tramos, el control lo realizó el tornillero, que es la persona que se encargó de hacer los ajustes necesarios a la maquina con el fin de garantizar los anchos y espesores esperados. (Ver imagen 40)



**Imagen 40. Instalación de mezcla asfáltica K32+ 800 MI**

Se corrigió todo tipo de defectos o segregaciones para ello la cuadrilla de asfalto tomo mezcla caliente y la zarandea obteniendo así una mezcla más fina que es esparcida (venteo) en los sitios defectuosos con el fin de corregir las imperfecciones detectadas, se recomienda golpear con un rastillo el hombro (borde) de la carpeta para garantizar una mejor estabilidad y evitar desmoronamientos de las aristas que influyen en el acabado y alineación de los bordes de la calzada.

La instalación de la mezcla se realizó por carriles en el sentido longitudinal, procurando que los tramos a pavimentar sean los más largo posible para evitar la presencia de juntas transversales, cuando es necesario la interrupción, bien sea por finalización de la jornada o por finalización del tramo, antes de continuar se debe hacer aplicar emulsión o ligante para iniciar la nueva jornada, además se tomó todas las medidas necesarias para que la junta realizada quede bien ajustada a las cotas y acabados esperados de tal manera que no se presenten marcas o abultamientos de mezcla que sean perceptibles al paso de vehículos.

Se recomienda la aplicación temprana o inmediata de la mezcla en el carril adyacente, en lo posible mientras la mezcla antes aplicada tenga una adecuada temperatura que permita la elaboración de una junta longitudinal bien acabada, en

el que se evite la presencia de fallas que se conviertan en líneas de conducción de agua por el eje de vía, si dado el caso que la construcción se realice luego de varios días o en otra jornada, esta se debe aplicar ligante, esperar a que rompa y aplicar la mezcla, teniendo en cuenta las recomendaciones que aseguren que no haya deficiencias en el acabado.

Durante el proceso de extensión se realizó un control de la temperatura para evitar que esta sea inferior a la temperatura de compactación requerida en este proceso (Ver imagen 41).



**Imagen 41. Controles de temperatura K32+100 MI**

Antes de iniciar con el proceso de compactación se hizo un control de temperatura con el cual se aseguró que la mezcla extendida soportara la carga a la que es sometida con el compactador de rodillos (tándem) y no se presentaran agrietamientos, asentamientos o desplazamientos indebidos, la temperatura de compactación establecida para el proyecto estuvo comprendida entre 120° - 130°C.

El proceso de compactación se realizó de manera longitudinal y continúa empezando por los bordes hacia el centro, y en los sitios de altos peraltes desde el borde inferior hacia el borde superior, traslapando cada pasada o franja de compactación.

Para la compactación de las juntas longitudinales el compactador traslapo con el carril anteriormente pavimentado por lo menos 20 cm garantizando una buena nivelación de la junta, la cuadrilla hizo una revisión y chequeo de niveles utilizando una boquillaera o codal con el cual se puede detectar la presencia de depresiones o alguna imperfección que fue corregida inmediatamente hasta cumplir con la sección transversal indicada (Ver imagen 42).



**Imagen 42. Compactación mezcla asfáltica con rodillo liso K31+300 MI**

La compactación se hizo de manera continua y se terminó con la compactación generada por el compactador de llantas que se encargó de sellar los vacíos y borrar las huellas dejadas por el compactador de rodillos, proceso con el cual se garantizó una mejor densidad de la capa de pavimento instalada, en el proceso de compactación se tuvo un especial cuidado con el exceso de agua que es de vital importancia para evitar la adherencia de la mezcla a rodillos y llantas de los compactadores (Ver imagen 43).



**Imagen 43. Compactación mezcla asfáltica con rodillo de llantas K32+000 MI**

Cumplida la compactación exigida, y una vez la temperatura de la capa instalada alcanzo la temperatura ambiente se dio paso al tránsito.

A parte de los ensayos que se realizaron en la producción de la mezcla, durante la extensión se tomaron muestras de mezcla para la elaboración briquetas que

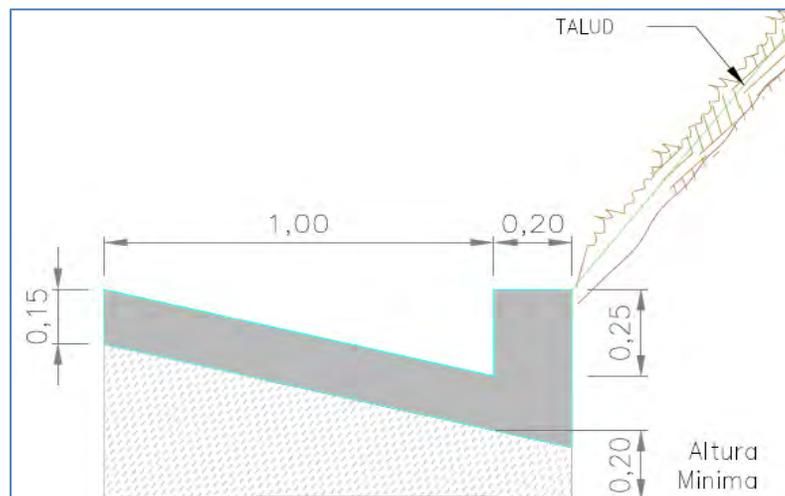
fueron estudiadas en el laboratorio para el cumplimiento de las especificaciones, también se realizó la extracción de núcleos intercalando cada 50 metros en dirección diagonal a los cuales se les hizo ensayos para verificar la densidad, espesor y demás ensayos exigidos por la norma INVIAS (Ver imagen 44).



Imagen 44. Extracción de núcleos K30+535 MI

## 1.5 OBRAS DE DRENAJE Y COMPLEMENTARIA

**Cunetas:** estructura de drenaje superficial, están ubicadas en el extremo de la vía, su función principal es recibir y canalizar las aguas pluviales procedentes de la propia calzada hasta la obra o alcantarilla más cercana, estas aguas son evacuadas a través de los niveles de pavimento y bombeo, otra de las funciones importantes es que evitan las infiltraciones que pueden producir daños a la estructura del pavimento (Ver imagen 45).



## Imagen 45. Sección típica cunetas tipo (L)

### Materiales

- ✓ Concreto tipo clase D
- ✓ Material sub-base granular para conformación
- ✓ Acpm
- ✓ Formaleta metálica

### Equipo

- ✓ Retrocargador o pajarita
- ✓ Volqueta doblo-troque 14m3
- ✓ Cortadora de pavimento
- ✓ Saltarín o rana
- ✓ Herramientas menores

**Proceso constructivo:** con base al artículo 671 de la Norma INVIAS para la construcción de cunetas revestidas en concreto, primero se realizó el replanteo de la sección para dar inicio a la construcción de las cunetas, se tuvo en cuenta los niveles, pendientes longitudinales y alineamientos con el fin de obtener un buen funcionamiento en el drenaje de las aguas superficiales, y una buena presentación en cuanto a acabados.

Terminado la excavación y replanteo, se utilizó la cortadora de pavimento, se hizo un corte longitudinal al borde del hombro de pavimento, este debe ser lo mínimo posible de tal manera que se cumpla con el ancho de la sección para capa de rodadura (Ver imagen 46-47).



Imagen 46. Excavación para cunetas K32+ 700 MD



**Imagen 47. Corte de pavimento 32+850 MD**

El suelo para fundir las cunetas se mejoró con material granular (mejoramiento) y su conformación se hizo utilizando rana o saltarín, con el fin de obtener una superficie lo más uniforme posible cumpliendo con el espesor de diseño (Ver imagen 48).



**Imagen 48. Conformación de piso para cunetas K32+900 MD**

Se realizó el plantillado, o instalación de formaleta, que para este caso se utilizó formaleta metálica para los espaldares y bordillos y de madera para la losa inferior o tapas laterales, se utilizó Acpm para el encofrado, con el fin de evitar la adherencia del concreto a la formaleta y que al final no haya desportillamientos o imperfecciones en los terminados del concreto (Ver imagen 49).



**Imagen 49. Plantillas para cunetas K30+350 MD**

Se utilizó concreto tipo clase D (3000 psi), que tomando como referencia las recomendaciones detalladas en el Artículo 630 para concretos, se inició la fundición de las placas, el vaciado se realizó en forma intercalada con una longitud máxima de cada placa de 2.0 metros, para contrarrestar los efectos de retracción del concreto, por recomendación de los diseños.

Se descargó el concreto de la mixer en cantidades iguales por placa y se utilizó vibrador de concreto en el momento de la fundición, esto con el objetivo de eliminar el aire atascado y mejorar las condiciones de las partículas generando una buena resistencia y un buen acabado (Ver imagen 50).



**Imagen 50. Fundición de cuneta K21+600 MI**

Dependiendo de la condición del concreto como haya llegado al lugar de ejecución se esperó y minutos después se realizó el acabado de la estructura se utilizó

herramientas menores como codales, llanas, adicionalmente se utilizó escobas, estas se pasaron de forma perpendicular al eje de la estructura con el objetivo de texturizar el concreto y darle un mejor acabado, además se utilizó un acolillador el cual es utilizado en los bordes de la cuneta para dar una mejor estética. Finalmente se realizó el proceso de curado, se utilizó agua o anti-sol durante el terminado (Ver imagen 51).



**Imagen 51. Finalización de la cuneta K21+ 600 MI**

## **1.6 PUENTES**

Forman parte del proyecto vial la construcción de los puentes Virolin que tiene una luz de 27.60 metros conformado por 4 vigas pos-tensadas y un tablero de 12 metros de ancho y el puente Pienta conformado por 3 luces, luz central de 50 metros y dos luces de 15 metros, es un puente combinado cuya luz central será construida en estructura metálica y las luces de los extremos con vigas reforzadas.

**Puente virolin:** se participó con el apoyo e inspección técnica en la etapa final de este:

- ✓ Izaje de vigas pos-tensadas
- ✓ Construcción de obra falsa
- ✓ Figurado armado y amarre de acero de tablero
- ✓ Fundición del tablero.

El izaje de las vigas, esta actividad consistió en llevar las vigas fundidas en el piso, hasta su posición final sobre los estribos del puente, por tratarse de una actividad de alto riesgo se realizó a través de un subcontratista (grúas y cargadores) que cuentan con la experiencia suficiente para este tipo de procedimientos.

El equipo utilizado fue, 2 grúas de capacidad 100 toneladas y 2 cabezotes de

tracto mulas para el transporte de las vigas hasta el puente (Ver imagen 52).



**Imagen 52. Izaje de viga pos-tensadas – puente violín**

Una vez terminado el izaje y ubicación de las vigas pos-tensadas se procedió a realizar la obra falsa, que fue utilizada como soporte y andamios para la construcción de las vigas riostras y el tablero, se debió cumplir con estrictos controles de seguridad por cuanto debe soportar el peso del concreto correspondiente a la losa, esta conservo las pendientes transversales y demás criterios para su construcción.

Siguiendo con los diseños establecidos se hizo la construcción de las vigas riostras, localizadas en los extremos y dos vigas centrales, su construcción se realizó en concreto Clase C (4000 psi), según los diseños del proyecto (Ver imagen 53).



**Imagen 53. Construcción de obra falsa – puente violin**

Teniendo completa la construcción de las vigas riostras, una adecuada y segura obra falsa, se continuó con el figurado, armado y amarre de acero que debe estar de acuerdo a las listas de despieces aprobadas en los planos del proyecto, se respetó los diámetros, cuantías, separación y demás exigencias del artículo 640 de la norma INVIAS para la instalación de acero de refuerzo (Ver imagen 54).



**Imagen 54. Armado y amarre de acero de losa superior – puente violin**

Previa autorización por parte de interventoría y tomando como referencia el artículo 630 de INVIAS se programó la fundición del tablero, utilizando concreto Tipo Clase C, (4000 psi), se realizó los controles exigidos en cuanto a la producción, transporte, vaciado, vibrado, curado y control de calidad, con el

acompañamiento continuo del laboratorio.

A razón de la diferencia de altura con el puente nuevo y la vía existente fue necesaria la utilización de bomba estacionaria para el bombeo de concreto, acoplada a tubería de 5", para este caso el concreto tuvo un asentamiento de 7" para facilitar su bombeo (ver figura 55).

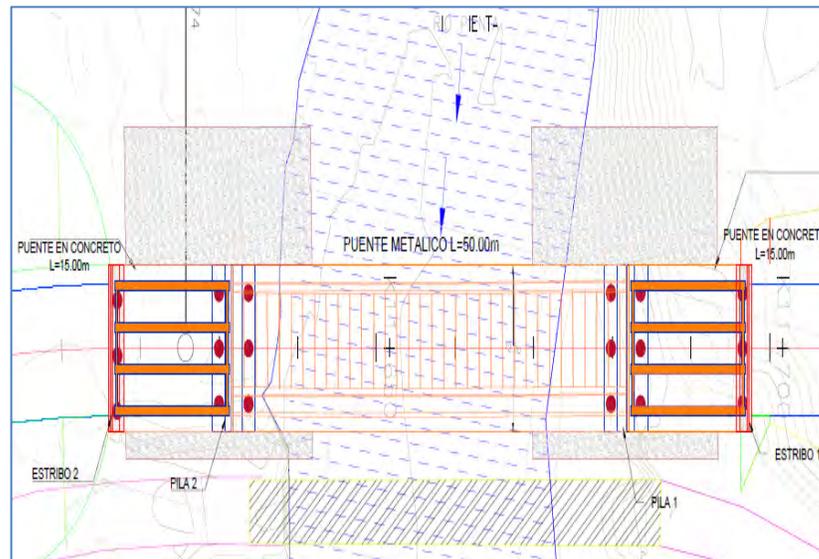


**Imagen 55. Fundición losa superior (tablero) – puente violin**

**Puente pienta:** como se había mencionado anteriormente esta es una estructura combinada la cual consta de 3 secciones, una sección metálica de 50 metros y dos de 15 metros en concreto reforzado, obteniendo una longitud total de 80 metros, para esta actividad se realizó el apoyo y acompañamiento técnico en la cimentación profunda del puente, y la construcción de la zapata (dado).

Una vez se obtuvo la información del perfil estratigráfico, estudio de suelos y diseños realizados por los consultores (Fandiño Diseñadores) se inició la ejecución de los pilotes.

La cimentación del puente estuvo conformada por 2 ejes centrales que tiene 6 pilotes de 1.20 diámetro y profundidad 12 metros y 2 ejes extremos formados por 3 pilotes de 1.20 metros de diámetro y 15 metros de profundidad (Ver imagen 56).



**Imagen 56. Vista en planta puente Pienta**

## Equipos

- ✓ Piloteadora soilmec sr 30
- ✓ Brocas rotatorias para perforación
- ✓ Retroexcavadora caterpillar 320
- ✓ Camisa circular de 1.20 metros de diámetro
- ✓ Tubería tremie
- ✓ Oxicorte
- ✓ Motobomba
- ✓ Cables para izaje de cargas
- ✓ Mixer
- ✓ Formaleta metálica
- ✓ Herramientas menores.

**Proceso constructivo:** una vez se obtuvo la suficiente información del área donde se va a ejecutar la estructura, se realizó una plataforma que fue el sitio de circulación de la piloteadora, esta tuvo una capacidad portante adecuada que pudo soportar el peso y circulación de la maquinaria, además se niveló con el fin de evitar el desvío y pérdida de la verticalidad de la excavación. La construcción de la estructura se inició con el eje 2.

Con base en el Artículo 621 del INVIAS, se inició el proceso de construcción de pilotes pre-excavados, con la localización topográfica del pilote a excavar. La piloteadora se ubicó frente a este punto con la herramienta de perforación, se realizó chequeo para verificar que la punta de la broca corresponda con el eje del pilote y se inició con el proceso de excavación.

Dependiendo de la altura y condiciones del terreno se instaló una camisa de acero que sirvió de formaleta para evitar que las paredes de la excavación se derrumben, esta se introducía a medida que avanza la profundidad de la excavación, se chequeo también su verticalidad y alineación con respecto a los ejes del pilote (Ver imagen 57).



**Imagen 57. Excavación y ubicación de la camisa pilote eje 2 – puente pienta**

La profundidad avanzo hasta alcanzar la excavación especificada en los planos del proyecto, se revisó que los suelos encontrados correspondan a los que se presentan en el perfil estratigráfico y a la altura especificada, información que se envía constantemente a los especialistas.

Los suelos encontrados en el proyecto fueron entre los 0 a los 5 metros material aluvial de tamaño máximo 6", entre los 5 – 9 metros se encontró piedra bolo de gran tamaño que obligó a realizar un cambio en la herramienta de trabajo y en profundidades superiores se encontraron lutitas de alta dureza de color gris negro, que correspondió a los suelos esperados para la fundación.

Una vez alcanzada la profundidad esperada se realizó una sobre-excavación o limpieza con la herramienta adecuada con el fin de garantizar que no haya materiales sueltos en el fondo de la excavación, este fue verificado y aprobado por parte de Interventoría quien ordeno la continuación de las actividades.

Una vez autorizado la continuación de los trabajos se instaló la canasta de refuerzo elaborada según lo indicado en los planos del proyecto, estuvo conformada por 35 varillas de N.10 de longitud 13.10 y 109 anillos N4, que

representan un peso aproximado de 3900 kg, debe estar correctamente amarrada, se colocaron los separadores y espaciadores para garantizar el recubrimiento, se realizó también control de alineación y niveles que deben estar dentro de las tolerancias permitidas, para evitar que la canasta se levante durante la colocación del concreto se soldán varillas a la camisa de acero (Ver imagen 58).



**Imagen 58. Instalación canasta de refuerzo eje 3 – puente pienta**

Inmediatamente aprobado la actividad anterior se procedió con la programación para la fundición de los pilotes con concreto clase C de resistencia (4000 psi), antes se alisto toda las herramientas necesarias para realizar la fundición, entre ellas, esta una muy importante que es la instalación de la Tubería Tremie formada por tubos de 6” de diámetro y 6 metros de longitud que fueron acoplados hasta alcanzar la profundidad del pilote, El extremo inferior del primer tubo queda siempre sumergido en el concreto por lo menos de 2 a 3 metros, previniendo así la segregación, la elevación y salida del concreto contaminado.

El vaciado fue continuo alcanzando la cota de diseño y además hasta que se mire que el concreto tiene buenas condiciones y no muestra signos de contaminación, durante el vaciado se realizaron leves movimientos de la tubería con el fin de generar vibrado, cuidando de no mezclar el concreto con materiales o lodos de la excavación.

Durante el proceso de construcción de los pilotes se realizó acompañamiento permanente de laboratorio para toma de muestras y controles que requiere el concreto desde su producción hasta la entrega final del elemento (Ver imagen 59).



**Imagen 59. Vaciado de concreto pilotes eje 2 - tubería tremie - puente pienta**

Una vez terminado el vaciado del pilote y antes que el concreto endurezca se procedió con el retiro de la camisa metálica para ello se realizaron movimientos circulares leves, la extracción, se realizó lentamente, ejerciendo presión paralela al eje del pilote.

Este procedimiento de construcción se realizó de acuerdo con las especificaciones técnicas, recomendaciones de los estudios y diseños y fue aplicado para la construcción de toda la cimentación del puente.

**Zapatas:** una vez terminado la construcción de los pilotes se continuó con la construcción de la zapata (Dado) del eje 2 y 3, para esto se realizó la demolición o descabezado del concreto sobrante para llegar a las cotas de los planos (Ver imagen 60).



**Imagen 60. Demolición de concreto sobrante (descabezado) eje 2 – puente pienta**

Se realizó el solado, se descubrió el acero y se hizo la respectiva limpieza, se inició con la instalación de acero según los planos y listas de despiece, paralelo a esto se instaló el acero correspondiente a las pilas circulares ya que estas van traslapadas desde la base de la zapata (Ver imagen 61).



**Imagen 61. Amado y amarre de acero para zapata eje 2 – puente pienta**

finalizado todo lo referente a la instalación del acero y que haya orden de interventoría para continuar con las actividades se realizó la colocación de formaleta y vaciado de la estructura, siguiendo los controles establecidos en las especificaciones para la producción, transporte, vaciado, vibrado y curado del concreto estructural. Concreto clase C (4000 psi) (Ver imagen 62).



**Imagen 62. Fundición de zapata eje 2 – puente pienta**

## 2. GESTIÓN ADMINISTRATIVA

### INFORMES TÉCNICOS

Los informes realizados fueron documentos de carácter obligatorio y de gran importancia ya que por medio de ellos se llevó el control a la programación de la obra, estos informes permitieron tomar medidas de reacción en caso de requerirse un plan de acción para el cumplimiento de la programación de obra.

Estuvieron clasificados en dos áreas; el área de concretos y asfalto, en el cual se registró las cantidades ejecutadas correspondiente a obras de arte e instalación de mezcla asfáltica. Por otra parte, el área de explanación y granulares, en donde se registró la cantidad de subbase, base o mejoramiento instalado en obra, así como la cantidad ejecutada producto del movimiento de tierras para la ampliación.

#### **Informe de materiales granulares y explanación.**

- ✓ Conformación de botaderos
- ✓ Explanación
- ✓ Desalojo de derrumbes
- ✓ Pedraplén
- ✓ Excavación en roca
- ✓ Transportes mayores a 1000 m
- ✓ Base granular
- ✓ Mejoramiento
- ✓ Sub base

#### **Informe de concretos y mdc**

- ✓ Obras de arte
- ✓ Asfalto

**Medición de cantidades de obra - pre acta de obra.** Esta es una función muy importante, por cuanto tiene que ver con la medición diaria, semanal y mensual que se hizo para la realización de las actas de obra.

**Control de personal:** se realizó el registro y control del tiempo y asistencia del personal de la obra, así como la asignación de tareas que se distribuyen de acuerdo a la programación mensual de obra.

### 3. CONCLUSIONES

El diseño del proyecto cumple con todas las especificaciones del INVIAS.

El registro de cantidades que se hace en los informes diarios es de gran importancia para el control y seguimiento a la programación de obra.

Los controles de calidad para los concretos y demás materiales son de gran importancia para el desarrollo de cualquier proyecto de obra civil, por cuanto es a través de esta información que se toman decisiones encaminadas a entregar una buena obra.

El cumplimiento de los procedimientos de construcción exigidos en la norma, que, sumados a un estricto control de calidad, sirve como herramienta para evitar reprocesos en las actividades, que conlleven a retraso en el cumplimiento de la programación y sobrecostos.

Las obras de drenaje, son elementos muy importantes en la construcción de vías, ya que recogen y conducen las aguas lluvias y de escorrentía, evitan infiltraciones de agua a la estructura, y en general proporcionan mayor estabilidad a todo el proyecto vial. El control de la temperatura de la mezcla asfáltica se debe realizar desde el inicio de la producción con el fin de garantizar que no haya ningún despacho de mezclas con temperaturas inferiores a las solicitadas y que puedan traer consigo problemas de estabilidad en obra.

La instalación de tubos PVC de 4" que son utilizados como lloraderos, son de gran importancia en todas obras posibles (muros, caja, aletas) ya que estos pueden evacuar posibles filtraciones de aguas subterráneas que generan presiones adicionales a las estructuras. Generalmente, son ubicados en la pata o a la tercera parte de la altura de las pantallas verticales.

El proyecto se desarrolló de manera adecuada llevando un control disciplinado en todas las actividades desarrolladas conforme las especificaciones técnicas del INVIAS, además garantizando así la estabilidad de la obra, cumpliendo las expectativas de los usuarios y dando solución a los problemas de movilidad que se venían presentando debido al deterioro de la carretera.

#### **4. RECOMENDACIONES**

Garantizar la utilización de materiales y mano de obra certificados, en cada actividad del proceso de construcción, conduce a la entrega de las obras en las mejores condiciones y a la generación de bienestar y mejoramiento de la calidad de vida de quienes harán uso de ellas.

Planificar las actividades involucradas en la ejecución de una obra civil y tomar decisiones oportunas cuando estas se requieran, permite lograr las metas establecidas y alcanzar los mejores resultados.

Exigir trabajos de primera calidad y recibir todas las actividades por medio de inspecciones, es de gran importancia para tener un trabajo correcto, seguro y de condiciones idóneas.

Poseer un plan de calidad objetivo que brinde parámetros claros de construcción, seguimiento y control permite brindar confianza y tranquilidad a quienes harán uso de la obra, garantizando que las técnicas y procedimientos empleados fueron los apropiados.

Elaborar un plan de contingencia, cuando se presenta los retrasos durante del desarrolló de las obras y ejecutarlo de forma inmediata

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Especificaciones generales de construcción de carreteras y normas para ensayo para materiales de carreteras 2007.

Estudios y diseños del proyecto corredor vial San Gil – Charalá

Estudios y diseños del puente Pienta

,