



**Supervisión y asistencia en el diseño y ejecución de proyectos viales en pavimento flexible**

Juan José Miranda Rojas

Informe de práctica presentado para optar al título de Ingeniero Civil

Asesor

Asesor Interno: Juan Daniel Ríos Arboleda, Magíster (MSc)

Asesor Externo: Jefry Zea Buriticá, Especialista (Esp)

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Civil

Medellín, Antioquia, Colombia

2024

---

Cita

(Miranda Rojas, 2024)

---

Referencia

*(Miranda Rojas, 2024). Supervisión y asistencia en el diseño y ejecución de proyectos viales en pavimento flexible [Informe de práctica] Ingeniería civil.*

Estilo APA 7 (2020)

Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

---



Biblioteca Carlos Gaviria Díaz

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## Tabla de contenido

|  |    |
|--|----|
| Resumen .....  | 10 |
| Abstract .....   | 11 |
| Introducción .....   | 12 |
| 1 Planteamiento del problema .....                                   | 14 |
| 1.1 Antecedentes .....   | 14 |
| 2 Justificación.....   | 16 |
| 3 Objetivos .....  | 17 |
| 3.1 Objetivo general .....   | 17 |
| 3.2 Objetivos específicos.....                                       | 17 |
| 4 Marco teórico .....  | 18 |
| 4.1 Vías secundarias .....   | 18 |
| 4.2 Pavimento.....   | 18 |
| 4.2.1 Pavimento flexible .....                                       | 18 |
| 4.3 Cunetas .....  | 23 |
| 4.4 Muros de contención .....  | 24 |
| 4.5 Ensayos de laboratorio .....                                     | 24 |
| 4.5.1 Ensayo de resistencia a la compresión .....                    | 25 |
| 4.5.2 Ensayo de compactación de Proctor modificado .....             | 25 |
| 4.5.3 Ensayo de densidad en campo de base .....                      | 25 |
| 4.5.5 Ensayo de extracción de núcleos en pavimentos asfálticos ..... | 25 |
| 5 Metodología .....  | 26 |
| 6 Resultados y discusión .....                                       | 30 |
| 6.1 Cilindros de concreto.....                                       | 31 |

|  |    |
|--|----|
| 6.2 Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos en base ..... | 39 |
| 6.3 Ensayo de compactación de Proctor modificado .....                 | 42 |
| 6.4 Ensayo de densidad en campo de base .....                          | 45 |
| 6.5 Proceso constructivo.....  | 48 |
| 7 Conclusiones .....   | 52 |
| Referencias .....  | 54 |
| Anexos.....  | 56 |

## Lista de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1 Requisito de los materiales de la sub-rasante. Fuente: Especificación técnica: rellenos para conformación de la subrasante (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2011)  | 20 |
| Tabla 2 Requisitos de los agregados para subbases granuales. Fuente: Especificaciones técnicas generales de materiales de construcción para proyectos de infraestructura vial y de espacio público en Bogotá (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2011)              | 21 |
| Tabla 3 Requisitos de los agregados para bases granulares. Fuente: Especificaciones técnicas generales de materiales de construcción para proyectos de infraestructura vial y de espacio público en Bogotá (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2011)                | 22 |
| Tabla 4 Parámetros óptimos de diseño mezcla asfáltica MDC 19. Fuente: Caracterización de diseño mezcla asfáltica mdc-19, mezcla asfáltica asfalto modificado con grano caucho de llanta GRC y mezcla asfáltica GRC con polímeros (Barreto Rodríguez, 2016) | 23 |
| Tabla 5 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto para primera tanda del mes de febrero. Fuente: Informes CONSOR S.A.S.   | 32 |
| Tabla 6 Tipos de fallas. Fuente: Informes CONSOR S.A.S.  | 35 |
| Tabla 7 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto para la tanda del mes de marzo. Fuente: Informes ConSOR S.A.S.  | 36 |
| Tabla 8 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto para la tanda del mes de abril. Fuente: Informes ConSOR S.A.S.  | 38 |
| Tabla 9 Análisis granulométrico de base granular utilizada en el proyecto. Fuente: Informes CONSOR S.A.S.  | 40 |
| Tabla 10 Franjas granulométricas del material de base granular. Fuente: Normas y Especificaciones INVIAS. 2012.  | 40 |
| Tabla 11 Resultados ensayo Proctor Modificado. Fuente: Informes CONSOR S.A.S.  | 43 |
| Tabla 12 Densidad seca máxima, humedad óptima, y valores corregidos. Fuente: Informes CONSOR S.A.S.  | 44 |
| Tabla 13 Resultados de ensayo de densidad en campo de base para primer tramo. Fuente: Informes CONSOR S.A.S.   | 45 |
| Tabla 14 Resultados de ensayo de densidad en campo de base para segundo tramo. Fuente: Informes CONSOR S.A.S.  | 47 |
| Tabla 15 Resultados de ensayo de densidad en campo de base para última muestra. Fuente: Informes CONSOR S.A.S.   | 48 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 16 Actividades del primer capítulo que fueron acompañadas y supervisadas. Fuente: Informes CONSOR S.A.S.  | 49 |
| Tabla 17 Actividades del segundo capítulo que fueron acompañadas y supervisadas. Fuente: Informes CONSOR S.A.S. | 50 |
| Tabla 18 Actividades del cuarto capítulo que fueron acompañadas y supervisadas. Fuente: Informes CONSOR S.A.S.  | 50 |
| Tabla 19 Actividades del quinto capítulo que fueron acompañadas y supervisadas. Fuente: Informes CONSOR S.A.S.  | 51 |

## Lista de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 Estructura típica de pavimento flexible. Fuente: Instructivo del proceso constructivo de una vía en pavimento flexible (Ortíz, 2017) | 19 |
| Figura 2 Componentes muro de contención. Fuente: Construmática.com  | 24 |
| Figura 3 Plano planta general de obras hidráulicas, visto entre las abscisas K0+500 y K0+900. Fuente: Informes CONSI COR S.A.S.               | 30 |
| Figura 4 Curva granulométrica de base BG-38 utilizada para mejoramiento vial. Fuente: Informes CONSI COR S.A.S.                               | 42 |
| Figura 5 Peso unitario seco vs contenido de humedad óptima. Fuente: Informes CONSI COR S.A.S.   | 44 |
| Figura 6 Plano obras hidráulicas. Fuente: Informes CONSI COR S.A.S.   | 58 |
| Figura 7 Plano diseño geométrico de la vía. Fuente: Informes CONSI COR S.A.S  | 59 |
| Figura 8 Plano muros de contención. Fuente: Informes CONSI COR S.A.S.   | 60 |

## **Lista de fotografías**

|   |    |
|---|----|
| Fotografía 1 Regado de base con motoniveladora. Fuente: Elaboración propia                                    | 28 |
| Fotografía 2 Toma de muestras en campo. Fuente: Elaboración propia.   | 31 |
| Fotografía 3 Descapote de terreno natural para realización de muro de contención. Fuente: Elaboración propia. | 56 |
| Fotografía 4 Excavación manual para la realización de cunetas. Fuente: Elaboración propia.                    | 56 |
| Fotografía 5 Excavación con máquina para elaboración de obra transversal. Fuente: Elaboración propia.         | 56 |
| Fotografía 6 Vaciado de muro de contención de 15 metros. Fuente: Elaboración propia.                          | 56 |
| Fotografía 7 Regado y nivelación de base. Fuente: Elaboración propia.   | 57 |
| Fotografía 8 Instalación de carpeta asfáltica con MDC 19. Fuente: Elaboración propia.                         | 57 |
| Fotografía 9 Transporte de material de MDC 19. Fuente: Elaboración propia.                                    | 57 |
| Fotografía 10 Realización de bordillo para cuneta. Fuente: Elaboración propia.                                | 57 |

## **Siglas, acrónimos y abreviaturas**

|             |                                       |
|-------------|---------------------------------------|
| <b>Esp.</b> | Especialista                          |
| <b>MSc</b>  | Magister Scientiae                    |
| <b>UdeA</b> | Universidad de Antioquia              |
| <b>MDC</b>  | Mezcla Densa en Caliente              |
| <b>s.f.</b> | Sin Fecha                             |
| <b>MPa</b>  | Mega Pascal                           |
| <b>PSI</b>  | Pounds per Square Inch                |
| <b>NTC</b>  | Norma Técnica Colombiana              |
| <b>INV</b>  | Invías                                |
| <b>ISC</b>  | Ingeniería de Servicios y Consultoría |
| <b>GSC</b>  | Grimaudis Sierra Correa               |

## Resumen

Este informe detalla la práctica empresarial como estudiante de ingeniería civil que se llevó a cabo en las empresas CONSOR S.A.S y GSC desde el 29 de enero de 2024 hasta el 29 de julio de 2024. Durante este período, se detalla el proceso completo para evaluar, planificar y ejecutar un proyecto de vías secundarias y terciarias, enfocándose en pavimento flexible debido a sus características. El objetivo principal de este trabajo consiste en apoyar el diseño o cambios en este y supervisar la construcción de una vía que sea segura, cómoda y que cumpla con todas las especificaciones técnicas pertinentes, esto por medio de acompañamiento en la obra, supervisión a las actividades que se realizan en esta, correcciones en la ejecución de ser necesarias, y realización de informes y cálculos en obra necesarios para el desarrollo de esta. Además, se busca garantizar la economía y la funcionalidad a lo largo de todo el proceso.

*Palabras clave:* Pavimento, flexible, vías secundarias, vías terciarias, supervisar, correcciones, construcción, informes.

### **Abstract**

This report details the business practice as a civil engineering student that was carried out at the companies CONSOR S.A.S and GSC from January 29, 2024, to July 29, 2024. During this period, the complete process for evaluating, planning, and executing a secondary and tertiary roads project is detailed, focusing on flexible pavement due to its characteristics. The main objective of this work is to support the design or changes to it and supervise the construction of a road that is safe, comfortable, and meets all relevant technical specifications. This is achieved through on-site support, supervision of activities carried out, corrections in execution if necessary, and preparation of reports and calculations required for the development of the project. Additionally, it aims to ensure economy and functionality throughout the entire process.

*Keywords:* Pavement, flexible, secondary roads, tertiary roads, supervise, corrections, construction, reports.

## Introducción

Las vías secundarias y terciarias desempeñan un papel fundamental en el desarrollo socioeconómico del país. A pesar de que la red vial principal ha recibido una considerable atención en términos de inversión y mantenimiento, las vías secundarias y terciarias continúan siendo vitales para conectar comunidades rurales y facilitar el acceso a recursos naturales, servicios básicos y mercados locales. Sin embargo, estas vías suelen enfrentar desafíos significativos en términos de calidad, seguridad y capacidad, lo que limita su capacidad para impulsar el desarrollo regional.

En el contexto de mejorar estas infraestructuras, uno de los aspectos cruciales a considerar es el tipo de pavimento a utilizar. En este sentido, se optará por pavimento flexible para los proyectos de vías terciarias y secundarias. Este tipo de pavimento, compuesto principalmente por asfalto y materiales agregados, ofrece una serie de ventajas significativas en comparación con el pavimento rígido. Por un lado, el pavimento flexible es más adecuado para terrenos con deformaciones moderadas, lo que lo convierte en una opción ideal para áreas con suelos menos estables, como las zonas rurales y montañosas de Colombia. Además, el pavimento flexible es más resistente a las grietas y fisuras causadas por movimientos del suelo y cambios de temperatura, lo que resulta en una vida útil más prolongada y menores costos de mantenimiento a largo plazo. Asimismo, este tipo de pavimento permite una construcción más rápida y económica, lo que lo hace especialmente apropiado para proyectos en áreas remotas o de difícil acceso.

En el proceso de mejorar estas infraestructuras, se dará prioridad al cumplimiento de normativas reconocidas y estándares internacionales en ingeniería civil. Para la parte vial, se seguirán las normativas establecidas por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), que abarcan aspectos como diseño, construcción y mantenimiento de carreteras, asegurando así la calidad y seguridad de las vías. En cuanto a la parte geotécnica, se aplicarán las recomendaciones de la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras y Transporte (AASHTO), las cuales incluyen criterios específicos para el análisis y diseño de estructuras en suelos y terrenos, garantizando una adecuada estabilidad y resistencia. Además, para elementos estructurales como muros de contención, se seguirán las especificaciones establecidas en las Normas Colombianas de Diseño y

Construcción Sismo Resistente (NSR-10), que aseguran la capacidad estructural y la resistencia sísmica de las obras.

Basándose en lo expuesto anteriormente, se establece un cronograma, se determina el presupuesto de la obra y se desarrolla un plan de operaciones. Estos documentos son luego sometidos a evaluación, corrección y aprobación. Finalmente, se procede con la ejecución en campo, asegurando la implementación adecuada de toda la planificación del proyecto.

## **1 Planteamiento del problema**

La vía que conecta San Vicente Ferrer y El Peñol en Antioquia, Colombia, actualmente se encuentra sin pavimentar, lo cual presenta algunos desafíos significativos. La falta de pavimentación ralentiza el tránsito, aumenta el riesgo de accidentes y eleva los costos de mantenimiento vehicular, especialmente durante la temporada de lluvias cuando el camino se vuelve fangoso y resbaladizo.

Esta situación impacta negativamente la calidad de vida y la economía local. La lentitud en el transporte de productos agrícolas y comerciales reduce la eficiencia, afectando los ingresos de productores y comerciantes. La pavimentación de esta vía facilitaría una conexión más rápida y segura, mejorando el transporte de mercancías y personas, y potenciando el desarrollo económico y turístico de ambos municipios.

La mejora de la infraestructura vial también tiene beneficios ambientales y sociales. Una carretera pavimentada reduciría las emisiones de polvo, mejoraría la calidad del aire y optimizaría el consumo de combustible, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental. En resumen, la pavimentación de la vía es esencial para mejorar la movilidad, la economía y la calidad de vida en San Vicente Ferrer y El Peñol, además de fomentar un desarrollo regional sostenible.

### **1.1 Antecedentes**

La vía que conecta San Vicente Ferrer y El Peñol ha sido históricamente una ruta importante para la comunicación y el intercambio comercial entre estos dos municipios del departamento de Antioquia. Esta región es conocida por su actividad agrícola y ganadera, lo que ha generado la necesidad de una conexión vial para el transporte de productos.

A lo largo de los años, la vía ha experimentado períodos de mejoras y deterioro, dependiendo de las políticas de infraestructura y el financiamiento disponible. La falta de pavimentación ha sido un problema recurrente, especialmente en temporadas de lluvias cuando el

camino se vuelve difícil de transitar, a su vez, las comunidades locales han hecho esfuerzos para mantener la vía transitable, pero los recursos han sido limitados.

La no pavimentación de esta vía ha tenido un impacto considerable en la economía local, pues la dificultad para transportar productos agrícolas y otros bienes comerciales ha limitado las oportunidades de crecimiento económico para los habitantes de San Vicente Ferrer y El Peñol. Además, el acceso limitado afecta el desarrollo de otros sectores como el turismo.

En diferentes ocasiones, se han planteado proyectos y propuestas para la pavimentación de la vía, pero varios obstáculos, incluyendo la falta de financiamiento y problemas administrativos, han retrasado su ejecución.

## **2 Justificación**

La pavimentación de esta vía es crucial debido a su relevancia histórica y socioeconómica. Esta ruta ha sido esencial para el intercambio comercial y la comunicación entre ambos municipios. No obstante, la falta de pavimentación ha limitado su funcionalidad, especialmente durante la temporada de lluvias, lo que aumenta el riesgo de accidentes y ralentiza el transporte de productos agrícolas y otros bienes, afectando negativamente la economía local. Mejorar esta infraestructura permitirá una conexión más rápida y segura, potenciando el desarrollo económico y mejorando la calidad de vida de los residentes.

El pavimento flexible, compuesto principalmente de asfalto, es especialmente adecuado para este proyecto debido a sus ventajas en términos de costo, durabilidad y mantenimiento. Este tipo de pavimento se adapta a las deformaciones del terreno sin fracturarse, lo que es ideal para las variaciones climáticas y topográficas de la región. Además, puede ser reparado de manera rápida y eficiente, minimizando las interrupciones al tráfico y reduciendo los costos de mantenimiento a largo plazo.

Su implementación mejorará significativamente el tránsito vehicular, y seguridad de la vía, facilitando el transporte de mercancías y personas, y fomentando el crecimiento económico de la región.

### **3 Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Supervisar y asistir la obra de pavimento flexible en el proyecto del mejoramiento vial entre San Vicente de Ferrer y El Peñol en su diseño y ejecución a partir de la normativa técnica y a su vez realizar y analizar los ensayos pertinentes en la misma.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Visualizar el progreso y cambios en la obra a partir de la presentación de informes diarios, semanales y mensuales.
- Supervisar el diseño de estructuras de pavimentos, o demás elementos estructurales acorde a los resultados de ensayos de laboratorio.
- Dar control al proceso constructivo de estructuras de pavimentos y demás elementos estructurales.

## **4 Marco teórico**

La falta de vías secundarias es un problema que afecta negativamente a diversas regiones del país, especialmente a aquellas áreas rurales y apartadas. Esta carencia conlleva una serie de consecuencias como el aislamiento, limitaciones en la conectividad, dificultades a la hora de transportar productos, falta de seguridad, etc., que impactan tanto en el desarrollo socioeconómico como en la calidad de vida de las comunidades locales.

El mejoramiento de estas vías que conectan municipios mediante la implementación de pavimento flexible ofrece una serie de beneficios, incluida una mayor durabilidad, menor necesidad de mantenimiento, mayor seguridad vial, mejor conectividad y un estímulo económico para las áreas circundantes.

### **4.1 Vías secundarias**

Las vías secundarias son aquellas que establecen la conexión entre las cabeceras municipales o se originan en una cabecera municipal y se conectan con una carretera primaria. Estas vías pueden estar pavimentadas o tener un revestimiento de afirmado (INVÍAS, 2016).

### **4.2 Pavimento**

El pavimento es una composición de varias capas de materiales específicamente elegidos, dispuestas una sobre otra y compactadas sobre la superficie del suelo (Garzón y Hernández, 2018). Existen tres tipos principales de pavimentos, los cuales varían según los materiales utilizados en su construcción y la manera en que distribuyen y manejan las cargas que soportan.

#### ***4.2.1 Pavimento flexible***

Una de las categorías de pavimento es el pavimento flexible, cuya estructura completa se deforma o flexiona en respuesta a las cargas que pasan sobre ella. Este tipo de pavimento está

compuesto por varias capas, incluyendo la subrasante, la subbase, la base y la carpeta asfáltica, cada una con un propósito específico (Bonett, 2014).

Estos propósitos incluyen resistir y distribuir adecuadamente las cargas del tránsito para evitar deformaciones, mantener la impermeabilidad para prevenir la infiltración de agua que pueda debilitar el suelo requiriendo un drenaje eficiente, soportar el desgaste y el desprendimiento de partículas causados por los vehículos, resistir los efectos adversos de los agentes atmosféricos que pueden afectar la durabilidad del pavimento, proporcionar una superficie de rodadura segura y cómoda para el tráfico vehicular tanto en condiciones secas como húmedas, y ser lo suficientemente flexible para adaptarse a pequeñas fallas en la base o sub-base sin necesidad de costosas reparaciones (Bonett, 2014).



*Figura 1 Estructura típica de pavimento flexible. Fuente: Instructivo del proceso constructivo de una vía en pavimento flexible (Ortíz, 2017)*

#### **4.2.1.1 Subrasante**

La subrasante es la superficie finalizada de la carretera, nivelada a través de movimientos de tierra (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado. Esta subrasante sirve como base directa para la estructura del pavimento y es parte integral del perfil de la carretera, que se construye entre el terreno natural nivelado o explanada y la estructura del pavimento (Ministerio de Economía y Finanzas de Perú, 2015).

Todos los materiales empleados en la construcción de rellenos para la conformación de la subrasante deben ser obtenidos de las excavaciones realizadas durante la explanación, de préstamos

laterales o de fuentes previamente aprobadas. Es fundamental que estos materiales estén completamente libres de sustancias dañinas, como compuestos químicos que puedan afectar la estabilidad del pavimento, y no contengan materia orgánica, raíces u otros elementos que puedan deteriorar la calidad y durabilidad de la estructura vial (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2011). La selección y verificación rigurosa de estos materiales aseguran una base sólida y resistente para la infraestructura del pavimento, contribuyendo a su rendimiento óptimo y a la prolongación de su vida útil.

*Tabla 1 Requisito de los materiales de la sub-rasante. Fuente: Especificación técnica: rellenos para conformación de la subrasante (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2011)*

| Tipo de Material                  | Norma de Ensayo | Seleccionados      | Adecuados          | Tolerables         |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Tamaño máximo                     | INV-E-123-07    | 75 mm              | 100 mm             | 150 mm             |
| Pasa tamiz de 75 $\mu$ m (No.200) | INV-E-123-07    | $\leq$ 25% en peso | $\leq$ 35% en peso | $\leq$ 35% en peso |
| Pasa tamiz de 2 mm ( No 10)       | INV-E-123-07    | $\leq$ 80% en peso | $\leq$ 80% en peso | -                  |
| C.B.R. de laboratorio (1)         | INV-E-148-07    | $\geq$ 10 %        | $\geq$ 5 %         | $\geq$ 3%          |
| Expansión en prueba C.B.R.        | INV-E-148-07    | 0%                 | < 2%               | <2%                |
| Contenido de materia orgánica     | INV-E-121-07    | 0%                 | < 1%               | <2%                |
| Límite líquido                    | INV-E-125-07    | < 30               | <40                | <40                |
| Índice plástico                   | INV-E-126-07    | <10                | <15                | -                  |

#### 4.2.1.2 Subbase

La subbase, como componente integral de la estructura del pavimento, se ubica directamente bajo la capa de base. Es una capa de material granular que se construye utilizando materiales más económicos en comparación con las capas superiores del pavimento. Su función principal es facilitar el drenaje del agua que pueda infiltrarse desde la superficie o ascender por capilaridad (Ortiz Mancera, 2017).

*Tabla 2 Requisitos de los agregados para subbases granulares. Fuente: Especificaciones técnicas generales de materiales de construcción para proyectos de infraestructura vial y de espacio público en Bogotá (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2011)*

| Ensayo  |  | Norma de Ensayo | Clase de Subbase Granular |          |          |
|---|--|-----------------|---------------------------|----------|----------|
|   |  |                 | SBG_C                     | SBG_B    | SBG_A    |
| <b>Petrografía</b>                                    |  |                 |                           |          |          |
| Análisis petrográfico                                 |  | ASTM C-295      | Reportar                  | Reportar | Reportar |
| <b>Dureza</b>   |  |                 |                           |          |          |
| Desgaste Los Angeles (Gradación A)                    | - En seco, 500 revoluciones, % máximo                              | INV E-218       | 40                        | 35       | 35       |
|   | - En seco, 100 revoluciones, % máximo                              |                 | 8 (RO)                    | 7 (RO)   | 7 (RO)   |
|   | - Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones, % máximo (1) |                 | 60 (RO)                   | 55 (RO)  | 55       |
|   | - Relación húmedo/seco, 500 revoluciones, máximo                   |                 | 2 (RO)                    | 2 (RO)   | 2        |
| Micro Deval, % máximo                                 | - Agregado Grueso (FT)   | ASTM D-6928     | 35                        | 30       | 30       |
| 10% de finos  | - Valor en seco, kN mínimo   | BS 812 PART 111 | 40 (RO)                   | 50 (RO)  | 60 (RO)  |
|   | - Relación húmedo/seco, % mínimo                                   |                 | 65 (RO)                   | 70 (RO)  | 75 (RO)  |
| <b>Durabilidad</b>                                    |  |                 |                           |          |          |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo   | - Sulfato de Magnesio  | INV E-220       | 18                        | 18       | 18       |
| <b>Limpieza</b>                                       |  |                 |                           |          |          |
| Límite Líquido, % máximo                              |  | INV E-125       | 25                        | 25       | 25       |
| Índice de Plasticidad, % máximo                       |  | INV E-126       | 6                         | 3        | 3        |
| Equivalente de Arena, % mínimo                        |  | INV E-133       | 20                        | 20       | 20       |
| Valor de Azul de Metileno, máximo                     |  | EN-933-9        | 10                        | 10       | 10       |
| Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo |  | INV E-211       | 2                         | 2        | 2        |
| <b>Geometría de las Partículas</b>                    |  |                 |                           |          |          |
| Partículas Fracturadas Mecánicamente, % mínimo        | - 1 cara   | INVE-227        | NA                        | 50       | 50       |
|   | - 2 caras  |                 | NA                        | NA       | 30       |

#### 4.2.1.3 Base

La base es una capa compuesta de material granular que se encuentra debajo de la superficie de asfalto. Se requiere que este material tenga cualidades de fricción para garantizar una resistencia efectiva y sostenida, incluso frente a cambios en las condiciones y, además, debe tener porosidad. Su función principal es actuar como un componente robusto que canaliza las fuerzas generadas por el tráfico hacia las capas inferiores del pavimento, como la subbase y la subrasante, de manera apropiada (Garzón y Hernández, 2018).

Las características de los agregados pétreos que se empleen en la construcción de la base granular, deberán llenar los siguientes requisitos:

Tabla 3 Requisitos de los agregados para bases granulares. Fuente: Especificaciones técnicas generales de materiales de construcción para proyectos de infraestructura vial y de espacio público en Bogotá (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2011)

| Ensayo   |  | Norma de Ensayo    | Clase de Base Granular |                    |             |
|--|--|--------------------|------------------------|--------------------|-------------|
|  |  |                    | BG_C                   | BG_B               | BG_A        |
| <b>Petrografía</b>   |  |                    |                        |                    |             |
| Análisis petrográfico  |  | ASTM C-295         | Reportar               | Reportar           | Reportar    |
| <b>Dureza</b>  |  |                    |                        |                    |             |
| Desgaste Los Angeles (Gradación A)   | - En seco, 500 revoluciones, % máximo                              | INV E-218          | 35                     | 30                 | 30          |
|  | - En seco, 100 revoluciones, % máximo                              |                    | 7 (RO)                 | 6 (RO)             | 6 (RO)      |
|  | - Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones, % máximo (1) |                    | 55 (RO)                | 50 (RO)            | 45          |
|  | - Relación húmedo/seco, 500 revoluciones, máximo                   |                    | 2 (RO)                 | 2 (RO)             | 2           |
| Micro Deval, % máximo  | - Agregado Grueso (FT)   | ASTM D-6928        | 30                     | 25                 | 20          |
| 10% de finos   | - Valor en seco, kN mínimo<br>- Relación húmedo/seco, % mínimo     | BS 812<br>PART 111 | 60 (RO)<br>75 (RO)     | 75 (RO)<br>75 (RO) | 100<br>75   |
| <b>Durabilidad</b>   |  |                    |                        |                    |             |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo  | - Sulfato de Magnesio  | INV E-220          | 18                     | 18                 | 18          |
| <b>Limpieza</b>  |  |                    |                        |                    |             |
| Límite Líquido, % máximo   |  | INV E-125          | 25                     | 25                 | 25          |
| Índice de Plasticidad, % máximo  |  | INV E-126          | 3                      | No plástico        | No plástico |
| Equivalente de Arena, % mínimo   |  | INV E-133          | 25                     | 25                 | 25          |
| Valor de Azul de Metileno, máximo  |  | EN-933-9           | 8                      | 8                  | 8           |
| Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo  |  | INV E-211          | 2                      | 2                  | 2           |
| <b>Geometría de las Partículas</b>   |  |                    |                        |                    |             |
| Partículas Fracturadas Mecánicamente, % mínimo   | - 1 cara   | INVE-227           | 60                     | 85                 | 85          |
|  | - 2 caras  |                    | 40                     | 60                 | 60          |
| Índice de Aplanamiento, % máximo (2)   |  | INV E-230          | 35                     | 35                 | 35          |
| Índice de Alargamiento, % máximo (3)   |  | INV E-230          | 35                     | 35                 | 35          |
| Angularidad del Agregado Fino, % mínimo (RO)   |  | AASHTO T-304       | 35                     | 35                 | 35          |
| <b>Capacidad de Soporte</b>  |  |                    |                        |                    |             |
| CBR, % mínimo<br>- Referido al 100 % de la densidad seca máxima, según el ensayo INV E-142 (AASHTO T 180), método D, después de 4 días de inmersión. |  | INV E-148          | 80                     | 100                | 100         |

#### 4.2.1.4 Carpeta asfáltica

Está formada por combinaciones de asfalto y agregados pétreos. Es la capa que soporta directamente las cargas de los vehículos y se expone a los efectos ambientales, como la lluvia y la radiación solar. Su función es ofrecer una superficie segura y confortable para los usuarios de la vía, al mismo tiempo que actúa como una barrera impermeable para proteger las capas inferiores del pavimento (Ortiz Mancera, 2017). Esta capa es capaz de resistir la abrasión causada por el tráfico y los efectos del clima, al mismo tiempo que protege la estructura del pavimento al impermeabilizar su superficie. La textura superficial de la capa de rodadura debe cumplir dos

criterios importantes para garantizar una circulación vehicular adecuada: suavidad, para proporcionar comodidad, y rugosidad, para garantizar seguridad (Garzón y Hernández, 2018).

*Tabla 4 Parámetros óptimos de diseño mezcla asfáltica MDC 19. Fuente: Caracterización de diseño mezcla asfáltica mdc-19, mezcla asfáltica asfalto modificado con grano caucho de llanta GRC y mezcla asfáltica GRC con polímeros (Barreto Rodriguez, 2016)*

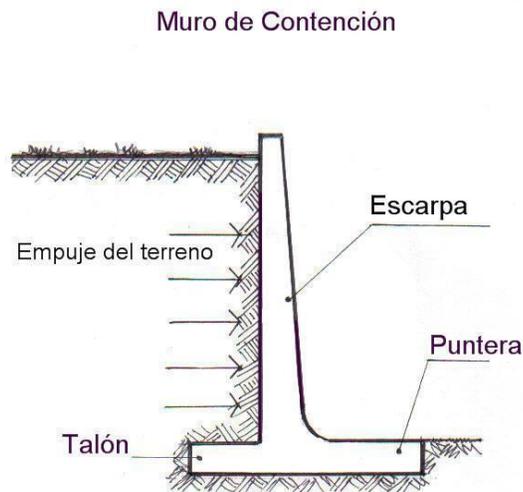
| CARACTERISTICA   | Norma de Ensayo | Requisito     | Valor obtenido |
|--|-----------------|---------------|----------------|
| Compactación (Golpes/cara)                                     | INV E-748       | 75            | 75             |
| Estabilidad mínima (N)   | INV E-748       | 9000          | 10052          |
| Flujo (mm)   | INV E-748       | 2 – 3.5       | 2.45           |
| Relación Estabilidad/Flujo (KN/mm)                             | INV E-748       | 3 - 6         | 5.0            |
| Vacios con aire (Va) (%)                                       | INV E-736       | 4 – 6         | 4.2            |
| Vacios en agregados minerales (VAM) (%)                        | INV E-799       | >15           | 15.1           |
| Vacios llenos de asfalto (VFA) (%)                             | INV E-799       | 65 a 75       | 67             |
| Relación llenante/ligante efectivo en peso                     | INV E-799       | 0.8 – 1.2     | 1.2            |
| Concentración de llenante, valor máximo                        | INV E-745       | Valor crítico | 0.31           |
| Evaluación de propiedades de empaquetamiento por método Bailey |                 | Reportar      | Cumple         |
| Espesor promedio de Película de asfalto, mínimo $\mu\text{m}$  | INV E-741       | 7,5           | 8.234          |

### 4.3 Cunetas

Las cunetas son componentes de drenaje esenciales que forman parte integrante de la calzada de una carretera. Su presencia garantiza el funcionamiento adecuado de diversas soluciones viales. La ausencia de cunetas puede ocasionar problemas graves, especialmente durante la temporada de lluvias, provocando inestabilidad en las estructuras viales. Las cunetas son canales alargados situados a lo largo de los bordes de la carretera, a veces presentes en un solo lado y pueden estar revestidas o no. Su propósito es capturar, dirigir y eliminar eficientemente los flujos de agua superficial, como las aguas pluviales (Cartillas de Soluciones Viales de Argos, s.f.).

#### 4.4 Muros de contención

Los muros de contención son estructuras diseñadas para brindar estabilidad al terreno natural u otros materiales cuando su talud natural es modificado. Se emplean como soporte para rellenos, materiales mineros y para contener el agua. Existen varios tipos de muros de contención, como los muros de gravedad, cantiléver, contrafuerte, apoyado, entramado, semigravedad, entre otros. Todos los muros de contención deben ser diseñados para resistir el volteo, el deslizamiento y cumplir con los requerimientos estructurales adecuados (Alva Hurtado, s.f.).



*Figura 2 Componentes muro de contención. Fuente: Construmática.com*

#### 4.5 Ensayos de laboratorio

Para garantizar la calidad de los materiales de construcción y de la obra, es necesario realizar ensayos de laboratorio que analicen su estado. De este modo, se puede comprobar que la obra se está ejecutando correctamente, al menos en este aspecto.

#### ***4.5.1 Ensayo de resistencia a la compresión***

Se llevan a cabo ensayos de resistencia a la compresión según la norma NTC673, donde se especifican las condiciones de carga y equipos utilizados. Las muestras, curadas durante un período estándar, se someten a pruebas para evaluar su resistencia y se registran datos significativos como la edad del concreto al momento del ensayo, donde suele fallar a los 28 días de curado.

#### ***4.5.2 Ensayo de compactación de Proctor modificado***

El ensayo Proctor modificado, según la norma INV-142-13, es un procedimiento de laboratorio utilizado para determinar la relación óptima entre la densidad seca máxima y el contenido de humedad de un suelo mediante la compactación en condiciones controladas. Este ensayo es una variante más rigurosa del ensayo Proctor estándar, y se emplea principalmente en proyectos de ingeniería civil donde se requiere una compactación más alta, como en la construcción de carreteras, aeropuertos y represas.

#### ***4.5.3 Ensayo de densidad en campo de base***

El ensayo de densidad en campo de base, según la norma INV-161-13, es un procedimiento utilizado para determinar la densidad in situ de suelos y materiales granulares compactados. Este ensayo es fundamental para evaluar si la compactación de una capa de base cumple con las especificaciones técnicas requeridas en proyectos de construcción. Se debe controlar que estas muestras cumplan con al menos el 98 % de la compactación obtenida según la norma.

#### ***4.5.5 Ensayo de extracción de núcleos en pavimentos asfálticos***

Se extraen muestras para medir el espesor, la densidad, el módulo dinámico o resiliente, la resistencia a la tensión y la estabilidad. Además, estas muestras permiten determinar el contenido de asfalto, sus propiedades y la granulometría del agregado, todo esto se debe realizar según la norma INV-758-13.

## 5 Metodología

Los enfoques usados para desarrollar el trabajo parte de un análisis cuantitativo usando como base los informes de obra, considerando que son útiles ya que proporcionan datos medibles y estadísticamente significativos, permitiendo un seguimiento físico y financiero a la obra. Además de esto se hace uso de ensayos de laboratorio según lo requiera el ítem de obra para así llevar un control de calidad.

**Preparación de la muestra:** En este paso, se detalla la extracción y preparación de muestras de concreto según la norma NTC673. Estas muestras se toman de concretos premezclados provenientes de Grupo San Pío, y concretos realizados en obra que se realizan en una proporción de 6:4:1 entre arena, grava, y cemento, para alcanzar concretos de 21 MPa o 3000 PSI, y de 4:4:1 para concretos de 28 MPa o 4000 PSI, utilizados para realizar cunetas, obras transversales, y muros de contención. A este concreto se le realiza la prueba Slump de asentamiento, luego el concreto es dispuesto en 3 cilindros de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, en 3 capas que son perforadas 25 veces con una varilla lisa, a su vez que se vibra la muestra con un martillo de goma para tratar de eliminar el aire encapsulado. Estas muestras se tomaron aproximadamente cada 150 metros lineales en cunetas y durante el vaciado de cada elemento del muro de contención.

**Ensayos de resistencia a la compresión:** Se llevan a cabo ensayos de resistencia a la compresión según la norma NTC673, donde se especifican las condiciones de carga y equipos utilizados. Las muestras, curadas durante un período estándar de tiempo, se someten a pruebas para evaluar su resistencia, y se registran datos significativos como la edad del concreto al momento del ensayo, en donde generalmente se falla a los 28 días de curado. Estos ensayos se llevan a cabo en la empresa ISC, la cual falla estos cilindros y entrega los resultados al cabo de cierto tiempo.

**Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos:** Se toma de la base granular, se debe determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de los agregados grueso y fino de un material por medio de tamizado, de acuerdo con la norma INV E-213. Estos

ensayos se realizan en las canteras de las cuales se extrae el material para la base utilizada en obra, las cuales proveen los certificados de la base y se verifica que cumpla con los requisitos.

**Ensayo de compactación de Proctor modificado:** Se toma de la base granular, se debe indicar la humedad de la base para su compactación óptima según la norma INV E-142. Estos ensayos se realizan en las canteras de las cuales se extrae el material para la base utilizada en obra, las cuales proveen los certificados de la base y se verifica que cumpla con los requisitos.

Durante esta práctica académica se inició el ítem de suministro, transporte e instalación de base granular, la cual cumple una función fundamental en el soporte estructura, drenaje, estabilidad y resistencia a deformaciones y aislamiento de suelos problemáticos. Esta actividad se para los anchos establecidos en diseño de la estructura de pavimento, que varían según la ubicación y ancho de las cunetas proyectadas. Según indican los planos, se requiere una capa de 30 cm de espesor de base granular, pero para lograr una mejor compactación, se realiza en dos capas de 15 cm de espesor, porque además según la norma de construcción SUBBASE Y BASE PARA PAVIMENTO de EPM, numeral 4.2.2. Base granular, *“La base debe ser extendida en capas de espesor no mayor de 0.20 m, medido antes de la compactación. El espesor de cada capa, así como el número de pasadas del equipo de compactación, deben ser determinados por la clase de material, densidades requeridas y equipos disponibles, previa aprobación de EPM. Cada capa de base se orea o humedece artificialmente si es necesario y se mezcla sucesivamente hasta alcanzar la humedad óptima en todo el material y se compacta hasta obtener una densidad mínima del 100% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado como promedio de los ensayos realizados, y ningún valor individual inferior al 98% del mismo. Todo esto a conformidad de la norma INVIAS”*.

La instalación de base comienza con el acopio de los vehículos de suministro, posteriormente se desplaza en la subrasante con ayuda de la motoniveladora, y finalmente se distribuye en la capa inicial establecida de 15 cm con la cuchilla. Una vez se completa la distribución, el vibro compactador realiza compactación del material para mejorar su capacidad portante, reduciendo su permeabilidad y garantizando uniformidad.



*Fotografía 1 Regado de base con motoniveladora. Fuente: Elaboración propia*

**Ensayo de densidad en campo de base:** Se debe controlar que cumplan con al menos el 98 % de la compactación obtenida según la norma INV-161-13. Este ensayo se realiza por parte de la empresa ISC, la cual envía a un laboratorista a la zona para extraer mínimamente 15 muestras de cada tramo de base, extrayendo material que será enviado al laboratorio para un posterior análisis. Estas muestras se tomaron en el último tramo de la vía donde se instaló la base, y se tomaron en promedio cada 30 metros para una primera sección, y cada 10 metros para una sección final.

Para esto se requirió un conjunto de cono y frasco de arena, una placa base con orificio central, arena calibrada con densidad conocida, una balanza para medir pesos, herramientas de excavación como una pala pequeña y un cepillo, y una probeta o cilindro graduado para medir el volumen de la arena.

El procedimiento consistió en limpiar y nivelar la superficie del suelo, para posteriormente colocar la placa base y excavar un hoyo a través de su orificio central, recolectando y pesando la tierra extraída. Luego, se colocó el conjunto de cono y frasco lleno de arena sobre la placa base,

permitiendo que la arena fluya y llene el hoyo excavado. El peso de la arena utilizada se determinó pesando el conjunto antes y después de llenar el hoyo. Finalmente, se calculó el volumen del hoyo a partir del peso de la arena y su densidad calibrada, y se determinó la densidad in situ del suelo dividiendo el peso de la tierra extraída por el volumen del hoyo excavado.

**Ensayo de extracción de núcleos en pavimentos asfálticos:** Se extraen muestras para medir el espesor, la densidad, el módulo dinámico o resiliente, la resistencia a la tensión y la estabilidad. Además, estas muestras permiten determinar el contenido de asfalto, sus propiedades y la granulometría del agregado, todo esto se debe realizar según la norma INV-758-13.

**Proceso constructivo:** Se realiza seguimiento, supervisión y asistencia a la obra utilizando memorias de cálculo que alimentan informes diarios, semanales y mensuales sobre el avance del proyecto. En estos informes se detallan las actividades, especificando el número de ítem, el nombre, el valor total, el valor ejecutado diariamente, semanalmente y durante el mes, además de incluir posibles observaciones pertinentes sobre las actividades.

## 6 Resultados y discusión

En el desarrollo de esta práctica académica se realizó el acompañamiento a la ejecución del proyecto denominado: “Mejoramiento de la VÍA SAN VICENTE – EL PEÑOL (CÓDIGO 60AN14-1) A TRAVÉS DE LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS EN 2 KM EN EL MUNICIPIO SAN VICENTE FERRER”, ejecutado por la EICE Empresa de Desarrollo Urbano del Occidente – EDUOCCIDENTE, que a su vez designa la INTERVENTORÍA con CONSORCIO S.A.S./GSC.

Cuando se llegó a este proyecto, se encontraba en un 40 % de avance aproximadamente y faltaban por realizar principalmente actividades como cunetas, muros de contención, realce de obras transversales, construcción de box culvert, pavimentación de 750 metros, señalización, entre otros. Cabe resaltar que durante este tiempo el clima en el municipio de San Vicente Ferrer fue bastante lluvioso.

Este desarrollo se centrará en las actividades que se ejecutaron durante este período de 6 meses comprendido entre el 28 de enero de 2024 y el 28 de julio del 2024.

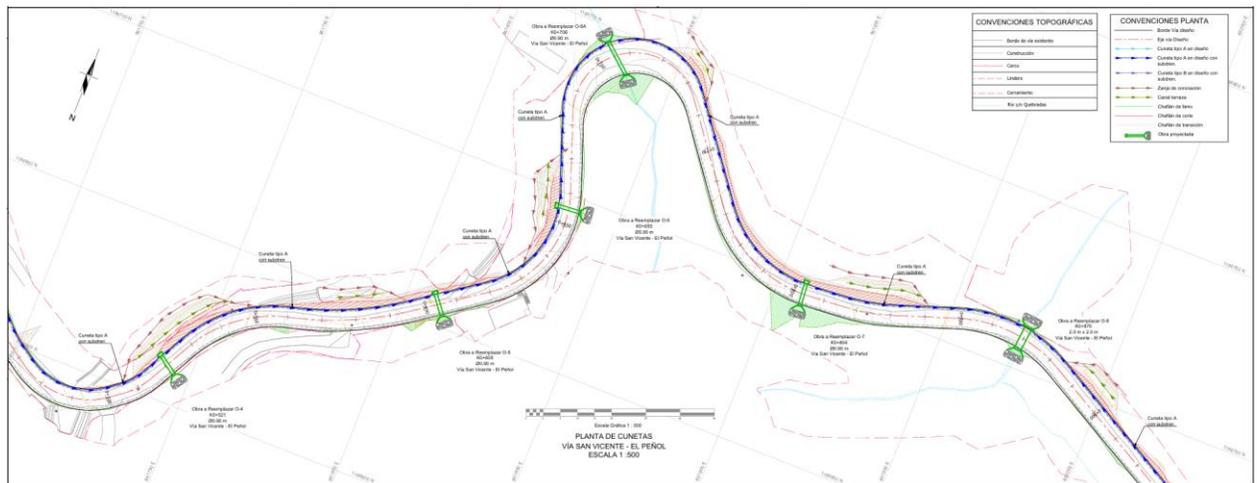


Figura 3 Plano planta general de obras hidráulicas, visto entre las abscisas K0+500 y K0+900.  
Fuente: Informes CONSORCIO S.A.S.

## 6.1 Cilindros de concreto

Para tomar muestras de concreto según la normativa colombiana (NSR-10), se prepararon tres moldes cilíndricos de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura por cada muestra, y se obtuvo la muestra directamente de la mezcla durante su descarga para asegurar representatividad. Las partes se mezclan para uniformidad, y los moldes se llenan en tres capas, compactando cada una con 25 golpes de una varilla de acero. Después de nivelar la superficie, los moldes se identifican y se mantienen en un ambiente protegido durante 24 horas, cubiertos para evitar pérdida de humedad.

Tras las 24 horas, los cilindros se desmoldan y se colocan en un tanque de agua a  $23 \pm 2$  °C para ser curado hasta el momento de las pruebas.



*Fotografía 2 Toma de muestras en campo. Fuente: Elaboración propia.*

Los ensayos de compresión se realizan posteriormente en el laboratorio, presentando los siguientes resultados:

*Tabla 5 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto para primera tanda del mes de febrero. Fuente: Informes CONSOR S.A.S.*

| N° | Referencia          | Fechas     |            |          | Diametro prom<br>(mm) | Carga<br>(kN) | Tipo de<br>Falla | Resistencia<br>(MPa) | Resistencia E<br>(MPa) | Desarrollo<br>(%) |
|----|---------------------|------------|------------|----------|-----------------------|---------------|------------------|----------------------|------------------------|-------------------|
|    |                     | Vaciado    | Falla      | Edad (d) |                       |               |                  |                      |                        |                   |
| 1  | 271C - CUNETAS      | 17/02/2024 | 24/02/2024 | 7        | 100.0                 | 236           | 5                | 30.0                 | 21.0                   | 143.1             |
| 2  | 271C - CUNETAS      | 17/02/2024 | 2/03/2024  | 14       | 100.0                 | 285           | 5                | 36.3                 | 21.0                   | 172.8             |
| 3  | 271C - CUNETAS      | 17/02/2024 | 16/03/2024 | 28       | 100.0                 | 291.8         | 4                | 37.2                 | 21.0                   | 176.9             |
| 4  | ZM30 - Zarpa muro 3 | 20/02/2024 | 27/02/2024 | 7        | 100.0                 | 270           | 4                | 34.4                 | 21.0                   | 163.7             |
| 5  | ZM30 - Zarpa muro 4 | 20/02/2024 | 5/03/2024  | 14       | 102.0                 | 182.9         | 6                | 22.4                 | 21.0                   | 106.6             |
| 6  | ZM30 - Zarpa muro 5 | 20/02/2024 | 19/03/2024 | 28       | 100.0                 | 312.2         | 5                | 39.8                 | 21.0                   | 189.3             |
| 7  | 210b - CUNETAS      | 10/02/2024 | 17/02/2024 | 7        | 100.0                 | 229.2         | 5                | 29.2                 | 21.0                   | 139.0             |
| 8  | 210b - CUNETAS      | 10/02/2024 | 24/02/2024 | 14       | 99.3                  | 37.5          | 6                | 4.8                  | 21.0                   | 23.1              |
| 9  | 210b - CUNETAS      | 10/02/2024 | 9/03/2024  | 28       | 98.0                  | 351.1         | 5                | 46.5                 | 21.0                   | 221.7             |
| 10 | MZ20 - Zarpa muro 4 | 15/02/2024 | 22/02/2024 | 7        | 100.3                 | 313.5         | 5                | 39.7                 | 21.0                   | 188.9             |
| 11 | MZ20 - Zarpa muro 4 | 15/02/2024 | 29/02/2024 | 14       | 98.3                  | 256.2         | 5                | 33.7                 | 21.0                   | 160.6             |
| 12 | MZ20 - Zarpa muro 4 | 15/02/2024 | 14/03/2024 | 28       | 97.7                  | 276.2         | 5                | 36.9                 | 21.0                   | 175.6             |
| 13 | 210c - CUNETAS      | 5/02/2024  | 12/02/2024 | 7        | 100.0                 | 240.5         | 5                | 30.6                 | 21.0                   | 145.8             |
| 14 | 210c - CUNETAS      | 5/02/2024  | 19/02/2024 | 14       | 100.3                 | 33.1          | 5                | 4.2                  | 21.0                   | 19.9              |
| 15 | 210c - CUNETAS      | 5/02/2024  | 4/03/2024  | 28       | 99.7                  | 325.2         | 4                | 41.7                 | 21.0                   | 198.5             |
| 16 | MZ15 - Zarpa muro 2 | 10/02/2024 | 17/02/2024 | 7        | 100.0                 | 249.4         | 5                | 31.8                 | 21.0                   | 151.2             |
| 17 | MZ15 - Zarpa muro 3 | 10/02/2024 | 24/02/2024 | 14       | 100.3                 | 330           | 2                | 41.8                 | 21.0                   | 198.9             |
| 18 | MZ15 - Zarpa muro 4 | 10/02/2024 | 9/03/2024  | 28       | 99.7                  | 51.3          | 5                | 6.6                  | 21.0                   | 31.3              |

En la tabla 5 se aprecian los resultados obtenidos en las primeras muestras tomadas en febrero, en ella se aprecia la fecha de vaciado, la fecha tentativa de la falla, la carga aplicada, el tipo de falla, la resistencia obtenida, la resistencia esperada, y el desarrollo alcanzado. La referencia de estos hace referencia al lugar donde fueron tomadas. Si tiene una “C” la muestra pertenece a cunetas, si tiene una “B” la muestra pertenece a bordillos, si tiene una “ZM” pertenece a la zarpa de un muro, si tiene una “VM” pertenece al vástago de un muro, si tiene una “OT” pertenece a una obra transversal, y si tiene una “AT” pertenece a un atraque con concreto.

Los cilindros denominados “271C” fueron obtenidos de un premezclado para cunetas entre las abscisas K2+380 y K2+320, y las abscisas K2+240 y K2+040. Este espacio entre las abscisas K2+320 y K2+240 corresponde a un deslizamiento ocurrido en la vía, por lo cual no se han podido realizar actividades en este tramo hasta la fecha. Esta mezcla se usó únicamente para la cuneta por cuestiones de tiempo, ya que el bordillo se dejaría para después. Al ser concreto para cunetas, se requiere una resistencia de 21 MPa, por lo cual se busca que se cumpla al menos un promedio de 21 MPa en las tres muestras, y que ningún resultado individual sea menor a 17.5 MPa, todo esto

pensando que la falla se dé a los 28 días, tal como lo establece la NSR-10 en el Título C (Concreto estructural). En este caso, se hablan de 3 fechas de fallas, a los 7, 14, y 28 días, pero por problemas con el transporte de estos al laboratorio a lo largo del tiempo en prácticas, se fallaron mínimamente a los 28 días, esto para todos los cilindros.

En la tabla de resultados se aprecia que los cilindros “271C” presentan unas resistencias de 30 MPa, 36.3 MPa, y 37.2 MPa, y presentando fallas tipo 5, 5, y 4, respectivamente, superando el promedio de 21 MPa, y superando ampliamente el mínimo por muestra de 17.5 MPa, con lo cual se concluye que cumplen con los requisitos.

Para los cilindros denominados “ZM30” se realizaron pruebas en un premezclado que buscaba obtener una resistencia de 21 MPa según el diseño, pues este concreto se utilizó para la zarpa del muro de contención 3, ubicado en la abscisa K1+100. Con las mismas condiciones de las cunetas, se realizaron ensayos de compresión a estos cilindros, arrojando unos valores de resistencia de 34.4 MPa, 22.4 MPa, y 39.8 MPa, y presentando unas fallas tipo 4, 4, y 6, respectivamente. El menor valor se puede deber a la falta de experticia por parte del estudiante a la hora de enrasar los cilindros, problema que persiste en varias pruebas. Se supera el umbral de 21 MPa para el promedio de las muestras, y de 17.5 MPa en las individuales, con lo cual se concluye que cumplen con los requisitos.

Posteriormente están los cilindros denominados “210b”, los cuales son muestras de concreto realizado en obra para los bordillos de cunetas ubicadas entre las abscisas K2+380 hasta la K2+500. Se ubicaron aproximadamente 90 metros de cuneta a cada extremo de la vía, y el resto del tramo por el lado derecho, considerando el lado derecho al empezar desde la abscisa K0+000 hasta la K2+500. Estas muestras de concreto se realizaron en proporción 3:2:1 entre grava, arena, y cemento, para buscar la resistencia requerida de 21 MPa, y con la cual se obtuvieron los resultados de 29.2 MPa, 4.8 MPa, y 46.5 MPa, presentando fallas tipo 5, 6, y 5, respectivamente, cumpliendo en promedio, pero no de manera individual, pues se encuentra una muestra de 4.8 MPa la cual está muy por debajo de los 17.5 MPa requeridos. Se aprecia una diferencia considerable entre las 3 muestras, esto posiblemente dado por las complicaciones climáticas en el municipio y la falta de

experiencia del estudiante para la elaboración de los cilindros. Estos no se podrían concluir como satisfactorios debido a esa muestra.

Para la zarpa del muro 4 ubicado en la abscisa K1+240, se extraen muestras de premezclado destinado para la zarpa, denominadas como “MZ20”, las cuales buscaban lograr una resistencia de 21 MPa. Estas muestras arrojaron resultados de 39.7 MPa, 33.7 MPa, y 36.9 MPa, presentando fallos tipo 5 cada una. Estas muestras superan ampliamente el promedio de 21 MPa, y los 17.5 MPa de manera individual, con lo cual se concluye que cumplen satisfactoriamente con los requisitos.

Las muestras denominadas “210c” corresponden al concreto premezclado de las cunetas sin bordillos ubicadas entre los tramos K2+380 y K2+500, el cual buscaba una resistencia de 21 MPa. Se ubicaron aproximadamente 90 metros de cuneta a cada extremo de la vía, y el resto del tramo por el lado derecho, considerando el lado derecho al empezar desde la abscisa K0+000 hasta la K2+500. Estas muestras arrojaron resultados de 30.6 MPa, 4.2 MPa, y 41.7 MPa, presentando fallos tipo 5, 5, y 4, respectivamente, cumpliendo en promedio siendo superior a los 21 MPa con la norma, pero no de manera individual, posiblemente por los mismos errores que su contraparte de bordillo. Estos no se podrían considerar satisfactorios y no cumplen debido a esa muestra de 4.2 MPa.

Finalmente, para este primer informe, se tienen las muestras “MZ15”, las cuales corresponden a la zarpa del muro de contención 2 ubicado en la abscisa K0+700. Para estas muestras se hizo uso de concreto premezclado, buscando una resistencia de 21 MPa, la cual arrojó resultados de 31.8 MPa, 41.8 MPa, y 6.6 MPa, con fallas tipo 5, 2, y 5, respectivamente. Cumpliendo nuevamente en promedio, pues es superior a 21 MPa, pero no de manera individual, pues la última muestra sólo llegó a 6.6 MPa. Se estima y concluye lo mismo de los fallos anteriores.

Se aprecia que los procedimientos para alcanzar los valores obtenidos en los ensayos a las diferentes muestras cumplen con los requisitos establecidos por las normas vigentes (INV E 2013), pues en general estas muestras cumplen con el resultado esperado. También se denota que en algunos casos se presenta un pobre desarrollo asociado con fallas tipo 5 o tipo 6, esto debido

posiblemente a la falta de experiencia del estudiante al realizar estas pruebas, y también por cuestiones climáticas, pues al poco tiempo de extraer estas muestras se presentaban lluvias que con sus gotas afectan la superficie de los cilindros, generando desperfectos que pudieron influir en estos resultados.

Tabla 6 Tipos de fallas. Fuente: Informes CONSI COR S.A.S.

| Tipos de fallas  |   |  |   |  |  |
|--|---|--|---|--|--|
| <p>Tipo 1<br/>Conos razonablemente bien formados en ambos extremos</p> | <p>Tipo 2<br/>Cono bien formado en un extremo pero no en el otro. Grietas verticales que llegan a los extremos.</p> | <p>Tipo 3<br/>Arietamiento vertical columnar que abarca ambos extremos. No hay conos bien formados</p> | <p>Tipo 4<br/>Fractura diagonal sin grietas a través de los extremos. Se debe golpear con martillo para distinguirlo del tipo 1</p> | <p>Tipo 5<br/>Fracturas en las esquinas (usuales en cilindros sin refrentar)</p> | <p>Tipo 6<br/>Similar al Tipo 5, pero las grietas tienden a unirse en la superficie del cilindro</p> |

Similar a las muestras anteriores, las muestras de finales de febrero en conjunto con las muestras de marzo y abril presentaron resultados similares, presentando algunas muestras fallidas por posiblemente las mismas razones anteriores. A continuación, se muestran los resultados de las últimas muestras en la tabla 7:

*Tabla 7 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto para la tanda del mes de marzo.  
Fuente: Informes Consicor S.A.S.*

| N° | Referencia | Fechas     |            |          | Diametro prom<br>(mm) | Carga<br>(kN) | Tipo de<br>Falla | Resistencia<br>(MPa) | Resistencia E<br>(MPa) | Desarrollo<br>(%) |
|----|------------|------------|------------|----------|-----------------------|---------------|------------------|----------------------|------------------------|-------------------|
|    |            | Vaciado    | Falla      | Edad (d) |                       |               |                  |                      |                        |                   |
| 1  | VM20       | 22/02/2024 | 29/02/2024 | 7        | 100.0                 | 410.1         | 1                | 52.2                 | 28.0                   | 186.5             |
| 2  | VM20       | 22/02/2024 | 7/03/2024  | 14       | 100.0                 | 425.3         | 3                | 54.2                 | 28.0                   | 193.4             |
| 3  | VM20       | 22/02/2024 | 21/03/2024 | 28       | 98.0                  | 451.1         | 3                | 59.8                 | 28.0                   | 213.6             |
| 4  | 150C       | 22/02/2024 | 29/02/2024 | 7        | 99.7                  | 319.4         | 1                | 40.9                 | 21.0                   | 195.0             |
| 5  | 150C       | 22/02/2024 | 7/03/2024  | 14       | 99.0                  | 219.9         | 5                | 28.6                 | 21.0                   | 136.0             |
| 6  | 150C       | 22/02/2024 | 21/03/2024 | 28       | 100.0                 | 287.6         | 5                | 36.6                 | 21.0                   | 174.4             |
| 7  | 271B       | 24/02/2024 | 2/03/2024  | 7        | 100.0                 | 159           | 1                | 20.2                 | 21.0                   | 96.4              |
| 8  | 271B       | 24/02/2024 | 9/03/2024  | 14       | 99.7                  | 161.7         | 5                | 20.7                 | 21.0                   | 98.7              |
| 9  | 271B       | 24/02/2024 | 23/03/2024 | 28       | 100.0                 | 148.4         | 3                | 18.9                 | 21.0                   | 90.0              |
| 10 | 150B       | 8/03/2024  | 15/03/2024 | 7        | 100.0                 | 139.5         | 5                | 17.8                 | 21.0                   | 84.6              |
| 11 | 150B       | 8/03/2024  | 22/03/2024 | 14       | 99.7                  | 145.1         | 5                | 18.6                 | 21.0                   | 88.6              |
| 12 | 150B       | 8/03/2024  | 5/04/2024  | 28       | 99.0                  | 138.1         | 5                | 17.9                 | 21.0                   | 85.4              |
| 13 | 160C       | 11/03/2024 | 18/03/2024 | 7        | 99.0                  | 252.7         | 3                | 32.8                 | 21.0                   | 156.3             |
| 14 | 160C       | 11/03/2024 | 25/03/2024 | 14       | 99.0                  | 247.1         | 4                | 32.1                 | 21.0                   | 152.9             |
| 15 | 160C       | 11/03/2024 | 8/04/2024  | 28       | 99.0                  | 260.1         | 3                | 33.8                 | 21.0                   | 160.9             |
| 16 | 160B       | 4/04/2024  | 11/04/2024 | 7        | 99.3                  | 77.6          | 5                | 10.0                 | 21.0                   | 47.7              |
| 17 | 160B       | 4/04/2024  | 18/04/2024 | 14       | 99.3                  | 71.3          | 5                | 9.2                  | 21.0                   | 43.8              |
| 18 | 160B       | 4/04/2024  | 2/05/2024  | 28       | 100.0                 | 84            | 5                | 10.7                 | 21.0                   | 50.9              |

Se realizan muestras para el vástago del muro 4 denominadas “VM20”, haciendo uso de concreto premezclado dispuesto en la abscisa K1+240. Este buscó lograr una resistencia de 28 MPa, y obtuvo unos resultados de 52.2 MPa, 54.2 MPa, y 59.8 MPa, mostrando fallas tipo 1, 3, y 3, respectivamente. Estas muestras lograron superar el promedio de 28 MPa requerido por la norma, y de manera individual, todas superaron el umbral de 24.5 MPa, por lo tanto, se cumplió con la norma.

Se tienen muestras denominadas “150C”, las cuales corresponden a cunetas sin bordillo ubicadas entre las abscisas K1+755 y K2+040. Estas muestras fueron extraídas de un concreto premezclado que buscaba lograr los 21 MPa, y arrojaron valores de 40.9 MPa, 28.6 MPa, y 36.6 MPa, con fallas tipo 1, 5, y 5, respectivamente, logrando superar el promedio de 21 MPa, y el valor individual de 17.5 MPa, siendo así consideradas como satisfactorias según la norma.

Posteriormente, se toman muestras de concreto realizado en obra con las proporciones mencionadas anteriormente, para los bordillos de las cunetas ubicadas en las abscisas K2+380 y K2+320, y las abscisas K2+240 y K2+040, y se denominan como “271B”. Este concreto buscaba alcanzar una resistencia de 21 MPa, y en el laboratorio arrojó resultados de 20.2 MPa, 20.7 MPa, 18.9 MPa, presentando fallas tipo 1, 5, y 3, respectivamente. El promedio de estas pruebas no fue satisfactorio, pues no se llegó al promedio de 21 MPa, aunque de manera individual sí sobrepasaron el umbral de 17.5 MPa. Estos fallos podrían deberse además de lo mencionado anteriormente, a los materiales usados para la realización de este concreto, pues debido al fuerte clima, se levantaba el plástico con el que se protegía al material que se disponía sobre la vía para la realización de estas actividades, dejando expuesto este al agua y posibles basuras o restos de materia orgánica que llegan a la vía. Debido a esto, se considera que no cumplen con la norma.

Se toman muestras denominadas “150B”, las cuales corresponden al concreto realizado en obra para los bordillos de las cunetas ubicadas en las abscisas K1+755 y K2+040. Este concreto se realizó con las mismas condiciones anteriores, y buscaba una resistencia de 21 MPa, arrojando en el laboratorio valores de 17.8 MPa, 18.6 MPa, y 17.9 MPa, presentando fallas tipo 5 cada una. El promedio de estas muestras no cumple con la normativa, pues es inferior a 21 MPa, a pesar de que individualmente sean mayores a 17.5 MPa. Este fallo puede tener la misma razón que el mencionado con anterioridad.

Para las cunetas ubicadas en las abscisas K1+622 y K1+755, se hizo uso de concreto premezclado de 21 MPa y se realizaron cunetas en ambos extremos de la vía por aproximadamente 80 metros, para posteriormente seguir con las cunetas por la izquierda. A las muestras extraídas de este concreto se les denominó “160C”, y presentaron valores en laboratorio de 32.8 MPa, 32.1 MPa, y 33.8 MPa, mostrando fallas tipo 3, 4, y 3 respectivamente. Estas muestras cumplieron con el promedio, pues fue mayor a 21 MPa, y de manera individual también superaron el valor de 17.5 MPa, siendo consideradas como muestras satisfactorias acorde a la normativa.

Posteriormente se extrajo muestras de concreto realizado en obra para los bordillos de las cunetas ubicadas en las abscisas K1+622 y K1+755 con las mismas condiciones mencionadas

anteriormente y denominados “160B”. Se buscó una resistencia de 21 MPa en estas muestras, arrojando valores de 10 MPa, 9.2 MPa, y 10.7 MPa, presentando todas fallas de tipo 5. Estas no cumplieron con la normativa ni en promedio ni de manera individual, presentando resistencias muy bajas, debido posiblemente a las razones mencionadas anteriormente.

*Tabla 8 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto para la tanda del mes de abril.  
Fuente: Informes Consicor S.A.S.*

| N° | Referencia | Fechas     |            |          | Diametro prom<br>(mm) | Carga<br>(kN) | Tipo de<br>Falla | Resistencia<br>(MPa) | Resistencia E<br>(MPa) | Desarrollo<br>(%) |
|----|------------|------------|------------|----------|-----------------------|---------------|------------------|----------------------|------------------------|-------------------|
|    |            | Vaciado    | Falla      | Edad (d) |                       |               |                  |                      |                        |                   |
| 19 | 130C       | 5/04/2024  | 12/04/2024 | 7        | 100.0                 | 301.3         | 5                | 38.4                 | 21.0                   | 182.7             |
| 20 | 130C       | 5/04/2024  | 19/04/2024 | 14       | 99.3                  | 281.2         | 5                | 36.3                 | 21.0                   | 172.8             |
| 21 | 130C       | 5/04/2024  | 3/05/2024  | 28       | 98.0                  | 301.1         | 3                | 39.9                 | 21.0                   | 190.1             |
| 22 | ATOT       | 8/04/2024  | 15/04/2024 | 7        | 100.0                 | 190.8         | 5                | 24.3                 | 21.0                   | 115.7             |
| 23 | ATOT       | 8/04/2024  | 22/04/2024 | 14       | 100.0                 | 193.3         | 5                | 24.6                 | 21.0                   | 117.2             |
| 24 | ATOT       | 8/04/2024  | 6/05/2024  | 28       | 100.0                 | 182.1         | 5                | 23.2                 | 21.0                   | 110.4             |
| 25 | OT90       | 11/04/2024 | 18/04/2024 | 7        | 100.0                 | 171.2         | 4                | 21.8                 | 21.0                   | 103.8             |
| 26 | OT90       | 11/04/2024 | 25/04/2024 | 14       | 99.7                  | 184.3         | 5                | 23.6                 | 21.0                   | 112.5             |
| 27 | OT90       | 11/04/2024 | 9/05/2024  | 28       | 99.0                  | 159.4         | 5                | 20.7                 | 21.0                   | 98.6              |
| 28 | VM30       | 29/02/2024 | 7/03/2024  | 7        | 99.3                  | 341.4         | 5                | 44.1                 | 28.0                   | 157.3             |
| 29 | VM30       | 29/02/2024 | 14/03/2024 | 14       | 99.0                  | 330.9         | 5                | 43.0                 | 28.0                   | 153.5             |
| 30 | vm30       | 8/04/2024  | 6/05/2024  | 28       | 100.0                 | 366.2         | 3                | 46.6                 | 28.0                   | 166.5             |

Finalmente, para cunetas, se extraen muestras de concreto premezclado para las cunetas ubicadas entre las abscisas K1+250 y K1+622 denominadas como “130C”, en estas se buscó una resistencia de 21 MPa. En laboratorio, dichas muestras arrojaron valores de 38.4 MPa, 36.3 MPa, y 39.9 MPa, con fallas tipos 5, 5, y 3, respectivamente, cumpliendo con el criterio de que su promedio sea mayor a 21 MPa, y que cada muestra individualmente sea mayor a 17.5 MPa. Por esto se concluye que cumple con la normativa.

Para la realización de una obra transversal ubicada en la abscisa K0+930, se realizó un atraque con concreto de 21 MPa realizado en obra para una tubería en PVC. Para este atraque se extrajeron 3 muestras denominadas “ATOT”, las cuales arrojaron valores de 24.3 MPa, 24.6 MPa, y 23.2 MPa, todas con fallas tipo 5. Estas muestras cumplieron con el requisito del promedio, pues

superaron los 21 MPa, a su vez que superaron el umbral individual de 17.5 MPa, cumpliendo así con la normativa.

Para esta misma obra transversal ubicada en la abscisa K0+930 se hizo uso de concreto en obra para todos sus elementos estructurales de encole y descole, buscando una resistencia de 21 MPa. Estas muestras en laboratorio arrojaron valores de 21.8 MPa, 23.6 MPa, y 20.7 MPa, con fallas tipo 4, 5, y 5, respectivamente, logrando superar los 21 MPa de promedio, y superando los 17.5 MPa de manera individual. Con esto se determinó que cumplen con la normativa.

Para culminar los ensayos de concreto, se extrajeron unas muestras denominadas “VM30” las cuales pertenecen al premezclado utilizado para la realización del vástago del muro 3, ubicado en la abscisa K1+100. Este premezclado buscó una resistencia de 28 MPa, y logró en laboratorio unas resistencias de 44.1 MPa, 43 MPa, y 46.6 MPa, presentando fallas tipo 5, 5, y 3, respectivamente. Este concreto cumplió con la normativa, pues superó el promedio de 28 MPa, y las pruebas individuales de 24.5 MPa.

## **6.2 Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos en base**

Para la base granular utilizada en el mejoramiento vial, la cantera de la que proviene el material realizó un análisis granulométrico de este material. Este estudio posteriormente fue enviado a los ingenieros en obra y a la interventoría en la cual se encuentra el practicante. A partir de este estudio, se debió analizar que el material cumpla con lo establecido por la normativa INVÍAS, particularmente con las normas INV E-213 e INV-214, las cuales hablan del análisis granulométrico del material y del porcentaje de finos en agregados pétreos, respectivamente. A su vez, corroborar las franjas granulométricas y ver qué tipo de base o subbase se envió al proyecto, esto con ayuda de los artículos 320 y 330, ubicados en el capítulo 3 de las Normas y Especificaciones de INVÍAS.

El ensayo arrojó los resultados mostrados en la tabla 9:

Tabla 9 Análisis granulométrico de base granular utilizada en el proyecto. Fuente: Informes CONSORCIO S.A.S.

| PESO ANTES DE LAVADO |       | 3115,0                   | PESO DESPUES DE LAVADO |                      |            | 2693,0             |         |
|----------------------|-------|--------------------------|------------------------|----------------------|------------|--------------------|---------|
| TAMIZ                |       | PESO RETENIDO INDIVIDUAL | % RETENIDO INDIVIDUAL  | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIFICACIÓN INV |         |
| Pulgadas             | mm    |                          |                        |                      |            | LIM INF            | LIM SUP |
| 2"                   | 50,8  | 0,0                      | 0,0                    | 0,0                  | 100,0      | 100                | 100     |
| 1 1/2"               | 38,1  | 0,0                      | 0,0                    | 0,0                  | 100,0      | 100                | 100     |
| 1"                   | 25,4  | 435,2                    | 14,0                   | 14,0                 | 86,0       | 70                 | 100     |
| 3/4"                 | 19,1  | 422,3                    | 13,6                   | 27,5                 | 72,5       | 60                 | 90      |
| 3/8"                 | 9,51  | 176,7                    | 5,7                    | 43,3                 | 56,7       | 45                 | 75      |
| N°4                  | 4,75  | 331,7                    | 10,6                   | 53,9                 | 46,1       | 30                 | 60      |
| N°10                 | 2,00  | 286,4                    | 9,2                    | 63,1                 | 36,9       | 20                 | 45      |
| N°40                 | 0,425 | 314,0                    | 10,1                   | 73,2                 | 26,8       | 10                 | 30      |
| N°200                | 0,075 | 412,2                    | 13,2                   | 86,5                 | 13,5       | 5                  | 15      |

Se aprecia el tamaño de la muestra pesada en gramos. La muestra antes del lavado presentó un peso de 3115 gr, mientras que después del lavado presentó un peso de 2693 gr, además se comparó el porcentaje de grava, arena, y finos que pasaron por los tamices para realizar el análisis. Se aprecia que se trabajó una base granular de gradación fina, con tipo de gradación BG-38, como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10 Franjas granulométricas del material de base granular. Fuente: Normas y Especificaciones INVIAS. 2012.

| TIPO DE GRADACIÓN   | TAMIZ (mm / U.S. Standard) |        |        |       |       |        |        |         |
|---|----------------------------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|---------|
|   | 37.5                       | 25.0   | 19.0   | 9.5   | 4.75  | 2.00   | 0.425  | 0.075   |
|   | 1 1/2"                     | 1"     | 3/4"   | 3/8"  | No. 4 | No. 10 | No. 40 | No. 200 |
|   | % PASA                     |        |        |       |       |        |        |         |
| <b>BASES GRANULARES DE GRADACIÓN GRUESA</b>               |                            |        |        |       |       |        |        |         |
| BG-40   | 100                        | 75-100 | 65-90  | 45-68 | 30-50 | 15-32  | 7-20   | 0-9     |
| BG-27   | -                          | 100    | 75-100 | 52-78 | 35-59 | 20-40  | 8-22   | 0-9     |
| <b>BASES GRANULARES DE GRADACIÓN FINA</b>                 |                            |        |        |       |       |        |        |         |
| BG-38   | 100                        | 70-100 | 60-90  | 45-75 | 30-60 | 20-45  | 10-30  | 5-15    |
| BG-25   | -                          | 100    | 70-100 | 50-80 | 35-65 | 20-45  | 10-30  | 5-15    |
| Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±) | 0 %                        | 7 %    |        |       | 6 %   |        |        | 3 %     |

El porcentaje que pasó el tamiz de 2" y del 1 y 1/2" fue del 100 %, como se muestra en la tabla 9, por lo cual inicia cumpliendo con la gradación del material, pues este pide que por estos tamices pase el 100 % del material, como se aprecia en la tabla 10.

Para el pasante por el tamiz de 1" la norma exige, para una base BG-38, que esté entre el 70 % y 100 %, y acorde a los ensayos, este pasante fue de un 86 %, por lo cual cumple satisfactoriamente con lo indicado por la norma en la tabla 10.

En cuanto al porcentaje que pasa por el tamiz de 3/4", la norma indica que este debe encontrarse en un rango entre 60 % y 90 %, y, de acuerdo con la tabla 9, este porcentaje que pasa es del 72.5 %, cumpliendo satisfactoriamente lo solicitado en la norma.

Para el tamiz de 3/8" se exige que el porcentaje que pasa debe ubicarse entre los rangos de 45 % y 75 % del total de la muestra, y como se muestra en la tabla 9, el porcentaje que logra pasar es del 56.7 %, con lo cual estaría cumpliendo con la normativa.

Para el tamiz No. 4, que es el que separa la grava de la arena, se exige que el porcentaje de material que pasa se encuentre entre 30 % y 60 % de la muestra, y en la tabla 9 se aprecia que logró pasar el 46.1 %, cumpliendo así con la normativa.

En cuanto al tamiz No. 10 se requiere que el pasante de muestra esté entre el rango de 20 % y 45 %, para lo cual el ensayo mostró un porcentaje que cumple con la normativa, pues el porcentaje que pasa es del 36.9 %.

El tamiz No. 40 requiere de un porcentaje que pasa ubicado entre el 10 % y el 30 %, para lo cual este ensayo mostró un pasante del 26.8 %, siendo así un resultado favorable que se ciñe a la norma.

Finalmente, para el tamiz No. 200, el cual separa los finos de las arenas, la normativa indica que el pasante de este material se debe encontrar entre el 5 % y el 15 % total de la muestra, lo cual

se logró cumplir, pues el pasante de esta base para el tamiz 200 fue del 13.5 %, encontrándose en el rango permitido y cumpliendo así la normativa colombiana INVÍAS.

Para esta muestra se tuvo un 53.9 % de grava, un 32.5 % de arena, y un 13.5 % de finos, además la curva granulométrica cumple en su totalidad con lo solicitado por la normativa, como se aprecia en la siguiente figura:

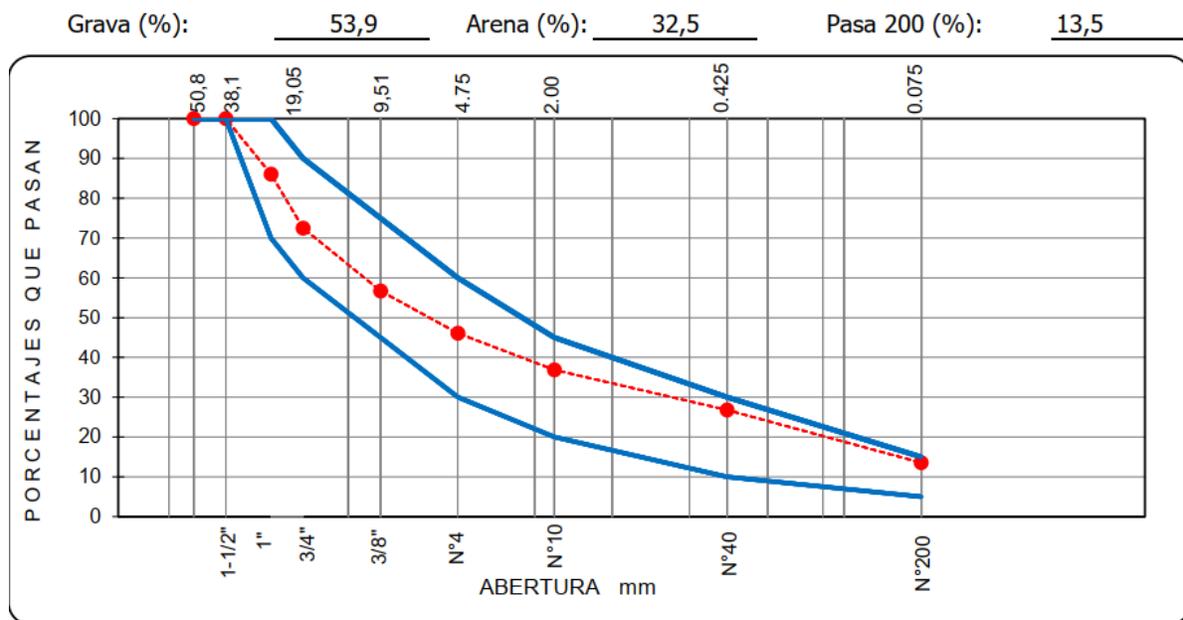


Figura 4 Curva granulométrica de base BG-38 utilizada para mejoramiento vial. Fuente: Informes CONSOR S.A.S.

### 6.3 Ensayo de compactación de Proctor modificado

La cantera lleva a cabo el ensayo Proctor modificado para determinar la densidad máxima y la humedad óptima de la base, parámetros fundamentales para asegurar la calidad y la adecuación del material para su uso en construcción. Estos valores son esenciales porque proporcionan un estándar con el cual se pueden comparar los resultados obtenidos en los ensayos de densidad realizados en la obra. Una vez obtenidos estos valores de referencia, se procede a comparar los resultados de densidad in situ con la densidad máxima y la humedad óptima establecidas en el ensayo Proctor modificado. Esta comparación permite verificar si la base instalada en obra cumple

con las especificaciones técnicas requeridas para garantizar la estabilidad y durabilidad de la obra de construcción.

Se realizaron 4 ensayos con una gravedad específica de 2.716, un porcentaje de fracción gruesa del 31 %, y un porcentaje de fracción fina del 69 %, los cuales presentaron los siguientes resultados:

*Tabla 11 Resultados ensayo Proctor Modificado. Fuente: Informes CONSI COR S.A.S.*

|   |          |          |          |          |
|---|----------|----------|----------|----------|
| <b>Gravedad específica</b>                | 2,716    |          |          |          |
| <b>% Fracción gruesa</b>                  | 31,0     |          |          |          |
| <b>% Fracción fina</b>                    | 69,0     |          |          |          |
| <b>Ensayo N°</b>                          | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> |
| <b>Método de ensayo</b>                   | 0        | 0        | 0        | 0        |
| <b>Peso del martillo (lb)</b>             | 10       | 10       | 10       | 10       |
| <b>N° de golpes</b>                       | 56       | 56       | 56       | 56       |
| <b>Peso del molde + muestra (Kg)</b>      | 11,168   | 11,355   | 11,493   | 11,417   |
| <b>Peso del molde (Kg)</b>                | 6,245    | 6,245    | 6,245    | 6,245    |
| <b>Peso muestra húmeda (Kg)</b>           | 4,923    | 5,110    | 5,248    | 5,172    |
| <b>Volumen del molde (m<sup>3</sup>)</b>  | 0,002132 | 0,002132 | 0,002132 | 0,002132 |
| <b>Densidad húmeda (kg/m<sup>3</sup>)</b> | 2.309    | 2.397    | 2.462    | 2.426    |
| <b>Humedad (%)</b>                        | 3,0      | 5,2      | 7,2      | 10,2     |
| <b>Densidad seca (Kg/m<sup>3</sup>)</b>   | 2.243    | 2.278    | 2.296    | 2.202    |

Para estos ensayos se utilizó un martillo de 10 lb el cual dio 56 golpes en total a cada muestra, y se utilizó además el mismo molde con un peso de 6.245 Kg para cada muestra. Las muestras pesaron 4.923 Kg, 5.110 Kg, 5.248 Kg, y 5.172 Kg, y presentaron una densidad seca de 2,243 Kg/m<sup>3</sup>, 2,278 Kg/m<sup>3</sup>, 2,296 Kg/m<sup>3</sup>, y 2,202 Kg/m<sup>3</sup>, respectivamente. A su vez, estos puntos presentaron una humedad del 3 %, 5.2 %, 7.2 %, y 10.2 %, respectivamente.

Posterior a esto se grafica una curva de peso unitario seco vs contenido de humedad con estos valores, arrojando la siguiente figura:

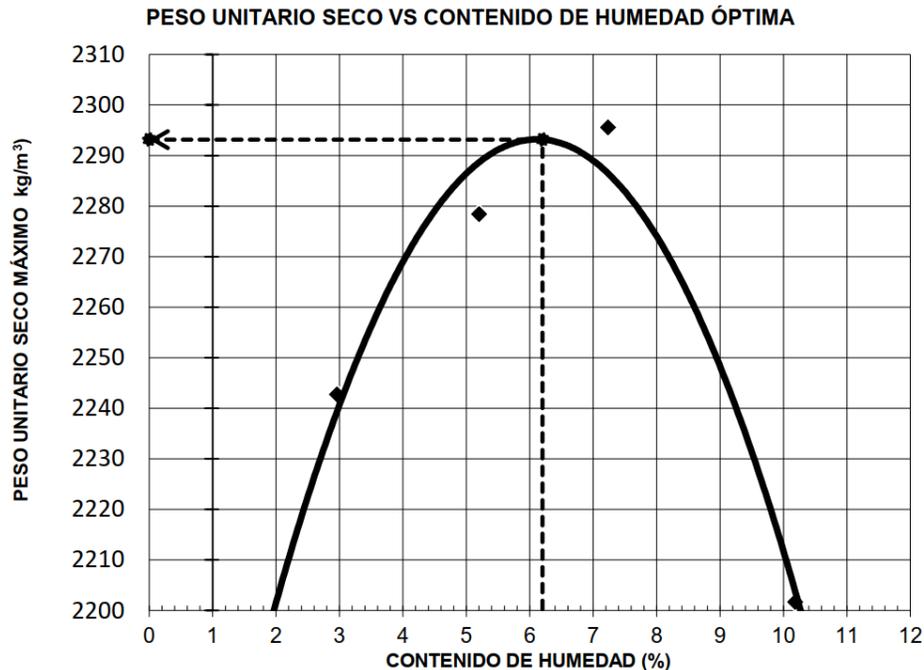


Figura 5 Peso unitario seco vs contenido de humedad óptima. Fuente: Informes CONSI COR S.A.S.

En base a esta se realiza una curva con la cual se saca la densidad seca máxima, y la humedad óptima, para posteriormente calcular sus valores corregidos, arrojando una densidad seca máxima de 2,293 Kg/m<sup>3</sup>, una humedad óptima del 6.2 %, y unos valores corregidos de densidad seca máxima de 2,280 Kg/m<sup>3</sup>, y una humedad óptima corregida de 3.9 % como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 12 Densidad seca máxima, humedad óptima, y valores corregidos. Fuente: Informes CONSI COR S.A.S.

|  |              |                          |
|--|--------------|--------------------------|
| <b>DENSIDAD SECA MAXIMA:</b>           | <b>2.293</b> | <b>Kg/m<sup>3</sup></b>  |
| <b>HUMEDAD ÓPTIMA</b>                  | <b>6,2</b>   | <b>%</b>                 |
| <b>DENSIDAD SECA MAXIMA CORREGIDA:</b> | <b>2,280</b> | <b>kg/cm<sup>3</sup></b> |
| <b>HUMEDAD ÓPTIMA CORREGIDA:</b>       | <b>3,9</b>   | <b>%</b>                 |

## 6.4 Ensayo de densidad en campo de base

Posterior a la instalación y compactación de la base granular, se realizaron ensayos de densidad y peso unitario del suelo en el terreno por el método del cono y arena por parte de un laboratorista el cual fue acompañado y supervisado por el practicante. Estos 15 ensayos se tomaron cada 30 metros en el último tramo de la vía, a lo largo de la jornada durante un período en el cual se tuvieron fuertes lluvias en el municipio de San Vicente, lo cual inicialmente generó preocupación por la posible alteración que pudiera tener en los resultados.

*Tabla 13 Resultados de ensayo de densidad en campo de base para primer tramo. Fuente: Informes CONSI-COR S.A.S.*

| Ensayo No:   | 1                  | 2                  | 3                  | 4                    | 5                  | 6                    | 7                |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|------------------|
| Fecha:   | 2/05/2024          | 2/05/2024          | 2/05/2024          | 2/05/2024            | 2/05/2024          | 2/05/2024            | 2/05/2024        |
| Ubicación:   | K0 + 810 (Derecho) | K0 + 780 (Derecho) | K0 + 750 (Derecho) | K0 + 720 (Izquierdo) | K0 + 690 (Derecho) | K0 + 660 (Izquierdo) | K0+630 (Derecha) |
| RESULTADOS   |                    |                    |                    |                      |                    |                      |                  |
| Densidad húmeda del material (g/cm <sup>3</sup> )    | 2.832              | 2.897              | 2.756              | 2.764                | 2.784              | 2.820                | 2.941            |
| Densidad seca del material (g/cm <sup>3</sup> )      | 2.668              | 2.754              | 2.560              | 2.582                | 2.595              | 2.645                | 2.764            |
| Humedad de fracción fina compactada (%)              | 7.5                | 5.9                | 14.6               | 8.9                  | 12.3               | 9.8                  | 8.3              |
| Densidad seca de fracción fina (g/cm <sup>3</sup> )  | 2.613              | 2.725              | 2.327              | 2.505                | 2.584              | 2.666                | 2.839            |
| Peso unitario seco del material (kN/m <sup>3</sup> ) | 25.62              | 26.72              | 22.82              | 24.57                | 25.34              | 26.15                | 27.84            |
| Porcentaje de compactación (%)                       | 107.9              | 112.5              | 96.1               | 103.5                | 106.7              | 110.1                | 117.3            |

El porcentaje de compactación de la muestra tomada en la abscisa K0+810 en el lado derecho de la vía fue del 107.9 %, superando ampliamente el 98 % requerido por la normativa.

En cuanto a la muestra tomada en la abscisa K0+780 en el lado derecho de la vía, se dio una compactación del 112.5 %, porcentaje que supera el estipulado por la norma.

Para la muestra de la abscisa K0+750 tomada por el lado derecho se tuvo un resultado desfavorable, pues fue la única muestra que no llegó al 98 % requerido, debido a que esta llegó únicamente a 96.1 %.

En la abscisa K0+720 se tomó una muestra por el lado izquierdo de la vía, y esta arrojó un resultado de porcentaje de compactación del 103.5 %, cumpliendo satisfactoriamente con lo establecido por la normativa.

Para la muestra ubicada en el lado derecho de la vía en la abscisa K0+690 se tuvo un porcentaje de compactación del 106.7 % logrando así superar ampliamente el requerimiento de la norma.

En cuanto a la muestra tomada en la abscisa K0+660 por el lado izquierdo de la vía, se tuvo un porcentaje de compactación del 110.1 % el cual cumple con la normativa.

Finalmente, para esta tanda se tomó una muestra en la abscisa K0+630 por el lado derecho de la vía, muestra que logró un porcentaje de compactación del 117.3 %, superando por un amplio margen el requerimiento del 98 % establecido por la normativa.

En general los resultados fueron favorables, pues como se muestra en la tabla 11, de los 7 puntos que se tomaron, 6 se encontraron por encima del 98 % de compactación, y sólo 1 llegó hasta el 96.1 %, posiblemente debido a estas complicaciones que se tuvieron durante la instalación de base debidas al clima.

En cuanto al resto del tramo, se presentan los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio en la siguiente tabla:

*Tabla 14 Resultados de ensayo de densidad en campo de base para segundo tramo. Fuente: Informes CONSICOR S.A.S.*

| Ensayo No:   | 1                  | 2                | 3                  | 4                | 5         | 6                | 7                  |
|--|--------------------|------------------|--------------------|------------------|-----------|------------------|--------------------|
| Fecha:   | 2/05/2024          | 2/05/2024        | 2/05/2024          | 2/05/2024        | 2/05/2024 | 2/05/2024        | 2/05/2024          |
| Ubicación:   | K0+610 (Izquierda) | K0+570 (Derecha) | K0+560 (Izquierda) | K0+550 (Derecha) | K0+540    | K0+530 (Derecha) | K0+520 (Izquierda) |
| RESULTADOS   |                    |                  |                    |                  |           |                  |                    |
| Densidad húmeda del material (g/cm <sup>3</sup> )    | 2.808              | 2.788            | 2.766              | 2.883            | 2.760     | 2.748            | 3.000              |
| Densidad seca del material (g/cm <sup>3</sup> )      | 2.651              | 2.661            | 2.608              | 2.777            | 2.573     | 2.609            | 2.843              |
| Humedad de fracción fina compactada (%)              | 8.0                | 5.8              | 7.9                | 4.9              | 8.8       | 7.5              | -2.3               |
| Densidad seca de fracción fina (g/cm <sup>3</sup> )  | 2.672              | 2.675            | 2.608              | 2.840            | 2.562     | 2.609            | 2.891              |
| Peso unitario seco del material (kN/m <sup>3</sup> ) | 26.20              | 26.23            | 25.58              | 27.85            | 25.13     | 25.59            | 28.36              |
| Porcentaje de compactación (%)                       | 108.0              | 108.2            | 105.5              | 114.8            | 103.6     | 105.5            | 116.9              |

Para la abscisa K0+610 se tomó una muestra por el lado izquierdo de la vía, esta alcanzó un porcentaje de compactación del 108 %, cumpliendo con el requerimiento.

En cuanto a la muestra extraída en la abscisa K0+570 por la derecha, se logró un porcentaje de compactación del 108.2 %, logrando así cumplir con los estándares normativos.

A partir de este punto, debido a la extensión restante del tramo, se tomaron pruebas cada 10 metros para así poder lograr los 15 puntos. El primero de estos fue en la abscisa K0+560, el cual se tomó en el lado izquierdo de la vía y presentó un porcentaje de compactación del 105.5 %, superando el 98 % establecido por la norma.

En el lado derecho de la vía, en la abscisa K0+550 se extrajo una muestra que presentó un porcentaje de compactación del 114.8 %, cumpliendo así con la norma.

Para la abscisa K0+540, se tomó una muestra en la mitad de la vía, la cual arrojó un porcentaje de compactación del 103.6 %, logrando así un resultado satisfactorio.

En el lado derecho de la vía, en la abscisa K0+530 se tomó una muestra que presentó un porcentaje de compactación del 105.5 %, superando el solicitado por la norma.

Para la abscisa K0+520 se tomó una muestra en el lado izquierdo de la vía. Esta muestra logró un porcentaje de compactación del 116.9 %, cumpliendo con lo estipulado en las especificaciones.

Finalmente, se tomó una muestra en el lado derecho de la vía en la abscisa K0+510, la cual en laboratorio logró un porcentaje de compactación del 116.4 %, logrando así cumplir con la norma.

*Tabla 15 Resultados de ensayo de densidad en campo de base para última muestra. Fuente: Informes CONSOR S.A.S.*

|  |                  |
|--|------------------|
| Ensayo No:   | 1                |
| Fecha:   | 2/05/2024        |
| Ubicación:   | K0+510 (Derecha) |
| Densidad húmeda del material (g/cm <sup>3</sup> )    | 2.923            |
| Densidad seca del material (g/cm <sup>3</sup> )      | 2.785            |
| Humedad de fracción fina compactada (%)              | 6.9              |
| Densidad seca de fracción fina (g/cm <sup>3</sup> )  | 2.878            |
| Peso unitario seco del material (KN/m <sup>3</sup> ) | 28.22            |
| Porcentaje de compactación (%)                       | 116.4            |

## 6.5 Proceso constructivo

Durante la realización de esta práctica académica, se realizó un acompañamiento y supervisión a las siguientes actividades de la obra durante su proceso constructivo.

Como se aprecia en la tabla 16, para el capítulo de actividades preliminares se realizaron las actividades descapotes del terreno natural y remoción de cerco de alambre de púas. Estas actividades lograron un 80 % y 64 % de cantidad acumulada respectivamente, debido a que no se tuvo la necesidad de realizar más que esto, pues la cantidad había sido modificada en un balance porque se creía se requeriría más debido a unos deslizamientos de tierras.

Tabla 16 Actividades del primer capítulo que fueron acompañadas y supervisadas. Fuente: Informes CONSOR S.A.S.

| COMPONENTES DEL CONTRATO  | UND            | CANTIDAD CONTRATADA | CANTIDAD EJECUTADA ACUMULADA | %   |
|---|----------------|---------------------|------------------------------|-----|
| <b>I. ACTIVIDADES PRELIMINARES</b>  |                |                     |                              |     |
| Descapote a máquina del terreno natural hasta 30 cm. No Incluye transporte y disposición final de los materiales.                   | m <sup>2</sup> | 10425.96            | 8.366.64                     | 80% |
| Remoción de cerco de alambre de púas con postes de madera, incluye transporte interno y llevada al sitio de almacenamiento temporal | m              | 500.00              | 322.05                       | 64% |

Para el capítulo de implementación del mejoramiento de vías para la estructura de pavimentos y andenes, se realizó acompañamiento en actividades como excavación con máquina, el cual llegó a un 86 % de cantidad acumulada, lleno mecánico el cual logró un 65 % de avance, conformación de calzada que alcanzó un 101 %, instalación de base granular que alcanzó un 107 %, instalación de emulsión asfáltica C.R.L. el cual llegó a 97 %, instalación de MDC 19 el cual alcanzó un 105 %, instalación de acero el cual lleva un 69 %, colocación de solado el cual lleva un 80 %, construcción de muro de contención el cual lleva un 99 %, construcción de cunetas el cual lleva un 62 %, e instalación de tuberías de 3 pulgadas para lloraderos el cual logró un 71 %, como se muestra en la tabla 17.

Las actividades de este capítulo que sobrepasaron el 100 %, como por ejemplo lo es la conformación de calzada, la instalación de base granular, y la instalación de la carpeta asfáltica en MDC 19, tuvieron estos alcances debido a sobreanchos presentados en la vía, pues la comunidad pedía que se ampliara la vía en ciertas curvas por seguridad para el paso de vehículos de gran magnitud que constantemente deben movilizarse por esta misma, y en consecuencia de esto se tuvo un mayor porcentaje al estipulado. Todo esto se encuentra en balance de obra, pues hay actividades que no se tuvieron que realizar en un 100 %, y otras que están pendientes para su culminación.

SUPERVISIÓN Y ASISTENCIA EN EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS VIALES EN PAVIMENTO FLEXIBLE

Tabla 17 Actividades del segundo capítulo que fueron acompañadas y supervisadas. Fuente: Informes CONSI COR S.A.S.

| COMPONENTES DEL CONTRATO  | UND | CANTIDAD CONTRATADA | CANTIDAD EJECUTADA ACUMULADA | %    |
|---|-----|---------------------|------------------------------|------|
| <b>II. IMPLEMENTAR EL MEJORAMIENTO DE VÍAS PARA LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO Y ANDENES</b>  |     |                     |                              |      |
| Excavación en material común de la explanación, canales y préstamos. Incluye cargue; no incluye disposición final del material sobrante ni transporte.  | m³  | 14679.59            | 12,668.02                    | 86%  |
| Lleno mecánico compactado con material proveniente de la excavación obtener una densidad mínima del 95% , de la obtenida en el ensayo del proctor modificado. Incluye transporte interno  | m³  | 2658.61             | 1,716.12                     | 65%  |
| Conformación de la calzada existente con motoniveladora. Incluye nivelación, compactación, limpieza y reconstrucción de cunetas y todo lo necesario para la correcta ejecución de la actividad.   | m²  | 12783.47            | 12,962.00                    | 101% |
| Suministro, transporte e instalación de base granular compactado al 95% del proctor modificado.   | m²  | 4322.70             | 4,609.92                     | 107% |
| Suministro, transporte y aplicación de emulsión asfáltica catiónica de rompimiento lento C.R.L - 1 o C.R.L - 0 para imprimación de superficie a pavimentar según normas para la construcción de pavimentos del INVIAS. Incluye todo lo necesario para su correcta construcción y funcionamiento. Incluye Limpieza de superficie y Riego inicial con carrolanque | m²  | 11606.65            | 11,215.17                    | 97%  |
| Suministro y aplicación de mezcla asfáltica en caliente tipo densa MDC 19 que cumpla con el Artículo 450-13 de la norma INVIAS 2013. Incluye colocación con terminadora (Finisher) y compactación. No incluye imprimación, Incluye transporte Su medida de pago será metro cúbico compacto medido en sitio.   | m³  | 1067.93             | 1,116.26                     | 105% |
| Suministro, transporte e instalación de ACERO DE REFUERZO FIGURADO 60,000 PSI, corrugado. Incluye alambre de amarre, y todos los elementos necesarios para su correcta instalación.   | kg  | 51213.00            | 35,539.68                    | 69%  |
| Colocación de concreto de 14 MPa para SOLADO, con un espesor de 0.05 m Incluye el suministro y el transporte del concreto y todos los demás elementos necesarios para su correcta construcción, incluye acarreo interno.  | m²  | 343.00              | 273.42                       | 80%  |
| Construcción de MURO DE CONTENCIÓN en concreto de 28 MPa. a la vista. Incluye suministro, transporte y colocación del concreto, impermeabilizante integral tipo plastocrete DM o equivalente, formaleta de primera calidad en súper T de 19 mm para acabado a   | m²  | 286.90              | 284.25                       | 99%  |
| Concreto Clase D (21 MPa). CUNETAS. Dimension 0,5 m y ,15 de bordillo. Incluye suministro, transporte y colocación del concreto y todos los elementos necesarios para su correcta construcción. No incluye refuerzo.  | m   | 2313.35             | 1,423.00                     | 62%  |
| Suministro, transporte e instalación de tubería de drenaje perforada de 3" para pases y/o lloraderos.   | m   | 48.15               | 34.35                        | 71%  |

Para el capítulo de transporte se realizó el acompañamiento de actividades como transporte de sobrantes, y transporte de materiales de afirmado, base, y MDC 19, logrando estos un avance del 44 % y 106 %, respectivamente. Este último sobrepasó el 100 % debido a los sobreanchos que se mencionaron en el párrafo anterior.

Tabla 18 Actividades del cuarto capítulo que fueron acompañadas y supervisadas. Fuente: Informes CONSI COR S.A.S.

| COMPONENTES DEL CONTRATO   | UND   | CANTIDAD CONTRATADA | CANTIDAD EJECUTADA ACUMULADA | %    |
|--|-------|---------------------|------------------------------|------|
| <b>IV. TRANSPORTE</b>  |       |                     |                              |      |
| Transporte de sobrantes provenientes de la excavación de la explanación, canales, préstamos para distancias superiores a 1000 m medidos a partir de 100 m. Material compacto (Incluye 30% de expansión), | m3-km | 257721.60           | 114405.23                    | 44%  |
| Transporte de materiales de afirmado, sub-base, base y mezcla asfáltica para distancias superiores a 1000 m medidos a partir de 100 m. Material compacto (Incluye 30% de expansión).                     | m3-km | 221256.09           | 234027.12                    | 106% |

Para finalizar, se realizó una supervisión y acompañamiento en obras extra. La actividad de excavaciones manuales lleva un 44 % de ejecución, la instalación de alveodrén colector llegó a 100

SUPERVISIÓN Y ASISTENCIA EN EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS VIALES EN PAVIMENTO FLEXIBLE

%, la instalación de tubería en PVC de 36" llegó al 100 %, la demolición de estructuras en concreto logró un 11 %, y la instalación de afirmado alcanzó un 56 %.

*Tabla 19 Actividades del quinto capítulo que fueron acompañadas y supervisadas. Fuente: Informes CONSI COR S.A.S.*

| COMPONENTES DEL CONTRATO  | UND            | CANTIDAD CONTRATADA | CANTIDAD EJECUTADA ACUMULADA | %    |
|---|----------------|---------------------|------------------------------|------|
| <b>V. OBRA EXTRA</b>  |                |                     |                              |      |
| Excavaciones manuales de hasta 0.20m de profundidad   | m <sup>2</sup> | 550.77              | 244.01                       | 44%  |
| Suministro e instalación de ALVEODREN COLECTOR DE 50M para filtro de cunetas. Incluye transporte de materiales y excavación   | m              | 2000.00             | 2000.00                      | 100% |
| Suministro, transporte e instalación de "TUBERÍA EN PVC DE Ø=36" . Incluye suministro y transporte de los materiales, retroexcavadora y cable de acero de Ø=1/2" con una capacidad de carga vertical de 2 Ton para bajar la tubería hasta 8 m, descargue y transportes internos con retroexcavadora hasta sitio de acopio y de este al sitio de instalación y todo lo necesario para su correcta instalación. Según diseño. | m              | 104.00              | 104.00                       | 100% |
| Demolición de estructuras en concreto con martillo demoedor. Incluye planta eléctrica   | m <sup>2</sup> | 115.84              | 12.66                        | 11%  |
| Suministro, transporte e instalación de afirmado para reemplazo de zonas con materia orgánica o fallo. Incluye compactación hasta densidad especificada   | m <sup>2</sup> | 1165.09             | 649.37                       | 56%  |

## 7 Conclusiones

- Se supervisó y acompañó la obra de pavimento flexible en el proyecto del mejoramiento vial entre San Vicente de Ferrer y El Peñol en su diseño y ejecución a partir de la normativa técnica, con la revisión de planos, medidas en obra, y realización de ensayos pertinentes.
- Algunos ensayos de concreto no presentaron resultados satisfactorios, esto se debió a la falta de experiencia del practicante a la hora de extraer las muestras y de realizar las dosificaciones, a su vez, el clima difícil hizo que la toma de muestras y realización del concreto fueran más complicadas.
- La granulometría de la base presentó una curva que cumplía con todos los requisitos presentados por la normativa colombiana para una base granular de tipo BG-38.
- Los ensayos de densidad en campo para la base granular fueron satisfactorios en su totalidad exceptuando un punto, el cual no logró el 98 % sino el 96 %, esto posiblemente debido al clima difícil que se presentó. Por esto, se intentó mitigar el problema del exceso de humedad con múltiples nivelaciones con máquina, mostrando al final excelentes resultados, pues el resto de los puntos lograron una buena compactación.
- Se lograron realizar los ensayos planeados de manera satisfactoria en general, exceptuando el ensayo de núcleos de pavimento, pues este se realizó casi al final y los resultados no estuvieron listos para la fecha de este trabajo.
- Se visualizó el progreso y cambios en la obra a partir de la presentación de informes diarios, semanales y mensuales acorde a los lineamientos de la empresa CONSIKOR S.A.S, para así lograr un mejor control de obra y un correcto balance de los recursos, pues se presentaron actividades que no requerían más progreso, y otras que requerían de más.

- La obra ha estado presente desde el año 2023 y había logrado un 40 % de avance, pues esta ha presentado varios retrasos y problemas durante su ejecución. A pesar de esto, durante el proceso del practicante, se logró dar un avance de obra hasta el 90 % a la fecha de este informe, faltando un tramo de cunetas, un box culvert, y la señalización de la vía.
- Se logró supervisar el diseño de estructuras de pavimentos, y demás elementos estructurales como muros de contención, obras transversales, y cunetas. Todo esto acorde a los resultados de ensayos de laboratorio, a las indicaciones de los planos, y modificaciones que se han tenido que realizar haciendo uso de despieces.

## Referencias

Ortiz Mancera, A. L. (n.d.). *INSTRUCTIVO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA VÍA EN PAVIMENTO FLEXIBLE*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/6833/OrtizManceraAngieLorenaAnexo-1.pdf?sequence=2>

Universidad Piloto de Colombia. (n.d.). *CARTILLA-GUIA ILUSTRATIVA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO*. <https://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5711/CARTILLA.pdf>

Ministerio de Economía y Finanzas de Perú. (2015). *Pautas para el diseño y construcción de pavimentos*. [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas\\_Pavimentos.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf)

Instituto de Desarrollo Urbano (IDU). (n.d.). *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO EN BOGOTÁ D.C. Capítulo 4: Especificaciones Técnicas*. <https://www.idu.gov.co/web/content/7570/ET-Cap4.pdf>

Instituto de Desarrollo Urbano (IDU). (n.d.). *Especificación Técnica: RELLENOS PARA CONFORMACIÓN DE LA SUBRASANTE. 320-11: Sub-Base Granular*. <https://www.idu.gov.co/web/content/7603/320-11.pdf>

Instituto de Desarrollo Urbano (IDU). (n.d.). *Especificación Técnica: MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE DENSAS, SEMIDENSA, GRUESAS, Y DE ALTO MÓDULO 510-11: Base Granular*. <https://www.idu.gov.co/web/content/7623/510-11.pdf>

Barretón, N. (2017). *Diseño de pavimentos asfálticos*. Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15937/BARRETONANCY2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Argos Colombia. (n.d.). *Cartilla de cunetas: Soluciones viales*.  
[https://colombia.argos.co/fichas\\_tecnicas/Cartilla-Cunetas-soluciones-viales.pdf](https://colombia.argos.co/fichas_tecnicas/Cartilla-Cunetas-soluciones-viales.pdf)

Alva Hurtado, J. (n.d.). *Diseño de muros de contención*.  
<https://www.jorgealvahurtado.com/files/Diseno%20de%20Muros%20de%20Contencion.pdf>

Camacol. (2010). *Título C NSR-10 del Decreto 926 de 2010*.  
[https://camacol.co/sites/default/files/descargables/Título%20C%20NSR-10%20del%20Decreto%20926%20del%2019032010\\_0.pdf](https://camacol.co/sites/default/files/descargables/Título%20C%20NSR-10%20del%20Decreto%20926%20del%2019032010_0.pdf)

DA-Lab. (2013). *INV 213-13: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO*. <https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-213-13.pdf>

DA-Lab. (2013). *INV 214-13: DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ DE 75  $\mu$ m (No. 200) EN LOS AGREGADOS PÉTREOS MEDIANTE LAVADO*. <https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-214-13.pdf>

DA-Lab. (2013). *INV 161-13: DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO POR EL MÉTODO DEL CONO Y ARENA*. <https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-161-13.pdf>

Gerencia de Concesiones de Colombia. (2013). *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras Capítulo 3– AFIRMADOS SUBBASES Y BASES Art 330 Base Granular*. <https://gerconcesion.co/invias2013/330%20BASE%20GRANULAR.pdf>

Gerencia de Concesiones de Colombia. (2013). *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras Capítulo 3– AFIRMADOS SUBBASES Y BASES Art 320 Sub-Base Granular*. <https://gerconcesion.co/invias2013/320%20SUB-BASE%20GRANULAR.pdf>

NC. (n.d.). *NC-MN-OC05-02: Subbase y Base para Pavimento*.  
<https://www.scribd.com/document/500191299/NC-MN-OC05-02-Subbase-y-Base-Para-Pavimento>

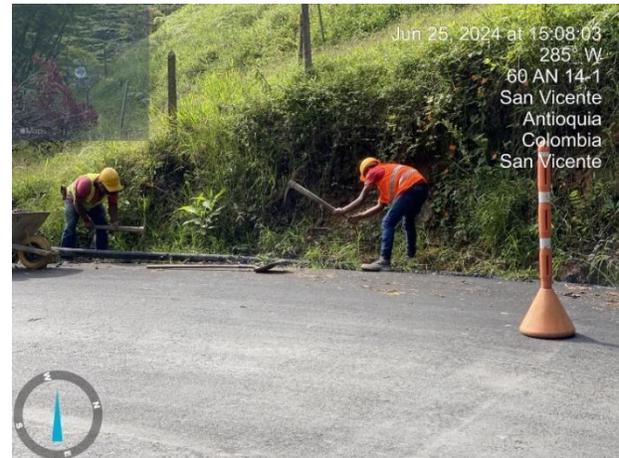
DA-Lab. (2013). *INV 142-13: RELACIONES HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)*. <https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-142-13.pdf>

Anexos

Anexo 1. Fotografías de proceso constructivo



*Fotografía 3 Descapote de terreno natural para realización de muro de contención. Fuente: Elaboración propia.*



*Fotografía 4 Excavación manual para la realización de cunetas. Fuente: Elaboración propia.*



*Fotografía 5 Excavación con máquina para elaboración de obra transversal. Fuente: Elaboración propia.*



*Fotografía 6 Vaciado de muro de contención de 15 metros. Fuente: Elaboración propia.*

SUPERVISIÓN Y ASISTENCIA EN EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS VIALES EN PAVIMENTO FLEXIBLE

---



*Fotografía 7 Regado y nivelación de base. Fuente: Elaboración propia.*



*Fotografía 8 Instalación de carpeta asfáltica con MDC 19. Fuente: Elaboración propia.*



*Fotografía 9 Transporte de material de MDC 19. Fuente: Elaboración propia.*



*Fotografía 10 Realización de bordillo para cuneta. Fuente: Elaboración propia.*





# SUPERVISIÓN Y ASISTENCIA EN EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS VIALES EN PAVIMENTO FLEXIBLE

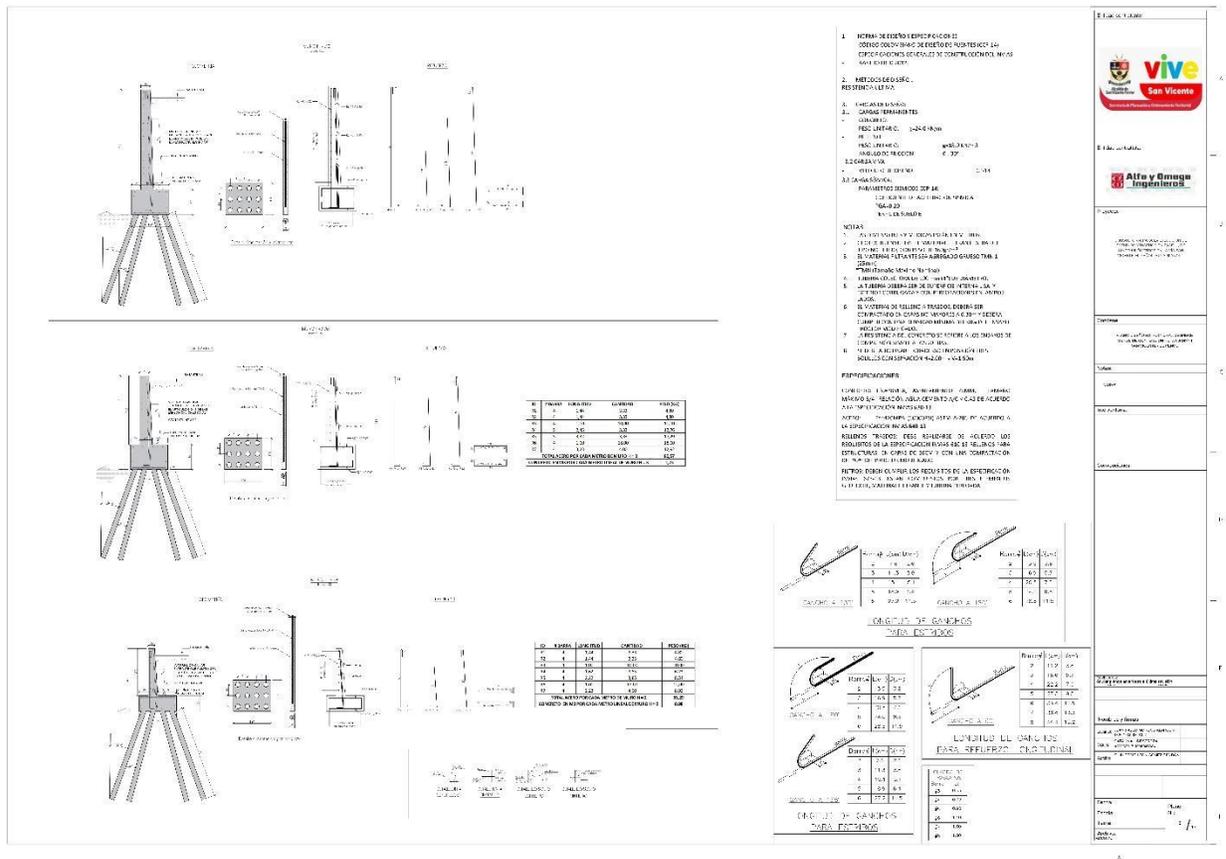


Figura 8 Plano muros de contención. Fuente: Informes CONSOR S.A.S.

Anexo 3. Póster

**Escuela Ambiental**



**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**  
Facultad de Ingeniería

**SUPERVISIÓN Y ASISTENCIA EN EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS VIALES EN PAVIMENTO FLEXIBLE**

**ESTUDIANTE:** Juan José Miranda Rojas

**ASESOR(ES):** Juan Daniel Ríos Arboleda, Jefry Zea Buriticá

**PROGRAMA:** Ingeniería Civil

**SEMESTRE:** 2024-1



**Metodología**

El trabajo se desarrolló utilizando un análisis cuantitativo basado en informes de obra, proporcionando datos medibles y estadísticamente significativos para el seguimiento físico y financiero de la obra, complementado con ensayos de laboratorio para el control de calidad.

Se prepararon muestras para ensayos, los cuales fueron: de resistencia a la compresión, análisis granulométrico de agregados, Proctor modificado, y densidad en campo de base. Además, se acompañó el proceso constructivo y se realizaron informes de obra con base en esto.

**Conclusiones**

- ✓ Algunos ensayos de concreto no fueron satisfactorios debido a la inexperiencia del practicante en la extracción de muestras y dosificación, sumado a las dificultades climáticas que complicaron estos procesos.
- ✓ Los ensayos de densidad en campo fueron satisfactorios, excepto un punto con 96% en lugar del 98% debido posiblemente al clima. Se mitigó el problema con nivelaciones, logrando buenos resultados en los demás puntos.
- ✓ El progreso y los cambios en la obra se monitorearon con informes periódicos según los lineamientos de CONSOR S.A.S., permitiendo un mejor control y balance de recursos, y ajustando actividades según necesidad.



**Introducción**

Las vías secundarias y terciarias son esenciales para el desarrollo socioeconómico del país, ya que conectan comunidades rurales y facilitan el acceso a recursos, servicios y mercados. A pesar de esto, estas enfrentan desafíos de calidad y seguridad.

Para mejorar esta, se utilizó pavimento flexible, el cual es adecuado para terrenos inestables, resistente a grietas y fisuras, y ofrece una construcción rápida y económica.

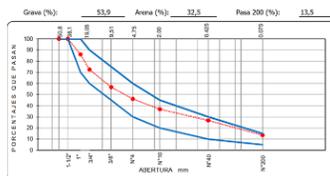
Para este proceso, se siguió la normativa de INVIAS para la construcción y mantenimiento de carreteras, las recomendaciones de AASHTO para análisis geotécnicos y las especificaciones NSR-10 para elementos estructurales.



**Resultados**

Inicialmente el proyecto tenía un avance del 40 % y faltaban actividades como cunetas, muros de contención, realce de obras transversales, construcción de Box Culvert, pavimentación de 750 metros y señalización. Durante este tiempo, el clima fue lluvioso, lo cual repercutió en los resultados de algunos ensayos. El desarrollo se enfocó en las actividades realizadas entre el 28 de enero y el 28 de julio de 2024, y actualmente se ha logrado un 92 % de finalización de este.

Se realizaron pruebas de compresión en cilindros de concreto, análisis granulométrico de base, ensayo Proctor Modificado, y ensayo de densidad en campo de base.



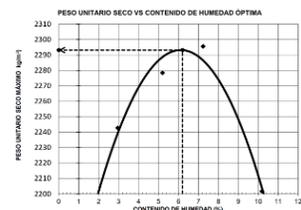
| Prueba No.   | 1                 | 2                 | 3                 | 4                 | 5                 | 6                 | 7                 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Fecha:   | 05/02/24          | 05/02/24          | 05/02/24          | 05/02/24          | 05/02/24          | 05/02/24          | 05/02/24          |
| Muestra:   | 42 + 10 (Directo) |
| <b>RESULTADOS</b>                                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Densidad húmeda del material (g/cm <sup>3</sup> )    | 2.022             | 2.007             | 2.176             | 2.194             | 2.190             | 2.020             | 2.041             |
| Densidad seca del material (g/cm <sup>3</sup> )      | 2.008             | 2.176             | 2.080             | 2.080             | 2.080             | 2.050             | 2.174             |
| Humedad de fracción fina (compañía) (%)              | 7.1               | 5.1               | 14.0              | 8.5               | 12.3              | 8.1               | 6.3               |
| Densidad seca de fracción fina (g/cm <sup>3</sup> )  | 2.010             | 2.105             | 2.037             | 2.035             | 2.034             | 2.000             | 2.038             |
| Peso unitario seco del material (kg/m <sup>3</sup> ) | 25.00             | 28.72             | 27.42             | 24.87             | 25.34             | 25.15             | 27.84             |
| Porcentaje de compactación (%)                       | 107.9             | 103.3             | 96.1              | 103.3             | 106.7             | 106.1             | 103.3             |



**Objetivos**

- ✓ Visualizar el progreso y cambios en la obra a partir de la presentación de informes diarios, semanales y mensuales.
- ✓ Supervisar el diseño de estructuras de pavimentos, o demás elementos estructurales acorde a los resultados de ensayos de laboratorio.
- ✓ Dar control al proceso constructivo de estructuras de pavimentos y demás elementos estructurales.

| Referencia          | Fechas     |            | Estructura prop. | Carga (kn) | Tipo de falla | Resistencia (kN) | Resistencia E (kN) | Desarrollo |       |
|---------------------|------------|------------|------------------|------------|---------------|------------------|--------------------|------------|-------|
|                     | Inicio     | Fin        |                  |            |               |                  |                    |            |       |
| 211C - CUNETAS      | 17/02/2024 | 24/02/2024 | 7                | 100.0      | 236           | 5                | 35.8               | 21.0       | 142.3 |
| 211C - CUNETAS      | 17/02/2024 | 24/02/2024 | 14               | 100.0      | 265           | 5                | 36.3               | 21.0       | 172.8 |
| 211C - CUNETAS      | 17/02/2024 | 16/03/2024 | 28               | 100.0      | 281.8         | 6                | 37.2               | 21.0       | 172.8 |
| 2000 - Zanja muro 3 | 20/02/2024 | 27/02/2024 | 7                | 100.0      | 270           | 4                | 34.4               | 21.0       | 163.7 |
| 2000 - Zanja muro 4 | 20/02/2024 | 05/03/2024 | 14               | 100.0      | 182.0         | 6                | 22.4               | 21.0       | 164.3 |
| 2000 - Zanja muro 5 | 20/02/2024 | 16/03/2024 | 28               | 100.0      | 312.2         | 5                | 38.5               | 21.0       | 180.3 |
| 210a - CUNETAS      | 16/03/2024 | 17/03/2024 | 7                | 100.0      | 229.2         | 5                | 29.2               | 21.0       | 139.0 |
| 210a - CUNETAS      | 16/03/2024 | 24/03/2024 | 14               | 99.3       | 37.9          | 6                | 4.8                | 21.0       | 23.1  |
| 210a - CUNETAS      | 16/03/2024 | 30/03/2024 | 28               | 98.0       | 351.1         | 5                | 48.5               | 21.0       | 221.7 |
| 2020 - Zanja muro 4 | 15/03/2024 | 22/03/2024 | 7                | 100.3      | 310.0         | 5                | 38.7               | 21.0       | 163.9 |
| 2020 - Zanja muro 4 | 15/03/2024 | 29/03/2024 | 14               | 98.9       | 298.0         | 5                | 33.7               | 21.0       | 166.6 |
| 2020 - Zanja muro 4 | 15/03/2024 | 14/03/2024 | 28               | 97.7       | 279.2         | 5                | 36.9               | 21.0       | 175.6 |
| 210a - CUNETAS      | 5/02/2024  | 12/02/2024 | 7                | 100.0      | 240.5         | 5                | 38.8               | 21.0       | 145.8 |
| 210a - CUNETAS      | 5/02/2024  | 19/02/2024 | 14               | 100.3      | 31.1          | 5                | 4.2                | 21.0       | 19.9  |
| 210a - CUNETAS      | 5/02/2024  | 4/03/2024  | 28               | 99.7       | 325.2         | 4                | 41.7               | 21.0       | 186.5 |
| M215 - Zanja muro 7 | 10/02/2024 | 17/02/2024 | 7                | 100.0      | 264.4         | 6                | 31.9               | 21.0       | 155.3 |
| M215 - Zanja muro 3 | 4/02/2024  | 24/02/2024 | 14               | 100.3      | 330           | 2                | 41.8               | 21.0       | 198.9 |
| M215 - Zanja muro 4 | 10/02/2024 | 9/03/2024  | 28               | 99.7       | 51.3          | 5                | 6.6                | 21.0       | 31.3  |



**DATOS DE CONTACTO DEL AUTOR**

 [jjose.miranda@udea.edu.co](mailto:jjose.miranda@udea.edu.co)



Informe



Póster

Escanea estos QR para conocer más sobre el proyecto