

**SUPERVISIÓN TÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD EN PROYECTOS DE
PAVIMENTACIÓN DE LA MALLA VIAL Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ARTE
COMPLEMENTARIAS**

**PRESENTADO POR
DANIEL ALBERTO GÓMEZ BARRAGÁN
ID: 000220583**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2019**

**SUPERVISIÓN TÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD EN PROYECTOS DE
PAVIMENTACIÓN DE LA MALLA VIAL Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ARTE
COMPLEMENTARIAS.**

**DANIEL ALBERTO GÓMEZ BARRAGÁN
ID: 000220583**

**SUPERVISOR ACADÉMICO
M.S.C ALDEMAR REMOLINA MILLAN
INGENIERO CIVIL**

**SUPERVISOR EMPRESARIAL
WILSON ANTONIO JAIME BALLESTEROS
INGENIERO CIVIL**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
2019**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma Presidente del Jurado

Firma Jurado N°1

Firma Jurado N°1

Bucaramanga, Noviembre de 2019

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento principal a Dios por ser mi guía y razón, a mis padres por ser un modelo a seguir y a los docentes, amigos y compañeros que hicieron parte de este objetivo que hoy se logra.

TABLA DE CONTENIDO

	Pag
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivos específicos	2
3. EMPRESA	3
3.1. Descripción de la empresa	3
3.2. Misión	3
3.3. Visión.....	4
3.4. Política de seguridad y salud en el trabajo – SST	4
3.5. Proyectos ejecutados	4
3.6. Organigrama de la empresa.....	9
4. MARCO TEÓRICO	10
4.1. Control de calidad en proyectos de construcción	10
4.1.1. Sistema de gestión de la calidad.	10
4.2. Interventoría en proyectos de construcción.....	12
4.2.1. Alcance de la interventoría	12
4.2.2. Responsabilidad del interventor.	13
4.3. Normas técnicas	14
4.3.1. Relacionadas con la supervisión técnica	14
5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	17
5.1. Proyecto mejoramiento de la malla vial y obras complementarias.....	18
6. ACTIVIDADES REALIZADAS	24
6.1. Apoyo a la supervisión técnica en la construcción de estructura de pavimento flexible	24
6.2. Apoyo a la supervisión técnica en la construcción de talud en suelo reforzado.....	31
6.2.1. Sistema constructivo	31
6.2.2. Cambios o ajustes realizados a los diseños aprobados inicialmente	36
6.2.3. Control de calidad.....	53
6.2.4. Control de cantidades de obra.....	69
6.2.5. Seguimiento a la programación del talud reforzado	71
6.2.6. Costo para la construcción del talud reforzado.....	74

6.3. Apoyo a la supervisión técnica en la construcción del pavimento peatonal.	75
6.3.1. Tipo de estructura utilizada para uso en el espacio público peatonal	76
6.4. Solicitudes realizadas a la persona encargada de la SISO del contratista	85
6.4.1. Insuficiente acondicionamiento de los pasos peatonales provisionales:	85
6.4.2. Tránsito de maquinaria sin controlador de tráfico:.....	87
6.4.3. Mala señalización en las zonas de intervención del proyecto:	89
6.4.4. Falta de protección con Elementos de Protección Personal:.....	90
6.5. Inspección final en campo para recibo de obra.....	91
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
8. BIBLIOGRAFÍA	96

LISTA DE FIGURAS

	Pag
Figura. 1. Logo MSING S.A.S.....	3
Figura. 2. Autopista ruta del sol, Villeta – El Korán.....	5
Figura. 3. Sistema transmilenio fase III, en la ciudad de Bogotá.	6
Figura. 4. Mantenimiento y obras de protección de puentes en la red vial del departamento de Antioquia.....	7
Figura. 5. Conservación de las redes ambientales peatonales seguras.	8
Figura. 6. . Organigrama de la empresa MSING S.A.S.	9
Figura. 7. Ciclo PHVA.....	12
Figura. 8. Esquema del área de intervención del proyecto.	19
Figura. 9. Información general del Tramo 1.....	20
Figura. 10. Información general del Tramo 2.	21
Figura. 11. Información general Tramo 3.....	22
Figura. 12. Información general Tramo 4.....	23
Figura. 13. Chequeo topográfico por parte de la interventoría.....	25
Figura. 14. Chequeo de niveles de sub-rasante.....	25
Figura. 15. Toma de densidades al material de subrasante.....	26
Figura. 16. Aplicación de emulsión asfáltica para primera capa de asfalto....	28
Figura. 17. Capa de emulsión asfáltica afectada debido al paso de maquinaria.	28
Figura. 18. Aplicación de asfalto sobre la emulsión para evitar afectaciones generadas por el tránsito de maquinaria.	29
Figura. 19. Inspección de la temperatura del asfalto previo a su compactación	30
Figura. 20. Compactación de primera capa de asfalto.	31
Figura. 21. Esquema tipo del talud en suelo reforzado.	32
Figura. 22. Esquema del filtro drenante del talud en suelo reforzado.....	32
Figura. 23. Filtro drenante del talud en suelo reforzado.	33
Figura. 24. Proceso constructivo del talud en suelo reforzado.	34
Figura. 25. Análisis dinámico al talud con pendiente (0.8H:1.0V).....	36
Figura. 26. Instalación de geotextil acorde al diseño inicial.....	37
Figura. 27. Instalación de geotextil en forma de “S”.....	37
Figura. 28. Costura de geomallas utilizando traslapos.....	39
Figura. 29. Zaranda donde se tamiza el material de relleno para el talud en suelo reforzado.	40
Figura. 30. Retiro de sobre-tamaños al material de relleno del talud reforzado.	40
Figura. 31. Construcción de lecho filtrante en la parte inferior del talud reforzado	41
Figura. 32. Detalle del geodrén planar según recomendaciones de especialistas.....	42
Figura. 33. Instalación de geodrén planar en obra.....	42
Figura. 34. Localización y compactación de los sacos para la falda del talud	43

Figura. 35	Longitud de geo-malla instalada en obra vs el diseño	44
Figura. 36.	Longitud de geomalla en cada terraza	45
Figura. 37.	Toma de densidades por parte de la interventoría en el material de conformación del talud reforzado	45
Figura. 38.	Humedecimiento y compactación del material de conformación del talud reforzado.....	46
Figura. 39.	Guía de selección de materiales para control de erosión.	47
Figura. 40.	Aplicación de pañete orgánico en la fachada del talud.	48
Figura. 41.	Anclaje de manto permanente en corona de talud.	48
Figura. 42.	Traslapo entre mantos adyacentes.....	49
Figura. 43.	Arrastre de material orgánico producto de la escorrentía superficial.	49
Figura. 44.	Uniformidad en el pañete orgánico previo a la instalación del manto permanente.	50
Figura. 45.	Instalación del manto permanente en toda la fachada del talud reforzado.	50
Figura. 46.	Detalle del anclaje inferior del manto.....	51
Figura. 47.	Evidencia de la imposibilidad de construir trinchera de anclaje en la parte inferior del talud reforzado.....	52
Figura. 48.	Vegetalización del talud en suelo reforzado.	52
Figura. 49.	Revisión de los paneles de geo-malla previo a realizar su instalación.....	53
Figura. 50.	Visita por parte de la interventoría a la cantera en la que se verifica un adecuado procedimiento de tamizado.....	54
Figura. 51.	Inspecciones diarias a las maquinas utilizadas para el desarrollo de actividades ene l talud reforzado.	56
Figura. 52.	Charla diaria a personal de obra.....	56
Figura. 53.	Medición de la longitud de geo-malla instalada.	57
Figura. 54.	Chequeo de cumplimiento de la longitud mínima de traslapo entre geomallas.....	58
Figura. 55.	Instalación del geo-textil acorde al diseño.	58
Figura. 56.	Verificación de cumplimiento en la instalación del geo-textil.	59
Figura. 57.	Proceso cíclico para la instalación de los sacos de fachada del talud reforzado.	60
Figura. 58.	Uso de arnés por parte del personal que se encuentra laborando al borde del talud.....	60
Figura. 59.	Retiro de sobretamaños en campo.....	61
Figura. 60.	Toma de densidades en capa del talud en suelo reforzado.....	61
Figura. 61.	Escarificación del material compactado por deficiencia en el proceso de compactación.	64
Figura. 62.	Chequeo de niveles en capa del talud reforzado.....	64
Figura. 63.	Cálculo para los asentamientos máximos en el relleno del talud reforzado	65

Figura. 64. Puntos de referencia para la toma de asentamientos del talud reforzado.	66
Figura. 65. Instalación de geomalla en la parte inicial de terraza en el talud reforzado.	71
Figura. 66. Estructura tipo E3 y Estructura utilizada, para pavimento en el espacio público peatonal.	77
Figura. 67. Excavación para construcción de bordillo para confinamiento de estructura de pavimento en el espacio público peatonal.	78
Figura. 68. Vaciado de concreto para construcción de bordillo.....	78
Figura. 69. Toma de muestras cilíndricas del concreto utilizado para la construcción del bordillo.	79
Figura. 70. Aplicación, humedecimiento y compactación del material para subrasante de pavimento peatonal.....	80
Figura. 71. Chequeo al nivel del material de sub-rasante en el pavimento peatonal.....	81
Figura. 72. Aplicación, nivelación, humedecimiento y compactación de la base granular en la estructura de pavimento peatonal.....	82
Figura. 73. Instalación de tabletas prefabricadas para pavimento en espacio público peatonal.	83
Figura. 74. Atención a visita técnica de especialista en espacio público por parte de la interventoría y el contratista.....	83
Figura. 75. Rampa de acceso vehicular.....	84
Figura. 76. Evidencia del deficiente acondicionamiento realizado por el contratista a los pasos peatonales provisionales.....	86
Figura. 77. Atención a persona afectada por falta de acondicionamiento en los senderos peatonales provisionales adecuados por el contratista.....	86
Figura. 78. Tránsito de retroexcavadora pequeña por fuera del área de obra y sin el acompañamiento de un controlador de tráfico.	88
Figura. 79. Maquinaria y personal obrero realizando actividades sin la presencia de un controlador de tráfico.	88
Figura. 80. Mala señalización en área de intervención del contratista.....	89
Figura. 81. Cerramiento de área de intervención del contratista con pines de varilla.	90
Figura. 82. Personal obrero realizando actividades con alto nivel de ruido sin protección para los oídos.....	91

LISTA DE TABLAS

	Pag
Tabla 1. Información proyecto autopista ruta del sol.	5
Tabla 2. Información proyecto sistema de transmilenio fase III.....	6
Tabla 3. Información del proyecto “Protección de puentes”.	7
Tabla 4. Información del proyecto de redes ambientales peatonales seguras...8	
Tabla 5. Información general del contrato	18
Tabla 6. Formato para monitoreo y control de resultados de densidad del material compactado	27
Tabla 7. Requisitos de los materiales para terraplenes.....	55
Tabla 8. Resultados de ensayos de cono de arena, talud reforzado.....	62
Tabla 9. Control de asentamiento al talud en suelo reforzado.	67
Tabla 10. Control de cantidades por terraza.	69
Tabla 11. Cronograma de ejecución del talud reforzado.....	72
Tabla 12. Resumen de costos en la ejecución del talud en suelo reforzado...75	
Tabla 13. Tipos de estructuras de pavimentos para uso en el espacio público peatonal.....	76
Tabla 14. Formato creado para la organización de los arreglos solicitados por parte de la interventoría al contratista.	92
Tabla 15. Registro fotográfico de los daños relacionados en la tabla 11.....	93

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: Supervisión técnica y control de calidad en proyectos de pavimentación de la malla vial y construcción de obras de arte complementarias.

AUTOR(ES): Daniel Alberto Gómez Barragán

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): Aldemar Remolina Millan

RESUMEN

Esta práctica empresarial se desarrolla en proyecto de interventoría ejecutado por la empresa MSING S.A.S., proyecto ubicado en el municipio de Girón, Santander, el cual consiste en el mejoramiento de la malla vial del barrio mirador de San Juan, en el cual se ejecutaron actividades propias de un auxiliar de ingeniero residente de interventoría, brindando apoyo en la supervisión técnica, control de calidad y demás actividades administrativas tales como recolección y organización de cantidades de obra ejecutadas por el contratista, seguimiento y diligenciamiento de los resultados obtenidos en los ensayos de control de calidad realizados, generación de formatos y seguimiento para la organización de información, diligenciamiento de actas de avance semanal por parte de la interventoría, y diligenciamiento diario de las observaciones realizadas por la interventoría en la bitácora de obra. Todo lo anterior en el marco de las estructuras involucradas dentro del proyecto, dentro de las cuales se encuentran: la construcción de un talud en suelo reforzado, construcción de pavimento asfáltico en el espacio público vehicular y la construcción de pavimento rígido con tabletas prefabricadas en el espacio público peatonal.

PALABRAS CLAVE:

Supervisión técnica, Control de calidad, Interventoría, Talud reforzado, Pavimento asfáltico

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: Technical supervision and quality control in road paving projects and construction of complementary works of art.

AUTHOR(S): Daniel Alberto Gómez Barragán

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: Aldemar Remolina Millan

ABSTRACT

This practice is developed in an audit project executed by the company MSING SAS, a project located in the municipality of Girón, Santander, which consists of the improvement of the road network of the San Juan neighborhood, in which activities of an assistant of resident auditing engineer, providing support in technical supervision, quality control and other administrative activities such as collection and organization of quantities of work carried out by the contractor, monitoring and completion of the results obtained in the quality control tests carried out, generation of formats and follow-up for the organization of information, filing of weekly progress reports by the audit, and daily filling of the observations made by the audit in the work log. All of the above within the framework of the structures involved within the project, among which are: the construction of a slope in reinforced soil, construction of asphalt pavement in the public vehicle space and the construction of rigid pavement with prefabricated tablets in the pedestrian public space.

KEYWORDS:

Technical supervision, Quality control, Inspection, Reinforced slope, Asphalt pavement

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, en Colombia, existe un elevado número de vías sin pavimentar, los múltiples daños en la malla vial de un territorio constituyen problemas de movilidad reducida, seguridad vial, riesgo físico para los transeúntes, afecciones a la salud de la Comunidad, y deterioro en general del entorno, debido a esto nace la necesidad de realizar el mantenimiento, mejoramiento y rehabilitación de la malla vial existente en el barrio de Mirador de San Juan, Girón, pues por estas vías fluyen productos y personas las cuales requieren una infraestructura adecuada para moverse. [1]

VIAS MBI es un consorcio creado con el fin de realizar la interventoría técnica, administrativa, financiera y ambiental a los estudios y diseños del mejoramiento y pavimentación de las vías del barrio Mirador de San Juan, en el municipio de Girón-Santander, en esta organización se desarrolló la práctica empresarial.

En el presente informe se exponen las actividades desarrolladas por el practicante, en el transcurso de tiempo en que ejerció como auxiliar de ingeniero residente de interventoría. Dentro de las actividades desarrolladas se encuentran las de orden administrativo, tales como: Toma de información para el diligenciamiento de cantidades de obra, realización de un control de calidad que enfatice en el cumplimiento de planos, especificaciones técnicas y normas; y el desarrollo de actividades de apoyo administrativo a la labor de residencia de interventoría en temas de documentación, análisis y organización de resultados de ensayos técnicos, todo esto realizado en un conjunto de actividades de construcción de pavimento, estructuras de contención y urbanismo.

Dentro de las obligaciones de un interventor está el velar por dar cumplimiento al alcance del proyecto realizando las solicitudes correspondientes al contratista acorde a lo solicitado por el supervisor de manera oportuna y clara. Al llevar esto a la práctica se presentan una serie de situaciones imprevistas, dentro de las cuales se encuentran: coordinación inoportuna entre las partes que componen el contrato y falta de cumplimiento a las solicitudes realizadas por parte de la interventoría al contratista.

Por otra parte, las especificaciones técnicas y normas aplicables para la construcción de pavimento asfáltico, talud en suelo reforzado y obras de urbanismo; fueron una herramienta inherente a las actividades desarrolladas como auxiliar en este proyecto.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Realizar supervisión técnica y control de calidad en un proyecto de pavimentación de malla vial y construcción de obras de arte complementarias.

2.2. Objetivos específicos

- Realizar cálculo de cantidades de obra a un conjunto de actividades de construcción de pavimento, estructuras de contención y urbanismo.
- Realizar control de calidad en obra enfatizando en el cumplimiento de planos, especificaciones técnicas y normas relacionadas con la construcción de vías y obras complementarias.
- Desarrollar actividades de apoyo administrativo a la labor de residencia de interventoría en temas de documentación, análisis y organización de resultados de ensayos técnicos y seguimiento y monitoreo de las actividades de construcción.

3. EMPRESA

3.1. Descripción de la empresa

La empresa MSING S.A.S. es una compañía consultora que está dedicada a internacionalizar empresas para gerenciar, administrar y controlar negocios; además de brindar apoyo a sus clientes mediante la asesoría y optimización del tiempo y los recursos en la entrada, permanencia y obtención de nuevos negocios en Colombia.

Dentro del grupo de profesionales con los que cuenta la empresa MSING S.A.S se encuentra personal encargado de asesorar en los ámbitos jurídico, técnico, QHSE, Económico y Financiero. [2]

Figura. 1. Logo MSING S.A.S



Fuente: Sitio web MSING S.A.S

3.2. Misión

MSING S.A.S es una empresa que presta los servicios de Consultoría: Interventoría de obras, Interventoría de estudios y/o diseños, Gerencia de proyectos y Estructuración de proyectos de infraestructura en el sector público y privado.

La empresa está comprometida con la satisfacción de las necesidades y expectativas de sus clientes, con el mejoramiento continuo de sus procesos, el cuidado del Medio Ambiente y el desarrollo integral de sus colaboradores. [3]

3.3. Visión

Para el año 2020 MSING S.A.S quiere ser una empresa reconocida a nivel Nacional e Internacional, mejorando continuamente sus procesos, logrando ser un aliado estratégico para sus clientes en el desarrollo de sus proyectos. [4]

3.4. Política de seguridad y salud en el trabajo – SST

La empresa MSING S.A.S se compromete a velar por el completo bienestar físico, mental y social de sus trabajadores, garantizando la integridad de los mismos, ofreciendo lugares de trabajos seguros y adecuados, minimizando la ocurrencia de accidentes de trabajo y de enfermedades laborales.

Así mismo, se compromete a: cumplir con la legislación vigente que suscriba la organización en lo referente a Seguridad y Salud en el Trabajo a través de metodologías que aseguren su cumplimiento, a prevenir accidentes de trabajo y enfermedades laborales asegurando que se identifiquen, evalúen y controlen plenamente los factores de riesgo inherentes a las actividades de la empresa presentes en los sitios de trabajo.

La gerencia se compromete a destinar los recursos técnicos, físicos, financieros y de talento humano que sean necesarios para la ejecución de las actividades del Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Empresa. [5]

3.5. Proyectos ejecutados

La empresa MSING S.A.S., ha estructurado proyectos a empresas nacionales y extranjeras, logrando la adjudicación de varios proyectos a nivel nacional. [6]

A continuación, se muestran de forma general cuatro de los principales logros alcanzados con empresas extranjeras:

- **Descripción del proyecto:** Interventoría de concesión a la construcción y mejoramiento vial autopista ruta del sol y los diseños definitivos, adquisición de predios, obtención de licencias ambientales, la financiación, la operación y el mantenimiento de las mismas.

Tabla 1. Información proyecto autopista ruta del sol.

Fase de construcción:	36 meses
Localización:	Villeta - El Korán
Vigencia de la concesión	Hasta el 2022.
Valor del contrato:	USD 19'600.000
Nacionalidad de la empresa asesorada:	Chilena

Fuente: *MSING S.A.S. Experiencias. Tomado de: <http://msingsas.com.co/logros/>*

A continuación, se muestra una imagen representativa de lo construido en la autopista ruta del sol. Villeta – El Korán.

Figura. 2. Autopista ruta del sol, Villeta – El Korán



Fuente: *MSING S.A.S. Experiencias. Tomado de: <http://msingsas.com.co/logros/>*

- **Descripción del proyecto:** Interventoría técnica, administrativa, financiera, legal, ambiental y social para la adecuación de las obras viales de la carrera décima y calle 26 (Avenida Jorge Eliecer Gaitán) al sistema transmilenio fase III.

Tabla 2. Información proyecto sistema de transmilenio fase III.

Duración del contrato	4 años
Localización:	Cra 10 y calle 26 - Bogotá.
Valor del contrato:	USD 9.900.000
Nacionalidad de la empresa asesorada:	Argentina

Fuente: *MSING S.A.S. Experiencias. Tomado de: <http://msingsas.com.co/logros/>*

A continuación, se muestra una imagen representativa de lo construido en la carrera décima y calle 26 (Avenida Jorge Eliecer Gaitán) - Bogotá.

Figura. 3. Sistema transmilenio fase III, en la ciudad de Bogotá.



Fuente: *MSING S.A.S. Experiencias. Tomado de: <http://msingsas.com.co/logros/>*

- **Descripción del proyecto:** Interventoría técnica administrativa, ambiental, financiera y legal para la ejecución de las obras necesarias para la construcción, rehabilitación, mantenimiento y obras de protección de puentes en la red vial en el departamento de Antioquia.

Tabla 3. Información del proyecto “Protección de puentes”.

Duración del contrato	20 meses
Localización:	Departamento Antioquia
Valor del contrato:	USD 620.000
Nacionalidad de la empresa asesorada:	Española

Fuente: *MSING S.A.S. Experiencias. Tomado de: <http://msingsas.com.co/logros/>*

A continuación, se muestra una imagen representativa de las actividades realizadas por la empresa en el proyecto.

Figura. 4. Mantenimiento y obras de protección de puentes en la red vial del departamento de Antioquia.



Fuente: *MSING S.A.S. Experiencias. Tomado de: <http://msingsas.com.co/logros/>*

- **Descripción del proyecto:** Interventoría técnica, administrativa, legal, financiera, social, ambiental y SISO, para adelantar los estudios, diseños, construcción, operación y conservación de las redes ambientales peatonales seguras, en la ciudad de Bogotá D.C.

Tabla 4. Información del proyecto de redes ambientales peatonales seguras

Duración del contrato	14 meses
Localización:	Bogotá
Valor del contrato:	USD 500.000
Nacionalidad de la empresa asesorada:	Española

Fuente: *MSING S.A.S. Experiencias. Tomado de: <http://msingsas.com.co/logros/>*

A continuación, se muestra una imagen representativa del proyecto.

Figura. 5. *Conservación de las redes ambientales peatonales seguras.*

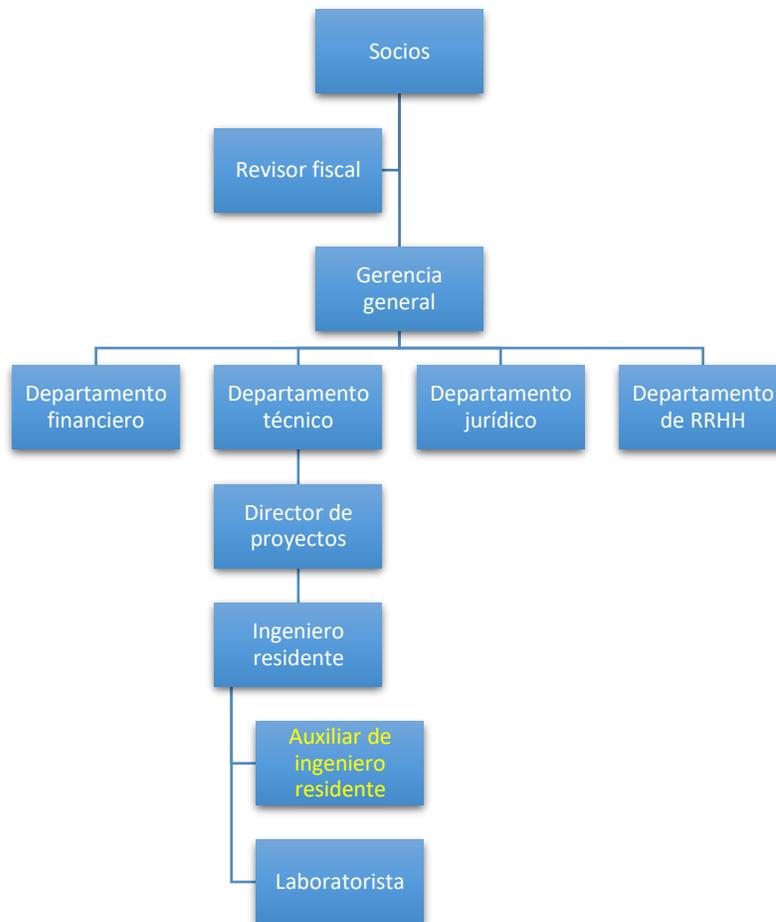


Fuente: *MSING S.A.S. Experiencias. Tomado de: <http://msingsas.com.co/logros/>*

3.6. Organigrama de la empresa

A continuación, se muestra de forma general la manera en la que se organiza la empresa y en que parte de esta organización se desarrollaron las actividades como auxiliar de ingeniero residente en mencionado proyecto de interventoría.

Figura. 6. . Organigrama de la empresa MSING S.A.S.



Fuente: Brochure de la empresa MSING S.A.S.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Control de calidad en proyectos de construcción

4.1.1. Sistema de gestión de la calidad.

La implementación de un sistema de gestión de calidad en un proyecto de construcción es una decisión estratégica que tiene como objetivo principal obtener un adecuado producto final.

La norma técnica colombiana NTC-ISO 9001 afirma que existen unos beneficios potenciales para una organización en el momento en que adopta un sistema de gestión de la calidad, dentro de los cuales se encuentran:

- Capacidad de crear productos que satisfacen los requisitos del cliente, y que adicional a esto se encuentren dentro del cumplimiento del marco legal y reglamentario aplicable;
- Aumentar las oportunidades de satisfacer al cliente;
- Abordar los riesgos y oportunidades que pueda tener el proyecto;
- Capacidad de demostrar la conformidad con requisitos del sistema de gestión de la calidad especificados. [7]

Realizar un adecuado control de calidad en un proyecto de construcción se hace posible basándose en el control por parte del personal propio o ajeno especializado en este tema, donde se deben analizar aspectos del proyecto, tales como:

- La calidad de información que contienen los planos, detalles, memorias y libros de construcción;
- El cumplimiento del programa;
- El cumplimiento de la normativa aplicable al proyecto;
- La obtención de los permisos y licencias requeridas. [8]

La gestión de la calidad en un proyecto de construcción es clave para obtener el producto final esperado, para esto es conveniente que todas las fases del proyecto cuenten con un equipo de técnicos especializados en control de calidad, los cuales, evitarán que se potencialicen esos riesgos a los que una obra se encuentra expuesta. Que exista en el proyecto servicios de control, ayuda a garantizar un resultado final de la ejecución planeado, para esto, se deben desarrollar actividades de control de calidad tales como:

- Redacción y seguimiento de plan de control de calidad y puntos de inspección;
- Recepción en obra y control documental de materiales y equipos;
- Supervisión de los ensayos de control de calidad de materiales y validación de los resultados;
- Seguimiento de la ejecución;
- Certificación de avance de obras;
- Revisión para la recepción final de las obras.

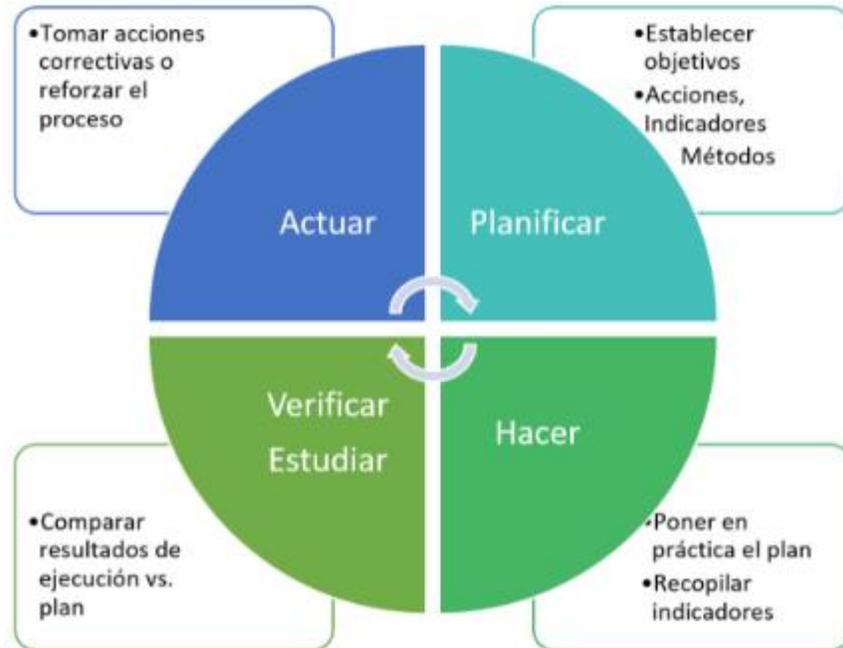
El control de calidad es un requerimiento legal y una garantía de que en la etapa de ejecución de la obra los materiales utilizados y los equipos instalados dan cumplimiento a los estándares y la normativa aplicable. [9]

4.1.2. Ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar.

Con el fin de utilizar un mecanismo que organice el proyecto a partir de los objetivos y necesidades que tiene una organización, surge un sistema de gestión de calidad que se ejecuta por medio de un ciclo en el que se realizan las siguientes fases:

- Planificar: Se establecen los objetivos que tiene el sistema y sus procesos, también se establecen los recursos necesarios para obtener los resultados requeridos por el cliente y las políticas de la propia organización para que finalmente se identifiquen y aborden los riesgos y las oportunidades.
- Hacer: Se puede resumir en la implementación de lo planificado.
- Verificar: Realización del seguimiento y la medición de los procesos y los productos resultantes respecto a los objetivos, requisitos y las actividades planificadas, para finalmente informar sobre los resultados.
- Actuar: Se trata de la toma de acciones que busquen el continuo mejoramiento del desempeño siempre que sea necesario. Consiste en seleccionar las oportunidades de mejora para implantar la acción necesaria para satisfacer los requerimientos del cliente. [10]

Figura. 7. Ciclo PHVA



Fuente: Informe final seminario de profundización, C. A. Orozco, Universidad cooperativa de Colombia, Ibagué, 2018.

4.2. Interventoría en proyectos de construcción

4.2.1. Alcance de la interventoría

La interventoría en un proyecto de construcción es la encargada de ejercer funciones de control y vigilancia sobre las actividades necesarias para una adecuada ejecución del proyecto, con el fin de garantizar que este se ejecute de acuerdo a los planos, especificaciones técnicas, estudios, costos y plazos establecidos, todo esto dentro del marco de cumplimiento, calidad y economía.

Los servicios que presta una interventoría, según la Sociedad Colombiana de Arquitectos, debe estar presente no solo en la etapa de ejecución, la interventoría es la encargada de brindar asesoría a la entidad contratante, inicialmente durante la etapa de estudios y diseños para garantizar que:

- Los planos satisfagan la necesidad del cliente;

- El alcance del proyecto cumpla con los requisitos y a su vez éste se encuentre dentro de la disponibilidad de recursos;
- Los recursos estén debidamente coordinados y completos para la ejecución de la obra;
- Se dé cumplimiento a las actividades previas a la ejecución como lo son: control de pólizas, control a los contratos de estudios técnicos y control sobre los trámites municipales. [11]

Además de las actividades previas al inicio de la construcción, la interventoría debe incluir dentro de sus servicios una supervisión, vigilancia y control de todos los planos a medida que se ejecutan y así adquirir un conocimiento íntegro en lo que respecta al conocimiento del plan general, de la programación, del presupuesto y de las normativas municipales a las que se les debe dar cumplimiento en el desarrollo de las actividades. De forma general, la interventoría en la etapa de construcción, debe incluir dentro de sus servicios los siguientes puntos:

- Supervisión para que se desarrolle el contrato acorde a lo pactado inicialmente.
- Controles periódicos en el avance de los trabajos, manteniendo informado a la entidad contratante.
- Realización de pruebas de materiales y aceptación de los trabajos.
- Inspecciones de los trabajos, ordenando al constructor que se cumplan los estándares de calidad pactados.
- Monitoreo y control en lo que respecta el cumplimiento de normas y especificaciones técnicas en la ejecución de los diseños aprobados.
- Asesoría a la entidad contratante en los casos en los que se realicen modificaciones al proyecto con respecto a lo planeado inicialmente.
- Generación de informes de avance periódicos en los cual se detalle el avance del proyecto.
- Finalmente, recibir los trabajos terminados a satisfacción según lo pactado en el contrato. [12]

4.2.2. Responsabilidad del interventor.

Según lo establecido en el Artículo 123 del decreto 222 de 1983, además de las sanciones penales a las que puede estar sometido, la persona natural o sociedad que ejerciese una interventoría será civilmente responsable de los perjuicios originados en el mal desempeño de sus funciones, sin que esto exima al contratista de sus propias responsabilidades. [13].

Sin embargo, la Ley 80 de 1993 y la Ley 1474 de 2011 “Estatuto anticorrupción” introducen nueva regulación al respecto, en la cual se amplía la responsabilidad civil y penal agregando una fiscal y disciplinaria. Además hizo al interventor responsable de poner en conocimiento de la entidad contratante los posibles actos de corrupción en la ejecución del contrato, y de alertar oportunamente los posibles casos de incumplimiento que se puedan presentar, de no dar cumplimiento a esto, según la Ley 1474 de 2011, se hace solidariamente responsable con el contratista por los perjuicios causados, y lo inhabilita por cinco (5) años. [13]

4.3. Normas técnicas

4.3.1. Relacionadas con la supervisión técnica

4.3.1.1. Alcance de la supervisión técnica.

La NSR-10, en el Capítulo I-2 “Alcance de la supervisión técnica”, estipula las labores que debe realizar un supervisor técnico, dicha supervisión, dentro de su alcance debe cumplir una serie de aspectos que guíe a la conclusión del proyecto de manera exitosa. Cabe resaltar que mencionado capítulo de la NSR-10 se limita a la construcción del sistema estructural y los elementos no estructurales de edificaciones, sin embargo, sirve como referente para todo tipo de proyectos de construcción.

A continuación, se relacionan los aspectos que como mínimo debe cumplir la supervisión técnica de un proyecto en la construcción de edificaciones según la NSR-10:

- Aprobación del programa de control de calidad desarrollado por el constructor del proyecto.
- Aprobación de los laboratorios que realicen los ensayos de control de calidad.
- Realizar el control de materiales de manera adecuada, siguiendo los lineamientos indicados en el capítulo I.2.4. de la NSR-10.
- Aprobación de procedimientos constructivos propuestos por el constructor del proyecto.
- Exigir a los diseñadores del proyecto cuando los planos se encuentren incompletos, indefinidos o tengan omisiones o errores.
- Solicitar al especialista en geotecnia las recomendaciones complementarias al estudio geotécnico cuando se encuentren situaciones no previstas en el proyecto.
- Mantener actualizado un registro escrito de todas las labores realizadas en la ejecución de la obra.

- Prevenir por escrito al constructor sobre temas relacionados con posibles deficiencias en la mano de obra, equipos, procedimientos constructivos y materiales inadecuados, y vigilar que se realicen las correcciones pertinentes.
- Rechazar las partes de la estructura que no cumplan con los planos y especificaciones.
- Recomendar la suspensión de labores cuando el constructor no se encuentre cumpliendo con los planos, especificaciones y controles exigidos, informando, por escrito, a la autoridad competente para ejercer control urbano y posterior de obra. [14]

4.3.1.2. Idoneidad del supervisor técnico y su personal auxiliar.

Según lo establecido en el Artículo 35 de la Ley 400 de 1997, debe tratarse de ingenieros civiles, arquitectos o constructor en arquitectura e ingeniería. Sin embargo, cabe resaltar que esta ley limita el alcance a las edificaciones, por lo tanto, lo anteriormente mencionado no es aplicable para proyectos de mejoramiento de la malla vial.

Según la Ley 400 de 1997, el supervisor técnico puede delegar parte de sus labores al personal técnico auxiliar, el cual, debe actuar en todo momento bajo su dirección y responsabilidad. En lo que respecta a la aptitud del personal auxiliar, es el mismo supervisor técnico quien define si es suficiente la experiencia de este para realizar las labores que se le encomienden; dicha experiencia debe ser medible e irá acorde al tamaño, importancia y dificultad de la obra.

Es de suma importancia que el supervisor técnico sea completamente independiente al constructor del proyecto. El Artículo 22 de la Ley 400 de 1997 menciona que es una labor que debe realizar la interventoría o que puede ser realizada por un profesional diferente al interventor. [15]

4.3.1.3. Relacionadas con la Seguridad y Salud en el trabajo – SST

El personal obrero y administrativo en todo proyecto de construcción debe contar con una serie de conocimientos básicos acerca de la seguridad y salud en el trabajo con el fin de minimizar los riesgos a los que se encuentran expuestos. A continuación, se mencionarán breve y objetivamente algunos de los aspectos que son exigidos por norma con respecto a la implementación de capacitaciones al personal obrero y administrativo y las medidas de prevención y control de riesgos que se deben tener en un proyecto de construcción.

4.3.1.4. Capacitación en seguridad y salud en el trabajo - SST.

El contratante debe definir los requisitos de conocimiento y práctica en seguridad y salud en el trabajo necesarios para sus trabajadores, también debe adoptar y mantener disposiciones para que estos los cumplan en todos los aspectos de la ejecución de sus deberes con el fin de prevenir accidentes de trabajo y enfermedades laborales. Para ello, debe desarrollar un programa de capacitación que proporcione conocimiento para identificar los peligros y controlar los riesgos relacionados con el trabajo, debe hacerlo extensivo a todos los niveles de la organización incluyendo a trabajadores dependientes, contratistas, trabajadores cooperados y los trabajadores en misión. [16]

Para que el mejoramiento de la seguridad, salud y las condiciones laborales en una construcción sea posible, se hace necesaria una constante colaboración de la totalidad del personal que hace parte de la obra, tanto administrativo como obrero; las capacitaciones en temas de SST brindadas al personal de obra se centran en que estos le den la importancia necesaria a los incidentes que se presentan a diario dentro del entorno laboral, para que estos sean eliminados antes de que se conviertan en accidentes que puedan llegar a generar graves lesiones. Una acción peligrosa puede generarse varias veces antes de que se convierta en una grave lesión para quien la realiza, las capacitaciones deben concentrarse en la eliminación de los peligros en potencia, la importancia de estas es tomar medidas de seguridad antes de que ocurran los accidentes. Teniendo esto en cuenta se puede concluir que una adecuada gestión de la seguridad busca el cumplimiento de tres objetivos principales:

- Lograr un ambiente seguro;
- Hacer que el trabajo sea seguro;
- Hacer que los obreros tengan conciencia de la seguridad. [17]

4.3.1.5. Medidas de prevención y control de peligros y riesgos

Para realizar una adecuada gestión de peligros y riesgos en ambientes laborales, el Decreto 1443 del 2014 en sus artículos 23 y 24, menciona que el empleador debe establecer algún tipo de metodologías para la identificación, prevención, evaluación, valoración y control de los peligros y riesgos a los que se encuentran expuestos sus trabajadores. Las medidas de prevención deben adoptarse con base a un análisis en el que se tiene en cuenta el siguiente esquema de jerarquización:

- Eliminación del peligro o riesgo.
- Sustituir un peligro por otro que no genere riesgo o que genere menos riesgo.

- Controles del peligro o riesgo por medio del encerramiento del peligro dentro del área de trabajo o aislamiento total de este.
- Controles administrativos con el objetivo de reducir el tiempo de exposición al peligro, tales como la rotación de personal, cambios en la duración o tipo de la jornada de trabajo.
- Uso de dispositivos, accesorios y vestimentas por parte de los trabajadores, con el fin del protegerlos contra los posibles daños a su salud o su integridad física derivados de la exposición a los peligros en el lugar de trabajo. [18]

5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Como practicante se desarrollaron actividades propias de un auxiliar de ingeniero residente de interventoría en proyecto de mejoramiento de la malla vial del barrio Mirador de San Juan del municipio de Girón-Santander, las actividades realizadas se encontraron dentro de un marco administrativo y técnico. A continuación, se describe el proyecto en el que se realizaron las prácticas empresariales y el resumen de las actividades desarrolladas.

5.1. Proyecto mejoramiento de la malla vial y obras complementarias

Tabla 5. Información general del contrato

CONTRATO No. Y FECHA	852 DEL 31 DE OCTUBRE DE 2017
CONTRATISTA:	UNION TEMPORAL GRUPO SAN JUAN Representante: NESTOR QUINTERO CORREA C.C No.13.845.535 DE BUCARAMANGA
Nit o C.C. No.	901.127.622-6
OBJETO:	ESTUDIOS, DISEÑOS, MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACION DE LAS VIAS DEL BARRIO MIRADOR DE SAN JUAN Y SUS SECTORES ALEDAÑOS, MUNICIPIO DE GIRON – DEPARTAMENTO DE SANTANDER
VALOR INICIAL:	\$9.385.947.897,00
VALOR ADICIONAL No.1 (OBRAS PREVISTAS):	\$1.511.527.775,78
VALOR FINAL:	\$10.897.475.672,78
PLAZO INICIAL:	CATORCE (14) MESES
PLAZO ADICIONAL No.1:	SEIS (6) MESES
PLAZO FINAL:	VEINTE (20) MESES
NOMBRE INTERVENTOR CONTRATO:	CONSORCIO VIAS MBI Representante: DANIEL ERNESTO RUIZ PARRA Contrato de Interventoría No.856/31 Octubre 2017
Nit o C.C. DEL INTERVENTOR	901.127.828-6
SUPERVISOR:	ING. MARIA DEL ROSARIO TORRES VARGAS Secretaria de Infraestructura
FECHA DE INICIACION:	2 DE NOVIEMBRE DE 2017
FECHA DE TERMINACION INICIAL:	31 DE DICIEMBRE DE 2018
FECHA DE TERMINACION FINAL:	1 DE SEPTIEMBRE DE 2019
MUNICIPIO:	SAN JUAN DE GIRÓN
OFICINA GESTORA:	SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA

Fuente: Documento acta de ajuste presupuestal, incorporación y reconocimiento de mayores cantidades de obra, 25 de febrero del 2019

El proyecto consiste en el mejoramiento de la malla vial del barrio Mirador de San Juan, el cual comprende un tramo principal con una doble calzada. Además, incluye la recuperación y ampliación de otros dos ejes en calzada sencilla, los cuales recorren la parte norte y sur del barrio y tiene conexión con el eje principal, estas calzadas sencillas se construyen de dos carriles bi-direccionales.

Existen dos puntos donde se presentaron intersecciones, en estas intersecciones el proyecto planteó la construcción de retornos y una glorieta de diámetro interno 22ml. Esta glorieta permitió la conexión del barrio con los barrios aledaños.

Adicional a las actividades necesarias para la construcción del pavimento asfáltico, también se construyeron estructuras de contención tales como un terraplén reforzado con geo-sintéticos, el cual permitió la construcción de la doble calzada por el tramo principal; además, se realizó la construcción de muros de contención que permitieron una mayor comodidad a las áreas de tránsito peatonal.

En la Figura 8 se muestra la vista en planta del proyecto en el cual se realizaron las prácticas empresariales.

Figura. 8. Esquema del área de intervención del proyecto.



Fuente: Documento acta de ajuste presupuestal, incorporación y reconocimiento de mayores cantidades de obra, 25 de febrero del 2019.

Cada uno de los tramos señalados en la Figura 8 se intervinieron de la siguiente manera

Figura. 9. Información general del Tramo 1

TRAMO 1	
Longitud	340 ml.
Número de calzadas	Dos(2).
Carriles por calzada	Dos (2) de 3,5 ml cada una.
Separador central	De 1,5 m de ancho.
Señalización vial	Horizontal y vertical
Bahías de estacionamiento de transporte público	Dos (2).
Box-couvert	sección 2,5 x 2,1 m, y Longitud de 90 ml.
Canal abierto	sección 2,5 x 2,1 m y Longitud de 145 ml.
Terraplenes reforzados con geo-sintéticos	Longitud 145 ml y altura promedio de 9 m, con talud 1:1,5.
Instalación de manto permanente para la vegetalización del talud reforzado.	
Red de acueducto	
Red de alcantarillado pluvial.	
Urbanismo	
Pavimento flexible	
	

Fuente: Autor.

Figura. 10. Información general del Tramo 2.

TRAMO 2	
Longitud	284ml.
Número de calzadas	Dos(2).
Carriles por calzada	Dos (2) de 3,5 ml cada una.
Separador central	De 1,5 m de ancho.
Señalización vial	Horizontal y vertical
Retorno tipo corbatín con las siguientes características	Retorno a la salida de radio 27 ml y calzada sencilla en el mismo sentido, y retorno hacia glorieta de radio 11,13 ml y Retorno a la salida de radio 27 ml y calzada sencilla en el mismo sentido, y retorno hacia glorieta de radio 11,13 ml y calzada sencilla en el mismo sentido.
Glorieta de diámetro interno de 22ml.	
Pavimento flexible.	
Red de alcantarillado pluvial.	
Urbanismo	
	

Fuente: Autor.

Figura. 11. Información general Tramo 3.

TRAMO 3	
Longitud	360 ml.
Número de calzadas	Una (1)
Carriles por calzada	Dos (2) en un solo sentido y de 3 ml cada uno.
Señalización vial	Horizontal y vertical
Red de acueducto.	
Pavimento flexible.	
Red de alcantarillado pluvial.	
Urbanismo	
	

Fuente: Autor.

Figura. 12. Información general Tramo 4.

TRAMO 4	
Longitud	345 ml.
Número de calzadas	Una (1)
Carriles por calzada	Dos (2) en doble solo sentido y de 3 ml cada uno.
Señalización vial	Horizontal y vertical
Red de acueducto.	
Pavimento flexible.	
	

Fuente: Autor.

6. ACTIVIDADES REALIZADAS

Dentro del proyecto, se desarrollaron actividades propias de un auxiliar de interventoría en proyecto de mejoramiento de la malla vial y sus obras de arte complementarias. De forma resumida, las actividades desarrolladas consistieron en un apoyo a la supervisión técnica en la construcción de talud en suelo reforzado, pavimento flexible y muros en concreto reforzado. Además, se realizaron actividades de carácter administrativo entre las cuales se resalta el diligenciamiento de cantidades de obra, documentación, análisis y organización de resultados de ensayos técnicos. A continuación se relacionan:

6.1. Apoyo a la supervisión técnica en la construcción de estructura de pavimento flexible

Para la construcción de la estructura de pavimento flexible primero realizó el respectivo corte o relleno siguiendo los lineamientos estipulados en los planos, actividad que en campo se traduce en respetar los niveles y la ubicación en planta otorgados por parte del topógrafo.

Cuando fuese necesario el auxiliar de interventoría debía realizar la localización de los sardineles en el momento en que se marca en campo y checar en el instante previo a aplicar el mortero de pega la localización de los sardineles prefabricados. En la Figura 13 se evidencia el chequeo realizado por parte de la interventoría a la localización de los sardineles marcada por el contratista.

Figura. 13. *Chequeo topográfico por parte de la interventoría*



Fuente: Autor.

Luego, se revisaban los niveles de sub-rasante previo a liberar al contratista la actividad de aplicación de base granular, la diferencia de niveles entre la cota establecida en el proyecto y la existente en campo, por ordenes del supervisor técnico, no podía superar los 2 cms por defecto, de lo contrario, la interventoría solicitaba al contratista realizar la correspondiente escarificación, nivelación y re-compactación del material de sub-rasante. En la Figura 14 se evidencia el chequeo de los niveles de la sub-rasante por parte de la interventoría.

Figura. 14. *Chequeo de niveles de sub-rasante.*



Fuente: Autor.

En el momento en que la sub-rasante se encuentra nivelada y compactada se procedía a realizar la toma de densidades, para esto, era necesario previamente realizar una caracterización del material, dentro de la cual se encuentra el determinar la densidad seca máxima alcanzada por este, dicho valor máximo de densidad se obtenía en un laboratorio en el que se realiza el procedimiento especificado en la norma I.N.V.E. - 142 - 07 “Ensayo modificado de compactación”, dicho ensayo sirve para determinar la densidad seca máxima del material y la humedad óptima requerida para alcanzar la máxima densidad en el material compactado, a partir de este valor máximo de densidad se contrastaron los valores de densidad obtenidos por medio del cono de arena. La sub-rasante se liberaba al contratista cuando ésta superaba un 95% del valor de densidad máxima del material. En la Figura 15 se muestra una toma de densidad al material compactado para sub-rasante por medio del método del cono de arena.

Figura. 15. *Toma de densidades al material de subrasante*



Fuente: Autor

Posterior a la liberación de la sub-rasante, se procedía a realizar la aplicación de la base granular, la cual, debido a que su espesor variaba entre los 20 y 25 cms en el proyecto, se hizo necesario realizar la compactación en 2 capas. Para la aplicación de base granular, igualmente que con el material de relleno, la interventoría tomó siempre una muestra del material para realizar la caracterización en un laboratorio, esto se realizaba con el fin de chequear el cumplimiento de los requisitos estipulados en la tabla “Requisitos de los agregados para bases granulares” de la norma INVIAS. [19]

Al obtener el valor de densidad seca máxima de la base granular se realizaban ensayos

para determinar la densidad del suelo por medio del método del cono de arena, dichos ensayos la interventoría los realizó en los sectores donde se evidenciaba una inadecuada compactación del material.

Para el monitoreo y control de este proceso se digitó un formato en el cual se incluían los porcentajes de compactación obtenidos y las distintas observaciones que podían existir, en la Tabla 6 se muestra dicho formato.

Tabla 6. *Formato para monitoreo y control de resultados de densidad del material compactado*

FECHA	LOCALIZACIÓN	DENSIDAD SECA MÁXIMA (GR/CM3)	DENSIDAD OBTENIDA (GR/CM3)	PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN (%)	OBSERVACIONES
8/04/2019	Tramo 1 - eje 2 - Abs k0+210, carril costado izquierdo	1.88	1.8	95.74	Se evidencia presencia de sobre tamaños, se solicitó el retiro y el contratista atiende solicitud.

Fuente: Autor.

Luego de que las densidades del material al nivel de base granular se encontraban en el rango de aceptación, se procedía a aplicar una capa de emulsión asfáltica en toda el área donde posteriormente se fuere a aplicar pavimento asfáltico, se aplicaba una capa de emulsión asfáltica de rotura lenta el día anterior a la aplicación del asfalto con el fin de garantizar las 24 horas especificadas en su ficha técnica. En la Figura 16 se evidencia la aplicación de la emulsión asfáltica sobre la base granular.

Figura. 16. *Aplicación de emulsión asfáltica para primera capa de asfalto.*



Fuente: Autor.

Adicionalmente, para garantizar un cubrimiento total y no presentar inconformidades, se aplicaba emulsión asfáltica de rotura rápida en los espacios que no habían sido cubiertos por la emulsión previamente aplicada el día en que se proyectaba aplicar la primera capa de asfalto. Se observó que era indispensable evitar el paso de volquetas o cualquier tipo de vehículo sobre un área que se encontraba con la capa de emulsión a la vista, el tránsito vehicular retiraba la capa de emulsión que se encontraba en el terreno. En la Figura 17 se muestra la forma en la que se ve afectada la emulsión asfáltica ocasionada por el paso de maquinaria

Figura. 17. *Capa de emulsión asfáltica afectada debido al paso de maquinaria.*



Fuente: Autor.

Luego de observar la problemática evidenciada en la Figura 17, se definió que en casos en los que sea inevitable el paso de maquinaria por encima de la emulsión asfáltica, se debe aplicar un poco de asfalto sobre esta, con el fin de evitar que los neumáticos la retiren. En la Figura 18 se evidencia la aplicación de asfalto sobre la emulsión asfáltica con el fin de realizar un paso de maquinaria por el área sin que se afecte la emulsión.

Figura. 18. *Aplicación de asfalto sobre la emulsión para evitar afectaciones generadas por el tránsito de maquinaria.*



Fuente: Autor.

Posterior a esto, se aplicaba el asfalto en dos (2) capas, cada una de 7,5 cms y con una capa de emulsión asfáltica en la parte intermedia que funciona como ligante entre ellas. Para el control de calidad se realizaba un seguimiento y chequeo de que se esté cumpliendo con lo estipulado en los planos, especificaciones y determinaciones dadas por parte de los especialistas del proyecto, en tema tales como la temperatura a la que se recibe el asfalto, la nivelación de cada una de las capas de asfalto y la temperatura a la que se compacta el mismo (según lo especificado para el tipo de asfalto debe estar en el orden de los 115°C y los 120°C, sin embargo, esta temperatura se definió en un tramo de prueba al iniciar cada aplicación de asfalto). En la Figura 19 se muestra la inspección de la temperatura del asfalto previo a su compactación.

Figura. 19. *Inspección de la temperatura del asfalto previo a su compactación*



Fuente: Autor.

El tipo de rodillo a utilizar para la compactación, en el proyecto, variaba dependiendo a la pendiente del tramo que se pavimentaba, se observó que en pendientes elevadas el rodillo compactador de 3 toneladas es el más indicado, pues cuando se compactaba con el vibrocompactador de 7 toneladas se empezaba a evidenciar un desplazamiento de la capa de asfalto a medida que avanzaba la máquina. En la Figura 20 se muestra la compactación de la primera capa de asfalto con vibrocompactador de 3 toneladas en sector donde se puede evidenciar que inicia una pendiente elevada.

Figura. 20. *Compactación de primera capa de asfalto.*



Fuente: Autor.

Finalmente, se continuaba realizando la compactación por medio de rodillos neumáticos y se abre paso vehicular para que estos favorezcan la densidad del asfalto.

En los momentos en que se presentaba alguna inconformidad con el desarrollo de las actividades para la construcción del pavimento asfáltico, se solicitaba verbalmente al ingeniero residente de obra, en los casos en que la solicitud no era atendida, se radicaba oficio reiterando la petición. Dependiendo de la gravedad del asunto, estos oficios podían llegar a radicarse a la secretaría de infraestructura del municipio para que el supervisor tuviese conocimiento formal de lo que estuvo sucediendo en obra.

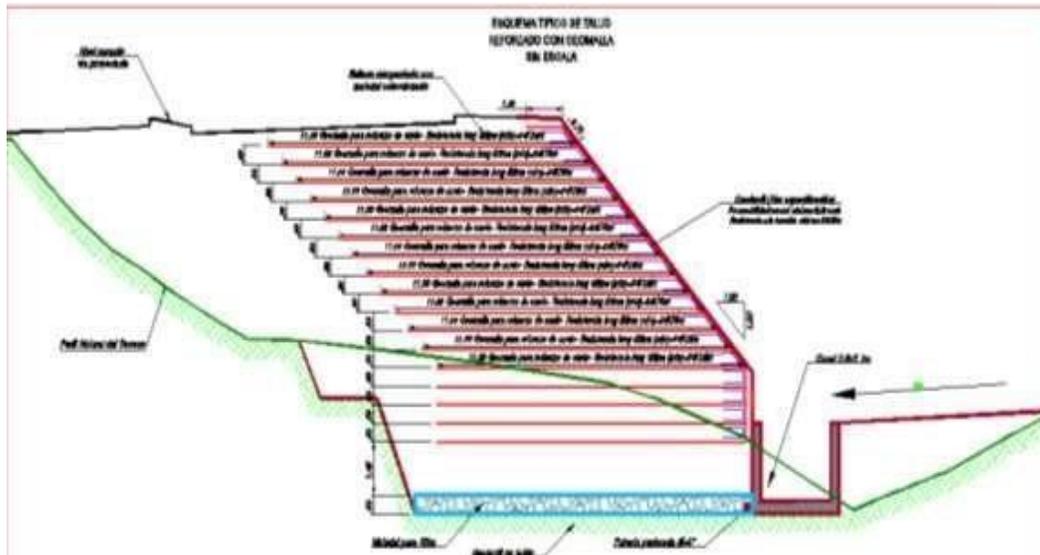
6.2. Apoyo a la supervisión técnica en la construcción de talud en suelo reforzado

6.2.1. Sistema constructivo

Se tuvo la oportunidad de laborar durante la construcción total del talud en suelo reforzado. A continuación, se realiza una breve descripción de en qué consistió esta estructura, además, se describen los controles realizados y el seguimiento que se realizaba durante la ejecución de la misma. Se mencionan modificaciones al diseño debido a diferentes situaciones y condiciones de obra, materiales empleados, proceso constructivo y ensayos de calidad que garantizan la estabilidad y el correcto comportamiento de la estructura.

La composición general de la estructura del talud reforzado y sus adicionales se representa en la Figura 21.

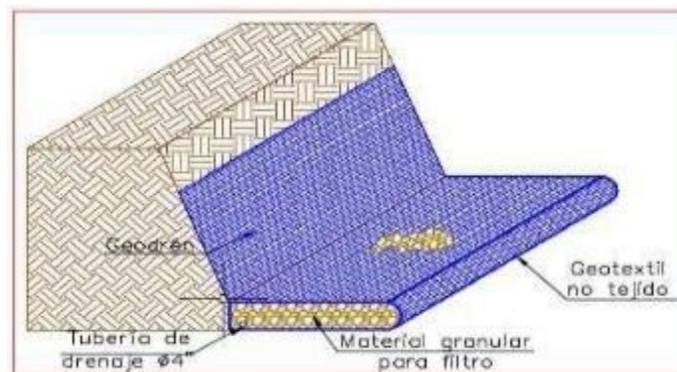
Figura. 21. Esquema tipo del talud en suelo reforzado.



Fuente: Plano 5/5 de “Detalles de obra para estabilización de taludes”

Previo a la construcción de las terrazas del talud en suelo reforzado, se construyó un filtro drenante, tal como aparece en el esquema de la Figura 22, en toda el área baja del talud reforzado.

Figura. 22. Esquema del filtro drenante del talud en suelo reforzado.



Fuente: Plano 5/5 de “Detalles de obra para estabilización de taludes”

Este filtro correspondió a una estructura de sub-drenaje, de 50 cms de altura y del mismo

ancho de la base del talud, compuesta por piedra o canto clasificado de río, envuelto totalmente en geotextil no tejido y con una tubería perforada de 6" en polietileno, instalada a un costado del filtro. La función principal del filtro drenante es captar las aguas de infiltración y evacuarlas por medio de la tubería perforada, en este caso hacia un box-couvert previamente construido. Adicional a esto y para el proyecto, se instaló geodrén planar de altura 2 ml a lo largo del talud reforzado, el cual cumple la función de filtración, reteniendo las partículas de suelo y permitiendo el transporte de agua hacia el filtro.

Figura. 23. *Filtro drenante del talud en suelo reforzado.*



Fuente: Autor.

Finalizada la construcción del filtro drenante, se inició la construcción del talud en suelo reforzado, para esta actividad se ejecutaron de manera cíclica una serie de pasos. A continuación, se relaciona una breve descripción de cada uno de los pasos junto con su registro fotográfico:

Figura. 24. Proceso constructivo del talud en suelo reforzado.



Toma de ensayo de compactación y liberación de rasante.



Instalación y anclaje de geomalla de refuerzo.



Extendida de la primera capa de material, espesor 25 cm



Instalación de la primera y segunda fila de sacos rellenos de material para la configuración de la fachada.



Instalación de geotextil no tejido en contacto con los sacos.



Compacción de capa por medio de vibro-compactador acorde a la humedad y densidad óptima de compactación.



Medición de densidades en primera capa de terraza del talud en suelo reforzado.



Instalación de la tercera y cuarta fila de sacos rellenos para la conformación de la fachada.



Por último, se realiza la extendida de la segunda capa de material de relleno en un espesor de 25 cm y cierre de la geomalla y geotextil.

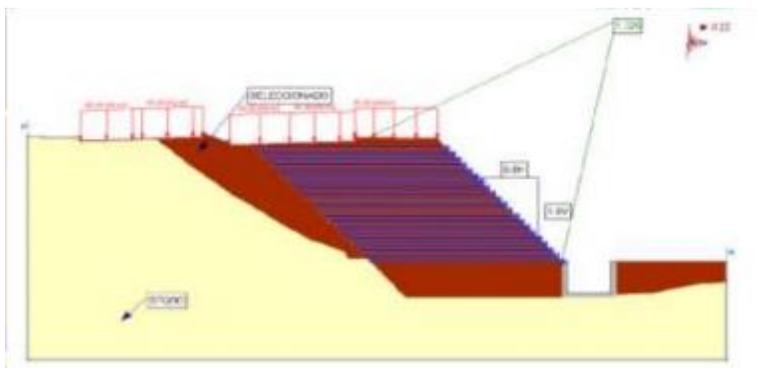
6.2.2. Cambios o ajustes realizados a los diseños aprobados inicialmente

Acorde al desarrollo de la actividad y a medida que se fueron evidenciando los desafíos propios del proceso constructivo del talud, bajo concepto técnico de los especialistas geotécnicos de la interventoría y el contratista, se realizaron los siguientes ajustes:

6.2.2.0. Inclclinación del talud.

La inclinación del talud definida por diseño inicial era de 1.0H:1.0V y proponía que las primeras 4 (cuatro) capas se instalaran totalmente vertical, en campo al instalar los sacos usados como formaleta de manera vertical se observó que tendían a realizar volcamiento hacia el exterior, por esta razón el contratista consultó a su especialista y constructivamente se instalaron en campo las primeras 4 (cuatro) capas con una leve inclinación hacia el interior del talud, la cual empezó a restar área de corona del talud. Dicha modificación se consultó con el diseñador el cual, al realizar el análisis respectivo, entregó por medio de un informe su concepto referente a este tema, en el cual consideró necesario cambiar la pendiente del talud de 1.0H:1.0V a 0.8H:1.0V. Ante esta situación, a solicitud de la interventoría, se realizó un análisis de estabilidad mediante el método del equilibrio límite para un escenario con condición pseudo-estática, en el cual se concluyó que la variación de la inclinación del talud reforzado mantuvo un factor de seguridad superior a 1,20, el cual es el mínimo exigido por la CDMB para amenaza baja a movimientos en masa.

Figura. 25. Análisis dinámico al talud con pendiente (0.8H:1.0V).

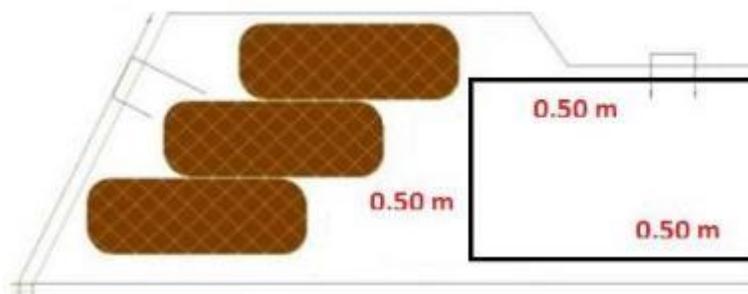


Fuente: Informe enviado por el especialista en geotecnia del contratista el día 18 de Marzo del 2019.

6.2.2.1. Instalación de geotextil no tejido.

El geotextil no tejido se instala en la cara interna de los sacos que confinan el material y su función es la de no permitir la salida de los finos del material de relleno utilizado para la construcción del talud reforzado. En los diseños del talud aparecía que la instalación del geotextil era en forma de “U” acostada con un ancho total de 1,5 ml los cuales corresponden a 50 cm horizontales en la parte alta y baja de cada terraza y los 50 cm verticales correspondientes a la altura de la misma, en la Figura 26 se muestra el esquema de dicha instalación.

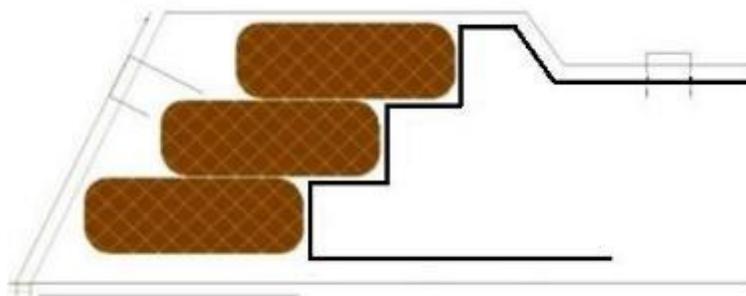
Figura. 26. *Instalación de geotextil acorde al diseño inicial.*



Fuente: Autor..

Inicialmente, en campo no se realizaba la instalación del geotextil acorde al diseño pues el contratista observó que al utilizar la forma de “U” acostada no se garantizaba la cobertura total del relleno, debido a esto optó por instalar el geotextil en forma de “S”, en la Figura 27 se muestra el esquema de instalación del geotextil con dicha forma.

Figura. 27. *Instalación de geotextil en forma de “S”*



Fuente: Autor.

La instalación del geotextil en forma de "S" fue respaldada por concepto técnico brindado por parte del proveedor del geosintético "GEOMATRIX", ante esta situación la interventoría solicitó concepto por parte del diseñador del talud puesto que lo dicho por parte del proveedor se puede tener en cuenta para el desarrollo de las actividades, pero no es una decisión definitiva hasta que se llegue a un acuerdo entre los especialistas de la interventoría y el contratista. Al debatir este tema, los especialistas concluyen que tanto la alternativa en "S" y la del diseño en "U" acostada, funcionan; por lo tanto, se definió continuar con la instalación del geotextil en forma de "U" acostada.

Posterior a esta decisión el contratista comentó que continuaría con la instalación del geotextil en forma de "S" debido a que hacerlo en forma de "U" acostada se reflejaba en un problema constructivo al momento de realizar el relleno en la parte externa del geotextil. Ante esta situación la interventoría le informó que no existe ningún problema técnico con esta decisión, sin embargo, el ancho de geotextil pasaría de ser de 1.5m a 2m, son 50 cms de más de ancho que no se iban a tener en cuenta al momento de realizar las cantidades de obra para las actas de avance parcial.

6.2.2.2. Traslapos de geomalla en fachada.

En el transcurso de la construcción del talud en suelo reforzado se evidenciaron traslapos no adecuados de la geo-malla en la fachada del talud, estos traslapos se generaron a medida que el talud en suelo reforzado tendía a asentarse, este tema se llevó a nivel de especialistas ante lo cual coincidieron en que esto se encuentra dentro del comportamiento normal del talud a medida que pasa por su asentamiento; se recomendó realizar traslapo con retazos de geo-malla Fortgrid UX-50 de mínimo 30 cm, la cual se añadía mediante tejido manual o con geo-cable a las mallas existentes en la fachada. En la figura 28 se evidencian los traslapos realizados con geo-malla y amarrados por medio de geo-cable.

Figura. 28. *Costura de geomallas utilizando traslapos*



Fuente: Autor.

6.2.2.3. Sobre-tamaños del material seleccionado.

La norma aplicable al material de relleno utilizado para la construcción del talud en suelo reforzado es la INVIAS Art 220, en la cual se menciona que el material seleccionado no debe superar los 7,5 cms o 3” de diámetro. El material que se utilizó para la construcción de este talud reforzado fue sometido en la cantera a un proceso de tamizado por medio de una zaranda, en la Figura 29 se evidencia la zaranda que se utilizó para cerner el material que se utilizaba para la construcción del talud en suelo reforzado,

Figura. 29. *Zaranda donde se tamiza el material de relleno para el talud en suelo reforzado.*



Fuente: Autor.

Sin embargo, con la zaranda no se retiraba la totalidad del sobre-tamaño y en campo se observó que existía gran porcentaje de estos. La interventoría realizó solicitud verbal y escrita al contratista para que buscara la manera de evitar que se compacte el material de relleno con sobre-tamaño, situación ante la cual el contratista optó por disponer de personal en campo que realizase el retiro de estos en el momento en que la motoniveladora realizó la nivelación del material. En la Figura 30 se evidencia personal del contratista realizando el respectivo retiro de sobre tamaños.

Figura. 30. *Retiro de sobre-tamaños al material de relleno del talud reforzado.*



Fuente: Autor.

6.2.2.4. Seguimiento a las recomendaciones dadas por especialistas geotécnicos

Para la construcción del talud en suelo reforzado, es necesario seguir una serie de procedimientos los cuales deben ser controlados para lograr dar cumplimiento al alcance de la estructura. Al ser esta una estructura compleja, la supervisión en conjunto con el contratista y la interventoría acordaron realizar visitas semanales a la obra por parte de los especialistas geotécnicos. En las visitas se realizaron una serie de observaciones las cuales en la etapa de construcción del talud reforzado se fueron realizando de la siguiente manera:

6.2.2.5. Construcción de lecho filtrante en la parte inferior del talud reforzado.

En el fondo del talud reforzado se recomienda construir un lecho filtrante, el cual estaría conectado a un filtro que se encuentra en la esquina inferior del muro, esto se construyó con el fin de drenar todas las posibles infiltraciones de agua que se presenten en la base del muro y así mitigar el riesgo a deslizamiento. En la figura 31 se muestra la construcción del lecho filtrante en la parte inferior del talud reforzado.

Figura. 31. *Construcción de lecho filtrante en la parte inferior del talud reforzado*



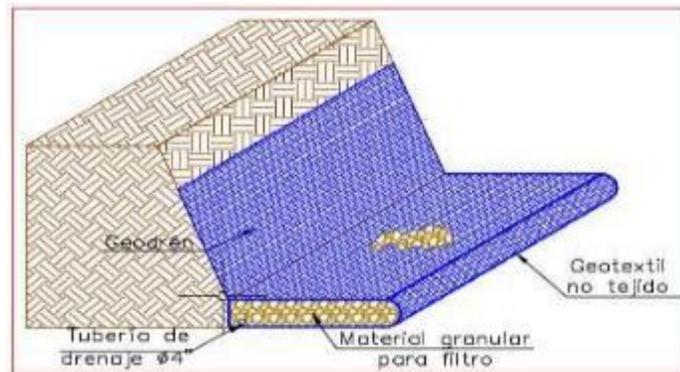
Fuente: Autor.

6.2.2.6. Instalación de geodrén planar.

Los especialistas en su momento recomendaron la instalación de un geodrén planar, con

el fin que se direccionen las posibles infiltraciones del relleno atrás del muro hacia el lecho filtrante, tal como se muestra a continuación en la figura 32.

Figura. 32. *Detalle del geodrén planar según recomendaciones de especialistas.*



Fuente: Plano 5/5 de "Detalles de obra para estabilización de taludes"

Al respecto el contratista después de construido el lecho filtrante en la parte inferior del talud, procede a realizar un relleno por encima del filtro que actúa como protector del geotextil, esto sin realizar la debida instalación del geodrén planar, de manera que 15 días después se excava para la instalación del mismo, tal como se muestra en la figura 33.

Figura. 33. *Instalación de geodrén planar en obra.*



Fuente: Autor.

Al final el geo-drén planar se instaló en toda la longitud del talud reforzado, dicha instalación fue consultada al especialista de la interventoría el cual manifestó que no hay ningún inconveniente al no contar con un empalme con el geotextil del filtro inferior, dado que “la función de dicho geo-drén planar es que las líneas de flujo subterráneas no intercepten con la estructura de relleno ni con el muro reforzado”. [19].

Esta situación se presentó debido a que ni el contratista ni la interventoría realizó la revisión de este detalle en los planos sino hasta después de haberse continuado con las actividades posteriores. La responsabilidad, en este sentido, recae sobre ambas partes pues es obligación del contratista construir lo estipulado en los planos, pero también responsabilidad de la interventoría realizar revisión y solicitudes oportunas al contratista. Finalmente, se realiza la excavación e instalación del geo-dren y únicamente se remuneró al contratista por la instalación del geo-drén.

6.2.2.7. Conformar la falda del talud con sacos y que estos tengan una pendiente constante.

La falda del talud reforzado se conformó mediante la instalación de sacos rellenos de suelo, los especialistas recomendaron que dichos sacos debían ser ubicados cuidadosamente respetando las líneas tanto en planta como en perfil de cada una de las capas, esto con el fin de evitar sectores en los que los sacos queden irrespetando la pendiente del talud. En campo, el contratista tuvo especial cuidado con este tema, respetando la pendiente a la que debe quedar el talud; en la figura 34 se muestra la localización y compactación de los sacos utilizados.

Figura. 34. *Localización y compactación de los sacos para la falda del talud*

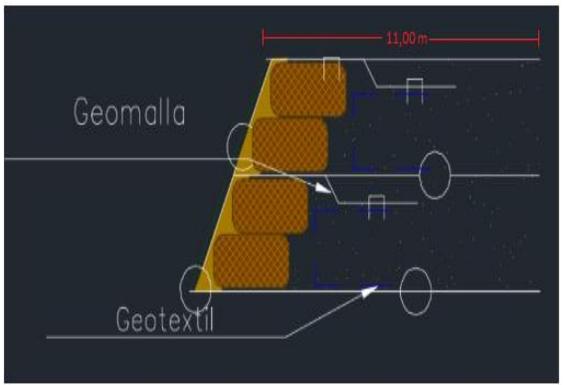


Fuente: Autor.

6.2.2.8. Longitud del refuerzo con geo-malla.

La longitud de la geo-malla según lo especificaba el diseño debía ser como mínimo de una longitud de 11 metros, además, dicho refuerzo debe tener una longitud constante de empotramiento. En campo se instalaron longitudes de en promedio 12,5 metros. En la figura 35 se muestra la longitud de la geo-malla en obra vs el diseño.

Figura. 35 Longitud de geo-malla instalada en obra vs el diseño

DISEÑO	EJECUTADO EN OBRA
	
<p>Longitud mínima de 11,0 m</p>	<p>Se ha evidenciado longitud aproximada de 12,5 m al momento de instalar la geo malla y ajustada con pines.</p>

Fuente: Autor.

Además, el diseño estipulaba que la longitud de los refuerzos debía ser constante en toda la altura del talud “para limitar los asentamientos diferenciales en la zona reforzada” En obra se manejó longitud promedio de 12,5mts, razón por la cual, en el costado norte del talud se generaron mayores longitudes por la existencia de una curva; este hecho se consultó al especialista en geotecnia de la interventoría y ante esto definió que esta situación continuaba cumpliendo con la especificación dada. En la figura 36 se muestra como el refuerzo aumentaba en la curva del costado norte del talud. [20]

Figura. 36. *Longitud de geomalla en cada terraza*



Fuente: Autor.

6.2.2.9. Compactación de suelo de conformación.

Según diseño, la compactación del suelo de conformación se debía realizar en capas de 0,25m de espesor, alcanzando una compactación igual o mayor al 95% de la densidad seca máxima alcanzada de acuerdo con la prueba de proctor modificado. En obra se realizó el procedimiento acorde a lo estipulado y posterior a esto se realizaba la toma de densidades por medio del método del cono de arena establecido en el apartado INV E – 161-13 de la norma INVIAS, las densidades se tomaron tanto por parte del contratista como por parte de la interventoría. En la figura 37 se evidencia la toma de densidades por parte de la interventoría.

Figura. 37. *Toma de densidades por parte de la interventoría en el material de conformación del talud reforzado*



Fuente: Autor.

Por otra parte, con respecto a la compactación del suelo de conformación, el especialista del contratista recomendó compactar con un equipo de compactación pesado (vibro compactador 7 toneladas) hasta una distancia no menor a 1.5 metros de la fachada del muro, esto con el fin de evitar que los sacos salieran debido a la energía de compactación que se le aplicaba al terreno. El especialista recomendó que “en la zona de 1.5 metros a la fachada del muro, se debía utilizar equipo de compactación liviano como una placa vibratoria o un apisonador vibratorio”. [21]

Ante esta recomendación el contratista realizó prueba en la que buscó verificar qué sucede si estos últimos 1.5 metros se compactasen con el vibro compactador de 3 toneladas, al realizar dicha se evidenció que no presentaba ningún desajuste en la fachada, por lo cual continuaron compactando los últimos metros con el vibro compactador de 3 toneladas. En la figura 38 se muestra la forma en la que se realizaba la compactación del material en toda el área del talud reforzado.

Figura. 38. *Humedecimiento y compactación del material de conformación del talud reforzado*

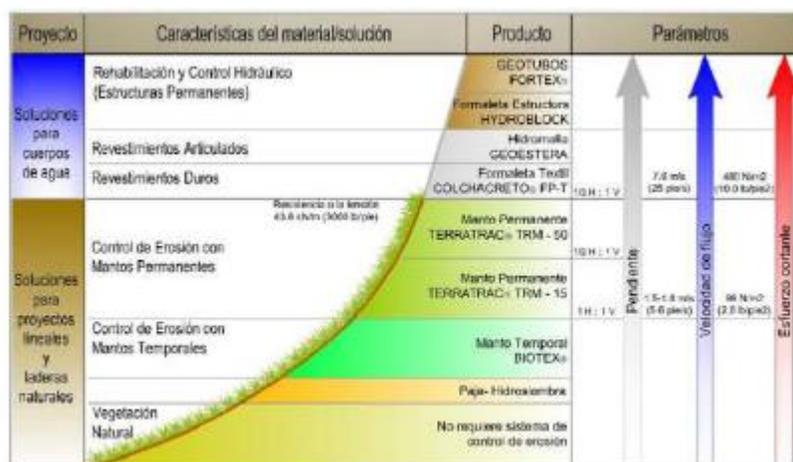


Fuente: Autor.

6.2.2.10. Colocación de manto permanente en la fachada del talud reforzado.

El especialista en geotecnia del contratista a través de un informe de visita de obra comentó que se requería de la instalación de manto permanente en la fachada del talud debido a que la pendiente era mayor a 1.0H:1.0V. Según la Figura 39 se hizo necesaria la protección de la fachada mediante la instalación de un manto permanente, “principalmente para la protección contra la erosión y para evitar la exposición de los refuerzos a la luz solar”. [22]

Figura. 39. Guía de selección de materiales para control de erosión.



Fuente: Modificado de EPA, Storm Water Technology Fact Sheet, Turf Reinforcement Mats, 1999 [3]

Fuente: Informe de visita al talud reforzado realizada el 28 de enero del 2019.

Según el artículo 810-07 “Protección vegetal de taludes” de la norma INVIAS, la implementación del manto permanente sirve para los casos en los que se quiere proteger los taludes de terraplenes. Dentro de sus consideraciones de protección se encuentra la hidrosiembra controlada, dicha hidrosiembra fue el método que se utilizó para la protección del talud reforzado del proyecto. [23]

Para la instalación del manto permanente en campo primero se colocó una capa de pañete orgánico por fajas verticales en la superficie del talud, tal como se muestra en la figura 40.

Figura. 40. Aplicación de pañete orgánico en la fachada del talud.



Fuente: Autor.

Posterior a esto, y con el fin de evitar derrumbes desde la cima del talud y la infiltración de agua de escorrentía entre en el suelo del talud y el manto para control de erosión, el extremo superior del rollo se enterró en una zanja excavada de 15x15cm únicamente para este propósito, asegurando el manto al extremo superior de la zanja en forma de doble faz y fijándolo al terreno con tres (3) ganchos por metro lineal. Esta zanja de anclaje según recomendaciones de especialistas debía encontrarse a una distancia no menor de 60 cms, siendo para nuestro caso de 90cm. En la figura 41 se muestra la zanja localizada en la corona del talud para anclaje de manto permanente.

Figura. 41. Anclaje de manto permanente en corona de talud.



Fuente: Autor.

Luego se desenrolló el manto hacia abajo del talud, traslapando con 7,5cms mínimo los rollos adyacentes, en el traslapo se colocó una hilera de ganchos separados entre sí a una distancia no mayor de cincuenta centímetros (50cm). En la figura 42 se muestra el traslapo entre mantos adyacentes.

Figura. 42. *Traslapo entre mantos adyacentes.*



Fuente: Autor.

Por otra parte, en la Figura 43 se puede evidenciar que el pañete orgánico aplicado se afectó en algunos sectores debido a fuertes lluvias presentadas entre el día que se aplicó el pañete y el día en que se cubrió con el manto, la figura 43 muestra la problemática en la que producto de la escorrentía superficial se generó arrastre del material orgánico.

Figura. 43. *Arrastre de material orgánico producto de la escorrentía superficial.*



Fuente: Autor.

Cuando sucede este tipo de situaciones, el contratista es responsable de reparar, sin costo adicional al contratante, aplicando uniformemente el pañete orgánico previo a la instalación del manto. De tal manera que se vea uniforme el pañete previo a la colocación del manto; tal como se evidencia en la Figura 44.

Figura. 44. *Uniformidad en el pañete orgánico previo a la instalación del manto permanente.*



Fuente: Autor.

Finalmente, cuando el manto se instaló en toda la fachada del talud reforzado se realizó el anclaje del mismo con ganchos en U de 20x10x20 cm, asegurándolos con un ángulo aproximado de 30° con respecto a la superficie del talud, y en proporción de cuatro como un anclajes por metro cuadrado (4,1 anclajes/m²).

Figura. 45. *Instalación del manto permanente en toda la fachada del talud reforzado.*



Fuente: Autor.

Durante la ejecución de los trabajos correspondientes a la instalación del manto permanente en la fachada del talud reforzado, adicional a lo anteriormente mencionado,

se presentó un cambio sustancial con respecto a lo estipulado en el diseño y a las recomendaciones dadas por parte de los especialistas geotécnicos; dicho cambio se trata de que en el diseño presentado para la instalación del manto permanente se propone la construcción de una trinchera de anclaje inferior de 0,3x0,3m con material compactado tal como se evidencia en la figura 46.

Figura. 46. *Detalle del anclaje inferior del manto.*



Fuente: Diseño autorizado para la construcción del talud reforzado en el proyecto.

Esta trinchera fue imposible de construirla debido a que, en la parte inferior del talud reforzado, este se encontraba asentado perpendicular y en contacto con el canal de aguas pluviales. Ante esta situación se solicitó, por medio de oficio, el concepto del especialista en geotecnia del contratista, a lo que respondió explicando que esta trinchera se realiza con el único fin de evitar que posibles escorrentías superficiales socaven la parte inferior del talud reforzado; A partir de esto comenta que en el caso que se presenta en el proyecto no existe este riesgo debido a que la parte inferior del talud nunca se va a ver sometida a escorrentía superficial por la existencia del canal abierto. A lo que recomendó que con realizar anclajes cada 50 cms en este sector ya era suficiente para los requerimientos del proyecto. En figura 47 se muestra la situación presentada en el proyecto.

Figura. 47. *Evidencia de la imposibilidad de construir trinchera de anclaje en la parte inferior del talud reforzado.*



Fuente: Autor.

Finalmente, el talud reforzado queda vegetalizado de la manera que se muestra en la figura 48.

Figura. 48. *Vegetalización del talud en suelo reforzado.*



Fuente: Autor.

6.2.3. Control de calidad

Para garantizar la calidad en la ejecución de las actividades necesarias para la construcción del talud reforzado se llevaron a cabo una serie de procedimientos cíclicos que se relacionarán a continuación, explicando de forma breve como se desarrolló en campo, el tipo de problemáticas que se han presentado y cómo se ha dado solución a las mismas. Para efectos de practicidad, se organizan inicialmente hablando sobre los controles que se dan en el momento previo a la ejecución de las actividades, en el momento de la ejecución de las actividades y al finalizar las mismas.

6.2.3.1. Control de calidad previo a la ejecución de las actividades

➤ Revisión de la geo-malla utilizada para reforzar el talud.

- El procedimiento para la revisión de la geo-malla consiste en estirla y observar toda su área para la confirmación de que esta se instale en excelente estado.
- Cuando se presentan casos en los que la geo-malla no presenta continuidad en algunos puntos específicos debido a rasgaduras, el contratista realiza la sustitución del panel.

Figura. 49. *Revisión de los paneles de geo-malla previo a realizar su instalación.*



Fuente: Autor.

➤ Revisión del geotextil utilizado para evitar migración de finos.

- Se verifica que el geotextil se encuentra en excelente estado en el instante previo a realizar la instalación del mismo.

➤ Revisión del material utilizado para la conformación de las terrazas.

- Se realiza visita a la cantera en la que se cierce el material filtrante que se utiliza para la conformación de las terrazas, se evidencian sobre-tamaños en el material y el contratista construye una zaranda en el sitio para disminuir esta problemática, posterior a esto se realizan ensayos que verifiquen que el material cumpla con las granulometrías indicadas en la norma INVIAS ART 610-07.

Figura. 50. *Visita por parte de la interventoría a la cantera en la que se verifica un adecuado procedimiento de tamizado.*



Fuente: Autor.

- Se toman muestras semanales, tanto por parte de la interventoría como del contratista, del material que se está utilizando para la conformación del talud reforzado y a esta se les realizan los ensayos solicitados por la norma INVIAS correspondientes a los relacionados en la tabla 7.

Tabla 7. Requisitos de los materiales para terraplenes

CARACTERISTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUELOS SELECCIONADOS
Zona de aplicación en el terraplén		corona núcleo cimiento
Tamaño máximo	E-123	75 mm
Porcentaje que pasa el tamiz de 2mm (No. 10)	E-123	≤ 80% en peso
Porcentaje que pasa el tamiz de 75 μm (No.200)	E-123	≤ 25% en peso
Contenido de materia orgánica	E-121	0%
Límite líquido	E-125	≤ 30%
Índice plástico	E-126	≤ 10%
C.B.R. de laboratorio (Nota 1)	E-148	≥10%
Expansión en prueba C.B.R.	E-148	0%

Fuente: Artículo 220-07 de la norma INVIAS.

➤ Revisión de los sacos y el material de relleno que se utiliza.

- Se revisa el estado de los sacos en el momento previo a realizar el relleno de los mismos, estos no deben estar deteriorados.
- Se verifica que el material de relleno se encuentre dentro de una humedad adecuada, para que su comportamiento en el momento de ser compactado sea el esperado.
- Se verifica que el material con el que se realiza el amarre de los sacos sea el solicitado por la interventoría, el cual corresponde a cabuya a base de geo sintéticos.

➤ Revisión de la maquinaria necesarias para el desarrollo de las actividades.

- Las inspecciones de las máquinas se llevan a cabo diariamente por parte de los operadores asignados para cada una de estas, esta inspección es acompañada por personal encargado de la seguridad industrial y salud ocupacional del contratista.

Figura. 51. Inspecciones diarias a las maquinas utilizadas para el desarrollo de actividades ene l talud reforzado.

Revisión general de retrocargadora



Verificación de extintor actualizado



Fuente: Autor.

➤ Charlas al personal de obra.

- Durante la construcción del talud reforzado el contratista realiza charlas diarias destinadas específicamente a las personas que se encuentran dentro del área de construcción del talud reforzado. En estas charlas, la persona encargada de la seguridad y salud ocupacional, hace reflexionar sobre los riesgos a los que el personal se encuentra expuesto principalmente por el tránsito de maquinaria pesada y por el trabajo en alturas que algunas realizan en el momento de instalar los geo-sintéticos o los sacos.

Figura. 52. Charla diaria a personal de obra.



Fuente: Autor.

6.2.3.2. Control de calidad durante la ejecución de las actividades

➤ Control de calidad en la instalación de geo-malla para refuerzo del talud reforzado.

- Durante el proceso de instalación de la geo-malla se realiza la medida de la misma con el fin de guardar estos datos en el formato de la interventoría correspondiente mientras se verifica que se esté cumpliendo con lo estipulado en el diseño. Lo anterior con el fin de extraer de allí la información en el momento de diligenciar las actas de avance parcial. En la figura 53 se evidencia personal de la interventoría realizando la medición de la longitud de geo-malla instalada.

Figura. 53. *Medición de la longitud de geo-malla instalada.*



Fuente: Autor.

- Entre geo-mallas debe existir un traslapo de mínimo 20 centímetros según lo estipulado por el diseñador. Para cada traslapo en todas las terrazas se verifica que se dé cumplimiento a esta longitud mínima, tal como se puede evidenciar en la figura 54.

Figura. 54. *Chequeo de cumplimiento de la longitud mínima de traslapo entre geomallas.*



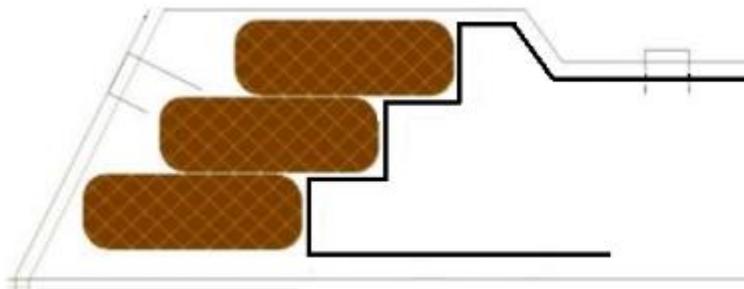
Fuente: Autor.

- La geo-malla debe ir anclada al terreno cada 50 centímetros en los traslapos y en su parte final, para cada terraza se verificó que se realizan dichos anclajes y se da cumplimiento a la separación solicitada por el diseñador.

➤ Control de calidad en la instalación del geo-textil para evitar migración de finos.

- Para la instalación del geo-textil se verifica que este cuenta con una longitud mínima de 0.5 metros en la parte baja y parte alta de la terraza, tal como se muestra en la figura 55.

Figura. 55. *Instalación del geo-textil acorde al diseño.*



Fuente: Autor.

El contratista no presentó incumplimiento en esta parte debido a que instaló un ancho de geo-textil de 2 metros, esto con el fin de utilizar el ancho que trae el geo-textil de fábrica. En la figura 56 se puede evidenciar que en la parte baja de la terraza se sobrepasan los 50 centímetros solicitados e incluso así sigue cumpliendo en la parte superior de la misma.

Figura. 56. *Verificación de cumplimiento en la instalación del geo-textil.*

Geo textil en parte inferior de la terraza



Geo textil en parte superior de la terraza



Fuente: Autor.

➤ *Control de calidad en la instalación de los sacos para conformación de la fachada del talud*

- Paralelo al proceso de instalación de los sacos se revisó que estos se acomodasen respetando el nivel al cual debían quear. Este proceso consistió en el acomodamiento de los sacos, apisonamiento y posterior chequeo por medios topográficos. En la figura 57 se muestra la forma en la que se realiza cíclicamente la instalación de los sacos para dar cumplimiento a lo estipulado en los documentos del proyecto y en las recomendaciones de los especialistas.

Figura. 57. *Proceso cíclico para la instalación de los sacos de fachada del talud reforzado.*

Acomodamiento y apisonamiento de sacos



Chequeo del nivel al que se instalan los sacos



Fuente: Autor.

- En las charlas realizadas al personal previo al inicio de las actividades se les explicó la necesidad de utilizar arnés amarrado a una línea de vida para las personas que laboran a menos de 2 metros de distancia horizontal del talud. En la Figura 58 se muestra el caso en el que los que se encargan de acomodar los sacos cuando el talud ya alcanzó una altura superior a los 1,5 metros están utilizando el arnés.

Figura. 58. *Uso de arnés por parte del personal que se encuentra laborando al borde del talud.*



Fuente: Autor.

➤ Control de calidad en el proceso de conformación del material de relleno para el talud reforzado.

- Debido a que la zaranda no realiza un tamizado total del material de relleno, en campo, cuando se realiza la aplicación del mismo, se retiran los sobretamaños restantes.

Figura. 59. Retiro de sobretamaños en campo.



Fuente: Autor.

- Posterior a la compactación del material se realiza toma de ensayos de cono de arena para determinar el porcentaje de compactación alcanzado por el material con respecto al valor de densidad máxima determinado por medio del ensayo proctor. En la figura 60 se muestra la toma de densidades en el material compactado.

Figura. 60. Toma de densidades en capa del talud en suelo reforzado.



Fuente: Autor.

Los valores de densidad obtenidos se van diligenciando en un formato desarrollado por la interventoría. A continuación, se muestran la totalidad de los resultados obtenidos en los ensayos de cono de arena desarrollados por la interventoría en el transcurso de la construcción de las 35 terrazas correspondientes a la totalidad de talud en suelo reforzado localizado en el barrio mirador de San Juan de Girón.

Tabla 8. *Resultados de ensayos de cono de arena, talud reforzado.*

TERRAZA 1	0,25	96,00%	99,40%	
	0,5	97,80%	97,10%	
TERRAZA 2	0,25	95,10%	97,50%	
	0,5	96,40%	98,80%	
TERRAZA 3	0,25	97,50%	96,00%	
	0,5	99,50%	99,10%	
TERRAZA 4	0,25	95,10%	96,10%	96,60%
	0,5	98,20%	96,80%	100,00%
TERRAZA 5	0,25	100,00%	99,10%	98,50%
	0,5	99,30%	97,00%	98,40%
TERRAZA 6	0,25	96,30%	97,00%	98,50%
	0,5	98,70%	97,50%	96,50%
TERRAZA 7	0,25	99,80%	98,90%	96,00%
	0,5	96,10%	96,60%	98,90%
TERRAZA 8	0,25	98,90%	100,00%	99,40%
	0,5	98,10%	96,60%	
TERRAZA 9	0,25	98,40%	98,70%	96,30%
	0,5	97,10%	97,60%	96,50%
TERRAZA 10	0,25	98,8%	98,60%	
	0,5	99,90%	100,00%	97,90%
TERRAZA 11	0,25	99,90%	98,90%	98,50%
	0,5	98,30%	98,70%	100,00%
TERRAZA 12	0,25	99,10%	99,50%	95,90%
	0,5	97,30%	97,00%	98,30%
TERRAZA 13	0,25	96,00%	99,50%	95,80%
	0,5	100,00%	99,30%	97,80%
TERRAZA 14	0,25	100,00%	102,00%	95,60%
	0,5	96,40%	98,80%	96,10%
TERRAZA 15	0,25	99,90%	96,50%	97,60%
	0,5	100,00%	97,40%	99,60%
TERRAZA 16	0,25	100,00%	99,10%	99,90%
	0,5	97,40%	97,60%	98,00%
TERRAZA 17	0,25	96,20%	96,80%	97,40%
	0,5	100,00%	95,50%	97,70%
TERRAZA 18	0,25	97,20%	96,70%	97,90%
	0,5	97,60%	99,20%	97,20%

LOCALIZACIÓN	ENSAYOS COMPACTACION			
	Espesor capa	1	2	3
TERRAZA 19	0,25	101,00%	99,80%	97,10%
	0,5	97,80%	98,00%	97,50%
TERRAZA 20	0,25	98,80%	99,60%	96,20%
	0,5	97,70%	96,40%	97,30%
TERRAZA 21	0,25	97,50%	100,00%	98,30%
	0,5	98,40%	98,60%	98,10%
TERRAZA 22	0,25	96,20%	98,00%	97,70%
	0,5	95,90%	99,10%	96,60%
TERRAZA 23	0,25	96,10%	98,00%	97,00%
	0,5	97,20%	98,10%	98,40%
TERRAZA 24	0,25	99,10%	99,80%	99,30%
	0,5	98,50%	99,30%	97,80%
TERRAZA 25	0,25	95,40%	100,00%	97,90%
	0,5	98,40%	99,90%	97,00%
TERRAZA 26	0,25	99,70%	100,00%	99,00%
	0,5	97,10%	97,00%	100,00%
TERRAZA 27	0,25	101,00%	97,80%	97,20%
	0,5	97,50%	98,90%	99,00%
TERRAZA 28	0,25	100,00%	97,10%	97,50%
	0,5	97,80%	98,10%	99,80%
TERRAZA 29	0,25	96,10%	98,50%	97,00%
	0,5	96,40%	98,80%	99,50%
TERRAZA 30	0,25	96,30%	99,40%	100,00%
	0,5	97,50%	97,80%	97,30%
TERRAZA 31	0,25	97,20%	98,40%	98,50%
	0,5	100,00%	97,60%	98,30%
TERRAZA 32	0,25	98,40%	98,40%	98,90%
	0,5	97,60%	98,10%	99,20%
TERRAZA 33	0,25	100,00%	98,20%	98,90%
	0,5	99,70%	98,50%	98,40%
TERRAZA 34	0,25	99,50%	98,00%	98,10%
	0,5	99,40%	98,70%	97,40%
TERRAZA 35	0,25	98,50%	99,40%	
	0,5	98,50%	98,00%	

Fuente: Autor.

- Cuando el grado de compactación no cumple debido a que el material de relleno se encuentra con una humedad no adecuada, se procede a realizar la escarificación del mismo y posterior procedimiento que sea necesario.

Figura. 61. *Escarificación del material compactado por deficiencia en el proceso de compactación.*



Fuente: Autor.

- Al momento de revisar un adecuado grado de compactación se revisan niveles por medios topográficos, cada terraza debe encontrarse nivelada con un error de +/- 8cms para que la interventoría autorice continuar con la siguiente capa.

Figura. 62. *Chequeo de niveles en capa del talud reforzado.*



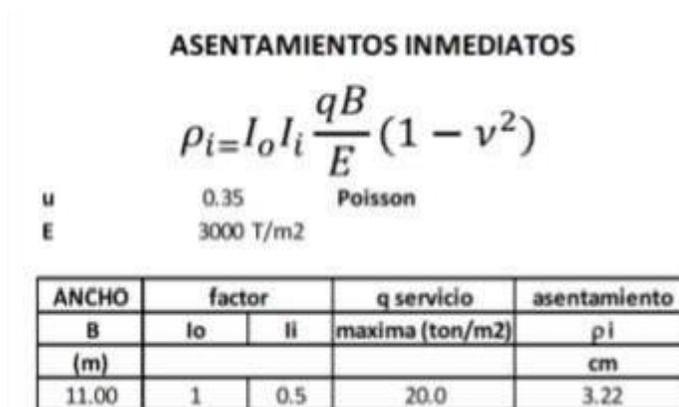
Fuente: Autor.

6.2.3.3. Control de calidad posterior la ejecución de las actividades

➤ Control de asentamientos

Con respecto al control de asentamientos del relleno correspondiente para la construcción del talud en suelo reforzado, los especialistas realizaron un análisis en el que tienen en cuenta los parámetros geotécnicos y demás parámetros necesarios para el diseño de taludes, en el que se concluyó que los asentamientos teóricos máximos, tal como se muestra en la figura 63, están por el valor de los 3,22cm.

Figura. 63. Cálculo para los asentamientos máximos en el relleno del talud reforzado



Fuente: Informe de visita de obra por parte de especialista geotécnico.

Para controlar constantemente los asentamientos que se iban generando en el talud reforzado se determinó realizar en campo la ubicación de cinco (5) puntos de referencia para monitoreo por medios topográficos. Esto consistía en la toma de una cota inicial en los cinco puntos referenciados y aleatoriamente, en el transcurrir del tiempo, el chequeo de las cotas con el fin de obtener la diferencia. En la figura 64 se muestra la forma en la que se encuentran los puntos de referencia verticales y los puntos de referencia horizontales.

Figura. 64. *Puntos de referencia para la toma de asentamientos del talud reforzado.*

Punto de referencia para chequeo de asentamiento vertical



Punto de referencia para chequeo de asentamiento vertical



Punto de referencia para chequeo de asentamiento horizontal



Punto de referencia para chequeo de asentamiento horizontal



Fuente: Autor.

En la tabla 9 se relacionaron los datos recolectados y los resultados de asentamientos obtenidos hasta la finalización de la toma de los mismos.

Tabla 9. *Control de asentamiento al talud en suelo reforzado.*

UBICACIÓN	ABSCISA	FECHA	COTA REFERENCIA	COTA CONTROL	DIFERENCIA (m)
Vertical	K0+120	11/04/2019	705.137	705.137	0
		18/04/2019	705.137	705.135	0.002
		25/04/2019	705.137	705.133	0.004
		01/05/2019	705.137	705.133	0.004
		15/05/2018	705.103	705.103	0
		22/05/2019	705.103	705.103	0
		29/05/2019	705.103	705.103	0
		05/06/2019	705.103	705.103	0
Vertical	k0+160	11/04/2019	710.815	710.815	0
		18/04/2019	710.815	710.814	0.001
		25/04/2019	710.815	710.81	0.005
		01/05/2019	710.815	710.815	0
		08/05/2019	710.815	710.815	0
		15/05/2019	710.815	710.815	0
		22/05/2019	710.815	710.815	0
		29/05/2019	710.815	710.815	0
		05/06/2019	710.815	710.814	0.001
Vertical	k0+200	15/05/2019	716.133	716.133	0

		22/05/2019	716.133	716.132	0.001
		29/05/2019	716.133	716.132	0.001
		05/06/2019	716.133	716.132	0.001
Horizontal	K0+222.5	08/04/2019	711.103	711.103	0
		15/04/2019	711.103	711.093	0.01
		18/04/2019	711.103	711.093	0.01
		22/04/2019	711.103	711.091	0.012
		01/05/2019	711.103	711.094	0.009
		08/05/2019	711.103	711.094	0.009
		15/05/2019	711.103	711.093	0.01
		22/05/2019	711.103	711.093	0.01
		29/05/2019	711.103	711.092	0.011
		05/06/2019	711.103	711.09	0.013
Horizontal	k0+260	15/05/2019	716.014	716.014	0
		22/05/2019	716.014	716.008	0.006
		29/05/2019	716.014	716.006	0.008
		05/06/2019	716.014	716.005	0.009

Fuente: Autor.

Analizando la tabla 9 se observa que se presentaron lecturas de asentamiento inferiores al asentamiento teórico calculado, la diferencia más alta que se presentó al finalizar la construcción del talud en suelo reforzado y dejar pasar 20 días fue de 1,3 cm, valor que se encuentra por debajo de los 3.22 cm permitidos según especialistas.

6.2.4. Control de cantidades de obra

En obra, para el control de cantidades y posterior desarrollo de las memorias de cálculo para las actas de avance parcial, se llevó la recolección de datos de instalación tales como longitud de geomalla instalada, longitud de geotextil instalado y sacos utilizados, de igual forma se llevó control de las densidades tomadas por capa de material compactada de la manera relacionada en la Tabla 10.

Tabla 10. Control de cantidades por terraza.

UBICACIÓN	GEOMALLA				GEOTEXTIL				SACOS		
	Longitud Refuerzo(m)	Ancho(m)	# Tramo	Total (m2)	Long (m)	Ancho (m)	# Tramo	Total (m2)	Long (m)	Alto (m)	Total (m2)
CAPA 1	14,40	5,30	4,00	305,28	21,00	1,50	1,00	31,50	18,83	0,50	9,42
CAPA 2	14,40	5,30	5,00	381,60	26,30	1,50	1,00	39,45	19,66	0,50	9,83
CAPA 3	14,40	5,30	6,00	457,92	34,60	1,50	1,00	51,90	31,90	0,50	15,95
	14,40	2,80	1,00	40,32							
CAPA 4	14,40	5,30	8,00	610,56	21,20	1,50	2,00	63,60	32,30	0,50	16,15
CAPA 5	14,40	5,30	8,00	610,56	46,10	1,50	1,00	69,15	40,70	0,50	20,35
	14,40	3,70	1,00	53,28							
CAPA 6	14,40	5,30	8,00	610,56	49,20	1,50	1,00	73,80	46,30	0,50	23,15
	14,40	2,50	1,00	36,00							
CAPA 7	14,40	5,30	9,00	686,88	52,00	1,50	1,00	78,00	51,70	0,50	25,85
	14,40	4,00	1,00	57,60							
CAPA 8	14,40	5,30	10,00	763,20	57,20	1,50	1,00	85,80	50,70	0,50	25,35
	14,40	2,60	1,00	37,44							
CAPA 9	14,40	5,30	10,00	763,20	57,00	1,50	1,00	85,50	54,95	0,50	27,48
	14,40	4,00	1,00	57,60							
CAPA 10	14,40	5,30	11,00	839,52	62,10	1,50	1,00	93,15	58,10	0,50	29,05
	14,40	3,80	1,00	54,72							
CAPA 11	14,40	5,30	11,00	839,52	62,30	1,50	1,00	93,45	60,45	0,50	30,23
	14,40	4,00	1,00	57,60							
CAPA 12	14,40	5,30	12,00	915,84	67,60	1,50	1,00	101,40	65,50	0,50	32,75
	14,40	4,00	1,00	57,60							
CAPA 13	14,40	5,30	13,00	992,16	68,90	1,50	1,00	103,35	65,45	0,50	32,73
CAPA 14	14,40	5,30	13,00	992,16	68,90	1,50	1,00	103,35	66,05	0,50	33,03
CAPA 15	14,40	5,30	14,00	1068,48	70,20	1,50	1,00	105,30	69,30	0,50	34,65
CAPA 16	14,40	5,30	14,00	1068,48	72,20	1,50	1,00	108,30	71,30	0,50	35,65
CAPA 17	14,40	5,30	14,00	1068,48	72,20	1,50	1,00	108,30	71,30	0,50	35,65
CAPA 18	14,40	5,30	15,00	1144,80	78,00	1,50	1,00	117,00	77,10	0,50	38,55

UBICACIÓN	GEOMALLA				GEOTEXTIL				SACOS		
	Longitud Refuerzo (m)	Ancho (m)	# Tramo	Total (m ²)	Long (m)	Ancho (m)	# Tramo	Total (m ²)	Long (m)	Alto (m)	Total (m ²)
CAPA 20	14,40	5,30	15,00	1144,80	77,25	1,50	1,00	115,88	76,35	0,50	38,18
CAPA 21	14,40	5,30	15,00	1144,80	77,40	1,50	1,00	116,10	76,50	0,50	38,25
CAPA 22	14,40	5,30	15,00	1144,80	77,40	1,50	1,00	116,10	76,50	0,50	38,25
CAPA 23	14,40	5,30	15,00	1144,80	77,40	1,50	1,00	116,10	76,50	0,50	38,25
CAPA 24	14,40	5,30	14,00	1068,48	72,45	1,50	1,00	108,68	71,55	0,50	35,78
CAPA 25	14,40	5,30	14,00	1068,48	72,30	1,50	1,00	108,45	71,40	0,50	35,70
CAPA 26	14,40	5,30	14,00	1068,48	72,80	1,50	1,00	109,20	71,90	0,50	35,95
	14,40	1,00	1,00	14,40							
CAPA 27	14,40	3,10	1,00	44,64	73,15	1,50	1,00	109,73	72,25	0,50	36,13
CAPA 28	14,40	5,30	13,00	992,16	69,00	1,50	1,00	103,50	68,10	0,50	34,05
	14,40	2,10	1,00	30,24							
CAPA 29	14,40	5,30	13,00	992,16	65,10	1,50	1,00	97,65	64,20	0,50	32,10
CAPA 30	14,40	5,30	12,00	915,84	60,60	1,50	1,00	90,90	60,00	0,50	30,00
CAPA 31	14,40	5,30	11,00	839,52	56,30	1,50	1,00	84,45	55,70	0,50	27,85
CAPA 32	14,40	5,30	10,00	763,20	51,20	1,50	1,00	76,80	50,60	0,50	25,30
CAPA 33	14,40	5,30	8,00	610,56	47,85	1,50	1,00	71,78	47,25	0,50	23,63
	14,40	2,65	1,00	38,16							
CAPA 34	14,40	5,30	7,00	534,24	47,45	1,50	1,00	71,18	46,85	0,50	23,43
CAPA 35	14,40	5,30	5,00	381,60	26,80	1,50	1,00	40,20	26,50	0,50	13,25
	14,40	2,65	1,00	38,16							
TOTAL				30772,08	m2			3164,8	m2	1020,1	

Fuente: Autor.

Para el seguimiento y control de las cantidades de geo-malla utilizadas en la construcción del talud reforzado, se tomó la longitud de todos los paneles de geo-malla instalada por terraza y se sacó una longitud promedio para cada caso, de la misma manera se realizó con los anchos. Después de tener el promedio de longitud y ancho se realizó la multiplicación de esta área por la cantidad de paneles instalados. En los casos que se hizo necesaria la instalación de un panel de longitud que difiere en gran cantidad con respecto a las otras, este se relacionaba aparte, esto se puede evidenciar en la tabla 10.

Figura. 65. *Instalación de geomalla en la parte inicial de terraza en el talud reforzado.*



Fuente: Autor.

Por otra parte, para el control de los metros cuadrados de geotextil se midió longitudinalmente el geotextil instalado en cada terraza, este valor, a pesar de que en obra se instalaran los 2 metros de ancho que por defecto trae el rollo de geotextil, se multiplicaba por 1,5 metros tal cual lo estipulan los planos del talud en suelo reforzado. Estos datos referentes a la instalación de la geotextil para la construcción del talud en suelo reforzado se pueden evidenciar en la Tabla 10.

Para la construcción del talud reforzado además se llevó el control de los metros cuadrados de sacos que se utilizaron para recubrir la fachada del mismo. Esta actividad, descrita anteriormente, se realizó en todas y cada una de las terrazas, completando al finalizar la terraza número 35 un total de 1020,1 m² de sacos instalados.

6.2.5. Seguimiento a la programación del talud reforzado

A continuación, en la tabla 11, se anexa el cronograma de ejecución por terrazas del talud en suelo reforzado, contrastándolo con el avance hasta dar con la fecha de finalización del mismo.

Tabla 11. *Cronograma de ejecución del talud reforzado.*

FECHA	EJECUTADO TERRAZAS	PROGRAMADO
11/03/2019	0,00	0,6
12/03/2019	1,50	1,12
13/03/2019	2,00	1,68
14/03/2019	3,00	2,24
15/03/2019	4,00	2,80
16/03/2019	5,00	3,36
18/03/2019	6,00	3,92
19/03/2019	7,00	4,48
20/03/2019	8,00	5,04
21/03/2019	8,50	5,60
22/03/2019	9,00	6,16
23/03/2019	10,50	6,72
25/03/2019	11,50	7,28
26/03/2019	12,00	7,84
27/03/2019	12,50	8,40
28/03/2019	13,00	8,96
29/03/2019	13,00	9,52
30/03/2019	13,00	10,08
01/04/2019	13,00	10,64
02/04/2019	13,50	11,20
03/04/2019	14,00	11,76
04/04/2019	14,00	12,32
05/04/2019	14,00	12,88
06/04/2019	15,00	13,44
08/04/2019	15,00	14,00
09/04/2019	17,00	14,56
10/04/2019	16,50	15,12
11/04/2019	18,00	15,68
12/04/2019	18,50	16,24
13/04/2019	18,50	16,80
15/04/2019	19,00	17,36
16/04/2019	19,50	17,92

17/04/2019	20,00	18,48
18/04/2019	20,50	19,04
19/04/2019	21,00	19,60
20/04/2019	21,00	20,16
22/04/2019	21,00	20,72
23/04/2019	21,50	21,28
24/04/2019	21,50	21,84
25/04/2019	21,50	22,40
26/04/2019	22,00	22,96
27/04/2019	22,50	23,52
29/04/2019	23,00	24,08
30/04/2019	24,00	24,64
01/05/2019	24,50	25,20
02/05/2019	25,00	25,76
03/05/2019	25,50	26,32
04/05/2019	26,00	26,88
06/05/2019	26,50	27,44
07/05/2019	26,50	28,00
08/05/2019	27,00	28,56
09/05/2019	27,50	29,12
10/05/2019	28,00	29,68
11/05/2019	28,50	30,24
13/05/2019	29,00	30,80
14/05/2019	30,00	31,36
15/05/2019	30,50	31,92
16/05/2019	31,00	32,48
17/05/2019	31,50	33,04
18/05/2019	32,00	33,60
20/05/2019	32,50	34,16
21/05/2019	33,00	34,72
22/05/2019	33,50	35,00
23/05/2019	34,00	
24/05/2019	34,00	
25/05/2019	35,00	

Fuente: Documento "Control interno de interventoría".

Según el cronograma el talud en suelo reforzado, acorde a lo descrito en la tabla 11, debió finalizar su construcción el día 22 de mayo, sin embargo, este finalizó el día 25 de mayo, teniendo un atraso de tres días en esta actividad. Nada significativo.

6.2.6. Costo para la construcción del talud reforzado

Para determinar el costo que representó para la entidad contratante la construcción del talud en suelo reforzado se analizará las cantidades de cada uno de los ítems que se ven involucrados y al finalizar esto se realizará una tabla en la que se resuma el costo del talud reforzado relacionándolo por ítem.

➤ Costo de la geo-malla para refuerzo

En el presupuesto inicial del proyecto, se proyecta la instalación de 24.240m² de geo-malla, valor que difiere en 6.532,08m² con respecto a los 30.772,08m² que finalmente se instalaron para la construcción total de las 35 terrazas del talud reforzado.

El valor unitario por metro cuadrado de geo-malla instalada se paga al contratista a \$21.022, es decir, finalmente para la construcción del talud reforzado a la entidad contratante le costó \$646'890.665,8 la instalación de la geo-malla, únicamente analizando el costo directo.

➤ Costo del geotextil para evitar migración de finos

Durante la construcción del talud en suelo reforzado se instala un total de 3164,8 m², el valor unitario por metro cuadrado de geotextil instalado se paga al contratista a \$7552 en este proyecto. A partir de esto se puede concluir que, para la construcción del talud en suelo reforzado, la entidad contratante invierte un total de \$23'900.569,6 en la instalación del geotextil para evitar migración de finos, únicamente analizando el costo directo.

➤ Costo de los sacos para fachada de talud reforzado

A partir de los 1020,1 m2 de sacos instalados, y teniendo en cuenta que el metro cuadrado de sacos instalados se remunera al contratista a \$39.842,62, nos lleva a que el realizar el recubrimiento de la fachada con sacos rellenos de tierra le costó a la entidad contratante \$40'683.299.28 en solo costo directo.

➤ Costo del relleno con material filtrante para la conformación de las terrazas

Para la construcción del talud reforzado se utiliza material filtrante como relleno, el talud reforzado requirió un total de 13.480 m3 de material de relleno para su finalización. Dentro del proyecto, este material se remunera a \$76.030,44 por metro cubico, es decir, el material de relleno le costó a la entidad contratante \$1.024'890.331. esto, analizando únicamente el costo directo.

A continuación, se relaciona en la tabla 12 el costo total para la entidad contratante, que en este caso es la alcaldía de Girón, para la construcción del talud en suelo reforzado del barrio mirador de San Juan.

Tabla 12. *Resumen de costos en la ejecución del talud en suelo reforzado.*

Construcción de talud en suelo reforzado, Mirador de San Juan.				
Item	UM	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor Parcial
Instalación de geomalla de refuerzo	m2	30772.08	\$ 21,022.00	\$ 646,890,665.76
Instalación de geotextil	m2	3164.8	\$ 7,552.00	\$ 23,900,569.60
Instalación de sacos en fachada	m2	1020.1	\$ 39,842.62	\$ 40,643,456.66
Relleno con material filtrante	m3	13480	\$ 76,030.44	\$ 1,024,890,331.20
			Valor total	\$ 1,736,325,023.22

Fuente: Autor.

El valor final para la construcción del talud reforzado del barrio mirador de San Juan fue de **\$1.736'325.023,22**, valor que no incluye la construcción del filtro francés en la parte inferior de este, y que únicamente involucra el costo directo.

6.3. Apoyo a la supervisión técnica en la construcción del pavimento peatonal.

6.3.1. Tipo de estructura utilizada para uso en el espacio público peatonal

La Dirección del Taller del Espacio Público de la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá, en su “Cartilla de andenes” considera cuatro tipologías de estructuras de pavimentos para uso en el espacio público peatonal. La tabla 13 es la tabla síntesis de Estructuras de pavimento considerada por la “Cartilla de andenes” Bogotá D.C [24]

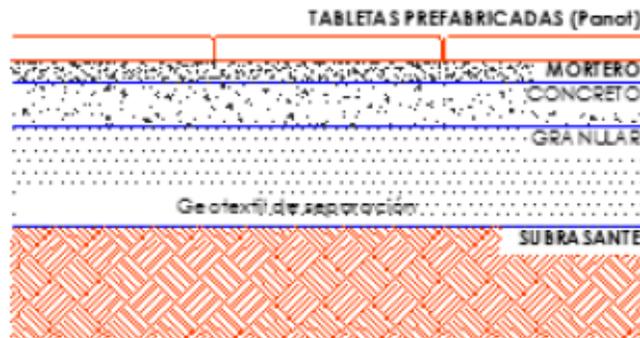
Tabla 13. *Tipos de estructuras de pavimentos para uso en el espacio público peatonal.*

TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE SUPERFICIE	ESQUEMA DE REFERENCIA	USO POSIBLE
E1: Articulada	Elementos prefabricados (sobre arena)		Espacio Público Peatonal (Red de andenes, separadores, plazas, plazoletas, vías peatonales, alamedas y demás tipos de franjas de terreno entre las edificaciones y las vías) y la Red de ciclorrutas (a nivel de andén).
E2: Flexible	Capas asfálticas		Red de ciclorrutas (a nivel de andén)
E3: Rígida	Losas en concreto hidráulico (liso o estampado) Pisos en tabletas prefabricadas (Panot) Losas enchapadas		Losas en concreto hidráulico: Rampas y franjas de acceso o salida vehicular, pompeyanos, calzadas de vías con tránsito vehicular restringido y casos especiales de andenes de la malla vial local. Tabletillas prefabricadas (Panot) o losas enchapadas: Espacio Público Peatonal.
E4: Permeable	Abarca las tres tipologías anteriores, pero en su condición permeable. Están enfocadas hacia los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible - SUDS		Red de ciclorrutas (a nivel de andén) y Espacio Público Peatonal sin tránsito de vehículos, donde no exista conflicto con redes de servicios públicos.

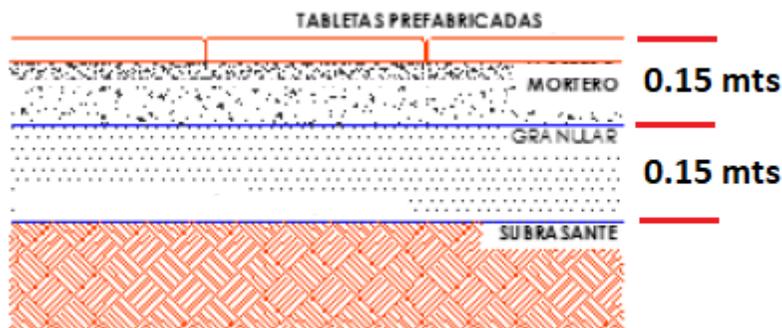
Fuente: Cartilla de andenes. Bogotá D.C. 07/06/2018.

El tipo de estructura utilizada para la construcción del pavimento en el espacio público peatonal del barrio Mirador de San Juan-Girón según la cartilla de andenes de Bogotá es la estructura tipo “E3: Rígida”. Con algunas diferencias las cuales se relacionan en la figura 66.

Figura. 66. Estructura tipo E3 y Estructura utilizada, para pavimento en el espacio público peatonal.



Estructura de pavimento en espacio público peatonal tipo E3, tomado de la cartilla de andenes de Bogotá D.C.



Estructura de pavimento en espacio público peatonal utilizada en el proyecto

Fuente: Autor.

Para la adecuación del pavimento peatonal en el espacio público primero se realizaba la excavación para construcción del bordillo en concreto vaciado in situ, este bordillo es el encargado de confinar la estructura del pavimento peatonal junto con los sardineles prefabricados de la vía. Generalmente, sus dimensiones son de 0,15x0,40 metros en concreto 3000 psi, con excepción de los casos en los que los 40cms no sean suficientes para alcanzar a empotrarse en el terreno. En la figura 67 se observa la excavación para la construcción del bordillo.

Figura. 67. *Excavación para construcción de bordillo para confinamiento de estructura de pavimento en el espacio público peatonal.*



Fuente: Autor.

Posterior a la excavación se procedía a encofrar y fundir con concreto 3000PSI el bordillo. Generalmente, en el proyecto, el concreto se trajo de planta, tal como se evidencia en la figura 68.

Figura. 68. *Vaciado de concreto para construcción de bordillo.*



Fuente: Autor.

Generalmente se toman muestras cilíndricas del concreto utilizado para la construcción del bordillo. En la figura 69 se observa a la interventoría realizando una toma muestras cilíndricas del concreto utilizado para la construcción del bordillo.

Figura. 69. *Toma de muestras cilíndricas del concreto utilizado para la construcción del bordillo.*



Fuente: Autor.

De los ensayos a compresión realizados en el transcurso de la práctica empresarial al concreto utilizado para los bordillos, todos se encuentran por encima de los 3000 psi solicitados.

Cuando el concreto del bordillo ha fraguado lo suficiente se realiza la aplicación, nivelación y compactación del material de relleno para subrasante de la estructura del pavimento en el espacio público peatonal, en la figura 70 se observa la aplicación, nivelación, humedecimiento y compactación del material para sub-rasante.

Figura. 70. *Aplicación, humedecimiento y compactación del material para subrasante de pavimento peatonal.*



Fuente: Autor.

Quando se encontraba un adecuado grado de compactación en el material de subrasante se realizaba chequeo para verificar que estuviesen disponibles los 30 centímetros correspondientes a los 15 cms de base granular y los otros 15 cms que ocupaba la loseta junto con el mortero. En la figura 71 se puede evidenciar el mencionado chequeo.

Figura. 71. *Chequeo al nivel del material de sub-rasante en el pavimento peatonal.*



Fuente: Autor.

Cuando se liberaba el material utilizado para la sub-rasante, se procedía a aplicar, humedecer y compactar la base granular de la estructura de pavimento en el espacio público peatonal. En la figura 72 se puede observar dicho procedimiento.

Figura. 72. *Aplicación, nivelación, humedecimiento y compactación de la base granular en la estructura de pavimento peatonal.*



Fuente: Autor.

Existió un compromiso entre el contratista y la interventoría en el que finalizada la compactación de la base granular para la estructura del pavimento peatonal, el constructor debe contar con la autorización por parte de la interventoría para continuar con la instalación de la tableta, en los casos en que no se encuentra presente en sitio personal de la interventoría, el constructor lo contactaba por medios telefónicos y le informa para proceder con la liberación. En la figura 73 se puede evidenciar la aplicación del mortero 1:4 e instalación de las tabletas prefabricadas.

Figura. 73. *Instalación de tabletas prefabricadas para pavimento en espacio público peatonal.*



Fuente: Autor.

Previo a iniciar la construcción del pavimento en el espacio público peatonal, la interventoría solicitó visita por parte de especialista en espacio público en la cual la especialista mencionaba la necesidad de instalar tabletas guía para invidentes tal como se puede evidenciar en la figura 74.

Figura. 74. *Atención a visita técnica de especialista en espacio público por parte de la interventoría y el contratista.*



Fuente: Autor.

En la visita además se informó la forma en la que se debían instalar las tabletas al momento de llegar a una rampa de acceso vehicular y cómo y en donde debían construirse dichas rampas.

Con respecto al tema de las rampas de acceso vehicular sucedió una situación particular en este barrio pues a pesar de que la especialista mencionaba que estas únicamente debían construirse frente a un garaje o en acceso a ramales vehiculares, las solicitudes de los residentes del sector ante la secretaría de infraestructura se hicieron masivas, todos ellos solicitando rampas de acceso vehicular frente a su vivienda, con el argumento de que no existen zonas para parqueo vehicular y ellos deben dejar su vehículo frente a su casa. La secretaria de infraestructura realiza visita al barrio para revisar este tema y finalmente es ella misma quien opta por construir rampas de acceso vehicular frente a las viviendas que así lo soliciten. En la figura 75 se muestra la forma en la que se construyen las rampas de acceso vehicular dentro del proyecto.

Figura. 75. *Rampa de acceso vehicular.*



Fuente: Autor.

A criterio propio, el hecho de construir rampas de acceso vehicular en todo lugar que lo soliciten se convierte en un desorden que afecta el ancho del andén en algunos puntos en el que el ancho de por sí ya es el mínimo, como por ejemplo el que se puede observar en la figura 75. Además, permite que los conductores que así lo deseen parqueen sus vehículos de forma tal que se vea afectado el tránsito peatonal. Sin embargo, es entendible la decisión tomada por la secretaria de infraestructura en su momento; pues

de no permitirlo, los conductores parquearían su vehículo sobre la vía, alternativa que no puede ser permitida.

La solución debía haber sido prevista en el momento en que se realizó la planeación del proyecto, es lógico que por la cantidad de viviendas que existen en el barrio Mirador de San Juan se requieren zonas de parqueo vehicular, de lo contrario, esta problemática se refleja en lo que hoy vemos al pasar por el sector: vehículos parqueados sobre las vías y las rampas de acceso, afectando de forma directa el flujo de vehículos y peatones.

La especialista además advirtió que existían anchos de andén que no cumplen con el mínimo establecido y sin embargo entiende que es un caso atípico en el que el ancho disponible para la vía y los andenes es bastante reducido en varios sectores del barrio

6.4. Solicitudes realizadas a la persona encargada de la SISO del contratista

La interventoría realizó una serie de solicitudes a la encargada de la seguridad industrial y salud ocupacional del contratista con el fin de mitigar los incidentes a los que se ven expuestos tanto el personal de obra, como los transeúntes del sector. Dentro de las solicitudes realizadas a la encargada de la Seguridad industrial y Salud Ocupacional del contratista, en el transcurrir de la práctica empresarial, se encuentran:

6.4.1. Insuficiente acondicionamiento de los pasos peatonales provisionales:

Existieron sectores en los que debido a la construcción del talud reforzado se hizo necesaria la habilitación de un paso peatonal perimetral al área de trabajo, este paso en algunos sectores no presentaba las condiciones adecuadas debido a que poseía material suelto y este generaba riesgos para el transeúnte. En la figura 76 se evidencia el sendero peatonal habilitado y se logra observar que este carece de acondicionamiento por parte del contratista.

Figura. 76. Evidencia del deficiente acondicionamiento realizado por el contratista a los pasos peatonales provisionales.



Fuente: Autor.

Debido al deficiente acondicionamiento del sendero mostrado en la figura 76, se presentó caso en el que una persona que se encontraba transitando por allí se resbala y cae, lesionando fuertemente su tobillo. En la figura 77 se muestra a la persona siendo atendida por personal del contratista; el golpe ocasionó un daño en su tobillo, ante lo cual el contratista solicitó servicio de ambulancia para realizar traslado y contar con la atención necesaria para la afectada.

Figura. 77. Atención a persona afectada por falta de acondicionamiento en los senderos peatonales provisionales adecuados por el contratista



Fuente: Autor.

Ante esta situación la interventoría radica oficio al contratista en el que solicita prestar mayor atención a estos senderos provisionales, con el fin de evitar accidentes y garantizar la seguridad del transeúnte del sector.

Este hecho presentado se pudo haber evitado si el SISO del contratista o el de la interventoría le hubiesen prestado atención al riesgo al que estaban sujetos los peatones previos a que se generara el accidente.

6.4.2. Tránsito de maquinaria sin controlador de tráfico:

Al respecto se informa al contratista en repetidas ocasiones sobre el riesgo que representa el hecho de que la maquinaria transite sin un guía que se encargue de evitar incidentes. Sin embargo, en obra se evidenció que, en el transcurrir del proyecto, no se atendían a totalidad las solicitudes de este tipo.

Una de las evidentes causas es que durante el periodo de prácticas se evidencia la existencia de únicamente tres paleteros de los cuales uno se encuentra constantemente en la entrada del barrio y los otros dos son quienes se encargan de acompañar la maquinaria en sus movimientos, estos dos paleteros no dan abasto pues constantemente por el área de obra están en movimiento dos retro-cargadoras, una retroexcavadora pequeña, un vibro-compactador y un carrotanque, esto sin contar la maquinaria que trabaja en la construcción del talud en suelo reforzado. Además, los controladores de tráfico también son los encargados de organizar señalizaciones y esta labor les demanda tiempo.

En la figura 78 se evidencia el tránsito de retroexcavadora pequeña por fuera del área de obra sin ningún controlador de tráfico acompañándolo, además se puede notar que el área por donde transita es utilizada por los transeúntes del sector.

Figura. 78. *Tránsito de retroexcavadora pequeña por fuera del área de obra y sin el acompañamiento de un controlador de tráfico.*



Fuente: Autor.

Por otra parte, a propio, en el lugar donde se localizaba el talud en suelo reforzado también era necesaria la presencia de controladores de tráfico que se encargaran de evitar accidentes entre la maquinaria que allí trabaja (motoniveladora, vibrocompactadores, carrotanque, retro-cargadora y volquetas) y el personal de obra que realiza sus labores en dicho sector. Con la figura 79 se puede intuir el ambiente que se genera en el área donde se realiza la construcción del talud en suelo reforzado, y la necesidad de que al menos un controlador de tráfico se encuentre en el sector.

Figura. 79. *Maquinaria y personal obrero realizando actividades sin la presencia de un controlador de tráfico.*



Fuente: Autor.

En los momentos en que la interventoría solicitó verbalmente al contratista la presencia de un controlador en el talud en suelo reforzado, la respuesta del contratista afirma baque entre los mismos obreros del sector se protegerían y que en las charlas diarias siempre se hablaba acerca de las distancias mínimas entre personal y maquinaria en operación, puntos ciegos de cada máquina y la importancia de realizar labores sin comprometer su bienestar. Respuesta con la que no se encontró en completa satisfacción la interventoría, razón por la cual fueron varias las solicitudes tanto verbales como escritas respecto a la necesidad de fortalecer el personal encargado de controlar el tráfico vehicular y de maquinaria en la obra.

6.4.3. Mala señalización en las zonas de intervención del proyecto:

Varias fueron las ocasiones en las que la interventoría solicitó al contratista prestar atención al tema de señalización, sin embargo, fue evidente que muchas veces esto se realizó únicamente por dar cumplimiento a las solicitudes, sin realmente delimitar el área que se está interviniendo con el fin de que quienes transitan por el sector puedan notar la presencia de zonas de peligro. En la figura 80 se muestra un claro ejemplo de mala señalización en la que la cantidad de cintas de peligro no es la recomendada (La SISO de la interventoría menciona que deben ser tres líneas de cintas de peligro), y además se ubicó un sardinel prefabricado el cual en momentos de oscuridad podría no notarse claramente y generar algún tipo de accidente.

Figura. 80. *Mala señalización en área de intervención del contratista.*



Fuente: Autor.

Otro de los casos que se evidenció en algún momento con respecto a la señalización y cerramiento de áreas de intervención del proyecto, y el cual la interventoría no avaló, es

el caso en el que se realizó el cerramiento no con colombinas diseñadas especialmente para tal uso, sino con varillas soportando las cintas de peligro. Al contratista se le informó de manera verbal y escrita el riesgo que esto puede representar para el transeúnte, ante la solicitud realizada el contratista no volvió a utilizar varillas para tal fin. En la figura 81 se evidencia el caso mencionado.

Figura. 81. *Cerramiento de área de intervención del contratista con pines de varilla.*



Fuente: Autor.

6.4.4. Falta de protección con Elementos de Protección Personal:

Eventualmente en el transcurrir de la práctica empresarial se solicitó a la persona encargada de la Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del contratista garantizar los elementos de protección personal en sus obreros acorde a las labores que cada quien realice. En figura 82 se observa el uso del martillo demoledor por parte de personal obrero sin ningún tipo de protección para los oídos, siendo esta una actividad que presenta alto nivel de ruido.

Figura. 82. *Personal obrero realizando actividades con alto nivel de ruido sin protección para los oídos.*



Fuente: Autor.

6.5. Inspección final en campo para recibo de obra

A solicitud de la ingeniera residente de interventoría el practicante realizó un recorrido por los cuatro ejes del proyecto en el momento en que se finalizaron las actividades de instalación de sardineles, construcción de muros de contención, aplicación de pavimento asfáltico e instalación de loseta para espacio público; con el fin de identificar los daños o detalles por mejorar previo al recibido por parte de la interventoría de la obra.

A modo de practicidad y organización de información, se realizó un formato en el cual se especificó la localización de los daños, cual elemento es el que está afectado y un registro fotográfico del mismo con el fin de que el contratista realice dichas reparaciones. En la tabla 14 se adjunta parte del formato realizado para la organización de la información y posterior entrega al contratista para atender los requerimientos allí estipulados.

Tabla 14. *Formato creado para la organización de los arreglos solicitados por parte de la interventoría al contratista.*

PR INICIAL	PR FINAL	ELEMENTO	REGISTRO DE DAÑOS	FOTO No	OBSERVACIONES
		TABLETA	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar brechas • Limpieza general • Se evidencia mezcla de concreto 	1,2	
K 0 + 340	K 0 + 410	BORDILLO PREFABRICADO	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar resane • Manchado con emulsión asfáltica 	3,4,5	
		MURO DE CONTENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • HORMIGUEO 	6,7,8,9,	MZ Ñ CASA 12
		SUMIDERO	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar resane • Pintura anticorrosiva 	11,12	K0+410 BI

Fuente: Autor.

En el documento entregado al contratista, en el que se encontraba el registro de daños de los cuatro ejes correspondientes al proyecto, se adjuntó el registro fotográfico de las afectaciones encontradas. El registro fotográfico correspondiente a los daños relacionados en la tabla 14 se puede observar en la tabla 15.

Tabla 15. Registro fotográfico de los daños relacionados en la tabla 11.



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12

Fuente: Autor.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para realizar una eficiente administración dentro de un proyecto de construcción de obra pública debe existir una oportuna coordinación entre cada una de las partes que se encuentran involucradas en el. Contar con personal con esta capacidad de coordinación oportuna, se verá reflejado en cumplimiento a lo programado y disminución del costo de operación para la ejecución de las actividades necesarias.
- El ambiente laboral que se genera dentro de una obra está expuesto a varias situaciones que representan riesgos para el cumplimiento del alcance de las partes que componen el contrato. La comunicación que debe existir entre el contratista y la interventoría debe ser tal que se realicen las sugerencias y/o correcciones de manera oportuna y objetiva, sin permitir que el trato a nivel personal entre las dos partes se vea involucrado para la toma de decisiones dentro del proyecto.
- La construcción de una estructura de la magnitud de un talud en suelo reforzado debe ser monitoreada de manera constante por parte de personal con la experiencia para ejercer las funciones a las que es asignado. Es una actividad que involucra conocimientos geotécnicos claves, por lo tanto requiere de especialistas que realicen visitas constantes al sitio; involucra labores operativas como lo es la compactación por medios mecánicos del material de relleno (esto requiere de personal con la experiencia para conocer de antemano el comportamiento de un material para evitar aumento tiempo de ejecución); debe contar con personal obrero que conozcan sus funciones y oportunamente se encarguen de realizarlas; topógrafos que realicen chequeo de niveles para que el comportamiento final del talud reforzado sea el correcto; personal administrativo que constantemente esté realizando el diligenciamiento de las cantidades ejecutadas con el fin de evitar aumento de costos; personal encargado de la seguridad industrial que mitiguen los riesgos a los que está involucrado el personal obrero; etc... para esto es importante que la dirección del constructor coordine y delegue las funciones de forma tal que todo funcione oportunamente y de esta manera disminuir los costos de operación.
- La situación sucedida con respecto al geodrén, caso en el que, inicialmente no se instaló acorde a los planos, dejó de experiencia la importancia de que desde la interventoría se realicen chequeos oportunos que aseguren cumplimiento a los lineamientos estipulados en los planos y en las recomendaciones dadas por los especialistas correspondientes. Es clave tener claro que tanto el contratista como la interventoría son responsables de impartir los conocimientos técnicos que garanticen dar cumplimiento al alcance del proyecto.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Secretaría de Infraestructura. “Estudios y documentos previos”, Alcaldía municipal, Girón, Colombia, Estudio y documentos previos, 25 de Febrero del 2019.
- [2] MSING S.A.S. (2017). Quienes somos [Online]. Disponible en: <http://msingsas.com.co/nosotros/>.
- [3] MSING S.A.S. “Misión (vol 2)”, MSING S.A.S, Cra 66 No 67A-81 Oficina 202, Bogotá, Colombia, Documento interno, MST-SST-001, 17 de octubre del 2018.
- [4] MSING S.A.S. “Visión (vol 2)”, MSING S.A.S, Cra 66 No 67A-81 Oficina 202, Bogotá, Colombia, Documento interno, MST-SST-001, 17 de octubre del 2018.
- [5] MSING S.A.S. “Política de seguridad y salud en el trabajo –SST” MSING S.A.S, Cra 66 No 67A-81 Oficina 202, Bogotá, Colombia, Documento interno, PLT-SST-001, 17 de octubre del 2018.
- [6] MSING S.A.S. (2017). Experiencias [En línea]. Disponible en: <http://msingsas.com.co/logros/>.
- [7] Norma técnica colombiana, “Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos”, ICONTEC, Bogotá, NTC-ISO 9001, 14237, 23 de septiembre del 2015.
- [8] C. construcción. Control de calidad de un proyecto de construcción [En línea]. Disponible en: <http://canalconstruccion.com/control-calidad-proyecto-construccion.l>
- [9] TÜV Rheiland. Control de calidad en obra [En línea]. Disponible en: <https://www.tuv.com/colombia/es/control-de-calidad-en-obra-civil-e-instalaciones.html>.
- [10] ISO, Sistemas y calidad total, Journal of construction engineering and management, 2014.
- [11] Departamento administrativo de la función pública, “Decreto 2090”, Por el cual se aprueba el reglamento de honorarios para los trabajos de arquitectura, Gobierno de Colombia, Bogotá, 13 de septiembre de 1989.

[12] J. Sanchez, Interventoría de proyectos y obras, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2014.

[13] Ministerio de justicia, “Decreto 222”, Por el cual se expiden normas sobre contratos de la Nación y sus entidades descentralizadas y se dictan otras disposiciones, Gobierno de Colombia, Bogotá, 02 de febrero de 1983.

[xxx] Congreso de la república, “Ley 1474 de 2011”, Por la cual se dictan normas orientadas a fortalecer los mecanismos de prevención, investigación y sanción de actos de corrupción y la efectividad del control de la gestión pública, Gobierno de Colombia, Bogotá, 12 de Julio de 2011.

[14] Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente “NSR-10”, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Cra 20 #84-14 Oficina 502, Bogotá, Colombia, Título I – Supervisión técnica, 19 de marzo del 2010.

[15] Congreso de Colombia, “Ley 400 de 1997”, Ley por la cual se adoptan normas sobre construcciones sismo resistentes, Diario oficial No. 43.113, 19 de Agosto de 1997.

[16] Ministerio del trabajo, “Decreto 1072”, Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector trabajo, Gobierno de Colombia, Bogotá, 26 de mayo del 2015.

[17] O. I. del trabajo, “Seguridad, salud y bienestar en las obras en construcción: manual de capacitación.”, Oficina internacional del trabajo, Montevideo: Cinterfor, 1997.

[18] Ministerio del trabajo, “Decreto 1443”, Por el cual se dictan disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la seguridad y salud en el trabajo, Gobierno de Colombia, Bogotá, 31 de julio del 2014.

[19] Especialista Geotécnico de la Interventoría - Informe visita de obra

[20] Especialista Geotécnico del Contratista – Adendo 1 de Octubre 2018

[21] Especialista Geotécnico del Contratista – Adendo 1 de Octubre 2018

[22] Especialista Geotécnico de la interventoría - Informe de visita al talud reforzado realizada el 28 enero del 2019

[23]] I. N de Vías, “Protección vegetal de taludes” , Instituto nacional de vías INVIAS, Cille 25G #73B-90 Complejo empresarial central point, Bogotá, Colombia, Artículo 810-07, 15 de agosto del 2014.

[24] Secretaría distrital de planeación. (2018, 7 junio). Cartilla de andenes Bogotá D.C.. Recuperado 13 noviembre, 2019, de http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/cartilla_andenes_modificacion_07-06-2018.pdf

