

**Supervisión Técnica de la Gestión Contractual de Proyectos Constructivos para Obras
Civiles en Infraestructura de Líneas de Transmisión de 115 y 230 kV en la Electrificadora
de Santander (ESSA)**

Oscar Daniel Lesmes Carrillo

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Civil

Directora

Isis Karina Torres Ayala

Magister en Ingeniería Civil en énfasis en estructuras

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingeniería y Arquitectura

Ingeniería Civil

2025

Contenido

<i>Introducción</i>	<i>11</i>
<i>1. Perfil de la empresa</i>	<i>12</i>
1.1. Organización	12
1.2. Razón social	12
1.3. Estructura organizacional	13
<i>2. Marco normativo</i>	<i>14</i>
<i>3. Objetivos de la pasantía</i>	<i>15</i>
3.1. Objetivo general	15
3.2. Objetivos específicos	15
<i>4. Desarrollo de la pasantía</i>	<i>16</i>
4.1. Cumplimiento del objetivo específico 1	16
4.2. Cumplimiento del objetivo específico 2	32
4.3. Cumplimiento del objetivo específico 3	44
<i>5. Análisis DOFA resultado de la pasantía</i>	<i>49</i>
5.1. Análisis desde la empresa	49
5.2. Análisis personal	51
<i>6. Aportes</i>	<i>54</i>
<i>7. Lecciones Aprendidas</i>	<i>55</i>
<i>8. Recomendaciones</i>	<i>56</i>
<i>9. Conclusiones</i>	<i>56</i>

Lista de tablas

<i>Tabla 1. Aportes del estudiante</i>	54
---	-----------

Lista de figuras

Figura 1. Anexo técnico para el mejoramiento de infraestructura de líneas de transmisión de 115 y 230 kV	17
Figura 2. Creación de especificaciones técnicas de construcción de trinchos	21
Figura 3. Creación de especificaciones técnicas de muro de contención	22
Figura 4. Creación de especificaciones técnicas de muro de gaviones	24
Figura 5. Creación de especificaciones técnicas de geotextil tejido	25
Figura 6. Creación de especificaciones técnicas de geotextil no tejido	27
Figura 7. Creación de especificaciones técnicas de anclaje activo	28
Figura 8. Creación de especificaciones técnicas de anclaje pasivo	30
Figura 9. Creación de especificaciones técnicas de cunetas	31
Figura 10. Creación de APU de trinchos	35
Figura 11. Creación de APU de muro de contención	36
Figura 12. Creación de APU de muro de gaviones	37
Figura 13. Creación de APU de geotextil tejido	38
Figura 14. Creación de APU de geotextil no tejido	39
Figura 15. Creación de APU de anclaje activo	40
Figura 16. Creación de APU de anclaje pasivo	41
Figura 17. Creación de APU de cuneta	42
Figura 18. Planta de cimentación	45
Figura 19. Detalle típico armado de pedestal	46
Figura 20. Plano de gavión	47
Figura 21. Plano de trincho metálico	47

<i>Figura 22. Plano de trincho metálico vista perfil</i>	48
<i>Figura 23. Plano de cuneta</i>	48
<i>Figura 24. Análisis DOFA empresa</i>	49
<i>Figura 25. Análisis DOFA Personal</i>	51

Resumen

El presente informe expone las actividades desarrolladas en la pasantía empresarial realizada en la Electrificadora de Santander (ESSA), enfocadas en la gestión técnica y contractual de proyectos de obras civiles en infraestructuras eléctricas de alta tensión, particularmente en líneas de transmisión de 115 y 230 kV. Entre las labores ejecutadas se destaca la revisión de especificaciones técnicas de obras civiles, con énfasis en intervenciones orientadas a mejorar la estabilidad geotécnica de los terrenos donde se ubican las estructuras de transmisión, resaltando la importancia de garantizar tanto la seguridad estructural como la continuidad del servicio eléctrico en zonas estratégicas del departamento.

De manera complementaria, el estudiante desarrolló análisis de precios unitarios (APU) de materiales y equipos empleados en proyectos de estabilización de taludes, apoyando la formulación de presupuestos y la evaluación de costos mediante herramientas especializadas. Asimismo, elaboró planos técnicos que respaldaron la documentación de los proyectos, fortaleciendo su formación académica y contribuyendo al cumplimiento de los objetivos institucionales de la empresa.

Palabras clave: pasantía, infraestructura, estabilidad, obras civiles

Abstract

This report presents the activities carried out during the internship at the Electrificadora de Santander (ESSA), focused on the technical and contractual management of civil works projects in high-voltage infrastructures, particularly in 115 and 230 kV transmission lines. Among the tasks performed, the review of civil works technical specifications stands out, with emphasis on interventions aimed at improving the geotechnical stability of the terrains where transmission structures are located, highlighting the importance of ensuring both structural safety and the continuity of electric service in strategic areas of the department.

In addition, the intern conducted unit price analyses (UPA) of materials and equipment used in slope stabilization projects, supporting the preparation of budgets and the evaluation of costs through specialized tools. Likewise, technical drawings were developed to support project documentation, strengthening academic training and contributing to the achievement of the company institutional objectives.

Keywords: internship, infrastructure, stability, civil works

Glosario

Análisis de precios unitarios (APU): método técnico usado en obras civiles que consiste en determinar el costo de cada unidad de obra desglosando sus componentes (materiales, mano de obra, equipos, transporte). Se emplea para formular presupuestos, evaluar costos y comparar alternativas de diseño o ejecución. [1]

Electrificadora de Santander (ESSA): empresa de servicios públicos domiciliarios de energía eléctrica en Colombia, perteneciente al Grupo EPM, con responsabilidad sobre la prestación del servicio eléctrico en Santander. [2]

Especificaciones técnicas: documentos que reúnen normas, exigencias, medidas y procedimientos, tanto generales como particulares, que deben aplicarse en una obra de construcción. Incluyen detalles de materiales, equipos, métodos constructivos, control de calidad, seguridad y cumplimiento normativo. Permiten planear los recursos, plazos y condiciones necesarias para la ejecución adecuada del proyecto. [3]

Estabilidad geotécnica: condición de equilibrio del suelo o taludes frente a fuerzas internas y externas que actúan sobre ellos. Evalúa aspectos como capacidad portante, inclinación, propiedades del suelo, drenaje, entre otros, para prevenir deslizamientos o fallas que comprometan la infraestructura. [4]

Obras civiles: infraestructuras creadas para uso público o privado que incluyen construcciones como carreteras, puentes, presas, sistemas de alcantarillado, edificaciones. Pueden ser nuevas construcciones, rehabilitaciones, mantenimiento o reformas, y buscan satisfacer necesidades sociales o funcionales. [5]

Pasantía: actividad académica formativa en la que el estudiante desarrolla labores profesionales en una organización, aplicando los conocimientos aprendidos en la universidad.

Permite al estudiante participar en procesos reales de la empresa, adquirir experiencia práctica, fortalecer competencias técnicas y contribuir a objetivos institucionales. [6]

Introducción

La formación en ingeniería civil demanda escenarios prácticos que permitan aplicar los conocimientos adquiridos en la academia dentro de un entorno laboral real. En este sentido, la pasantía empresarial realizada en la Electrificadora de Santander (ESSA) constituyó un espacio fundamental para consolidar competencias técnicas, administrativas y de gestión, al tiempo que aportó al desarrollo de proyectos estratégicos en el sector eléctrico regional.

La ESSA, empresa perteneciente al Grupo EPM, se ha posicionado como un actor clave en la prestación del servicio eléctrico en el nororiente colombiano, siendo responsable de la operación y mantenimiento de la red de transmisión de alta tensión. En este contexto, la pasantía cobró especial relevancia al vincular al estudiante en la gestión técnica y contractual de obras civiles asociadas a líneas de transmisión de 115 y 230 kV, fortaleciendo su capacidad de análisis y evaluación de soluciones constructivas.

La importancia de esta experiencia radica en su doble aporte: por un lado, contribuyó al cumplimiento de los objetivos institucionales de la empresa en materia de infraestructura; y por otro, enriqueció la formación profesional del estudiante al enfrentar desafíos propios de la ingeniería aplicada. Este informe recoge los objetivos, actividades desarrolladas, resultados alcanzados y reflexiones surgidas a lo largo del proceso.

1. Perfil de la empresa

1.1. Organización

Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. (ESSA) es una empresa de servicios públicos domiciliarios dedicada al servicio de energía eléctrica, perteneciente al Grupo Empresarial EPM. Se rige bajo normas del sector eléctrico colombiano y con operaciones reguladas por entidades estatales.

ESSA inició sus operaciones en 1891 con la planta hidroeléctrica en Chitota, lo que permitió traer electricidad a Santander por primera vez bajo generación con corriente continua y motor de turbina. A lo largo de los años se han expandido sus operaciones, incrementando cobertura, modernizando infraestructura y adoptando nuevos estándares técnicos hasta convertirse en un actor relevante del sector en la región.

En 2009, la Nación vendió sus acciones de ESSA, lo que modificó la participación accionaria del Departamento de Santander. Actualmente Santander tiene una participación del 22,48 %. ESSA pertenece al grupo EPM con accionistas principales y opera con una Asamblea General de Accionistas, una Junta Directiva y un equipo directivo.

1.2. Razón social

Electrificadora de Santander (ESSA). Nit: 890.201.230-1

1.3. Estructura organizacional

1.3.1. Misión

La misión de la empresa es “proporcionar servicios de energía eléctrica con eficiencia, calidad y sostenibilidad”, garantizando la satisfacción de sus clientes, el cuidado del medio ambiente y el cumplimiento de los estándares técnicos y normativos del sector eléctrico colombiano.

1.3.2. Visión

Su visión es consolidarse como la empresa líder en el sector energético colombiano, innovando y adaptándose a las necesidades del mercado.

1.3.3. Objeto social

ESSA tiene como objeto social “la prestación del servicio público domiciliario de energía eléctrica y sus actividades complementarias de generación, transmisión, distribución, comercialización, la inspección de medidores y sellos de seguridad y la calibración y ensayos de medidores, patrones, equipos de medida, transformadores e instrumentación eléctrica; así como la prestación de servicios conexos, o relacionados con la actividad de servicios públicos y la financiación de productos y servicios también relacionados con estos, de acuerdo con el marco legal y regulatorio.

2. Marco normativo

Durante el desarrollo de la pasantía en la Electrificadora de Santander (ESSA), fue necesario apoyarse en diferentes normas y artículos técnicos que regulan la correcta ejecución de obras civiles relacionadas con la infraestructura eléctrica de alta tensión. Estas disposiciones, emitidas por entidades como el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) y el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), establecen criterios de calidad, procedimientos constructivos y requisitos de materiales que garantizan la seguridad estructural y geotécnica de los proyectos.

A continuación, se presentan las principales normas y especificaciones consultadas, que sirvieron de referencia en las actividades realizadas durante la pasantía.

- INVÍAS – Artículo 501. Suministro de cemento hidráulico. Regula las condiciones de suministro, transporte, almacenamiento y control de calidad del cemento hidráulico empleado en mezclas, morteros y concretos para obras civiles.
- IDU – Sección 330-11. Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil. Establece los criterios técnicos y de calidad para el uso de geotextiles como elementos de separación y refuerzo en capas de pavimento y subrasantes.
- INVÍAS – Artículo 232. Estabilización de suelos de subrasante con geotextil. Define los procedimientos y requisitos para mejorar la capacidad de soporte de la subrasante mediante la colocación de geotextiles, garantizando estabilidad y durabilidad.
- INVÍAS – Artículo 623. Anclajes. Especifica los materiales, métodos de instalación y ensayos para la construcción de anclajes en obras de estabilización y estructuras de contención.

- INVÍAS – Artículo 630. Concreto estructural. Regula los requisitos de diseño, dosificación, colocación y control de calidad del concreto estructural, asegurando resistencia y durabilidad en elementos como cimentaciones y muros.
- NSR 10. Reglamento técnico que establece los requisitos de diseño, materiales, construcción e inspección de edificaciones para garantizar su seguridad frente a los sismos.

3. Objetivos de la pasantía

3.1. Objetivo general

Supervisar técnica y administrativa la gestión contractual de proyectos constructivos de obras civiles para infraestructuras de líneas de transmisión de 115 y 230 kV en la Electrificadora de Santander (ESSA), mediante el análisis de precios unitarios, la elaboración y revisión de planos, garantizando el cumplimiento de las normas vigentes.

3.2. Objetivos específicos

Analizar las especificaciones técnicas de las obras civiles con el fin de mejorar la estabilidad geotécnica y seguridad de las infraestructuras de líneas de transmisión de 115 y 230 kV.

Realizar los análisis de los precios unitarios de materiales y equipos para optimizar la gestión de costos y ejecución de los proyectos de obras civiles de la estabilización de taludes.

Determinar los diseños técnicos para el desarrollo de la correcta ejecución de las diferentes obras civiles y asegurar la coherencia con las especificaciones técnicas y los estándares de calidad establecidos.

4. Desarrollo de la pasantía

4.1. Cumplimiento del objetivo específico 1

“Analizar las especificaciones técnicas de las obras civiles con el fin de mejorar la estabilidad geotécnica y seguridad de las infraestructuras de líneas de transmisión de 115 y 230 kV.”

4.1.1. Actividad 1: recopilación de información de especificaciones técnicas

La primera actividad desarrollada por el estudiante consistió en la recopilación y análisis de información contenida en los anexos técnicos de la empresa, específicamente en aquellos documentos donde se incluían las especificaciones técnicas de las obras civiles en líneas de transmisión de. Esta tarea fue fundamental, pues permitió conocer los lineamientos iniciales aplicados en la ejecución de proyectos de infraestructura eléctrica y detectar aspectos que podían mejorarse con el fin de garantizar la estabilidad geotécnica y la seguridad de las estructuras.

Durante el desarrollo de la primera actividad, la empresa entregó al estudiante un anexo técnico que contenía información fundamental para la formulación del plan de trabajo que debía ejecutar el contratista. Dicho documento servía como guía base para el desarrollo de los servicios y obras civiles contemplados por la Electrificadora de Santander (ESSA), especialmente en proyectos asociados a la infraestructura de líneas de transmisión de 115 y 230 kV. (Figura 1)

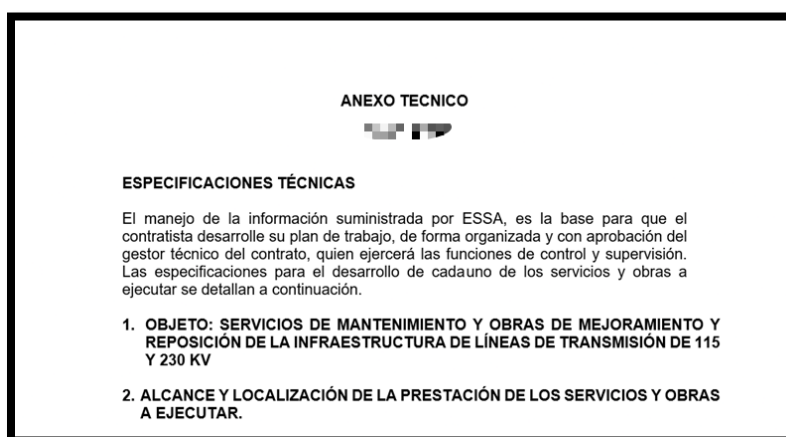
El anexo, compuesto por aproximadamente cuarenta páginas, incluía especificaciones técnicas y procedimientos orientados a garantizar la correcta ejecución de las actividades de obra. La labor inicial del estudiante consistió en realizar una lectura detallada del documento, con el

propósito de comprender su estructura, identificar la información relevante y verificar que los contenidos estuvieran completos y correctamente formulados.

Posteriormente, el estudiante se enfocó en el apartado correspondiente a las especificaciones de obras civiles, analizando cada sección para reconocer los métodos y criterios constructivos aplicados por la empresa. Durante esta revisión, observó que se manejaban principalmente dos métodos de estabilización de taludes: los trinchos y los gaviones. Esto despertó el interés por profundizar en el tema, lo que lo llevó a investigar otros métodos de estabilización que pudieran complementar las prácticas empleadas por la empresa, fortaleciendo así su comprensión técnica y su criterio profesional frente al manejo de este tipo de obras.

Esta actividad permitió al estudiante comprender el papel de las especificaciones técnicas como una herramienta clave tanto en el aspecto constructivo como contractual, garantizando que las obras se ejecuten bajo condiciones de seguridad, calidad y eficiencia. Además, representó un primer paso para fortalecer la documentación técnica de la empresa y avanzar en los siguientes objetivos de la pasantía.

Figura 1. Anexo técnico para el mejoramiento de infraestructura de líneas de transmisión de 115 y 230 kV



Nota. Anexo técnico el cual contenía información fundamental para la formulación del plan de trabajo que debía ejecutar el contratista. Tomado de anexo técnico brindado por la empresa. (2025)

4.1.2. Actividad 2: investigación de métodos de estabilización de taludes

En esta actividad, el estudiante se centró en investigar diferentes métodos de estabilización de taludes con el objetivo de fortalecer las soluciones aplicadas en las obras civiles relacionadas con las líneas de transmisión de 115 y 230 kV. Inicialmente, la empresa utilizaba con mayor frecuencia los métodos de trinchos y gaviones, los cuales han mostrado buenos resultados en la estabilización de terrenos. Sin embargo, se identificó la necesidad de incorporar otras alternativas que pudieran emplearse en diferentes condiciones geotécnicas y topográficas, con el fin de brindar al contratista mayores herramientas de intervención.

A partir de esta necesidad, el estudiante desarrolló una investigación detallada sobre distintos métodos de estabilización que pudieran complementar los ya existentes. Esta búsqueda se realizó con el propósito de incluir dicha información en las futuras especificaciones técnicas, facilitando la comprensión de los procedimientos constructivos por parte del contratista.

Durante el proceso, se identificaron opciones como muros de contención, trinchos, gaviones, geotextiles tejidos y no tejidos, anclajes pasivos y activos, y sistemas de drenaje, los cuales ofrecen ventajas según el tipo de suelo, la pendiente y las condiciones de humedad del terreno. Además, la investigación se fundamentó en normativas nacionales como las especificaciones del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y la Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), garantizando así la aplicabilidad técnica dentro del contexto colombiano.

Esta actividad representó un paso fundamental para la posterior creación de las especificaciones técnicas, ya que permitió consolidar un conjunto más amplio y preciso de

métodos de estabilización, contribuyendo a mejorar la calidad y seguridad en las obras de infraestructura de la empresa.

4.1.3. Actividad 3: elaboración de especificaciones técnicas de estabilización de taludes

La tercera actividad realizada por el estudiante se centró en la redacción de las especificaciones técnicas de los métodos de estabilización de taludes que se habían propuesto en la fase anterior. Una vez identificadas las técnicas más apropiadas para mejorar la seguridad y estabilidad de las estructuras de transmisión, fue necesario plasmarlas de manera formal en un documento que sirviera como guía para los contratistas responsables de ejecutar las obras civiles.

El trabajo consistió en detallar, de manera clara y precisa, los lineamientos que debían seguirse para la construcción de elementos como muros de contención, trinchos, gaviones, cunetas, cajas de drenaje, así como el uso de geotextiles, anclajes activos y pasivos, entre otros. En cada caso, se incluyeron las condiciones de instalación, los materiales requeridos y las recomendaciones técnicas necesarias para garantizar un adecuado desempeño en campo. Además, se estableció la normativa nacional e internacional aplicable, con el fin de asegurar que las actividades de construcción se ajustaran a estándares de calidad reconocidos.

Durante este proceso, el estudiante también se ocupó de organizar la información de forma práctica, de manera que los contratistas tuvieran claridad sobre el alcance de cada procedimiento. El documento elaborado buscó no solo estandarizar los métodos de estabilización, sino también facilitar la correcta interpretación de las instrucciones, reduciendo posibles errores durante la ejecución.

La elaboración de estas especificaciones técnicas representó un paso clave en el fortalecimiento de la gestión de las obras civiles. Gracias a este trabajo, la empresa obtuvo un

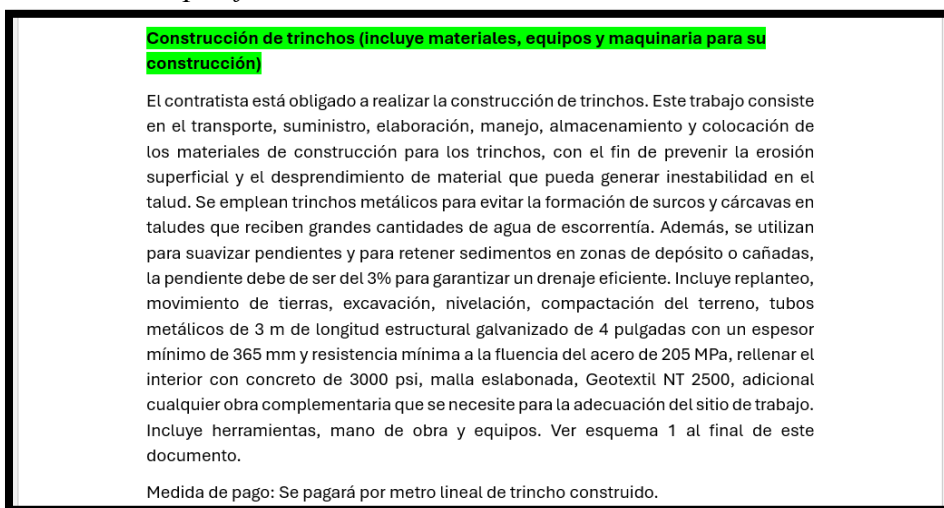
documento actualizado y completo que contribuye a garantizar la estabilidad geotécnica de las torres de transmisión, al tiempo que ofrece a los contratistas una guía confiable para el desarrollo de los trabajos.

4.1.3.1. Especificaciones técnicas de trinchos. El estudiante elaboró la especificación técnica correspondiente a la construcción de trinchos, la cual fue redactada con base en los lineamientos y necesidades de la empresa. En este documento se establecieron los procedimientos, materiales y equipos requeridos para ejecutar correctamente la actividad, con el propósito de prevenir la erosión superficial y la inestabilidad en los taludes.

La especificación describe que los trinchos deben ser metálicos y cumplir con parámetros técnicos precisos, como el uso de tubos galvanizados de 3 metros de longitud, espesor mínimo de 365 mm y resistencia mínima a la fluencia del acero de 205 MPa. Además, se incluye el uso de concreto de 3000 psi, malla eslabonada y geotextil NT 2500, garantizando así la estabilidad estructural y la durabilidad del sistema.

El documento también detalla las actividades previas y complementarias, como el replanteo, excavación, nivelación, compactación del terreno y adecuación del sitio de trabajo, asegurando un drenaje eficiente con una pendiente del 3%. Finalmente, se definió el método de medición y pago por metro lineal de trincho construido.

Figura 2. Creación de especificaciones técnicas de construcción de trinchos



4.1.3.2. Especificaciones técnicas de muros de contención. El estudiante elaboró la especificación técnica correspondiente a la construcción de muros de contención, la cual establece los procedimientos, materiales, equipos y controles necesarios para garantizar la estabilidad estructural de las obras civiles. Esta especificación detalla el proceso constructivo, desde la excavación y cimentación hasta el vaciado y curado del concreto, considerando las condiciones del terreno y las exigencias técnicas de la empresa.

Dentro del documento, se describen actividades como la delimitación del área de trabajo, la excavación con control de profundidad y estabilidad, la compactación con capas de concreto pobre, y la instalación de geotextiles tipo PETEX 70/70 para mejorar el drenaje y controlar la erosión. Además, se establecen los requisitos para el acero estructural, incluyendo su suministro, doblado y colocación conforme a las normas ASTM A-615, garantizando la calidad mediante ensayos de laboratorio.

También se especificó la preparación del concreto con una resistencia mínima de 4000 psi, verificando su consistencia mediante ensayos en estado fresco y pruebas de compresión a los 7, 14

y 28 días. El documento contempla la utilización de encofrados, vibrado del concreto y disposición final del material sobrante en sitios certificados.

Finalmente, se definió el método de medición y pago por metro cúbico (m³) de muro de contención construido, contribuyendo a establecer un lineamiento técnico preciso que sirva de guía para los contratistas y supervise la calidad de ejecución en campo.

Figura 3. Creación de especificaciones técnicas de muro de contención

Construcción de muro de contención (incluye materiales, equipos y maquinaria para su construcción) El contratista está obligado a realizar la construcción de un muro de contención, incluyendo el suministro y transporte de todos los materiales: hierro, alambre, concreto, aditivos y complementarios. Adicionalmente a ejecutar todas las actividades con personal idóneo que realice el armado de las formaleas, figurado de hierro, vaciado del concreto, el vibrado, muestreo, ensayos, y actividades complementarias con apoyo topográfico. Delimitar bien el área de trabajo para la excavación de la cimentación del muro. Excavar toda la zona trazada y controlar la profundidad de la excavación, la profundidad de excavación debe permitir una cimentación firme, con 60 cm de empotramiento en terreno estable. Verificar que no exista ningún material orgánico en toda la zanja, como raíces, resto de animales, u otros, esto para evitar cualquier tipo de colapso con el peso del tiempo. Compactar el fondo con una capa de concreto pobre, o la mezcla de cemento y arena, para generar una superficie plana. Se debe verificar si se instala un geotextil tejido tipo PETEX 70/70 o equivalente para ayudar a estabilizar el suelo, mejorar el drenaje y controlar la erosión, si es el caso debe cumplir con las especificaciones de resistencia de acuerdo con la ICONTEC NTC 5400. Se debe colocar el acero de la cimentación y a la vez el acero del propio muro. Se verifica que el acero de la parrilla de la cimentación quede aislado o separado del suelo colocando dados de concreto pobre, así se garantiza que la parrilla quede a la altura, el acero vertical debe quedar perfectamente horizontal. Reforzar con acero de acuerdo con el diseño planteado, a una cuantía de 150 kg/m³, es responsabilidad del CONTRATISTA asegurar que el acero cumpla con las pruebas de calidad del acero según ASTM A-615. Es responsabilidad del CONTRATISTA realizar el suministro, cargue, transporte, descargue, almacenamiento, corte, figuración y colocación del acero de refuerzo en obras de concreto reforzado. Además, es su responsabilidad colocarlo con exactitud de acuerdo con los planos y mantenerlo en posición por medio de espaciadores y silleas metálicas o de concreto, igualmente, respetar lo establecido en los planos de diseño, en cuanto al tamaño, forma, calidad y cantidad. Se debe cuidar la verticalidad del acero del muro y que no se mueva de la parrilla o del conjunto de varillas de hierro en la cimentación. Luego, se vacía el concreto. El concreto debe cumplir con una resistencia mínima a la compresión de 4000 psi (28 MPa), es responsabilidad del CONTRATISTA realizar los ensayos de compresión del concreto a los 7, 14, 28 días en laboratorio acreditado por la ONAC, con un agregado de tamaño máximo de 19 mm. Apenas se haya vaciado el concreto de la cimentación, verificar la verticalidad del muro previamente a la colocación de los tubos de drenaje.	incorporar drenaje con tubería de PVC semipesado perforada de 6 pulgadas, cumpliendo con la norma ASTM D2729 y NTC 382. La tubería se coloca en la base del muro, rodeada de una cama de grava (espesor de 20 cm), se envuelve la tubería con geotextil no tejido NT 2500 para evitar la migración de finos y obstrucciones. Se debe colocar el encofrado, revisando que la cara de la madera quede separada del acero, es importante realizar el ensayo de asentamiento en el concreto fresco antes de su vertido para verificar que la consistencia y la trabajabilidad sean adecuadas según el diseño, este ensayo se ejecuta sobre una muestra del concreto en obra y permite confirmar la relación agua-cemento, asegurando que la mezcla no sea ni demasiado seca ni excesivamente fluida. Verter el concreto con resistencia mínima a la compresión de 4000 psi (28 MPa) con un vibrador para concreto o varillas de hierro motorizadas para que se distribuya bien, también puede utilizar manualmente varillas gruesas para uniformizar el concreto. Desencofre o retire el molde de madera del muro de contención al día siguiente del vaciado, es responsabilidad del CONTRATISTA realizar los ensayos de compresión del concreto a los 7, 14, 28 días en laboratorio acreditado por la ONAC. Adicionalmente, el contratista deberá proveer y transportar toda la maquinaria, equipo, materiales y mano de obra que requiera, así como la adecuada botada del material sobrante en un lugar certificado. Medida de pago: Se pagará por metro cúbico (m³) de muro de contención construido.
--	---

4.1.3.3. Especificaciones técnicas de muro de gaviones. El estudiante elaboró la especificación técnica correspondiente a la construcción de muros de gaviones con malla electrosoldada calibre 10, en la cual se establecen los lineamientos técnicos, materiales, equipos y procedimientos requeridos para su correcta ejecución. Esta actividad tuvo como propósito garantizar la estabilidad de los taludes y estructuras de soporte en los proyectos de líneas de transmisión, asegurando un control adecuado del proceso constructivo y del cumplimiento de las normas aplicables.

El documento detalla las etapas constructivas, desde la excavación, nivelación y compactación del terreno, hasta la instalación, relleno y cierre de las canastas metálicas. Se especifica que las canastas deben ser formadas por malla electrosoldada de acero dulce recocido, conforme a las normas ASTM A641M-98 y NB 709-00, con una tensión mínima de ruptura de 40 kg/mm² y recubrimiento pesado de zinc. Cada canasta debe ser armada y tensada adecuadamente para mantener su forma durante el llenado, utilizando material pétreo con granulometría controlada, según la NTC 77 y NTC 98, con resistencia al desgaste menor al 50% conforme a la INV E-219.

Durante el proceso de relleno, se exige el uso de piedra seleccionada de tamaño entre 0.10 y 0.20 metros de diámetro, procurando una colocación uniforme y sin vacíos que afecten la estabilidad. Además, se indican los procedimientos para la unión de paneles, instalación de diafragmas y cierre de las tapas superiores mediante amarres continuos con alambre galvanizado.

Finalmente, la especificación contempla que el contratista deberá suministrar toda la maquinaria, equipo y mano de obra necesaria, además de realizar la disposición final del material sobrante en lugares certificados. El método de pago se estableció por metro cúbico (m³) de muro en gaviones construido, asegurando un control técnico y económico del proceso.

Figura 4. Creación de especificaciones técnicas de muro de gaviones

Construcción de muro de gaviones con malla electrosoldada calibre 10 (malla) materiales, equipos y maquinaria para su construcción	
El contratista está obligado a ejecutar la construcción de muro de gaviones con malla electrosoldada calibre 10. Este trabajo consiste en el transporte, suministro, elaboración, manejo, almacenamiento y colocación de los materiales de construcción para muro de gaviones. Incluye replanteo, movimiento de tierras, excavación, nivelación, compactación del terreno. Realizar primero la debida excavación, preparación, relleno compactado y nivelación del terreno. Las canastas deben ser amarradas y llenadas en el sitio exacto de la obra, los paneles que conforman las canastas metálicas deben amarrarse a través de las cuatro aristas en contacto y los diafragmas con las paredes laterales. Antes del relleno, cada canasta deberá amarrarse a las adyacentes, a lo largo de todas las aristas en contacto, tanto horizontales como verticales. Para obtener un mejor alineamiento y terminado, se deberá tensar la malla de las canastas metálicas, antes del relleno, utilizando una palanca o una barra metálica; como alternativa para garantizar la regularidad del gavión y facilitar su llenado, se podrá utilizar una formalete de madera en las caras que no estén en contacto con otros gaviones. Las canastas metálicas deben estar formadas de alambre malla electrosoldada calibre 10, todo el alambre utilizado en la fabricación de la estructura y en las operaciones de amarrar y atrantamiento durante su construcción, debe ser de acero dulce recocido de acuerdo con las especificaciones ASTM A641M-98 y NB 709-00, el alambre deberá tener una tensión de ruptura media de 38 kg/mm². Debe contar con un recubrimiento pesado de zinc conforme a la norma ASTM A641M-98, asegurando que la cantidad mínima de zinc en la superficie del alambre cumpla con los valores especificados. El recubrimiento de zinc debe adherirse firmemente al alambre de manera que, después de ser enrollado 15 veces alrededor de un mandril con un diámetro tres veces mayor al del alambre, no se desprenda, rompa o retire al pasar el dedo, según lo establecido en la ASTM A641M-98. Los ensayos deben realizarse antes de la fabricación de la malla. La elongación mínima debe ser del 12%, también conforme a la ASTM A641M-98. Las pruebas deben hacerse antes de la fabricación de la malla en una muestra de alambre de 30 cm de largo. El relleno deberá ser efectuado de modo tal que se obtenga el mínimo porcentaje de vacíos. Para el efecto, el material de relleno se colocará dentro de la canasta manualmente, de manera que las partículas de menor tamaño queden hacia el centro de ella y las más grandes junto a la malla, de tal forma que se obtenga una buena trabazón y con superficies de contacto entre gaviones, parejas y libres de bordes entrantes o salientes. Las canastas se deberán llenar en exceso, es decir, no se deberá	dejar espacios en la parte superior de la canasta. Durante el relleno, se deben colocar tirantes internos transversales para volver solidarias los paneles opuestos de las canastas y evitar su deformación debido a la presión ejercida por el relleno. El alambre de los tirantes debe tener un recubrimiento en zinc de doscientos sesenta gramos por metro cuadrado (260 gr/m²) y un diámetro de dos milímetros con dos décimas (2.2 mm). El contratista debe verificar el material de relleno con ensayo de análisis granulométrico NTC 77 y ensayo de desgaste en máquina de Los Ángeles NTC 98, piedra para llenos con tamaño de 0,10 a 0,20 m de diámetro. El desgaste del material al ser sometido a ensayo en la máquina de Los Ángeles, según la norma INV E-219, deberá ser inferior a cincuenta por ciento (50%). Terminadas las operaciones de relleno, se deberá instalar la tapa de la canasta sobre la base y coserla a los bordes superiores de la base y de los diafragmas. Todas las costuras o amarras deberán ser realizadas de forma continua, atravesando todas las mallas con el alambre, alternativamente, con una vuelta simple y una doble. Adicionalmente, el contratista deberá proveer y transportar toda la maquinaria, equipo y mano de obra que requiera, así como la adecuada botada del material sobrante en un lugar certificado. Medida de pago: Se pagará por metro cúbico (m³) de muro en gaviones construido.

4.1.3.4. Especificaciones técnicas de geotextil tejido. El estudiante elaboró la especificación técnica correspondiente a la instalación de geotextil tejido, donde se definen las características, materiales, ensayos y procedimientos necesarios para su correcta colocación en obras de estabilización de suelos y drenaje. Esta actividad se centra en garantizar la resistencia, durabilidad y desempeño del geotextil, asegurando su conformidad con las normas ASTM y las exigencias del proyecto.

El documento establece que el contratista debe suministrar y colocar un geotextil tejido 2400 elaborado con fibras de polipropileno de alta tenacidad, diseñado para proporcionar resistencia a la tracción y estabilidad dimensional. Se incluyen parámetros mínimos de desempeño como elongación (<50%), resistencia a la tensión (1400 N), a la costura (1260 N), a la penetración (2750 N) y al rasgado trapezoidal (500 N), basados en las normas ASTM D4632, D6241 y D4533.

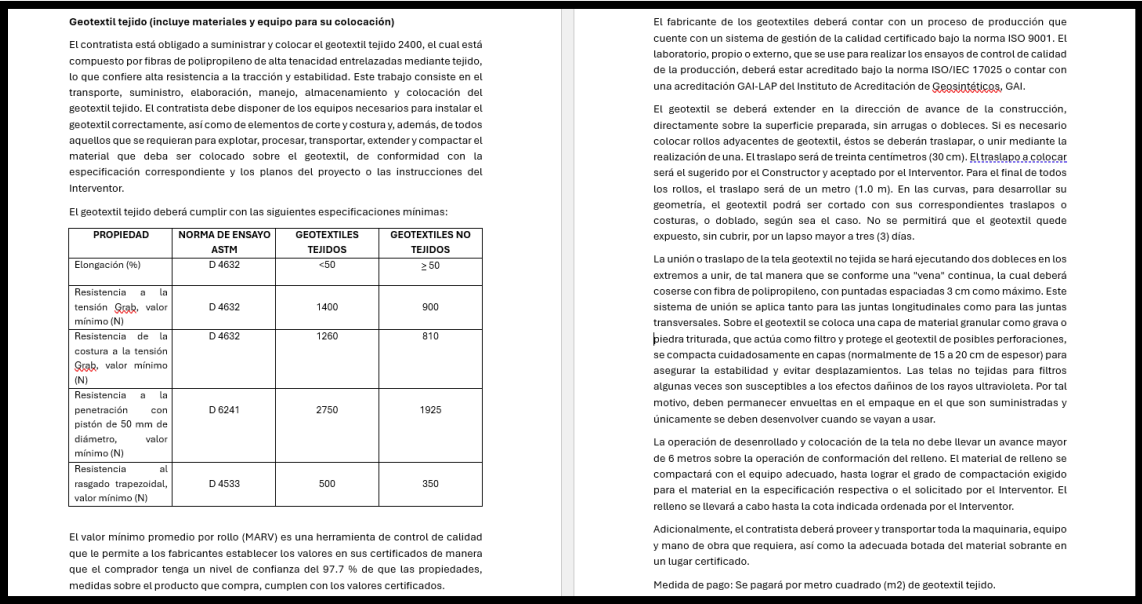
Asimismo, se exige que el fabricante cuente con un sistema de gestión de calidad certificado bajo la norma ISO 9001 y que los ensayos de control de producción estén acreditados

bajo la ISO/IEC 17025 o por el GAI-LAP del Instituto de Acreditación de Geosintéticos. El procedimiento de instalación requiere extender el geotextil sobre la superficie preparada, sin arrugas ni dobleces, con traslapes de 30 cm (y de 1 m en los extremos o curvas), asegurando su correcta unión mediante costura con fibra de polipropileno.

Sobre el geotextil debe colocarse una capa de material granular (grava o piedra triturada) compactada en capas de 15 a 20 cm, para protegerlo de la exposición solar y garantizar su estabilidad. Las telas no tejidas deben mantenerse en su empaque hasta el momento de uso. Además, el contratista es responsable del suministro de materiales, equipos y mano de obra, así como de la disposición final del material sobrante en lugares certificados.

El método de pago se definió por metro cuadrado (m²) de geotextil tejido colocado, lo que permite un control técnico preciso sobre el avance de la obra y la calidad del producto instalado.

Figura 5. Creación de especificaciones técnicas de geotextil tejido



4.1.3.5. Especificaciones técnicas de geotextil no tejido. El estudiante elaboró la especificación técnica correspondiente al uso e instalación de geotextil no tejido, definiendo los criterios de calidad, resistencia y aplicación en campo para garantizar el adecuado desempeño en obras de estabilización y drenaje. Este documento establece los requerimientos técnicos que debe cumplir el contratista en cuanto al suministro, transporte, manejo, almacenamiento y colocación del material, asegurando el cumplimiento de las normas nacionales e internacionales aplicables.

El geotextil especificado corresponde al NIT 2500, fabricado con fibras de polipropileno de alta resistencia, diseñado para funciones de filtración, separación y refuerzo. Se exige que el material sea liviano, resistente a la abrasión, estable frente a la descomposición química y con buena adaptabilidad a terrenos irregulares. Dentro de las propiedades mínimas se destacan: una masa por unidad de área de 200 g/m², espesor de 1.8 mm, resistencia a la tracción de 712 N, elongación del 50%, resistencia al rasgado trapezoidal de 267 N, y resistencia al punzonamiento CBR de 1.82 kN, según los métodos de ensayo ASTM D4632, D4533, D6241, D4751 y D5261.

Adicionalmente, el documento exige que el fabricante cuente con un sistema de gestión de calidad certificado bajo la norma ISO 9001, y que los ensayos sean realizados en laboratorios acreditados bajo la ISO/IEC 17025 o por el GAI-LAP del Instituto de Acreditación de Geosintéticos. En cuanto al procedimiento de instalación, el geotextil debe extenderse sobre la superficie preparada, sin arrugas, con traslapes de 30 cm (y de 1 m en extremos o curvas), cosidos con fibra de polipropileno a una distancia máxima de 3 cm entre puntadas.

Finalmente, sobre el geotextil se dispone una capa de material granular (grava o piedra triturada) de 15 a 20 cm de espesor, que actúa como filtro y protección frente a los rayos UV. El contratista es responsable del correcto suministro, instalación y disposición final del material sobrante en un sitio certificado.

El método de pago establecido es por metro cuadrado (m²) de geotextil no tejido colocado, garantizando así un control técnico y económico del material utilizado en obra.

Figura 6. Creación de especificaciones técnicas de geotextil no tejido

Geotextil no tejido (incluye materiales y equipo para su colocación) El contratista está obligado a suministrar y colocar el geotextil NT 2500 con fibras de polipropileno de alta resistencia, diseñado para aplicaciones de filtración, separación y refuerzo en obras. Este trabajo consiste en el transporte, suministro, elaboración, manejo, almacenamiento y colocación del geotextil no tejido. El contratista debe disponer de los equipos necesarios para instalar el geotextil correctamente, así como de elementos de corte y costura y, además, de todos aquellos que se requieran para explotar, procesar, transportar, extender y compactar el material que deba ser colocado sobre el geotextil, de conformidad con la especificación correspondiente y los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor. La tela debe ser liviana, fuerte, con alta resistencia a la abrasión, al pudrimiento y a la descomposición química. Debe ser resistente al desgarramiento, tener alto grado de alargamiento y recuperación y bajo carga debe conformarse fácilmente a terrenos desiguales sin romperse. Las telas geotextiles no tejidas deberán cumplir con las siguientes especificaciones mínimas:																																																							
			<table> <tr> <td>Permitividad</td><td>ASTM D4491</td><td>seg-1</td><td>1,5</td></tr> <tr> <td>Permeabilidad</td><td>ASTM D4491</td><td>cm/seg</td><td>0,3</td></tr> <tr> <td>Tasa de flujo</td><td>ASTM D4491</td><td>l/min/m2</td><td>4470</td></tr> </table>	Permitividad	ASTM D4491	seg-1	1,5	Permeabilidad	ASTM D4491	cm/seg	0,3	Tasa de flujo	ASTM D4491	l/min/m2	4470																																								
Permitividad	ASTM D4491	seg-1	1,5																																																				
Permeabilidad	ASTM D4491	cm/seg	0,3																																																				
Tasa de flujo	ASTM D4491	l/min/m2	4470																																																				
<table> <tr> <th>PROPIEDAD</th><th>MÉTODO DE PRUEBA</th><th>UNIDAD VALORES</th><th>MARV *</th></tr> <tr> <td>Físicas</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Masa por unidad de área (TÍPICO)</td><td>ASTM D5261</td><td>g/m2</td><td>200</td></tr> <tr> <td>Espesor (TÍPICO)</td><td>ASTM D5199</td><td>mm</td><td>1,8</td></tr> <tr> <td>Resistencia a los rayos Ultravioleta UV</td><td>ASTM D4355</td><td>%Ret/200h</td><td>70/500</td></tr> <tr> <td>Mecánicas</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Resistencia a la Tracción "Gigb"</td><td>ASTM D4632</td><td>N</td><td>712</td></tr> <tr> <td>Elongación en la ruptura "Gigb"</td><td>ASTM D4632</td><td>%</td><td>50</td></tr> <tr> <td>Resistencia al rasgado trapezoidal</td><td>ASTM D4533</td><td>N</td><td>267</td></tr> <tr> <td>Resistencia al punzonamiento</td><td>ASTM D4933</td><td>N</td><td>400</td></tr> <tr> <td>Resistencia al punzonamiento CBR</td><td>ASTM D6241</td><td>kN</td><td>1,82</td></tr> <tr> <td>Hidráulicas</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Tamaño de Abertura Apparente (AOS)</td><td>ASTM D4751</td><td>mm (Tamiz US #)</td><td>0,212 (70)</td></tr> </table>	PROPIEDAD	MÉTODO DE PRUEBA	UNIDAD VALORES	MARV *	Físicas				Masa por unidad de área (TÍPICO)	ASTM D5261	g/m2	200	Espesor (TÍPICO)	ASTM D5199	mm	1,8	Resistencia a los rayos Ultravioleta UV	ASTM D4355	%Ret/200h	70/500	Mecánicas				Resistencia a la Tracción "Gigb"	ASTM D4632	N	712	Elongación en la ruptura "Gigb"	ASTM D4632	%	50	Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D4533	N	267	Resistencia al punzonamiento	ASTM D4933	N	400	Resistencia al punzonamiento CBR	ASTM D6241	kN	1,82	Hidráulicas				Tamaño de Abertura Apparente (AOS)	ASTM D4751	mm (Tamiz US #)	0,212 (70)			El valor mínimo promedio por rollo (MARV) es una herramienta de control de calidad que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del 97.7 % de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen con los valores certificados. El fabricante de los geotextiles deberá contar con un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de calidad de la producción, deberá estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación GAI-LAP del Instituto de Acreditación de G66901610C68, GAI. El geotextil se deberá extender en la dirección de avance de la construcción, directamente sobre la superficie preparada, sin arrugas o dobleces. Si es necesario colocar rollos adyacentes de geotextil, éstos se deberán traslapar, o unir mediante la realización de una. El traslape será de treinta centímetros (30 cm). El traslape a colocat, será el sugerido por el Constructor y aceptado por el Interventor. Para el final de todos los rollos, el traslape será de un metro (1.0 m). En las curvas, para desarrollar su geometría, el geotextil podrá ser cortado con sus correspondientes traslapes o costuras, o doblado, según sea el caso. No se permitirá que el geotextil quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor a tres (3) días. La unión o traslape de la tela geotextil no tejida se hará ejecutando dos dobleces en los extremos a unir, de tal manera que se conforme una "vena" continua, la cual deberá coserse con fibra de polipropileno, con puntadas espaciadas 3 cm como máximo. Este sistema de unión se aplica tanto para las juntas longitudinales como para las juntas transversales. Sobre el geotextil se coloca una capa de material granular como grava o piedra triturada, que actúa como filtro y protege el geotextil de posibles perforaciones, se compacta cuidadosamente en capas (normalmente de 15 a 20 cm de espesor) para asegurar la estabilidad y evitar desplazamientos. Las telas no tejidas para filtros algunas veces son susceptibles a los efectos dañinos de los rayos ultravioleta. Por tal motivo, deben permanecer envueltas en el empaque en el que son suministradas y únicamente se deben desenvolver cuando se vayan a usar.
PROPIEDAD	MÉTODO DE PRUEBA	UNIDAD VALORES	MARV *																																																				
Físicas																																																							
Masa por unidad de área (TÍPICO)	ASTM D5261	g/m2	200																																																				
Espesor (TÍPICO)	ASTM D5199	mm	1,8																																																				
Resistencia a los rayos Ultravioleta UV	ASTM D4355	%Ret/200h	70/500																																																				
Mecánicas																																																							
Resistencia a la Tracción "Gigb"	ASTM D4632	N	712																																																				
Elongación en la ruptura "Gigb"	ASTM D4632	%	50																																																				
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D4533	N	267																																																				
Resistencia al punzonamiento	ASTM D4933	N	400																																																				
Resistencia al punzonamiento CBR	ASTM D6241	kN	1,82																																																				
Hidráulicas																																																							
Tamaño de Abertura Apparente (AOS)	ASTM D4751	mm (Tamiz US #)	0,212 (70)																																																				

4.1.3.6. Especificaciones técnicas de anclaje activo. El estudiante desarrolló la especificación técnica correspondiente a la construcción de anclajes activos de 30 toneladas, conformados por tres torones de acero de 5/8" y 10 metros de longitud, utilizados como elementos de refuerzo para estabilizar macizos rocosos o suelos con riesgo de deslizamiento. Este documento establece el procedimiento técnico y los requerimientos de materiales, equipos y ensayos que deben cumplirse para garantizar la resistencia, durabilidad y adherencia del sistema de anclaje.

El trabajo comprende la perforación del terreno con equipos calibrados, la colocación de los torones y su inyección con lechada o mortero de cemento, conformando un bulbo de empotramiento que transmite la carga al terreno. Durante la ejecución se asegura la correcta alineación y tensión de los torones para evitar deformaciones o curvaturas. La mezcla de lechada debe cumplir con la norma ASTM C942, garantizando una resistencia mínima de 3500 psi a los

28 días, mientras que los materiales utilizados (agua, cemento y arena) deben cumplir las especificaciones del INVÍAS, particularmente los artículos 501, 623 y 630 de su normativa técnica.

Previo a la inyección, se delimita el área de trabajo y se verifica la seguridad del personal, evitando contaminación de los materiales. El procedimiento de inyección debe iniciarse desde el fondo del taladro hacia la superficie, asegurando la eliminación del aire y el completo llenado del conducto. Posteriormente, los torones se tensionan de forma progresiva y simultánea hasta alcanzar la carga de diseño establecida, realizando una prueba de carga controlada para confirmar la eficiencia del anclaje.

Una vez completado el proceso, se instalan los bloqueos o grilletes de anclaje, y se aplica el mortero o resina correspondiente para asegurar su fijación definitiva. Finalmente, el contratista debe proveer y transportar todos los materiales, equipos y mano de obra, además de garantizar la correcta disposición del material sobrante en un lugar certificado.

El método de pago definido en la especificación es por unidad de anclaje activo instalado, permitiendo un control directo sobre la cantidad y calidad de los elementos ejecutados en obra.

Figura 7. Creación de especificaciones técnicas de anclaje activo

Construcción de anclaje activo de 30 toneladas de 3 torones de 5/8" (incluye materiales y equipos) El contratista está obligado a ejecutar el sistema de anclaje activo de 30 toneladas de 3 torones de 5/8" de 10 metros de profundidad. Un anclaje se define como un dispositivo capaz de transmitir una carga de tracción en una zona del terreno que pueda soportar dicho esfuerzo. Los anclajes consistirán en barras o cables de acero introducidos en el macizo rocoso mediante una perforación y adheridos a éste mediante una inyección de lechada o mortero de cemento, para que, una vez tensionados, formen un bulbo de empotramiento dentro de la masa del terreno. Este trabajo consiste en la perforación de barrenos y la eventual colocación de conductos de protección para la perforación; en la introducción de barras o cables de acero con dimensiones adecuadas para resistir las exigencias de su tensionamiento; en la inyección de la lechada o mortero de cemento y en el tensionamiento del elemento de anclaje, de acuerdo con el diseño. Se mantienen la totalidad de las exigencias establecidas en el artículo 623-13 de las especificaciones INVÍAS para anclajes según diseño (Se adjunta especificación de INVÍAS al final de este documento). El agua y el cemento que se utilicen en la preparación del mortero deberán cumplir todos los requisitos estipulados para estos materiales, el cemento deberá cumplir con lo especificado en el artículo 501 "asuministros de cemento hidráulico" de Invías (Se adjunta especificación de INVÍAS al final de este documento), el agua utilizada en la mezcla del concreto deberá estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de cloruros, aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos y demás sustancias que puedan ser dañinas para el concreto o el anclaje, debiendo cumplir lo estipulado en el numeral 630.2.3 de Artículo 630 de Invías (Se adjunta especificación de INVÍAS al final de este documento). Si el agua a utilizar es potable, no se requerirá la elaboración de ensayos de calidad. La arena para la preparación del mortero deberá cumplir los requisitos generales estipulados para el agregado fino que se emplee en concretos estructurales, de conformidad con lo indicado en el Artículo 630 de Invías (Se adjunta especificación de INVÍAS al final de este documento). Para una mejor manejabilidad del mortero. No se podrán utilizar aditivos que contengan cloruro de calcio o iones de cloruro. El acelerante para mortero se deberá utilizar en proporciones tales que garanticen la resistencia del mortero a largo plazo y protejan el sistema de anclaje de la corrosión. La resina sintética deberá ser de marca aprobada por el interventor y se deberá almacenar y manejar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.	con las condiciones de seguridad necesarias para evitar inconvenientes y atrasos en la ejecución de los anclajes. Todas las partes constitutivas del anclaje, sin excepción, deberán ser almacenadas y manipuladas en ambientes limpios y secos, cuidando de no causar deterioros, golpes, torceduras o curvaturas excesivas a los elementos, lo cual será causa de rechazo del anclaje. Antes de su instalación se debe delimitar el área de trabajo, asegurando la protección del personal y la seguridad en la zona de perforación y tensión. Todo el equipo de perforación, inyección y tensionado se deben encontrar calibrados y en óptimas condiciones. La perforación del orificio debe ser ligeramente mayor que el diámetro del torón, para permitir la inyección uniforme del material, se perfora hasta la longitud de anclaje definida en el diseño. La inyección de la lechada o del mortero de cemento se realizará con equipos y procedimientos aprobados por el interventor. La lechada de cemento debe tener resistencia mínima de 3500 psi, el contratista debe verificar que la lechada de cemento cumpla con la ASTM C942 que especifica la resistencia a la compresión de lechadas cementosas evaluada a 28 días. El proceso de inyección se deberá empezar en la zona más baja y continuar hacia arriba sin interrupciones, una vez iniciada la operación. El método empleado deberá asegurar la eliminación del aire y del agua para conseguir rellenar íntegramente la perforación. Realizar ensayos en obra para verificar la viscosidad y la capacidad de adherencia del material. Inmediatamente después de completar la inyección, se coloca los 3 torones de 5/8" en el orificio, se debe asegurar que los torones queden bien agrupados y alineados de acuerdo con el diseño. Tensionar los torones de forma progresiva y simultánea, se debe aplicar la tensión hasta alcanzar la carga de diseño. Durante los ensayos y las fases de tensado de los anclajes se deberá asegurar que no se produzca ningún deterioro en ellos. Una vez alcanzada la tensión, se procede a instalar el bloqueo (pernos o grilletes) que aseguren la permanencia de la tensión. El mortero o resina inyectado debe curar de acuerdo con las indicaciones del fabricante. Una vez curado del material, se debe realizar una prueba de carga controlada para verificar el anclaje activo cumple con la capacidad de diseño. El contratista deberá proveer y transportar toda la maquinaria, equipo, materiales y mano de obra que requiera, así como la adecuada botada del material sobrante en un lugar certificado. Medida de pago: Se pagará por cada anclaje activo instalado.
--	--

4.1.3.7. Especificaciones técnicas de anclaje pasivo. El estudiante elaboró la especificación técnica correspondiente a la instalación de anclajes pasivos con varilla de 1” y una profundidad de 6 metros, los cuales se emplean para reforzar taludes y estructuras de contención mediante la transferencia de cargas al terreno resistente. Esta actividad incluyó la descripción de los materiales, procedimientos constructivos y controles de calidad necesarios para garantizar la efectividad del sistema.

El documento establece que el contratista debe realizar la planificación, perforación, inyección de adhesivo y colocación de la varilla, siguiendo los estándares del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), principalmente lo dispuesto en los artículos 501, 623 y 630 de su especificación técnica. Se especifica que el agua y el cemento utilizados en el mortero deben ser de alta calidad y libres de impurezas que afecten la adherencia o durabilidad del anclaje, mientras que la arena debe cumplir con las condiciones establecidas para agregados finos en concretos estructurales.

Asimismo, se indica que el mortero no debe contener cloruros ni aditivos corrosivos, y que se podrán usar aditivos acelerantes únicamente si garantizan la resistencia a largo plazo. La resina sintética utilizada como adhesivo debe ser aprobada por el interventor y almacenada según las recomendaciones del fabricante.

El contratista está en la obligación de suministrar los materiales, herramientas, equipos y personal especializado, cuidando la manipulación y almacenamiento de los elementos para evitar daños o contaminación. Se exige también la verificación de la limpieza del taladro con aire a presión antes de la inyección, así como el control de la fluidez y resistencia del mortero, el cual debe alcanzar una resistencia mínima de 3500 psi a los 28 días, de acuerdo con la norma ASTM C942.

El procedimiento constructivo contempla la inyección del adhesivo o mortero desde el fondo del taladro hacia la superficie, seguido de la colocación lenta y controlada de la varilla para asegurar su correcta posición. Una vez curado el material, se realiza una prueba de carga para verificar la capacidad de diseño y el comportamiento del anclaje bajo tensión progresiva.

Finalmente, el contratista debe garantizar la limpieza y disposición adecuada del material sobrante en un sitio autorizado. El método de pago se establece por unidad de anclaje pasivo instalado, lo que permite cuantificar la ejecución y verificar la calidad de los trabajos realizados.

Figura 8. Creación de especificaciones técnicas de anclaje pasivo

Construcción de anclaje pasivo con varilla de 1" profundidad de 6 metros Incluye materiales y equipos El contratista está obligado a realizar la instalación del anclaje pasivo con varilla de 1" y una profundidad de 6 metros. Este trabajo incluye la planificación, preparación en obra, perforación, inyección de adhesivo y colocación de la varilla. El agua y el cemento que se utilicen en la preparación del mortero deberán cumplir todos los requisitos estipulados para estos materiales, el cemento deberá cumplir con lo especificado en el artículo 501 "suministros de cemento hidráulico" de Invias (Se adjunta especificación de INVIAS al final de este documento), el agua utilizada en la mezcla del concreto deberá estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de cloruros, aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos y demás sustancias que puedan ser dañinas para el concreto o el anclaje, debiendo cumplir lo estipulado en el numeral 630.2.3 de Artículo 630 de Invias (Se adjunta especificación de INVIAS al final de este documento). Si el agua a utilizar es potable, no se requerirá la elaboración de ensayos de calidad. La arena para la preparación del mortero deberá cumplir los requisitos generales estipulados para el agregado fino que se emplee en concretos estructurales, de conformidad con lo indicado en el Artículo 530 de Invias (Se adjunta especificación de INVIAS al final de este documento). Para una mejor manejabilidad del mortero. No se podrán utilizar aditivos que contengan cloruro de calcio o iones de cloruro. El acelerante para mortero se deberá utilizar en proporciones tales que garanticen la resistencia del mortero a largo plazo y protejan el sistema de anclaje de la corrosión. La resina sintética deberá ser de marca aprobada por el Interventor y se deberá almacenar y manejar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. El contratista deberá suministrar todos los elementos necesarios, con las dimensiones y características adecuadas, para la correcta ejecución de las perforaciones e instalación de los anclajes. El transporte y el manejo del equipo se deberán efectuar con las condiciones de seguridad necesarias para evitar inconvenientes y atrasos en la ejecución de los anclajes. Todas las partes constitutivas del anclaje, sin excepción, deberán ser almacenadas y manipuladas en ambientes limpios y secos, cuidando de no causar deterioros, golpes, torceduras o curvaturas excesivas a los elementos, lo cual será causa de rechazo del anclaje. Antes de su instalación se debe delimitar el área de trabajo, verificar el correcto funcionamiento de equipos, marcar en el terreno el punto exacto de instalación de los anclajes según el diseño. Las perforaciones para la instalación de los anclajes se deben realizar con un diámetro de orificio ligeramente mayor al de la varilla para permitir la inyección del material y profundidad de 6 metros. Antes de instalar un	anclaje, se deberá limpiar con aire a presión, utilizando un compresor que genere un volumen de aire no menor a siete (7) metros cúbicos por minuto. La inyección de la lechada o del mortero de cemento se realizará con equipos y procedimientos aprobados por el Interventor. Se recomienda una lechada de cemento con resistencia mínima de 3500 psi, el contratista debe verificar que la lechada de cemento cumpla con la ASTM C942 que especifica la resistencia a la compresión de lechadas cementosas evaluada a 28 días. El proceso de inyección se deberá empezar en la zona más baja y continuar hacia arriba sin interrupciones, una vez iniciada la operación. Se debe realizar pruebas de viscosidad, tiempo de fraguado conforme lo establece el artículo 623-13 de Invias. Una vez iniciada la inyección se introduce la varilla de acero en el orificio de forma lenta y controlada, se debe asegurar que se mantenga recta y en la posición prevista. Se debe permitir que el material inyectado cure según las indicaciones del fabricante, normalmente 24 a 72 horas, durante ese tiempo de curado se debe proteger las condiciones ambientales para evitar temperaturas extremas o humedad que pueda afectar el fraguado. Una vez curado el adhesivo, se realiza una prueba de carga para verificar que el anclaje cumple con la capacidad de diseño, la carga controlada progresivamente sin tensiones excesivas o desplazamientos. El contratista deberá proveer y transportar toda la maquinaria, equipo, materiales y mano de obra que requiera, así como la adecuada botada del material sobrante en un lugar certificado. Medida de pago: Se pagará por cada anclaje pasivo instalado.
---	--

4.1.3.8. Especificaciones técnicas de cunetas. El estudiante elaboró la revisión técnica de la especificación correspondiente a la construcción de cunetas en concreto, cuyo propósito es garantizar el adecuado control y conducción de aguas superficiales en las obras de infraestructura. En esta actividad se verificó que las cunetas se construyan con dimensiones aproximadas de 0,30 m de altura, 0,50 m de ancho y un espesor de pared de 0,10 m, reforzadas con malla electrosoldada

de 4 mm y con juntas de dilatación cada 1,5 metros, las cuales permiten absorber movimientos térmicos y evitar fisuras.

Durante el análisis, el estudiante constató que el concreto empleado debe alcanzar una resistencia mínima a la compresión de 3000 psi a los 28 días, conforme a las especificaciones del INVÍAS. El procedimiento de ejecución contempla la excavación, alineamiento, conformación de la sección, colocación del material de relleno y compactación del terreno de soporte, así como el correcto vaciado y vibrado del concreto para garantizar su durabilidad.

Asimismo, se revisaron las recomendaciones para la fundición en sitio o prefabricada, asegurando que las juntas sean selladas adecuadamente y que las cunetas queden en contacto permanente con el suelo de fundación. Se destacó la importancia de mantener la superficie de apoyo limpia, nivelada y libre de materiales perjudiciales, además del retiro y disposición ambientalmente adecuada del material sobrante en vertederos autorizados.

Figura 9. Creación de especificaciones técnicas de cunetas

Construcción de cunetas (incluye materiales, equipos y maquinaria para su construcción) El contratista está obligado a realizar la construcción de cunetas en concreto de 0.30 m de altura, 0.50 m de ancho y espesor de paredes de 0.10 m, malla electrosoldada 4 mm de diámetro transversal separación de 150 mm. Juntas de dilatación cada 1,5 metros y talanqueras para disminuir la velocidad del caudal del agua en las cunetas con pendiente mayor al 3%. Ver esquema 2 al final de este documento. Este trabajo consiste en el transporte, suministro, elaboración, manejo, almacenamiento y colocación de los materiales de construcción de cunetas de concreto prefabricado o fundidas en el lugar. En caso necesario, incluye también las operaciones de alineamiento, excavación, conformación de la sección, suministro del material de relleno necesario y compactación del suelo de soporte. El concreto con resistencia mínima de compresión de 3000 psi, realizar los ensayos de compresión al concreto a los 28 días en un laboratorio avalado por la ONAC para cunetas u obras complementarias, incluyendo el suministro de todos los materiales concreto, aditivos y complementarios. Adicionalmente a ejecutar todas las actividades con personal idóneo que realice el armado de las formaleas, vaciado del concreto, el vibrado, muestreo, ensayos, y actividades complementarias. Los procedimientos requeridos para cumplir con esta actividad podrán incluir la excavación, el cargue, el transporte y la disposición en sitios aprobados de los materiales no utilizables, así como la conformación de los utilizables y el suministro, la colocación y la compactación de los materiales de relleno que se requieran para obtener la sección típica prevista. Durante la construcción de las cunetas se adoptarán las medidas oportunas para evitar erosiones y cambio de características de la superficie de apoyo. A estos efectos, el tiempo que la superficie de apoyo pueda permanecer sin revestir se limitará a lo imprescindible para la puesta en obra del concreto y, en ningún caso, será superior a ocho (8) días. Sobre la superficie preparada, el Constructor instalará las formaleas de manera de garantizar que las cunetas queden construidas con las secciones y los espesores señalados en los planos u ordenados por el Interventor. Previo retiro de cualquier materia extraña o suelta y con la superficie de apoyo debidamente preparada, ésta se humedecerá y se procederá a colocar el concreto comenzando por el extremo inferior de la cuneta y avanzando en sentido ascendente de la misma y verificando que su espesor sea, como mínimo, diez centímetros (10 cm). El Constructor deberá nivelar cuidadosamente las superficies expuestas para que la cuneta quede con las formas y dimensiones indicadas en los planos. Las pequeñas deficiencias superficiales deberá corregirlas mediante la aplicación de un mortero de cemento de un tipo aprobado por	el Interventor. Tanto si es fundida en sitio, la cuneta deberá quedar en permanente contacto en toda su área con el suelo de fundación. Durante la construcción de cunetas, se deberán dejar juntas de dilatación a intervalos de 1.5 m y espeso de 15 mm. En las uniones de las cunetas con las cajas de entrada de las alcantarillas se ejecutarán juntas de dilatación, cuyo ancho será quince milímetros (15 mm). Después del curado del concreto, las juntas se deberán limpiar, colocando posteriormente los materiales de relleno, sellado y protección (sellador de poliuretano bicomponente). La dilatación de una cuneta se refiere al movimiento que experimenta el concreto debido a variaciones térmicas y carga que pueda sufrir. Este desplazamiento es fundamental, ya que la incorporación de juntas de dilatación permite absorber estos movimientos sin dañar la integridad estructural de la cuneta. Todo material sobrante o proveniente de excavaciones deberá ser retirado de las proximidades de las cunetas, transportado y depositado en vertederos autorizados, donde no contamine cursos ni láminas de agua. Medida de pago: Se pagará por metro lineal de cuneta construida
--	--

4.2. Cumplimiento del objetivo específico 2

“Realizar los análisis de los precios unitarios de materiales y equipos para optimizar la gestión de costos y ejecución de los proyectos de obras civiles de la estabilización de taludes.”

4.2.1. *Actividad 1: búsqueda de análisis de precios unitarios (apu) de referencia*

En esta actividad, el estudiante se centró en recopilar información relacionada con análisis de precios unitarios (APU) de contratos previamente ejecutados en proyectos de estabilización de taludes. La labor consistió en identificar documentos contractuales donde se incluyeran precios de referencia asociados a métodos como muros de contención, trinchos, gaviones, anclajes, geotextiles y sistemas de drenaje. Sin embargo, el proceso no siempre fue sencillo, ya que no en todos los contratos se encontraba la información detallada sobre los costos unitarios.

Este ejercicio fue relevante porque permitió al estudiante comprender que los precios no son valores fijos, sino que dependen de factores como el lugar de la obra, las condiciones geotécnicas del terreno, la disponibilidad de materiales y la maquinaria requerida. Al revisar contratos previos, se lograba obtener una base realista para contrastar los costos de los métodos seleccionados en las especificaciones técnicas elaboradas previamente.

En este sentido, el trabajo no solo se limitó a recolectar datos, sino a analizar cuáles podían ser aplicados como insumo para construir un presupuesto ajustado a las necesidades de la empresa. Esta primera etapa permitió sentar las bases de la gestión de costos, destacando la importancia de contar con información clara y verificable antes de proyectar precios definitivos en nuevos contratos.

4.2.2. Actividad 2: elaboración de análisis de precios unitario (apu)

Una vez recopilada la información de referencia, el estudiante procedió a realizar los análisis de precios unitarios (APU) correspondientes a los distintos métodos de estabilización de taludes propuestos en las especificaciones técnicas. Para ello, se organizaron los componentes principales de cada método, considerando materiales, mano de obra y equipos requeridos. Este proceso permitió identificar de manera detallada los recursos necesarios para la ejecución de cada actividad en obra.

En el caso de los materiales, se evaluaron elementos como concreto, acero de refuerzo, geotextiles, gaviones, tuberías de drenaje y otros insumos propios de cada solución. Posteriormente, se estimó el recurso humano indispensable, desde operarios y ayudantes hasta personal especializado en soldadura o en instalación de anclajes, de acuerdo con las exigencias técnicas de cada procedimiento. A su vez, se incluyó la maquinaria necesaria, como retroexcavadoras, vibradores de concreto, grúas o equipos de perforación, dependiendo del método analizado.

El cálculo de los APU permitió al estudiante comprender cómo se estructuran los costos en las obras civiles y la importancia de desglosar cada ítem con precisión. Asimismo, se buscó que los valores propuestos estuvieran en concordancia con la realidad del mercado en la región de Santander, donde se desarrollan los proyectos de la ESSA. De esta manera, se aseguraba que los presupuestos fueran técnicamente confiables y financieramente viables.

La elaboración de los APU fue un ejercicio clave para integrar lo técnico con lo económico, garantizando que los métodos de estabilización de taludes no solo cumplieran con los estándares de seguridad y estabilidad, sino que también fueran sostenibles desde el punto de vista de costos.

4.2.2.1. Análisis de precios unitarios de trinchos. El estudiante elaboró el análisis de precios unitarios correspondiente a la construcción de trinchos, en el cual se detallan los recursos necesarios para su ejecución, distribuidos en materiales, equipos, mano de obra y herramientas menores.

En la sección de materiales, se incluyen insumos como acero metálico tipo pesado, cemento, agregados, arena fina, soldadura, malla eslabonada, geotextil y material seleccionado para relleno, elementos fundamentales para garantizar la resistencia y estabilidad estructural del trincho.

Respecto al equipo, se consideran herramientas y maquinaria especializada como equipo de perforación, cama baja, equipo de soldadura y elementos de seguridad, necesarios para la correcta instalación y manipulación de los componentes metálicos.

En el apartado de mano de obra, se contemplan los cargos de obrero, oficial, ormentador y ayudante, quienes ejecutan las actividades de montaje, soldadura y adecuación del terreno.

Finalmente, se incluye el uso de herramienta menor, representando los implementos básicos que apoyan las labores operativas en campo. Este análisis refleja una organización técnica detallada de los recursos empleados en la construcción de trinchos.

Figura 10. Creación de APU de trinchos

Trinchos					
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad de medida	Valor Unitario	Valor Parcial
1 Materiales					
	Acero tubo metalico acero tipo pesado SSCH 40 ASTM A53 tubo 6" AS 381 mm2	25.00	Kg	\$ 6.200.00	\$ 155.000.00
	Cemento	105.00	kg	\$ 550.00	\$ 57.750.00
	Agua	50.00	LT	\$ 100.00	\$ 5.000.00
	Material de agregado 1/2"	0.200	m ³	\$ 80.000.00	\$ 16.000.00
	Arena fina	0.150	m ³	\$ 80.000.00	\$ 12.000.00
	Soldadura 6013 de 1/8	1.253	Kg	\$ 18.408.00	\$ 23.065.22
	Malla estabonada 2.5 mm 1.5/10 m2 - 1/4"2 1/4	1.100	m ²	\$ 18.991.00	\$ 20.890.10
	Geotextil NT 2500	2.000	m ²	\$ 9.500.00	\$ 19.000.00
	Material seleccionado para relleno	0.750	m ³	\$ 33.174.00	\$ 24.880.50
				SUBTOTAL	\$ 333.585.82
2 Equipo					
	Equipo de perforación completo	1	h	\$ 225.000.00	\$ 225.000.00
	Cama baja	1	h	\$ 406.000.00	\$ 406.000.00
	Equipo soldadura	1	h	\$ 61.033.00	\$ 61.033.00
	Equipo de seguridad C(camilla, cuello ortopedico, botiquin, conos, paletas, cintas de vehalización, radios, GPS, arnes, eslingas, kit de rescate alturas)	1	Ud	\$ 33.241.00	\$ 33.241.00
				SUBTOTAL	\$ 725.274.00
3 Mano de obra					
	Obrero	1	h	\$ 30.000.00	\$ 30.000.00
	Oficial	1	h	\$ 22.000.00	\$ 22.000.00
	Ormentador	1	h	\$ 21.000.00	\$ 21.000.00
	Ayudante entendido.	1	h	\$ 21.000.00	\$ 21.000.00
				SUBTOTAL	\$ 94.000.00
4 Herramienta menor					
	Herramienta menor	2	%	\$ 1.152.859.82	\$ 23.057.20
				SUBTOTAL	\$ 23.057.20
				Valor Costo Directo	\$ 1,175,917.02

4.2.2.2. Análisis de precios unitarios de muro de contención. El estudiante elaboró el análisis de precios unitarios correspondiente a la construcción de un muro de contención de concreto armado, en el cual se detallan los recursos necesarios para su ejecución, distribuidos en materiales, equipos, mano de obra y herramientas menores.

En la sección de materiales, se incluyen insumos como separadores, acero corrugado, alambre galvanizado, tubo de PVC, agua, arena cribada, agregado grueso, cemento y aditivo hidrófugo, elementos fundamentales para la estructura del muro.

Respecto al equipo, se consideran una concretera eléctrica, una compactadora o retroexcavadora y equipo de seguridad, necesarios para la ejecución de la obra.

En el apartado de mano de obra, se contemplan los cargos de oficial armador, ayudante armador, peón de obra blanca y ayudante entendido, quienes ejecutan las actividades constructivas. Finalmente, se incluye el uso de herramienta menor, representando los implementos básicos que apoyan las labores operativas en campo.

Figura 11. Creación de APU de muro de contención

Muro de contención de concreto armado					
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad de medida	Valor Unitario	Valor Parcial
1	Materiales				
	Separador homologado para muros.	8.00	Ud	\$ 250.00	\$ 2,000.00
	Acero en barras corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm ²), de varios diámetros, según NTC 2289 y ASTM A 706.	157.50	kg	\$ 2,098.31	\$ 330,483.83
	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	1.50	kg	\$ 3,271.66	\$ 4,907.49
	Tubo de PVC, serie B, de 75 mm de diámetro y 3 mm de espesor, con extremo abocardado.	0.050	m ³	\$ 8,967.22	\$ 448.36
	Agua.	0.242	m ³	\$ 3,271.66	\$ 791.74
	Arena cribada.	0.704	m ³	\$ 77,498.70	\$ 54,559.08
	Agregado grueso homogeneizado, de tamaño máximo 19 mm.	0.704	m ³	\$ 54,999.00	\$ 38,719.30
	Cemento gris en sacos.	441.000	kg	\$ 482.03	\$ 212,575.23
	Aditivo hidrófugo para impermeabilización de morteros u concretos.	5.250	kg	\$ 2,617.33	\$ 13,740.98
				SUBTOTAL	\$ 658,226.01
2	Equipo				
	Concretera eléctrica con una capacidad de amasado de 160 l.	1	h	\$ 8,735.84	\$ 8,735.84
	Compactadora o retroexcavadora (si se requiere)	1	h	\$ 103,570.00	\$ 103,570.00
	Equipo de seguridad C (camilla, cuello ortopédico, botiquín, conos, paletas, cintas de señalización, radios, GPS, arnes, eslingas, kit de rescate alturas)	1	Ud	\$ 33,241.00	\$ 33,241.00
				SUBTOTAL	\$ 145,546.84
3	Mano de obra				
	Oficial 1º armador de concreto.	1	h	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00
	Ayudante armador de concreto.	1	h	\$ 22,000.00	\$ 22,000.00
	Peón de obra blanca.	1	h	\$ 21,000.00	\$ 21,000.00
	Ayudante entendido.	1	h	\$ 21,000.00	\$ 21,000.00
				SUBTOTAL	\$ 94,000.00
4	Herramienta menor				
	Herramienta menor	2	%	\$ 897,772.85	\$ 17,955.46
				SUBTOTAL	\$ 17,955.46
				Valor Costo Directo	\$ 915,728.31

4.2.2.3. Análisis de precios unitarios de muro de gaviones. El estudiante elaboró el análisis de precios unitarios correspondiente a la construcción de un muro de gaviones de malla electrosoldada, en el cual se detallan los recursos necesarios para su ejecución, distribuidos en materiales, equipos, mano de obra y herramientas menores.

En la sección de materiales, se incluyen insumos como gaviones de dimensiones específicas, diafragma intermedio, cabos de acero, puntal metálico telescópico, tensor de alambre, trazador, cantos rodados de granulometría controlada y piedra caliza. Estos elementos son esenciales para la conformación y estabilidad de la estructura del gavión.

Respecto al equipo, se consideran una retroexcavadora hidráulica, un camión basculante y equipo de seguridad, necesarios para la manipulación de los componentes y la ejecución de la obra.

En el apartado de mano de obra, se contemplan los cargos de oficial de obra blanca de obra civil y ayudante de obra blanca de obra civil, quienes ejecutan las actividades de montaje y relleno. Finalmente, se incluye el uso de herramienta menor, representando los implementos básicos que apoyan las labores operativas en campo.

Figura 12. Creación de APU de muro de gaviones

Muro de gaviones de malta electrosoldada					
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad de medida	Valor Unitario	Valor Parcial
1	Materiales				
	Gavión de 2000x1000x1000 mm de malta electrosoldada, de alambre de acero galvanizado, de 4,5 mm de diámetro, con una apertura de malta de 50x100 mm en las caras vistas y de 100x100 mm en las caras ocultas, con una resistencia a la corrosión en niebla salina superior a 3000 horas según ISO 10289 e ISO 9227, una resistencia a la tracción del alambre de entre 500 y 800 N/mm ² y una resistencia mínima de las soldaduras de un 75% de la resistencia del alambre.	0.50	Ud	\$ 138,546.00	\$ 69,273.00
	Diaphragma intermedio de 1000x1000 mm de malta electrosoldada, de alambre de acero galvanizado, de 4,5 mm de diámetro, con una apertura de malta de 100x100 mm, con una resistencia a la corrosión en niebla salina superior a 3000 horas según ISO 10289 e ISO 9227, una resistencia a la tracción del alambre de entre 500 y 800 N/mm ² y una resistencia mínima de las soldaduras de un 75% de la resistencia del alambre.	1.50	Ud	\$ 14,057.20	\$ 21,085.80
	Tablón de madera de pino, de 20x7.2 cm.	0.30	m	\$ 13,788.10	\$ 4,136.43
	Clavos de acero.	0.075	kg	\$ 4,083.04	\$ 306.23
	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0.010	Ud	\$ 41,992.50	\$ 419.93
	Tensor de alambre de acero galvanizado, de 5 mm de diámetro y 510 mm de longitud, con una resistencia a la corrosión en niebla salina superior a 3000 horas según ISO 10289 e ISO 9227, una resistencia a la tracción del alambre de entre 500 y 800 N/mm ² y una resistencia mínima de las soldaduras de un 75% de la resistencia del alambre.	8	Ud	\$ 1,000.00	\$ 8,000.00
	Grapa de alambre de acero galvanizado, de 3 mm de diámetro, con una resistencia a la tracción superior a 1720 N/mm ² y una resistencia a la apertura superior a 2000 N/mm ² .	80	Ud	\$ 64.68	\$ 5,174.40
	Cantos rodados de granulometría comprendida entre 70 y 250 mm, con desgaste en el ensayo de Los Angeles < 50.	0.22	m ³	\$ 59,485.30	\$ 13,088.97
	Piedra caliza de granulometría comprendida entre 70 y 250 mm, con desgaste en el ensayo de Los Angeles < 50.	0.88	m ³	\$ 46,406.30	\$ 40,837.54
				SUBTOTAL	\$ 162,322.29
2	Equipo				
	Retros excavadora hidráulica sobre neumáticos, de 105 kW.	1	h	\$ 131,448.00	\$ 131,448.00
	Camión basculante de 12 t de carga, de 162 kW.	1	h	\$ 113,921.00	\$ 113,921.00
	Equipo de seguridad C (camilla, cuello ortopédico, botiquín, conos, paletas, cintas de señalización, radios, GPS, arnes, eslingas, kit de rescate alturas)	1	Ud	\$ 33,241.00	\$ 33,241.00
				SUBTOTAL	\$ 278,610.00
3	Mano de obra				
	Oficial 1ª obra blanca de obra civil	1	h	\$ 27,792.30	\$ 27,792.30
	Ayudante de obra blanca de obra civil	1	h	\$ 20,774.20	\$ 20,774.20
				SUBTOTAL	\$ 48,566.50
4	Herramienta menor				
	Herramienta menor	3	%	\$ 489,498.79	\$ 14,684.96
				SUBTOTAL	\$ 14,684.96
				Valor Costo Directo	\$ 504,183.76

4.2.2.4. Análisis de precios unitarios de geotextil tejido. El estudiante elaboró el análisis de precios unitarios correspondiente a la instalación de geotextil tejido a base de polipropileno, en el cual se detallan los recursos necesarios para su ejecución, distribuidos en materiales, equipos, mano de obra y herramientas menores.

En la sección de materiales, se incluyen insumos clave como el geotextil tejido a base de polipropileno, especificado por su resistencia a la tracción longitudinal y transversal, su apertura de cono de ensayo y su masa superficial. Además, se contempla la piqueta de anclaje de acero para la fijación del material al terreno.

Respecto al equipo, se considera únicamente el equipo de seguridad, necesario para la protección del personal durante la instalación. En el apartado de mano de obra, se contemplan los cargos de oficial de obra blanca de obra civil y ayudante de obra blanca de obra civil, quienes ejecutan las actividades de despliegue y anclaje del geotextil.

Finalmente, se incluye el uso de herramienta menor, representando los implementos básicos que apoyan las labores operativas en campo.

Figura 13. Creación de APU de geotextil tejido

Geotextil tejido a base de polipropileno					
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad de medida	Valor Unitario	Valor Parcial
1	Materiales				
	Geotextil tejido a base de polipropileno, con una resistencia a la tracción longitudinal de 55 kN/m, una resistencia a la tracción transversal de 55 kN/m, una apertura de cono al ensayo de perforación dinámica según ISO 13433 inferior a 10 mm, resistencia CBR a punzonamiento 5 kN y una masa superficial de 215 g/m².	1.10	m²	\$ 11,920.80	\$ 13,112.88
	Piqueta de anclaje de acero, en forma de L, de 6 mm de diámetro, para sujeción de redes y mallas al terreno.	2.00	Ud	\$ 1,461.35	\$ 2,922.70
				SUBTOTAL	\$ 16,035.58
2	Equipo				
	Equipo de seguridad C (camilla, cuello ortopedico, botiquin, conos, paletas, cintas de señalización, radios, GPS, arnes, eslingas, kit de rescate alturas)	1	Ud	\$ 33,241.00	\$ 33,241.00
				SUBTOTAL	\$ 33,241.00
3	Mano de obra				
	Oficial 1ª obra blanca de obra civil	1	h	\$ 28,000.00	\$ 28,000.00
	Ayudante de obra blanca de obra civil	1	h	\$ 21,000.00	\$ 21,000.00
				SUBTOTAL	\$ 49,000.00
4	Herramienta menor				
	Herramienta menor	2	%	\$ 98,276.58	\$ 1,965.53
				SUBTOTAL	\$ 1,965.53
				Valor Costo Directo	\$ 100,242.11

4.2.2.5. Análisis de precios unitarios de geotextil no tejido. El estudiante elaboró el análisis de precios unitarios correspondiente a la instalación de geotextil no tejido sintético, en el cual se detallan los recursos necesarios para su ejecución, distribuidos en materiales, equipos, mano de obra y herramientas menores.

En la sección de materiales, se incluyen el geotextil no tejido sintético, termosoldado, de polipropileno, cuyas especificaciones técnicas detallan su resistencia a la tracción longitudinal y transversal, la apertura de cono de ensayo, la resistencia CBR al punzonamiento y su masa superficial. Adicionalmente, se incluye la piqueta de anclaje de acero para la fijación del material al terreno.

Respecto al equipo, se considera el equipo de seguridad, necesario para garantizar la protección del personal durante las tareas. En el apartado de mano de obra, se contemplan los cargos de oficial de obra blanca de obra civil y ayudante de obra blanca de obra civil, quienes ejecutan las actividades de instalación y anclaje del geotextil. Finalmente, se incluye el uso de

herramienta menor, representando los implementos básicos que apoyan las labores operativas en campo.

Figura 14. Creación de APU de geotextil no tejido

Geotextil no tejido sintético					
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad de medida	Valor Unitario	Valor Parcial
1	Materiales				
	Geotextil no tejido sintético, termosoldado, de polipropileno, con una resistencia a la tracción longitudinal de 28 kN/m, una resistencia a la tracción transversal de 32 kN/m, una apertura de cono al ensayo de perforación dinámica según ISO 13433 inferior a 4 mm, resistencia CBR a punzonamiento 1,5 kN y una masa superficial de 400 g/m ² .	1.10	m ²	\$ 18,977.60	\$ 20,875.36
	Piqueta de anclaje de acero, en forma de L, de 6 mm de diámetro, para sujeción de redes y mallas al terreno.	3.00	Ud	\$ 1,461.35	\$ 4,384.05
				SUBTOTAL	\$ 25,259.41
2	Equipo				
	Equipo de seguridad C (camilla, cuello ortopédico, botiquín, conos, paletas, cintas de señalización, radios, GPS, arnes, eslingas, kit de rescate alturas)	1	Ud	\$ 33,241.00	\$ 33,241.00
				SUBTOTAL	\$ 33,241.00
3	Mano de obra				
	Oficial 1º obra blanca de obra civil	1	h	\$ 28,000.00	\$ 28,000.00
	Ayudante de obra blanca de obra civil	1	h	\$ 21,000.00	\$ 21,000.00
				SUBTOTAL	\$ 49,000.00
4	Herramienta menor				
	Herramienta menor	2	%	\$ 107,500.41	\$ 2,150.01
				SUBTOTAL	\$ 2,150.01
				Valor Costo Directo	\$ 109,650.42

4.2.2.6. Análisis de precios unitarios de anclaje activo. El estudiante elaboró el análisis de precios unitarios correspondiente a la instalación de un anclaje activo pretensado, en el cual se detallan los recursos necesarios para su ejecución, distribuidos en materiales, equipos, mano de obra y herramientas menores.

En la sección de materiales, se incluyen componentes fundamentales para el anclaje, como el cable de acero pretensado, la vaina o funda HDPE corrugada, el tubo de inyección de PVC o polietileno, la lechada de cemento con aditivos, el cabezal de anclaje con cuñas, el sellador epóxico o poliuretano para recubrimiento, y consumibles de perforación (brocas y varillas).

Respecto al equipo, se consideran maquinaria especializada como una perforadora hidráulica, un compresor de aire, bombas para la inyección de lechada y el tensado de cables, un gato hidráulico para tensado, una retroexcavadora, una mezcladora de lechada y un vibrador de concreto. Además, se incluye el equipo de seguridad tipo C.

En el apartado de mano de obra, se contemplan los cargos de operador de perforadora hidráulica, ayudante de perforación, operador de compresor de aire, técnico en inyección de lechada, técnico en tensado de anclajes, oficial de obra, ayudante de obra, operador de retroexcavadora y técnico en topografía.

Finalmente, se incluye el uso de herramienta menor, representando los implementos básicos que apoyan las labores operativas en campo.

Figura 15. Creación de APU de anclaje activo

Anclaje activo pretensado					
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad de medida	Valor Unitario	Valor Parcial
1	Materiales				
	Cable de acero pretensado, tipo Torón de 7 hilos con diámetro mínimo de 16.2 mm, grado 270 o barra de alta resistencia tipo D/YWIDAG con diámetro mínimo de 25 mm, que cumpla con la NTC 2289, NTC 5802, Vaina o funda HDPE corrugada o lisa, diámetro interno mínimo de 50 mm, espesor de 2mm	12.00	m	\$ 14,000.00	\$ 168,000.00
	Tubería de inyección de PVC o polietileno de 12" 12 mm de diámetro	12.00	m	\$ 5,000.00	\$ 60,000.00
	Lechada de cemento, tipo I o II con resistencia mínima a 28 días de 4000 psi (28 Mpa) con aditivos Sika Intraplast 2	0.09	m3	\$ 1,300,000.00	\$ 122,460.00
	Cabezal de anclaje, placa de acero A36 espesor de 20 mm y cuñas para torón de 16.2 mm	1.00	Ud	\$ 80,000.00	\$ 80,000.00
	Recubrimiento protector contra la corrosión, sellador epóxico o poliuretano SikaTop Seal-107 o similar	1.00	Ud	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00
	Consumibles de perforación: Brocas, varillas de perforación	1.00	Ud	\$ 40,000.00	\$ 40,000.00
				SUBTOTAL	\$ 520,460.00
2	Equipo				
	Perforadora hidráulica sobre orugas	1	h	\$ 300,000.00	\$ 300,000.00
	Compresor de aire de alta presión	1	h	\$ 150,000.00	\$ 150,000.00
	Bomba de inyección de lechada de cemento	1	h	\$ 100,000.00	\$ 100,000.00
	Bomba hidráulica para tensado de cables	1	h	\$ 120,000.00	\$ 120,000.00
	Gato Hidráulico para tensado	1	h	\$ 100,000.00	\$ 100,000.00
	Retroexcavadora	1	h	\$ 100,000.00	\$ 100,000.00
	Mezcladora de lechada (opcional si no esta integrada en la bomba)	1	h	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00
	Vibrador de concreto	1	h	\$ 40,000.00	\$ 40,000.00
	Equipo de seguridad C (camilla, cuello ortopédico, botiquín, conos, paletas, cintas de señalización, radios, GPS, arnes, estlingas, kit de	1	Ud	\$ 33,241.00	\$ 33,241.00
				SUBTOTAL	\$ 993,241.00
3	Mano de obra				
	Operario de Perforadora hidráulica	1	h	\$ 35,000.00	\$ 35,000.00
	Ayudante de Perforación	1	h	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00
	Operador de compresor de aire	1	h	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00
	Operador de Bomba de Inyección de lechada	1	h	\$ 22,000.00	\$ 22,000.00
	Técnico en Tensado de Anclajes	1	h	\$ 40,000.00	\$ 40,000.00
	Oficial de obra	1	h	\$ 40,000.00	\$ 40,000.00
	Ayudante de obra	1	h	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00
	Operador de retroexcavadora	1	h	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00
	Técnico en topografía	1	h	\$ 40,000.00	\$ 40,000.00
				SUBTOTAL	\$ 272,000.00
4	Herramienta menor				
	Herramienta menor	2	%	\$ 1,785,701.00	\$ 35,714.02
				SUBTOTAL	\$ 35,714.02
				Valor Costo Directo	\$ 1,821,415.02

4.2.2.7. Análisis de precios unitarios de anclaje pasivo. El estudiante elaboró el análisis de precios unitarios correspondiente a la instalación de un Anclaje Pasivo, en el cual se detallan los recursos necesarios para su ejecución, distribuidos en materiales, equipos, mano de obra y herramientas menores.

En la sección de materiales, se incluyen la barra de acero corrugado como elemento de anclaje, placa de acero A36 con espesor mínimo para la barra y su respectiva tuerca de rosca

acorde. Además, se considera la lechada de cemento hidráulico con aditivo plastificante y expansor, la tubería de inyección de PVC o polietileno y el recubrimiento anticorrosivo, sellador epóxico o poliuretano.

Respecto al equipo, se contemplan maquinaria y herramientas especializadas: una perforadora hidráulica, un compresor de aire de alta presión, una bomba de lechada de alta presión, una mezcladora de mortero eléctrica, una retroexcavadora y el equipo de seguridad tipo C.

En el apartado de mano de obra, se especifican los cargos de operador de perforadora hidráulica, ayudante de perforación, operador de compresor de aire, operador de bomba de lechada, oficial de obra, ayudante de obra, operador de retroexcavadora y técnico en geotecnia o topografía. Finalmente, se incluye el uso de herramienta menor, representando los implementos básicos que apoyan las labores operativas en campo.

Figura 16. Creación de APU de anclaje pasivo

Anclaje pasivo					
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad de medida	Valor Unitario	Valor Parcial
1	Materiales				
	Barra de acero corrugada de 25 mm de diámetro, fy = 420 Mpa que cumpla con la NTC 2289	12.00	m	\$ 9,000.00	\$ 108,000.00
	Placa de acero A36, con espesor mínimo de 12 mm, perforada para barra de 25 mm, tuercas de rosca acorde (M24-M25) para la barra corrugada, que cumpla con la norma ASTM A36 Y NTC 573	1.00	Ud	\$ 35,000.00	\$ 35,000.00
	Lechada de cemento hidráulico tipo I o II con aditivo plastificante o expansor como Sika Intraplast Z con resistencia mínima de 4000 psi (28 Mpa) a 28 días, que cumpla con las normas NTC 321, ACI 351.1 y NSR 10 título C	0.07	m³	\$ 1,300,000.00	\$ 91,000.00
	Tubería de inyección de PVC o polietileno de 1/2" (12 mm de diámetro interno) que cumpla con las normas NTC 578, NTC 1096 y ASTM D1785	12.00	m	\$ 2,500.00	\$ 30,000.00
	Recubrimiento anticorrosivo, sellador epóxico o poliuretano SikaTop Seal que cumpla con NTC 6050 y ASTM D1187	1.00	Ud	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00
				SUBTOTAL	\$ 284,000.00
2	Equipo				
	Perforadora hidráulica sobre orugas	1	h	\$ 300,000.00	\$ 300,000.00
	Compresor de aire de alta presión	1	h	\$ 150,000.00	\$ 150,000.00
	Bomba de lechada de alta presión	1	h	\$ 100,000.00	\$ 100,000.00
	Mezcladora de mortero eléctrica 160L	1	h	\$ 12,000.00	\$ 12,000.00
	Retroexcavadora	1	h	\$ 100,000.00	\$ 100,000.00
	Equipo de seguridad C (camilla, cuello ortopédico, botiquín, conos, poletas, cintas de señalización, radios, GPS, arnes, eslingas, kit de rescate alturas)	1	Ud	\$ 33,241.00	\$ 33,241.00
				SUBTOTAL	\$ 695,241.00
3	Mano de obra				
	Operador de perforadora hidráulica	1	h	\$ 35,000.00	\$ 35,000.00
	Ayudante de perforación	1	h	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00
	Operador de compresor de aire	1	h	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00
	Operador de bomba de lechada	1	h	\$ 22,000.00	\$ 22,000.00
	Oficial de obra	1	h	\$ 35,000.00	\$ 35,000.00
	Ayudante de obra	1	h	\$ 18,000.00	\$ 18,000.00
	Operador de retroexcavadora	1	h	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00
	Técnico en geotecnia o topografía	1	h	\$ 40,000.00	\$ 40,000.00
				SUBTOTAL	\$ 225,000.00
4	Herramienta menor				
	Herramienta menor	2	%	\$ 1,204,241.00	\$ 24,084.82
				SUBTOTAL	\$ 24,084.82
				Valor Costo Directo	\$ 1,228,325.82

4.2.2.8. Análisis de precios unitarios de cunetas. El estudiante elaboró el análisis de precios unitarios correspondiente a la construcción de una Cuneta con Módulos de Drenaje de Polipropileno, en el cual se detallan los recursos necesarios para su ejecución, distribuidos en materiales, equipos, mano de obra y herramientas menores.

En la sección de materiales, se incluyen varios componentes para el sistema de drenaje: Geotextil no tejido sintético con diferentes especificaciones de resistencia (uno de 28 kN/m y otro de 15 kN/m), piqueta de anclaje de acero corrugado y el módulo rectangular de drenaje de polipropileno con estructura tridimensional hueca, especificado por su porcentaje de huecos y capacidad de drenaje.

Respecto al equipo, se considera una retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos y el equipo de seguridad tipo C, necesarios para la excavación, manejo e instalación de los materiales.

En el apartado de mano de obra, se contemplan los cargos de oficial de obra blanca de obra civil y ayudante de obra blanca de obra civil, quienes ejecutan las actividades de adecuación e instalación de la cuneta y sus módulos. Finalmente, se incluye el uso de herramienta menor, representando los implementos básicos que apoyan las labores operativas en campo.

Figura 17. Creación de APU de cuneta

Cuneta con módulos de drenaje de polipropileno						
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad de medida	Valor Unitario	Valor Parcial	
1	Materiales					
	Geotextil no tejido sintético, termosoldado, de polipropileno, con una resistencia a la tracción longitudinal de 28 kN/m, una resistencia a la tracción transversal de 32 kN/m, una apertura de cono al ensayo de perforación dinámica según ISO 13433 inferior a 4 mm, resistencia CBR a punzonamiento 1,5 kN y una masa superficial de 400 g/m ² .	4.00	m ²	\$ 18,977.60	\$ 75,910.40	
	Piqueta de anclaje de acero corrugado, en forma de U, de 200x80x200 mm y 8 mm de diámetro.	4.00	Ud	\$ 2,181.11	\$ 8,724.44	
	Módulo rectangular de drenaje de polipropileno con estructura tridimensional hueca, con un porcentaje de huecos del 95%, de 400x450x680 mm, resistencia a compresión 40 t/m ² , capacidad de drenaje horizontal 1380 U/m ² min).	2.94	Ud	\$ 57,226.40	\$ 168,245.62	
	Geotextil no tejido sintético, termosoldado, de polipropileno, con una resistencia a la tracción longitudinal de 13 kN/m, una resistencia a la tracción transversal de 15 kN/m, una apertura de cono al ensayo de perforación dinámica según ISO 13433 inferior a 25 mm, resistencia CBR a punzonamiento 0.6 kN y una masa superficial de 200 g/m ² .	3.84	m ²	\$ 8,884.25	\$ 34,115.52	
				SUBTOTAL	\$ 286,995.98	
2	Equipo					
	Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos, de 105 kW.	1	h	\$ 131,448.00	\$ 131,448.00	
	Equipo de seguridad C (camilla, cuello ortopédico, botiquín, conos, paletas, cintas de señalización, radios, GPS, arnes, eslingas, kit de rescate alturas)	1	Ud	\$ 33,241.00	\$ 33,241.00	
				SUBTOTAL	\$ 164,689.00	
3	Mano de obra					
	Oficial 1ª obra blanca de obra civil.	1	h	\$ 28,000.00	\$ 28,000.00	
	Ayudante de obra blanca de obra civil.	1	h	\$ 21,000.00	\$ 21,000.00	
				SUBTOTAL	\$ 49,000.00	
4	Herramienta menor					
	Herramienta menor	2	%	\$ 500,684.98	\$ 10,013.70	
				SUBTOTAL	\$ 10,013.70	
				Valor Costo Directo	\$ 510,698.68	

4.2.3. Actividad 3: presentación de los análisis de precios unitarios para revisión

Como etapa final del proceso, el estudiante elaboró un documento consolidado con los análisis de precios unitarios (APU) correspondientes a cada método de estabilización de taludes definido en las especificaciones técnicas. Este documento fue entregado al ingeniero encargado de la supervisión de proyectos civiles en la ESSA, con el propósito de que fuera evaluado y ajustado conforme a las políticas internas de la empresa y a los lineamientos técnicos vigentes.

La presentación de este material permitió que el trabajo desarrollado no quedara únicamente en un ejercicio académico, sino que pudiera ser revisado bajo un criterio profesional. Durante la revisión, se valoraron aspectos como la coherencia entre las cantidades de materiales, la pertinencia de los equipos seleccionados y la adecuación de los costos frente a los valores del mercado. Este proceso de retroalimentación resultó esencial para afinar los cálculos y garantizar que los presupuestos propuestos se ajustaran a la realidad operativa de los proyectos.

Adicionalmente, la interacción con el ingeniero encargado facilitó el aprendizaje práctico del estudiante, al recibir observaciones sobre la manera más eficiente de estructurar los APU y la importancia de considerar posibles variaciones en precios o rendimientos durante la ejecución de obra. Con ello, se reforzó la comprensión de que los análisis de precios unitarios no son documentos estáticos, sino herramientas dinámicas que deben actualizarse y adaptarse a las condiciones reales de cada proyecto.

En síntesis, la presentación del documento consolidado representó un cierre adecuado para la actividad, ya que no solo permitió validar el trabajo realizado, sino también integrarlo al proceso de gestión de costos de la empresa, fortaleciendo la utilidad práctica de la pasantía y aportando al cumplimiento de los objetivos institucionales de la ESSA.

4.3. Cumplimiento del objetivo específico 3

“Determinar los diseños técnicos para el desarrollo de la correcta ejecución de las diferentes obras civiles y asegurar la coherencia con las especificaciones técnicas y los estándares de calidad establecidos.”

4.3.1. Actividad 1: revisión de diseño de cimentación para torre de transmisión

El estudiante realizó la revisión de un diseño de cimentación para una torre de transmisión eléctrica. Esta actividad consistió en la revisión de un estudio geotécnico elaborado por un ingeniero, en el cual se recomendaba el uso de zapatas de concreto reforzado con un ancho y una profundidad de 2.50 metros. En el documento se indicaba que la evaluación de los estados límite de falla demostraba que la capacidad de carga del terreno era adecuada para cimentaciones superficiales a la profundidad establecida.

El estudio también presentaba el análisis de los estados límite de falla y de servicio, considerando el comportamiento del suelo ante incrementos de esfuerzo. Los resultados mostraban que los asentamientos se mantenían dentro de los valores permisibles, lo que garantizaba la estabilidad de la cimentación. Asimismo, se evaluó la capacidad de carga a tensión, comprobando que las fuerzas de tracción transmitidas por la estructura eran menores a la capacidad admisible del terreno. Además, se determinó que los factores de seguridad cumplían con los requisitos mínimos exigidos por la normativa vigente.

Posteriormente, el estudiante realizó la verificación general del documento, concluyendo que la información técnica del diseño coincidía con los planos de cimentación revisados y que la propuesta de utilizar zapatas de concreto reforzado resultaba técnicamente adecuada para las condiciones del proyecto.

4.3.2. Actividad 2: verificación de plano de cimentación para torre de transmisión

El estudiante, tras la revisión del documento de diseño de la cimentación de la torre de transmisión, procedió a verificar los planos asociados al diseño de las zapatas. Durante este proceso, se constató que la información técnica presentada en los planos coincidía plenamente con los datos y parámetros establecidos en el documento de diseño, asegurando así la coherencia entre ambos elementos y la correcta representación constructiva del sistema de cimentación

Figura 18. Planta de cimentación

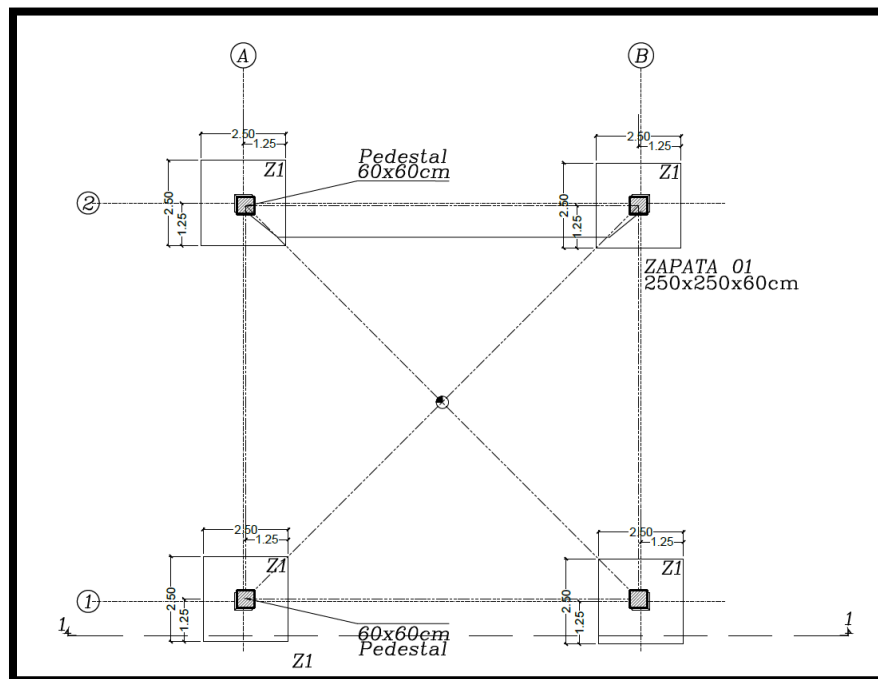
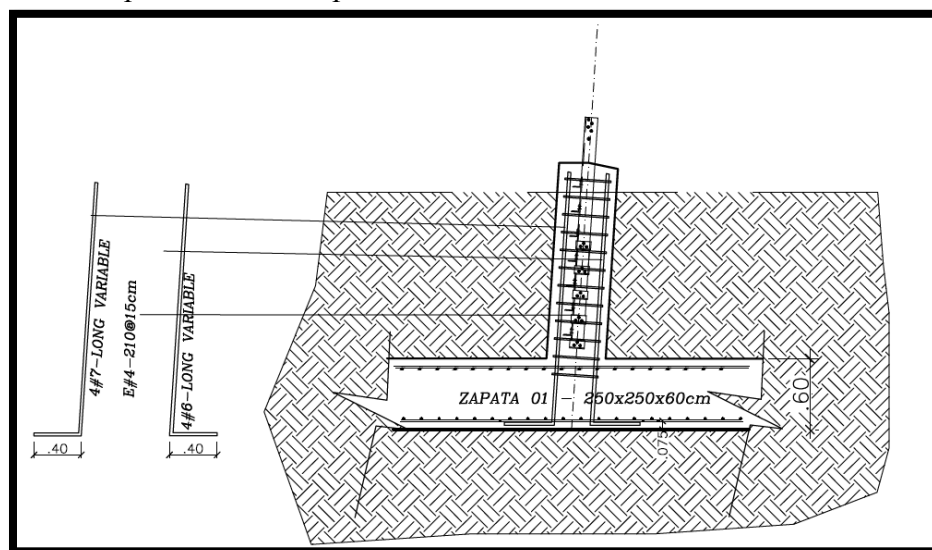


Figura 19. Detalle típico armado de pedestal



4.3.3. Actividad 3: elaboración de planos en AutoCAD

La tercera actividad del objetivo específico tres se centró en la elaboración de planos técnicos en AutoCAD relacionados con los diferentes métodos de estabilización de taludes. A partir de las especificaciones técnicas formuladas previamente, el estudiante desarrolló representaciones gráficas en planta y perfil que ilustraban de manera precisa la disposición de las estructuras propuestas para mejorar la estabilidad de los terrenos donde se ubican las torres de transmisión.

Los planos realizados incluyeron soluciones como muros de contención, trinchos, gaviones, anclajes pasivos y activos, geotextiles, cunetas y cajas de drenaje. Esta documentación gráfica buscó no solo servir de guía en el proceso constructivo, sino también asegurar la coherencia entre las soluciones técnicas diseñadas y los requerimientos de calidad establecidos por la ESSA.

El desarrollo de esta actividad permitió al estudiante afianzar sus habilidades en el manejo de software de diseño y comprender la importancia de traducir especificaciones técnicas en representaciones gráficas detalladas. De igual manera, aportó al objetivo de garantizar que las

obras civiles se llevaran a cabo de manera ordenada y con una reducción significativa en posibles errores constructivos.

Figura 20. Plano de gavión

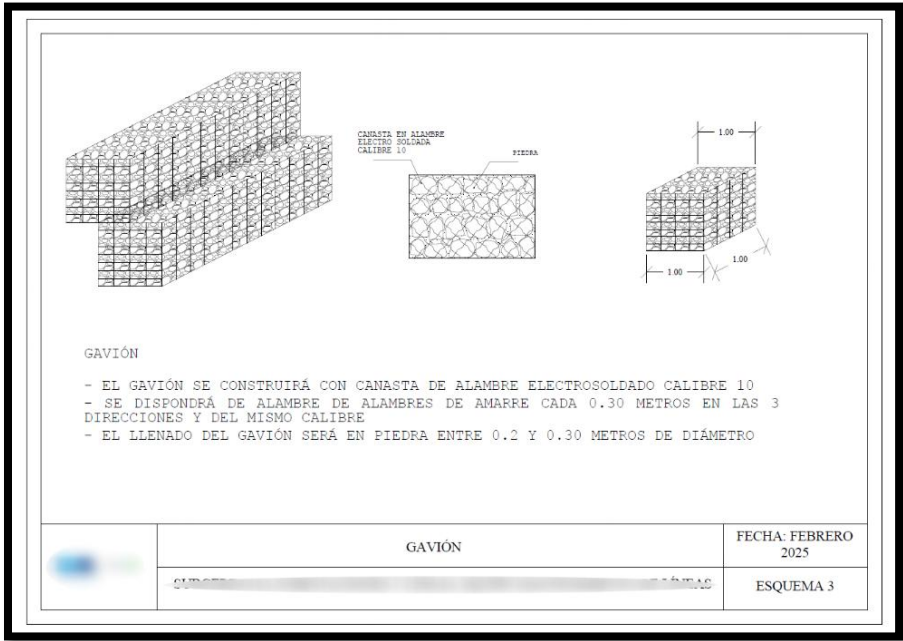


Figura 21. Plano de trincho metálico

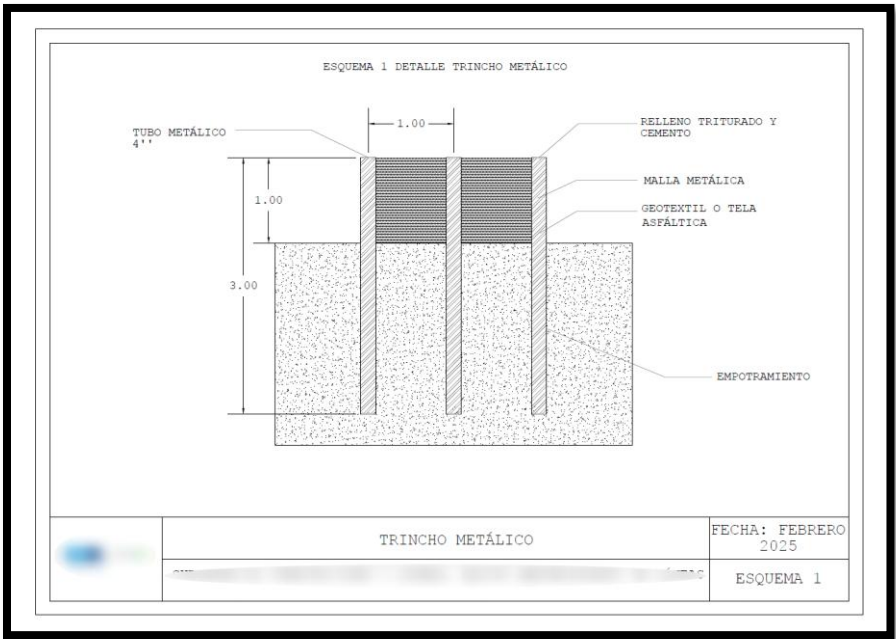


Figura 22. Plano de trincho metálico vista perfil

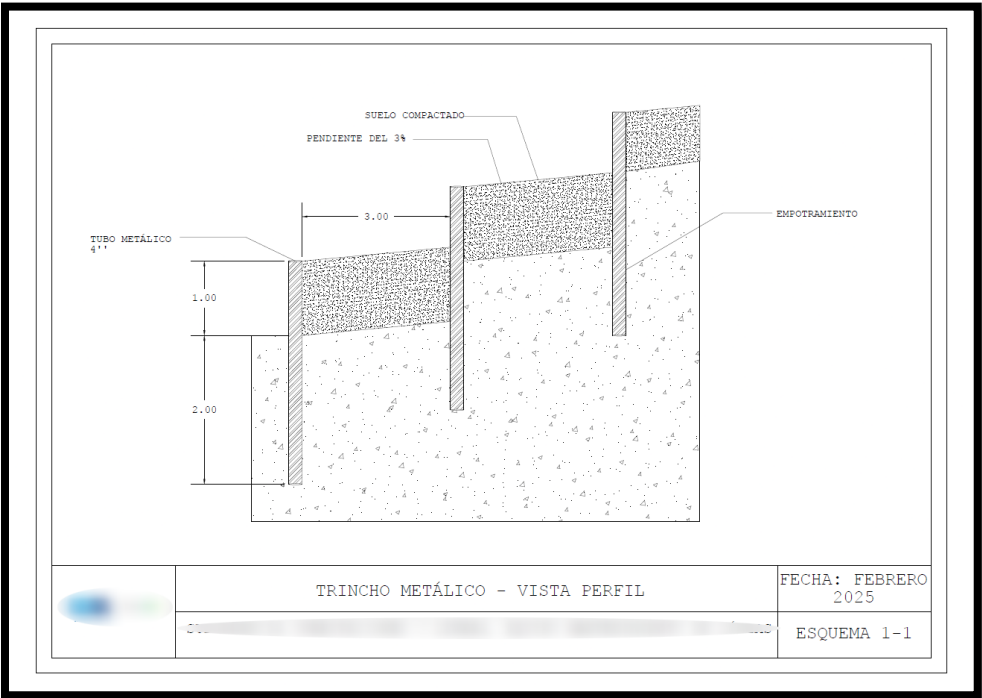
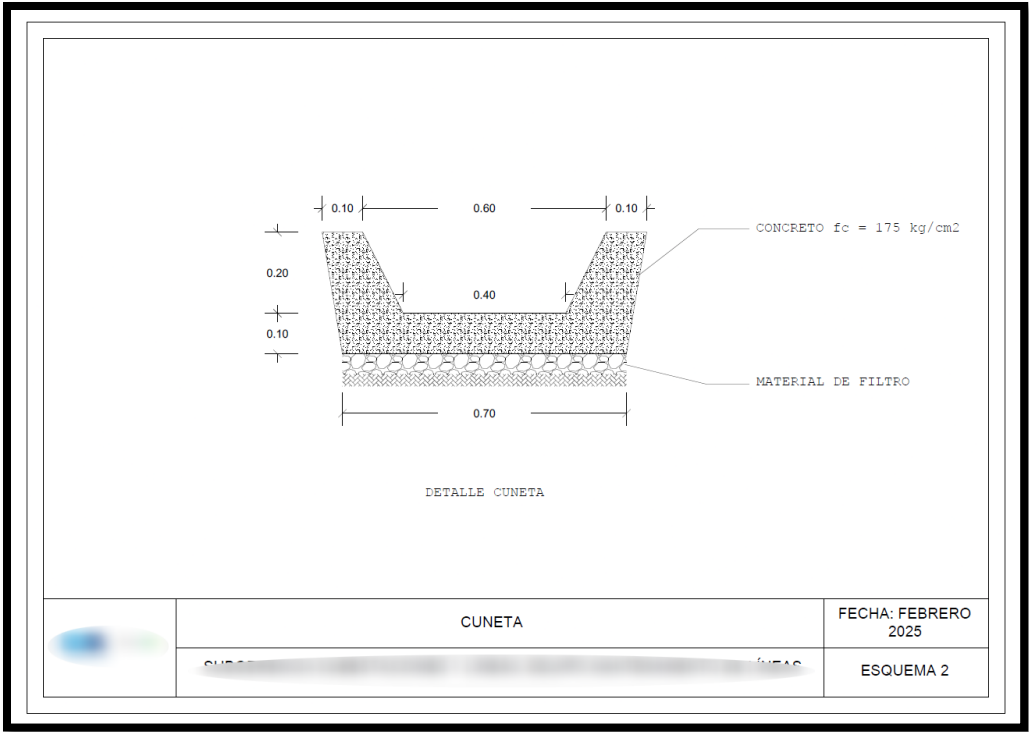


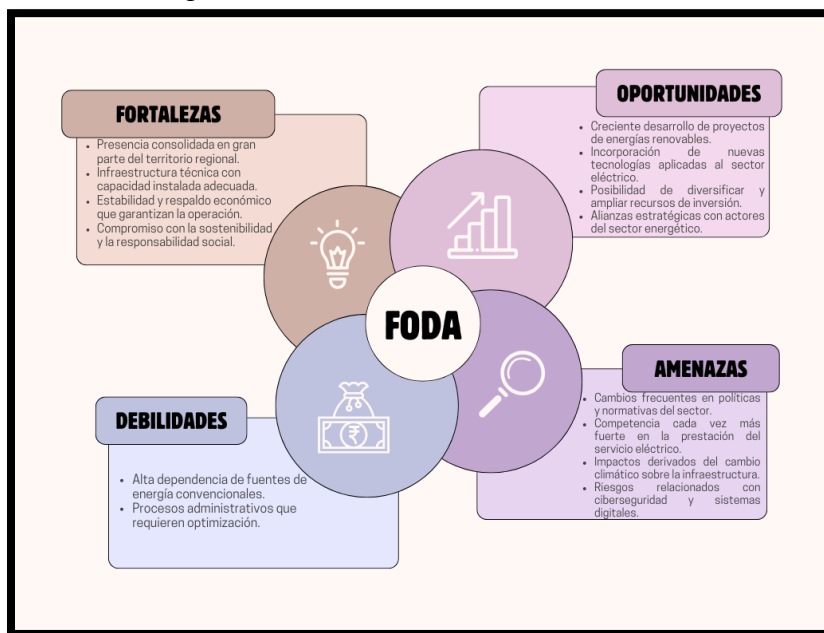
Figura 23. Plano de cuneta



5. Análisis DOFA resultado de la pasantía

5.1. Análisis desde la empresa

Figura 24. Análisis DOFA empresa



Nota. Matriz DOFA realizada durante el proceso de la pasantía empresarial donde se analiza debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas que se presentó durante los 6 meses.

5.1.1. Fortalezas

Una de las principales fortalezas de la ESSA es su amplia presencia en el departamento de Santander y regiones aledañas, lo cual le otorga una posición sólida en la prestación del servicio de energía eléctrica. Además, cuenta con una infraestructura consolidada que garantiza la continuidad del suministro y el desarrollo de nuevos proyectos. Otro punto clave es el respaldo económico y financiero con el que dispone la empresa, lo que le permite asumir inversiones y mantener estabilidad operativa. Finalmente, su compromiso con la sostenibilidad y la

responsabilidad social se refleja en proyectos orientados al cuidado ambiental y a la inclusión de energías limpias, lo que fortalece su imagen corporativa.

5.1.2. Oportunidades

El sector energético en Colombia y el mundo ofrece un panorama favorable para la ESSA. El auge de las energías renovables representa una oportunidad para diversificar la matriz energética y alinearse con tendencias globales. La constante innovación tecnológica permite aplicar herramientas digitales y sistemas modernos que mejoran la eficiencia en la operación y mantenimiento de redes eléctricas. También existe la posibilidad de acceder a nuevos recursos financieros que faciliten la ejecución de proyectos estratégicos. Finalmente, las alianzas con otros actores del sector, especialmente con el Grupo EPM al que pertenece, generan sinergias importantes para el crecimiento empresarial.

5.1.3. Debilidades

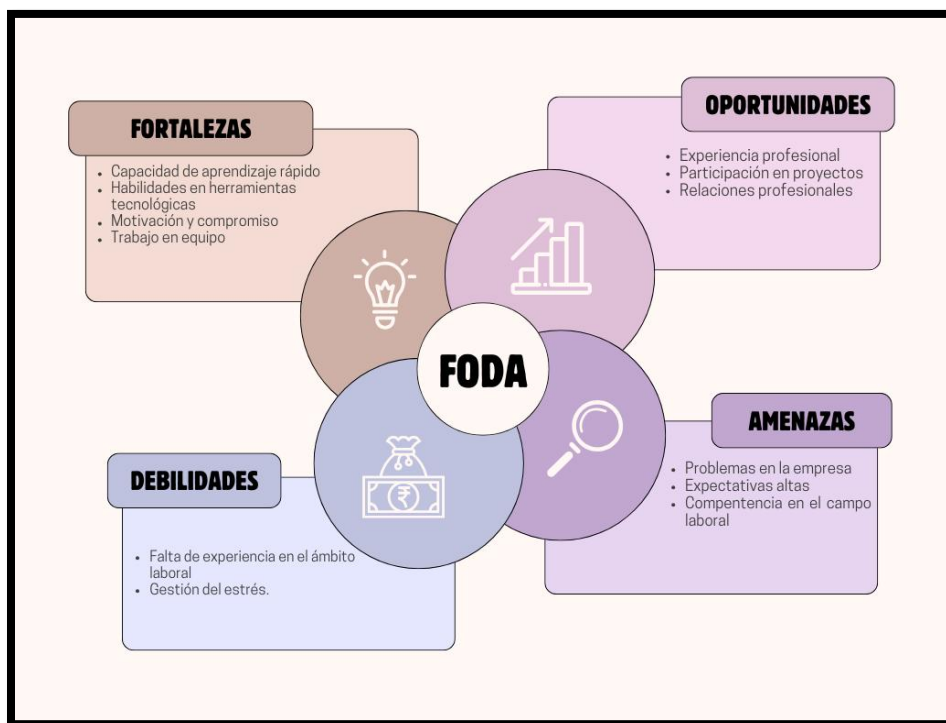
En cuanto a debilidades, aún existe una alta dependencia de fuentes de energía convencionales, lo que puede limitar la transición hacia modelos más sostenibles. A nivel administrativo, algunos procesos internos requieren modernización para ser más eficientes y ajustarse a las exigencias actuales del sector. De igual manera, aunque se han realizado avances en el componente ambiental, todavía se encuentra en desarrollo una gestión integral que permita mitigar con mayor fuerza los impactos de la operación.

5.1.4. Amenazas

Entre las amenazas, se encuentran los cambios regulatorios y políticos que afectan directamente las condiciones de operación y tarifas, representando un reto constante. Asimismo, la competencia en el sector energético, con la llegada de nuevas empresas y modelos de negocio, puede influir en la participación de mercado. Otro aspecto crítico es el cambio climático, que incrementa los riesgos sobre la infraestructura eléctrica debido a fenómenos como lluvias intensas, deslizamientos o sequías. Finalmente, el incremento de ciberamenazas y vulnerabilidades digitales constituye un riesgo creciente para la seguridad de la información y la estabilidad de los sistemas tecnológicos de la empresa.

5.2. Análisis personal

Figura 25. Análisis DOFA Personal



Nota. Matriz DOFA personal elaborada durante la pasantía empresarial.

5.2.1. Fortalezas

Las fortalezas identificadas durante el desarrollo de la pasantía estuvieron relacionadas principalmente con las habilidades personales y técnicas que facilitaron el cumplimiento de las actividades asignadas. Una de las más destacadas fue la capacidad de aprendizaje rápido, la cual permitió adaptarse con facilidad a los procesos de la empresa y comprender de manera ágil los conceptos asociados a la ingeniería civil en el contexto de las líneas de transmisión. Igualmente, se resaltan las habilidades en herramientas tecnológicas, que fueron fundamentales para la elaboración de planos en AutoCAD y para la gestión de documentos técnicos. A esto se suma la motivación y compromiso demostrado en cada actividad, garantizando responsabilidad y puntualidad en las entregas. Finalmente, el trabajo en equipo jugó un papel clave, ya que permitió integrarse en el grupo de ingenieros y aportar desde la formación académica, fortaleciendo la comunicación y la colaboración profesional. Estas fortalezas contribuyeron a una experiencia enriquecedora y productiva.

5.2.2. Oportunidades

Las oportunidades derivadas de la pasantía se relacionan principalmente con el crecimiento profesional y la posibilidad de integrarse al entorno laboral real. En primer lugar, se resalta la experiencia profesional obtenida, ya que permitió aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Civil en un contexto empresarial, enfrentando situaciones prácticas que fortalecieron la formación académica. Además, la participación en proyectos de obras civiles en líneas de transmisión de 115 y 230 kV generó un aprendizaje significativo sobre procesos técnicos, normativos y contractuales, brindando una visión más completa del sector energético. Otro aspecto

relevante fue el establecimiento de relaciones profesionales, pues el trabajo en equipo con ingenieros de distintas áreas fomentó el intercambio de conocimientos y abrió la posibilidad de construir una red de contactos útil para el futuro. Estas oportunidades no solo enriquecieron el desarrollo personal y académico, sino que también sentaron bases sólidas para desempeñarse con mayor seguridad en el ámbito laboral.

5.2.3. Debilidades

Las debilidades reconocidas durante la práctica profesional se enfocaron principalmente en la falta de experiencia previa y en aspectos de gestión personal. La falta de experiencia en el ámbito laboral se evidenció al inicio, especialmente en la comprensión de procedimientos internos, términos técnicos de los contratos y metodologías específicas aplicadas por la empresa. Aunque con el paso del tiempo se logró superar esta dificultad, representó un reto importante durante las primeras semanas. Otro aspecto identificado fue la gestión del estrés, ya que algunas actividades exigían cumplir con plazos ajustados y entregar documentos de alta precisión técnica. En ciertos momentos, esta presión generó dificultades en la organización personal, lo cual refleja la necesidad de fortalecer estrategias para manejar el tiempo y las cargas laborales de manera más eficiente. Reconocer estas debilidades es fundamental, ya que se convierten en oportunidades de mejora para el futuro profesional, especialmente en la preparación para escenarios más exigentes.

5.2.4. Amenazas

Dentro del análisis personal de la pasantía también se identificaron posibles amenazas que influyen en el proceso de formación y desempeño. Una de ellas corresponde a los problemas en la empresa, ya que factores externos como cambios en la organización o en la planeación de

proyectos pueden alterar el ritmo de trabajo y limitar la continuidad de ciertas actividades. Asimismo, se encuentran las expectativas altas, tanto propias como de los supervisores, que pueden generar presión adicional en el cumplimiento de tareas y afectar la confianza del estudiante en sus capacidades. Finalmente, la competencia en el campo laboral constituye una amenaza latente, pues el sector de la ingeniería civil es altamente demandante y requiere profesionales con un perfil técnico y práctico sólido. En este sentido, la pasantía permitió identificar la importancia de seguir fortaleciendo conocimientos, habilidades y competencias para afrontar los retos que implica ingresar y consolidarse en el mercado laboral.

6. Aportes

En el marco de la pasantía realizada en la Electrificadora de Santander (ESSA), se desarrollaron diversas actividades que aportaron tanto al fortalecimiento profesional del estudiante como al cumplimiento de los objetivos institucionales. Estos aportes se enfocaron en aspectos técnicos, administrativos y económicos, los cuales contribuyeron al mejoramiento de los procesos asociados a la gestión de proyectos de obras civiles en líneas de transmisión de 115 y 230 kV.

Tabla 1. *Aportes del estudiante*

Aspecto	Descripción	Impacto
Técnico y administrativo	Creación de especificaciones técnicas de métodos de estabilización de taludes en formato Word.	Brinda lineamientos claros y estructurados que sirven como soporte para la formulación de contratos y para la ejecución de las obras civiles, garantizando coherencia con la normatividad colombiana.
Técnico y económico	Creación de análisis de precios unitarios (APU) de las especificaciones de métodos de estabilización de taludes en formato Excel.	Permite proyectar los costos de manera más precisa, optimizando la planeación presupuestal y asegurando la viabilidad financiera de las actividades en obra.

Técnico	Entrega de planos de los diferentes métodos de estabilización de taludes	Aporta representaciones gráficas que facilitan la comprensión y aplicación en campo de las soluciones propuestas, fortaleciendo la toma de decisiones.
---------	--	--

Nota. En la tabla se presentan de manera abreviada las principales contribuciones del estudiante, destacando su descripción y el impacto generado en el desarrollo de las actividades encomendadas.

7. Lecciones Aprendidas

Durante la pasantía empresarial desarrollada en la Electrificadora de Santander (ESSA), el estudiante adquirió aprendizajes significativos que fortalecieron tanto su formación académica como sus competencias profesionales. Una de las principales lecciones fue reconocer la importancia de las especificaciones técnicas dentro de los contratos de obra civil, al constituir documentos esenciales para garantizar la calidad, la seguridad y el correcto funcionamiento de las infraestructuras. Este aspecto resultó especialmente evidente en los procesos de estabilización de taludes, donde cada detalle técnico influye directamente en la estabilidad estructural y en la continuidad del servicio eléctrico.

Asimismo, la elaboración de análisis de precios unitarios (APU) le permitió comprender el valor de la planificación de recursos en proyectos de ingeniería civil. Este ejercicio no solo facilitó la estimación de costos de materiales, equipos y mano de obra, sino que también evidenció la importancia de contar con presupuestos realistas y técnicamente coherentes para garantizar la viabilidad económica de las obras.

De igual forma, la creación de planos técnicos en AutoCAD representó una experiencia fundamental para su formación, al reforzar su capacidad de transformar especificaciones en representaciones gráficas claras y útiles para la ejecución de obra.

Finalmente, reconoció la responsabilidad de revisar contratos y documentos técnicos, asumiendo la necesidad de cumplir con normas y requisitos legales en cada proceso.

8. Recomendaciones

Se recomienda que, durante el desarrollo de la práctica empresarial, el estudiante cuente con un acompañamiento más cercano y constante por parte de un ingeniero civil con experiencia en obras de infraestructura. Este tipo de guía resulta fundamental para fortalecer los conocimientos adquiridos en la formación académica y, al mismo tiempo, facilitar la comprensión de los métodos constructivos y los conceptos propios de la ingeniería civil aplicados en campo. El acompañamiento no debe limitarse únicamente a la supervisión de tareas, sino que también debe orientarse a la retroalimentación constante, resolviendo dudas, explicando criterios técnicos y compartiendo la visión práctica que se adquiere a lo largo de los años de ejercicio profesional.

De igual forma, se sugiere que el tutor designado por la empresa reconozca y tenga en cuenta la etapa formativa en la que se encuentra el practicante. Una práctica debe entenderse como un espacio de aprendizaje y crecimiento, donde los errores se convierten en oportunidades para mejorar y los logros en motivación para continuar fortaleciendo las competencias profesionales.

En este sentido, una práctica bien acompañada no solo enriquece la experiencia del estudiante, sino que también contribuye a la consolidación de un futuro profesional capaz de enfrentar los retos del sector de la construcción con responsabilidad y criterio técnico.

9. Conclusiones

El desarrollo de las actividades permitió cumplir de manera satisfactoria los objetivos específicos planteados al inicio del proceso. En primer lugar, el análisis de las especificaciones técnicas de obras civiles posibilitó la identificación y actualización de los criterios necesarios para fortalecer la estabilidad geotécnica y la seguridad estructural de las infraestructuras de líneas de transmisión de 115 y 230 kV. A partir de esta revisión, se establecieron lineamientos más completos

para la ejecución de obras de estabilización, incorporando nuevas alternativas como los muros de contención, muros de gaviones, geotextiles tejidos y no tejidos, anclajes activos y pasivos, trinchos y cunetas, con sus respectivas especificaciones técnicas y procedimientos constructivos.

En segundo lugar, la elaboración del análisis de precios unitarios (APU) permitió determinar de manera detallada los costos asociados a materiales, equipos, mano de obra y herramientas menores, optimizando la gestión económica de las obras civiles. Este análisis se sustentó en la recopilación de información de contratos ejecutados y precios de referencia aplicables, garantizando coherencia con las condiciones reales de mercado y con los requerimientos técnicos establecidos por la empresa.

En relación con los diseños técnicos, se efectuó la verificación del diseño de cimentación de una torre de transmisión, comprobando su correspondencia con el estudio geotécnico y los planos estructurales. Se determinó que el uso de zapatas de concreto reforzado resultaba la solución más adecuada para las condiciones del terreno. Adicionalmente, se elaboraron los planos representativos de los métodos de estabilización propuestos, consolidando una base técnica útil para futuras ejecuciones de proyectos similares.

En conjunto, los resultados obtenidos evidencian el cumplimiento técnico de los objetivos propuestos, aportando insumos concretos para la optimización de los procesos de diseño, especificación y control de costos en las obras civiles asociadas a la infraestructura eléctrica de la Electrificadora de Santander (ESSA).

Referencias

- [1] INVÍAS. Análisis de precios unitarios. Recuperado de <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/hechos-de-transparencia/analisis-de-precio-unitarios>
- [2] Electrificadora de Santander ESSA. Quiénes somos. Recuperado de <https://www.essa.com.co/site/informacion-corporativa/quienes-somos>
- [3] Argos Colombia. Especificaciones técnicas: mejora tu control en la obra. Recuperado de <https://colombia.argos.co/especificaciones-tecnicas-mejora-tu-control-en-la-obra/>
- [4] INVÍAS. Manual de Estabilidad de Taludes — Geotecnia Vial. Recuperado de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/proyectos-de-norma/11314-manual-de-estabilidad-de-taludes-geotecnia-vial-1998>
- [5] Postgrado Ingeniería. Obra civil: todo lo que necesitas saber. Recuperado de <https://postgradoingenieria.com/obra-civil-que-necesitas-saber/>
- [6] Ministerio de Educación Nacional de Colombia. Guía de prácticas y pasantías para estudiantes universitarios. (PDF). Recuperado de https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-354776_archivo_pdf_Consulta.pdf
- [7] Instituto Nacional de Vías (INVÍAS). (2012). Artículo 501 — Suministro de cemento hidráulico. Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. PDF. <https://gerconcesion.co/invias2013/501%20SUMINISTRO%20DE%20CEMENTO%20HIDRAULICO.pdf>
- [8] Instituto de Desarrollo Urbano (IDU). (s.f.). Sección 330-11 — Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil (Versión 2.0). PDF. <https://www.idu.gov.co/web/content/7605/330-11.pdf>

- [9] INVÍAS. (2013). Estabilización de suelos de subrasante con geotextil. PDF.
<https://gerconcesion.co/invias2013/232%20ESTABILIZACION%20DE%20SUELOS%20DE%20SUBRASANTE%20CON%20GEOTEXTIL.pdf>
- [10] INVÍAS. (2013). Anclajes. PDF. <https://gerconcesion.co/invias2013/623%20ANCLAJES.pdf>
- [11] INVÍAS. (2013). Concreto estructural. PDF.
<https://gerconcesion.co/invias2013/630%20CONCRETO%20ESTRUCTURAL.pdf>