

Práctica Empresarial en la Subdirección de Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial (SURYT) de la CDMB como auxiliar de ingeniería Civil para la identificación y caracterización de eventos amenazantes y prediseño o actualización de obras de mitigación y estabilización.

Juan Manuel Cala Granados

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

Jorge Rafael Montero Puyana

Ingeniero Civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Físico-Mecánica

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado principalmente a mi papá, un hombre honrado y trabajador, que me enseñó a amar el campo y la construcción desde que era pequeño. Hoy, más que nunca, anhelo que donde quiera que esté, se sienta orgulloso de ver cómo su pequeño ayudante finalmente se convirtió en ingeniero. Estoy seguro de que, junto a mi mamá y mis hermanos, estarán celebrando conmigo este logro tan esperado, desde ese lugar especial que ahora comparten.

A mi tía mamá a quien no me alcanzará la vida para agradecerle todo lo que ha hecho por mí. Gracias a ella estoy donde estoy, y quiero que sepa que todo su esfuerzo y trabajo incansable por verme salir adelante en mis estudios ha valido la pena. Su dedicación y sacrificios siempre me han inspirado, y cada paso que he dado en este camino ha sido con ella en mi corazón.

A mis tías, por siempre darme ánimo y ser mi apoyo en este gran recorrido, por nunca dudar de mí y dar por hecho que lo iba a lograr.

¡Gracias, esto es de ustedes y para ustedes!

Agradecimientos

A los hermanos que la vida y la universidad me regalaron, personas únicas y de gran corazón, con quienes Dios me permita seguir compartiendo un sinfín de aventuras. A ustedes les debo mucho, sus consejos, apoyo y cariño me salvaron muchas veces. Gracias por siempre estar ahí, por cada palabra de aliento, por escucharme sin juzgar y por darme el valor de continuar. Cada risa compartida y momento difícil superado quedarán por siempre en mi memoria, en ustedes encontré una familia que escogí, y no me alcanzaría esta página para expresarles lo afortunado que me siento por haberlos conocido. Este logro también es suyo, porque sin su apoyo no habría sido posible.

A mi director de grado, su apoyo y paciencia me guiaron a lo largo de este proceso, su compromiso y profesionalismo fueron clave para el éxito de este proyecto, muchas gracias profe.

A mi tutor, por compartir su conocimiento con tanta dedicación, a mis compañeros de SURYT, por brindarme su apoyo y hacerme sentir bienvenido.

Y, por último, y no menos importante, a todos mis amigos, quienes con sus ocurrencias y apoyo aportaron a mi vida universitaria alegrías, risas y momentos inolvidables. Cada uno de ustedes ha dejado una huella especial en mi corazón. Gracias por estar a mi lado en los buenos y malos momentos, por celebrar mis logros y brindarme apoyo en las dificultades. Sin ustedes, esta experiencia no habría sido la misma.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	12
1. Objetivos	13
1.1 Objetivo General	13
1.2 Objetivos específicos	13
2. Marco Referencial	14
2.1 Marco Teórico	14
2.1.1 Muro en voladizo	14
2.1.2 Visita de inspección ocular	14
2.1.3 Cantidades de obra	14
2.1.4 Anclajes activos	15
2.1.5 Pantalla de concreto lanzado	15
2.1.6 Bulbo	15
2.1.7 APU	15
2.2 Descripción de la empresa	16
2.2.1 CDMB	16
2.2.2 Misión	16
2.2.3 Visión	16
3. METODOLOGIA	17
4. Desarrollo de la práctica	18
4.1 Descripción del proyecto	18
4.1.1 Ubicación del proyecto	19

4.2 Análisis preliminar de la problemática	20
4.2.1 Revisión del informe de estudios técnicos realizados en el sector	20
4.2.2 Organización de la información encontrada	21
4.3 Modelo geológico-geotécnicos	21
4.3.1 Identificación de estratos	22
4.4 Análisis de estabilidad	24
4.4.1 Análisis sísmico	24
4.4.2 Análisis de equilibrio límite.....	25
4.4.3 Análisis para la condición actual	25
4.4.4 Análisis de estabilidad con medidas de mitigación	26
4.5 Simulación y modelamiento	27
4.5.1 Análisis del perfil 1 en condición actual.....	27
4.5.2 Análisis del perfil 2 en condición actual.....	28
4.5.3 Análisis del perfil 3 en condición actual.....	29
4.5.4 Análisis de estabilidad con medidas de mitigación en perfiles 1,2 y 3.....	30
4.6 Evaluación y zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa	31
4.6.1 Aspectos metodológicos generales	32
4.6.2 Niveles de amenaza.....	32
4.7 Propuesta y prediseño de obras de mitigación	34
4.7.1 Estructuras de contención	34
4.7.1.1 Muro en voladizo.	34
4.7.1.1.1 <i>Revisión de la estabilidad local.</i>	36
4.7.1.1.2 <i>Revisión por volteo.</i>	36

4.7.1.1.3 Revisión por deslizamiento.....	36
4.7.1.1.4 Revisión por falla de capacidad de carga de la base.....	37
4.7.2 Anclajes.....	40
4.7.2.1 Partes del anclaje.....	40
4.7.2.1.1 Zona de bulbo	40
4.7.2.1.2 Zona libre.....	40
4.7.2.1.3 Barra.....	40
4.7.2.1.4 Separadores	41
4.7.2.1.5 Protección del cabezal del.....	41
4.7.2.1.6 Lechada	41
4.7.2.1.7 Placas de Fijación Interiores.	41
4.7.2.1.8 Sujeta cables.....	41
4.8 Evaluación de costos.....	42
4.9 Documentación y reporte	44
5. Conclusiones	45
6. Recomendaciones	48
Referencias Bibliográficas	49

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Metodología del proyecto</i>	17
Tabla 2 <i>Datos obtenidos de la zonificación</i>	24
Tabla 3 <i>Factores de seguridad, para condiciones actuales</i>	26
Tabla 4 <i>Factores de seguridad, para condiciones actuales</i>	26
Tabla 5 <i>Factores de seguridad con condición de obras</i>	27
Tabla 6 <i>Niveles de factor de seguridad a deslizamientos para condiciones estáticas</i>	33
Tabla 7 <i>Nivel de amenaza para condiciones de eventos sísmicos</i>	33
Tabla 8 <i>Predimensionamiento muro en voladizo</i>	35
Tabla 9 <i>Características del material que conforman el muro en voladizo</i>	38
Tabla 10 <i>Resultados revisión de la estabilidad del muro en voladizo</i>	39
Tabla 11 <i>Características de los anclajes</i>	39
Tabla 12 <i>Características de los anclajes</i>	40
Tabla 13 <i>Presupuesto de estabilidad general sector Juan XXIII</i>	42

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Ubicación del proyecto</i>	20
Figura 2 <i>Localización de los perfiles con vista de Google Earth</i>	22
Figura 3 <i>Identificación de estratos</i>	23
Figura 4 <i>Análisis de estabilidad del perfil 1 en condiciones actuales</i>	27
Figura 5 <i>Análisis de estabilidad del perfil 2 en condiciones actuales</i>	28
Figura 6 <i>Análisis de estabilidad del perfil 3 en condiciones actuales</i>	29
Figura 7 <i>Análisis con obras para el perfil 1</i>	30
Figura 8 <i>Análisis con obras para el perfil 2</i>	30
Figura 9 <i>Análisis con obras para el perfil 3</i>	31
Figura 10 <i>Muro en voladizo propuesto</i>	35
Figura 11 <i>Anclaje activo propuesto</i>	41

Lista de Apéndices

Los apéndices se presentan como documentos digitales adjuntos

Apéndice A. Análisis sísmico

Apéndice B. Mapa de zonificación Sismogeotécnica

Apéndice C. Plano muro y detalles

Apéndice D. Plano Despiece

Apéndice E. Memoria de cálculos

Apéndice F. Presupuesto

Apéndice G. Resolución 1294-2009

Resumen

Título: Práctica Empresarial en la Subdirección de Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial (SURYT) de la CDMB como auxiliar de ingeniería Civil para la identificación y caracterización de eventos amenazantes y prediseño o actualización de obras de mitigación y estabilización. *

Autor: Juan Manuel Cala Granados **

Palabras Clave: Obras de mitigación, Gestión del riesgo, Eventos amenazantes, SURYT, CDMB.

Descripción: Este proyecto describe las actividades realizadas durante la práctica empresarial en la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), en la Subdirección de Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial (SURYT). Como parte del apoyo brindado, se trabajó en la identificación y caracterización de eventos amenazantes, además del prediseño y actualización de obras de mitigación. Para esto, se revisaron estudios técnicos y planos existentes del sector Juan XXIII en Bucaramanga. Dentro de las actividades, se realizó el seguimiento al proyecto en dicho barrio, lo que incluyó la asistencia a una visita de inspección ocular y la revisión de un informe técnico. Este informe recopiló antecedentes, estudios geológicos regionales y locales, climatología, hidrología general, exploración, ensayos, y demás información relevante. A partir de estos datos, se realizaron los análisis pertinentes, como el análisis sísmico, modelamiento en GeoStudio y análisis de estabilidad, además de la elaboración del presupuesto necesario para evaluar la viabilidad de las actualizaciones y prediseños propuestos. El informe final incluye los análisis realizados, junto con el modelamiento y resultados obtenidos, indicando la viabilidad de las obras de mitigación propuestas, los planos correspondientes, la memoria de cálculos y el presupuesto.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Jorge Rafael Montero Puyana. Ingeniero Civil.

Abstract

Title: Business Internship at the Subdirectorate of Risk Management and Territorial Security (SURYT) of the CDMB as a Civil Engineering Assistant for the identification and characterization of threatening events and the pre-design or updating of mitigation and stabilization works.*

Author: Juan Manuel Cala Granados**

Key Words: Mitigation Works, Risk management, Threatening events, SURYT, CDMB

Description: This project describes the activities carried out during the business internship at the Regional Autonomous Corporation for the Defense of the Bucaramanga Plateau (CDMB), in the Subdirectorate of Risk Management and Territorial Security (SURYT). As part of the support provided, work was done on the identification and characterization of threatening events, in addition to the pre-design and updating of mitigation works. To this end, existing technical studies and plans of the Juan XXIII sector in Bucaramanga were reviewed. Among the activities, the project was monitored in said neighborhood, which included attending an on-site inspection visit and reviewing a technical report. This report compiled background information, regional and local geological studies, climatology, general hydrology, exploration, tests, and other relevant information. From this data, the pertinent analyses were carried out, such as seismic analysis, GeoStudio modeling, and stability analysis, in addition to the preparation of the budget necessary to evaluate the viability of the proposed updates and pre-designs. The final report includes the analyses carried out, together with the modelling and results obtained, indicating the feasibility of the proposed mitigation works, the corresponding plans, the calculation report and the budget.

* Degree Work

** Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Jorge Rafael Montero Puyana, Civil Engineer

Introducción

En la actualidad, la gestión del riesgo y la seguridad territorial son fundamentales para garantizar el bienestar de las comunidades, especialmente en zonas propensas a desastres naturales tales como remoción en masa, erosión, inundación, avenidas torrenciales e incendios forestales. A nivel nacional, la gestión del riesgo es un pilar clave para el desarrollo sostenible y la protección de vidas humanas, guiado por normativas como el Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente (NSR-10). En este contexto, la identificación y caracterización de eventos amenazantes se presentan como pasos cruciales para el desarrollo de obras de mitigación que prevengan y minimicen los daños.

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) ejerce su autoridad en los municipios del área metropolitana de Bucaramanga, así como en las regiones de Soto Norte, El Playón, Lebrija y Rionegro. Esta jurisdicción, caracterizada por una ecología que incluye páramos, bosques, ríos y áreas urbanas, se enfrenta a desafíos en términos de gestión del riesgo. Para enfrentar estos desafíos, la CDMB conformó la Subdirección de Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial (SURYT), encargada de la gestión del riesgo ambiental y territorial en su área de influencia.

Como auxiliar de ingeniería civil, participé en la identificación y análisis de las amenazas que afectan al sector del barrio Juan XXIII, en la ciudad de Bucaramanga. Esta área ha experimentado procesos erosivos y de remoción en masa que representan una amenaza significativa para las viviendas ubicadas en la parte alta del escarpe. A través de un estudio de estabilidad del terreno, basado en análisis técnicos y cumpliendo con la normativa vigente, se identificaron los principales factores de riesgo y se propusieron medidas correctivas orientadas a garantizar la seguridad y estabilidad de las viviendas afectadas.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Realizar identificación y caracterización de eventos amenazantes y prediseño o actualización de obras de mitigación y estabilización como auxiliar en ingeniería civil en la subdirección de gestión del riesgo y seguridad territorial (SURYT) de la CDMB.

1.2 Objetivos específicos

Implementar herramientas de análisis en el Sistema de Información Geográfica (SIG) para delimitar eventos amenazantes, como remoción en masa, erosión, inundación, avenidas torrenciales e incendios forestales, con el objetivo de anticipar y gestionar los riesgos en áreas vulnerables.

Realizar la identificación y priorización de eventos amenazantes a atender teniendo en cuenta solicitudes de comunidad o entidades relacionadas, factores de riesgo y eventos históricos.

Realizar o actualizar prediseños de obras de mitigación de eventos amenazantes solicitados por las entidades municipales y judiciales en colaboración con la Coordinación del Grupo de Gestión del Riesgo de SURYT.

2. Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Muro en voladizo

Los muros de contención en voladizo son similares a los muros de gravedad, pero incorporan una base adicional que ofrece mayor resistencia al vuelco y deslizamiento debido al concreto extra. Esta configuración es más eficiente para contrarrestar las fuerzas activas, ya que el peso de estas fuerzas genera una resistencia vertical (gravitacional) que ayuda a prevenir el vuelco y deslizamiento, lo que permite utilizar menos concreto en su construcción. (SkyCiv Engineering, 2021)

2.1.2 Visita de inspección ocular

La visita de inspección ocular ofrece una visión tridimensional de las condiciones en las cuales se encuentra las estructuras de estabilización. Estas nos pueden proporcionar datos como los son agrietamientos, posibles presencias de humedad, afloramiento de agua, presencia de residuos sólidos, material orgánico, material vegetal, escombros y demás agentes que de una u otra manera pueden llegar a ser causantes del deterioro en las estructuras de mitigación analizadas.

2.1.3 Cantidades de obra

Las cantidades de obra en un proyecto de construcción son una estimación detallada de los materiales, mano de obra y equipos necesarios para completar cada parte del proyecto. Se expresan en unidades de medida como metros cúbicos, metros cuadrados, toneladas, etc. Es necesario calcular las cantidades de obra para cada actividad indicada en el presupuesto, basándose en los planos topográficos, arquitectónicos, estructurales y otros documentos complementarios. (Pérez López, 2014)

2.1.4 Anclajes activos

Los anclajes activos son componentes estructurales que se instalan en perforaciones en el terreno y permiten aplicar una carga de tensado. Están formados por cables de acero que se fijan en áreas estables del terreno. Incluyen una longitud libre de cable que facilita la transmisión de la carga hacia la zona del bulbo. (*Anclajes Activos*, s. f.)

2.1.5 Pantalla de concreto lanzado

Las pantallas delgadas de concreto armado son estructuras versátiles que pueden adaptarse a diversas condiciones geotécnicas. Se pueden construir mediante concreto lanzado in situ, lo que permite su rápida implementación y adaptación a terrenos irregulares. Estas pantallas también pueden reforzarse con hiladas de anclajes a diferentes niveles, proporcionando mayor estabilidad frente a las presiones laterales del suelo. (Arévalo, 2009)

2.1.6 Bulbo

También llamado zona de anclaje, es la parte en que el anclaje se adhiere al terreno y le transmite su carga, generalmente mediante la lechada, y que se tiene en cuenta a efectos resistentes, teniendo en cuenta que hasta que la inyección no alcance la resistencia de proyecto, no se podrá tesar el anclaje. (Burgos, s. f.)

2.1.7 APU

El análisis de precios unitarios (APU) es una metodología que descompone el costo de una actividad en su unidad mínima, como 1 km de vía o 1 m³ de concreto. Esto permite detallar los insumos y cantidades requeridos, así como los rendimientos de maquinaria y mano de obra, brindando una visión clara y precisa de los recursos necesarios para ejecutar una obra o intervención. (*Análisis Precios Unitarios*, s. f.)

2.2 Descripción de la empresa

2.2.1 CDMB

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) es una entidad pública autónoma creada por la ley 99 de 1993. Se encarga de la administración del medio ambiente y los recursos naturales renovables dentro de su jurisdicción, promoviendo su desarrollo sostenible, en línea con las políticas del Ministerio de Ambiente. Abarca los municipios de Soto Norte (California, Charta, Matanza, Suratá y Vetas) y nueve municipios de la provincia Metropolitana (Bucaramanga, El Playón, Floridablanca, Girón, Lebrija, Rionegro, Piedecuesta y Tona). Junto a la Gobernación de Santander, conforman la Asamblea Corporativa, su máximo órgano de dirección.(CDMB, 2021a)

2.2.2 Misión

La corporación autónoma regional para la defensa de la Meseta de Bucaramanga –CDMB, es un ente corporativo de carácter público, creada por ley, encargada de la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos en materia de ambiente, recursos naturales renovables y cambio climático, aplicando las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento.

2.2.3 Visión

En el año 2031, la corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga - CDMB, será una entidad de referencia por su gestión ambiental eficiente y eficaz en su jurisdicción, contribuyendo a la protección de la vida de hoy y garantizando la del mañana.(CDMB, 2021b)

3. METODOLOGIA

Para cumplir con los objetivos planteados, se crearon una serie de fases, cada una con su respectiva metodología, que guiarán el desarrollo del proyecto:

Tabla1

Metodología del proyecto

Fase	Actividades
1. Análisis preliminar de la problemática	Análisis de la información contenida en el informe de estudios técnicos realizados en el barrio Juan XXIII, proporcionado por la entidad, con el fin de obtener una comprensión más clara de la problemática presente en la zona.
2. Modelo geológico-geotécnicos	Realización de cortes transversales en el talud de la zona de estudio para obtener perfiles geotécnicos, que permitan desarrollar un modelo geológico-geotécnico y entender mejor la estabilidad del terreno.
3. Análisis de estabilidad	Evaluar la estabilidad del terreno y determinar las condiciones actuales del área para identificar posibles problemas y riesgos asociados.
4. Simulación y modelamiento	Creación de modelos que permita analizar la estabilidad del terreno y prever posibles escenarios de riesgo. Los resultados de estas simulaciones proporcionarán información clave para identificar áreas críticas y desarrollar recomendaciones para intervenciones necesarias.
5. Propuesta y prediseño de obras de mitigación	Desarrollo de soluciones preliminares que aborden los problemas identificados y mejoren la estabilidad del terreno, evaluando la viabilidad y efectividad de las propuestas.
6. Documentación y reporte	Elaboración del informe final que documenta el proceso llevado a cabo durante el periodo de prácticas y sirve como soporte para el proyecto de grado.

4. Desarrollo de la práctica

4.1 Descripción del proyecto

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, CDMB, específicamente la Subdirección de Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial, SURYT, tiene varios proyectos en distintas zonas dentro de su jurisdicción, sin embargo, la zona que se va a describir a continuación corresponde al barrio Juan XXIII. Este sector corresponde a una divisoria que en algunos sectores fue explanada para adecuar el sector para la construcción de viviendas. Hacia los lados de esta zona plana, el terreno cambia abruptamente desarrollándose pendientes fuertes a escarpadas, siendo susceptible a procesos erosivos, observándose algunos desprendimientos de los depósitos, que amenazan con afectar algunas de las viviendas.

El proyecto consta de un estudio que tiene como objeto evaluar la estabilidad del barrio Juan XXIII y la implementación de medidas de mitigación del riesgo a nivel de prediseño geotécnico.

La priorización del barrio Juan XXIII frente a otras zonas se basó en su alta vulnerabilidad a deslizamientos, debido a sus características geológicas y la densidad de viviendas en áreas de riesgo. Este sector, además, ha experimentado eventos recurrentes de inestabilidad, lo que ha incrementado la amenaza a la población y justificado la necesidad urgente de intervención.

Adicionalmente, la disponibilidad de estudios geotécnicos previos permitió una comprensión más rápida de la problemática, facilitando la identificación de soluciones efectivas. Por estos motivos, Juan XXIII fuera priorizado frente a otras zonas dentro del área de influencia de la CDMB.

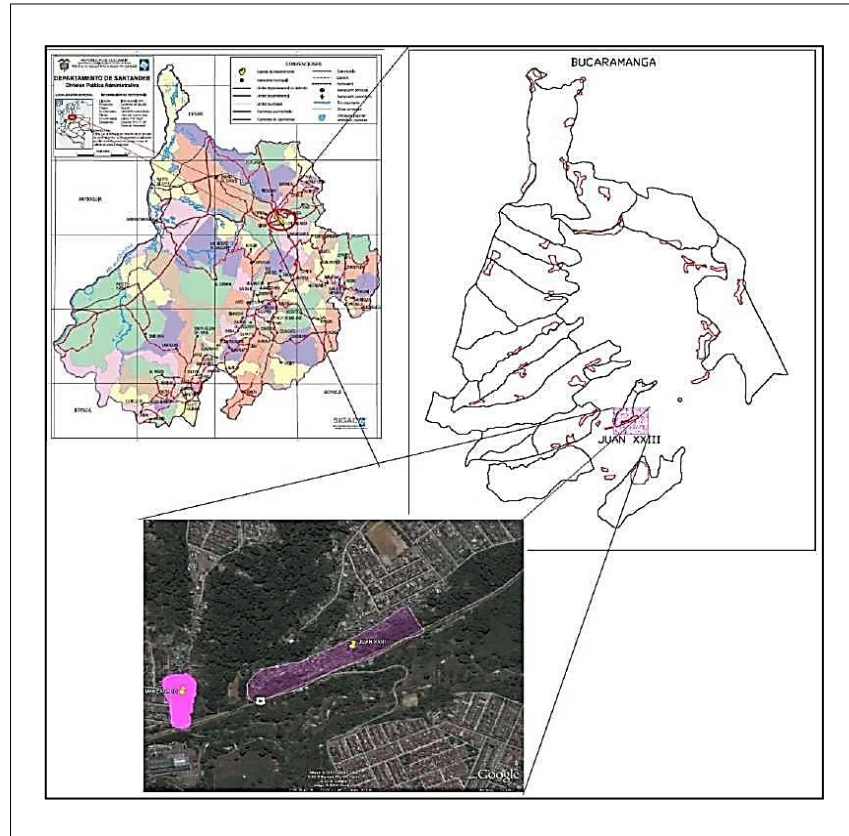
4.1.1 Ubicación del proyecto

Se encuentra localizado al suroccidente de Bucaramanga, cerca de la autopista que conduce a Girón, frente al desvío que conduce al barrio San Luis, en las coordenadas $X=1105478.98$ $y=1276375.35$ y $X'=1105806.13$ y $Y'=1276340.48$ a una altura promedio de 830 m.s.n.m.

El barrio Juan XXIII se encuentra limitado al norte por el barrio La Victoria, al occidente por un escarpe que hace parte del flanco izquierdo de una quebrada de dirección norte-sur, al oriente limita con el barrio 20 de Julio y al sur lo limita la vía que conduce de Bucaramanga a Girón.

Se empleó Google Earth como herramienta de apoyo para delimitar el problema en el barrio Juan XXIII. Esta herramienta generó imágenes satelitales actualizadas del área, lo que facilitó la identificación visual de las zonas más afectadas por deslizamientos y erosión, así como la superposición de capas de información sobre el relieve y las características geológicas. Aunque Google Earth no es un Sistema de Información Geográfica (SIG) completo en el sentido tradicional, ya que no permite análisis geospaciales avanzados ni manipulación compleja de datos espaciales, sí ofrece características básicas de un SIG. Es útil para la visualización de mapas, la interpretación del terreno y la recopilación de datos geográficos.

En este contexto, Google Earth funcionó como un primer paso para la identificación visual del problema, permitiendo observar la topografía y las áreas más vulnerables del terreno. Esto proporcionó un punto de partida para las fases posteriores del análisis geotécnico más detallado.

Figura 1*Ubicación del proyecto*

Nota. Tomado de: Informe final de actividades,” Evaluación De Estabilidad Y Prediseño De Medidas Correctivas Para El Sector Juan XXIII, Comuna 8 del Municipio De Bucaramanga Departamento De Santander”.

4.2 Análisis preliminar de la problemática**4.2.1 Revisión del informe de estudios técnicos realizados en el sector**

Al realizar una revisión del respectivo informe proporcionado por la entidad, se da a conocer el problema que afecta al barrio Juan XXIII, el cual es la inestabilidad del terreno debido a procesos erosivos y de remoción en masa, los cuales amenazan las viviendas ubicadas en la zona.

Estos fenómenos han sido registrados desde hace algún tiempo y representan un riesgo significativo para las estructuras residenciales y la seguridad de los habitantes el sector.

Además de los aspectos técnicos identificados en el informe, se llevó a cabo una revisión de antecedentes en el sistema de información corporativo donde se encontró un requerimiento solicitado por la Contraloría del Municipio de Bucaramanga, Santander la cual requirió visita técnica por parte de la SUBDIRECCIÓN DE GESTIÓN DEL RIESGO Y SEGURIDAD TERRITORIAL (SURYT) junto con registros de visitas del 2021 en cumplimiento con el plan de Acción 2020-2023 y cartas de respuesta a peticiones allegadas a la CDMB junto con una remisión de estudios realizados a la Secretaria de Interior del municipio de Bucaramanga, y al señor Prudencio Martínez Pedraza presidente de la junta de acción comunal del barrio Juan XXIII.

4.2.2 Organización de la información encontrada

Para solucionar estos problemas, se ha propuesto una serie de medidas correctivas basadas en una evaluación interdisciplinaria encontrada en dicho informe de estudios técnicos que incluye estudios geológicos, geomorfológicos, hidráulicos e hidrológicos, además de la exploración del subsuelo. Estas medidas están orientadas a garantizar la estabilidad de las viviendas y mitigar los efectos de la erosión. El objetivo es disminuir y, si es posible, mitigar totalmente los efectos de la erosión, optimizando al mismo tiempo los recursos económicos disponibles.

4.3 Modelo geológico-geotécnicos

El modelo geológico-geotécnico se define como aquel que involucra aspectos geológicos (variación en profundidad de los diferentes depósitos) y geotécnicos (caracterización geomecánica de los diferentes depósitos). Las anteriores variables son necesarias para la obtención de perfiles geotécnicos que serán utilizados posteriormente en los análisis de estabilidad. En este orden de ideas se definieron 3 secciones pues se consideraron como las más críticas, A continuación, se

presenta la localización de los cortes transversales. Para definirlos, se utilizó Google Earth, que permitió obtener imágenes satelitales y visualizar de manera precisa la geografía del barrio Juan XXIII. Esta herramienta facilitó la identificación de las áreas de mayor riesgo, así como la superposición de información relevante y la delimitación preliminar de las zonas para el análisis.

Google Earth fue clave para delimitar las áreas de riesgo, destacando las pendientes más pronunciadas y las viviendas situadas en zonas críticas. Esto permitió enfocar los estudios más detallados, priorizando las áreas donde debía centrarse el análisis técnico y las propuestas de mitigación.

Figura 2

Localización de los perfiles con vista de Google Earth

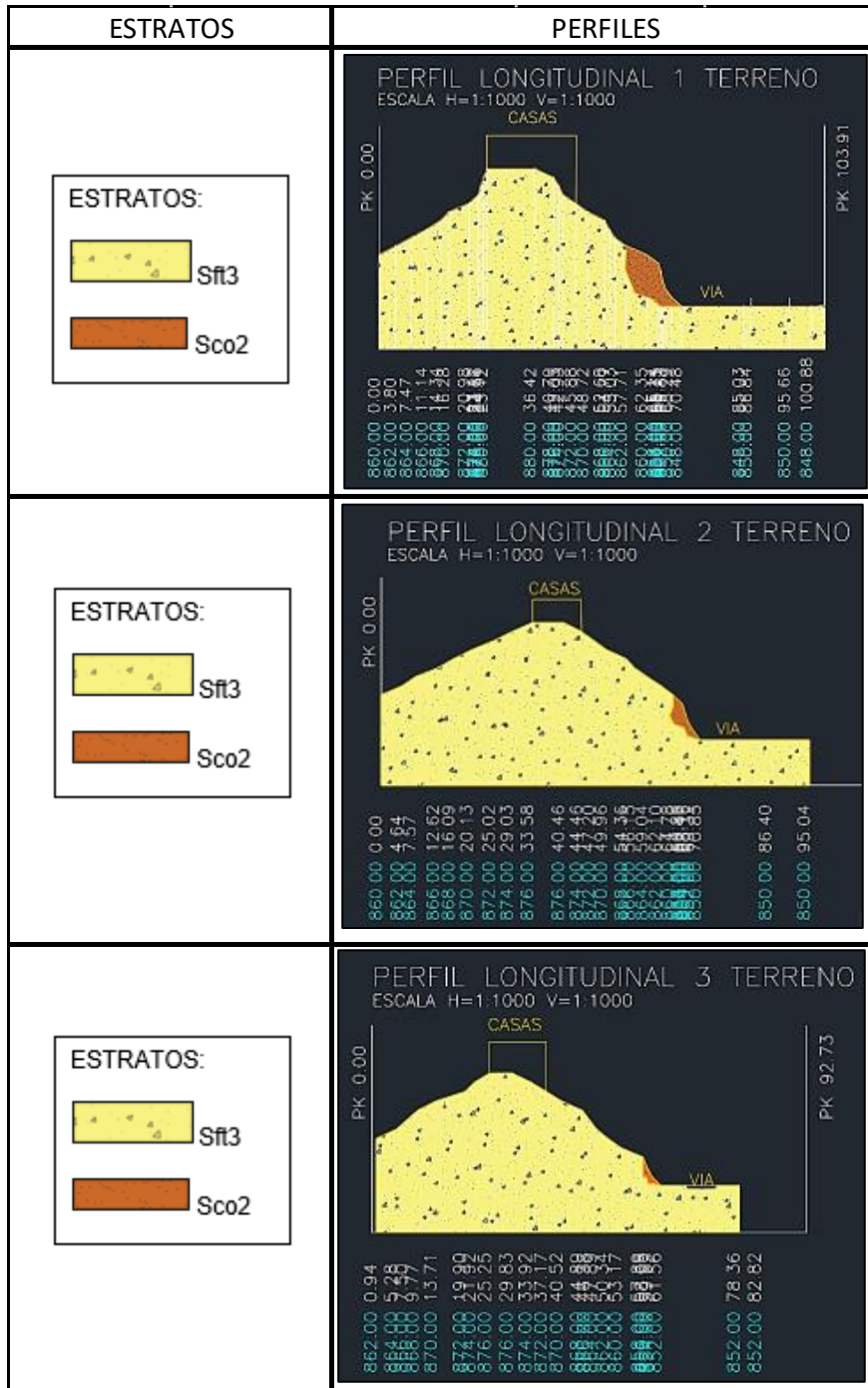


4.3.1 Identificación de estratos

De acuerdo con la información obtenida del registro de perforación PVI-21-21, los apiques, los resultados de laboratorio y la geología del sector, se procedió a definir tipos y espesores de los materiales, agrupándolos de acuerdo con su similitud de características geomecánicas.

Figura 3

Identificación de estratos



4.4 Análisis de estabilidad

Para el análisis de estabilidad se usaron los métodos de equilibrio límite desarrollados por Bishop y Spencer, bajo condiciones de sismo y suelo parcialmente saturado. Simultáneamente, son evaluadas dos situaciones del sector en estudio: estado actual del terreno, que corresponde a la condición sin obras y la situación futura del terreno, concerniente a la condición con obras.

4.4.1 Análisis sísmico

Para determinar el coeficiente de aceleración horizontal, se optó por utilizar los datos del Mapa de Zonificación Sismogeotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga. Esto se decidió tras comparar los coeficientes obtenidos a partir de la NSR-10, apéndice A, y el mapa de zonificación, apéndice B. Se encontró que los espectros de diseño proporcionados por el estudio de zonificación son más precisos y específicos para las condiciones locales de Bucaramanga, mostrando variaciones significativas entre zonas. En cambio, la NSR-10, al estar diseñada para aplicarse a todo el país, es más conservadora y uniforme, sin considerar las particularidades locales.

Tabla 2

Datos obtenidos de la zonificación

	Zona 1 Roca	Zona 2 Suelo Rígido	Zona 3 Llenos
To (s)	0,10	0,05	0,15
Tc (s)	0,50	0,40	0,50
Tl (s)	4,00	3,60	4,00
Am (g)	0,30	0,40	0,65
Sm (g)	0,63	0,90	1,25

Nota. Los datos de esta tabla fueron tomados del Mapa de Zonificación Sismogeotécnica Indicativa (apéndice B).

Para el proyecto realizado en el barrio Juan XXIII, el coeficiente de aceleración horizontal usado fue de 0.8 el factor de aceleración pico definido por el del Mapa de Zonificación Sismogeotécnica Indicativa, $A_{\text{máx}}=0.30g$ para la zona 1, que es donde se encuentra localizado. Dando un coeficiente de aceleración horizontal, K_{stx} , de 0.24 g y el coeficiente de aceleración vertical, K_{sty} , el cual será el 50% de K_{stx} , 0.12 g, los cuales emplearemos para nuestro modelo pseudo-estático.

4.4.2 Análisis de equilibrio límite

Estos análisis se llevan a cabo en dos escenarios: el primero, en condiciones actuales, sin la presencia de estructuras de contención. El segundo escenario incluye el análisis del talud con estructuras de contención.

Debido a la ubicación del sector, el análisis de estabilidad se dividió en 3 perfiles longitudinales, sin embargo, el lado a intervenir y la zona de estudio es el talud que colinda con la calle 70. Los análisis se realizaron usando el programa GEOSLOPE v.24, desarrollado por la firma Geostudio Overview.

4.4.3 Análisis para la condición actual

Para la condición actual del terreno, se pretende básicamente modelar el comportamiento del talud al verse sometido a un nivel freático, sobrecarga debido a las viviendas y un sismo, teniendo en cuenta que dicha sobrecarga es de 3 T/m².

A continuación, se presentan los análisis de los perfiles con el fin de exponer el comportamiento del terreno en la zona. La Tabla 3 indica los factores de seguridad debido a nivel

freático y sobrecarga de viviendas (estático) y la Tabla 4 indica los factores de seguridad debido a lo anterior más carga sísmica (seudo-estático).

Tabla 3

Factores de seguridad, para condiciones actuales

MÉTODO	ANÁLISIS	PERFIL 1	PERFIL 2	PERFIL 3
BISHOP	ESTÁTICO	1,2	1,399	1,43
SPENCER		1,189	1,388	1,423

Tabla 4

Factores de seguridad, para condiciones actuales

MÉTODO	ANÁLISIS	PERFIL 1	PERFIL 2	PERFIL 3
BISHOP	SEUDO-	1.054	0,999	1,041
SPENCER	ESTÁTICO	1.001	1,011	1,051

4.4.4 Análisis de estabilidad con medidas de mitigación

Las propuestas para la alternativa de mitigación en el sector del barrio Juan XXIII, corresponde a la implementación de pantalla anclada y un muro en voladizo, con anclajes de 35 [m] de longitud, con separación vertical de 3 [m] y horizontal de 1 [m], con una inclinación de 15° respecto a la horizontal y un bulbo de 21 [m] de longitud. El muro tendrá una altura de 5 [m] y un espesor de 0.30 [m]. También estructuras de drenaje, como drenes horizontales para el muro en voladizo con longitud de 20 [m].

Los análisis revelan que las superficies de falla más críticas se encuentran en las áreas actualmente ocupadas por viviendas. Para estabilizar la ladera y llevar a cabo las obras de mitigación, se recomienda la reubicación de algunas casas. Entre los perfiles evaluados, el más

crítico es el perfil 1, ya que presenta los factores de seguridad más bajos debido a la sobrecarga generada por las viviendas, siendo esta más significativa en comparación con los otros dos perfiles, estas obras permitieron obtener factores de seguridad superiores a 1.2 como se indica en la Tabla 5.

Tabla 5

Factores de seguridad con condición de obras

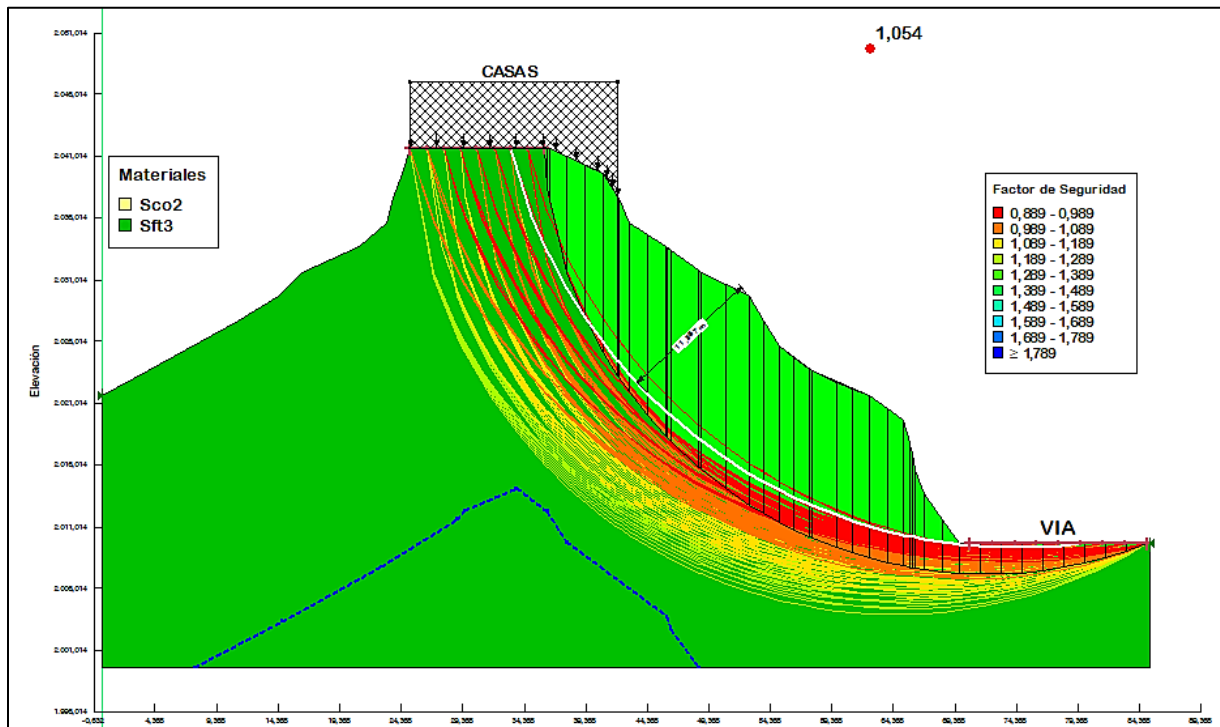
MÉTODO	ANÁLISIS	PERFIL 1	PERFIL 2	PERFIL 3
BISHOP	CON	1,252	1,384	1,458
SPENCER	OBRAS	1,254	1,377	1,454

4.5 Simulación y modelamiento

4.5.1 Análisis del perfil 1 en condición actual

Figura 4

Análisis de estabilidad del perfil 1 en condiciones actuales

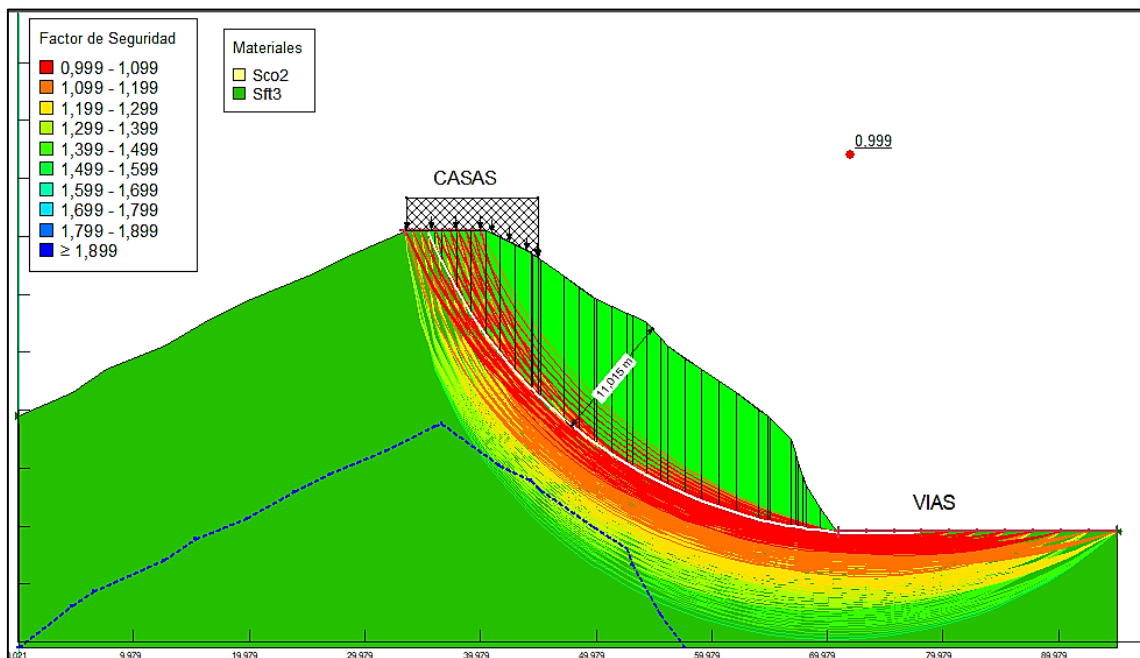


Del análisis de estabilidad en la Figura 4, se puede decir que la falla del talud se generará desde la parte alta hasta la parte baja del talud a una profundidad cercana a los 12 [m] con un factor de seguridad mínimo de 1,054. Recalcando que en este perfil hay una carga superficial debido a las viviendas que se encuentran ubicadas en la parte alta del talud, donde las viviendas están comprendidas entre dos y tres pisos de altura.

4.5.2 Análisis del perfil 2 en condición actual

Figura 5

Análisis de estabilidad del perfil 2 en condiciones actuales



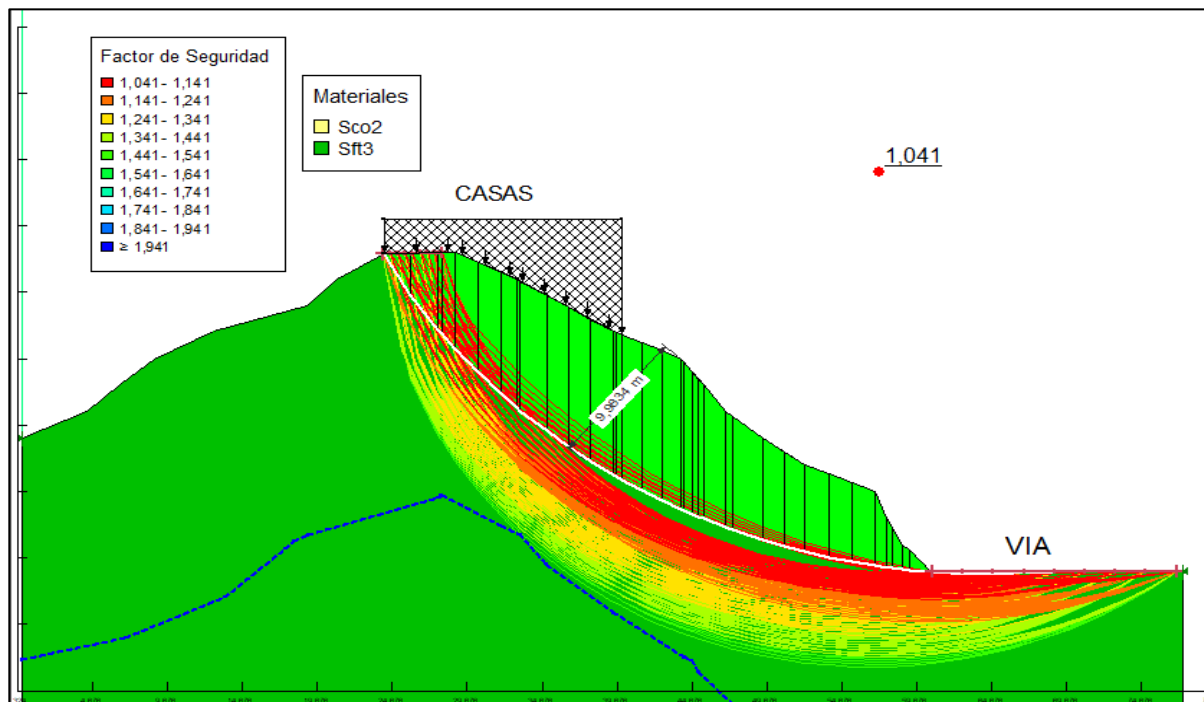
Aquí podemos observar que la falla se generará desde la parte alta hasta la parte baja del talud a una profundidad aproximada de 12 [m], y un factor de seguridad mínimo de 0,99, a este lado se encuentra suelo coluvial inactivo que se ha venido desplazando hacia la vía en la parte baja, además las viviendas se encuentran ubicadas sobre un talud bastante pronunciado. Esta falla

podría generar caída de material como se presenta en el perfil anterior y afectar las edificaciones que allí se encuentran.

4.5.3 Análisis del perfil 3 en condición actual

Figura 6

Análisis de estabilidad del perfil 3 en condiciones actuales



En la Figura 6 se presentan los resultados del análisis de estabilidad para el perfil 3; se observa que la falla se presenta desde la parte alta del talud hasta la parte baja con una profundidad de 10 [m] aproximadamente. Igualmente, que en el perfil anterior en éste se encuentra suelo coluvial inactivo en la parte baja del talud, lo que ha generado caída de material a la vía y podría generar inestabilidad en las viviendas que se encuentran en la parte superior.

4.5.4 Análisis de estabilidad con medidas de mitigación en perfiles 1,2 y 3

Figura 7

Análisis con obras para el perfil 1

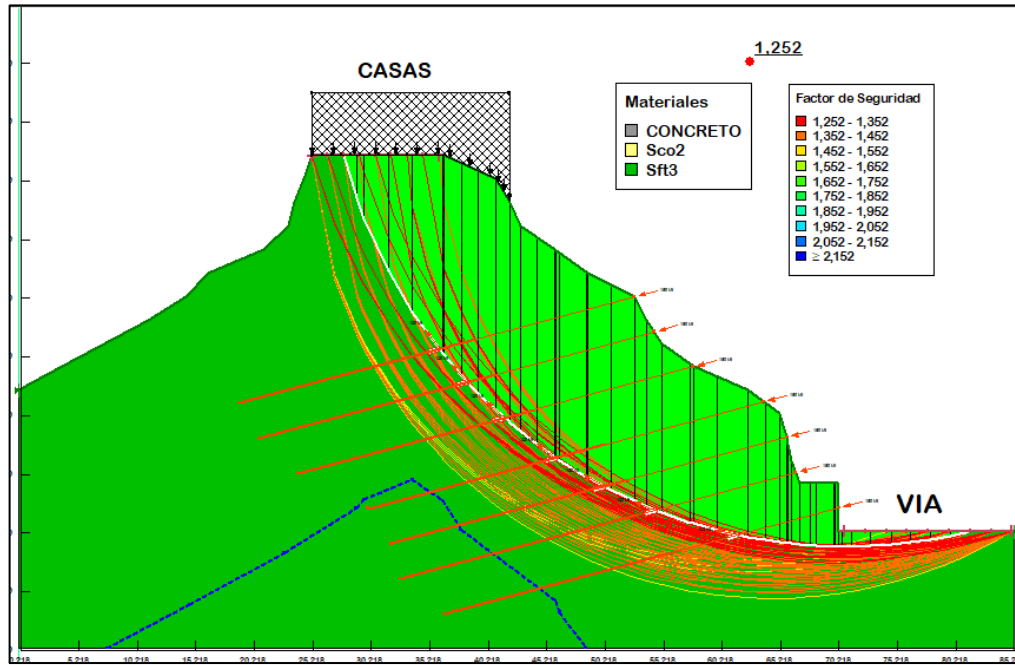


Figura 8

Análisis con obras para el perfil 2

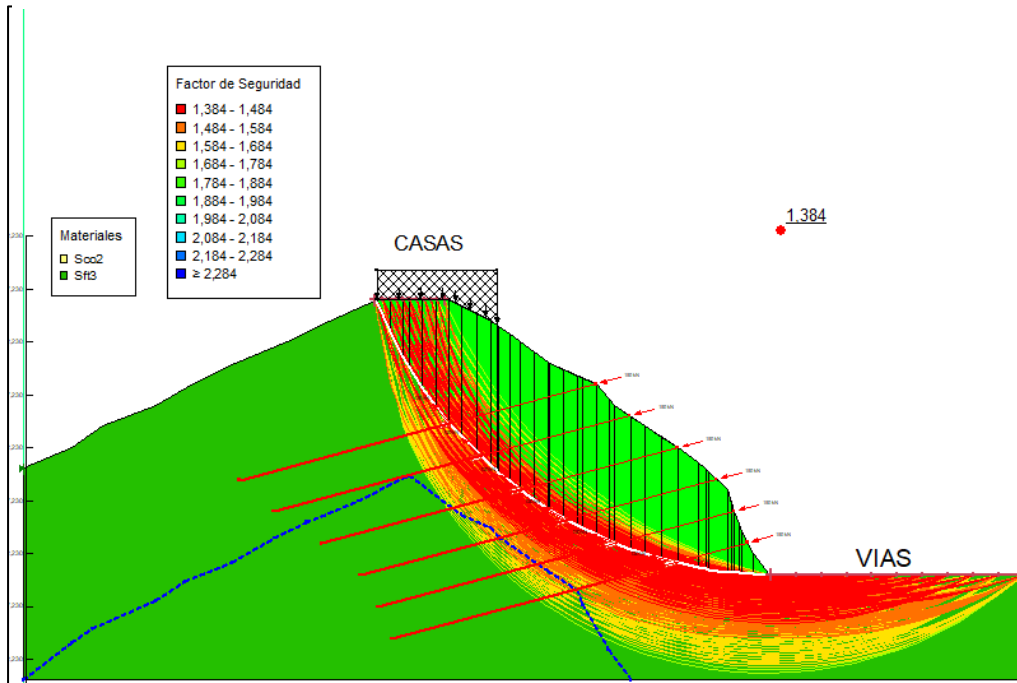
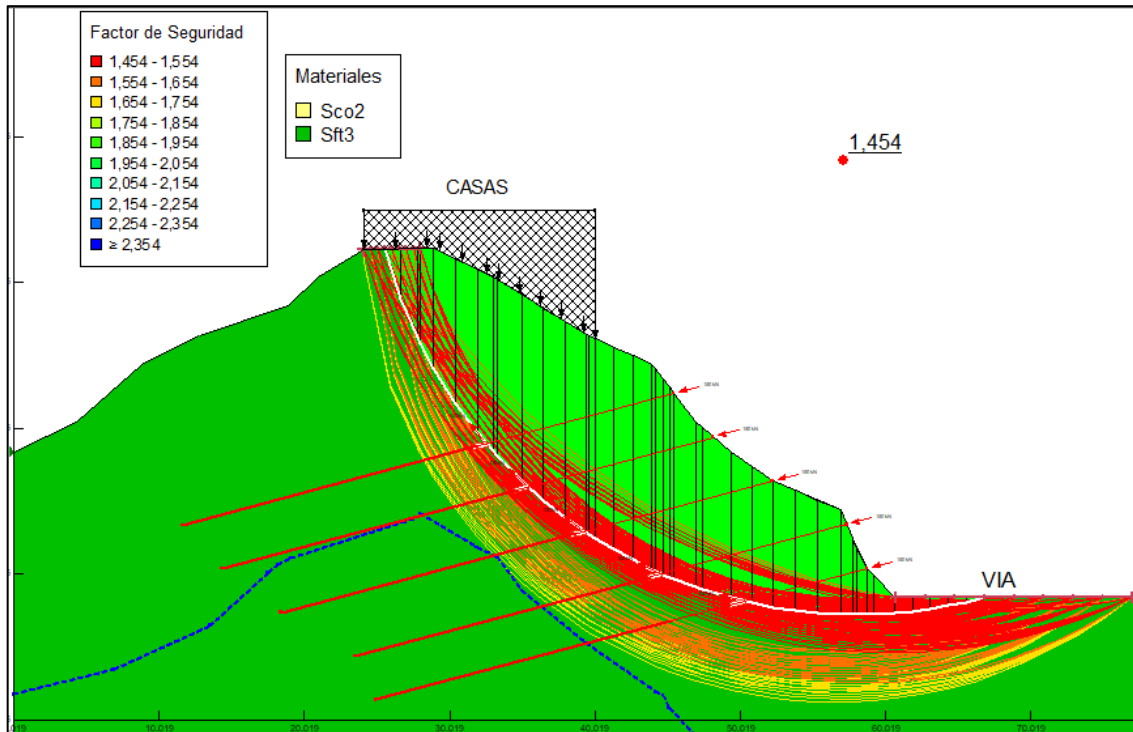


Figura 9*Análisis con obras para el perfil 3*

4.6 Evaluación y zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa

La evaluación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa, ya sea de origen natural, humano o mixto, que puede poner en riesgo vidas, bienes, economía y cultura de una comunidad, requiere un conocimiento preciso del tipo de movimiento en masa activo o potencial, así como estimaciones de su magnitud, frecuencia y ubicación. Este proceso es complejo y exige una gran cantidad de información sobre diversos aspectos, como la topografía, el uso y la cobertura del suelo, la geología (incluyendo geología para ingeniería, estratigrafía y geología estructural), la geomorfología, el clima, la hidrología, la hidráulica, la hidrogeología (niveles piezométricos y su variación temporal, flujo de aguas subterráneas), los parámetros geomecánicos de los materiales y

la intensidad y probabilidad de factores desencadenantes como lluvias y sismos. (*Decreto 1807 de 2014 - Gestor Normativo, s. f.*)

4.6.1 Aspectos metodológicos generales

La metodología general utilizada para la evaluación de la amenaza por movimientos en masa e inundación se basa en la evaluación de la estabilidad del talud en estudio, utilizando un modelo determinístico y para un escenario caracterizado por los agentes detonantes. Por otra parte, para la realización de la zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa se realizó a partir de los factores de seguridad arrojados por el software GeoSlope, los cuales mediante un programa de interpolación permitieron generar las áreas con los diferentes niveles de amenaza por remoción en masa.

Los factores detonantes que se tuvieron en cuenta para el presente proyecto debido a sus características geológicas, sísmicas, hidrológicas, entre otras, fueron las cargas sísmicas, las lluvias y las actividades antrópicas. Para el caso del factor sísmico se utilizó un coeficiente de aceleración de 0.24 g y 0.12 g para la ciudad de Bucaramanga.

4.6.2 Niveles de amenaza

Para la clasificación de los niveles de amenaza se adoptaron los parámetros de la Resolución CDMB No 1294 de 2009 “NORMAS TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE EROSIÓN Y PARA LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS E HIDROLÓGICOS” capítulo II, en donde se definen los niveles presentados en las tablas a continuación

Tabla 6

Niveles de factor de seguridad a deslizamientos para condiciones estáticas

NIVEL	F.S A LOS DESLIZAMIENTOS PARA CONDICIONES ESTÁTICAS	CONCEPTO
BAJO	>1,5	Son terrenos "geológicamente estables donde las amenazas de movimientos naturales de masa son mínimas o no existe.
MEDIO	1,25-1,5	Son terrenos clasificados geológicamente como "relativamente inestables", en los cuales para adelantar la construcción de obras es necesaria la ejecución previa de trabajos que preserven su estabilidad o se establecen condicionantes para el manejo del terreno, orientados a conservar o mejorar su estabilidad natural.
ALTO	<1,25	Pertencen a esta clasificación terrenos clasificados como "inestables" en los cuales no se debe adelantar ninguna obra de construcción, debido a que presentan riesgos altos para la vida y bienes de la comunidad, además su recuperación es muy compleja, o demasiado costosa. Se deben destinar zonas verdes, reforestación o de tratamientos especiales a largo plazo.

Nota. Los factores de seguridad y conceptos para cada una de estas condiciones fueron adaptados de la resolución 1294 del 2009 de la CDMB, "NORMAS TECNICAS PARA EL CONTROL DE EROSION Y PARA LA REALIZACION DE ESTUDIOS GEOLOGICOS GEOTECNICOS E HIDROLOGICOS", apéndice H.

Tabla 7

Nivel de amenaza para condiciones de eventos sísmicos

NIVEL	F.S A LOS DESLIZAMIENTOS PARA EVENTOS SÍSMICOS	CONCEPTO
BAJO	>1,2	Son terrenos "geológicamente estables donde las amenazas de movimientos naturales de masa son mínimas o no existe.

MEDIO	1,0-1,2	Son terrenos clasificados geológicamente como "relativamente inestables", en los cuales para adelantar la construcción de obras es necesaria la ejecución previa de trabajos que preserven su estabilidad o se establecen condicionantes para el manejo del terreno, orientados a conservar o mejorar su estabilidad natural.
ALTO	<1,0	Pertencen a esta clasificación terrenos clasificados como "inestables" en los cuales no se debe adelantar ninguna obra de construcción, debido a que presentan riesgos altos para la vida y bienes de la comunidad, además su recuperación es muy compleja, o demasiado costosa. Se deben destinar zonas verdes, reforestación o de tratamientos especiales a largo plazo.

Nota. Los factores de seguridad y conceptos para cada una de estas condiciones fueron adoptados de la resolución 1294 del 2009 de la CDMB, “NORMAS TECNICAS PARA EL CONTROL DE EROSION Y PARA LA REALIZACION DE ESTUDIOS GEOLOGICOS GEOTECNICOS E HIDROLOGICOS”, apéndice H.

Teniendo en cuenta los factores de seguridad obtenidos en los análisis antes mencionados, la zona de estudio se encuentra para un deslizamiento en condición estático, un nivel alto, y para condición pseudo-estático también un nivel alto de amenaza

4.7 Propuesta y prediseño de obras de mitigación

En este capítulo se presentan las diferentes obras de mitigación propuestas para disminuir el problema de inestabilidad y erosión en el sector del barrio Juan XXIII. Estas medidas incluyen obras tales como: Muros en voladizo y Anclajes.

4.7.1 Estructuras de contención

4.7.1.1 Muro en voladizo. El principal propósito del muro pantalla es proporcionarles estabilidad a las viviendas. Por lo tanto, se propone la construcción de un muro en voladizo de

5.00m de altura y con las mismas especificaciones, a continuación, se presentan en la Tabla 7 las dimensiones.

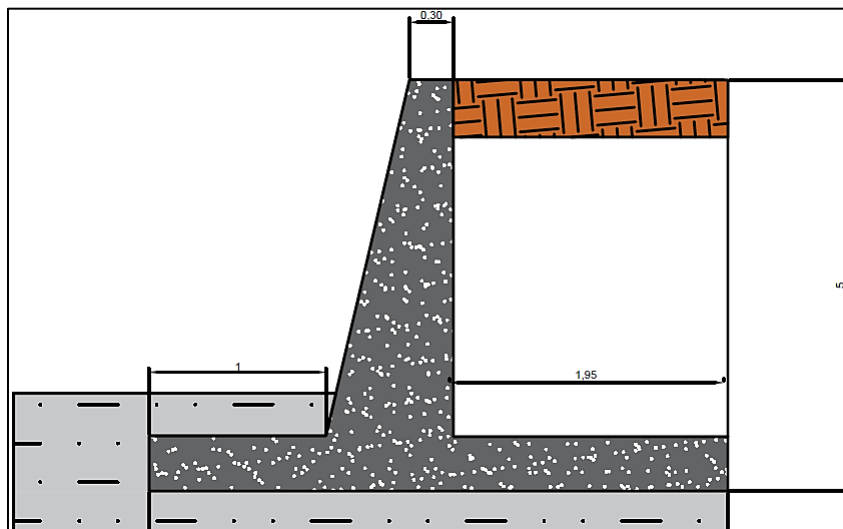
Tabla 8

Predimensionamiento del muro en voladizo

PREDIMENSIONAMIENTO DEL MURO EN VOLADIZO			
Dimensiones	Propuestas		Definitiva
Altura (H)			5,00 m
Base (B)	2,5	3,5	3,50 m
Punta (P)	0,9	1,2	1,00 m
Fuste (F)		0,55	0,55 m
Talon (T)		1,95	1,95 m
Espesor (e)		0,3	0,30 m
Peralte (h')		0,50	0,50 m
H'			4,50 m

Figura 10

Muro en voladizo propuesto



Nota. Figura obtenida del Apéndice C

4.7.1.1.1 Revisión de la estabilidad local. Para la revisión de la estabilidad de los muros en voladizo se usará la teoría de la presión de Rankine, en donde se supondrá que la condición activa de Rankine existe a lo largo del plano vertical generado desde la pata del muro hasta la superficie. En el análisis de la estabilidad del muro, se tomará en consideración la fuerza activa de Rankine $Pa_{Rankine}$, el peso del suelo Ws arriba del talón y el peso del concreto Wc . Los cálculos y procedimientos realizados para el análisis del muro se encuentran en el apéndice E.

$$Pa = \frac{1}{2} \gamma_1 H^2 K_a - 2c_1 H \sqrt{K_a}$$

$$Pp = \frac{1}{2} \gamma_2 D^2 K_p + 2c_2 D \sqrt{K_p}$$

Donde

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2)$$

$$K_p = \tan^2(45 + \phi/2)$$

4.7.1.1.2 Revisión por volteo. Donde el valor mínimo deseable para el factor de seguridad con respecto al volteo es de 2 o 3 y se calcula con la siguiente expresión:

$$F_{S_{volteo}} = \frac{\sum \text{Momentos resistentes}}{Pa * \cos(\alpha) * \frac{H'}{3} - Mv}$$

Donde

$$Mv = Pv * B = Pa * \sin(\alpha) * B$$

4.7.1.1.3 Revisión por deslizamiento. Donde se requiere un factor de seguridad de 1.5 contra deslizamiento y se calcula con la siguiente expresión

$$FS_{deslizamiento} = \frac{\sum F_R}{\sum F_D}$$

Donde

$$\sum F_R = \sum F_{\text{horizontales resistentes}} = (\sum V) \tan \delta + Bc_a + Pp$$

El ángulo de fricción entre el suelo y la losa de base δ se usará como $\delta = k_1 \phi_2$ y a la adhesión entre el suelo y la losa de base ca como $ca = k_2 c_2$. En este caso se tomará $k_1 = k_2 = 2/3$.

4.7.1.1.4 Revisión por falla de capacidad de carga de la base.

$$FS_{\text{capacidad de carga}} = \frac{qu}{q_{\max}}$$

Donde el valor de q_{\max} se obtiene de la siguiente expresión:

$$q_{\max} = \frac{\sum V}{B \cdot 1} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) \text{ y } q_{\min} = \frac{\sum V}{B \cdot 1} \left(1 - \frac{6e}{B} \right)$$

Además, para poder calcular el valor debemos tener la excentricidad la cual se calcula de la siguiente manera:

$$e = \frac{B}{2} - CE = \frac{B}{2} - \left(\frac{\sum M_R - \sum M_o}{\sum V} \right)$$

Donde los momentos fueron calculados respecto al punto C y $\sum M_o$ corresponde a la suma de los momentos de las fuerzas que tienden a voltear el muro respecto al punto C. Y para finalizar, la carga última se calcula como:

$$q_u = c_2 N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + 1/2 \gamma_2 B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Y cada una de esas variables les corresponden las siguientes expresiones:

$$q = \gamma_2 * D$$

$$B' = B - 2e$$

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D}{B'}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan(\phi_2) (1 - \text{sen}(\phi_2))^2 \frac{D}{B'}$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\Psi^\circ}{90^\circ}\right)^2$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\Psi^\circ}{\phi_2}\right)^2$$

$$\Psi = \tan^{-1} \left(\frac{Pa * \cos(\alpha)}{\Sigma V} \right)$$

Para el análisis por capacidad de carga generalmente se requiere un factor de seguridad de

3. Las Características geométricas del muro y parámetros de los suelos lindantes a estos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 9

Características del material que conforman el muro en voladizo

DATOS INICIALES		
Y1	20	MATERIAL DE RELLENO
C1	0	
ϕ	30	
Y2	21	SUELO DE CIMENTACION
C2	21	
ϕ_2	33,4	
Yc	24	

f'c	28	CONCRETO
fy	420	
W	10	SOBRECARGA

Nota. Datos tomados del informe de estudios técnicos.

Los resultados de los 3 análisis, volcamiento, deslizamiento y capacidad de carga se presentan a continuación:

Tabla 10

Resultados revisión de la estabilidad del muro en voladizo

F.S volteo		F.S deslizamiento		F.S. capacidad de carga	
Calculado	Admisible	Calculado	Admisible	Calculado	Admisible
3,081	2	2,64	1,5	11,25	3

Nota. Hasta este punto de cálculos tipo, todo el procedimiento y consideraciones se encuentran en el apéndice E.

El muro en voladizo estará sujeto al terreno con anclaje de 35m de longitud con una separación vertical de 3.0 metros y con una inclinación de 15° respecto a la horizontal; según los resultados del análisis de estabilidad se encuentra que las cargas máximas permisibles para los anclajes junto con sus características son las presentadas en la Tabla 1 y 12.

Tabla 11

Características de los anclajes

separación vertical	Separación horizontal	longitud	Longitud de bulbo	Tensión máxima permisible
3 m	1 m	35 m	21 m	300 kN

Nota. Podrá encontrar esta tabla en el apéndice E.

Tabla 12*Características de los anclajes*

Parámetros de resistencia de la interfaz suelo/lechada		Resistencia del suelo y del bulbo	Fuerza cortante	Inclinación
C'	ϕ'	[kPa]	[kN]	[°]
8,40 kN/m ²	33,40 °	300	240	15 °

Nota. Podrá encontrar esta tabla en el apéndice E.

4.7.2 Anclajes

Los anclajes serán barras de acero corrugadas AEH-500/5850 de diámetro 1 a 2 pulgadas y longitud entre 10m y 35m, con capacidad de carga mínima de 270KN y 350KN. Un anclaje pretensado es un elemento estructural instalado en suelo o roca, utilizado para transmitir cargas de tensión al terreno.

4.7.2.1 Partes del anclaje.

4.7.2.1.1 Zona de bulbo. Es la parte del anclaje solidaria al terreno en profundidad, encargada de transferir los esfuerzos al mismo y se encuentra ubicada detrás de la línea de falla del terreno. La longitud mínima de esta zona de bulbo debe ser de 10m de longitud de la barra de acero. (Burgos, s. f.)

4.7.2.1.2 Zona libre. Es la parte del anclaje en la que la armadura se encuentra aislada del terreno que la rodea y se encuentra por delante de la línea de falla del terreno (Burgos, s. f.).

4.7.2.1.3 Barra. Barra de acero que transmiten la tensión del punto de apoyo hasta el suelo o roca. Se utiliza barras de acero de alta tensión de 1" a 2" de diámetro. (Burgos, s. f.)

4.7.2.1.4 Separadores. Elemento metálico o de caucho que permiten mantener alineado la barra de acero y separan la tubería de PVC de la barra, permitiendo el flujo de lechada alrededor de éstos.(Burgos, s. f.)

4.7.2.1.5 Protección del cabezal del anclaje. Es un protector en acero o plástico que se utiliza para proteger el cabezal del anclaje y partes de acero de la corrosión y daños físicos. (Burgos, s. f.)

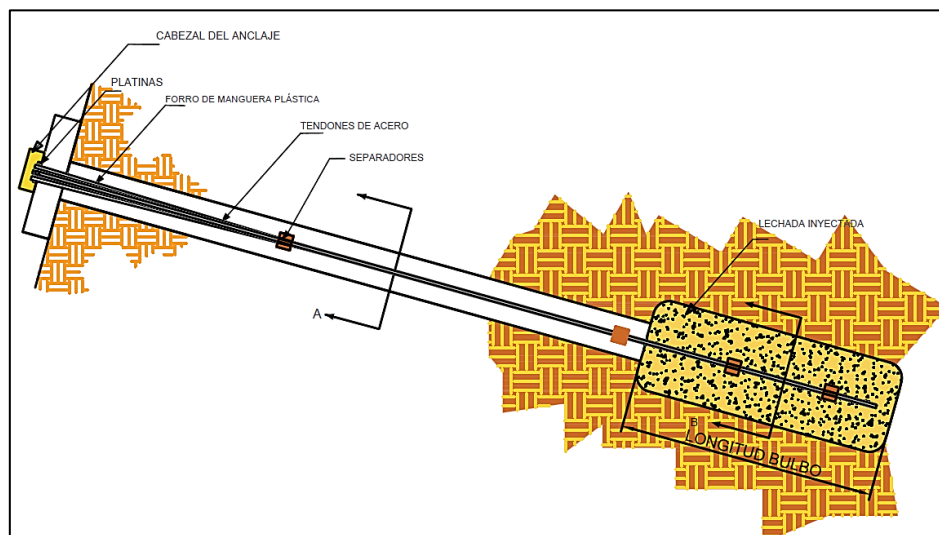
4.7.2.1.6 Lechada. La lechada protege el acero pretensado en la zona libre y en la zona del bulbo, y puede ser cemento o resina en poliéster. La lechada también es utilizada para rellenar las cubiertas.(Burgos, s. f.)

4.7.2.1.7 Placas de Fijación Interiores. Estarán fabricadas en acero de espesor variable entre 8 y 15mm, con forma y dimensiones adecuadas para garantizar la transmisión de los esfuerzos de los cables de conexión. (Burgos, s. f.)

4.7.2.1.8 Sujeta cables. Necesarios para la fijación y montaje de los cables de soporte de la red. Se utilizarán del tipo indicado según DIN 1142. (Burgos, s. f.)

Figura 11

Anclaje activo propuesto



Nota. El anclaje se encuentra más a detalle en el apéndice C


4.8 Evaluación de costos

A continuación, se presenta un presupuesto preliminar para la construcción de las obras de estabilización y protección contra la erosión. Sin embargo, vale la pena aclarar los siguientes aspectos:

los APU utilizados la evaluación de los costos para la condición actual fueron tomados de la CDMB de 2024 y las cantidades de obra calculadas se hicieron con base en cubicaciones de acuerdo a las secciones de análisis y extrapolaciones. Por lo tanto, este presupuesto corresponde a una aproximación de los reales costos que deberán ser estimados de acuerdo a las condiciones presentes en el campo al momento de iniciar la obra.

Tabla 13

Presupuesto de estabilidad general sector Juan XXIII

		CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA - CDMB			
		ELABORÓ: Practicante SURYT	REVISÓ:	REVISÓ: Coordinador grupo de gestión del riesgo	APROBÓ:
CÓDIGO: M-RA-FO10	VERSIÓN: 2	PRESUPUESTO DE OBRA			
OBRA: PREDISEÑO DE MEDIDAS CORRECTIVAS PARA EL SECTOR JUAN XXIII, TALUD SUR DE LA AUTOPISTA A GIRÓN, COMUNA 8 DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA, SANTANDER					
FORMULARIO DE CANTIDADES APROXIMADAS DE OBRA Y PRECIOS					
ITEM	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
SECCIÓN PRIMERA					
1.01	Replanteo, control y medición de la obra	mes	2,00	\$11.713.121,00	\$23.426.242,00
1.03	Vallas y señales especiales				
1.03.01.A	Valla tipo 1A (5,00m x 2,80 m)	und	1,00	\$2.694.051,77	\$2.694.051,77
1.04	Desmonte y limpieza	m ²	2.547,00	\$5.514,00	\$14.044.158,00
1.05	Retiro de basuras y escombros	m ³	254,70	\$87.572,00	\$22.304.588,40
1.06	Perfilado a mano descolgado de talud	m ³	1.273,50	\$192.983,00	\$245.763.850,50
SUBTOTAL SECCIÓN PRIMERA:					\$308.232.890,67
SECCIÓN SEGUNDA					
2.01	Excavación a tajo abierto en taludes				
2.01.A	Excavación con acarreo libre				
2.01.A.05	Excavación de residuos sólidos consolidados	m ³	525,00	\$62.392,00	\$32.755.800,00
2.02	Terraplenes y Rellenos				
2.02.03	Suministro, conformación y compactación de	m ³	661,88	\$148.442,00	\$98.251.236,29
2.03	Sobrecarreos para acarreos totales mayores de 1.000,00 m	m ³ -km	2.818,67	\$4.032,00	\$11.364.887,52
SUBTOTAL SECCIÓN SEGUNDA:					\$142.371.923,81
SECCIÓN TERCERA					
3.00	Concretos				
3.01	Suministro y colocación de concreto de 3000 psi con mezcla húmeda para zapatas	m ³	231,53	\$1.101.564,00	\$255.039.605,10
3.03	Suministro y colocación de concreto lanzado con mezcla húmeda de espesor 10 cm	m ²	1.750,00	\$384.476,00	\$672.833.000,00
3.08	Llenado de inyección con lechada cementicia para anclajes	m ³	1.785,82	\$1.169.845,00	\$2.089.136.341,40
SUBTOTAL SECCIÓN TERCERA:					\$2.089.136.341,40

SECCIÓN CUARTA					
4.00	Aceros				
4.01	Suministro y colocación acero de refuerzo fy 4200 kg / cm ²	kg	45.989,00	\$12.233,00	\$562.583.437,00
4.02	Suministro y colocación de anclajes				
4.02.03	Suministro e instalación de 3 cables Ø=1/2" de L=35m	und	1.050,00	\$1.491.023,00	\$1.565.574.150,00
4.03	Tensionamiento de anclajes	und	1.050,00	\$57.877,00	\$60.770.850,00
4.04	Suministro y colocación				
4.04.01	Malla electrosoldada 4mm y abertura de 0,15m x 0,15m	m ²	1.750,00	\$37.413,00	
4.05	Suministro e instalación de platina de 200mm x 200mm x 12mm con tres agujeros	und	1.050,00	\$83.537,00	\$87.713.850,00
4.06	Suministro e instalación de popora de 3 agujeros conicos para cuña de Ø=1/2"	und	1.050,00	\$159.797,00	\$167.786.850,00
4.07	Suministro e instalación de kit de cuñas de Ø=1/2" para anclaje	und	1.050,00	\$97.614,00	\$102.494.700,00
				SUBTOTAL SECCIÓN CUARTA:	\$2.546.923.837,00
SECCIÓN QUINTA					
5.00	Perforaciones horizontales				
5.01.B	Sistema de abatimiento para perforación horizontal para niveles freaticos (Incluye tubería PVC ranurada Ø=2") para drenes mayores a 15,00m	m	1.000,00	\$510.968,00	\$510.968.000,00
5.02	Ejecución perforación horizontal en taludes con pendientes mayores a 1:1 con equipo de perforación descolgado para anclajes de 0,00m a 15,00m	m	15.750,00	\$442.692,00	\$6.972.399.000,00
5.03	Ejecución de perforaciones horizontales en taludes con pendientes mayores a 1:1 con equipo de perforación descolgado para anclajes mayores a 15,00m	m	21.000,00	\$470.149,00	\$9.873.129.000,00
5.06	Encamisado en perforaciones horizontales para anclajes y drenes de penetración horizontal.	m	36.750,00	\$176.723,00	\$6.494.570.250,00
				SUBTOTAL SECCIÓN QUINTA:	\$23.851.066.250,00
SECCIÓN SEXTA					
6.00	Varios				
6.01A	Caja de Inspeccion en concreto de 3000 psi de 0,80m x 0,80m x 1,00m	und	2,00	\$1.157.848,00	\$2.315.696,00
6.01B	Caja de Inspeccion en concreto de 3000 psi de 0,40m x 0,40m x 0,40m	und	1,00	\$554.111,00	\$554.111,00
6.02	Canaleta (ancho = 1m; e =10cm)	m	300,00	\$136.112,00	\$40.833.600,00
6.05	Filtro con tela				
6.08	Suministro e instalacion de manguera de conducción	m	10,00	\$33.590,00	\$335.900,00
6.12	Suministro e instalación de tubería sanitaria de 2" - pasamuros o lloraderos	m	10,00	\$14.691,00	\$146.910,00
				SUBTOTAL SECCIÓN SEXTA:	\$146.910,00
Presupuesto Costos directos					\$28.937.878.152,88
Administración:				24%	\$6.945.090.756,69
Imprevistos				1%	\$289.378.781,53
Utilidades:				5%	\$1.446.893.907,64
A.I.U.:				30%	\$8.681.363.445,86
I.V.A.				19%	\$274.909.842,45
Presupuesto total de obra					\$37.894.151.441,19

Nota. El presente presupuesto se encuentra en el apéndice G.

4.9 Documentación y reporte

Se ha entregado al tutor de la empresa la documentación correspondiente al proyecto asignado. Los archivos incluyen un informe final en el que se detallan los resultados obtenidos del análisis realizado durante el período de prácticas.

Además, se adjuntó una memoria de cálculos que respalda los resultados técnicos, junto con los planos de los prediseños de las obras de mitigación propuestas. Finalmente, se entregó el presupuesto estimado para la implementación de dichas obras, cubriendo así todas las fases del desarrollo del proyecto.

5. Conclusiones

Se logró cumplir con el objetivo general de realizar la identificación y caracterización de eventos amenazantes, así como el prediseño y actualización de obras de mitigación y estabilización. Esto se debe a que se llevó a cabo un análisis exhaustivo de la situación del barrio Juan XXIII, utilizando datos relevantes y herramientas adecuadas, lo que permitió una comprensión integral de los riesgos presentes.

Se implementó una herramienta SIG como Google Earth para delimitar los eventos amenazantes como remoción en masa, erosión, inundación, avenidas torrenciales e incendios forestales. Esto fue crucial porque permitió obtener imágenes satelitales actualizadas y visualizar de manera precisa la geografía del barrio, facilitando la identificación de áreas de riesgo y proporcionando una base sólida para la gestión de estos eventos.

Se atendieron solicitudes de la comunidad y entidades relacionadas, así como los factores de riesgo y eventos históricos haciendo revisiones en el Sistema de Información Corporativa. Este proceso garantizó que las intervenciones se enfocaran en las áreas de mayor necesidad, optimizando recursos y esfuerzos.

Se actualizaron los prediseños de obras de mitigación solicitadas por entidades municipales y judiciales llevando a cabo un análisis de estabilidad, seguridad y viabilidad para cada una de ellas, todo esto en colaboración con la Coordinación del Grupo de Gestión del Riesgo de SURYT fue fundamental, ya que permitió generar soluciones adecuadas a las problemáticas identificadas, asegurando que las obras propuestas fueran pertinentes y viables.

Con las medidas de mitigación propuestas, los factores de seguridad superan 1.2 para escenarios de eventos sísmicos y condiciones parcialmente saturadas. Estos resultados fueron

confirmados mediante el modelado del evento y las medidas de mitigación usando el software GeoStudio.

Los análisis indican que las zonas más críticas de falla se encuentran donde hay una mayor densidad de viviendas, particularmente en el "Perfil 1", que presenta la situación más desfavorable.

El muro en voladizo propuesto es adecuado, ya que cumple con los factores mínimos de seguridad en cuanto a deslizamiento, volcamiento y capacidad de carga, según los análisis de estabilidad.

Se estima un presupuesto total de obra de \$37.572.323.678,96 (treinta y siete mil quinientos setenta y dos millones trescientos veintitrés mil seiscientos setenta y ocho pesos con noventa y seis centavos) para la alternativa de mitigación.

Para garantizar la efectividad de las medidas de mitigación y la seguridad de los habitantes, es crucial reubicar las viviendas ubicadas en las zonas más críticas.

Se recomienda implementar un sistema de monitoreo continuo de las condiciones del talud y las estructuras, especialmente después de eventos sísmicos o lluvias intensas, para asegurar la estabilidad a largo plazo.

Este proyecto permitió profundizar en el uso de software especializado como GeoStudio para modelar escenarios de inestabilidad y analizar estructuras de contención. Además, comprender mejor la interacción entre las cargas generadas por las viviendas y la respuesta del terreno.

Al emprender este proyecto, se evidenció la complejidad que implica proponer soluciones que no solo sean técnicamente viables, sino que también tengan en cuenta los factores sociales y económicos, como la reubicación de las viviendas afectadas.

A nivel personal, este proyecto me enseñó que la mitigación de riesgos es un proceso integral que involucra tanto la ingeniería como la gestión del riesgo, donde las soluciones deben ser sostenibles y adaptarse a las condiciones particulares del terreno y la comunidad.

6. Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios periódicos para actualizar los análisis de estabilidad del terreno, ya que los factores ambientales y el crecimiento urbano pueden alterar las condiciones iniciales.

Es fundamental educar a la comunidad sobre los riesgos a los que están expuestos, y cómo pueden contribuir a reducir la vulnerabilidad de la zona. Esto incluye la prevención de construcciones en zonas no aptas y la adecuada gestión del uso del suelo.

Un sistema de monitoreo continuo debe implementarse para controlar el comportamiento del talud y el estado de las estructuras de contención. Las obras de mitigación deben incluir un plan de mantenimiento regular para asegurar su eficacia a largo plazo.

Continuar desarrollando habilidades en software de modelación geotécnica y análisis estructural, como GeoStudio, para mejorar la capacidad de analizar diferentes escenarios de riesgo y proponer soluciones más efectivas.

La colaboración interdisciplinaria es clave para el éxito de proyectos de esta naturaleza. Trabajar estrechamente con ingenieros, geólogos, urbanistas y autoridades locales permite una solución más integral y efectiva.

A nivel personal, es fundamental no limitarse solo a los aspectos técnicos, sino también tener en cuenta los factores humanos. En proyectos que implican la reubicación de viviendas, es esencial manejar la situación con sensibilidad, considerando los impactos sociales y emocionales que puede tener en las comunidades involucradas.

Referencias Bibliográficas

- Análisis Precios Unitarios.* (s. f.). Recuperado 11 de marzo de 2024, de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/analisis-precios-unitarios?limit=20&limitstart=0>
- Anclajes Activos.* (s. f.). Recuperado 5 de septiembre de 2024, de https://www.nacionaldeperforaciones.com/anclajes_activos.php
- Arévalo, C. D. V. (2009). *ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON PANTALLAS DE CONCRETO LANZADO CON MALLA ELECTRO SOLDADA Y ANCLAJES DE CONCRETO REFORZADO.* 142.
- Burgos, A. J. A. (s. f.). *Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno.*
- CDMB. (2021a, septiembre 18). *Área de Jurisdicción.* CDMB. <http://www.cdm.gov.co/cdm/informacion-institucional/area-de-jurisdiccion>
- CDMB. (2021b, septiembre 18). *Misión y Visión.* CDMB. <http://www.cdm.gov.co/cdm/informacion-institucional/mision-y-vision>
- Decreto 1807 de 2014—Gestor Normativo.* (s. f.). Recuperado 20 de septiembre de 2024, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=59488>
- Pérez López, P. A. (2014). *Gestión de la construcción. Presupuesto de obra y control de costos directos.* Instituto Tecnológico Metropolitano.
- SkyCiv Engineering. (2021, febrero 10). *Tipos de muro de contención.* <https://skyciv.com/es/docs/skyciv-retaining-wall/articles/types-of-retaining-wall/>

