

Informe final**ESTUDIO GEOTÉCNICO, MURO DE RETENCIÓN NORTE, RUTA
NACIONAL No. 36, KM 57+044****CAHUITA | TALAMANCA | LIMÓN**

Realizado por: Ing. Danilo Jiménez Ugalde
Geol. Keneth Pérez Campos
Ing. Carlos Rivera Umaña



Para: CONAVI



Agosto, 2023

Documento de responsabilidad profesional

En este documento se presentan los resultados de los estudios geotécnicos y geológicos ejecutados para el diseño del muro NORTE localizado en el km 57+044 de la Ruta Nacional No. 36, distrito CAHUITA, cantón TALAMANCA, provincia de LIMÓN. Este informe fue realizado por el Ing. DANILO ANDRÉS JIMÉNEZ UGALDE (IC-19214) y el Geol. KENNETH PÉREZ CAMPOS (CGCR-270).

Ing. Carlos Rivera Umaña
IC-7744

Ing. Danilo Andrés Jiménez
Ugalde
IC-19214

Geol. Kenneth Pérez
Campos
CGCR-270

Contenido

Documento de responsabilidad profesional	2
1. Introducción	5
2. Ubicación	6
3. Investigación realizada	7
3.1 Geología	7
3.1.1 Geología regional	7
3.1.2 Geología local	10
3.1.3 Estructuras geológicas regionales.....	15
3.1.4 Estructuras geológicas locales	17
3.2 Investigación geotécnica.....	17
4. Análisis geotécnico.....	19
4.1 Modelo geotécnico	19
4.2 Capacidad de soporte	20
4.3 Asentamientos	21
4.4 Coeficientes sísmicos.....	21
4.5 Análisis de licuación.....	21
4.6 Estabilidad de taludes ante el deslizamiento	21
4.7 Rellenos.....	23
5. Conclusiones	24
6. Fuentes de consulta	25
ANEXOS	26

Índice de tablas

Tabla 1. Ubicación general del proyecto.	6
Tabla 2. Fallas Cuaternarias más próximas al área del proyecto. Fuente: Montero et al. (1998).	16
Tabla 3. Características de las perforaciones.	17
Tabla 4. Principales parámetros de las unidades que conforman el modelo geotécnico.	19
Tabla 5. Coeficientes sísmicos definidos con base en los ensayos geofísicos.	21
Tabla 6. Coeficientes sísmicos definidos con base en los ensayos geofísicos.	22
Tabla 7. Coeficientes de empuje activo, pasivo y de reposo para rellenos seleccionados.	23

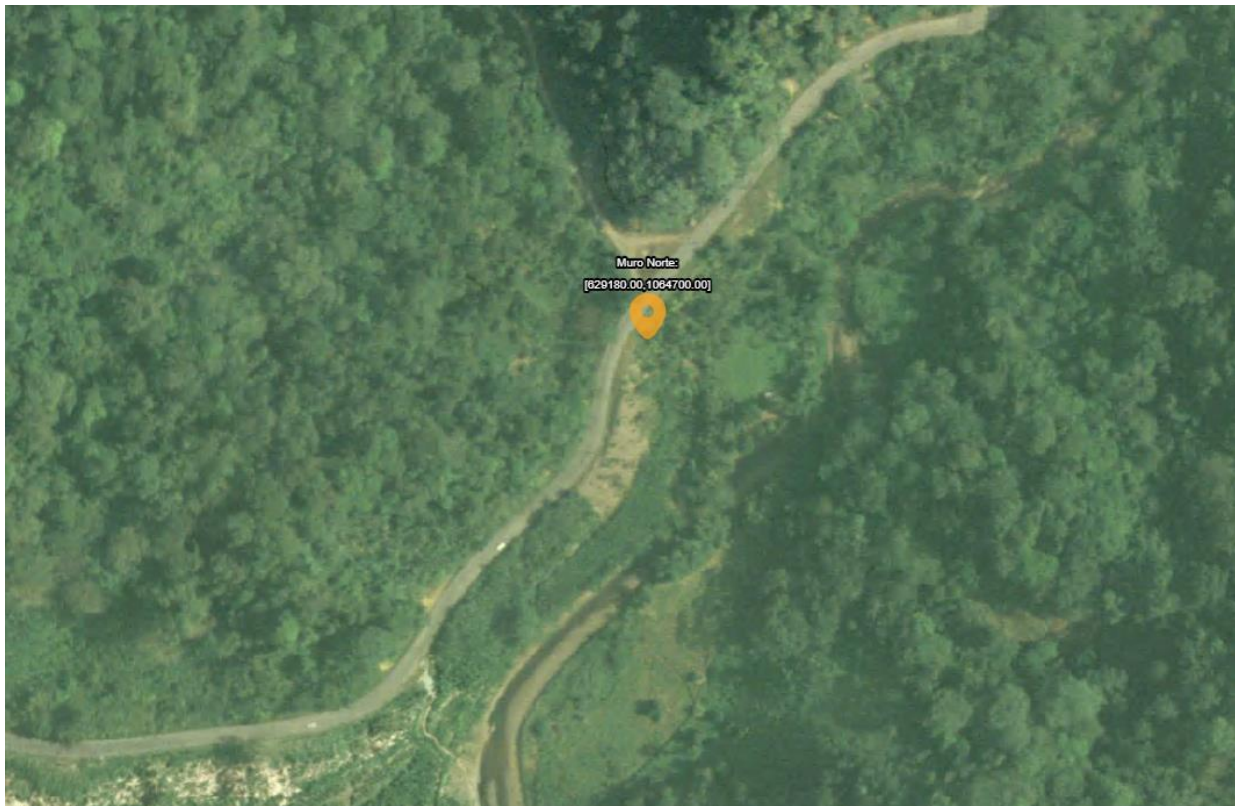
Índice de figuras

Figura 1. Ubicación del sitio de proyecto.	6
Figura 2. Mapa geológico regional, mostrando la ubicación del área de estudio. Tomado y modificado de Denyer & Alvarado 2007.	9
Figura 3. Inventario fotográfico de los puntos de observación geológica (POG).	11
Figura 4. Mapa geológico local.	13
Figura 5. Simbología para el perfil geológico local PG2.	14
Figura 6. Perfil geológico local PG2.	14
Figura 7. Mapa de estructuras geológicas regionales en el área de influencia del proyecto.	15
Figura 8. Modelo geotécnico para el muro.	20
Figura 9. Detalle del muro de suelo reforzado propuesto.	22

1. Introducción

Este informe presenta los resultados del estudio geotécnico y geológico realizados como parte de los estudios previos para el diseño del muro, ubicado en el km 57+044 de la Ruta Nacional No. 36 (RN 36), Sección de Control 70010, distrito CAHUITA, Cantón TALAMANCA, provincia LIMÓN.

Este estudio surge de la necesidad de garantizar el paso seguro por la RN 36, debido a que el sitio fue afectado por un deslizamiento que amenaza con interrumpir el paso en uno de los carriles del camino.



Fotografía 1. Fotografía aérea del estado actual del sitio de estudio.

2. Ubicación

El sitio se localiza en la RN 36, distrito CAHUITA, cantón TALAMANCA, provincia LIMÓN, hoja cartográfica AMUBRI, escala 1:50 000 del IGN. Las coordenadas del punto de interés en el sistema de coordenadas CRTM 05 se muestran en la Tabla 1 y en el Figura 1 se aprecia la ubicación de dicho sitio.

Tabla 1. Ubicación general del proyecto.

Este (CRTM05)	Norte (CRTM05)	Distrito	Cantón	Provincia
629 180	1 064 700	03 CAHUITA	04 TALAMANCA	07 LIMÓN



Figura 1. Ubicación del sito de proyecto.

3. Investigación realizada

3.1 Geología

3.1.1 Geología regional

El área de estudio se encuentra ubicada en la zona atlántica sur, como parte de la cuenca Limón Sur, en donde predominan materiales de la sedimentación clástica del neógeno, y en menor proporción de sedimentación carbonática del mismo período.

A continuación, se describen las unidades geológicas regionales de importancia o que se relacionan con lo visto para el proyecto, la ubicación espacial de las mismas se muestra en la Figura 2.

Formación Uscari (Mioceno inferior-Mioceno superior)

Lutitas azuladas calcáreas, oscuras y suaves interestratificadas con areniscas finas y conglomerados (1000 m de espesor). Influencia de olas, tormentas y corrientes marinas (bivalvos, gasterópodos, espinas de erizos, icnofósiles y dientes de tiburón), principalmente de ambiente continental pro delta. Estratigráficamente está en contacto transicional y lateral con la Fm. Río Banano.

Esta formación se encuentra lo largo de la parte media de las cuencas que conforman la costa atlántica, desde la frontera con Panamá hasta Siquirres. No aflora dentro del área de proyecto.

Formación Río Banano (Mioceno superior-Plioceno)

Corresponde con una secuencia de areniscas, lutitas y conglomerados, todos muy volcaniclásticos, estratificados, depositados en un ambiente marino somero.

Posee estructuras sedimentarias como ondulitas, laminación paralela y laminación cruzada.

Sobreyace transicionalmente a la Formación Uscari y es sobre yacida por la Formación Suretka.

Formación Suretka (Plioceno tardío-Reciente)

Son conglomerados y brechas, con partículas que varían desde el tamaño de arcillas hasta bloques métricos, con intercalaciones de areniscas y arcillas con un espesor mayor a los 1500m. La composición de los bloques es predominantemente volcánica.

Su contacto inferior es transicional con la Fm. Río Banano y es discordante con las formaciones Senosri y Uscari. Se interdigita con las formaciones de origen volcánico del Cuaternario

Calizas arrecifales (Pleistoceno-Holoceno)

Producto de la sedimentación carbonatada, de distribución irregular y de poca extensión son parches arrecifales, formados de corales y algas calcáreas, rodeados de sedimentos generalmente constituidos por clastos de diferente tamaño de restos de corales.

Depósitos Cuaternarios (Cuaternario)

Fundamentalmente relacionados con depósitos de génesis fluvial y coluvial.

Corresponden a sedimentos continentales y de transición marina-costera del Cuaternario.

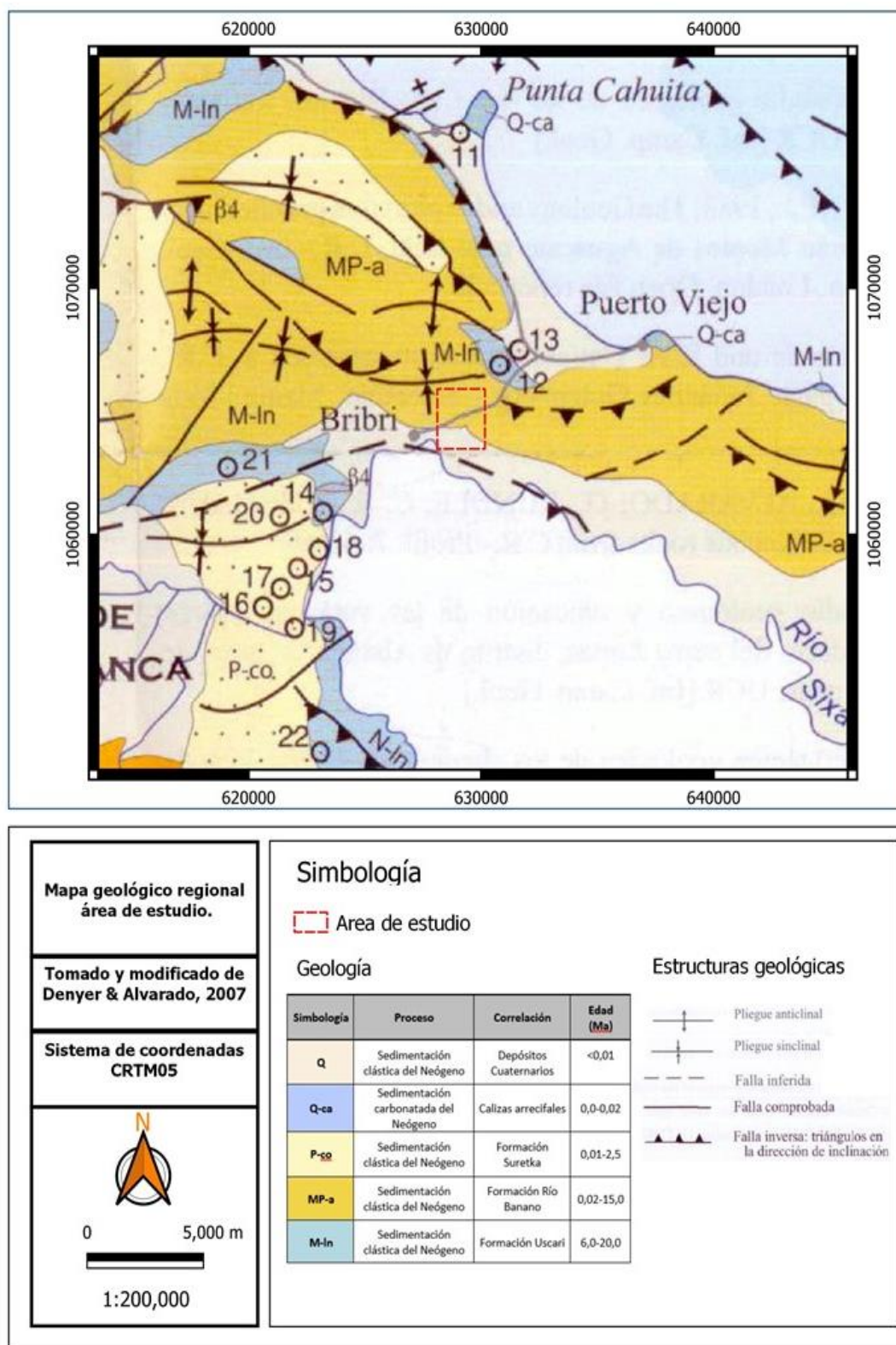


Figura 2. Mapa geológico regional, mostrando la ubicación del área de estudio. Tomado y modificado de Denyer & Alvarado 2007.

3.1.2 Geología local

En este apartado se sintetiza la información compilada a nivel local del sitio de obra, en donde el nivel de detalle alcanza para cartografiar las capas de suelo superficial y geología superficial, estas capas de suelo superficial son relevantes para los diseños geotécnicos de las obras a construir.

Con el inventario de puntos de observación geológica se han podido definir 2 unidades de materiales geológicos constituyentes, para hacer más fácil la correlación con la geología regional, se aplica la misma nomenclatura en la definición de las unidades según aplique el caso, adicionalmente existe un relleno antrópico que se pudo identificar tanto en campo como en sondeos.

La Figura 3 siguiente muestra el registro fotográfico de los puntos de observación geológica (POG) levantados durante los trabajos de campo.

PUNTOS DE OBSERVACIÓN GEOLOGICA (POG), DESLIZAMIENTO NORTE	
	<p>POG5: Vista lateral de la zona inestable, con afectación a la superficie de rueda.</p>
	<p>POG6: Afloramiento de unos 12,0m de alto aproximadamente constituido por areniscas medias poco a moderadamente alteradas. En la parte superior se logra observar una alcantarilla que está actualmente siendo directamente afectada por la inestabilidad</p>
	<p>POG6: parte baja del afloramiento, se logra ver con más detalle las areniscas de grano medio con colores de alteración rojizos y pardos. Se fragmenta con dos o tres golpes de piqueta.</p>

Figura 3. Inventario fotográfico de los puntos de observación geológica (POG).

A continuación, se describen cada una de las unidades definidas a nivel local.

Formación Río Banano, areniscas finas a medias (Mp-a)

En el área de obras, se lograron ver varios afloramientos que mostraban la base de la secuencia a nivel local, constituida principalmente por materiales de origen sedimentario tratándose de intercalaciones de areniscas finas y medias de colores rojizos, café y pardos cuando presentan un moderado grado de meteorización, son consistentes, de media calidad geomecánica.

Esta litología es la predominante en el área de proyecto, ripeables, con unas tres o cuatro familias de fracturas, las mismas aparecieron a partir de los 6,90 m de profundidad en el sondeo P-09 (SR1). Además, se identificaron en los puntos de observación geológica POG1, POG4, y POG6, siendo en este último punto donde mejor se puede observar.

Unidad de suelos de alteración (Sa)

Comprende una capa in situ no mayor a un metro. Se trata de un tipo de suelo generalmente limo arenoso, el cual cambia de coloración, en el deslizamiento más al sur es una capa de colores café, mientras que en el deslizamiento más al norte es de un color gris.

Los suelos cafés fueron observados en los sondeos: P-01 (SPT1), P-02 (SPT2) y P-03 (SPT3).

Los suelos de color gris fueron observados en los sondeos: P-05 (SPT5), P-07 (SPT7) y P-08 (SPT8).

En campo los suelos cafés pudieron ser identificados en el POG3 al pie de la corona principal de la inestabilidad del deslizamiento sur.

Por sus características estos suelos son propensos a generar inestabilidades en función de la altura de cortes y la cantidad de material de relleno que les sobreyace.

Rellenos antrópicos (RE)

De origen antrópico, se trata de rellenos para nivelación y construcción de la carretera, principalmente conformados por materiales aluviales (cantos, gravas y arenas) a veces mezclados con suelos limosos de color rojizo propios de la zona. En campo se pudieron observar claramente en el corte provocado por los deslizamientos.

En la Figura 4 se pueden observar el mapa geológico a escala de la obra y la ubicación del perfil geológico de estudio a escala local. En la Figura 5 se presenta la simbología correspondiente al perfil geológico PG2, el cual muestra en la Figura 6.

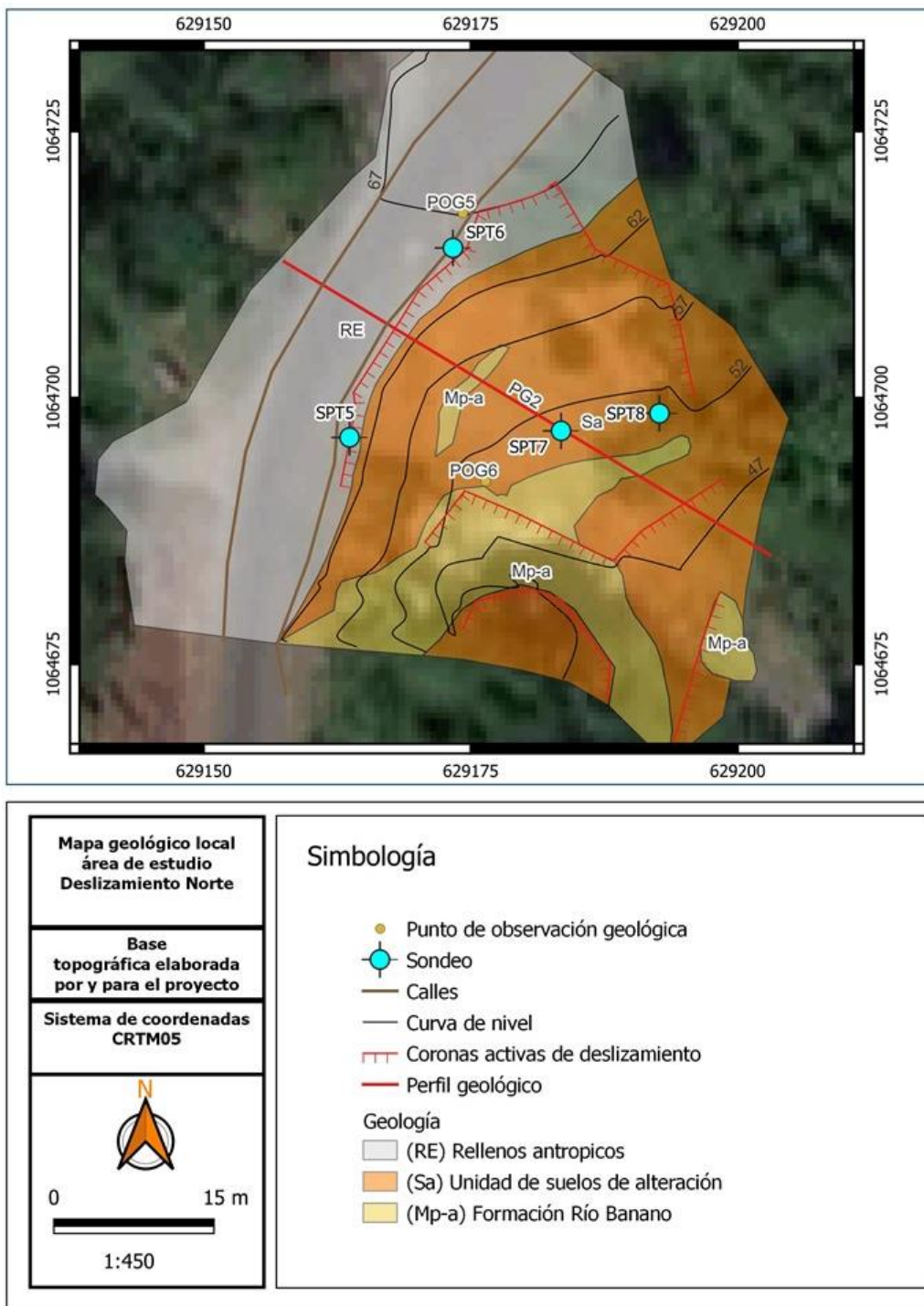


Figura 4. Mapa geológico local.

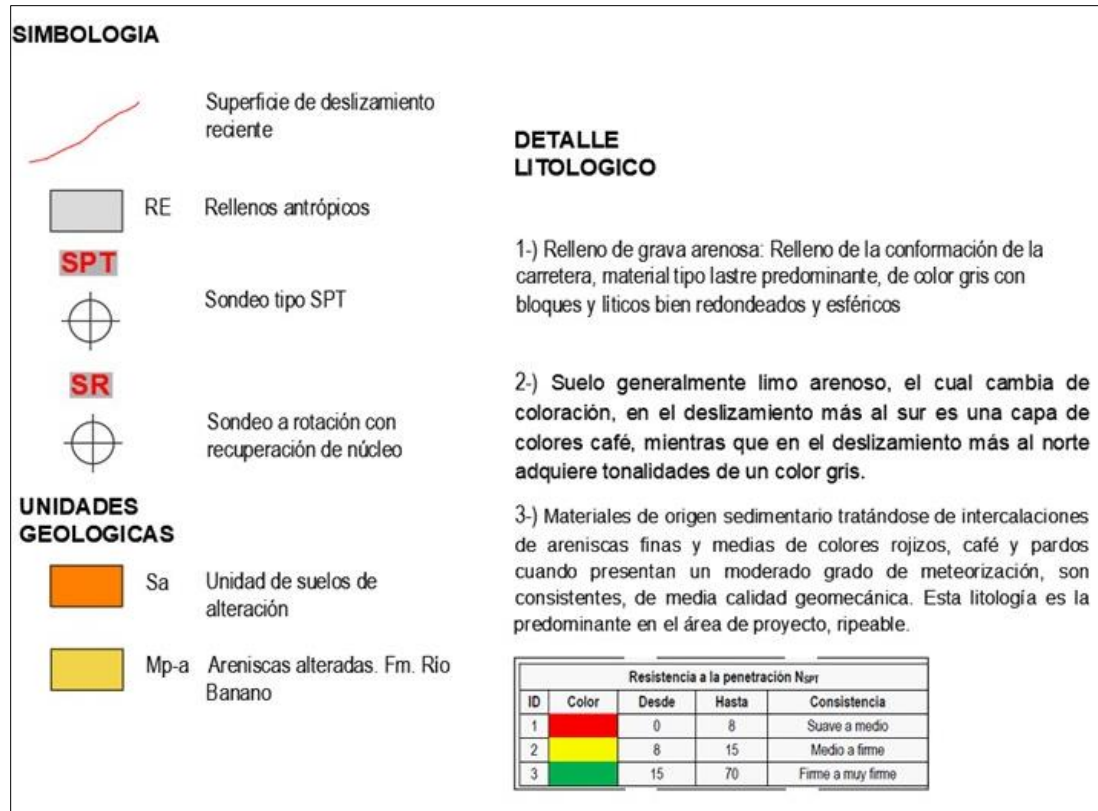


Figura 5. Simbología para el perfil geológico local PG2.

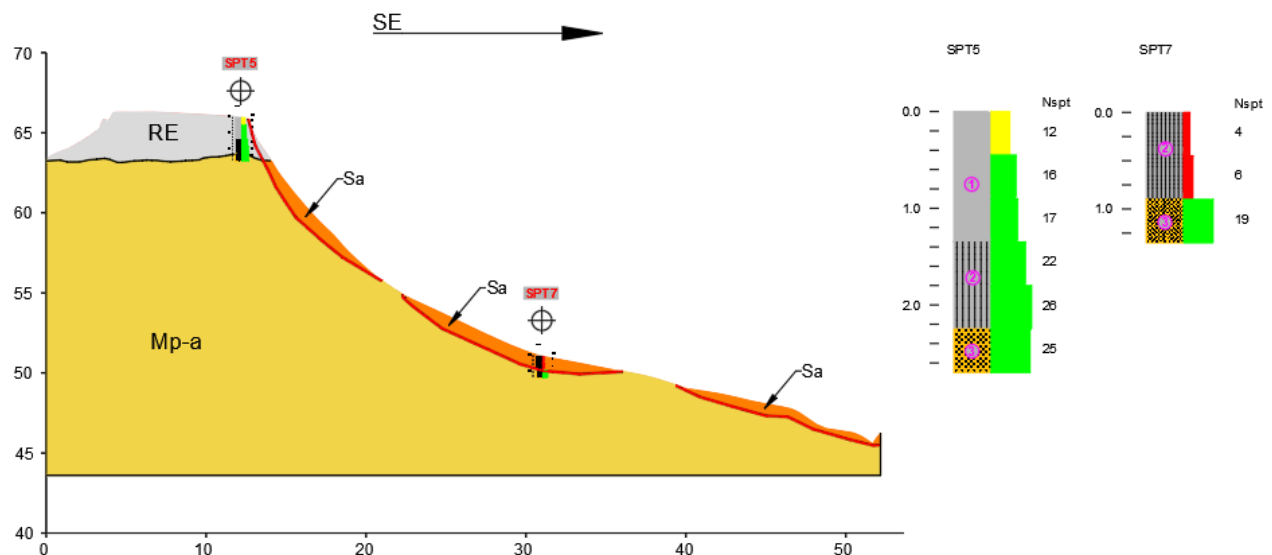


Figura 6. Perfil geológico local PG2.

3.1.3 Estructuras geológicas regionales

A nivel regional se han identificado varias estructuras geológicas. De las fallas podemos decir que las más importantes son: falla Valle de la Estrella, fallas del Cinturón deformado del norte de Panamá, falla Siquirres-Matina y la falla Telire (Figura 2).

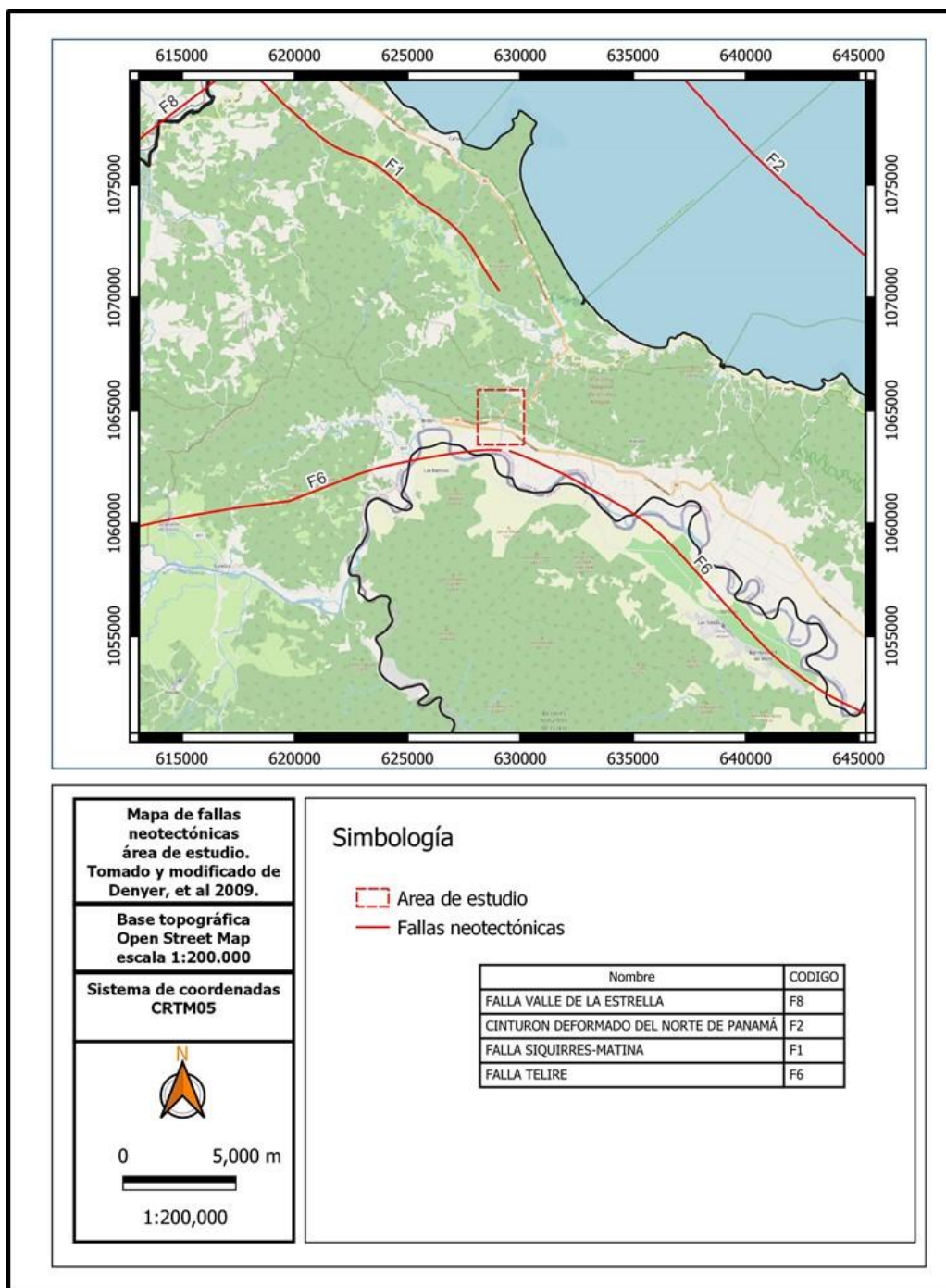


Figura 7. Mapa de estructuras geológicas regionales en el área de influencia del proyecto.

La información principal de las fallas de la Figura 2 se resume en la siguiente tabla:

Tabla 2. Fallas Cuaternarias más próximas al área del proyecto. Fuente: Montero et al. (1998).

Número estructura	Nombre	Hoja 1:200.000	Movimiento más reciente	Tasa de deslizamiento (mm/año)
F6	Falla Telire	Talamanca	Desconocido	Desconocido
F1	Falla Siquirres-Matina	Limón	<1,6 m.a.	<1mm/año
F2	Cinturón deformado del norte de Panamá	Limón	1991	Desconocido
F8	Falla Valle de la Estrella	Limón	1991	Desconocido

Sistema de fallas del Cinturón deformado del norte de Panamá

Con una longitud de 80km, de tipo inverso, fue escenario del terremoto de Limón de 1991, con un potencial de $M_s=7.6$, $M_w=7.7$, aceleraciones del orden de 0.5g a lo largo de la zona de ruptura de la falla. Intensidades VIII-IX en la costa, UCR-LIS. (s.f).

Falla Valle de la Estrella

Longitud de 10km, falla de desplazamiento de rumbo sinistral, con un potencial de sismo de M_w 5.8 con intensidades VIII en Penshurt, VI-VII en Cahuita, V en Limón. Aceleración máxima de 0.2g en Penshurt, UCR-LIS. (s.f).

Falla Siquirres-Matina

De más de 100km de longitud esta falla es del tipo inversa, con un potencial para generar sismos de M_w 7.5 con aceleraciones 0.5g - 0.6g a lo largo de la zona de ruptura. Intensidad IX en Siquirres, Batán, Limón, Penshurt, UCR-LIS. (s.f).

Falla Telire

Tiene una extensión aproximada de 50 km. Es una falla inversa con inclinación hacia el suroeste, según lo observado en Denyer et al. (2003).

Se desconoce su tasa de deslizamiento pero en Denyer et al. (2003) se le cataloga como una falla neotectónica. Su potencial podría ser similar a las otras fallas del Cinturón Deformado del Caribe (7,0 M_w).

3.1.4 Estructuras geológicas locales

A nivel local y con base a la investigación de campo, no se observaron estructuras geológicas tipo falla, que puedan afectar al proyecto.

3.2 Investigación geotécnica

Los procedimientos aplicados en las investigaciones de campo cumplen con los lineamientos establecidos en el Código de Cimentaciones de Costa Rica, Código Geotécnico de Taludes y Laderas de Costa Rica y Código Sísmico de Costa Rica, todos en su última versión, así como la legislación vigente y las mejores prácticas de la Ingeniería.

La investigación geotécnica de campo incluyó la ejecución de cuatro (4) perforaciones SPT (ASTM D 1586) de hasta 2.70 m de profundidad.

A continuación, se describe la metodología utilizada y se resumen los resultados obtenidos para cada uno de los ensayos realizados.

Perforación estándar (SPT)

Los sondeos se ejecutaron utilizando el ensayo de perforación estándar (SPT). Para la presente investigación se ejecutaron cuatro perforaciones, dos localizadas en la parte alta del talud y dos en el entorno de la cimentación del muro. Las características y localización de cada una de las perforaciones se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3. Características de las perforaciones.

Perforación	Método de perforación	Coordenadas CRTM05	Profundidad (m)	Nivel freático
P-05	SPT	629171-1064692	2.70	No identificado
P-06	SPT	629169-1064692	2.70	No identificado
P-07	SPT	629191-1064699	1.35	No identificado
P-08	SPT	629206-1064695	1.35	No identificado

La perforación por medio del ensayo de penetración estándar (SPT) fue realizada siguiendo el procedimiento descrito en la norma ASTM D 1586.

La prueba SPT consiste en hincar una tubería de acero con un muestreador, por medio de golpes aplicados utilizando una masa de 63.5 kg que cae de una altura de 0.76 m.

Durante el ensayo se hince un muestreador en tramos de 45 cm, contabilizando el número de golpes necesarios para que el muestreador penetre cada 15 cm. El parámetro resultante del ensayo se denomina resistencia a la penetración estándar (N_{SPT}) y se obtiene sumando el número de golpes de los últimos 30 cm de cada tramo.

El ensayo se detiene al alcanzar la profundidad de interés o al presentarse el rebote (R). El rebote se alcanza al cumplirse cualquiera de las siguientes condiciones:

- 50 golpes para avanzar menos de 15 cm.
- 100 golpes para avanzar menos 45 cm.
- 10 golpes sin reportar avance.

Para cada una de las perforaciones se consignaron los siguientes datos:

- Ubicación de la perforación.
- Fecha y responsable.
- Profundidad de obtención de la muestra.
- Nivel freático.
- Clasificación y descripción del material.

En el Anexo 1 se presentan los resultados de las perforaciones SPT realizadas.

4. Análisis geotécnico

4.1 Modelo geotécnico

De acuerdo con la investigación realizada, se identificaron tres unidades geotécnicas representativas (ver Figura 8), las cuales se describen a continuación:

- **UG-01:** Suelos y rellenos.
- **UG-02:** Relleno de lastre.
- **UG-03:** Roca alterada.

El nivel freático no fue identificado en las perforaciones ni en la geología de campo.

En la Tabla 4 se presenta un resumen de los principales parámetros de las unidades geotécnicas, los cuales se utilizaron como base de los análisis presentados en este informe.

Tabla 4. Principales parámetros de las unidades que conforman el modelo geotécnico.

Unidad Geotécnica	Peso volumétrico saturado, γ_{sat} (kN/m ³)	Ángulo de fricción efectiva, ϕ' (grados)	Cohesión efectiva, c' (kPa)
UG-01	16.5	25	5
UG-02	19.0	35	5
UG-03	19.0	30	75

Nota: Los parámetros de fueron inferidos con base en los valores de número de golpe del ensayo SPT.

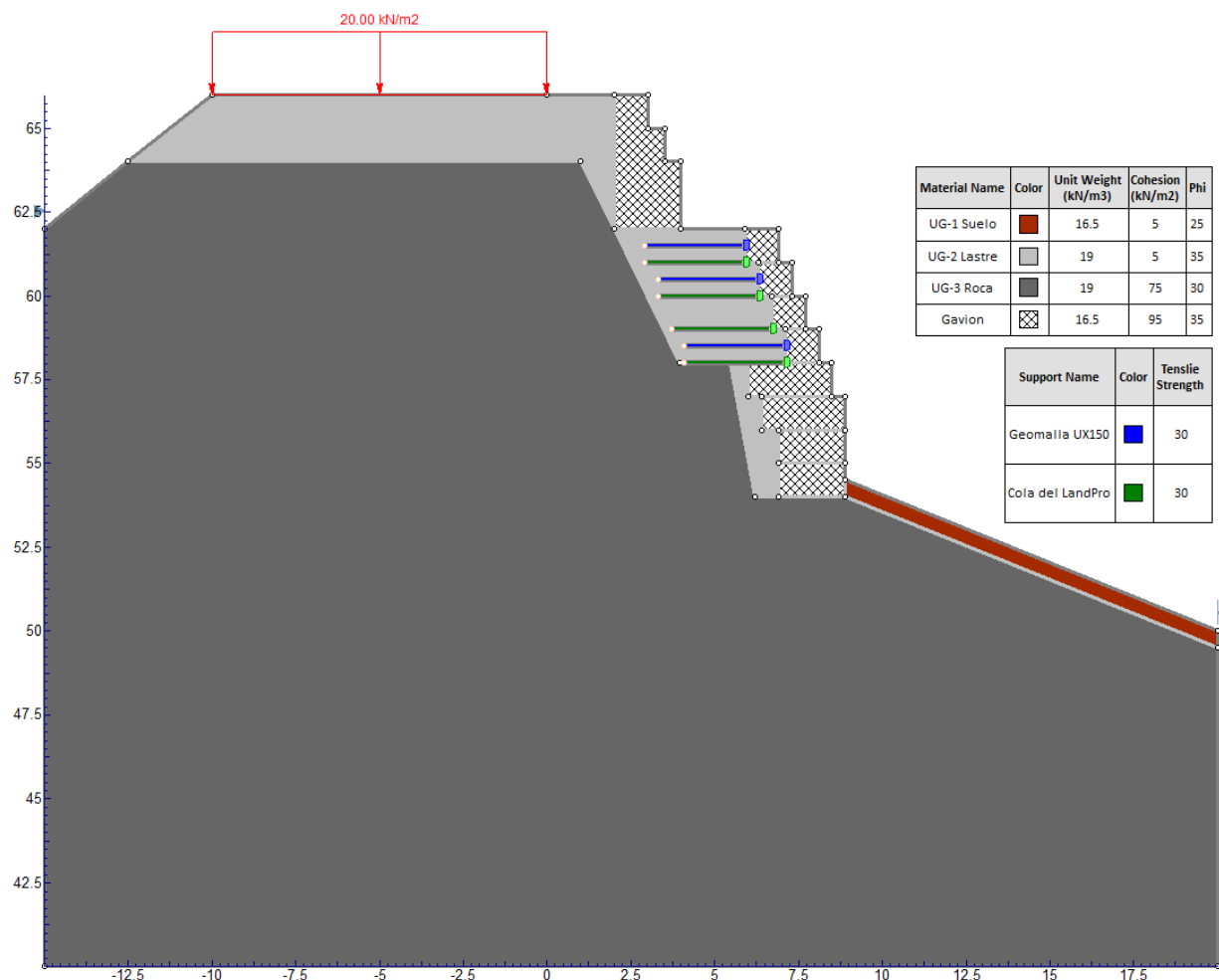


Figura 8. Modelo geotécnico para el muro.

4.2 Capacidad de soporte

El análisis de la capacidad de soporte de la cimentación se realizó utilizando la teoría recomendada en el Código de Cimentaciones de Costa Rica (ACG, 2009), específicamente la metodología descrita en el apartado 4.2.1 "Estimación de la capacidad de soporte".

Para el cálculo de la capacidad de carga se consideró una cimentación de tipo superficial, desplantada sobre la UG-03 y con la presencia de un talud, lo cual acorta la longitud de la superficie de falla y reduce la capacidad de carga.

Con base en lo anterior y asumiendo una profundidad de desplante del muro de 0.50 m, cimentada directamente sobre la UG-03, correspondiente con en el nivel 54.00, se tiene que la capacidad de soporte última de 2000 kPa (capacidad admisible FS=3 de 667 kPa), considerando un ancho de la cimentación $B = 3.0$ m.

4.3 Asentamientos

Con base en las características geomecánicas de los materiales presentes en el área de estudio, se estima que los asentamientos probables se generarán durante la etapa de construcción (asentamientos elásticos, de tipo instantáneo). Adicionalmente, no se prevén asentamientos por consolidación.

4.4 Coeficientes sísmicos

Con base en los resultados obtenidos en los ensayos de campo y la zonificación sísmica para Costa Rica (CFIA, 2010), fue definido el tipo de sitio de cimentación siguiendo metodología propuesta en CFIA (2010). Con base en lo anterior, se presentan en la Tabla 5 la zonificación sísmica, tipo de sitio y la aceleración pico efectiva (a_{ef}) según CFIA (2010) y el coeficiente pseudoestático según ACG (2015).

Tabla 5. Coeficientes sísmicos definidos con base en los ensayos geofísicos.

Parámetro	Zona sísmica	Tipo de sitio	a_{ef}	k_h
Fuente	CFIA (2010, 2013)		CFIA (2010)	ACG (2015)
Valoración	III	S_3	0,360	0,200

4.5 Análisis de licuación

El fenómeno de licuación ocurre normalmente en presencia de arenas limpias o limos arenosos no plásticos, de compacidad suelta y con niveles freáticos altos, además de una determinada condición sísmica. La licuación provoca que la estructura del material se distorsione, causando el colapso de los paquetes de granos y aumentando la presión de poros hasta anular los esfuerzos efectivos. Por lo general, el fenómeno de licuación no se presenta por debajo de los 15 m de profundidad (González, 2002).

Con base en los criterios geológicos y geomorfológicos presentados en el apartado 8.1.4.1 del CCCR (2009), y los resultados de los ensayos de laboratorio, se considera despreciable la amenaza por el fenómeno de licuación.

4.6 Estabilidad de taludes ante el deslizamiento

Con base en el modelo geotécnico, fue calculado el factor de seguridad ante el deslizamiento en condición estática (con una sobre carga de 20 kN/m) y pseudoestática ($k_h=0.20$).

La zona de estudio presenta una topografía quebrada, por lo que se propone utilizar un muro combinando los sistemas de suelo reforzado y gaviones, con el fin de cumplir con los factores de seguridad mínimos requeridos para garantizar la estabilidad de la ladera ante el deslizamiento. Los detalles y especificaciones del muro se presentan en los planos.

Para la condición analizada, incluyen el soporte brindado por el muro propuesto (ver Figura 9) se presentan factor de seguridad mayores a los recomendados en la normativa geotécnica nacional vigente, donde se sugiere un FS mayor de 1.40 en condición estática y mayor de 1.05 para condición seudoestática (ver Anexo 2):

Tabla 6. Coeficientes sísmicos definidos con base en los ensayos geofísicos.

Condición analizada	FS calculado
Estática	1.97
Sismo ($k=0.20$)	1.72

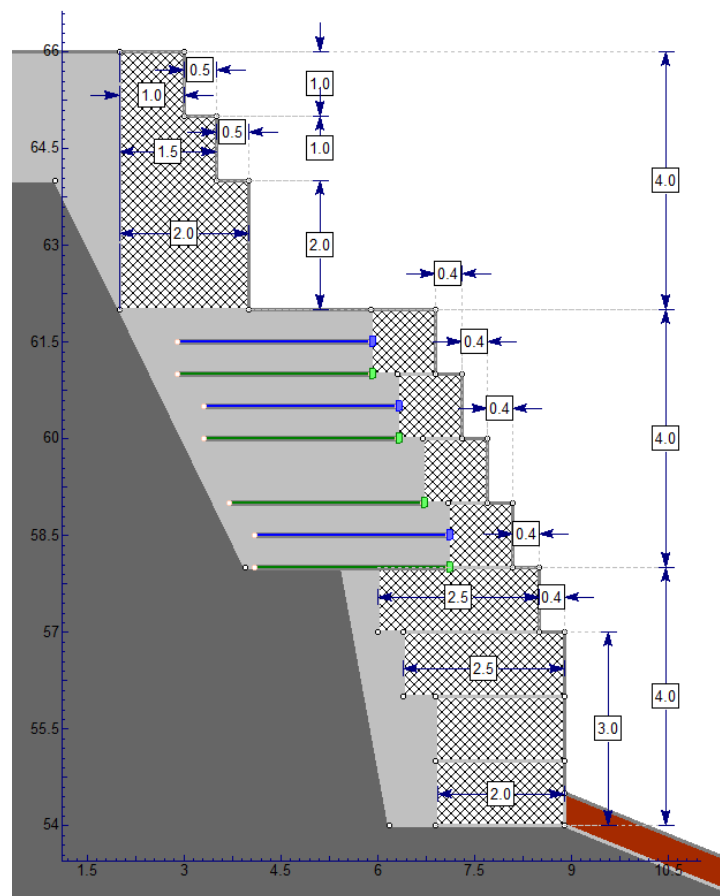


Figura 9. Detalle del muro de suelo reforzado propuesto.

4.7 Rellenos

Los agregados que se utilicen en rellenos del muro deben cumplir con el apartado de aproximación deben estar constituidos por partículas duras y durables, fragmentos de piedra triturada, escoria o grava triturada y no deben contener partículas elongadas, raíces y restos vegetales. Además, deben cumplir con lo siguiente:

- Abrasión de los Ángeles (AASHTO T96): máximo 50%.
- Índice de durabilidad (Agregado grueso) (AASHTO T210): 35 min.
- Índice de durabilidad (Agregado fino) (AASHTO T210): 35 min.
- Caras fracturadas (ASTM D 5821): mínimo 50%.
- Libre de materia orgánica, grumos y arcillas.
- Índice plástico menor de 4.

La granulometría de los agregados se debe obtener quebrando, tamizando y mezclando si es necesario. El agregado fino, material que pasa la malla 4,75 mm, debe consistir en arena natural o quebrada, y partículas minerales finas.

Los rellenos deben ejecutarse con procesos controlados de compactación, en capas de máximo 20 cm y alcanzar un 95% del Proctor Modificado.

Los coeficientes de empuje para el material de relleno de aproximación se estimaron a partir del método propuesto por Rankine. Los valores de estos coeficientes se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Coeficientes de empuje activo, pasivo y de reposo para rellenos seleccionados.

ϕ (grados)	K_a	K_p	K_o
35	0.27	3.69	0.40

5. Conclusiones

- El modelo geotécnico está compuesto por tres unidades geotécnicas: UG-01: Suelos, UG-02: Lastre, UG-03: Roca alterada.
- El nivel freático no fue identificado en las observaciones de campo ni en las prospecciones ejecutadas hasta los 2.70 m.
- Se recomienda cimentar la estructura del muro al nivel 54.00. Se debe verificar durante la construcción que la estructura sea cimentada sobre materiales correlacionables con la UG-03.
- La capacidad de carga admisible ($FS=3$) calculada al nivel de desplante del muro es de 667 kPa.
- Siguiendo las recomendaciones de este informe, no se esperan problemas de asentamientos por consolidación o debido al efecto de la licuación del terreno.
- Se deben desarrollar las medidas de estabilización propuestas en este informe para garantizar el adecuado desempeño del talud analizado. Estas medidas incluyen la construcción de un muro utilizando los sistemas de suelo reforzado con cara de gavión, gavión, refuerzos adicionales con geomalla y drenaje utilizando geocompuesto.
- Se deben considerar obras adicionales para el manejo de la escorrentía superficial, tales como la construcción de cunetas y cortes de agua a lo largo del camino. Se debe garantizar que en cualquier corte de aguas se construyan cabezales y/o estructuras de disipación para garantizar el adecuado desempeño de las obras y el talud.

6. Fuentes de consulta


Asociación Costarricense de Geotecnia (ACG). 2009. Código de Cimentaciones de Costa Rica. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

ACG. 2015. Código Geotécnico de Taludes y Laderas de Costa Rica. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA). 2010. Código Sísmico de Costa Rica. 4ta edición, editorial Tecnológica de Costa Rica.


ANEXOS

Anexo 1. Resultados de ensayos geotécnicos

 GÁVEA INGENIERÍA		ENSAYOS: Penetración estandar (ASTM D-1586)									
Perforación:	P-05 (SPT5)					Cliente:	IRSSA-CONAVI				
Fecha inicio:	3/10/2022					Localización:	Muro Norte Cataratas				
Fecha fin:	3/10/2022					Población:	Cataratas				
Perforador:	E. Prendas					Distrito:	Cahuitta				
Ayudante:	I. Molina					Cantón:	Talamanca				
Encargado:	D. Jiménez					Provincia:	Limón				
Nivel freático (m):	No hay					Coordenadas:	629171-1064692				

Desde (m)	Hasta (m)	Recuperación		RQD		SPT					Descripción
		(m)	(%)	(m)	(%)	0-15	15-30	30-45	45-60	N _{SPT}	
0.00	0.45	0.20	44.44	-	-	5	5	7	-	12	Relleno - Lastre.
0.45	0.90	0.21	46.67	-	-	5	7	9	-	16	
0.90	1.35	0.20	44.44	-	-	6	7	10	-	17	
1.35	1.80	0.18	40.00	-	-	8	10	12	-	22	Limo arenoso color gris.
1.80	2.25	0.20	44.44	-	-	9	12	14	-	26	
2.25	2.70	0.22	48.89	-	-	18	25	10	-	35	Roca alterada. Rebote - 10 golpes sin avance.


Notas: 1. No se calcula el RQD (no aplica para el tipo de material).
--

 GÁVEA INGENIERÍA		ENSAYOS: Penetración estándar (ASTM D-1586)									
Perforación:	P-06 (SPT6)					Cliente:	IRSSA-CONAVI				
Fecha inicio:	3/10/2022					Localización:	Muro Norte Cataratas				
Fecha fin:	3/10/2022					Población:	Cataratas				
Perforador:	E. Prendas					Distrito:	Cahuita				
Ayudante:	I. Molina					Cantón:	Talamanca				
Encargado:	D. Jiménez					Provincia:	Limón				
Nivel freático (m):	No hay					Coordenadas:	629169-1064692				

Desde	Hasta	Recuperación		RQD		SPT					Descripción
(m)	(m)	(m)	(%)	(m)	(%)	0-15	15-30	30-45	45-60	N _{SPT}	
0.00	0.45	0.15	33.33	-	-	2	2	3	-	5	Relleno - Lastre.
0.45	0.90	0.18	40.00	-	-	2	3	6	-	9	
0.90	1.35	0.12	26.67	-	-	2	3	3	-	6	
1.35	1.80	0.15	33.33	-	-	2	4	4	-	8	
1.80	2.25	0.18	40.00	-	-	5	6	7	-	13	
2.25	2.70	0.15	33.33	-	-	8	9	10	-	19	Roca alterada. Rebote - 10 golpes sin avance.

Notas:


1. No se calcula el RQD (no aplica para el tipo de material).

 GÁVEA INGENIERÍA		ENSAYOS: Penetración estándar (ASTM D-1586)									
Perforación:	P-07 (SPT7)					Cliente:	IRSSA-CONAVI				
Fecha inicio:	4/10/2022					Localización:	Muro Norte Cataratas				
Fecha fin:	4/10/2022					Población:	Cataratas				
Perforador:	E. Prendas					Distrito:	Cahuita				
Ayudante:	I. Molina					Cantón:	Talamanca				
Encargado:	D. Jiménez					Provincia:	Limón				
Nivel freático (m):	No hay					Coordenadas:	629191-1064699				

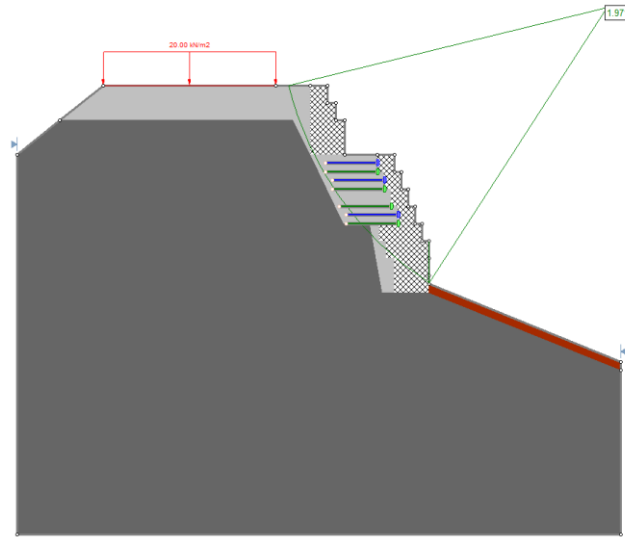
Desde	Hasta	Recuperación		RQD		SPT					Descripción
(m)	(m)	(m)	(%)	(m)	(%)	0-15	15-30	30-45	45-60	N _{SPT}	
0.00	0.45	0.15	33.33	-	-	2	2	2	-	4	Limo arenoso color gris.
0.45	0.90	0.17	37.78	-	-	2	3	3	-	6	
0.90	1.35	0.20	44.44	-	-	6	9	10	-	19	Roca alterada. Rebote - 10 golpes sin avance.

Notas:

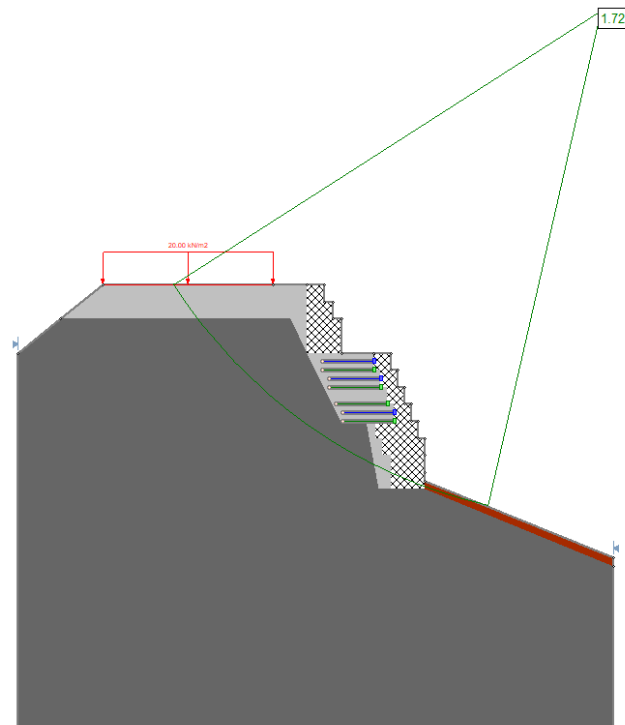
1. No se calcula el RQD (no aplica para el tipo de material).

 GÁVEA INGENIERÍA		ENSAYOS: Penetración estandar (ASTM D-1586)									
Perforación:	P-08 (SPT8)					Cliente:	IRSSA-CONAVI				
Fecha inicio:	4/10/2022					Localización:	Muro Norte Cataratas				
Fecha fin:	4/10/2022					Población:	Cataratas				
Perforador:	E. Prendas					Distrito:	Cahuita				
Ayudante:	I. Molina					Cantón:	Talamanca				
Encargado:	D. Jiménez					Provincia:	Limón				
Nivel freático (m):	No hay					Coordenadas:	629206-1064695				
Desde	Hasta	Recuperación		RQD		SPT					Descripción
(m)	(m)	(m)	(%)	(m)	(%)	0-15	15-30	30-45	45-60	N_{SPT}	
0.00	0.45	0.10	22.22	-	-	1	1	2	-	3	Limo arenoso color gris.
0.45	0.90	0.15	33.33	-	-	2	2	2	-	4	
0.90	1.35	0.15	33.33	-	-	8	12	10	-	22	Roca alterada. Rebote - 10 golpes sin avance.
Notas: 1. No se calcula el RQD (no aplica para el tipo de material).											

Anexo 2. Resultados de los análisis de estabilidad



Caso estático



Caso sismo