



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

ALUMNO: MARQUEZ, FACUNDO NAHUEL

LEGAJO: 13 092

CARRERA: Ingeniería Civil

PROYECTO: Mitigación de riesgos naturales - Yutu Yaco -
Proyecto Minero San Juan

EMPRESA O INSTITUCIÓN: GeoEnergía Argentina S.A.

TUTOR DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN: Gustavo Racioppi

PERIODO DE PRÁCTICA: 18/11/2024 al 18/02/2025

AÑO: 2025

 UNCUYO UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO	 Práctica Profesional Supervisada 2025 <i>Alumno: Marquez, Facundo Nahuel</i>	PAG. [2]
--	---	-------------

Contenido

1. Introducción	3
2. Objetivos	4
3. GeoEnergía Argentina S.A (GEASA)	4
3.1 Generalidades	4
3.2 Servicios que presta	5
3.3 GEOBRUGG	5
4. Camino de Yutu Yaco	6
4.1 Antecedentes	7
4.2 Topografía	9
4.3 Solución propuesta	12
4.3.1 Cortina de Guiado de Rocas	13
4.3.2 Barreras Dinámicas de Caída de Rocas	14
4.3.2.1 Barrera GBE100-AR	14
4.3.2.2 Barrera Móvil (Mobile Debris Fence)	15
4.4 Características de los sistemas propuestos	17
4.4.1 Cortinas de guiado	17
4.4.2 Barreras de caída de rocas	21
5. Proyecto Minero San Juan	25
5.1 Ubicación	25
5.2 Objetivos del proyecto	27
5.3 Antecedentes	28
5.4 Solución propuesta	28
5.3.1 Rocfall	30
5.5 Características del sistema propuesto	38
6. Visita técnica Ruta Provincial N.º 82, Cacheuta, Mendoza	42
7. Resultados obtenidos	44
8. Conclusión	45
9. Comentarios personales	46
10. Recomendaciones para futuras prácticas	47
11. Bibliografía	47

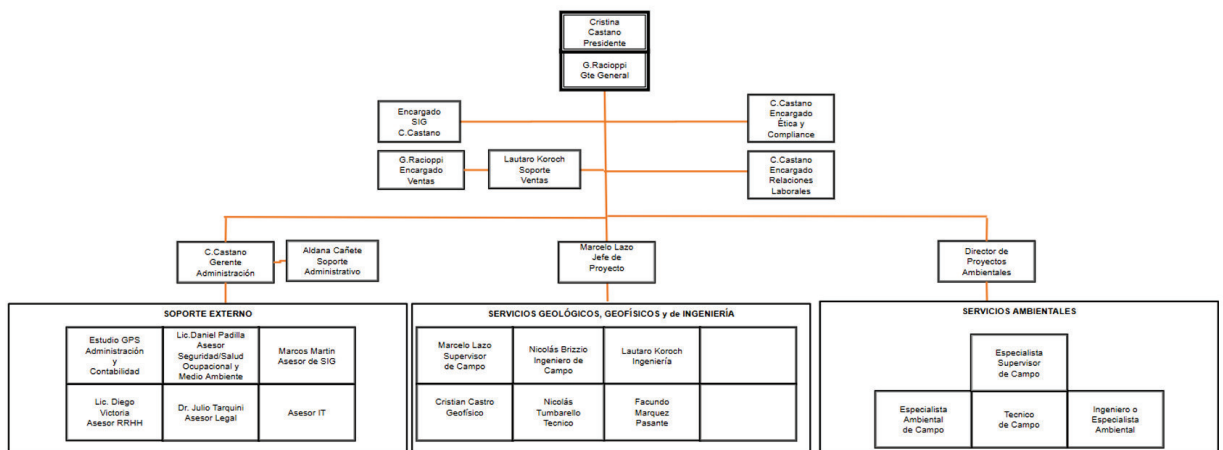


1. Introducción

En el siguiente informe se realiza una descripción de las actividades realizadas por el alumno Facundo Marquez, en el marco de las **Prácticas Profesionales Supervisadas (PPS)**. Las mismas fueron realizadas en GEOENERGÍA ARGENTINA S.A. bajo la tutoría del Geólogo Gustavo Racioppi, Gerente General de la compañía.

Geoenergía tiene su sede ubicada en Emilio Civit al 484, Ciudad, Mendoza, desde donde se coordina la planificación y ejecución de proyectos.

La empresa cuenta con una estructura organizativa sencilla pero eficiente, un organigrama de esta se puede ver a continuación:



La Práctica Profesional Supervisada (PPS) consiste en el desarrollo de una actividad en una empresa o institución aceptada por la Facultad, orientada al sector de la producción de bienes y servicios profesionales. Representa una valiosa herramienta para el alumno, ya que constituye la primera inserción en un ámbito profesional real y la confrontación con la problemática de su propia actividad.

En la presente PPS se trabajó principalmente en la elaboración de propuestas de control de caídas de rocas, colaborando con tareas de gabinete y de campo. Se participó en dos proyectos principalmente, con objetivo de plantear diversas soluciones a la problemática. Un proyecto se identifica como Yutu Yaco, el cual consiste en un camino del proyecto minero Agua Rica, que se ubica en Catamarca, Argentina y otro proyecto minero el cual su nombre se reserva por confidencialidad, ubicado en San Juan, Argentina.

 UNCUYO UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO	 FACULTAD DE INGENIERIA en acción continua...	Práctica Profesional Supervisada 2025 <i>Alumno: Marquez, Facundo Nahuel</i>	PAG. [4]
--	--	--	-------------

2. Objetivos

Las PPS tienen como finalidad que el alumno pueda:

- Aplicar los conocimientos y habilidades propios del ingeniero con la madurez que corresponde a un futuro egresado.
- Demostrar capacidad para el análisis de problemas, formulación de alternativas, propuestas de resolución, organización y dirección de tareas profesionales aplicadas a la ingeniería.
- Reconocer la trascendencia social de la profesión de ingeniero y la importancia de la inserción de la universidad en el medio.
- Constituir una actividad integradora de los conocimientos adquiridos por el alumno durante el cursado de la carrera.
- A nivel personal, los objetivos que fueron planteados a la hora de realizar las prácticas profesionales son los siguientes:
 - Consolidar mis habilidades y competencias, enfrentándome a desafíos reales en el ámbito laboral
 - Ampliar mis conocimientos y explorar nuevas áreas poco abordadas durante la carrera
 - Dar los primeros pasos dentro del ámbito profesional, estableciendo una base sólida para mi futura carrera
 - Comprender mejor los procesos y diferentes etapas, desde la planificación hasta la ejecución, de un proyecto
 - Establecer relaciones laborales positivas, construyendo una red de contacto útil para el futuro
 - Adaptarme a la dinámica y valores de la empresa, integrándome de manera efectiva en su cultura organizacional

3. GeoEnergía Argentina S.A (GEASA)

3.1 Generalidades

Es una empresa argentina especializada en brindar servicios y productos en las áreas de geología, geotecnia e ingeniería, orientados principalmente a los sectores minero, petrolero y de la construcción. Con sede en la provincia de Mendoza, la compañía cuenta con un equipo multidisciplinario que ofrece soluciones personalizadas, alineadas con los avances tecnológicos más recientes.

Además, GEASA, colabora con empresas internacionales líderes en sus respectivos campos, siendo el representante nacional de estas. Entre sus socios destacados se encuentran a empresas como Geobruigg (especializada en soluciones de protección contra riesgos naturales, es decir, caída de rocas, flujos de detritos, estabilización de taludes, etc.), Nanometrics (experta en monitoreo sísmico, para diversas industrias, incluyendo petróleo y gas, minería,)

 UNCUYO UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO	 FACULTAD DE INGENIERIA en acción continua...	Práctica Profesional Supervisada 2025 <i>Alumno: Marquez, Facundo Nahuel</i>	PAG. [5]
--	--	--	-------------

Southernrock (prospección geofísica) y New-Sense Geophysics (aportando tecnología en geofísica terrestre y aérea). Estas colaboraciones permiten ofrecer soluciones integrales y de alta calidad a sus clientes.

La empresa se destaca por su enfoque en la innovación y la aplicación de tecnologías avanzadas, lo que le permite adaptarse a las necesidades específicas de cada proyecto y sector en el que opera.

3.2 Servicios que presta

Dentro de los servicios que ofrece GEASA, se pueden mencionar:

- Exploración minera y petrolera: Realiza estudios y análisis para la identificación y evaluación de yacimientos minerales y de hidrocarburos.
- Geotecnia e ingeniería: Ofrece servicios relacionados con la estabilidad de taludes, deslizamientos de tierra y otros aspectos geotécnicos esenciales para proyectos de infraestructura.
- Aguas subterráneas: Proporciona soluciones para la exploración, evaluación y gestión de recursos hídricos subterráneos.
- Geo-radar: Utiliza tecnologías de radar de penetración terrestre para el monitoreo de estabilidad de taludes, detección de deslizamientos y otras aplicaciones geológicas.
- Monitoreo sísmico: Implementa redes de estaciones para el monitoreo de sismicidad inducida y ofrece servicios de procesamiento avanzado de datos sísmicos.
- Prospección geofísica terrestre y aérea: Realiza estudios de magnetometría, espectrometría, métodos eléctricos y sísmica de refracción para la exploración del subsuelo.
- Soluciones de estabilización y protección: Proporciona sistemas para la estabilización de taludes, protección contra caídas de rocas, flujos de detritos y avalanchas de nieve.

3.3 GEOBRUGG

La Práctica Profesional Supervisada (PPS) se llevó a cabo en el marco de la representación de la empresa Geobrug. Durante esta experiencia, se trabajó de manera colaborativa con distintos integrantes de la compañía y bajo la supervisión de Gustavo Raccioppi, quien guió el proceso y aportó su experiencia.

Geobrug es una empresa especializada en sistemas de protección de alta resistencia, como barreras dinámicas para contención de avalanchas, estabilización de taludes y control de flujos de detritos. Sus soluciones se diseñan bajo estrictos estándares internacionales, destacándose por su eficiencia, durabilidad y fácil instalación, adaptándose a las necesidades específicas de cada proyecto.



El objetivo principal de la PPS fue desarrollar una propuesta para mitigar la posible generación de caídas de rocas, en el camino de Yutu Yaco que permite el Acceso al Portal del Sur, el proyecto minero se llama Agua Rica, y está ubicado en la provincia de Catamarca. Esta propuesta fue elaborada específicamente para GLENCORE S.A., buscando soluciones que garanticen la seguridad y sostenibilidad de la operación. También se realizó una propuesta de mitigación de riesgos naturales, principalmente caída de rocas y avalanchas, para un proyecto minero en la provincia de San Juan.

4. Camino de Yutu Yaco

Se describe el análisis conceptual realizado para la instalación de barreras de caídas de rocas y cortinas de guiado en el sector conocido como Yutu Yaco. Dicha zona constituye un camino de acceso al Portal Sur, perteneciente al proyecto minero Agua Rica, ubicado en Catamarca, Argentina. Desde este se harán perforaciones para conocer las características geológicas del terreno.



Imagen 1: Ubicación de proyecto Yutu Yaco.

Este tramo incluye pendientes pronunciadas y sectores con antecedentes de desprendimientos y caídas de rocas, lo que genera la necesidad de implementar medidas de mitigación.

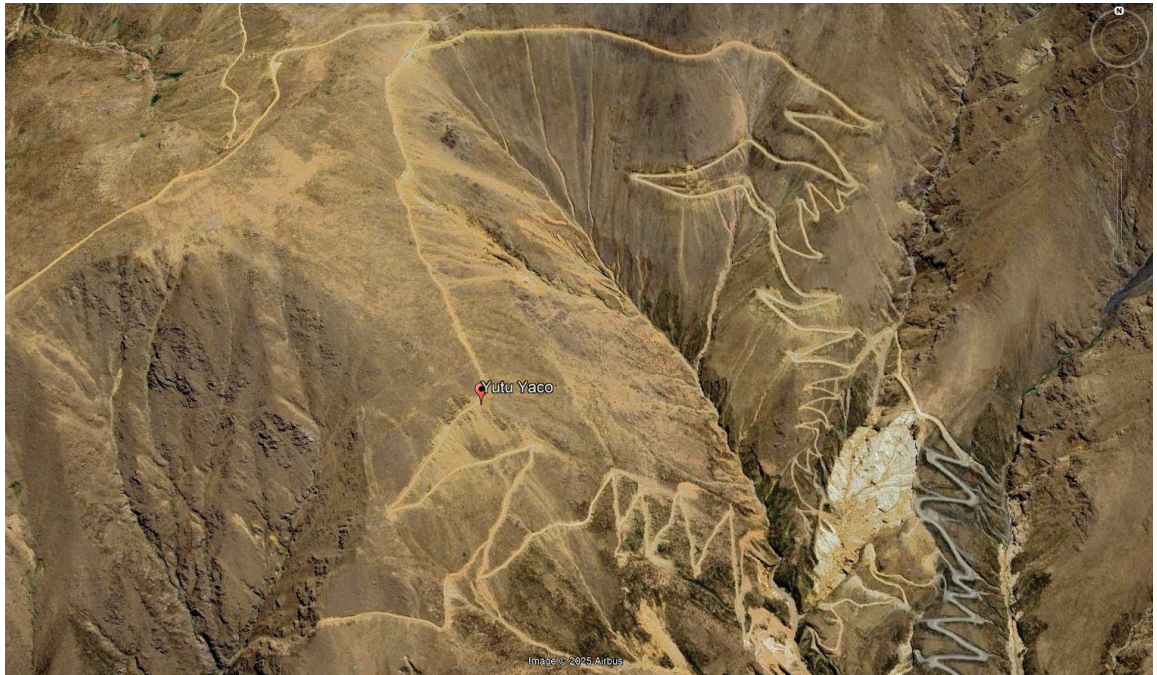


Imagen 2: Ubicación de camino Yutu Yaco.

A partir de antecedentes fotográficos y la generación de modelos, se han obtenido resultados preliminares que permiten el diseño de medidas de mitigación para controlar estos eventos.

4.1 Antecedentes

El camino de Yutu Yaco ha sido escenario de caídas de rocas en el pasado, lo cual ha afectado el tránsito por el camino. Fotografías de estos eventos, junto con la ubicación y descripción de cada punto fueron proporcionadas por Glencore y utilizadas como referencia para identificar las áreas más vulnerables y para planificar las medidas de mitigación.

Desde el día 13/01/2025 hasta 16/01/2025, Lautaro Koroch y Facundo Marquez, representantes de la empresa Geobrugg, realizaron una visita al sitio acompañados por representantes de Glencore (Ingeniero Rodrigo Orlando y Jaime Avila). Durante la visita se pudo apreciar las características y complejidad del camino en estudio.

En el relevamiento in situ, se inspeccionó las condiciones reales del terreno, se obtuvo toma de imágenes y datos mediante fotografía terrestre, y un vuelo con dron para mapear con precisión los taludes y determinar las pendientes críticas.

De los 29 puntos identificados, se constató que sólo un subconjunto presenta riesgos significativos de inestabilidad, mientras que otros puntos demostraron condiciones aceptables.



En el transcurso de la visita, se pudo observar un camino afectado por varios desprendimientos ocasionados por las intensas lluvias que habían azotado la zona la semana anterior. En el recorrido, procedimos a tomar las dimensiones de estos desprendimientos, registrando su magnitud y localización para evaluar el impacto y planificar las acciones correctivas necesarias.



Imagen 3,4,5 y 6: Relevamiento fotográfico de visita a terreno.

 UNCUYO UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO	 FACULTAD DE INGENIERIA en acción continua...	Práctica Profesional Supervisada 2025 <i>Alumno: Marquez, Facundo Nahuel</i>	PAG. [9]
--	--	--	-------------

Se realizó un vuelo de dron para obtener un modelo digital del terreno.



Imagen 7: Ejecución de vuelo de dron.

4.2 Topografía

Con el fin de obtener una representación precisa de la topografía, se realizó un levantamiento fotogramétrico con dron, el cual es propiedad de la empresa. Para planificar el vuelo se utilizó la aplicación DroneLink, mediante la cual se diseñó el plan de vuelo asegurando una adecuada superposición entre imágenes y definiendo los puntos estratégicos para la captura de fotografías. Durante el vuelo, el dron siguió este plan automáticamente, recopilando una serie de imágenes georreferenciadas del terreno.

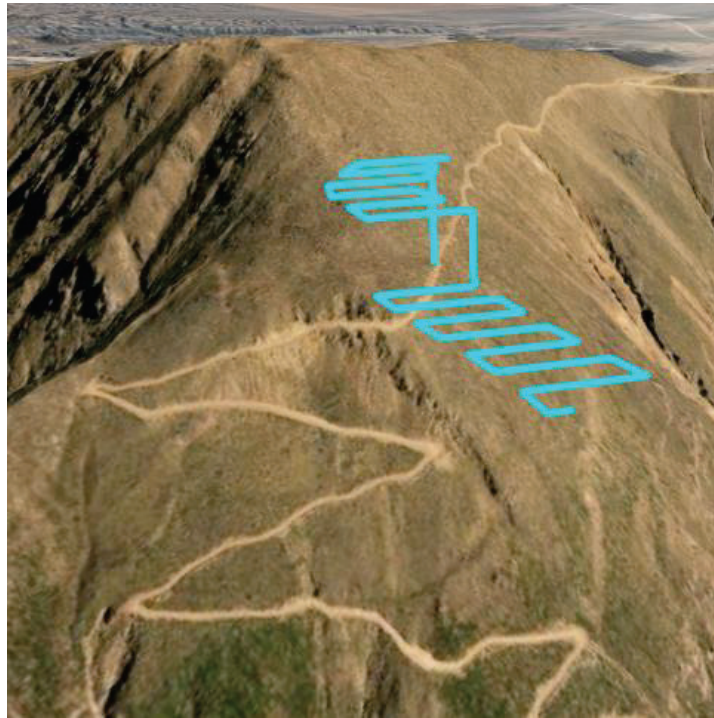


Imagen 8: imagen representativa de uno de los vuelos realizados.

Las imágenes capturadas fueron procesadas mediante el software Pix4D Mapper, el cual emplea algoritmos avanzados para identificar puntos en común entre las distintas fotografías, generando así un modelo tridimensional del terreno con gran precisión. Este modelo digital (MDE) se exportó y cargó en Global Mapper, donde se realizó un análisis detallado de la topografía.

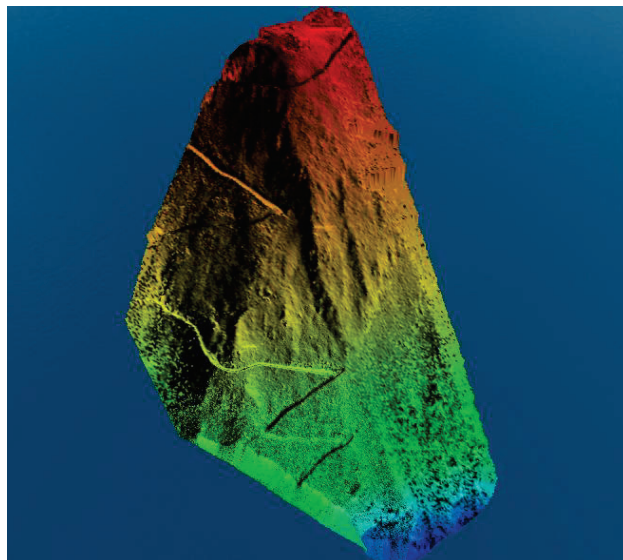


Imagen 9: modelo digital de elevación a partir de vuelo fotográfico.

Glencore proporcionó las curvas de nivel del sitio, con las mismas se completó el modelo digital anteriormente presentado. Ya que debido a las características del dron y las dificultades del terreno, el modelo que se había obtenido era limitado.

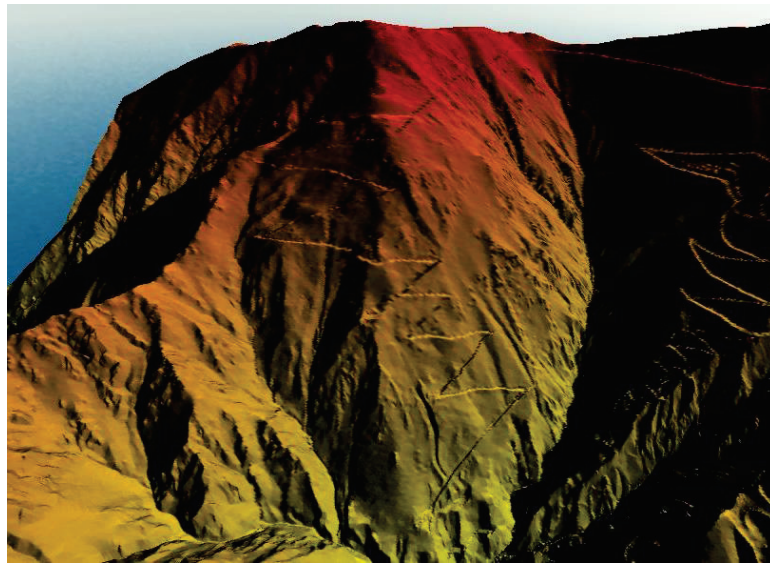


Imagen 10: modelo digital de elevación final.

El modelo generado permitió establecer las pendientes de los taludes, siendo un dato principal para el análisis de caídas de rocas. Con el relevamiento del camino, las fotografías y el modelo generado se procedió a listar los puntos críticos identificados a modo de plantear una solución en los mismos.



RELEVAMIENTO DE TALUDES: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, RIESGOS Y MEDIDAS DE CONTROL		
PUNTO DE OBSERVACIÓN	Descripción Sector	Consecuencia
P-03a	Talud de altura aproximada 20 m, con bloques sueltos de tamaño que pueden afectar un vehículo.	Obstrucción del camino Daño a personas y equipos
P-03b	Talud fracturado con estructuras abiertas y bloques sueltos, desfavorables hacia el talud.	Obstrucción del camino Daño a personas y equipos
P-04a	Talud fracturado con estructuras abiertas y bloques sueltos, desfavorables hacia el talud.	Obstrucción del camino Daño a personas y equipos
P-04b	Talud fracturado con estructuras abiertas y bloques sueltos, desfavorables hacia el talud.	Obstrucción del camino Daño a personas y equipos, durante el tránsito.
P-05	Talud de altura aproximada de 20 a 30 m, conformado por bolones de roca sueltos de 2 m de diámetro.	Obstrucción de camino de acceso Daño a personas y equipos
P-08a	Talud inestable de gran altura, fracturado, con formación de cuñas, y bloques inestables, con pendiente desfavorable hacia el talud.	Obstrucción de camino de acceso Daño a personas y equipos
P-08b	Talud inestable de gran altura, fracturado, con formación de cuñas, y bloques inestables, con pendiente desfavorable hacia el talud.	Obstrucción de camino de acceso Daño a personas y equipos
P-08c	Talud inestable de gran altura, fracturado, con formación de cuñas, y bloques inestables, con pendiente desfavorable hacia el talud.	Obstrucción de camino de acceso Daño a personas y equipos
P-11a	Talud de altura aproximada de 20 - 30 m, se observa fracturado y meteorizado con estructuras abiertas y bloques sueltos de menor tamaño. Macizo rocoso de baja calidad geotécnica.	Obstrucción de camino de acceso Daño a personas y equipos
P-12a	Talud de altura moderada, se observa un material coluvial conformado por bolones de roca sueltos y material fino.	Daño al vehículo
P-12b	Talud de altura moderada, se observa fracturado y meteorizado con estructuras abiertas y bloques sueltos de menor tamaño.	Daño al vehículo
P-28	Talud conformado por material coluvial, bolones de roca y material fino	Daño a personas y equipos
P-29	Talud conformado por material coluvial	Daño a personas y equipos

4.3 Solución propuesta

Dado que se trata de una solución temporal, y con el objetivo de maximizar su utilidad en otras etapas o partes del camino, se decidió proponer una alternativa que pueda ser trasladada y adaptada según las necesidades del mismo. Esto permitirá optimizar recursos y garantizar su funcionalidad en distintos contextos, asegurando así una mayor eficiencia y versatilidad.

En base a los datos recopilados y el análisis técnico realizado, proponemos la implementación de los siguientes sistemas de mitigación:

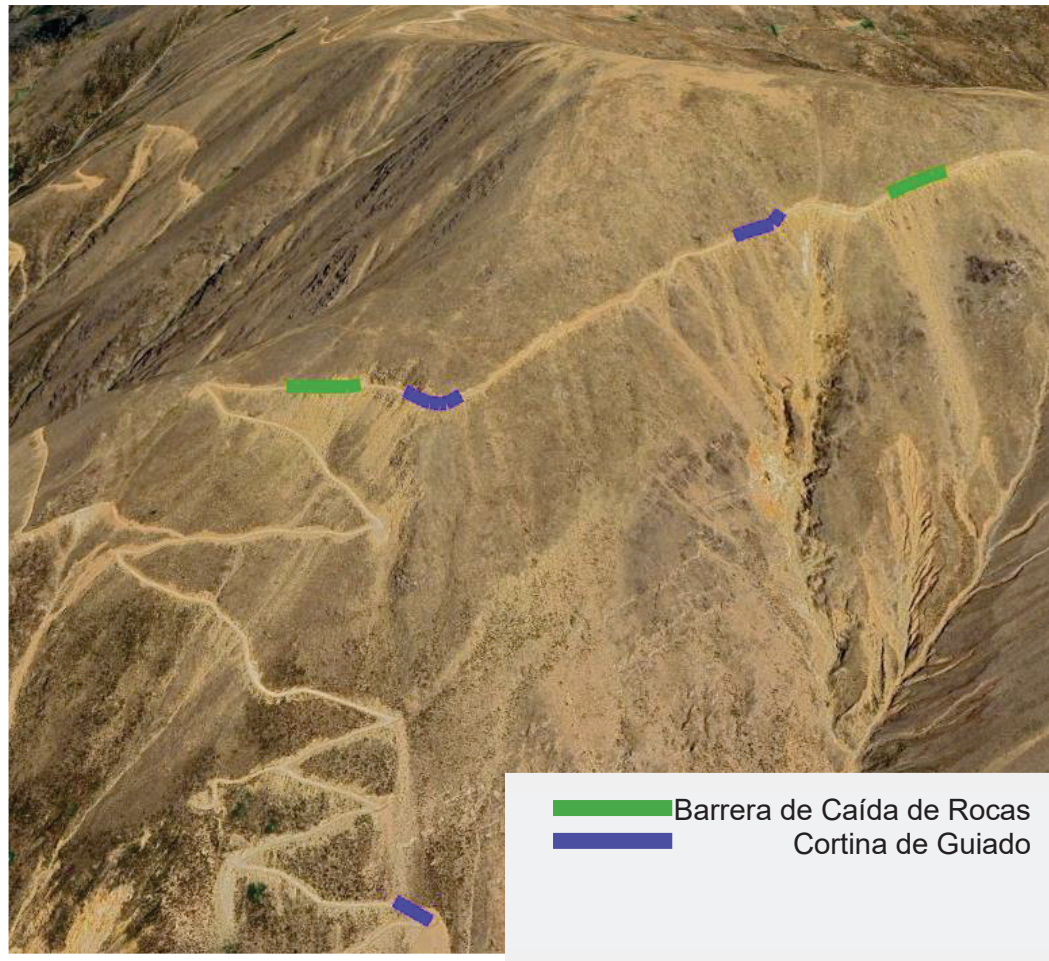


Imagen 11: soluciones propuestas.

4.3.1 Cortina de Guiado de Rocas

La “malla colgada” o cortina que cumple la función de proteger el camino de desprendimientos los cuales serán guiados hasta la base del talud minimizando el riesgo hacia los usuarios del camino, este tipo de solución no entrega estabilidad al talud pues su función es solamente guiar los desprendimientos de roca hacia la base del talud para posteriormente ser extraídos de forma manual. Dentro de las alternativas de este tipo de solución se pueden separar en dos tipos:

- Doble Malla (QUAROX + DELTAX): Permiten guiar los desprendimientos hacia la base de bloques de roca mayores a 0.5m³
- Malla simple (DELTAX): Permiten guiar los desprendimientos hacia la base de bloques de roca menores a 0.5m³

La ubicación de esta solución es en los **puntos 8a, 8b, 8c, 11a, 28, 29**



Diseño adaptado a las alturas y longitudes identificadas en los puntos críticos. Este sistema permitirá canalizar de manera controlada los desprendimientos hacia áreas seguras, reduciendo el riesgo en el camino.

4.3.2 Barreras Dinámicas de Caída de Rocas

En el análisis realizado se consideró la energía máxima a contener según tamaño de bloque y características del talud del camino.

La ubicación de esta solución es en los **puntos 3a, 3b, 4a, 4b, 5, 12a, 12b.**

Características: Instalación de barreras dinámicas de alta resistencia, diseñadas para contener rocas en movimiento, minimizando el impacto sobre las estructuras viales y el personal.

Altura y resistencia: Determinadas en función del tamaño estimado de los bloques y la energía cinética calculada.

4.3.2.1 Barrera GBE100-AR

Como área y debido a las características de uso del camino, se considera que el requerimiento de protección del mismo es temporal, por lo cual se propone la idea de instalar una barrera de protección al borde del camino, con la finalidad de mitigar los efectos de caída de material en la ruta.

Características:

- Barrera con Certificación Suiza (BAFU)
- Barrera con Marca CE.
- Soporta hasta 100 kJ
- Diseño sin anclajes al monte (tirantes)
- Utiliza Malla TECCO® G80/4

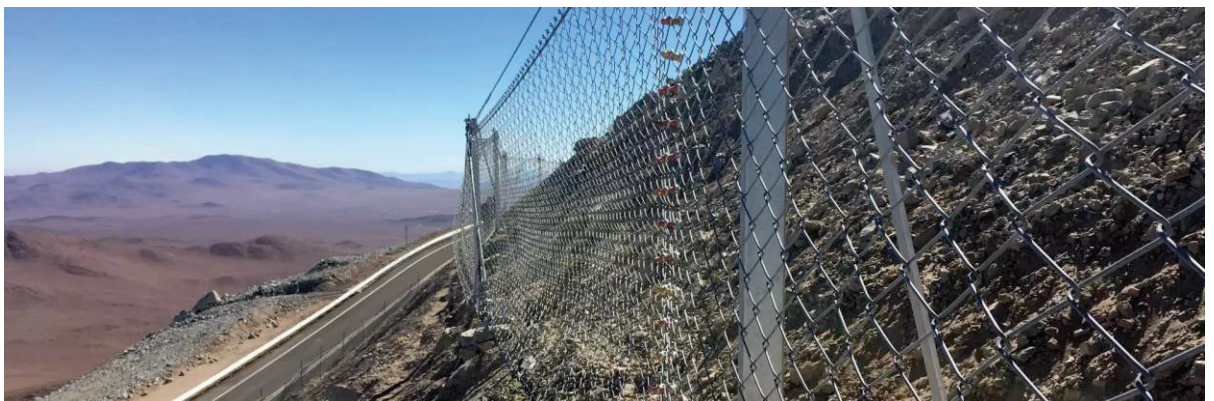


Imagen 12 y 13: barreras en otros proyectos.



4.3.2.2 Barrera Móvil (Mobile Debris Fence)

La solución propuesta consiste en un sistema modular versátil de fácil instalación que puede ser desmontado y trasladado a otro sector una vez concluidas las obras. Se recomienda esta opción puesto que es más rápida de instalar y cuenta con las ventajas móviles mencionadas.



Imagen 14: barreras móviles en otros proyectos.

Ventaja adicional:

Se proponen dos posibles soluciones para las barreras dinámicas de caídas de rocas. Ambos sistemas han sido seleccionados no solo por su eficacia técnica, sino también por su versatilidad.

Estas mallas pueden ser reubicadas y reutilizadas en nuevos puntos de interés una vez que se completen las tareas de perforación, optimizando así los recursos invertidos y adaptándose a las necesidades cambiantes del proyecto.



El diseño de ambos sistemas está optimizado para garantizar su integración al entorno natural, minimizando el impacto ambiental y facilitando su mantenimiento a largo plazo.

PROPUESTA 1	
SISTEMA	MEDIDAS [alto x largo]
CORTINA DE GUIADO P - 11:	
QUAROX + DELTAX 80/2	20 m * 50 m
CORTINA DE GUIADO P - 8:	
QUAROX + DELTAX 80/2	15 m * 50 m
CORTINA DE GUIADO P - 28 , 29	
DELTAX 80/2	10 m * 30 m
BARRERA CONTRA CAIDA DE ROCAS P - 4 , 5 , 6	
GBE100-AR	3 m * 100 m
BARRERA CONTRA CAIDA DE ROCAS P - 12a , 12b	
GBE100-AR	3 m * 100 m

PROPUESTA 2	
SISTEMA	MEDIDAS [m]
CORTINA DE GUIADO P - 11:	
QUAROX + DELTAX 80/2	20 m * 50 m
CORTINA DE GUIADO P - 8:	
QUAROX + DELTAX 80/2	15 m * 50 m
CORTINA DE GUIADO P - 28 , 29:	
DELTAX 80/2	10 m * 30 m
BARRERA MOVIL P - 3 , 4 , 5 , 12:	
MOBILE DEBRIS FENCE	H = 3,5 m L = 200 m

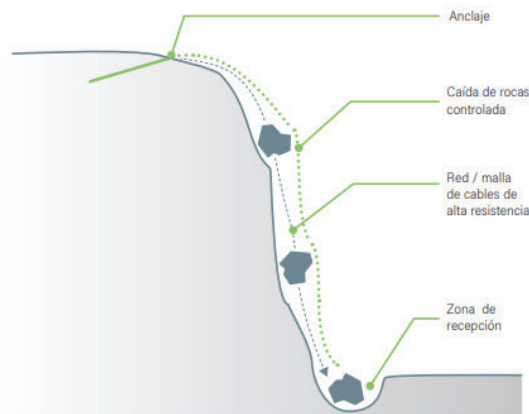


4.4 Características de los sistemas propuestos

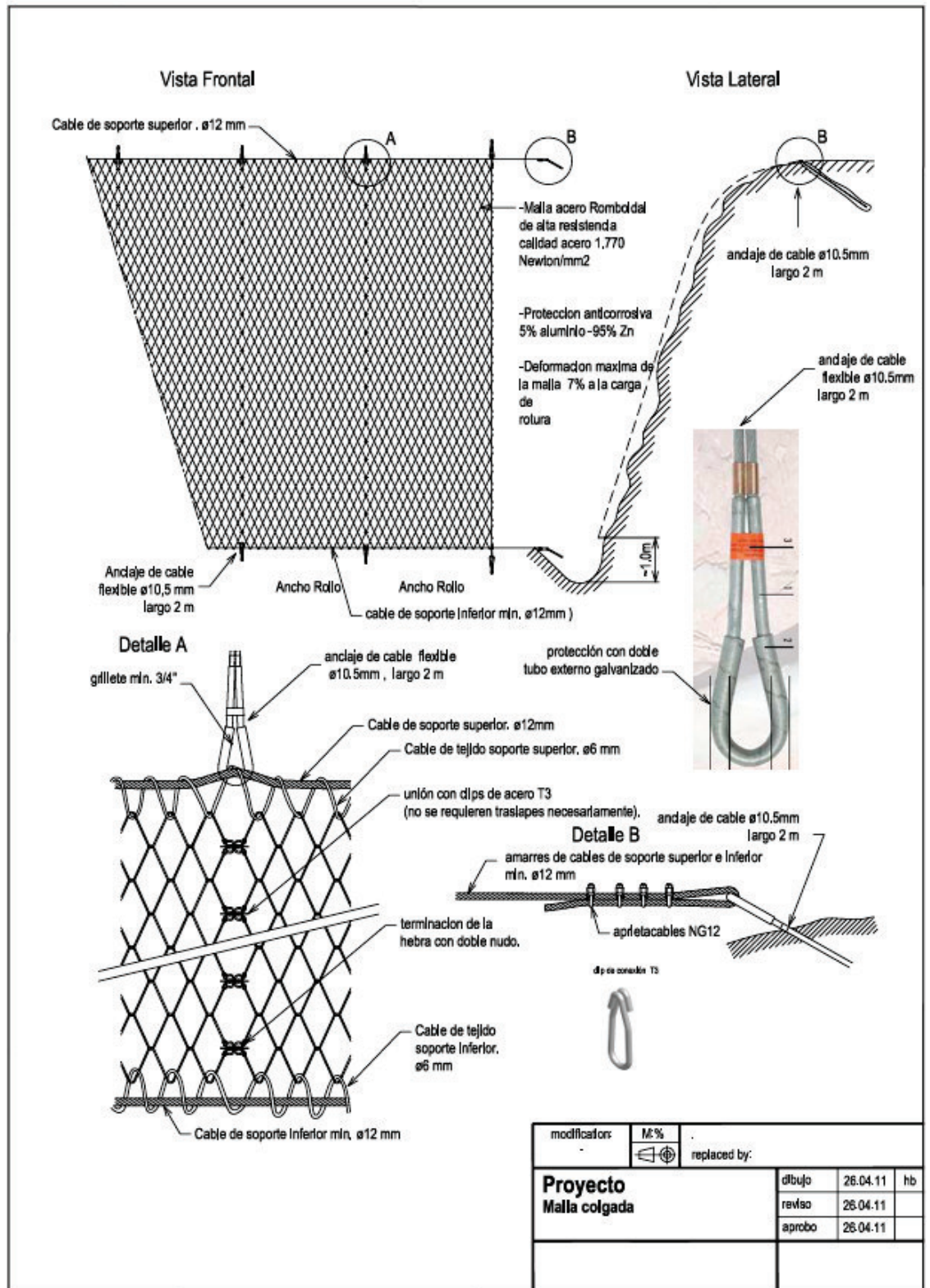
4.4.1 Cortinas de guiado

Desprendimiento de rocas controlado, incluso en taludes muy altos. Sobre la coronación de la pared rocosa se utilizan los anclajes de cable espiral para fijar el cable de soporte.

Por ejemplo, unos paneles DELTAX (O QUAROX) se fijan al cable de soporte y quedan suspendidos sobre el talud. Los desprendimientos de rocas se detienen debajo de la malla resistente y duradera y se guían de forma segura y fiable a las zonas de recepción previstas. Dependiendo de las condiciones locales, nuestra cortina de guiado de piedras puede usarse para taludes con una altura de más de 100 m y desprendimientos de varios metros cúbicos.



Todos los tipos de malla utilizados son de alambre de acero de alta resistencia con una capacidad de carga de 1770 N/mm^2 , que ofrecen la resistencia y la flexibilidad necesarias.





CABLE DE AMARRE PERIMETRAL

El embolsamiento de las mallas cuando se producen desprendimientos en el talud hace que sea necesario realizar un amarre perimetral del sistema. Para materializarlo se implementa un cable con alma de acero de 16mm que se sujeta a la malla mediante un cable con alma de acero de 6mm y la malla principal, QUAROX, se sostiene al cable superior mediante grilletes. Este cable es fabricado a partir de acero de alto límite elástico (1770 MPa) y posee protección contra la corrosión.

ANCLAJES DE CABLE ESPIRAL

El anclaje flexible tiene la particularidad de mantener su resistencia bajo impactos directos o cuando es sometido a esfuerzos de corte debido a la movilidad de su cabeza, es fabricado con acero de alto límite elástico de 1770 MPa lo que le otorga mayor resistencia y flexibilidad.



Anclajes (1) cable espiral estándar (2) cable espiral con centrador (3) anclaje autoperforante con cabeza FLEX (4) anclaje autoperforante de elevado Ø

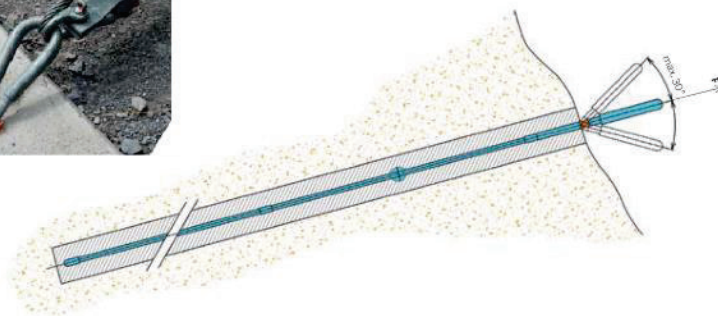


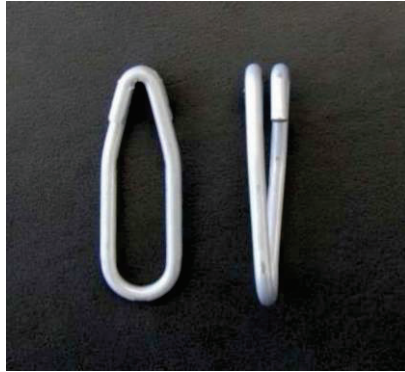
Imagen 15: Anclajes flexibles de cable espiral

CLIP DE CONEXIÓN T3 – UNIÓN ENTRE PAÑOS

Gracias a la terminación de cada hebra con doble nudo en espiral, las mallas Geobrugg no necesitan traslapes. La unión de los paños se materializa con los Clips T3 los cuales asegurarán que la malla no se abrirá en las uniones. Esto se debe a que los clips son fabricados con el mismo acero de alta resistencia, presentan una sección de Ø4 mm de diámetro y aseguran que la



resistencia de la unión entre paños sea mayor que la misma malla. Por lo tanto la unión no es la parte débil del paño.



Imágenes 16 y 17: Clip de conexión T3 (izq.) – Empalme entre mallas (der.).

PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO

Los taludes a cubrir con la malla deberán ser previamente removidos de sus materiales granulares más sueltos e inestables así como ser perfilados (desquinche y peinado de taludes).

Antes de desplegar la malla romboidal se deberá realizar las perforaciones para la colocación de los anclajes flexibles. En la parte superior de talud la distancia entre cada anclaje flexible será 3,9 metros y en la parte inferior del talud los anclajes irán cada 8 m.

El mortero (o lechada) de cemento hidráulico para los anclajes será de preferencia sin retracción y con una relación agua/cemento de máximo 0.50. De ser necesario, se podrá considerar la presencia de aditivo “Superfluidificante” para asegurar un completo escurrimiento del mortero. En ciertos casos podrá usarse una mezcla de consistencia más rígida como es el caso de suelos granulares o roca altamente fracturada. También podrán usarse productos epóxicos de acuerdo a las recomendaciones del fabricante los que serán obligatorios en caso de que exista flujo de agua desde la perforación. El mortero o lechada tendrá aditivos que eliminen completamente la retracción de fraguado.

Una vez colocados los anclajes flexibles, se colocará el cable de 16 mm a lo ancho de todo el talud. Se unen con cable de 6mm.. El mismo proceso se debe repetir en el pie del talud.



Imagen 18: procedimiento de trabajo.

Colgada la malla se colocarán los clips de acero tipo T3. El clip de unión se deberá colocar en todos los rombos donde la malla se une con el paño vecino tal como se muestra en la lámina de instalación. La posición del rombo siempre será de forma vertical. La unión de ambos paños en conjunto con el clip deberá proporcionar una resistencia mayor a la de la misma malla, esto para evitar que la malla se desgarre en las uniones de cada paño

ENSAYOS Y CERTIFICACIÓN

Los sistemas Geobrugg se encuentran certificados mediante las normas EOTA y FOEN (alturas y dimensiones comerciales) a partir de ensayos a escala real. El objetivo de estos ensayos es el de conocer la capacidad real de estos sistemas y obtener las mismas prestaciones más allá del lugar donde sean instalados.

MANTENIMIENTO

En caso de querer retirar el material retenido en la barrera, maquinaria o personas pueden acceder de forma sencilla y realizar la limpieza del material retenido.

4.4.2 Barreras de caída de rocas

Están fabricadas con alambre de acero de alta resistencia y un método de instalación excepcionalmente sencillo. Las barreras GBE, diseñadas para los niveles de energía de hasta 3000 kJ, se entregan en obra pre-ensambladas, lo cual permite una rápida instalación. Todas las barreras cumplen con los requisitos de la directiva europea ETAG 027 categoría A - la categoría más alta de esta normativa.



Desde 1930, las barreras dinámicas contra la caída de rocas se han diseñado y construido en diversos países, siendo Suiza uno de los precursores de estos sistemas y donde mayor desarrollo e investigación ha existido. En términos físicos, un cuerpo en movimiento posee una energía que depende tanto de su masa como de su velocidad. Esta energía cinética está compuesta por una energía de traslación y, si además el cuerpo gira sobre un eje, de una cierta energía rotacional. La expresión matemática es la siguiente:

$$Ec = \frac{1}{2}(m \times v^2) + \frac{1}{2}(I \times w^2)$$

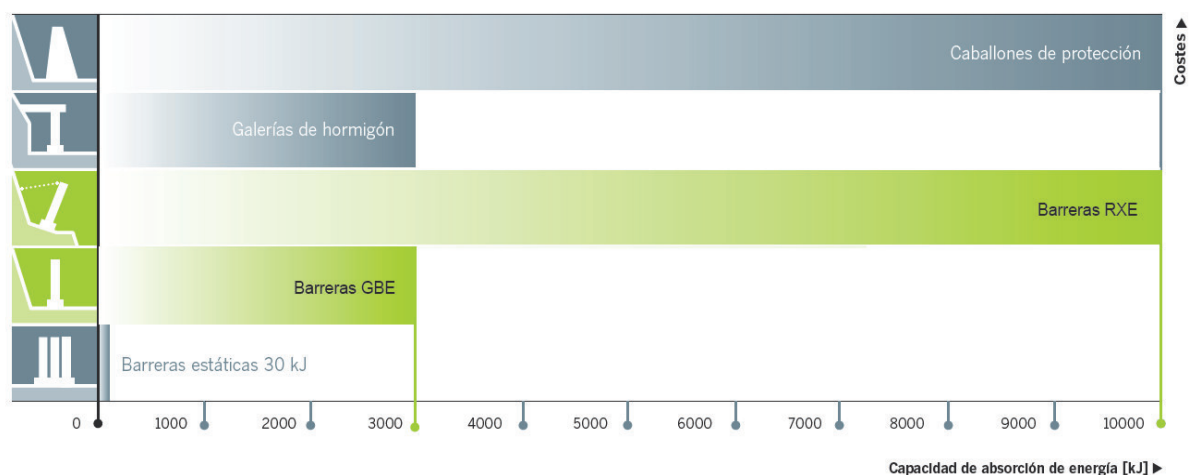
Para detener un móvil, es necesario que el obstáculo que intercepte la trayectoria realice un trabajo en contra tal que iguale la energía cinética. Este trabajo que ha de realizarse, depende de dos factores: la fuerza que se oponga y el desplazamiento que el obstáculo sufra después de interceptar el móvil. En términos matemáticos esta relación se expresa de la siguiente manera:

$$W = f \times d$$

El principio de estas barreras, y su principal virtud, consiste en su capacidad para realizar trabajos de gran magnitud (es decir, absorber una gran cantidad de energía cinética) debido a que su elasticidad les permite un gran desplazamiento “d”.

Los sistemas flexibles son preferibles a los sistemas rígidos tales como muros de hormigón, estructuras de barras de acero o madera y gaviones, ya que en estos al ser “d” mínimo, la fuerza a oponer “f” debe ser suficientemente grande para realizar un trabajo que evite su rotura, lo cual resultaría en estructuras de gran volumen, tamaño y peso además de un gran valor.

Al comparar entre sistemas de protección contra caída de rocas en relación con la capacidad de absorción de energía y los costos, las barreras GBE son más resistentes, ligeras y rápidas de instalar.





COMPONENTES Y BENEFICIOS PRINCIPALES DE LAS BARRERAS GBE

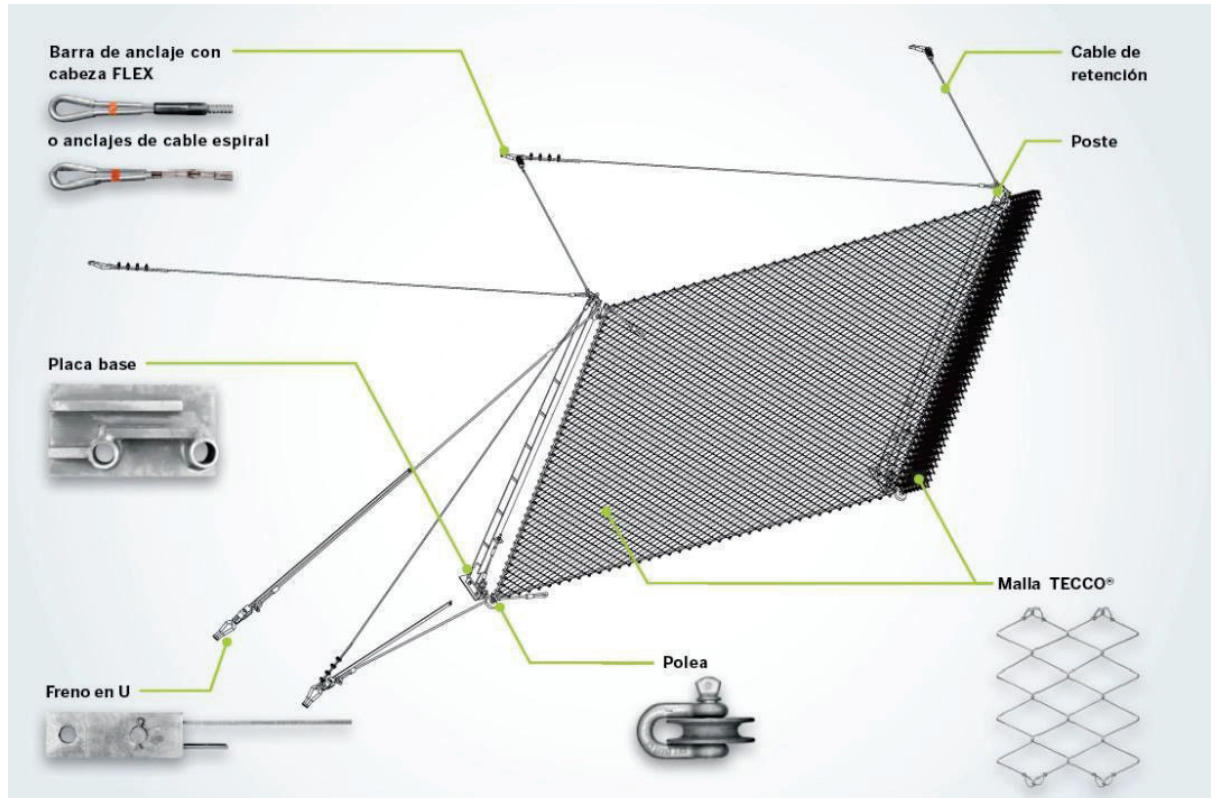


Imagen 19: Componentes principales de las barreras dinámicas GBE

TECCO® G80/4 (Barrera GBE-100AR)

Las mallas TECCO® son tejidas en forma romboidal en alambre de 4 mm de diámetro de acero de alto límite elástico, con resistencia mínima de 1.770 N/mm² (Mil setecientos newton por milímetro cuadrado) y con una resistencia a la tracción de 190 kN/metro lineal.

Postes

La función de los postes es guiar los cables en los que se sostiene la malla suspendida. Se utilizan vigas de acero del tipo HEB. Las guías en la cabeza del poste terminan bordes sin afilar para proteger los cables. El orden en el que los cables están dispuestas en la cabeza posterior corresponde a la secuencia de instalación.

Cables

El trabajo de los cables consiste en sostener la malla y transmitir las fuerzas que se producen en la red a los anclajes. La construcción de los cables es según la norma EN 12385-4 (DIN 3060/3064). Los cables están protegidos con GEOBRUGG SUPERCOATING®

 UNCUYO UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO	 FACULTAD DE INGENIERIA en acción continua...	Práctica Profesional Supervisada 2025 <i>Alumno: Marquez, Facundo Nahuel</i>	PAG. [24]
--	--	--	--------------

Anclajes Flexibles

Los cables de apoyo y retención están anclados al suelo o roca por medio de anclajes de cable en espiral de Geobrugg. Los anclajes de cables en espiral están equipados con una cabeza flexible, que asegura que las fuerzas estén directamente en la dirección de tracción. Dos tubos galvanizados sobre la cabeza de anclaje, además de la cuerda en espiral galvanizado, ofrecen doble protección contra la corrosión y erosión por efecto del movimiento.



Malla de alambre de acero de alta resistencia

Protección frente a las cargas dinámicas de hasta 3000 kJ. Parte de la energía se disipa por medio de deformación elástica / plástica de la red/malla, mientras que la mayoría se disipa por los elementos de frenado.



Bajas fuerzas de anclaje

Son válidos anclajes cortos. Esto reduce significativamente el tiempo de perforación durante la instalación y, por lo tanto, los costes globales del proyecto.



Preensamblado

Los postes se entregan en obra en forma de módulos con paquetes pre-instalados de red o malla. Esto reduce significativamente el tiempo de instalación, facilitando el proceso de montaje.



Altos estándares de seguridad

Nuestras barreras cumplen las directrices ETAG-027, lleva marcado CE, y se ensayan de acuerdo con el método más exigente en vertical (caída libre).



Freno en U de acero inoxidable

Este componente permite la disipación de energía de forma lineal y es de fácil acceso para su inspección y mantenimiento. Su composición de acero inoxidable hace que sea extremadamente duradero, incluso cuando se somete a tensión.



Ligero y discreto

El bajo peso de los componentes de la barrera hace que se puede instalar fácilmente. Con alambre de acero de alta resistencia a la tracción y un diseño innovador, esta solución ahorra materiales, protege el medio ambiente y es prácticamente invisible desde la distancia.



Protección contra la corrosión de primera clase

La protección contra la corrosión de nuestros sistemas trabajará durante generaciones. Esto significa que nuestros clientes se benefician de costes especialmente bajos de mantenimiento.

Imagen 20: Beneficios de las barreras dinámicas GBE - Geobrugg®

 UNCUYO UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO	 FACULTAD DE INGENIERIA en acción continua...	Práctica Profesional Supervisada 2025 <i>Alumno: Marquez, Facundo Nahuel</i>	PAG. [25]
--	--	--	--------------

5. Proyecto Minero San Juan

A continuación, se describe la experiencia y las actividades realizadas en un proyecto de análisis y mitigación de riesgos geodinámicos en **San Juan, Argentina**. Este estudio se centró en evaluar y proponer soluciones para mitigar los efectos de **caída de rocas, flujo de detritos y avalanchas de nieve**.

El proyecto minero se encuentra en una fase de desarrollo y evaluación, habiendo recibido recientemente la Declaración de Impacto Ambiental (DIA), lo que permite avanzar hacia la etapa de ingeniería de detalle y planificación de ejecución.

El mineral principal que se espera extraer en este proyecto es **cobre**, un recurso clave en la industria tecnológica, energética y de infraestructura. Este yacimiento se suma a otros proyectos mineros de Argentina, como Veladero (San Juan), Bajo de la Alumbrera (Catamarca) y Cerro Vanguardia (Santa Cruz), los cuales han sido fundamentales en la producción nacional de minerales.

A nivel global, este yacimiento se compara con otras minas de gran envergadura como Escondida (Chile), la mayor productora de cobre en el mundo, Grasberg (Indonesia) y Morenci (EE.UU.), que son referencias en términos de volumen de producción y tecnología aplicada en la extracción del mineral.

El estudio se basó en información proporcionada por la consultora **SRK**, la cual incluyó archivos KMZ, modelos digitales de elevación, mapas de riesgo y simulaciones numéricas. La empresa GeoEnergía en representación de **Geobruigg** colaboró en el diseño de soluciones de mitigación basadas en sistemas certificados internacionalmente.

5.1 Ubicación

El proyecto se encuentra en una región montañosa de la provincia de San Juan, cerca del límite con Chile. Las principales infraestructuras evaluadas en el estudio incluyen:

- Campamento Futuro
- Campamento Principal
- Oficinas Administrativas
- Instalaciones Industriales
- Pila de Lixiviación
- Pit Final
- Stock Pile de Baja Ley
- Acopio de Estéril
- Botadero Norte
- Vías de acceso y caminos internos



Los mapas de referencia proporcionados ilustran la ubicación de estas zonas y su relación con los riesgos geodinámicos identificados.



Imagen 21: Ubicación del proyecto.

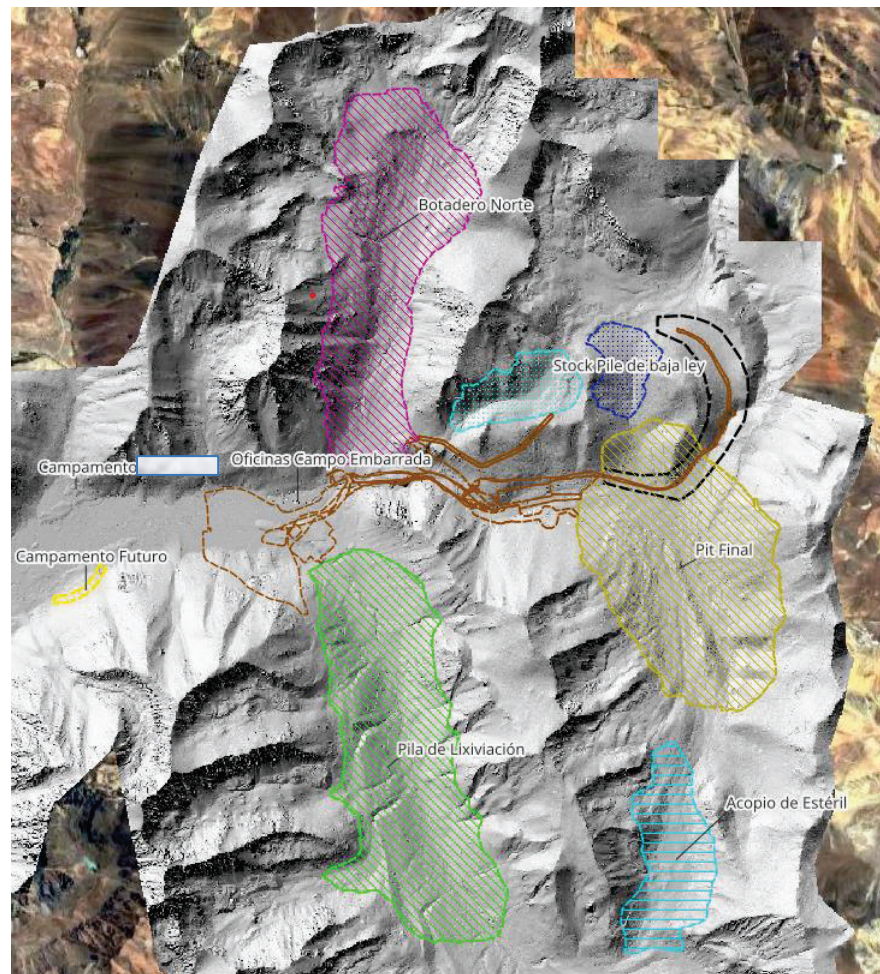


Imagen 22: Principales infraestructuras,

5.2 Objetivos del proyecto

Los principales objetivos del estudio fueron:

- Identificar y evaluar los riesgos a fenómenos como desprendimientos de rocas, flujo de detrito y avalanchas.
- Analizar la susceptibilidad del terreno a procesos de inestabilidad.
- Utilizar herramientas de simulación para predecir la evolución de los fenómenos.
- Diseñar estrategias de mitigación basadas en sistemas de protección.

 UNCUYO UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO	 FACULTAD DE INGENIERIA en acción continua...	Práctica Profesional Supervisada 2025 <i>Alumno: Marquez, Facundo Nahuel</i>	PAG. [28]
--	--	--	--------------

5.3 Antecedentes

Previo a realizar el análisis, se compartió al equipo de trabajo información sobre el proyecto. Sobre la misma se proceso con diferentes herramientas comentadas en el punto siguiente para definir los sistemas de mitigación.

- Fichas de obras: las fichas con más riesgo a las personas, donde se presentan fotos de su ubicación referencial, fotos de las laderas, y mapas de riesgo. Las obras con más riesgo son:
 - Campamento Futuro
 - Campamento Principal
 - Campamento Campo Embarrada
 - Instalaciones Industriales
 - Pit Final
- Fotos geolocalizadas: son fotos geolocalizadas en formato kmz. Éstas fotos pertenecen a las tomadas por la especialidad de avalanchas.
- Mapas de riesgo: mapas de susceptibilidad a deslizamiento de suelo, caídas de rocas y mapas de peligrosidad de avalanchas para distintas obras.
- Raster LA: el raster obtenido al traslapar las fotos de dron. Con él podemos calcular las cotas y pendientes de la planta.
- Shapes y kmz de las obras: ubicación en formato shape y kmz de las obras. Dado el nivel de ingeniería, son contornos y lugares referenciales.
- Además figuras donde se presenta la ubicación de las obras.

5.4 Solución propuesta

En base a la información brindada, se procedió a analizar cada zona del proyecto. Se utilizó principalmente los mapas de riesgos, que para cada zona se da información sobre la vulnerabilidad a caídas de rocas, riesgo de avalanchas, etc. Todo esto permite estimar de forma grosera qué solución se puede proponer.

A los fines del informe se mostrará el procedimiento para analizar la **zona de oficinas** y proponer la solución, se utilizó un modelo de caída de rocas el cual se analizó los resultados de energía cinética y alturas de rebote de las rocas.



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

**Práctica Profesional Supervisada
2025**

Alumno: Marquez, Facundo Nahuel

PAG.

[29]

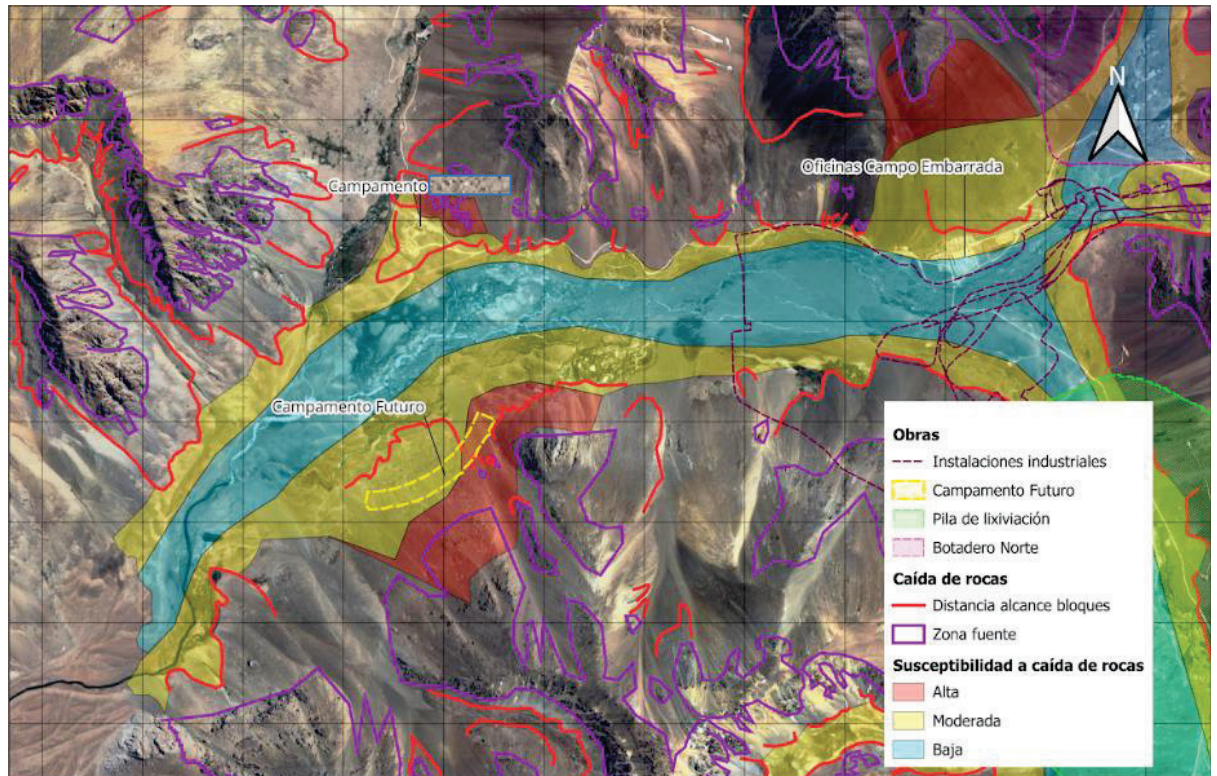


Imagen 23: mapa general de obras.



Imagen 24: ubicación zona de oficinas.

5.3.1 Rocfall

RocFall es un software desarrollado por RockScience , diseñado específicamente para la modelación y análisis de caídas de rocas. Su uso principal es simular el comportamiento de bloques desprendidos desde taludes, permitiendo predecir su trayectoria, velocidad, energía de impacto y zonas de detención.

SRK brindó modelos de Rocfall, lo que se hizo fue revisar los datos de entrada y analizar los resultados.

Para la zona de oficinas en estudio, los materiales utilizados para representar cada una de las 3 secciones del talud fueron:

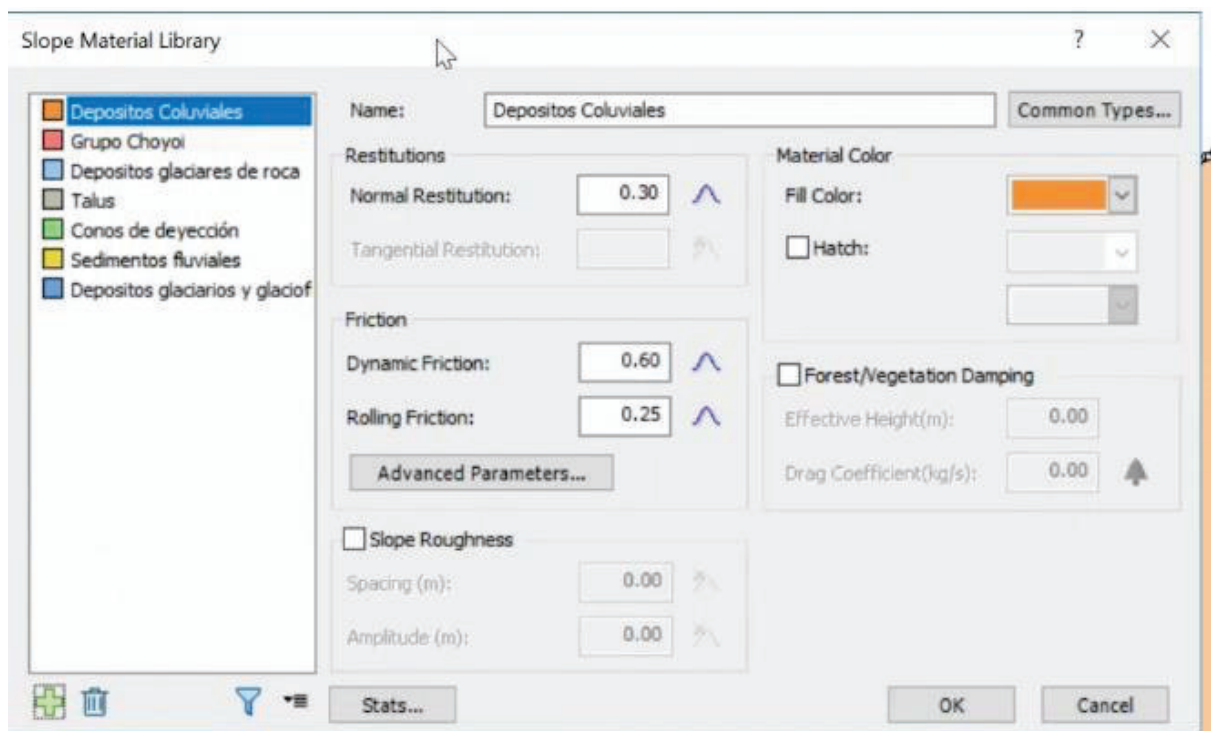


Imagen 25: material depósitos coluviales.

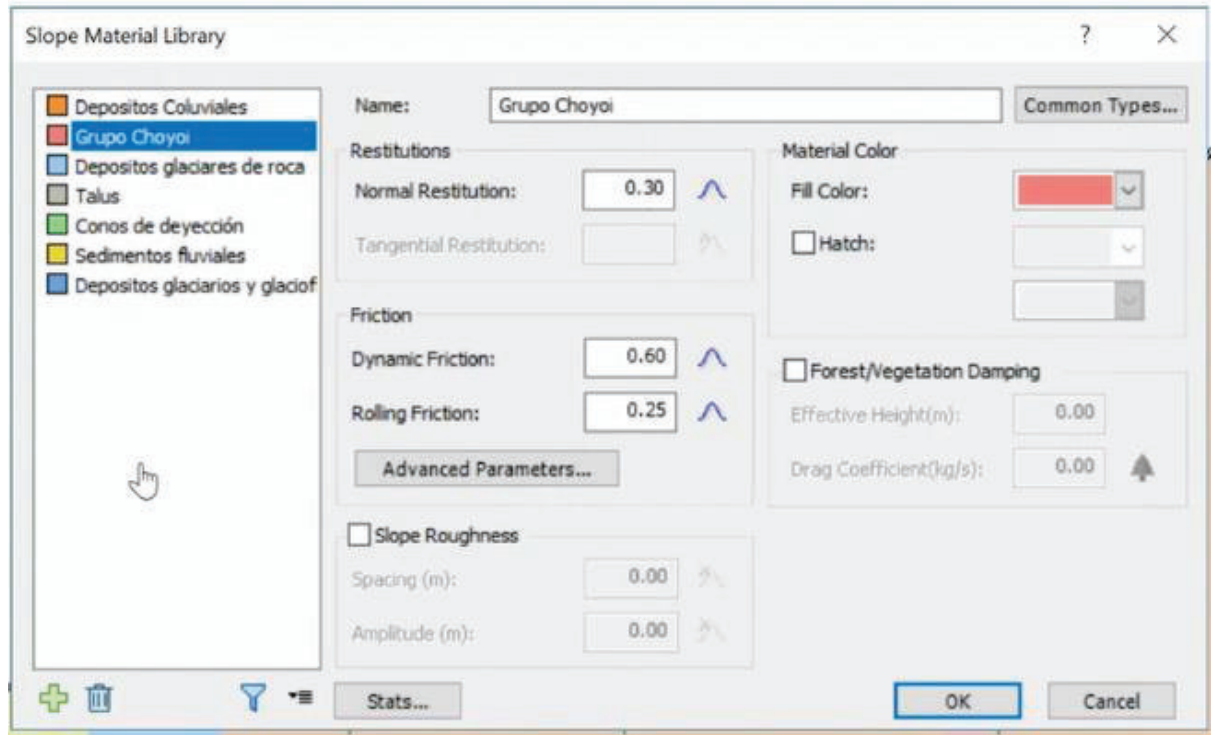


Imagen 26: material Grupo Choyoi.

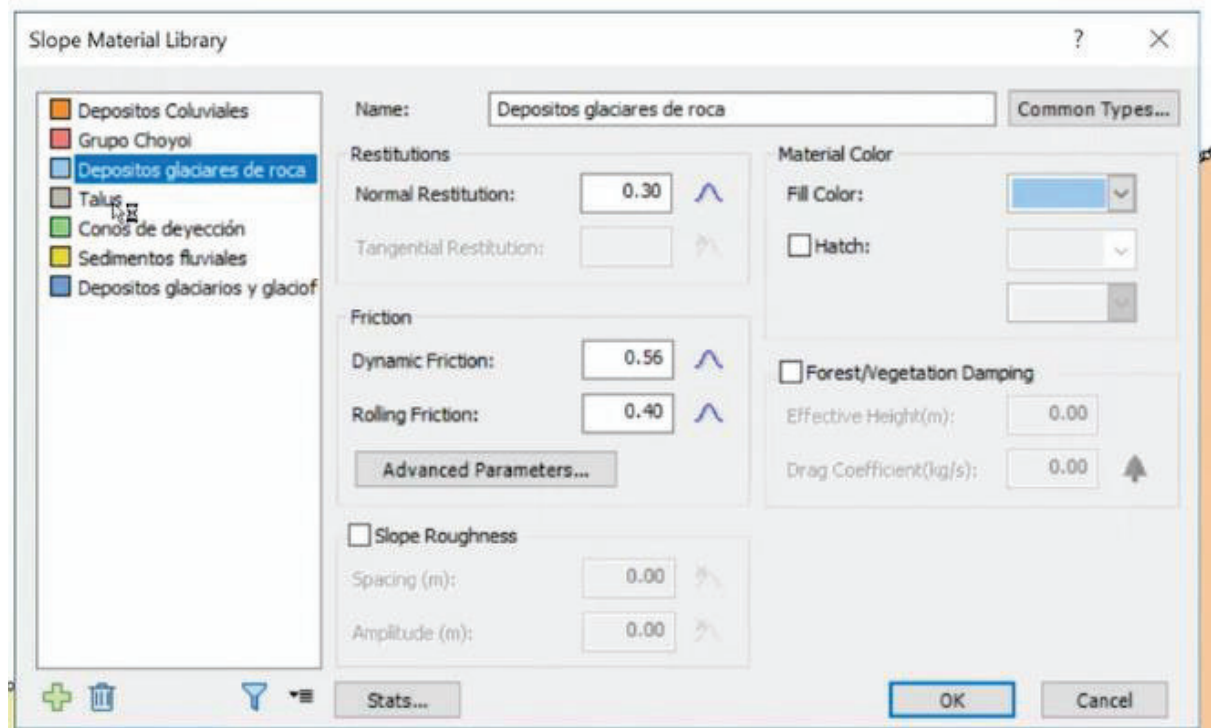


Imagen 27: material depósitos glaciares de roca.

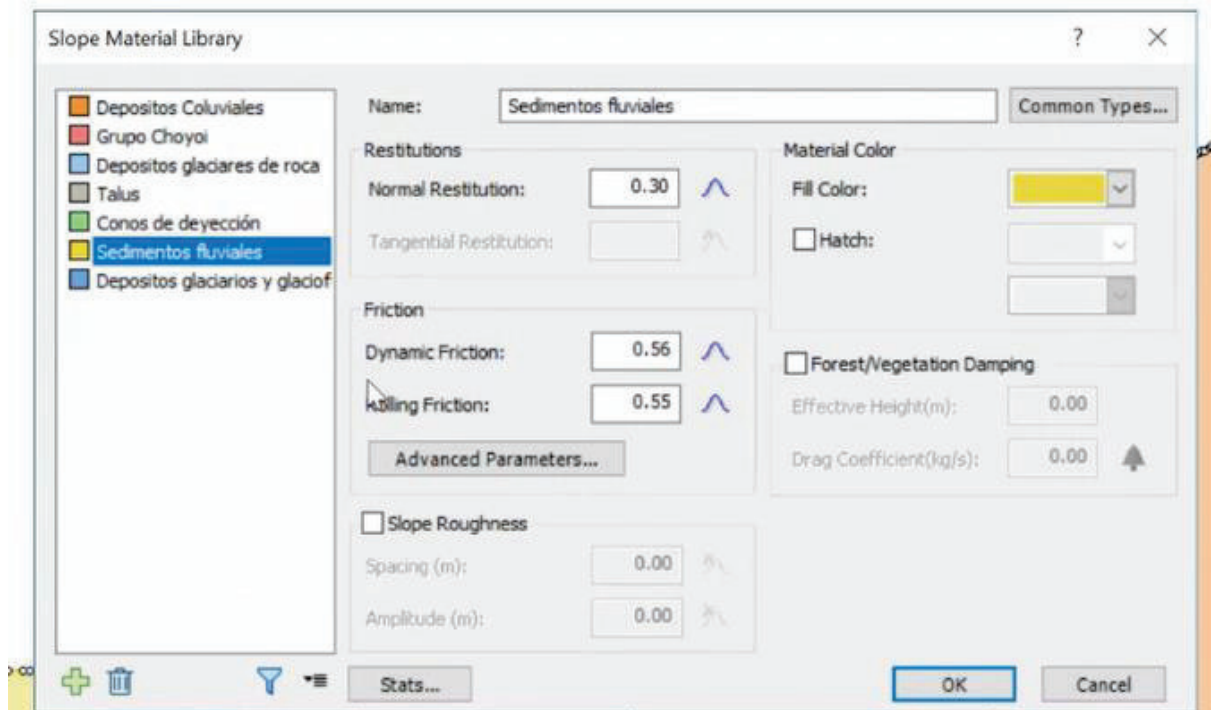


Imagen 28: material sedimentos fluviales.

Para las rocas que se adoptaron en el modelo, se modelaron 3 grupos de rocas, según el material del lugar. Se adoptó una forma de roca igual para todos los grupos.

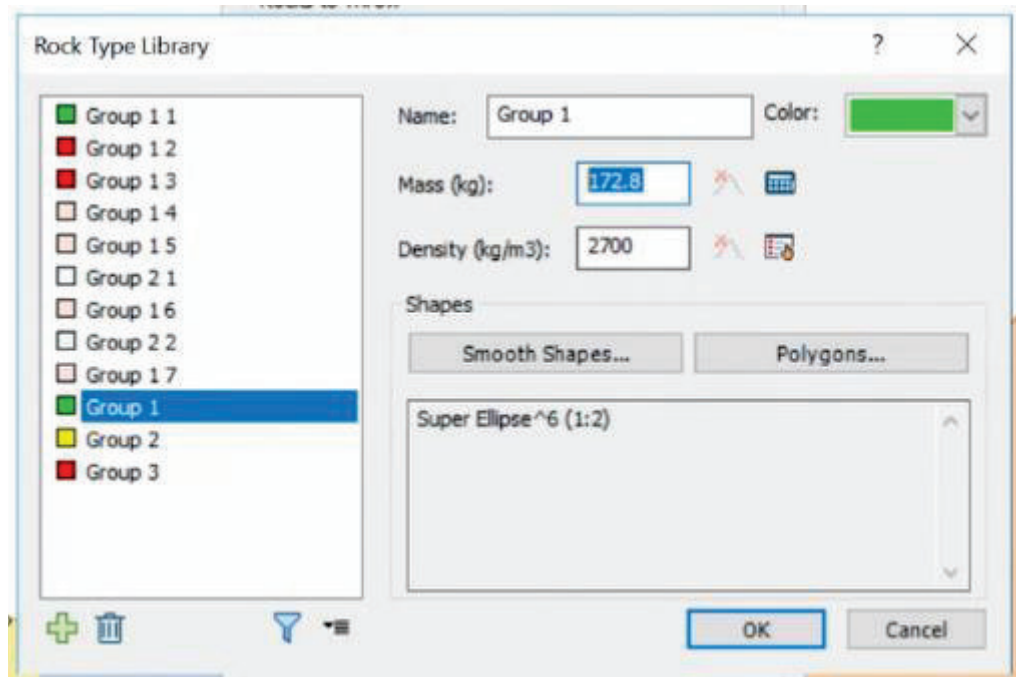


Imagen 29: rocas de la simulación Grupo 1.

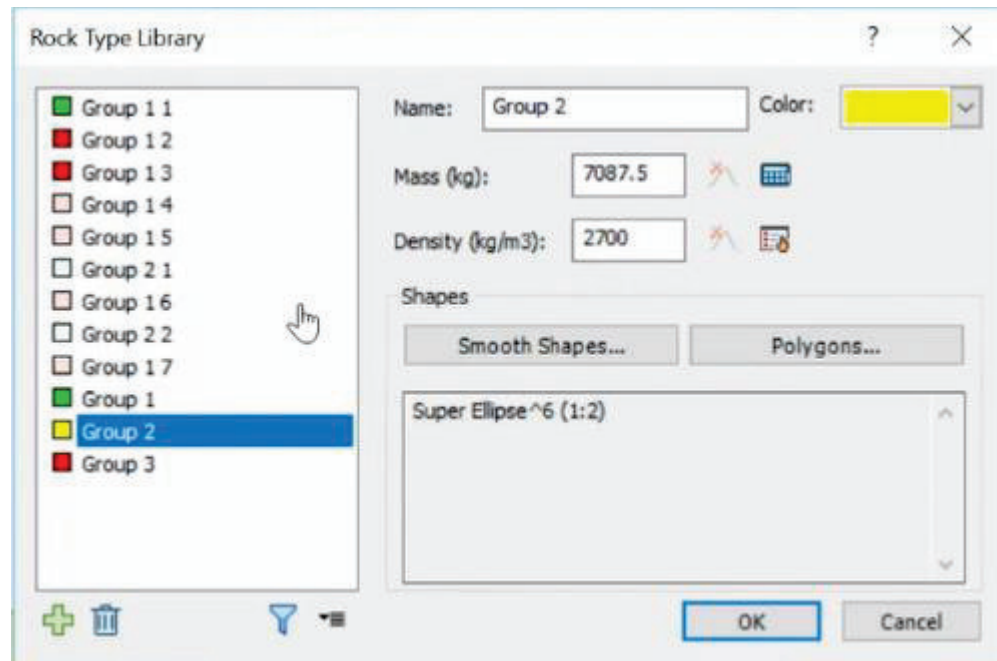


Imagen 30: rocas de la simulación Grupo 2.

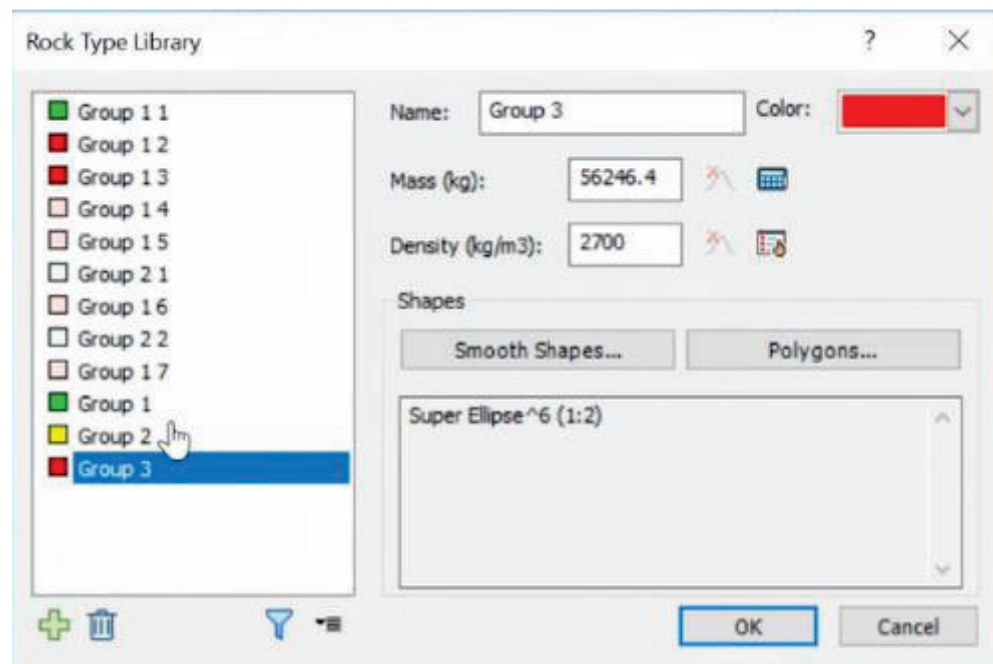


Imagen 31: rocas de la simulación Grupo 3.

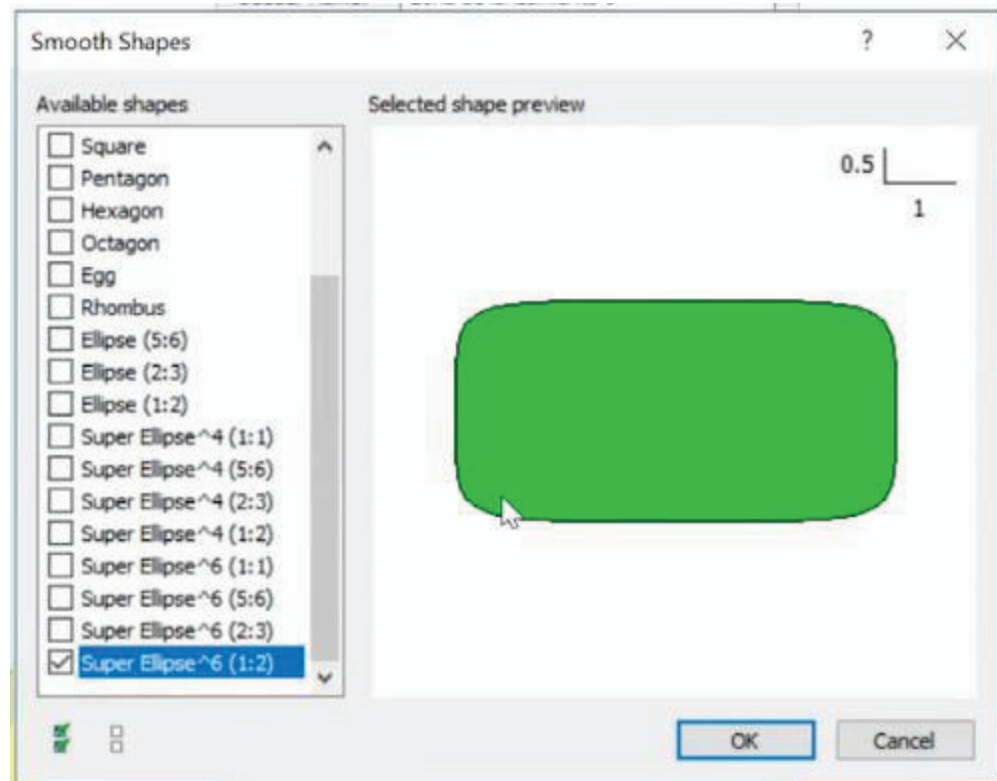


Imagen 32: formas de las rocas de la simulación para todos los grupos.

A continuación, se muestran los 3 cortes del talud en los cuales se simuló las caídas de rocas, los diferentes colores del talud indican el material adoptado.

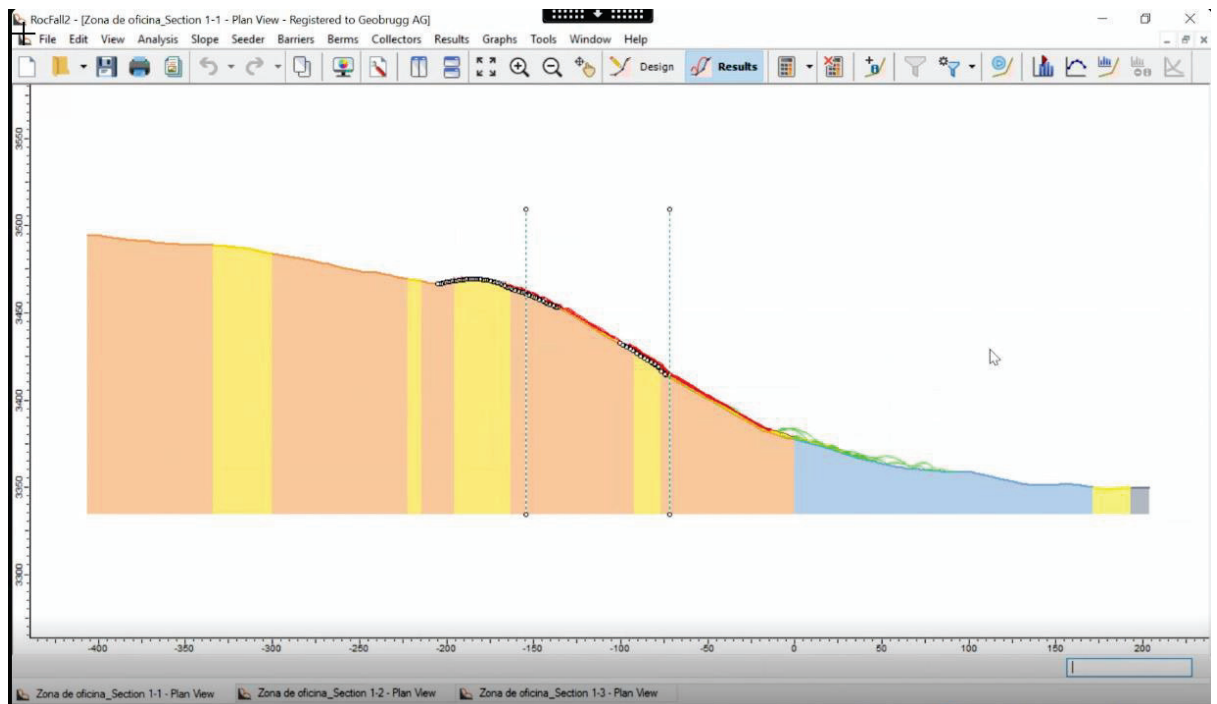


Imagen 33: sección 1-1.

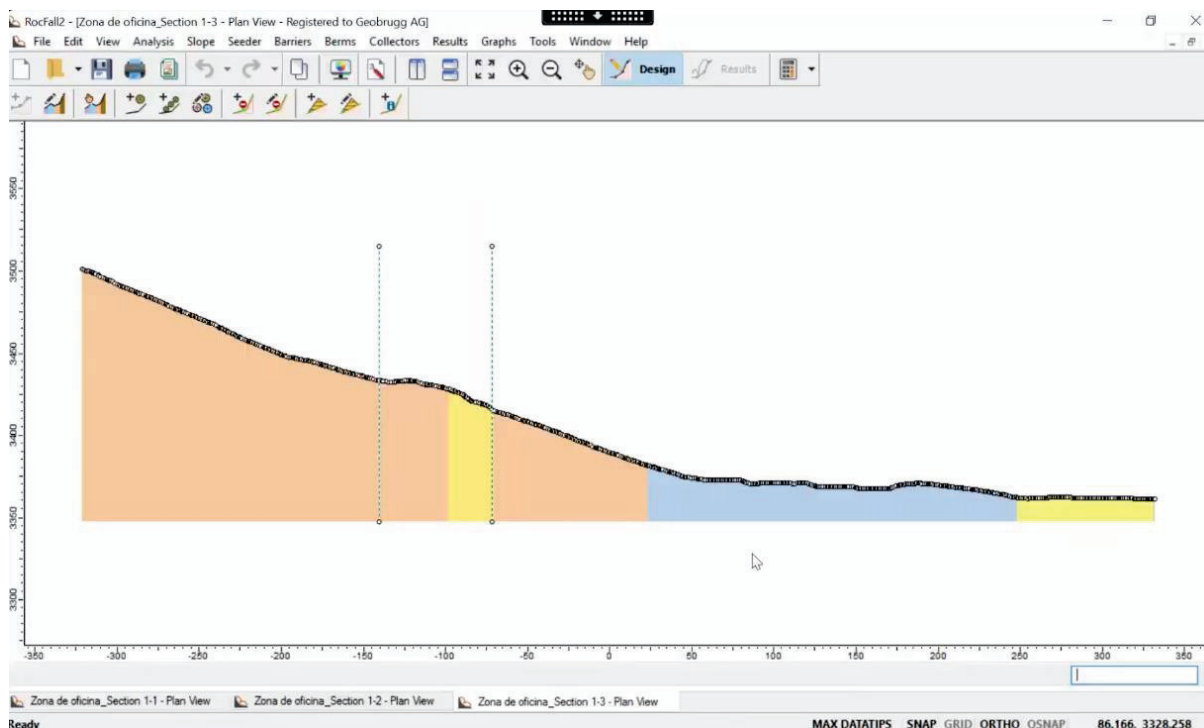


Imagen 34: sección 1-3.

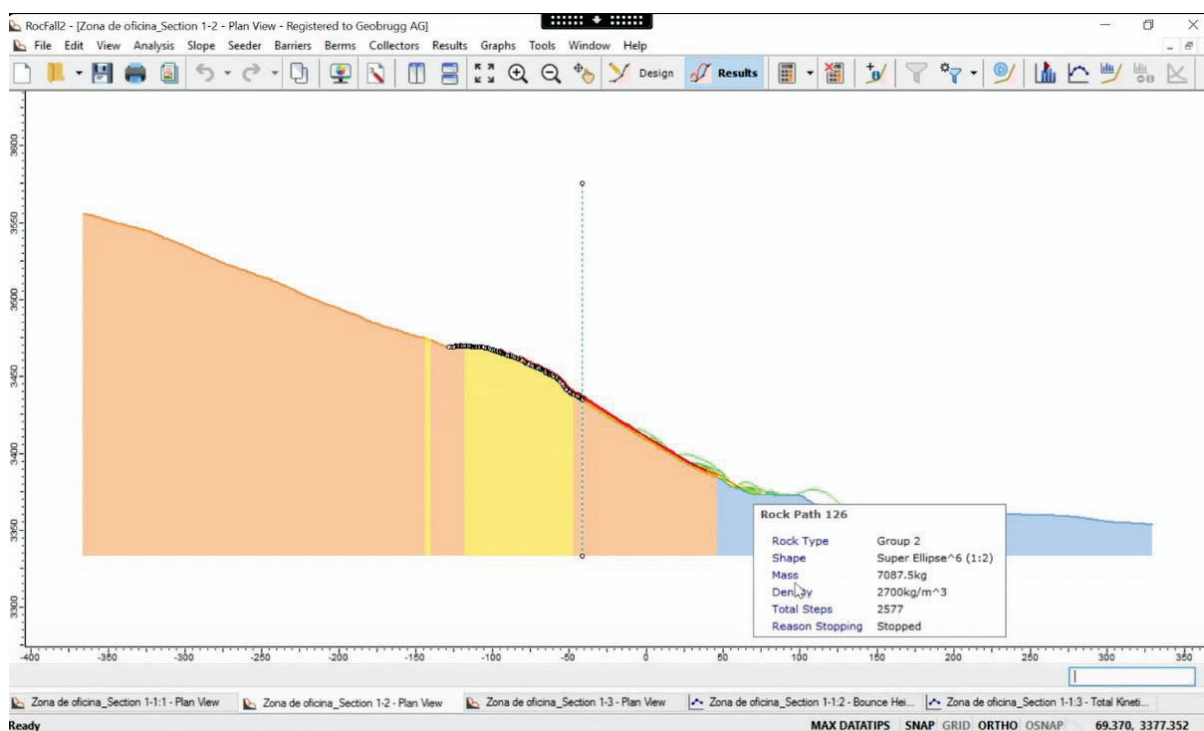


Imagen 35: sección 1-2.

 UNCUYO UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO	 FACULTAD DE INGENIERIA en acción continua...	Práctica Profesional Supervisada 2025 <i>Alumno: Marquez, Facundo Nahuel</i>	PAG. [36]
--	--	--	--------------

Se procede con correr el modelo y mostrar resultados, es importante aclarar, que se analizaron alturas de rebotes de las rocas y energía cinética total.

Sección 1-1.

El gráfico de **altura de rebote** muestra que las rocas tienen un comportamiento variable a lo largo de la pendiente.

En la primera parte del talud, las alturas de rebote son moderadas, pero aumentan considerablemente en ciertas secciones, posiblemente debido a cambios en la pendiente o en el tipo de material.

Se presentan valores que superan los 6 metros de rebote en algunas áreas, lo que indica un alto potencial de dispersión y posible riesgo a estructuras cercanas.

Percentil 68% (línea azul clara):

- Representa el rango donde cae aproximadamente el 68% de los valores de altura de rebote..
- Indica la zona de valores más comunes o promedio, reflejando el comportamiento estándar de la caída de rocas.
- En la mayoría del talud, las rocas presentan rebotes entre **1 y 3 metros**.

Percentil 95% (línea naranja):

- Muestra el rango donde se encuentra el 95% de los valores.
- Solo un 5% de los eventos superan estos valores.
- Representa los rebotes o impactos de alta energía pero aún dentro de un rango esperable
- En ciertas secciones críticas, los rebotes alcanzan hasta **5 a 6 metros**.

Percentil 100% (línea gris):

- Indica los valores **máximos registrados** en cada punto del talud.
- Representa los eventos extremos y las situaciones más críticas en términos de energía y altura de rebote.
- Es clave para el diseño de medidas de mitigación, ya que marca los peores escenarios posibles.
- Se observan valores máximos **superiores a 6 metros**, especialmente en zonas de cambio de pendiente o con materiales de menor fricción.
- Esto indica un alto potencial de dispersión de bloques, lo que puede generar riesgos adicionales.

Este gráfico al mostrar en qué puntos se producen las mayores alturas de rebote, facilita la elección de la posición de la barrera. Lo que permite utilizar barreras de alturas menores a 6 metros.

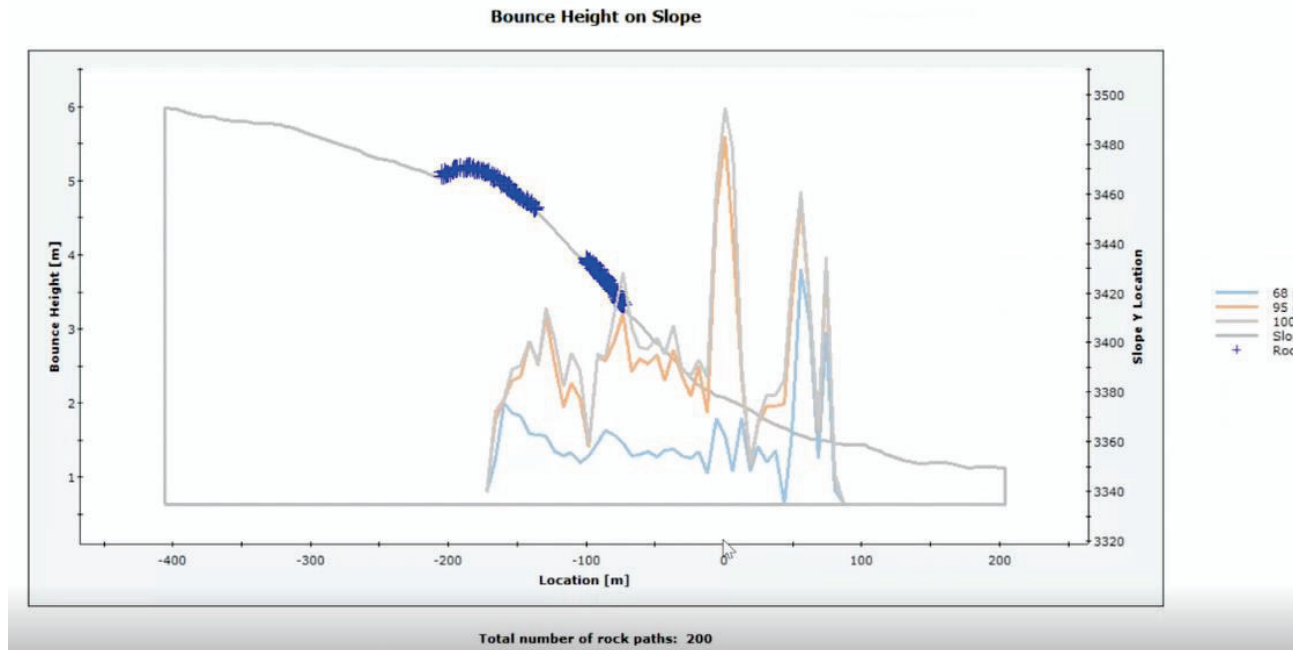


Imagen 36: altura de rebote sección 1-1.

El gráfico de **energía cinética** indica que las rocas alcanzan valores altos en la primera parte del descenso, con picos superiores a los **4000 kJ** en algunos puntos.

A medida que avanzan en la pendiente, la energía disminuye debido a la fricción y la disipación de impacto con el suelo.

La variabilidad en la energía sugiere que ciertos sectores del talud pueden generar impactos de alta magnitud, requiriendo medidas de mitigación como barreras dinámicas.

- Percentil 68%:
 - La mayoría de las rocas presentan energías entre **500 y 1500 kJ**.
- Percentil 95%:
 - Se alcanzan valores más elevados, con picos de **2000 a 3000 kJ**.
- Percentil 100%:
 - En los eventos más extremos, la energía cinética supera los **4000 kJ**, lo que indica impactos de gran magnitud.

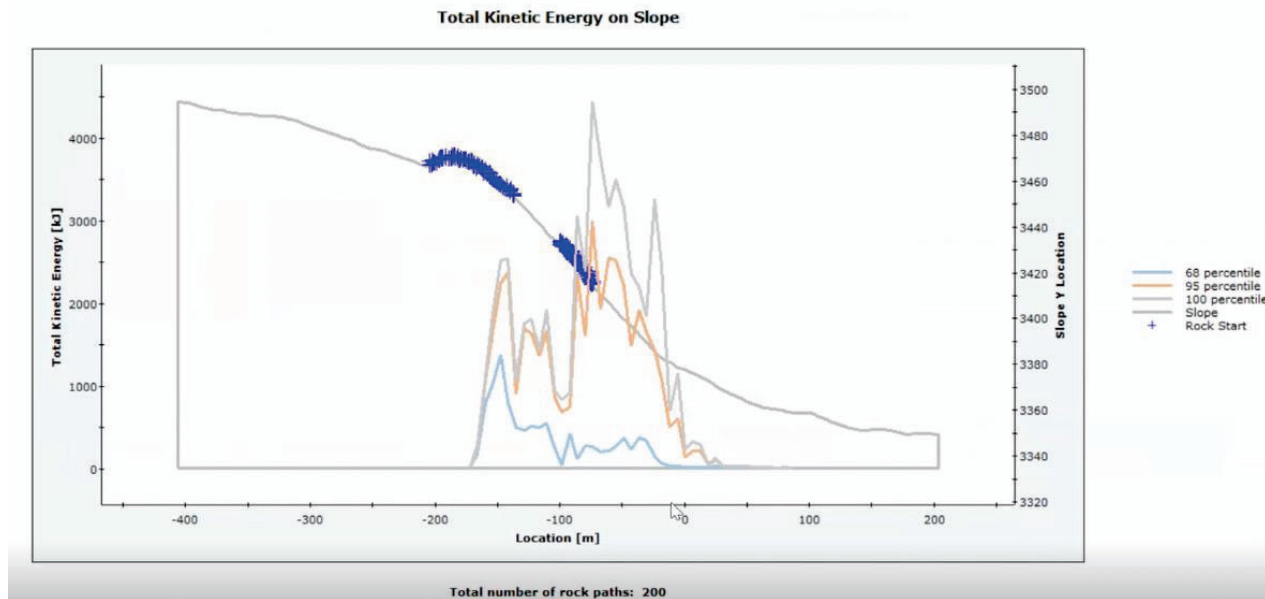


Imagen 37: energía cinética total sección 1-1.

El análisis presentado también se realiza para las secciones 1-2 y 1-3. La superposición de resultados lleva a elegir una barrera que, en la posición en la que se ubique, cumpla con la peor de las condiciones producto de la superposición de casos.

En esta zona se propuso una barrera RXE de 2000 KJ y altura 4 metros, con una longitud de 150 metros. Estas barreras están certificadas por La ETAG 027, que es una guía de evaluación técnica europea emitida por la EOTA (European Organization for Technical Assessment) para la certificación de barreras dinámicas contra caída de rocas.

5.5 Características del sistema propuesto

SISTEMA BARRERA DINÁMICA RXE

La barrera dinámica RXE es un sistema ensayado a escala real en la modalidad de caída libre, la cual tiene mayor exigencia que ensayos horizontales. Esta barrera cuenta con **certificación Europea ETA y Suiza FOEN**.

Esto garantiza que la barrera tendrá un óptimo comportamiento durante y post impacto. Las barreras Geobrugg, cuentan con una baja deflexión durante el evento y una elevada altura residual (Categoría A) posterior al impacto, lo que permite mantener un nivel de protección elevado.

ELEMENTOS DEL SISTEMA

Estas barreras están compuestas por elementos tales como red de anillos, cables de transmisión y retención, frenos de disipación de energía, postes,



placas base y anclajes flexibles. A continuación, se muestra un esquema y se hará una descripción de los principales componentes.

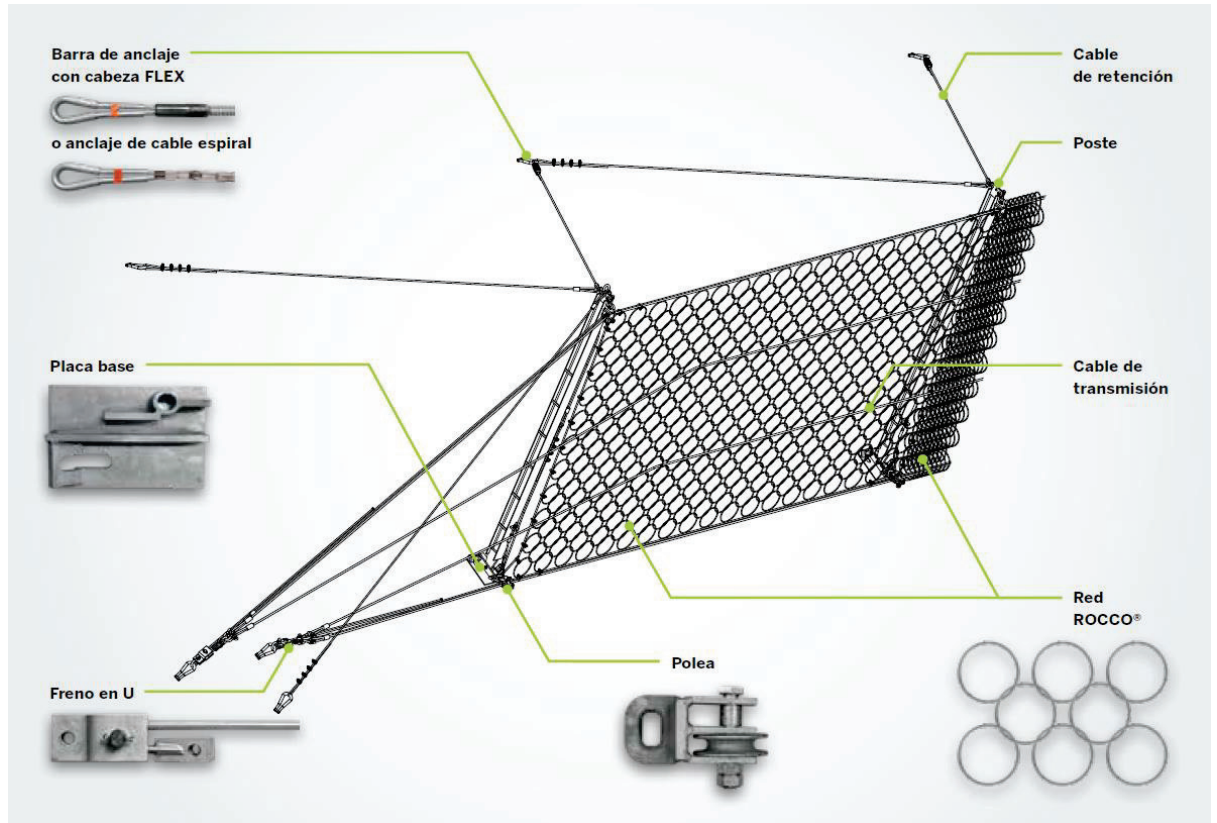


Imagen 38: principales componentes.

Elementos que conforman una barrera contra la caída de rocas RXE

➤ Red de anillos ROCCO® 12/3/350

La red de anillos **ROCCO®** es tejida por un conjunto de anillos de alambre de 3 mm de diámetro de acero de alto límite elástico con resistencia mínima de 1.770 N/mm^2 . Cada anillo tendrá un diámetro de 350 mm y estará constituido por 12 vueltas del alambre. A su vez, cada anillo se enlaza con otros 4 anillos iguales a sí para formar la red homogénea.

➤ Postes

La función de los postes es guiar los cables en los que se sostiene la malla suspendida y mantener la altura de la barrera. Para esto se utilizan vigas de acero del tipo HEA. Las guías en la cabeza del poste terminan bordes biselados para proteger los cables. El orden en el que los cables están dispuestas en la cabeza posterior corresponde a la secuencia de instalación.

➤ Placas base

Las placas base son el elemento sobre el que se fijan los postes. Estas placas van ancladas a una base de hormigón o directamente al terreno. Al igual



que los postes, todos los elementos que entran en contacto con los cables están acabados sin bordes afilados para evitar dañarlos.



Imagen 39: Red de anillos y postes barreras dinámicas tipo RXE.

➤ **Cables de transmisión y retención**

Los cables cumplen la función de sostener la malla y transmitir los esfuerzos que se producen a partir de un impacto a los anclajes. Los cables están protegidos contra la corrosión con una aleación de ZnAl, lo que le otorga una vida útil entre 3 y 4 veces superior al galvanizado convencional.

➤ **Anclajes flexibles**

Los anclajes flexibles permiten que los esfuerzos que se generan producto del impacto sobre la barrera sean siempre de tracción, evitando así tensiones de corte, lo que puede dañar a los anclajes. Dos tubos galvanizados sobre la cabeza de anclaje ofrecen doble protección contra la corrosión y abrasión. En caso de utilizar pernos autoperforantes, se utilizan cabezales flexibles van vinculados a estos.



Imagen 40.

➤ **Frenos en U**

Los frenos en U tienen la tarea de disipar energía a través de la deformación plástica y la fricción, reduciendo de esta forma las cargas sobre los cables y anclajes. De esta forma obtenemos cables de menor sección y anclajes menos solicitados.



6. Visita técnica Ruta Provincial N.º 82, Cacheuta, Mendoza

El día 14 de febrero del 2025 , se llevó a cabo una visita técnica en la Ruta Provincial N.º 82 (RP82), Mendoza , con el objetivo de inspeccionar y evaluar el desempeño de los sistemas de protección de taludes instalados previamente en distintos sectores críticos de la vía. La actividad fue realizada en conjunto con el equipo técnico de GeoEnergía Argentina SA , especializado en soluciones de riesgos geológicos , con el fin de revisar la eficacia de las estructuras implementadas para la mitigación de riesgos naturales , en particular la caída de rocas.



Imagen 41: Cacheuta, Mendoza, visita técnica.

En un tramo de Ruta N°82, previo al ingreso del túnel N°1 de Cacheuta, se producían continuos desprendimientos de roca sobre la calzada. Estos desprendimientos representaban un peligro para los vehículos que circulaban por esta ruta.

Para salvar esta situación se implementaron distintos sistemas de protección y estabilización de taludes como así también protección contra caída de rocas y flujo de detritos. El tramo intervenido fue sectorizado aplicando sistemas particulares en cada caso.

Sistemas instalados:

- 1.** Barrera 1A RXE-500 4 mts de alto y 30,8 mts de largo
- 2.** Barrera 1B VX060L 4 mts de alto y 10 mts de largo
- 3.** Barrera 2 RXE-500 4 mts de alto y 24,3 mts de largo
- 4.** Barrera 3 RXE-500 4 mts de alto y 42,3 mts de largo



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

**Práctica Profesional Supervisada
2025**

Alumno: Marquez, Facundo Nahuel

PAG.

[43]

- 5.** 972 m² Rolled Cable Net QUAROX® Plus DELTAX®
- 6.** 774 m² TECCO® G65/3 grilla 2x2
- 7.** 847 m² DELTAX® G80/2



Imagen 42.



Imagen 43 y 44: identificación de componentes.

 UNCUYO UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO	 FACULTAD DE INGENIERIA en acción continua...	Práctica Profesional Supervisada 2025 <i>Alumno: Marquez, Facundo Nahuel</i>	PAG. [44]
--	--	--	--------------

La visita en terreno proporcionó ventajas significativas en la evaluación del estado de los sistemas de protección ya instalados y permitió comprender de manera más precisa lo que se observa en los planos y modelos digitales. Entre los beneficios más importantes se destacan:

- Reconocimiento físico de los sistemas: Ver los sistemas en persona facilita la interpretación de su funcionamiento, ubicación y disposición en el entorno real.
- Comparación con planos y modelos: La visita permite verificar si la ejecución de los sistemas de protección coincide con la documentación técnica y los planos diseñados.
- Evaluación de la calidad de los materiales: Se pudo constatar que los materiales utilizados en los sistemas de mitigación mantienen su integridad estructural, sin signos significativos de deterioro con el paso del tiempo.

7. Resultados obtenidos

Durante la Práctica Profesional Supervisada (PPS) en GeoEnergía Argentina S.A., se trabajó en la mitigación de riesgos naturales, con foco en la protección contra caídas de rocas en dos proyectos mineros: Camino de Yutu Yaco (Catamarca) y un proyecto minero en San Juan. Para ambos proyectos se presentó propuesta técnica y se está a la espera de una respuesta.

Los resultados clave fueron:

- Evaluación del terreno y análisis de riesgos mediante visitas técnicas, relevamientos con dron y modelado digital. Esto permitió identificar puntos críticos de inestabilidad y definir soluciones de protección.
- Diseño e implementación de medidas de mitigación, incluyendo barreras dinámicas de caída de rocas y cortinas de guiado, seleccionadas en base a análisis técnicos y software especializado como RocFall y Pix4D Mapper.
- Optimización de recursos y seguridad a través del diseño de soluciones modulares y reutilizables, lo que permitió una mejor adaptación a las necesidades cambiantes de los proyectos.
- Validación en campo de sistemas de protección en la Ruta Provincial N° 82 en Mendoza, evaluando la efectividad de las barreras instaladas y proponiendo mejoras.

Los análisis realizados y las soluciones propuestas proporcionaron información clave para que las empresas involucradas seleccionen e implementen medidas de protección, reduciendo riesgos operativos y mejorando la seguridad de las infraestructuras mineras y viales.

 UNCUYO UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO	Práctica Profesional Supervisada 2025 <i>Alumno: Marquez, Facundo Nahuel</i>	PAG. [45]
--	--	--------------

Aporte Personal del Alumno

La participación activa en todas las etapas del proyecto permitió un impacto significativo en los resultados, destacándose en:

- Desarrollo de habilidades técnicas, aplicando conocimientos de geotecnia e ingeniería civil en un contexto real.
- Trabajo en equipo y colaboración interdisciplinaria con ingenieros, geólogos y especialistas en riesgos geodinámicos.
- Uso de herramientas digitales avanzadas, contribuyendo en la generación y análisis de modelos digitales de elevación para la toma de decisiones.
- Elaboración de informes técnicos.
- Propuestas innovadoras, como la implementación de barreras móviles y reutilizables para optimizar costos y adaptabilidad.

Este proceso no solo consolidó conocimientos técnicos, sino que también representó una valiosa experiencia de aprendizaje, ya que implicó el uso de software que nunca antes había utilizado y la necesidad de trabajar con herramientas y metodologías nuevas. Esto demandó una rápida capacidad de adaptación, investigación y autoaprendizaje para poder afrontar los desafíos del proyecto de manera efectiva. Además, fortaleció habilidades de análisis, resolución de problemas y comunicación, esenciales para la ingeniería civil.

8. Conclusión

La realización de las Prácticas Profesionales Supervisadas en GeoEnergía Argentina SA representó una valiosa oportunidad para aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera en un entorno laboral real. A lo largo de la experiencia, se abordan desafíos técnicos relacionados con la mitigación de riesgos naturales como, la estabilidad de taludes y la protección contra caídas de rocas, lo que permitió fortalecer habilidades en el análisis y diseño de soluciones de ingeniería geotécnica.

La participación en proyectos como el camino de Yutu Yaco y el Proyecto Minero en San Juan facilitó la integración de conocimientos teóricos con prácticas de campo y gabinete, permitiendo un acercamiento a metodologías de evaluación de riesgos, modelado de caídas de rocas y selección de sistemas de protección. Además, la utilización de herramientas especializadas como RocFall y Pix4D Mapper contribuyó a mejorar la capacidad de interpretación de datos geoespaciales y optimizar el proceso de toma de decisiones.

Asimismo, la interacción con profesionales de la industria y la participación en visitas técnicas fueron experiencias enriquecedoras que brindaron una perspectiva más amplia sobre la aplicación de la ingeniería en la mitigación de riesgos naturales. Esta experiencia no solo consolidó habilidades técnicas, sino que también permitió desarrollar competencias en trabajo en equipo, comunicación y adaptación a entornos profesionales exigentes.

 UNCUYO UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO	Práctica Profesional Supervisada 2025 <i>Alumno: Marquez, Facundo Nahuel</i>	PAG. [46]
--	--	--------------

En conclusión, las prácticas fueron fundamentales para la formación profesional, brindando herramientas clave para enfrentar los desafíos del campo laboral y reafirmando la importancia de la ingeniería en la seguridad y estabilidad de infraestructuras en entornos geológicamente complejos.

9. Comentarios personales

El desarrollo de mis prácticas profesionales supervisadas representó una experiencia sumamente enriquecedora, tanto en el ámbito personal como en el profesional. Este proceso no solo me permitió aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de mi formación académica, sino que también me brindó la oportunidad de expandir mis habilidades y continuar aprendiendo en un entorno laboral real.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Gustavo y Cristina por la confianza depositada en mí y por brindarme esta valiosa oportunidad. Su orientación y experiencia fueron fundamentales para mi crecimiento profesional, ayudándome a afrontar desafíos con mayor seguridad y proporcionándome una perspectiva más amplia sobre la aplicación de la ingeniería en el contexto práctico. Asimismo, el ambiente de trabajo resultó altamente propicio para el aprendizaje y el desarrollo de nuevas competencias.

A lo largo de estas prácticas, pude comprobar la importancia de la integración entre la teoría y la práctica, aplicando conceptos fundamentales de la carrera, explorando nuevas herramientas y enfrentando problemáticas reales que difícilmente podrían abordarse en un entorno puramente académico. Considera esencial que los estudiantes cuenten con más instancias como esta a lo largo de su formación, ya que fomentan el interés, la motivación y el compromiso con la profesión, reforzando el propósito de quienes eligen la ingeniería como camino profesional.

Uno de los aspectos más valiosos de esta experiencia fue la posibilidad de realizar visitas en terreno, lo que me permitió observar directamente los sistemas instalados y contrastar lo visto con los planos y modelos digitales. Esto contribuyó significativamente a mi comprensión de los detalles técnicos, facilitó la interpretación de documentación y fortaleció mis habilidades analíticas en situaciones reales. Además, pude evaluar de primera mano la calidad de los materiales empleados, verificando su durabilidad y eficacia en la mitigación de riesgos geodinámicos.

Finalmente, considera que sería altamente beneficioso incorporar en el plan de estudios una mayor cantidad de asignaturas con un enfoque práctico, como Hidrología II y Obras Hidráulicas II, que permite a los estudiantes trabajar con casos reales y adquirir herramientas clave para el ejercicio profesional. Este tipo de formación complementa de manera ideal los conocimientos teóricos y fortalece las capacidades necesarias para afrontar los retos de la ingeniería en el ámbito laboral.

 UNCUYO UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO	 FACULTAD DE INGENIERIA en acción continua...	Práctica Profesional Supervisada 2025 <i>Alumno: Marquez, Facundo Nahuel</i>	PAG. [47]
--	--	--	--------------

10. Recomendaciones para futuras prácticas

La etapa de prácticas profesionales es una oportunidad invaluable para explorar las distintas ramas de la Ingeniería Civil y observar cómo se desarrolla en el mundo laboral. Muchas veces, durante la carrera nos sentimos atraídos por ciertos temas o áreas, pero es en la práctica donde realmente podemos experimentar cómo se aplica en el día a día y si se alinean con nuestras expectativas profesionales.

Es importante no desesperarse por encontrar "la mejor práctica". A veces, las oportunidades que menos imaginamos terminan siendo las más enriquecedoras, ya que nos permiten aprender cosas nuevas y desarrollar habilidades que no habíamos considerado. La clave es mantener una actitud abierta y dispuesta a absorber conocimientos de cualquier experiencia.

Además, hay aspectos fundamentales de la profesión que no se enseñan en la facultad. La realidad del trabajo en obra, la toma de decisiones en tiempo real, la interacción con otros profesionales y la resolución de imprevistos son habilidades que solo se adquieren en el campo. La universidad nos brinda una base teórica sólida, pero la capacidad de investigar y aprender por cuenta propia es, sin duda, la herramienta más valiosa que nos deja esta etapa de formación.

Por ello, se recomienda a los futuros practicantes:

- Explorar distintas áreas de la Ingeniería Civil sin miedo a probar algo diferente.
- Aprovechar la práctica para aprender tanto aspectos técnicos como habilidades interpersonales y organizativas.
- No subestimar ninguna experiencia, ya que todas aportan algo al crecimiento profesional.
- Desarrollar una mentalidad proactiva y curiosa, fomentando la autoformación y la búsqueda de información por iniciativa propia.

11. Bibliografía

1. Cantú, A., Cátedra Práctica Profesional Supervisada, Redacción y presentación de informes técnicos, Facultad de Ingeniería UNCuyo, Mendoza.
2. Geobruigg. Página oficial de Geobruigg. [en línea]. Disponible en: [Geobruigg](#)
3. Rocscience Inc., 2002. *RocFall: Análisis de riesgo de caída de rocas en pendientes pronunciadas – Guía del usuario*.