ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO

“PARQUE HÍBRIDO EÓLICO, SOLAR Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA LAS QUINTAS (PHLQ)”

CAPÍTULO 3.1.2.1. MEDIO FÍSICO – GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y RIESGOS GEOLÓGICOS

2026

Sustentable S.A.
Asesoría y Gestión Ambiental
www.sustentable.cl

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 1
2. OBJETIVOS 1
3. ÁREA DE ESTUDIO 1
4. METODOLOGÍA 2
4.1. Geología 2
4.2. Geomorfología 2
4.3. Riesgos Geológicos y Geomorfológicos 3
4.4. Riesgo Actividad Sísmica 3
4.5. Riesgo Actividad Volcánica 4
4.6. Riesgos Remoción en Masa 5
4.7. Catastro Eventos de Remoción en Masa 8
4.8. Efecto Cambio Climático 8
5. RESULTADOS 10
5.1. Geología 10
5.1.1. Geología Regional 10
5.1.2. Geología Local 11
5.1.3. Geología Estructural 13
5.2. Geomorfología 15
5.2.1. Geomorfología Regional 15
5.2.2. Geomorfología Local 17
5.2.3. Altitud 22
5.2.4. Pendiente 23
5.2.5. Orientación 24
5.3. Riesgos Geológicos y Geomorfológicos 25
5.3.1. Riesgo Actividad Sísmica 25
5.3.2. Riesgo Actividad Volcánica 27
5.3.3. Riesgo Remoción en Masa 29
5.3.4. Catastro Eventos de Remoción en Masa 36
5.3.5. Efecto Cambio Climático 38
6. CONCLUSIONES 40
7. BIBLIOGRAFÍA 42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación rangos de pendientes 3
Tabla 2. Geoformas y umbrales asociados 6
Tabla 3. Factores y ponderaciones remoción en masa 7
Tabla 4. Obras del Proyecto y unidades geológicas 11
Tabla 5. Terremotos de magnitud igual o superior a 7 (Mw), región Metropolitana 25
Tabla 6. Terremotos de magnitud igual o superior a 7 (Mw), región de O´Higgins 25
Tabla 7. Valoración factores – remoción en masa 31
Tabla 8. Días de precipitación intensas 38
Tabla 9. Días de precipitación muy intensas 38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio y área de riesgo del Proyecto 2
Figura 2. Unidad geológica regional en el área de estudio 10
Figura 3. Geología local en el área de estudio Hoja San Antonio – Melipilla 13
Figura 4. Unidades geomorfológicas regionales 17
Figura 5. Geomorfología local del área de Proyecto 18
Figura 6. Altitud del área de Proyecto 22
Figura 7. Pendientes del área de Proyecto 23
Figura 8. Orientación del área de Proyecto 24
Figura 9. Registros de terremotos de magnitud igual o superior a 7 (Mw) 26
Figura 10. Aceleraciones máximas basales (PGA) la región Metropolitana y región de O'Higgins 27
Figura 11. Riesgo Actividad Volcánica región Metropolitana y región de O'Higgins 28
Figura 12. Cuenca de estudio definida 29
Figura 13. Unidades geomorfológicas 30
Figura 14. Pendiente 31
Figura 15. Exposición al sol 31
Figura 16. Características Geológicas - Geotécnicas 31
Figura 17. Condición de Humedad y Saturación 31
Figura 18. Acumulación de Nieve 31
Figura 19. Cobertura Vegetación 31
Figura 20. Intervención Antrópico 32
Figura 21. Unidades Geomorfológicas 32
Figura 22. Deslizamientos declarados 32
Figura 23. Índice de susceptibilidad – remoción en masa 35

Figura 24. Niveles de susceptibilidad – remoción en masa 36
Figura 25. Eventos de remoción a menos de 15 km del área de riesgo 37
Figura 26. Precipitaciones intensas y muy intensas en región Metropolitana y O'Higgins 39

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. GM-L-03 Penillanura a 50m de Aerogenerador N°10 19
Fotografía 2. GM-L-04 Penillanura a 5m de Instalación de Faena 19
Fotografía 3. GM-L-01 Planicie a 820m al NE de Subestación Elevadora 20
Fotografía 4. GM-L-02 Planicie a 100m al W de Área de Paneles 20
Fotografía 5. GM-L-05 Planicie a 800 m al SW de Botadero 1 20
Fotografía 6. GM-L-06 Planicie a 1,6 km al S de Botadero 1 20
Fotografía 7. GM-L-07 Ladera Intrusiva 21
Fotografía 8. Pendientes menores a 10° 33
Fotografía 9. Cobertura vegetacional 33
Fotografía 10. Intervención antrópica 34

1. INTRODUCCIÓN

La presente línea de base tiene por objeto describir las características de la Geología, Geomorfología y Riesgos Geológicos y Geomorfológicas del área del Proyecto "Parque Híbrido Eólico, Solar y Almacenamiento de Energía Las Quintas (PHLQ)" (en adelante "el Proyecto"), conforme a los descrito en el Capítulo 1 y a lo establecido por la Ley N°19.300, y el Artículo N°18 del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (D.S. N°40/2012 del Ministerio del Medio Ambiente).

El proyecto está ubicado en las comunas de San Pedro y Litueche, Provincia de Melipilla y Cardenal Caro, región de Metropolitana y Libertador Bernardo O'Higgins.

2. OBJETIVOS

Presentar el análisis basal geológico y geomorfológico regional y local en el que está enmarcado el área de estudio considerada para el Proyecto. Los resultados permitirán caracterizar el Área del Proyecto para evaluar los riesgos geológicos y geomorfológicos.

3. ÁREA DE ESTUDIO

El Proyecto se encuentra administrativamente en las comunas de San Pedro y Litueche, provincias de Melipilla y Cardenal Caro, región Metropolitana y región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Para la definición del Área de Estudio, se consideró un buffer de diámetro de 50 metros desde el área de emplazamiento directo de las obras, es decir, 25 metros medidos desde las obras hacia cada lado.

A nivel general, y conforme a lo señalado en la Guía de Áreas de Influencia en el SEIA, segunda edición (Servicio de Evaluación Ambiental, 2026), el Área de Estudio se define como el espacio geográfico en el cual se realiza el levantamiento de información de terreno para la descripción general o detallada de un componente ambiental.

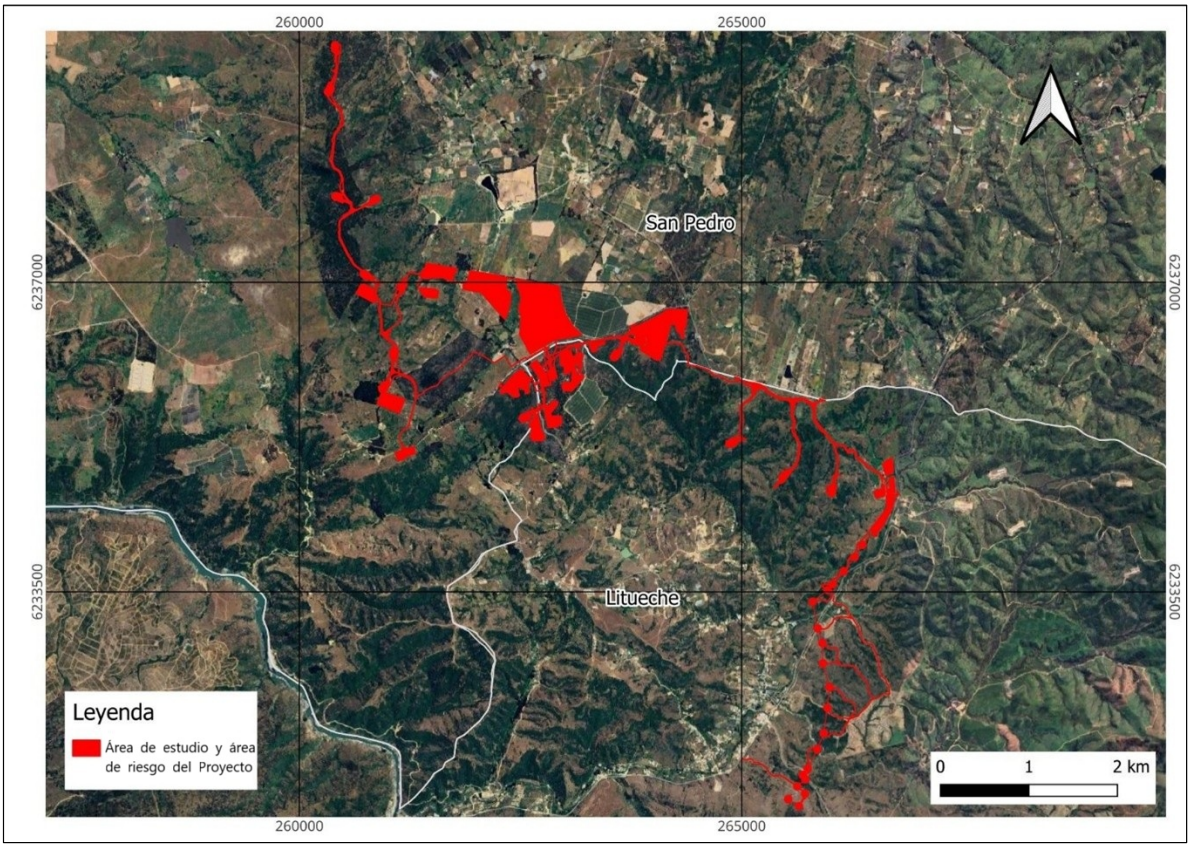
En este contexto, la delimitación del Área de Estudio para el componente Geología, Geomorfología se estableció considerando como base metodológica los lineamientos de la guía antes citada. De acuerdo con dicha referencia, y en atención a que las partes, obras y acciones del Proyecto no generan Factores Generadores de Impacto (FGI) relevantes sobre este componente, se define un Área de Estudio con fines exclusivamente de caracterización ambiental.

Para el componente de Riesgos Geológicos y Geomorfológicos, se define un área de riesgo entendida como el territorio necesario para identificar potenciales contingencias que deban ser consideradas en los planes de prevención de contingencias y de emergencia. Cabe señalar que dichas contingencias no constituyen, en sí mismas, objetos de protección del SEIA sobre los cuales corresponda predecir y evaluar impactos o establecer medidas. En concordancia con lo establecido en la Guía de Área de Influencia (SEA, 2026), el área de riesgo se delimita a partir de las partes, obras y acciones del Proyecto, con el propósito de identificar y caracterizar las potenciales contingencias asociadas al desarrollo del Proyecto.

Lo anterior se fundamenta en que los atributos del Medio Físico asociados al componente Litosfera, así como las áreas de riesgo por ocurrencia de fenómenos naturales, no constituyen, según la guía (SEA, 2026), objetos de protección.

A continuación, en la Figura 1 se presenta el Área de Estudio (Geología y Geomorfología) y Área de Riesgo (Riesgos Geológicos y Geomorfológicos).

Figura 1. Área de estudio y área de riesgo del Proyecto



Fuente: Elaboración propia (Proyección UTM, Zona 19S, WGS 1984).

4. METODOLOGÍA

4.1. Geología

La caracterización geológica del Proyecto se realizó a partir de la revisión bibliográfica de antecedentes disponibles en el sector de estudio, siendo la principal fuente, tanto bibliográfica como cartográfica. Las cartas geológicas utilizadas serán Mapa Geológico de Chile 1:1.000.000 (Sernageomin, 2003), Hoja M38 San Antonio – Melipilla 1:100.000 (Sernageomin, 1996) y Hoja Rancagua Carta Hidrogeológica de Chile 1:250.000 (Hauser, 1990). Estas cartas permitirán realizar una descripción de la geología a escala regional y local, respectivamente. El análisis y cartografías del informe fueron elaboradas mediante sistemas de información geográficos.

4.2. Geomorfología

Para llevar a cabo la caracterización geomorfológica del Proyecto, se emplean tres enfoques metodológicos: campaña de terreno, investigación bibliográfica, y análisis cartográfico. Durante estas fases, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

a) Campaña de terreno: Esta actividad se realizó con el fin de corroborar las unidades geomorfológicas identificadas y obtener un levantamiento de información in situ del contexto geomorfológico local.
b) Revisión bibliográfica: Se realizó un trabajo de gabinete que integró actividades de revisión, recopilación y posterior análisis de los antecedentes disponibles de la geomorfología regional y local del Área de

estudio del Proyecto. Para identificar las unidades geomorfológicas, se utilizó como fuente de información principal la caracterización geomorfológica realizada por Börgel (1983) para el territorio nacional.

c) Procesos cartográficos: Para complementar la información bibliográfica y generar nuevos datos que permitan describir de manera más detallada las características locales del área de estudio, se utiliza como técnica la fotointerpretación de imágenes satelitales obtenidas de Google Earth Pro, y el análisis altitudinal por medio de un modelo digital de elevación. La identificación de pendientes y orientación a la que está expuesta el Área de estudio, se lleva a cabo mediante el uso de un modelo de elevación digital del terreno, construido en base a imágenes satelitales desde el sensor Alos Palsar con una resolución de 12,5 m, trabajadas mediante el software QGIS. Posteriormente, mediante la herramienta "slope" y "aspect" se genera un mapa de pendientes y orientaciones, las pendientes se clasifican de acuerdo en siete rangos y los principales procesos asociados a la inclinación, según clasificación de Araya, J. y Börgel (en Fernández, 2006), los cuales se indican en la siguiente Tabla.

Tabla 1. Clasificación rangos de pendientes

Grados (°)	Porcentaje	Pendiente	Proceso	Erodabilidad
0-2	0-3,5	Levemente horizontal	Erosión nula	Baja
2-5	3,5-8,7	Suave	Erosión débil. difusa, inicio de regueras, solifluxión fría.	Baja
5-10	8,7-17,6	Moderada	Erosión moderada a fuerte inicio de erosión lineal.	Media
10-20	17,6-36,4	Fuerte	Erosión intensa, cárcavas incipientes.	Alta
20-30	36,4-57,7	Moderadamente escarpada	Cárcavas frecuentes, movimientos en masa, reptación.	Alta
30-45	57,7-100	Muy escarpada	Coluviamiento, solifluxión intensa.	Muy alta
> 45°	> 100	Acantilado	Desprendimientos, derrumbes, corredores de derrubios.	Muy Alta

Fuente: Fernández, 2006.

4.3. Riesgos Geológicos y Geomorfológicos

4.4. Riesgo Actividad Sísmica

Chile se destaca como uno de los países con mayor actividad sísmica a nivel mundial debido a su configuración tectónica. Esto implica que las obras e instalaciones del Proyecto deben considerar estos fenómenos, que están presentes en casi todo el territorio nacional. La actividad sísmica en Chile es consecuencia de la convergencia entre las placas Nazca y Sudamericana. La subducción de la placa oceánica (Nazca) bajo la placa continental (Sudamericana) genera rupturas súbitas en la corteza, dando lugar a sismos de magnitudes variables.

En este contexto tectónico, hay tres fuentes principales de sismos en Chile:

- Sismos interplaca: ocurren en el contacto entre las placas Sudamericana y de Nazca, profundizándose desde la fosa hasta 50 a 60 km. Los epicentros de estos sismos se localizan principalmente en el océano Pacífico o en zonas costeras.
- Sismos Outer-Rise: tienen lugar costa afuera de la fosa oceánica debido a la deformación de la placa de Nazca y los esfuerzos producidos antes de su subducción. Son de baja profundidad y generalmente tienen magnitudes menores a 7 Mw.

- Sismos intraplaca: se producen dentro de la placa de Nazca, a profundidades que van desde los 50-60 km hasta los 200 km (límite de profundidad). Los epicentros de estos sismos se localizan principalmente sobre el continente.
- Sismos corticales: se generan al interior de la placa Sudamericana, a profundidades menores de 30 km. Sus epicentros se encuentran principalmente en los sectores precordilleranos y cordilleranos.

El análisis del riesgo sísmico se llevó a cabo mediante la revisión y recopilación de datos históricos de sismos significativos con epicentro cercano al área de estudio del Proyecto. Se priorizaron los terremotos con una Magnitud de Momento (Mws) superior a 7 Mw, debido a su potencial impacto en las instalaciones ante eventos sísmicos. Esta evaluación se basó en la recopilación de datos históricos de sismos y terremotos relevantes en la zona, obtenidos a través del Servicio Sismológico de la Universidad de Chile. Estos datos se representaron espacialmente mediante una Figura para mostrar la distribución de los epicentros con respecto a la ubicación del Proyecto durante el periodo comprendido entre 1900 y 2024.

Para análisis del riesgo sísmico, también se consideró posición del Área de estudio en relación con las isocurvas de peligro sísmico para un peak de aceleración del suelo en un terremoto (PGA), con una probabilidad de excedencia del 10% en un periodo de 50 años, conforme a estudios realizados por Petersen (2018). Este modelo estadístico se ha desarrollado utilizando datos históricos de terremotos y considerando características específicas del sitio, como la velocidad de propagación de ondas sísmicas, de acuerdo con las pautas actuales de construcción.

4.5. Riesgo Actividad Volcánica

El territorio continental de Chile posee 95 volcanes geológicamente activos (Sernageomin, 2011a), es decir, presentan evidencias geológicas de actividad eruptiva en los últimos 10.000 años o signos medibles de actividad, tales como desgasificación pasiva, microsismicidad o deformación de la superficie. Entre los volcanes activos se incluye tanto estratovolcanes individuales como centros compuestos o distribuidos e incluso grupos de conos monogénicos, que para este análisis se consideran una sola entidad. La actividad volcánica está directamente relacionada con la tectónica de placas, por la cual el hundimiento de la placa litosférica (oceánica para el caso del volcanismo en Chile) produce una fusión de sus materiales en profundidad, generando magma. Ese material fundido asciende hacia la superficie a través de estructuras geológicas profundas, provocando episodios de actividad o erupciones, representadas por la salida o extrusión de lava y materiales piroclastos que van modelando los edificios o conos volcánicos.

La actividad volcánica y peligro será analizada por medio de la información cartográfica de la Subdirección Nacional de Geología, específicamente mapa de “Peligros Volcánicos de Chile” (Sernageomin, 2011b). La carta de peligros define las áreas geográficas vulnerables a diferentes fenómenos volcánicos, como flujos de lava, lahares, depósitos piroclásticos y proyecciones balísticas, que pueden resultar de erupciones de una variedad de magnitudes.

4.6. Riesgos Remoción en Masa

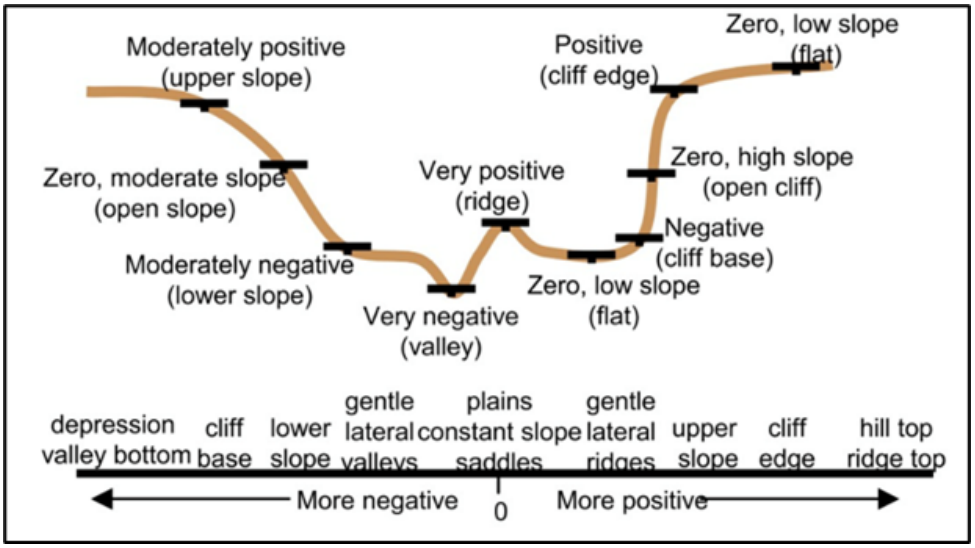
La metodología empleada como los datos utilizados están condicionados por la disponibilidad de información y la escala del proyecto. Aun así, se adoptó el enfoque que se consideró más adecuado de acuerdo con la experiencia de los autores, y técnicamente justificable, considerando las restricciones propias de este tipo de análisis.

Para asegurar coherencia espacial y continuidad en la representación de los índices, se delimitó una subcuenca que engloba todas las obras del Proyecto, lo que permite que la evaluación se desarrolle dentro de una unidad geomorfológica y de drenaje consistente.

Respecto de la geología, se incorporó la información de fuentes públicas como a Hoja M38 San Antonio – Melipilla 1:100.000 (Sernageomin, 1996) y Hoja Rancagua Carta Hidrogeológica de Chile 1:250.000 (Hauser, 1990). en aquellos sectores donde no existía cobertura de mayor detalle. A partir de estas unidades se definieron los distintos valores de susceptibilidad asociados a la remoción.

Se generó un mapa geomorfológico del área de estudio, el cual permitió definir distintas geoformas las que posteriormente fueron clasificadas de acuerdo con la susceptibilidad que presentan para los distintos tipos de remoción en estudio. Para obtener el mapa de geoformas del relieve del área del Proyecto, se utilizó la herramienta de SAGA GIS de Clasificación de Geoformas del Terreno elaborado por 1Weiss (2001) para derivar un Índice de Posición Topográfica (TPI) multiescala a partir de datos de elevación de 12,5 m de resolución del MDE Alos Palsar. Al aplicar umbrales a los valores continuos del TPI muestreados a diferentes escalas con un sistema basado en reglas, se puede clasificar el terreno en posiciones discretas de pendiente (Weiss, 2001). Luego, se obtuvieron los tipos de forma (geoformas) del terreno promediando sobre dos vecindarios con un radio de 200 m y 2000 m cada uno. La siguiente figura destaca las diferentes clases de geoformas del terreno derivadas del TPI (mostradas como valor estandarizado en el eje X).

Figura 1. Clases de geoformas obtenidas



Fuente: Weiss (2001).

[1] Weiss, A. D. (2001). Topographic Positions and Landforms Analysis (conference poster). ESRI International User Conference. San Diego, CA. 200. http://www.jennessent.com/downloads/TPI-poster-TNC_18x22.pdf

La siguiente Tabla muestra un ejemplo (modificado) de Jennes (2006) de cómo las clases de relieve dependen de diferentes umbrales. Se utilizaron estas clases y etiquetas por defecto (sobre la clasificación de los accidentes geográficos) tal como las pone a disposición el software SAGA GIS 7.8.2.

Tabla 2. Geoformas y umbrales asociados

Geoformas	Umbrales
Cañones, arroyos profundamente incisos	Vecindario: 200 m. TPI: TPI ≤ -1 Vecindario: 2.000 m. TPI: TPI ≤ -1
Drenajes de media ladera, valles poco profundos	Vecindario: 200 m. TPI: TPI ≤ -1 Vecindario: 2.000 m. TPI: -1 < TPI < 1
Drenajes de tierras altas, cabeceras	Vecindario: 200 m. TPI: TPI ≤ -1 Vecindario: 2.000 m. TPI: TPI ≥ 1
Valles en forma de U	Vecindario: 200 m. TPI: -1 < TPI < 1 Vecindario: 2.000 m. TPI: TPI ≤ -1
Llanuras	Vecindario: 200 m. TPI: -1 < TPI < 1 Vecindario: 2.000 m. TPI: -1 < TPI < 1 Pendiente ≤ 5
Laderas abiertas	Vecindario: 200 m. TPI: -1 < TPI < 1 Vecindario: 2.000 m. TPI: -1 < TPI < 1 Pendiente > 5
Laderas superiores, mesetas	Vecindario: 200 m. TPI: -1 < TPI < 1 Vecindario: 2.000 m. TPI: TPI ≥ 1
Crestas y colinas locales en valles	Vecindario: 200 m. TPI: TPI ≥ 1 Vecindario: 2.000 m. TPI: TPI ≤ -1
Crestas de media ladera, pequeñas colinas en llanuras	Vecindario: 200 m. TPI: TPI ≥ 1 Vecindario: 2.000 m. TPI: -1 < TPI < 1
Cimas de montes, crestas altas	Vecindario: 200 m. TPI: TPI ≥ 1 Vecindario: 2.000 m. TPI: TPI ≥ 1

Fuente: Elaboración Propia. Disponible en: http://www.jennessent.com/arcview/tpi.htm.

Finalmente, se elaboró un mapa de geoformas el cual fue complementado con elementos observados en la visita a terreno.

Las siguientes tablas presentan las variables consideradas, su relevancia y las ponderaciones de susceptibilidad asignadas para la remoción. Para evaluar la susceptibilidad de remoción en masa se seleccionaron factores ampliamente utilizados en la literatura como condicionantes de la estabilidad de laderas. Estos factores integran las condiciones físicas del terreno (pendiente, material, humedad), el contexto ambiental (exposición, vegetación, nieve), la influencia de las formas del relieve y la evidencia de deslizamientos previos. Cada variable fue clasificada en rangos cualitativos o cuantitativos y ponderada según su contribución relativa al proceso. A continuación, se presenta la tabla de factores utilizados en la evaluación de susceptibilidad de remoción, incluyendo sus rangos de clasificación y ponderaciones asociadas, las cuales fueron definidas en función de las características locales del terreno y los criterios técnicos descritos previamente. La metodología utilizada en el presente estudio corresponde a una propuesta metodológica desarrollada por los autores, la cual se fundamenta en criterios técnicos, considerando la disponibilidad de información y las características particulares del área de estudio. Para su elaboración se tomó como referencia la metodología propuesta por Lara (2007), la cual fue utilizada como marco orientador para la definición de criterios de análisis.

No obstante, dicha metodología fue adaptada y ajustada para su aplicación en el presente estudio, incorporando modificaciones en función de la escala del proyecto, la información disponible y las condiciones específicas del territorio evaluado. En este contexto, se adoptaron aquellos elementos metodológicos que se consideraron más

pertinentes, complementándolos con criterios técnicos propios, de manera de asegurar una evaluación consistente y técnicamente justificable dentro de las limitaciones inherentes a este tipo de análisis.

Tabla 3. Factores y ponderaciones remoción en masa

FACTOR	ESPECIFICACIONES / RELEVANCIA	RANGOS	%
Pendientes de laderas (f_1)	La pendiente es el principal factor que controla la estabilidad de un talud: a mayor inclinación, aumenta el esfuerzo cortante y disminuye el factor de seguridad	0-1	1
		1-10°	10
		10-20°	15
		20°–25°	20
		25°–30°	25
		30°–40°	30
		>40°	35
Exposición al sol (f_2)	La orientación de las laderas afecta la humedad y la meteorización. Las laderas norte son más secas y fisuradas por mayor radiación, mientras que las laderas sur conservan mayor humedad	Laderas orientación sur	5
		Laderas orientación este u oeste	3
		Laderas orientación norte	1
Características geológicas-geotécnicas del material (f_3)	Condiciones muy favorables para generación de deslizamiento son, entre otros, baja densidad (<~1,6–1,8 kN/m³), baja resistencia, alta cantidad de material fino en su composición (>=50%); además de la estructura y estratificación del suelo. La generación de material removible a partir de roca se ve favorecido por alta meteorización y alteración.	Muy favorable	15
		Favorable	10
		Medianamente favorable	7
		Poco favorable	5
		Muy poco favorable	1
Condiciones de humedad y saturación (f_4)	Se considera: (1) Capacidad de saturación por abajo (profundidad nivel freático) y por arriba (infiltración por precipitación). (2) Capacidad de almacenaje de agua en la estructura de suelo (asociado a presencia de niveles impermeables). Saturación y mayor capacidad de almacenaje favorecen generación de deslizamientos. La relación (profundidad N.F./espesor suelo) cercana a 0 indica condiciones muy favorables de generación; ~0,5 es favorable.	Muy favorable	10
		Favorable	7
		Poco favorable	3
		Muy poco favorable	1
Acumulación de nieve (f_5)	Según estacionalidad. La nieve actúa como una reserva que, al fundirse, incrementa la infiltración y puede saturar rápidamente los suelos. Sectores con acumulación frecuente presentan mayor riesgo durante deshielos	Siempre	5
		Estacional	4
		Esporádica	3
		Nula	1
Cobertura vegetal (f_6)	Densidad en la ladera. La vegetación estabiliza el suelo mediante raíces y reduce la erosión. Laderas con vegetación escasa tienen menor refuerzo mecánico y mayor susceptibilidad	Nula a baja	5
		Moderada	3
		Alta	1
Intervención antrópica (f_7)	Cortes de caminos, construcciones y excavaciones alteran el equilibrio natural de los taludes, modificando el drenaje y creando zonas de sobrecarga o debilidad. Estas condiciones incrementan la probabilidad de inestabilidad	Importante	10
		Poco importante	5
		No observado	1

FACTOR	ESPECIFICACIONES / RELEVANCIA	RANGOS	%
Unidad Geomorfológica (f_8)	La forma del terreno refleja los procesos que actúan sobre él. Cañones, cabeceras y laderas abiertas concentran erosión e inestabilidad, mientras que valles y llanuras son más estables	Cañones, arroyos profundamente incisos	5
		Drenajes de media ladera, valles poco profundos	5
		Drenajes de tierras altas, cabeceras	5
		Valles en forma de U	3
		Llanuras	3
		Laderas abiertas	10
		Laderas superiores, mesetas	10
		Crestas y colinas locales en valles	10
		Crestas de media ladera, pequeñas colinas en llanuras	10
		Cimas de montes, crestas altas	10
Deslizamientos de suelo declarados (f_9)	La presencia de deslizamientos previos indica condiciones intrínsecamente inestables. La evidencia de fallas pasadas es uno de los mejores predictores de recurrencia, por lo que estas zonas reciben mayor ponderación	Presente	5
		Sin antecedentes	2
		No observado	1

Fuente: Elaboración propia.

Una vez completada la asignación, cada capa temática fue procesada mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG). Específicamente cada capa temática fue convertida a formato ráster, y posteriormente, mediante la herramienta “Calculadora Ráster”, se efectuó la sumatoria ponderada de los valores asignados a cada factor. Por último, hay que mencionar que este Índice de Susceptibilidad tiene un valor máximo de 100%.

4.7. Catastro Eventos de Remoción en Masa

Este análisis de eventos hidrológicos extremos se enfoca específicamente en inundaciones y aluviones ocurridos en las cercanías del Área de estudio. La identificación de áreas susceptibles a estos fenómenos se basa en una revisión bibliográfica de estudios previos y registros históricos de eventos extremos en la región, obtenidos principalmente de entidades como la Dirección General de Aguas (DGA) y el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). Los resultados de esta revisión se georreferencian para identificar y analizar la extensión de los eventos y comprender mejor su contexto regional. Este enfoque permite determinar si las estructuras del Proyecto se encuentran en áreas que han sido susceptibles a estos fenómenos.

4.8. Efecto Cambio Climático

De acuerdo con el artículo 40 de la Ley N°21.455, también conocida como "Ley Marco de Cambio Climático", es necesario considerar el cambio climático en los componentes ambientales relevantes de los proyectos o actividades sujetos a evaluación de impacto ambiental. Con el fin de proporcionar directrices sobre cómo analizar los efectos adversos del cambio climático en estos componentes, el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

(SEIA) ha desarrollado la "Guía Metodológica para la Consideración del Cambio Climático en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental". Para lo anterior se utiliza la plataforma ARClim.

5. RESULTADOS

5.1. Geología

A continuación, se presenta la caracterización geológica del Área de Estudio.

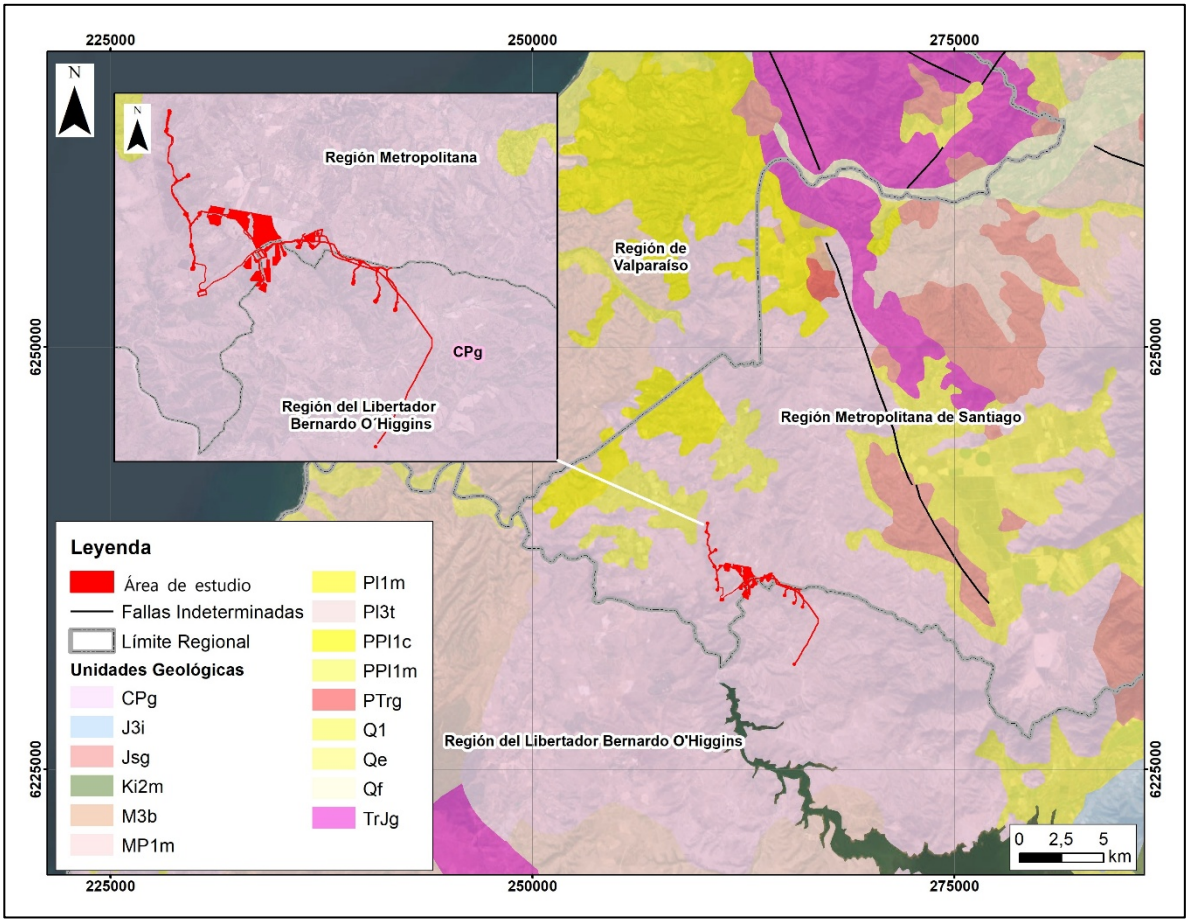
5.1.1. Geología Regional

De acuerdo con la Carta Geológica Nacional 1:1.000.000 (Sernageomin, 2003) el Área de Estudio está sobre una unidad geológica "CPg", perteneciente a rocas intrusivas.

- **CPg (Carbonífero - Pérmico**)

Rocas intrusivas del Carbonífero-Pérmico (328-235Ma) compuestas por Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas, de hornblenda y biotita, localmente de muscovita. En la Precordillera y Cordillera Principal, regiones I a IV: Batolitos compuestos, 'stocks' y cuerpos hipabisales (Sierra Moreno, Cordillera de Domeyko, Batolito Elqui-Limarí); en la Cordillera Principal, regiones X y XI: Batolito Panguipulli-Riñihue y 'Stock' Leones.

Figura 2. Unidad geológica regional en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia en base a Sernageomin 1:1.000.000.

5.1.2. Geología Local

Para contextualizar localmente las unidades geológicas del Área de Estudio, se utilizó la Hoja de San Antonio – Melipilla 1:100.000. Las partes y obras del Proyecto que están en la unidad geológica Pzmg son los aerogeneradores (1 al 13), Subestación elevadora, caminos de servidumbre, áreas de paneles, centros de transformación, plataformas y botadero 1. Sobre las unidades "Qa" y "Qc" depósitos aluviales y coluviales, respectivamente se proyectan parte de los paneles zona 2 y zona 3, además de caminos de servidumbre. A su vez, en la unidad "TrJtv" se emplazarán los caminos de servidumbre, plataformas y aerogeneradores (14,15 y 16). Por último, en la unidad geológica "Pzmg" se proyecta el camino de servidumbre y en "Qfa" Subestación Seccionadora Loica, ver Tabla 4.

Tabla 4. Obras del Proyecto y unidades geológicas

Unidad Geológica	Descripción Unidad Geológica	Obras del Proyecto
Pzmg	Roca Intrusiva	Aerogeneradores (1 al 13) (13) Plataformas Subestación Elevadora Camino de servicio Áreas Paneles (Zona 1 a 8) Centros Transformación Botadero 1 Instalación de Faena BESS Acopio Aspas
Qa	Depósito Aluvial	Parte de Áreas Paneles (Zona 1 y 2) Camino de servidumbre Centros Transformación
Qc	Depósito Coluvial	Parte de Áreas Paneles (Zona 3) Camino de servidumbre
TrJtv	Roca Intrusiva	(3) Plataformas Camino de servidumbre
Qfa	Depósito Fluvial Antiguo	Subestación Seccionadora Loica

Fuente: Elaboración propia en base Hoja San Antonio - Melipilla 1:100.000

A continuación, se detallan las unidades geológicas mencionadas anteriormente y se muestran en la Figura 3.

- **Roca Intrusiva - Pzmg (Paleozoico**)

Tonalitas y granodioritas de anfíbola y biotita, predominantemente; monzogranitos de anfíbola y biotita, sienogranitos y granitos de microclina rosados y pegmatitas de microclina-cuarzo-epidota-biotita, subordinadas. Las tonalitas y granodioritas son rocas de color gris medio, verdoso, grano grueso, con texturas hipidiomórfica a alotriomórfica granular, con variedades porfídicas subordinadas. Incluyen cristales de plagioclasa y feldespato potásico con texturas de intercrecimiento mirméquico, gráfico, pertítico y reemplazo de piroxeno por anfíbola y biotita en los términos más básicos. Contienen inclusiones dioríticas a diorítico-cuarcíferas, las cuales pueden llegar a constituir el 50% de la roca (Rocas de Santo Domingo, Siña, 1987). Presentan foliación magmática, afectada por foliación milonítica. Los monzogranitos presentan variedades gnésicas y porfídicas; ocasionalmente contienen mica blanca primaria y megacristales (2-5 cm de longitud) de microclina, en parte, de cristalización posterior. Estos granitos se caracterizan por presentar microclinización tardimagmática en forma de parches y vetillas, acompañada de epidota y actinolita. Son rocas calco-alcalinas, peraluminosas, principalmente tipo I y S en menor proporción. Forman plutones alargados e irregulares, compuestos, expuestos en el área de Cuesta La Manga, Tantehue y Pomaire (24, 25 y 19 km de longitud, respectivamente). Los distintos tipos litológicos presentan contactos gradacionales, o bien definidos. Contienen enclaves metamórficos (Pzm) y están intruidas por diques básicos foliados, cuerpos básicos (Trca) y granitoides de edad triásica superior, jurásica y cretácica. Edades U-Pb en circones de 299±10 Ma (Gana y Tosdal, 1996) e isócrona Rb-Sr en roca total de 308±15 Ma (Hervé et al., 1988), se interpretan como indicativas de la cristalización. Edades K-Ar en biotita dentro del intervalo 274-289 Ma (este trabajo), corresponden posiblemente a edades de enfriamiento. Edades K-Ar en feldespato potásico 191±4 Ma (Cordani et al., 1972) y en biotita 159±4 Ma (este trabajo), se interpretan como rejuvenecimiento térmico causado por plutones del Jurásico. Hospeda mineralización vetiforme de oro (e.g., Minas Tutema, Fortuna), de cobre (Mina Santa Ana) y cuarzo. Hospeda el yacimiento de arcilla de Pomaire y se explota como roca/maicillo en numerosas canteras.

- **Depósitos Aluviales - Qa (Holoceno**)

Sedimentos no consolidados, ubicados en zonas de llanura; comprenden principalmente depósitos fluviales con depósitos gravitacionales interdigitados (flujos de barro, flujos de detritos), compuestos por gravas, arenas y limos. Hospedan placeres auríferos (e.g., Mina Quebrada Honda).

- **Depósitos Coluviales - Qc (Holoceno**)

Sedimentos no consolidados, ubicados en las cabeceras de las quebradas; comprenden principalmente depósitos gravitacionales correspondientes a flujos en masa, matriz-soportados, de muy mala selección granulométrica, que pueden incluir desde bloques hasta arcillas, interdigitados con lentes de arenas y gravas generados por pequeños cursos de agua, permanentes o esporádicos.

- **Depósitos Fluviales Antiguos - Qfa (Holoceno**)

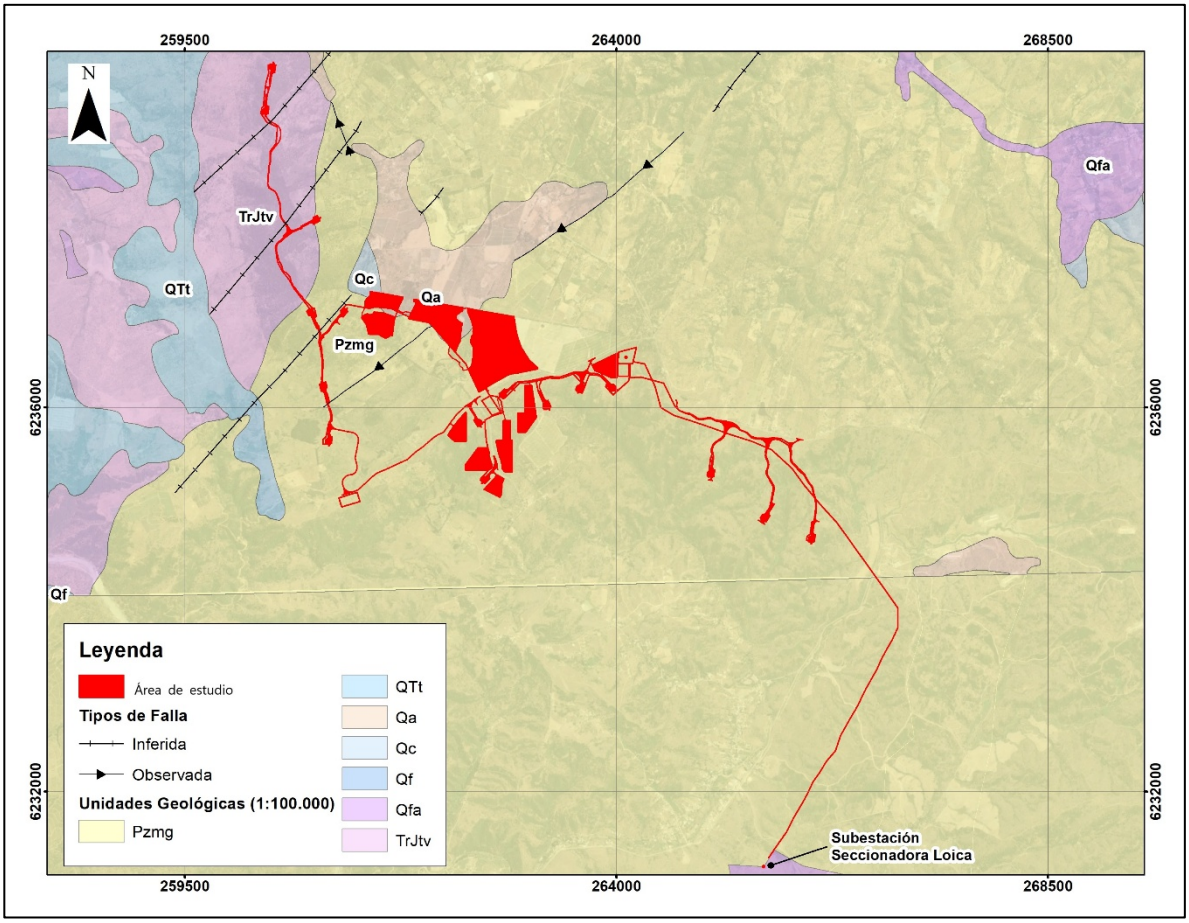
Sedimentos no consolidados que forman terrazas; compuestos por gravas, arenas y limos, ubicadas a alturas de 3-30 m con respecto al curso fluvial actual. Hospedan placeres auríferos (e.g., Minas Chilque y Los Guindos, Estero Yali, Pradera, Quilancute-San Pedro).

- **Roca Intrusiva- TrJtv (Jurásico - Triásico**)

Sienogranitos de biotita, predominantemente en el sector norte y monzogranitos de biotita y anfíbola en el sector sur, al este de Rapel. Son rocas de color gris claro a amarillento rosáceo, de grano medio a fino, con frecuente deformación cataclástica. Texturas alotriomórfica a seriada, frecuentemente cataclástica y milonítica en forma

local; textura consertal entre feldespatos y cuarzo; ortoclasa y microclina pertíticas y con bordes de entrecrecimiento gráfico; plagioclasa zonada, con bordes mirmequíticos; anfíbola reemplazada por biotita, la cual también se encuentra automorfa intercumulada en contacto con esfeno; ocasionalmente allanita accesoria. Alteración avanzada a montmorillonita, sericita, clorita y epidota. Son rocas calcoalcalinas muy diferenciadas (70-78% de Si02), moderadamente peraluminosas a peraluminosas, tipo I, comparativamente más alcalinas que las plutonitas paleozoicas. Plutones alargados, que muestran contactos graduales con granitoides paleozoicos (Pzmg) y están cortados por 'stocks' monzodioríticos a granodioríticos del Jurásico (Jp). Edades K-Ar en biotita de 184±4 Ma, 180±4 Ma y 212±5 Ma (este trabajo) ubican a estos intrusivos en el lapso Triásico Superior-Jurásico Inferior. Hospedan vetas de cuarzo (Mina Saturno) y de cuarzo-feldespato (Mina Huinca).

Figura 3. Geología local en el área de estudio Hoja San Antonio – Melipilla



Fuente: Elaboración propia en base Hoja San Antonio - Melipilla 1:100.000

5.1.3. Geología Estructural

En el Área de Estudio se identifican fallas que atraviesan algunas partes del Proyecto. En la Figura 5 se muestra que una falla observada cruza una pequeña parte del área de paneles, por otro lado, tres fallas inferidas de rumbo siniestral cruzan el camino de servidumbre a los aerogeneradores.

En cuanto al contexto geológico estructural de la zona, ésta se caracteriza por la existencia de dos dominios estructurales. El primero un dominio de basamento, predominante, que comprende la mitad oeste y parte del cuadrante noreste del área. Se caracteriza por un relieve maduro con alturas que no sobrepasan los 960 m. Este

dominio está constituido por rocas metamórficas e intrusivas del Paleozoico-Triásico, cubiertas en el sector costero por depósitos aterrazados subhorizontales, expuestos bajo la cota de los 300 m, poco consolidados, de origen marino y continental del Mioceno al Plioceno-Pleistoceno (Formación Navidad, Estratos de Potrero Alto). Este dominio se encuentra subdividido en bloques estructurales, limitados por fallas verticales, de rumbo nor-noroeste a nor-noreste y noreste a noroeste, en forma secundaria. La estructura de mayor importancia regional corresponde a la Falla Melipilla que se extiende con rumbo oeste-noroeste a lo largo del valle del río Maipo. Esta estructura, coincidente con anomalías magnética y gravimétrica (Anomalía de Melipilla, Gana et al., 1994b), se interpreta como una falla de rumbo dextral y/o transpresional, que desplaza las secuencias estratificadas mesozoicas e intrusivos paleozoicos, y expone, hacia la costa, niveles corticales más profundos y deformados. Otras fallas de importancia regional corresponden a la Falla Puangue, la cual es interrumpida en el sector de la cuesta Lo Encañado, por otra falla paralela al curso inferior del río Maipo (Falla Río Maipo). Ambas limitan un bloque alzado (Bloque Leyda) que expone rocas básicas y graníticas deformadas y que actuó como barrera topográfica para el avance de depósitos de flujo piroclástico cuaternarios (Ignimbrita Pudahuel).

El segundo es un dominio de cobertura, correspondiente topográficamente a un relieve montañoso, abrupto con alturas máximas de 2.000 m, disectado por valles encajonados de dirección predominante noroeste. A este dominio pertenecen parte de los intrusivos jurásicos y cretácicos y las rocas volcánicas y sedimentarias mesozoicas (formaciones Cerro Calera, Horqueta, Lo Prado, Veta Negra y Estratos de Horcón de Piedra), que constituyen una secuencia monoclinal de rumbo norte-sur a noreste e inclinación promedio de 25-350 hacia el este. Esta secuencia se observa en contacto depositacional sobre intrusivos paleozoicos, en el sector de Loma de Tantehue y Loma Larga, evidenciando una discordancia erosiva. Las estructuras principales corresponden a lineamientos y fallas, que, en parte, coinciden con la dirección de valles encajonados. Paralela al estero Cholqui existe una falla que desplaza parte de la secuencia estratificada en sentido sinistral, sin descartar un posible alzamiento de su bloque sur. El cajón del Rey parece constituir otra falla que eleva su bloque sur, exponiendo rocas intrusivas con capas jurásicas. Estructuras menores, lineamientos y fallas inferidas se orientan con rumbo nor-noreste y nor-noroeste.

5.2. Geomorfología

A continuación, se presentan los resultados de la caracterización geomorfológica del Área de Estudio.

5.2.1. Geomorfología Regional

El Proyecto emplazado sobre Región Metropolitana y Libertador Bernardo O'Higgins se encuentra en la Tercera Agrupación Regional, conocida como la "Región central de las cuencas y del Llano Fluvio-Glacio-Volcánico". Esta región se caracteriza por representar de forma más representativa la geomorfología de la zona central de Chile, es decir, de oeste a este, una faja costera, caracterizada por planicies litorales, luego un desarrollo de la Cordillera de la Costa, posteriormente la presencia de la depresión intermedia y finalmente la Cordillera de Los Andes.

La "Región central de las cuencas y del Llano Fluvio-Glacio-Volcánico" en la región Metropolitana y Libertador Bernardo O'Higgins está compuesta por 11 unidades geomorfológicas las cuales son: Cordillera Andina de retención crionival, Cordillera de la Costa, Cuenca de Rancagua, Cuenca de Santiago, Cuenca Granítica Marginal, Cuencas Transicionales Semiáridas, Farellón Costero, Llano Central Fluvio-Glacio-Volcánico, Llanos de Sedimentación Fluvial o Aluvional, Planicie Marina o Fluviomarina, y Precordillera.

El Área de Estudio está proyectada sobre tres unidades geomorfológicas:

- Planicie Marina o Fluviomarina.
- Llanos de Sedimentación Fluvial o Aluvional.
- Cordillera de la Costa.

a) Planicie Marina o Fluviomarina

La planicie marina o fluviomarina se extiende al sur de la desembocadura del río Aconcagua presenta variados aspectos en su desarrollo latitudinal: algunas veces se inscribe en el granito costero como terrazas de abrasión construyendo sistemas escalonados hasta 4 niveles nítidos; tal sería el caso de la franja costera comprendida entre el río Aconcagua por el norte y el río Maipo por el sur. Entre este último río y el estero Yali, la sedimentación moderna sobre el curso inferior del río Maipo domina la costa. Entre el Yali y Tanumé se extienden hasta 5 km al interior las terrazas del plioceno y mioceno superior, hasta la punta Topocalma (Brüggen, 1950). Desde Tanumé al sur hasta las cercanías septentrionales del río Itata, las terrazas marinas se inscriben en las rocas metamórficas precámbricas. En todo este último sector, comprendido en las cercanías del estero Yali al sur, el sistema escalonado es reemplazado por una abrasión generalizada con bolsón de sedimentación en las desembocaduras de los grandes ríos; esto lo vemos en el Rapel, dominado por abundantes nidos fosilíferos.

En general, la línea costera es mixta, con el ritmo alternante de extensas playas de acumulación arenosa y sectores acantilados. Entre Aconcagua y el estero Casablanca domina la costa alta con algunas incidencias de playas bajas. Entre el estero Casablanca y el río Rapel, la costa es baja con excepción del tramo comprendido entre Cartagena y San Antonio que presenta rasgos acantilados menores con roquerías bajos. Desde el río Rapel hasta Topocalma, sigue la costa baja y arenosa de Pichilemu, situación que se prolonga hacia Vichuquén.

b) Llanos de Sedimentación Fluvial o Aluvial

Los llanos de sedimentación fluvial o aluvial se originan a partir de las cuencas de mayor eficacia de humedad y el trabajo más rítmico de los ríos favorecen el desarrollo suelos aluviales, capaces de sustentar una economía agrícola no exenta del suspenso que implica la irregularidad de las precipitaciones. Es el caso de las lluvias tardías de primavera.

Por otra parte, en la medida que se avanza hacia el sur, la disminución del período correspondiente a la estación seca es causa determinante para una presentación más tranquila de las crecidas invernales. En efecto, la estación seca se caracteriza por la activa intemperización de los materiales que cubren las laderas de los cerros y mientras más extenso es este período, con mayor energía se van a producir las crecidas aluviales correspondientes a las primeras lluvias, debido a la alta competencia que caracteriza el escurrimiento con sobrecarga de sedimentos.

Los llanos de sedimentación fluvial son objeto de activa ocupación humana para fines agrícolas y ganaderos, creando un ciclo especulativo en el sistema de la tenencia de la tierra de antigua data.

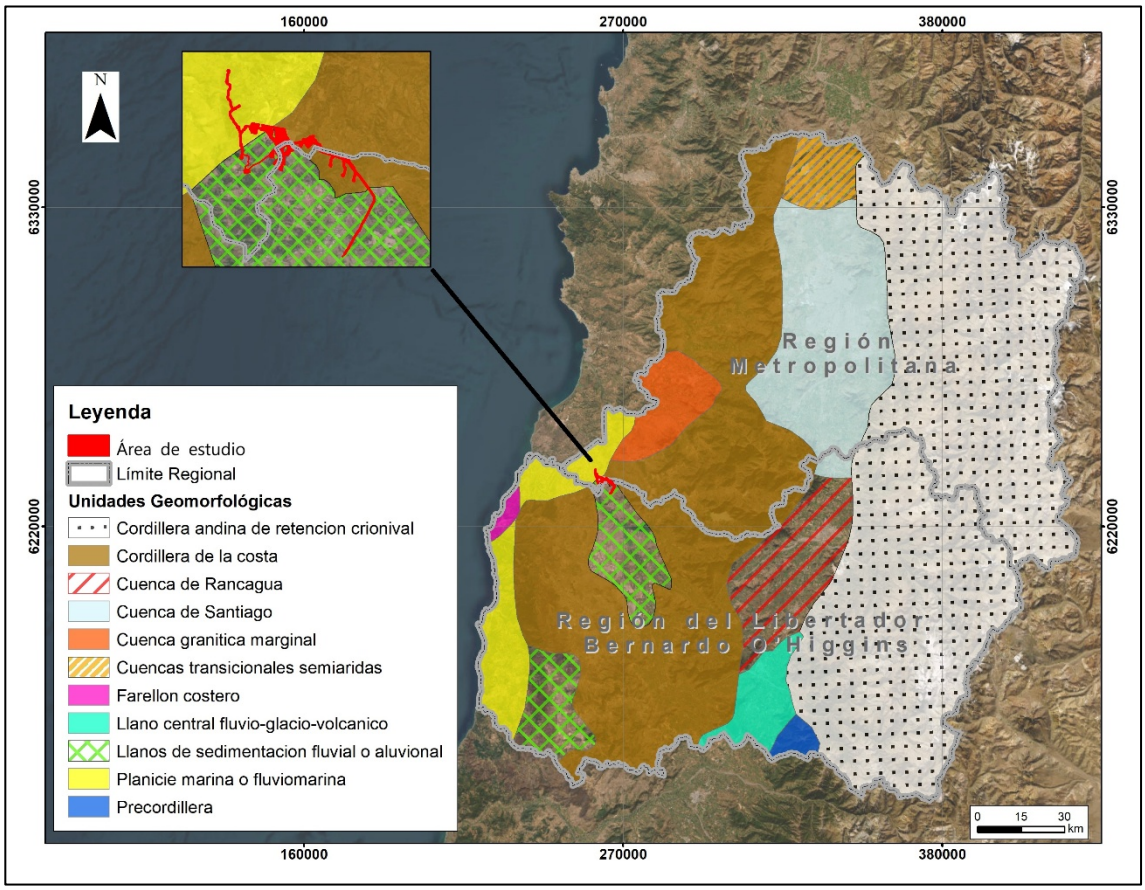
c) Cordillera de la Costa

La Cordillera de la Costa es un rango definido al sur del río Aconcagua, aspecto que se mantiene hasta la orilla norte del río Cachapoal. El cordón maestro de esta cordillera es excéntrico y se sitúa al este del conjunto orográfico, constituyendo al mismo tiempo el muro occidental de las cuencas de Santiago y Rancagua. A este frente abrupto interno la Cordillera de la Costa opone un descenso en palios sucesivos hacia el oeste, coalesciendo a distancias variables desde el litoral costero, con planicies de abrasión y sedimentación marinas.

En este sector se distinguen dos encadenamientos principales orientados N-S, siendo más elevado el oriental, verdadero muro que asfixia la depresión intermedia por el oeste. Los cerros La Campana con 1.828 m, Co. Roble con 2.222 m, Co. Vizcachas con 2.046, Co. Roble Alto con 2.185 m y los altos de Chicauma y Linpangue enmarcan la cuenca de Santiago por el oeste. Desde estas alturas se desprenden hacia el oeste lomajes altos que se imbrican a un segundo cordón montañoso más cercano al litoral y constituidos por los Co. Chapa de 1.744 m, Co. Mauco de Vinila con 1.483 m, Co. Los Ángeles con 1.108 m y Co.del Guanaco con 1.157 m. Las alturas desprendidas del Co. Chapa hacia el Mauco y que culminan por el sur en el Co. del Guanaco, encierran por el oeste la fosa del estero Puangue, alfluente proveniente del norte y que se une al río Maipo en el curso inferior de éste.

En esta cordillera se organizan varios cursos de aguas costeras que drenan las amplias y extensas planicies marinas de San Pedro, San Enrique, La Estrella y Marchigue. Entre estos sectores son importantes los de Chocalán, afluentes meridional del río Maipo; estero Yali, que forma una pequeña hoya independiente entre los ríos Maipo y Rapel, y finalmente el estero Alhué, tributario septentrional del río Rapel que drena una extensa zona en el pie oriental de la cordillera costera.

Figura 4. Unidades geomorfológicas regionales

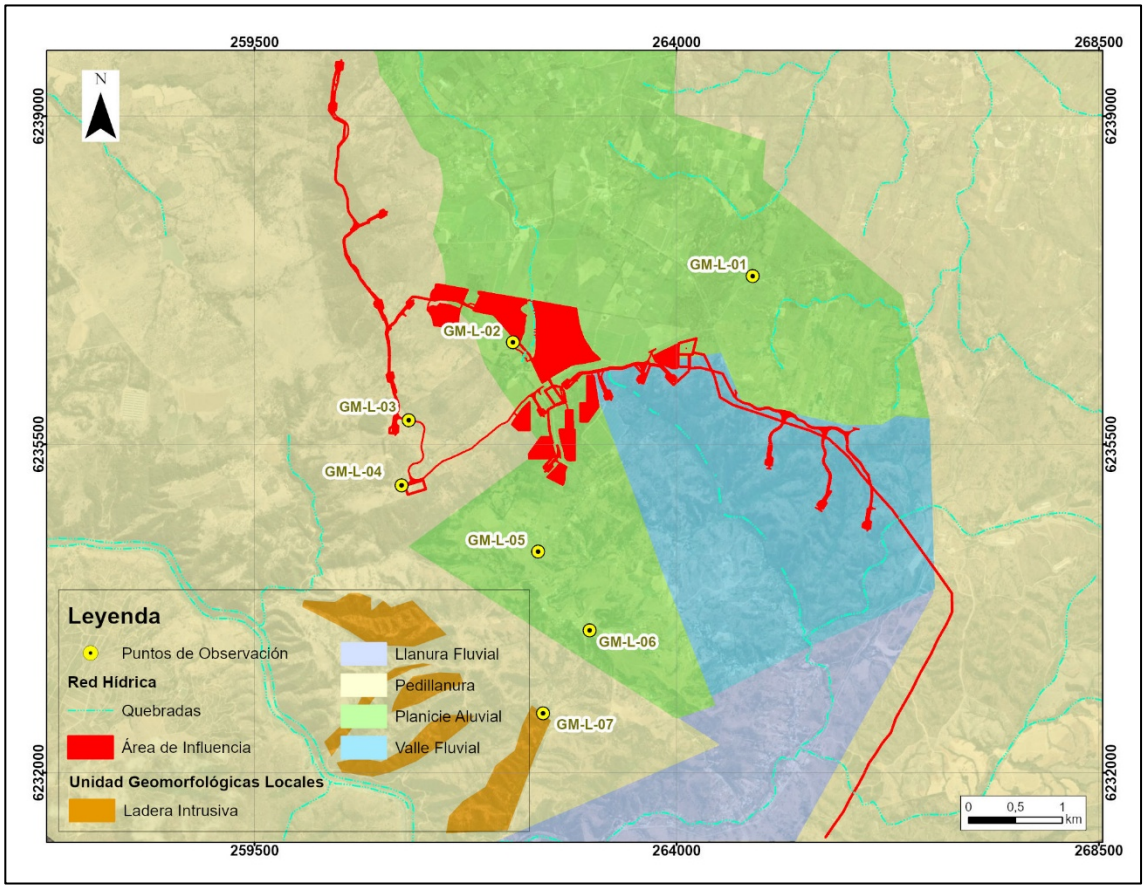


Fuente: Elaboración propia en base a Börgel (1983).

5.2.2. Geomorfología Local

La caracterización geomorfológica local en el AI del Proyecto se realiza en base en fotointerpretación de imágenes satelitales, recopilación bibliográfica y una visita a terreno. Así, la Figura 5 presenta las unidades geomorfológicas reconocidas a través de las metodologías antes mencionadas, las cuales son: Planicie Aluvial, Penillanura, Llanura Fluvial, Valle Fluvial y Laderas Intrusivas.

Figura 5. Geomorfología local del área de Proyecto



Fuente: Elaboración propia.

El Área de Estudio está proyectada sobre tres unidades geomorfológicas: Penillanuras, Planicies Aluviales y Valle Fluvial. En su parte norte, el Área de Estudio, que incluye las Áreas de Paneles, algunas Plataformas y Aerogeneradores (12-16), Caminos de Servidumbre y una sección de la LAT a Loica, se sitúa sobre las unidades de Penillanuras y Planicies Aluviales.

La Penillanura corresponde a una plataforma horizontal, inclinada hacia el poniente y el oriente del Proyecto, ubicada dentro de la Planicie Marina o Fluviomarina y la Cordillera de la Costa. Esta unidad presenta una superficie sin mayores deformaciones, con cotas promedio que oscilan entre 150 y 400 msnm y pendientes predominantemente suaves a moderadas. La penillanura está cubierta de vegetación y presenta algunas quebradas intermitentes, que podrían causar erosión en eventos de precipitaciones extremas (ver siguientes Fotografías).

Fotografía 1. GM-L-03 Penillanura a 50m de Aerogenerador N°10



Fuente: Capturada por el autor, 2025.

Fotografía 2. GM-L-04 Penillanura a 5m de Instalación de Faena



Fuente: Capturada por el autor, 2025.

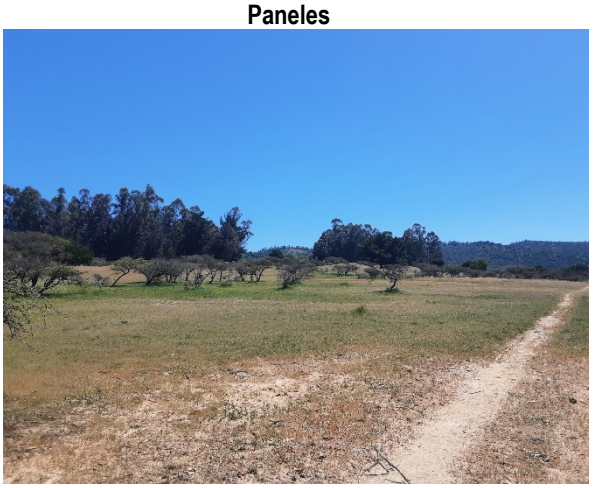
Las Planicies Aluviales corresponden a una superficie topográficamente uniforme, con una cobertura vegetal moderada y un suelo predominantemente arcilloso. La pendiente presenta inclinaciones menores a 6°, es decir, de leves a suaves, mientras que la altitud varía entre 150 y 350 msnm. En esta unidad geomorfológica se proyectan diversas obras y estructuras, tales como el Camino de Servidumbre, Áreas de Paneles, algunos Centros de Transformación, Plataformas y Aerogeneradores (7 a 9), además de parte de la Subestación Elevadora y el Botadero 1.

Fotografía 3. GM-L-01 Planicie a 820m al NE de Subestación Elevadora



Fuente: Capturada por el autor, 2025.

Fotografía 4. GM-L-02 Planicie a 100m al W de Área de Paneles



Fuente: Capturada por el autor, 2025.

Fotografía 5. GM-L-05 Planicie a 800 m al SW de Botadero 1



Fuente: Capturada por el autor, 2025.

Fotografía 6. GM-L-06 Planicie a 1,6 km al S de Botadero 1



Fuente: Capturada por el autor, 2025.

Las Laderas Intrusivas se encuentran a 2,2 km al suroeste del Proyecto, de modo que ninguna de sus partes o estructuras está próxima a esta unidad geomorfológica. En la siguiente Fotografía, se muestra el punto GM-L-07 una Laderas Intrusiva, pertenecientes a la macrounidad de Llanos de Sedimentación Fluvial o Aluvional, asociada a una Quebrada Sin Nombre, corresponden a una unidad de pendientes fuertes o moderadamente escarpadas,

con inclinaciones entre 10° y 30° y una altitud aproximada de 270 msnm. Además, las laderas observadas están cubiertas por vegetación esclerófila típica de la zona central, ver siguiente Fotografía.

Fotografía 7. GM-L-07 Ladera Intrusiva



Fuente: Capturada por el autor, 2025.

El Valle Fluvial se encuentra en su parte superior en la Cordillera de la Costa, mientras que sus sectores medios y bajos pertenecen a la macro unidad geomorfológica de Llanos de Sedimentación Fluvial o Aluvional. En esta unidad se proyectan algunas partes y obras asociadas mayormente a caminos de servidumbre, además de plataformas y aerogeneradores (1-3). El Valle Fluvial es una como una formación influenciada por escurrimientos superficiales permanentes e intermitentes, asociados en este caso al Estero de Quelentaro. Este valle se distingue por sus pendientes, mayormente entre 10° y 20° y se sitúa a una altitud de 180 a 250 msnm. En su parte más baja, se observa una Llanura Fluvial donde se depositan los sedimentos erosionados y transportados por el escurrimiento superficial. Esta llanura presenta en su mayoría pendientes moderadas o menores a 10° de inclinación y se encuentra a una altitud entre 100 y 170 msnm, y no se proyectan partes y obras del Proyecto en esta unidad.

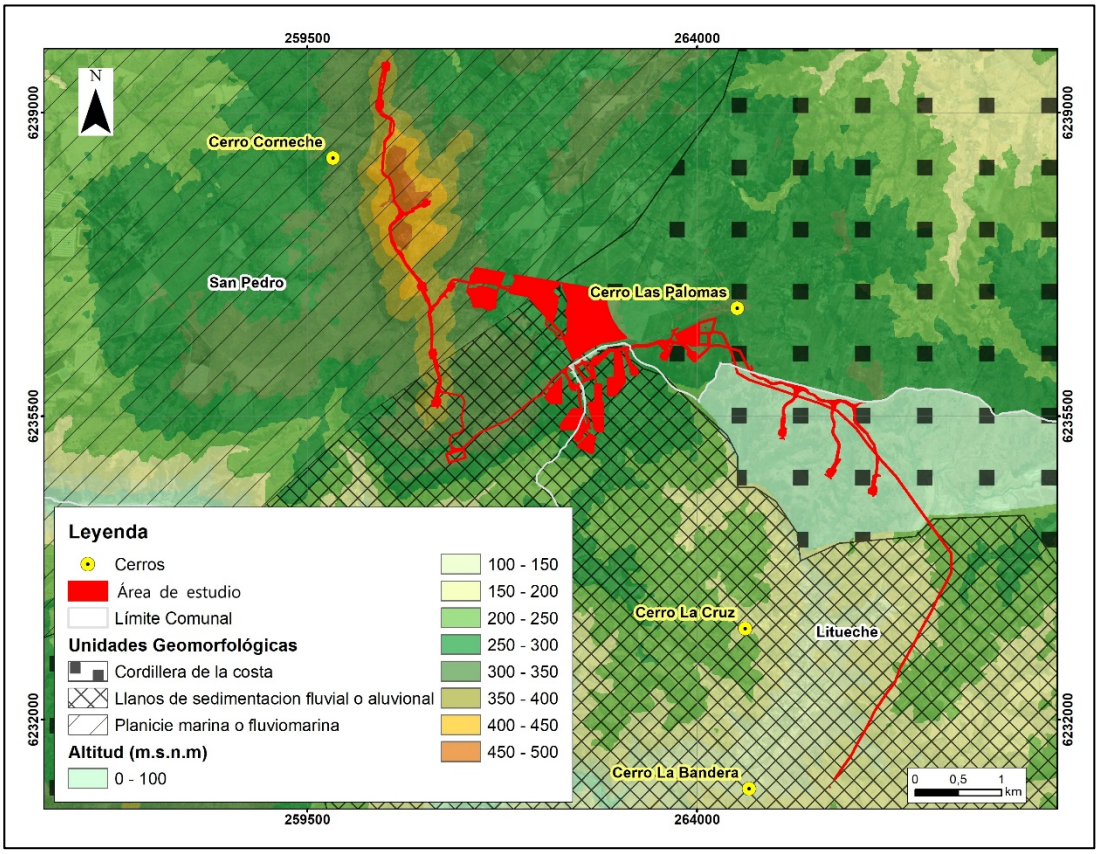
5.2.3. Altitud

Las variaciones topográficas se presentan a través de un mapa hipsométrico del sector del Proyecto, empleando datos recopilados por el sensor Alos Palsar. Este mapa permite visualizar las características hipsométricas en la zona de estudio incluyendo el Área de Estudio, ver Figura 6.

El Área de Estudio no presenta grandes variaciones altitudinales. Las obras del Proyecto, como las áreas de paneles, centros de transformación, subestación elevadora, aerogeneradores, botaderos, acopio de aspas, sistema de almacenamiento de energía (BESS) y la mayoría de las plataformas, se encuentran sobre las unidades geomorfológicas de la Cordillera de la Costa y Llanos de Sedimentación Fluvial o Aluvial, con cotas altitudinales entre 250 y 300 msnm. En el sector poniente del área del Proyecto, donde se encuentran los aerogeneradores y plataformas (10-13), cercanos al Co. Corneche, se proyectan sobre la unidad geomorfológica de Planicie Marina o Fluviomarina, alcanzando cotas máximas de 350 a 400 msnm. El camino de servidumbre varía en altitud entre 250 y 400 msnm según sus características. Finalmente, la obra de la Línea de Alta Tensión (LAT) – Loica se ubica principalmente sobre los Llanos de Sedimentación Fluvial o Aluvial, con altitudes cercanas a los 200 msnm.

El Área de Estudio se encuentra a menos de 1 km de dos cerros. El más cercano es el Co. Las Palomas, con una cota máxima de 305 msnm, situado a 300 metros al oriente de la Subestación Elevadora. El segundo es el Co. Corneche, con una cota máxima de 315 msnm, ubicado a 585 metros al poniente del camino de servidumbre que conduce al aerogenerador 15.

Figura 6. Altitud del área de Proyecto



Fuente: Elaboración propia a partir de DEM Alos Palsar.

5.2.4. Pendiente

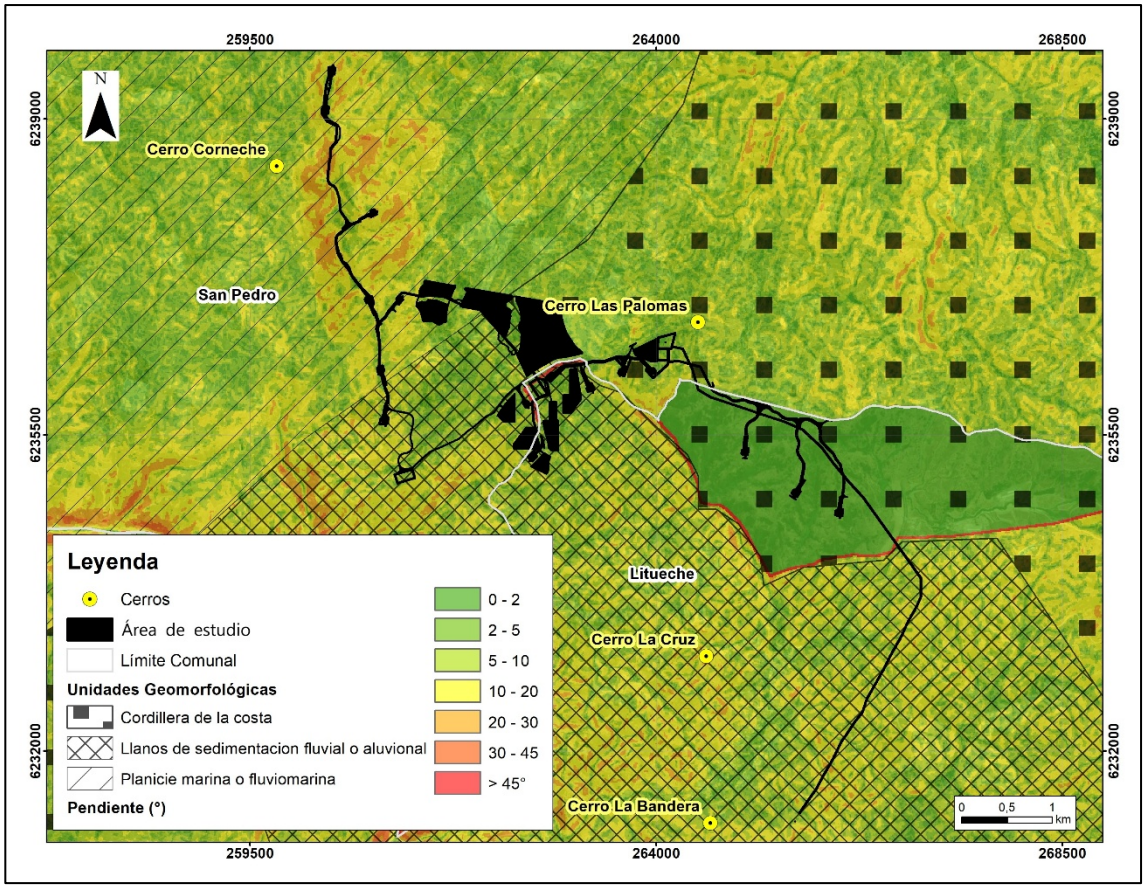
Las pendientes se presentan a través de un mapa de pendientes del sector del Proyecto, empleando datos recopilados por el sensor Alos Palsar. Este mapa ofrece una representación visual que facilita la comprensión de la relación entre la altitud de los puntos y su distancia horizontal en el terreno, ver Figura 7.

El Área de Estudio se extiende, en su mayoría, sobre pendientes suaves a moderadas. Las obras del Proyecto, como las áreas de paneles, centros de transformación, subestación elevadora, aerogeneradores, botaderos, acopio de aspas, sistema de almacenamiento de energía (BESS) y la mayoría de las plataformas, se sitúan principalmente en zonas de baja inclinación, con pendientes entre 2° y 10°.

Una parte específica de la plataforma asociada al aerogenerador 14, de aproximadamente 0,4 hectáreas, se encuentra en una pendiente moderadamente escarpada de 22°. Además, algunos tramos de los caminos de servidumbre se trazan sobre pendientes fuertes a muy escarpadas, siendo menos de 0,5 hectárea de la superficie total del Proyecto.

En resumen, el Proyecto se desarrolla principalmente en áreas de baja inclinación, existen superficies menores a 1 hectárea correspondientes a plataformas y caminos de servidumbre, ubicadas sobre pendientes fuertes a muy escarpadas.

Figura 7. Pendientes del área de Proyecto



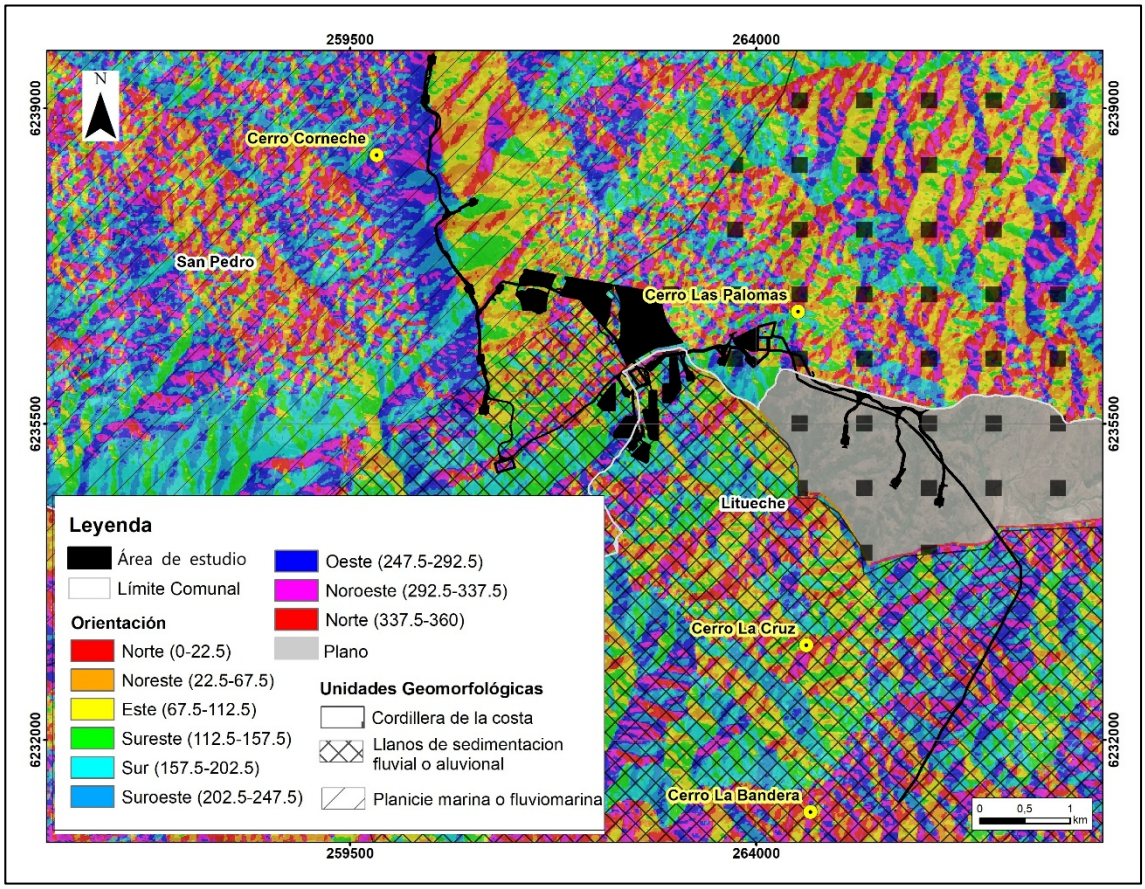
Fuente: Elaboración Propia en base a DEM Alos Palsar.

5.2.5. Orientación

La orientación se presenta a través de un mapa de orientaciones del sector del Proyecto, empleando datos recopilados por el sensor Alos Palsar, utilizando el Modelo de Elevación Digital (DEM). Este mapa proporciona una representación visual de la dirección de las pendientes y la exposición al sol del relieve en el área de estudio. De acuerdo con Lara (2007), las orientaciones de ladera norte son altamente expuestas o solanas, mientras que al este y oeste son parcialmente expuestas, y, por el contrario, una orientación sur obedece a una exposición baja o de umbría.

El Área de Estudio tiene una orientación predominante hacia el noreste y el suroeste. Dicho de otro modo, predominan las laderas parcialmente expuestas que durante la mañana no recibe sol, pero si lo hacen durante la tarde, ver Figura 8.

Figura 8. Orientación del área de Proyecto



Fuente: Elaboración Propia en base a DEM Alos Palsar.

5.3. Riesgos Geológicos y Geomorfológicos

5.3.1. Riesgo Actividad Sísmica

De acuerdo con los registros nacionales, se presentan en las siguientes Tablas los eventos históricos con un registro superior a 7 Mw, que han tenido ocurrencia en la región Metropolitana y región de O´Higgins.

Tabla 5. Terremotos de magnitud igual o superior a 7 (Mw), región Metropolitana

Fecha local	Hora local	Este	Norte	Magnitud Mw	Profundidad [km]	Efecto
17/03/1575	10:00	351205,065	6303223,751	7,3	-	-
06/12/1850	6:52	387082,149	6258241,517	7,3	-	-
13/09/1945	7:17	360266,346	6319994,449	7,1	100	-

Fuente: Centro Sismológico Nacional, Universidad de Chile (2024).

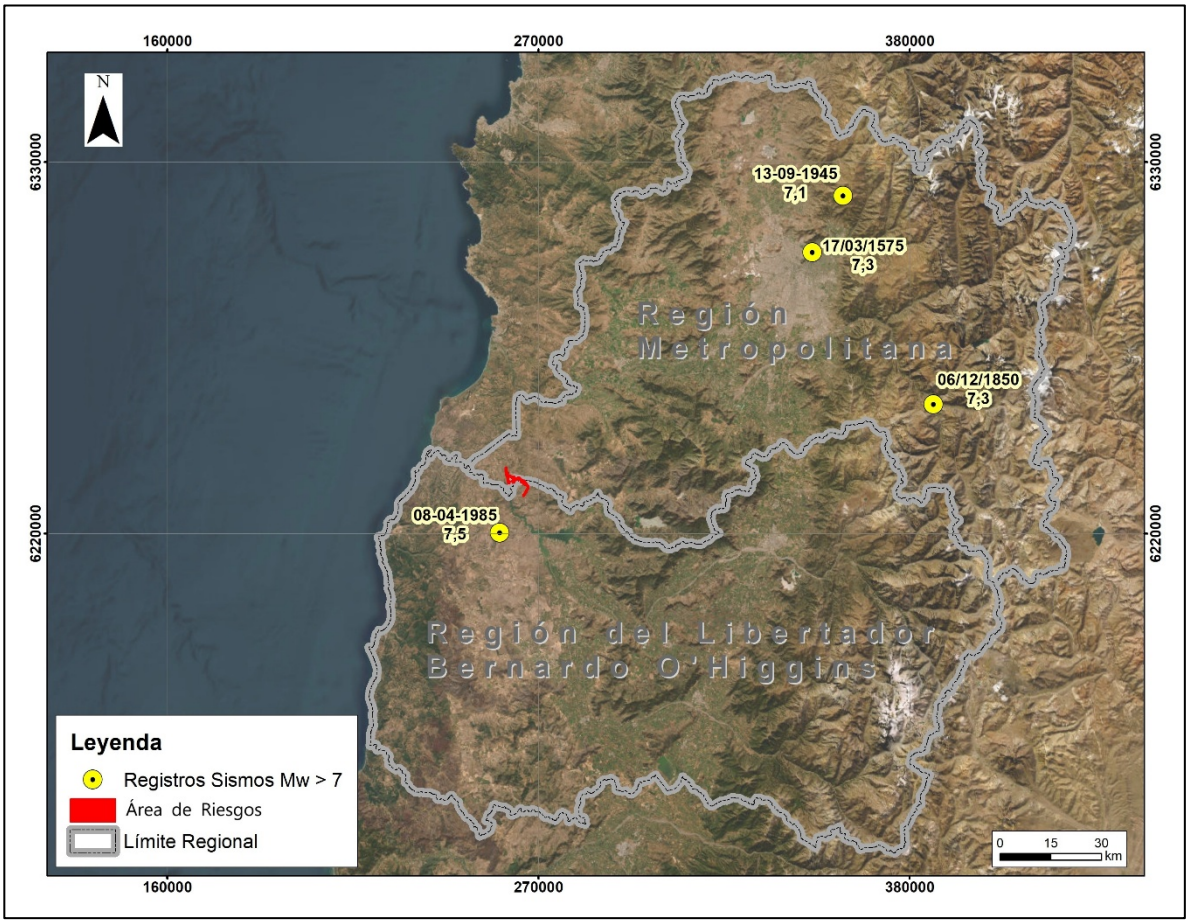
Tabla 6. Terremotos de magnitud igual o superior a 7 (Mw), región de O´Higgins

Fecha local	Hora local	Este	Norte	Magnitud Mw	Profundidad [km]	Efecto
08/04/1985	21:56	258573,775	6220222,765	7,5	37	-

Fuente: Centro Sismológico Nacional, Universidad de Chile (2024).

En la Figura 9 se muestran los cuatro eventos sísmicos con una magnitud de momento (Mw) igual o superior a 7 (Mw) registrados en las regiones asociadas al Proyecto. Como se observa el evento de mayor magnitud (7,5 Mw) fue registrado el año 1985 a una profundidad de 37 km, es decir, fue un evento de tipo interplaca. A su vez este evento sísmico fue el más cercanos al área de riesgo a una distancia lineal de 14 km.

Figura 9. Registros de terremotos de magnitud igual o superior a 7 (Mw)

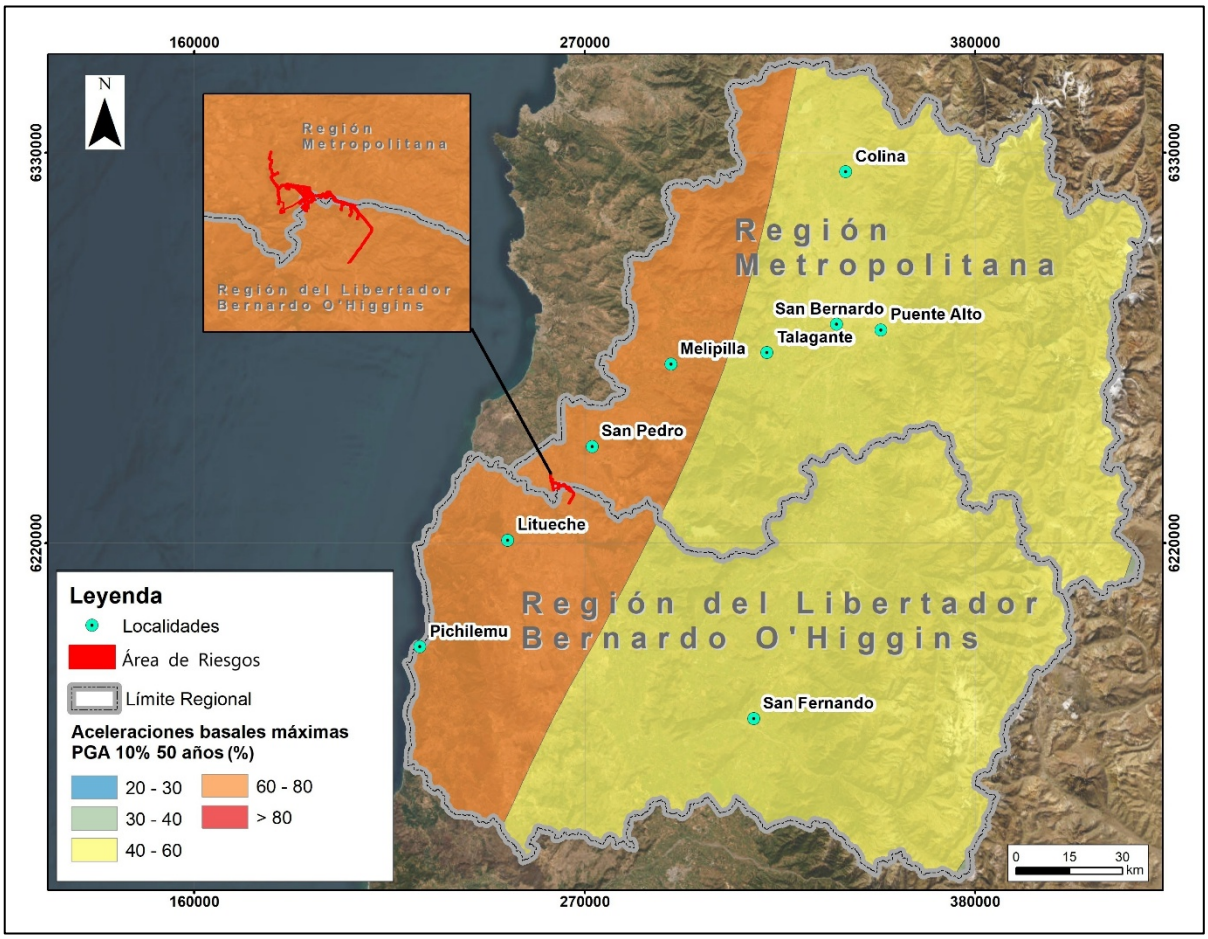


Fuente: Elaboración propia en base a Centro Sismológico Nacional.

En la Figura 10 se presenta el Modelo de Aceleraciones Máximas Basales (PGA) desarrollado por Pertersen et al (2018). En la Figura 10 se consideran las aceleraciones máximas basales esperadas con probabilidad de ocurrencia de un 10% en un período de 50 años, se observa que el área del Proyecto está localizada sobre una aceleración basal máxima (PGA) de 60-80%, es decir, el peligro sísmico para el Proyecto alcanza un valor de aceleración de máxima de terreno de aproximadamente 6,86 m/s^2.

En conclusión, el Proyecto se encuentra en una zona con sismicidad de tipo interplaca, caracterizada por las condiciones tectónicas y estilo de subducción. Aunque no se han registrado eventos sísmicos con epicentro en el área directa del Proyecto durante los últimos 124 años (1900-2024), el contexto regional presenta una importante actividad sísmica. Las regiones Metropolitana y O'Higgins, al igual que las otras regiones del país, presentes en la zona de convergencia entre la placa oceánica de Nazca y la placa continental sudamericana, experimentan frecuentes sismos debido al proceso de subducción.

Figura 10. Aceleraciones máximas basales (PGA) la región Metropolitana y región de O'Higgins



Fuente: Elaboración en base a Petersen *et al* (2018).

5.3.2. Riesgo Actividad Volcánica

Según la carta de riesgo volcánico, el área del Proyecto se encuentra fuera de la zona de riesgo. En la Región Metropolitana, existen tres volcanes: Tupungatito, San José y Maipo, cuya zona de riesgo se ubican entre los 130 y 145 km del Proyecto. Los volcanes San José y Maipo son estratovolcanes de categoría III, con un nivel intermedio de riesgo específico, mientras que el volcán Tupungatito es de categoría II, con un nivel alto de riesgo y actividad anómala reciente Sernageomin (2011).

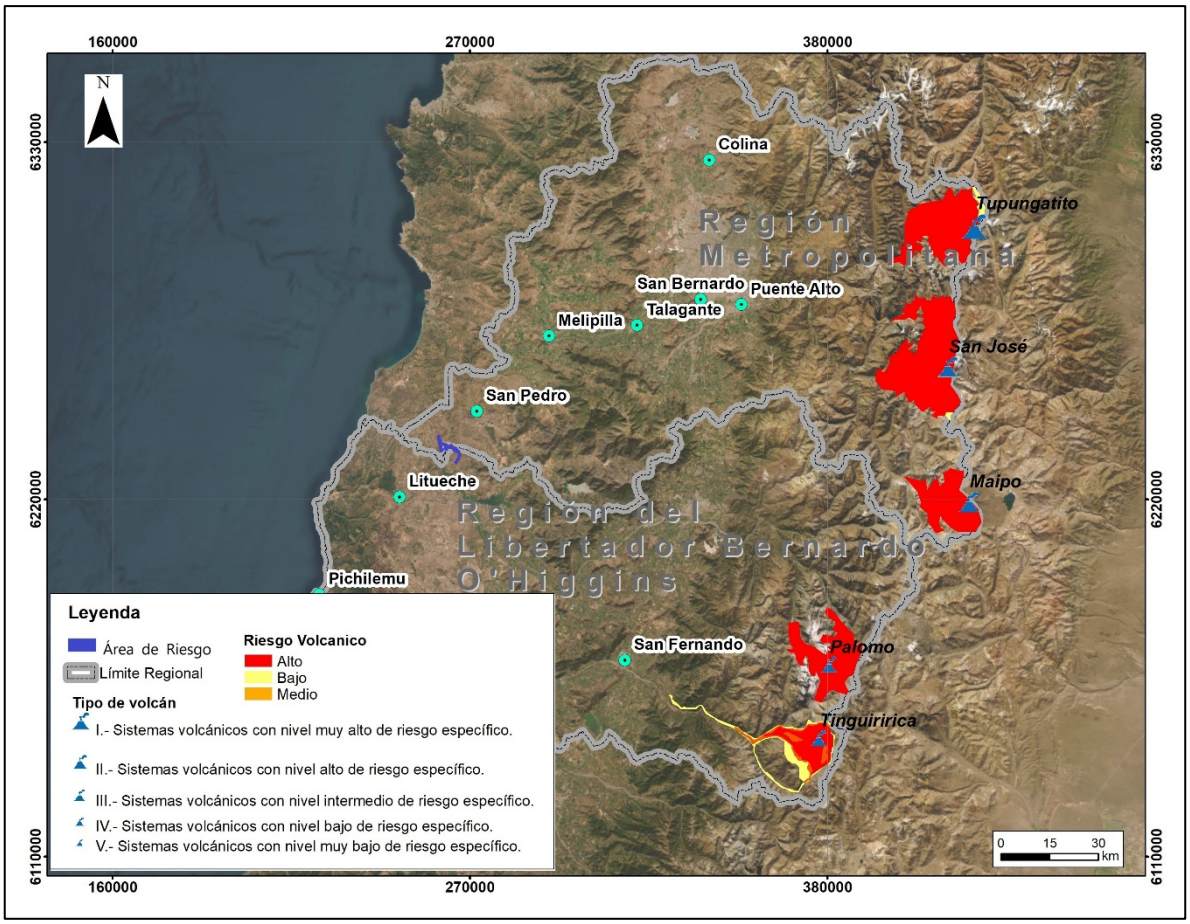
En la Región de O'Higgins, los volcanes más cercanos al Área de riesgo son el Palomo y el Tinguiririca, ambos clasificados como estratovolcanes de categoría IV, que representan un bajo nivel de riesgo específico según Sernageomin (2011). El volcán Palomo, con una altitud de 4860 msnm, es un estratovolcán parcialmente erosionado cuyos productos, mayormente lávicos, son de composición andesítica a dacítica, destacando un centro eruptivo adventicio andesítico-basáltico de origen postglacial, formado durante el Pleistoceno medio a superior (Bertín & Orozco, 2015). Su zona de riesgo ante una eventual erupción se encuentra a 114 km lineales del Área de riesgo, por lo que no representa un peligro para el Proyecto, ver Figura 11.

El volcán Tinguiririca, en cambio, constituye el cráter más reciente de un complejo volcánico orientado al nornoroeste y con una longitud de 20 km. Este complejo incluye una serie de cumbres sobre los 4000 msnm. Investigaciones de la década de 1980 identificaron al menos 10 unidades volcánicas en esta fisura, conformando un estratovolcán parcialmente erosionado de edad pleistocena. Su actividad eruptiva histórica se restringe a los años 1779, 1830-31, 1917 y 1994 (Sapper, 1927; Moreno y Naranjo, 1991; Global Volcanism Program, 1994). Su zona de riesgo también se encuentra a 114 km lineales del Proyecto, por lo que no representa un riesgo.

Ambos volcanes presentan riesgos volcánicos asociados a flujos de lava, laháricos y piroclásticos. Modelaciones de columnas eruptivas de 10-15 km de altitud para el Palomo y el Tinguiririca muestran una dispersión de cenizas hacia el este-sureste, afectando ocasionalmente, en otoño, ciudades como San Fernando y Curicó. No obstante, los eventos eruptivos registrados, como los de 1779 y 1830 en el volcán Tinguiririca (Lara, 2004), no causaron daños ni pérdidas materiales en la ubicación del Proyecto.

En síntesis, la información proveniente de Sernageomin (2011) y de Bertín & Orozco (2015) permite concluir que el Área de riesgo no presenta exposición a peligros volcánicos, debido a su considerable distancia respecto de los centros eruptivos ubicados en las regiones Metropolitana y de O'Higgins, tal como se muestra en la Figura siguiente.

Figura 11. Riesgo Actividad Volcánica región Metropolitana y región de O'Higgins

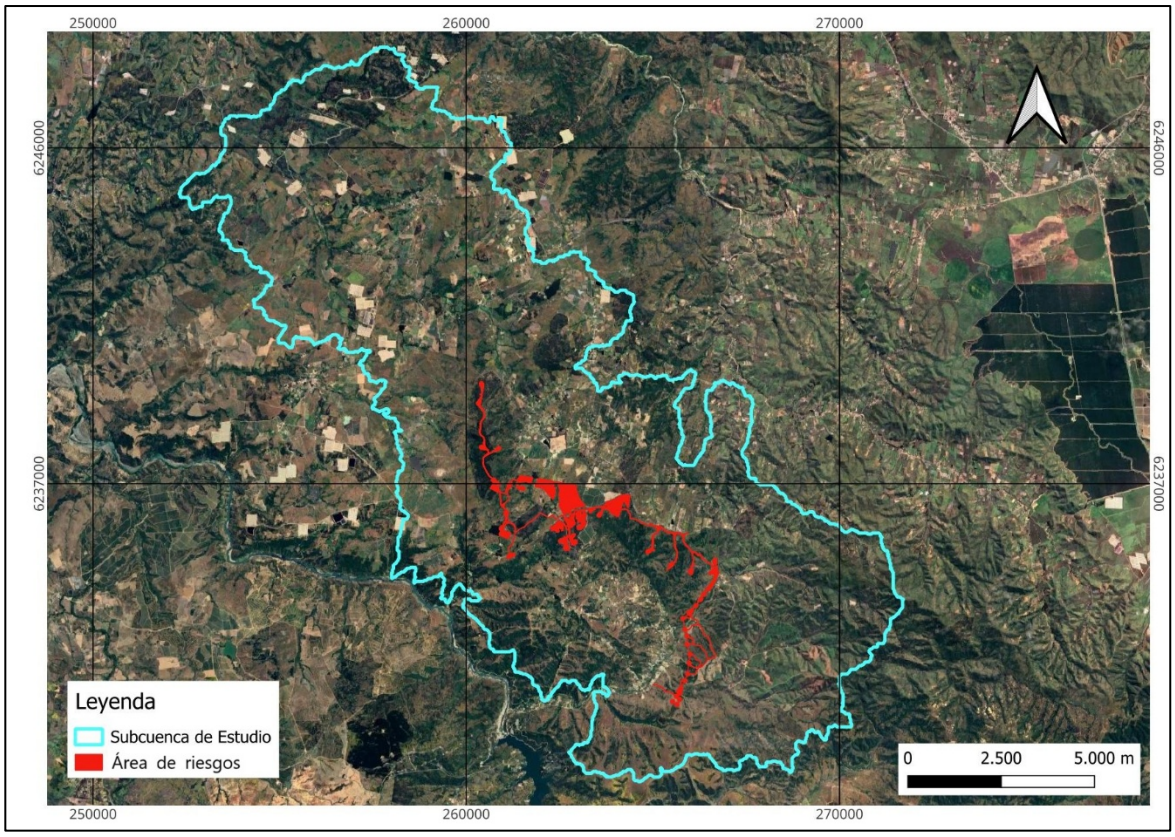


Fuente: Elaboración propia en base a ONEMI (2022).

5.3.3. Riesgo Remoción en Masa

Para asegurar coherencia espacial y continuidad en la representación del índice, se delimitó una subcuenca que engloba todas las obras del Proyecto, lo que permite que la evaluación se desarrolle dentro de una unidad geomorfológica y de drenaje consistente. En la siguiente Figura muestra el área de riesgo y subcuenca de estudio, la cual abarca una superficie aproximada de 161,94 km².

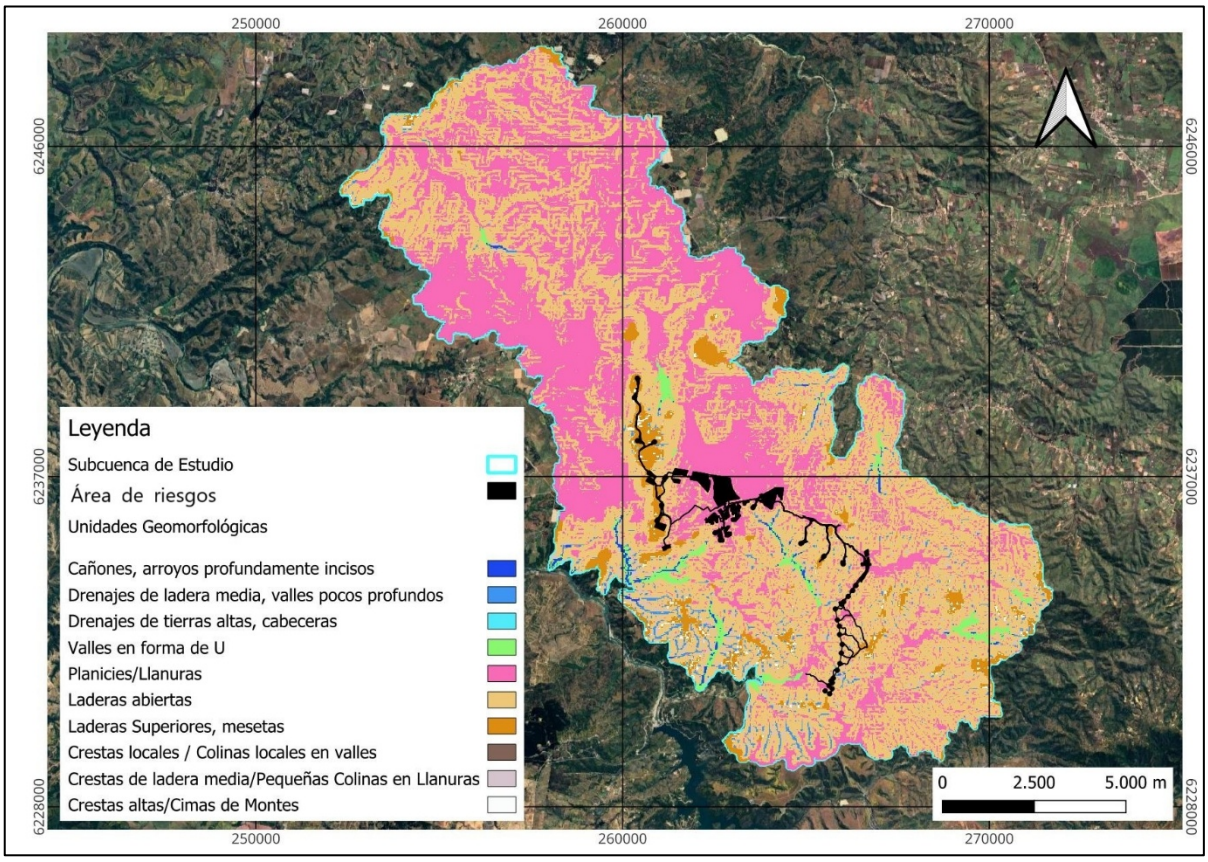
Figura 12. Cuenca de estudio definida



Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las características geomorfológicas de la subcuenca se generó un mapa geomorfológico de la subcuenca de estudio mediante Saga GIS, el cual permitió definir distintas geoformas las que posteriormente fueron clasificadas de acuerdo con la susceptibilidad que presentan para la remoción.

Figura 13. Unidades geomorfológicas

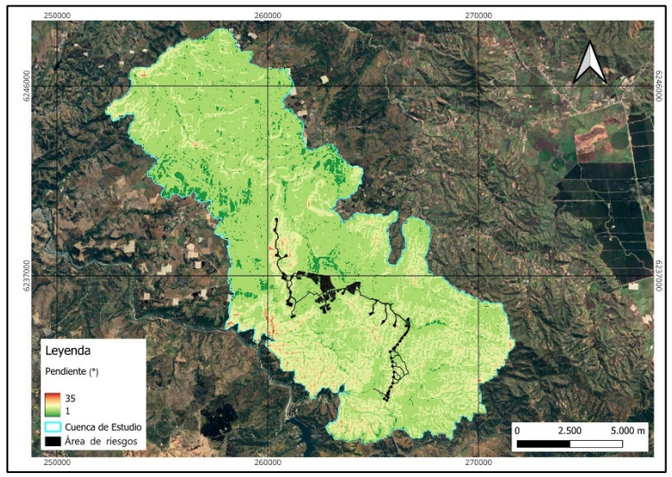


Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se generó para cada factor los respectivos ráster de valoración de susceptibilidad, obtenidos mediante la reclasificación y ponderación descritas en la metodología. En las siguientes Figuras se presentan los mapas correspondientes a los factores considerados para cada tipo de remoción en masa, junto con su clasificación según los niveles de susceptibilidad definidos.

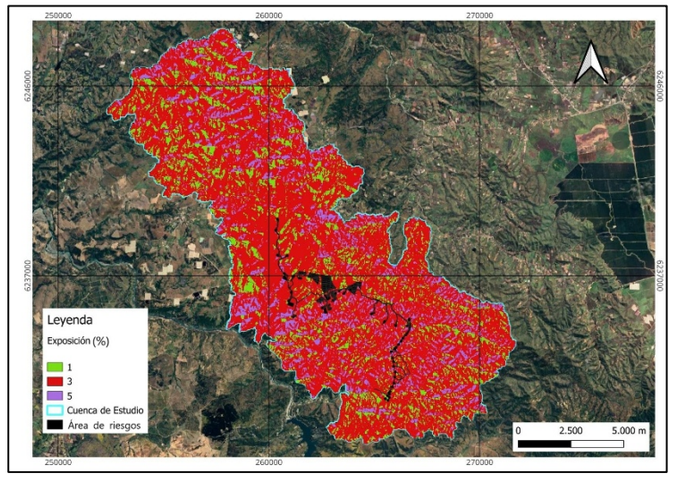
Tabla 7. Valoración factores – remoción en masa

Figura 14. Pendiente



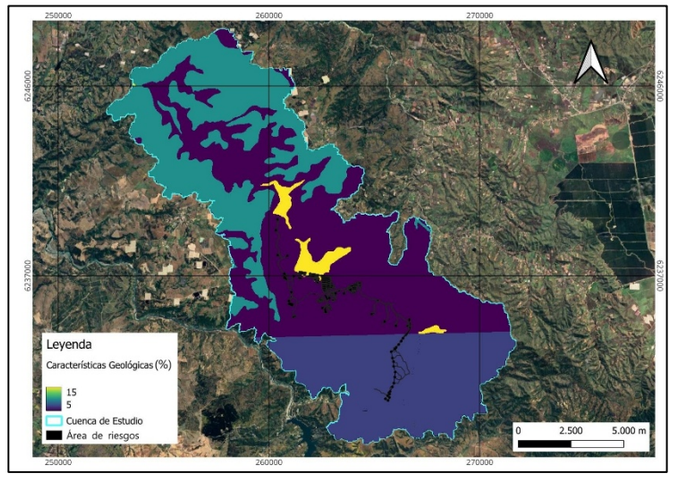
Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. Exposición al sol



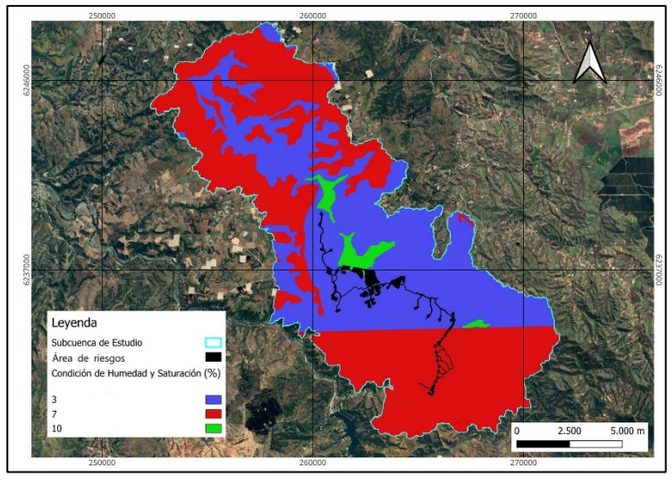
Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Características Geológicas - Geotécnicas



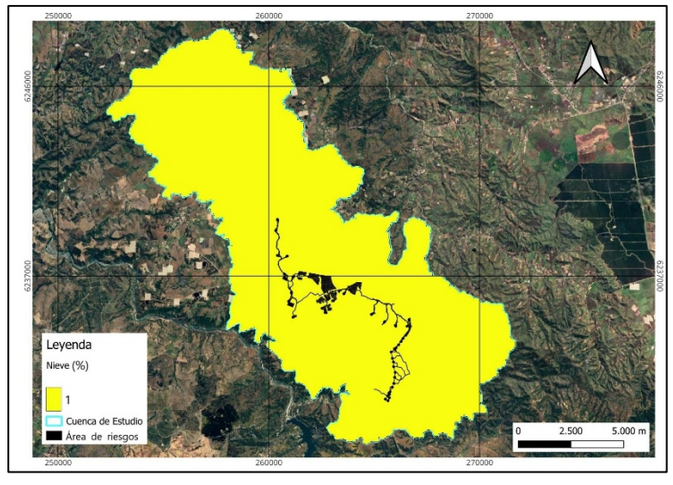
Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Condición de Humedad y Saturación



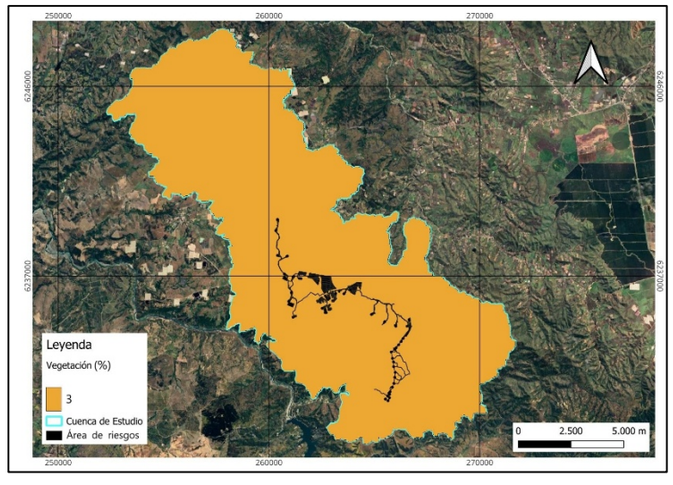
Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Acumulación de Nieve



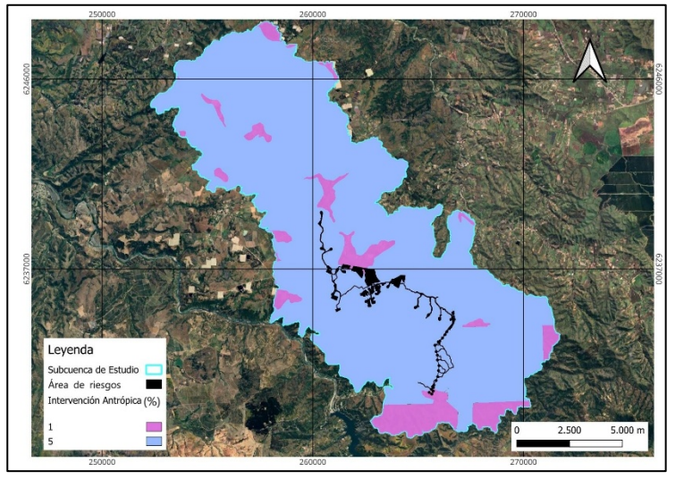
Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Cobertura Vegetación



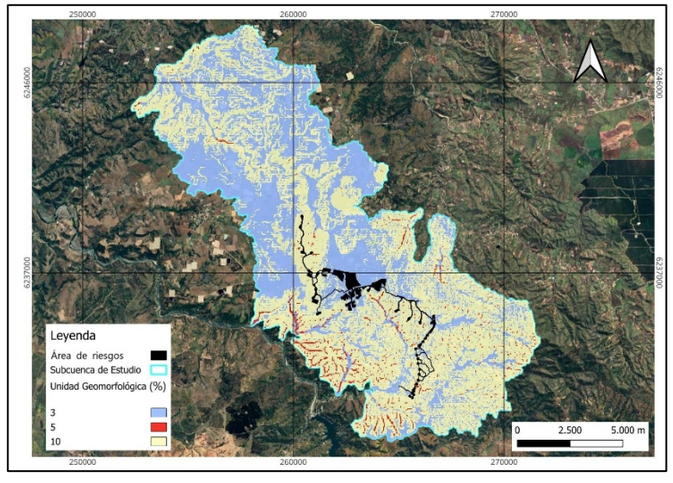
Fuente: Elaboración propia.

Figura 20. Intervención Antrópico



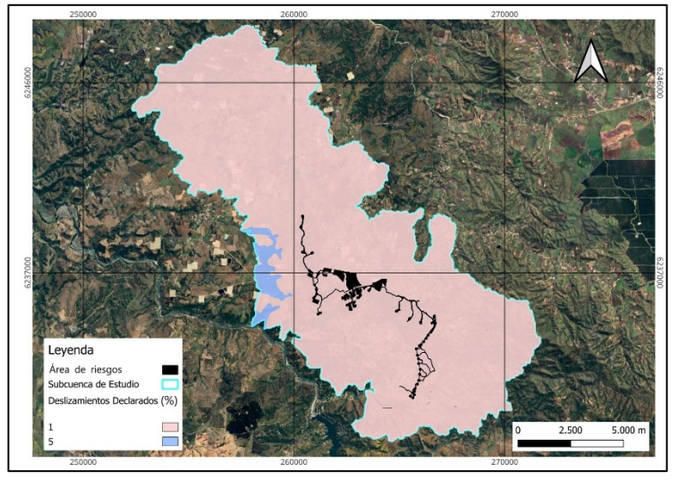
Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Unidades Geomorfológicas



Fuente: Elaboración propia.

Figura 22. Deslizamientos declarados



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan algunas Fotografías obtenidas en terreno que permiten dilucidar las características geomorfológicas como las pendientes, cobertura vegetacional, áreas de intervención antrópica, entre otras.

Fotografía 8. Pendientes menores a 10°



Fuente: Capturada por el autor, 2025.

Fotografía 9. Cobertura vegetacional



Fuente: Capturada por el autor, 2025.

Fotografía 10. Intervención antrópica

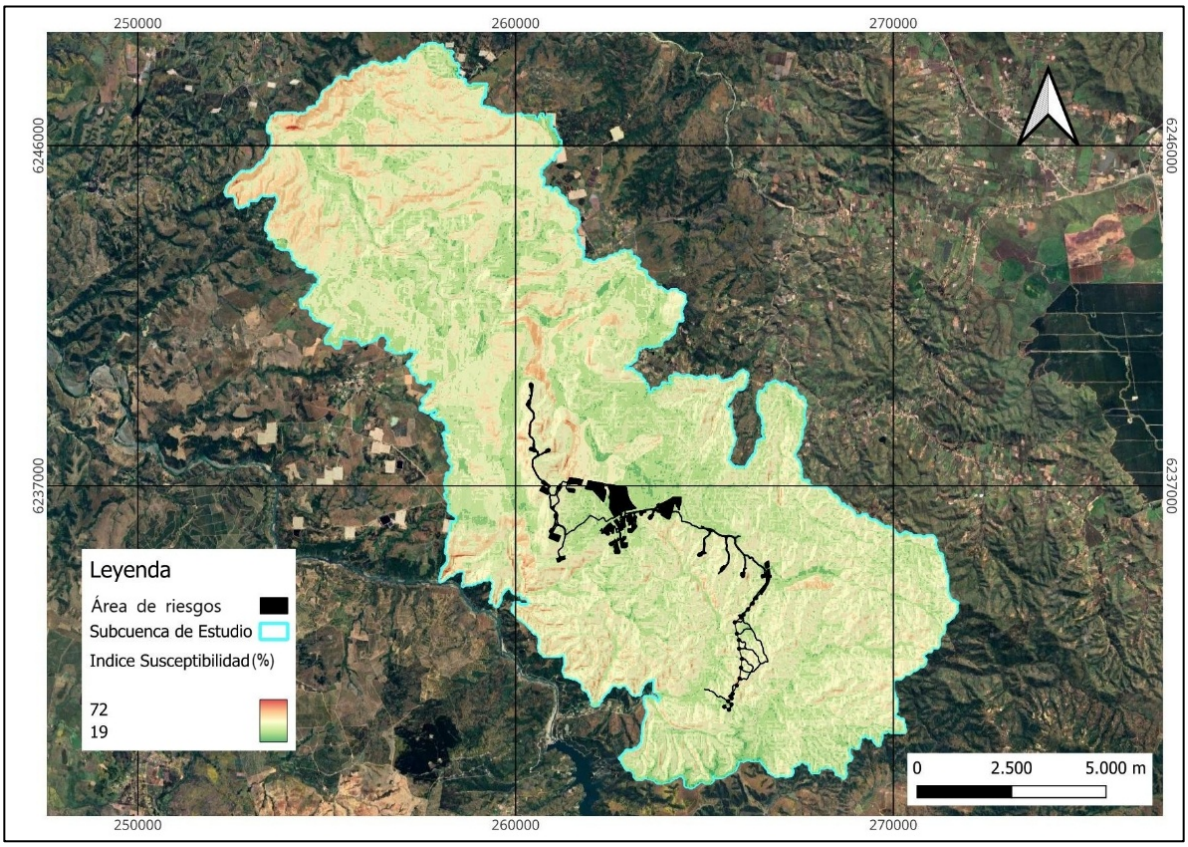


Fuente: Capturada por el autor, 2025.

A continuación, se presenta el resultado del Índice de Susceptibilidad de riesgos de remoción en masa.

Los resultados del análisis indican que las zonas con mayor susceptibilidad a remoción en masa se concentran principalmente en las unidades geomorfológicas correspondientes a laderas superiores y laderas abiertas, caracterizadas por pendientes superiores a 30°, desarrolladas sobre depósitos aluviales y coluviales. Estas condiciones se identifican mayoritariamente en el sector norte de la subcuenca y presentan Índice de Susceptibilidad con valores entre 50% a 72%. En contraste, la mayoría de las obras del Proyecto se emplazarán sobre áreas de pendiente baja, inferiores a 10°, asociadas a unidades intrusivas de ambiente plutónico, con presencia de cobertura vegetal moderada, lo que se traduce en un Índice de Susceptibilidad con valores entre 23% a 48%. Ver Figura 23.

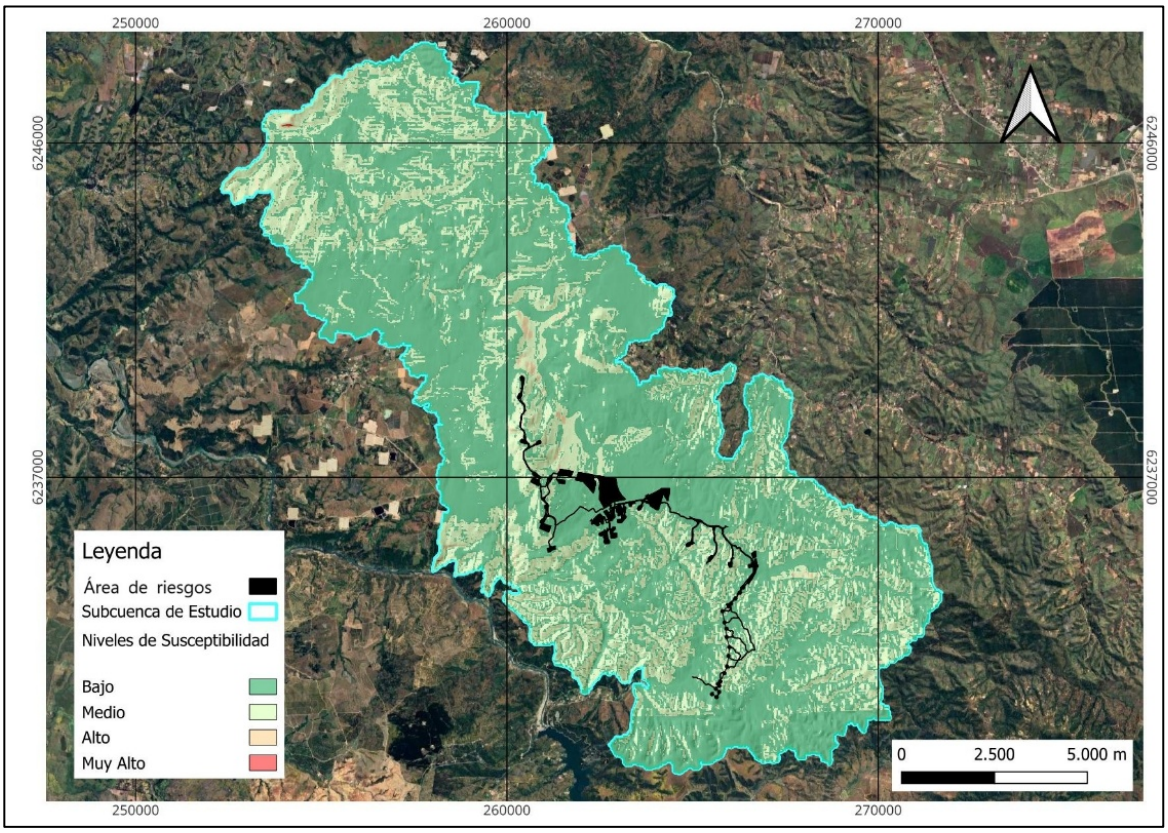
Figura 23. Índice de susceptibilidad – remoción en masa



Fuente: Elaboración propia.

La clasificación de susceptibilidad considera cuatro categorías: baja, media, alta y muy alta, observándose que predominan ampliamente las categorías baja y media en la mayor parte del territorio analizado. Las zonas clasificadas con susceptibilidad alta y muy alta se distribuyen de manera puntual y dispersa, principalmente asociadas a sectores de ladera y quebradas, donde las condiciones de pendiente y características geológicas favorecen la ocurrencia de procesos de remoción en masa. En cuanto al emplazamiento del proyecto, éste se localiza mayoritariamente en sectores clasificados con susceptibilidad baja a media. En este sentido, el análisis indica que el área del proyecto no presenta una susceptibilidad significativa a procesos de remoción en masa, concentrándose los sectores potencialmente más inestables en laderas específicas situadas fuera del área directa de intervención, ver Figura 24.

Figura 24. Niveles de susceptibilidad – remoción en masa



Fuente: Elaboración propia.

5.3.4. Catastro Eventos de Remoción en Masa

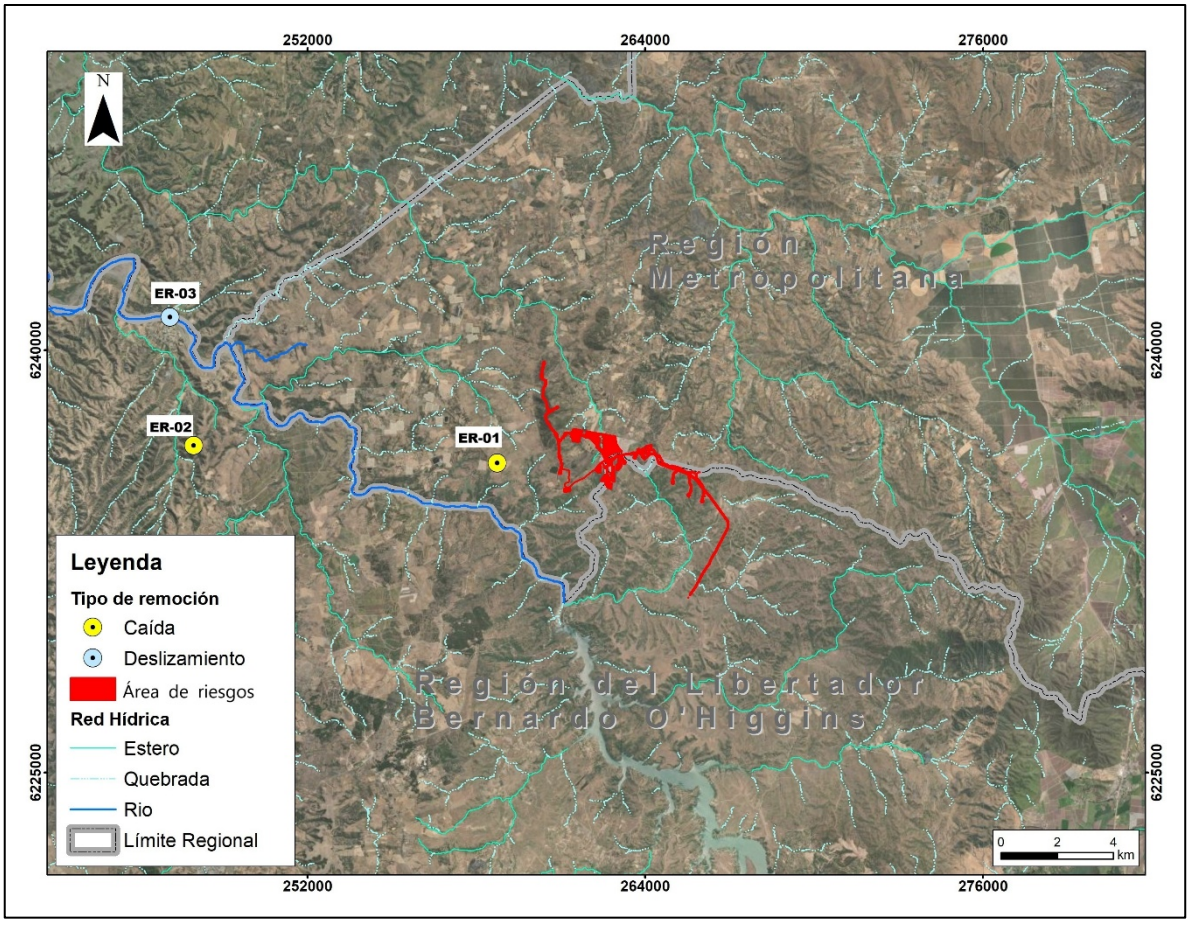
Los fenómenos de remoción en masa son procesos de transporte de material definidos como procesos de 'movilización lenta o rápida de determinado volumen de suelo, roca o ambos, en diversas proporciones, generados por una serie de factores' (Hauser, 1993). Estos movimientos tienen carácter descendente ya que están fundamentalmente controlados por la gravedad (Cruden, 1991). Entre los principales factores desencadenantes de estos se encuentran los sismos, responsables principalmente de deslizamientos y caídas, y lluvias intensas, que generan en su mayoría flujos y deslizamientos, si bien ambos factores son capaces de desencadenar todos los tipos de remociones en masa.

En la siguiente Figura, se identifican que los eventos de flujo, deslizamiento y caída que están a menos de 15 km a la redonda del Área de riesgo. Como resultado de lo anterior, se identifican tres eventos de remoción (ER), de los cuales dos corresponden a caída de rocas y uno a deslizamiento de material, generados por el sismo del 27 de febrero del 2010 en Chile Central. En la Figura 25 se muestra que ER-1 y ER-2 corresponden a eventos de caída de rocas que son procesos gravitacionales relacionados con la caída libre de fragmentos de roca o de una mezcla de roca, suelo o ambos, desde el talud hacia el pie de la ladera. El rango de pendientes a las que se registró este tipo de remoción en masa varía desde 30° a 90° y se da en varias litologías, principalmente rocas sedimentarias del neógeno-paleógeno e intrusivas que presentan fracturamiento y diaclasas (Sernageomin, 2013). El ER-1 ocurrió a 2,4 km al oeste del Área de riesgo, mientras que ER-2 sucedió en la comuna de Navidad, a 700 metros del Estero Risco Colorado y a 12,7 km lineales al oeste del Proyecto.

El evento de remoción 3 (ER-3) corresponde a un Deslizamiento Superficial someros (menos de 3 m de profundidad) con una razón altura de talud sobre espesor menor a 25° y tienen una organización interna disgregada. Se encontró que el ángulo mínimo al que ocurren es a 13° y su área promedio es de 1000 m^2. La litología donde hay mayor cantidad de deslizamientos es sobre rocas metamórficas: esquistos, filitas, pizarras del Basamento Metamórfico. El ER-3 registrado en la comuna de Navidad, sexta región, a 14 km lineales del Área de riesgo correspondió a un deslizamiento superficial por sismos de réplica (Mw 6,9, 6,7 y 6,0) que cubrieron parcialmente la calzada, proceso de deslizamiento observado en la ribera sur del río Rapel. Además, se observan los remanentes de numerosas remociones en masa del corte del camino producidas el 27 de febrero, a causa de sedimentos mal consolidados, arcillizados y sin litificación de la Formación Navidad, con fracturamiento (diaclasamiento) multidireccional que produce bloques de 10 a 50 cm de diámetro (Sernageomin, 2010).

En síntesis, la información recopilada indica que el Proyecto presenta un riesgo moderado de remoción en masa, debido a que los eventos registrados se originaron principalmente por el sismo del 27 de febrero de 2010.

Figura 25. Eventos de remoción a menos de 15 km del área de riesgo



Fuente: Elaboración propia en base a ONEMI (2024).

5.3.5. Efecto Cambio Climático

En relación con los procesos naturales identificados como riesgos en el área del proyecto, es importante considerar que, en un escenario de cambio climático futuro, la magnitud y frecuencia de algunos de estos eventos podrían experimentar modificaciones. Específicamente, las proyecciones relacionadas con precipitaciones extremas podrían cambiar en términos de intensidad y frecuencia, lo que podría influir en la ocurrencia de deslizamientos de tierra provocados por lluvias intensas, aumentando o disminuyendo su incidencia.

Debido a lo anterior se comparan los días de precipitaciones intensas y muy intensas entre el pasado y futuro proyectado, se observa un descenso en la frecuencia de los eventos extremos. En la Tabla 8 y Tabla 9 se muestran la cantidad de días al año con eventos de precipitación intensa y muy intensas, obtenida a partir de la plataforma ARClim. En los eventos intensos se aprecia una disminución de -3,6 días en la comuna de San Pedro y de -3,8 días en la comuna de Litueche, mientras que en los eventos muy intensos hay una diferencia de -1,9 y -2,0, respectivamente. En la Figura 26 se muestra en planta lo mencionado en las Tablas.

Tabla 8. Días de precipitación intensas

Comuna	Pasado Histórico (1980-2010) (días)	Precipitación Futuro (2035-2065) (días)	Diferencia (días)
San Pedro	18,4	14,8	-3,6
Litueche	19,7	15,9	-3,8

Fuente: Elaboración propia en base a ARClim.

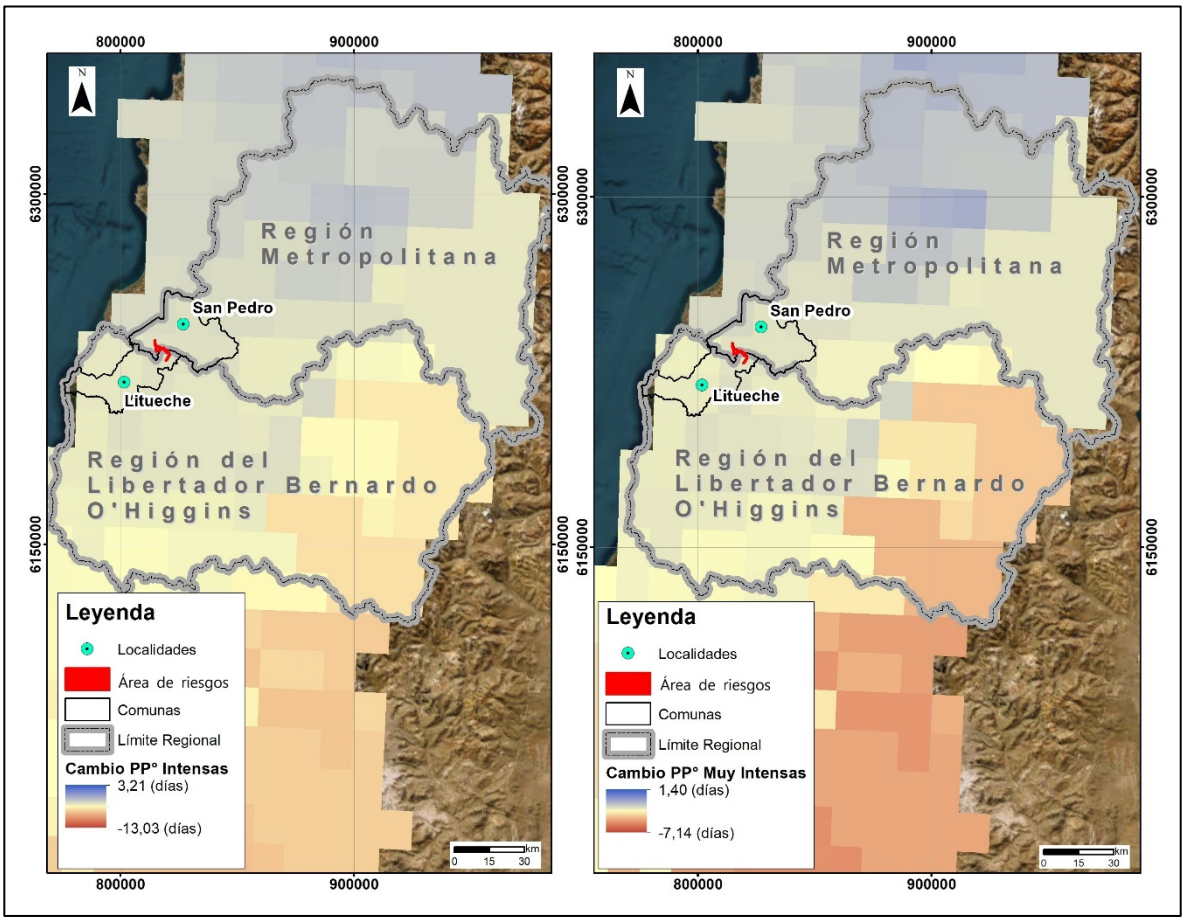
Tabla 9. Días de precipitación muy intensas

Comuna	Pasado Histórico (1980-2010) (días)	Precipitación Futuro (2035-2065) (días)	Diferencia (días)
San Pedro	9,28	7,28	-1,9
Litueche	10,0	7,9	-2,0

Fuente: Elaboración propia en base a ARClim.

Como consecuencia de los antecedentes presentados, no se prevé un aumento en el riesgo de eventos hidrológicos extremos en el clima futuro asociado al cambio climático dentro del área de estudio del Proyecto.

Figura 26. Precipitaciones intensas y muy intensas en región Metropolitana y O'Higgins



Fuente: Elaboración propia en base a ARClim.

6. CONCLUSIONES

La principal fuente bibliográfica para llevar a cabo la caracterización fue Mapa Geológico de Chile, Carta Geológica de Chile "Hoja San Antonio - Melipilla" (1996) y Hoja Rancagua Carta Hidrogeológica de Chile (1990), información que permitió realizar una descripción a escala regional y local del Proyecto, donde se pudo concluir que el Proyecto intercepta a las unidades geológicas: rocas intrusivas, depósitos aluviales y depósitos fluviales antiguos. La mayor parte del Proyecto se localizará sobre rocas intrusivas "Pzmg" y "TrJtv". Junto a lo anterior, producto crecidas aluviales y depósitos gravitacionales compuestos por gravas, arenas y limos se acumularon en depresiones o planicies, lo que correspondiente a los Depósitos Aluviales y Fluviales Antiguos.

Finalmente, las bases que se sentaron en el presente informe permitieron concluir que las obras previstas en el Área de estudio del Proyecto no afectarán al medio ambiente en el ámbito geológico

El contexto geomorfológico del Proyecto comprende tres unidades geomorfológicas principales: Planicie Marina o Fluviomarina, Llanos de Sedimentación Fluvial o Aluvional y Cordillera de la Costa. Las unidades geomorfológicas locales responden a ambientes Estructural Denudacional- Depositacional.

Las unidades geomorfológicas tienen la cota más baja en los Llanos de Sedimentación Fluvial o Aluvial (200 msnm), mientras que la altitud más alta (400 msnm) coincide con las partes y obras al norte del Proyecto próximas a cerro Corneche. Las obras están proyectadas sobre sectores principalmente planos, es decir, de pendientes bajas a moderadas que no superan los 10°.

El Proyecto en las unidades geomorfológicas Planicie Marina o Fluviomarina y Cordillera de la Costa presenta una orientación noreste y suroeste, mientras que las obras en la unidad de Llanos de Sedimentación Fluvial o Aluvial tiene una orientación principalmente este. En general, al Área de estudio está localizada en sectores donde existe una cantidad de horas similares de luz solar y de sombra recibida en laderas. Debido a lo anterior y a las condiciones climáticas de la región, no se podría obtener conjeturas respecto al estudio de la humedad y termicidad en las laderas intervenidas.

La evaluación de susceptibilidad a remoción en masa permite concluir que las áreas con mayor susceptibilidad se concentran en sectores de laderas superiores y abiertas, con pendientes mayores a 30° y presencia de depósitos aluviales y coluviales, principalmente en el sector norte de la subcuenca en estudio. En contraste, el emplazamiento general del Proyecto se localiza mayoritariamente en terrenos de baja pendiente, inferiores a 10°, asociados a unidades intrusivas de ambiente plutónico y con cobertura vegetal moderada, lo que se traduce en una baja susceptibilidad a procesos de remoción en masa. No obstante, se identifican obras puntuales emplazadas en sectores con un Nivel de Susceptibilidad Medio.

En el entorno del Área de riesgos se identifican eventos de caída de rocas y deslizamientos ocurridos a menos de 15 km, asociados mayoritariamente al sismo del 27 de febrero de 2010 y sus réplicas. En particular, se reconocen dos eventos de caída de rocas desarrollados en laderas con pendientes elevadas (30° a 90°), sobre diversas litologías, incluidas rocas sedimentarias e intrusivas fracturadas, así como un deslizamiento superficial somero, registrado en rocas metamórficas, con pendientes mínimas del orden de 13° y áreas del orden de 1.000 m². En otras palabras, el Área de riesgos presenta una susceptibilidad y un riesgo bajo a medio frente a procesos de remoción en masa, principalmente asociados a eventos sísmicos de gran magnitud.

El análisis de escenarios de cambio climático indica que, si bien las precipitaciones intensas muestran una disminución en la frecuencia de eventos de precipitación intensa y muy intensa en el área del Proyecto. En particular, se observa una reducción de estos eventos en las comunas de San Pedro y Litueche, según datos de

ARClim, lo que sugiere que, bajo el escenario analizado, no se proyecta un aumento en la recurrencia de precipitaciones extremas.

En conclusión, la caracterización de línea de base de los componentes geología, geomorfología y riesgos geológicos-geomorfológicos del Proyecto “Parque Híbrido Eólico, Solar y Almacenamiento de Energía Las Quintas (PHLQ)”, indica que el Área del Proyecto se emplaza, en su mayor parte, en sectores de condiciones geológicas y geomorfológicas favorables, con baja a media susceptibilidad frente a procesos de remoción en masa, sin exposición a riesgo volcánico directo y dentro de un contexto de sismicidad regional propia de la zona central de Chile.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ARAYA J, (1985). Carta Geomorfológica de la Cuenca del Mapocho. Informaciones Geográficas Chile, 32, 31–44. Departamento de Geografía - Universidad de Chile
- BORGEL, R. (1983). "Geomorfología". Geografía de Chile, Tomo II. Instituto Geográfico Militar.
- Contreras, J. P., Naranjo, J. A., & Ortiz, M. (2010). *Efectos geológicos del sismo del 27 de febrero de 2010: Observaciones de remociones en masa y depósitos de tsunamis en la comuna de Navidad, VI Región de O'Higgins* (Informe INF-O'Higgins-01). Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), Municipalidad de Navidad.
- Idea Consultoría. (2023). DIA Nueva Subestación Seccionadora Loica y Nueva Línea 2x220 kv Loica – Portezuelo.
- Lara, M. (2007). Metodología para la evaluación y zonificación de peligro de remociones en masa con aplicación en quebrada San Ramón, Santiago Oriente, Región Metropolitana. Tesis para optar al grado de magister en ciencias mención geología.
- Servicio de Evaluación Ambiental. (2026). *Guía áreas de influencia en el SEIA (2ª ed.)*. Gobierno de Chile.
- Sernageomin. (2002). Mapa Geológico de Chile. Escala 1:1000000. N° Mapa: M61.
- Sernageomin. (1990). Mapa Geológico del Área de San Antonio – Melipilla. Escala 1:100.000.
- Sernageomin. (1990). Hoja Rancagua VI Región, Carta Hidrogeológica de Chile. Escala 1:250.000.
- Sernageomin. (2011a). Catastro de Volcanes Activos de Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, Red Nacional de Vigilancia Volcánica, Santiago, Chile.
- Sernageomin. (2011b). Peligros Volcánicos de Chile. Escala 1:2.000.000. Bertín, D & Orozco,G. (2015). Petrografía, geoquímica y peligros volcánicos de los volcanes Palomo y Tinguiririca, VI Región.
- LARA, L., E. (2004) Mapa de Peligro volcánico y fallas geológicas de la Región Metropolitana de Santiago. Geología para el ordenamiento territorial de la Región Metropolitana de Santiago. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe registrado, IR-04-24, 68 p., 3 mapas escala 1:250.000. Santiago
- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). (2013). Carta de peligro geológico de la Región Metropolitana (Informe técnico). https://portalgeo.sernageomin.cl/Informes_PDF_Nac/RM-2013-06.pdf