Geología, geomorfología y riesgo

1. Definiciones básicas

En el apartado 3.6.1. Introducción no se incorporan las definiciones básicas sobre lo que se analizará en este capítulo. Por lo tanto, se solicita que se especifiquen las diferencias entre riesgos geológico y riesgo geomorfológico, así como las definiciones específicas de los riesgos estudiados incluyendo fuentes científicas revisadas por pares.

2. Diferencias metodológicas

El objetivo general propone describir y caracterizar los componentes geológicos y geomorfológicos con la finalidad de establecer su estado actual. Sin embargo, en los objetivos específicos no se mencionan las acciones que se llevarán a cabo para describir y caracterizar. Por lo tanto, se solicita que se especifiquen las diferencias metodológicas que justifican la realización de una descripción y de una caracterización por separado, considerando literatura científica revisada por pares.

3. Objetivos específicos

Los objetivos específicos no se ajustan a los criterios académicos para la definición de objetivos específicos, por lo que se solicita que realmente se especifiquen cuáles serán los pasos a seguir para cumplir con el objetivo general.

4. Área de Influencia

Según el titular “no existe aplicabilidad del término Área de Influencia para los para los componentes Geología, Geomorfología y Riesgos Geológicos y Geomorfológicos, debido a que el Proyecto no ejerce ningún tipo de influencia sobre estas componentes, puesto que sus actividades no implican la alteración de las componentes mencionadas producto de las obras del Proyecto”. Sin embargo, el propio proyecto muestra el profundo impacto que tendrá la construcción de las bases de los aerogeneradores, lo cual afectará negativamente a geoformas de varias tipologías. Por lo tanto, se solicita encarecidamente al titular que justifique con evidencias claras y contundentes basadas en literatura científica revisada por pares y análisis propios la anterior afirmación.

5. Metodología

5.1 Materiales y métodos

En el apartado 3.6.4. de Metodología expone los materiales y métodos considerados para la elaboración del informe técnico, pero se presentan de una manera poco clara y excesivamente redundante que dificulta la correcta evaluación de la calidad metodológica del informe. Se solicita al titular que organice la información de manera simplificada, evitando redundancias, y mostrando los pasos específicos realizados en cada etapa.

5.2 Análisis de literatura

En el apartado 3.6.4. de Metodología se establece que se realizó un “Análisis de la información existente para la caracterización del componente”. Se solicita al titular que especifique qué métodos se utilizarán para el análisis de la literatura, incluyendo transparentar el uso de Inteligencia Artificial y las implicaciones éticas de su uso.

5.3 Bibliografía

La sección 3.6.7. Bibliografía presenta las referencias de manera incompleta. Se solicita al titular arreglar la lista de referencias considerando un método sistemático de citación tipo APA o cualquier otro aceptado en la comunidad académica.

5.4 Revisión de antecedentes

Apartado 3.6.4.1 titulado “Recopilación y revisión de antecedentes”. Se solicita al titular que especifiqué qué bases de datos académicas se utilizaron, las palabras clave consideradas y los criterios utilizados para la selección de las referencias académicas y metodologías aplicadas.

6. Geomorfología

6.1 Caracterización del área

En el apartado 3.6.4.1.1. “Geomorfología” el titular establece que busca realizar una contextualización general del área. Puesto que el proyecto a estudiar ocupa un área específica que ha sido estudiada en detalle, se solicita al titular que amplie el alcance de su caracterización, al menos, a la escala local de trabajos previos.

6.2 Estudios desactualizados

En el apartado 3.6.4.1.1. “Geomorfología” el titular presenta los estudios que ha utilizado para la caracterización geomorfológica del área de estudio. La mayoría de los estudios presentados están totalmente desactualizados, habiendo trabajos publicados en 1983 (42 años atrás). Puesto que el proyecto se emplaza en una de las áreas de América del Sur con mayor densidad de trabajos científicos en Ciencias de la Tierra, se solicita al titular encarecidamente que actualice las fuentes con las que llega a sus conclusiones, muchas de las cuales son erróneas y pobremente justificadas.

6.3 Caracterización de geomorfología

En el apartado 3.6.4.1.1. “Geomorfología” el titular presenta la publicación “Börgel, R. (1983). Geomorfología de Chile. Tomo II, Instituto Geográfico Militar (IGM)” como referencia para la caracterización geomorfológica. Dicho trabajo constituye un trabajo a escala continental con una escala espacial del orden de 1 a millones de metros, por lo que es incapaz de capturar la variabilidad espacial y, por tanto, de procesos geomorfológicos que ocurren en el área de influencia del proyecto. Se solicita al titular que realice la

caracterización de la geomorfología local a una escala no superior a 1:10.000, la cual sería suficiente para caracterizar la variabilidad local y como es sugerido en literatura científica específica (e.g., Chandler et al. 2018).

6.4 Actualización de bibliografía historia glacial

En el apartado 3.6.4.1.1. “Geomorfología” el titular presenta la publicación “Clapperton, C. 1993. Quaternary geology and geomorphology of South America” como referencia para la caracterización geomorfológica. Este trabajo es extremadamente antiguo, por lo que ha sido actualizado en numerosas ocasiones lo que ha generado que sus conclusiones hayan sido desechadas por la comunidad científica. Se solicita al titular que, por favor, actualice la bibliografía referente a la historia glacial de Patagonia y el cono sur de América del Sur.

6.5 Escalas utilizadas

En el apartado 3.6.4.1.1. “Geomorfología” el titular presenta la publicación “Simeoni, U; Fontolan, G.; Colizza, E. 1997. Geomorphological Characterization of the Coastal and Marine Area between Primera and Segunda Angostura, Strait of Magellan (Chile)” como referencia para la caracterización geomorfológica. Este estudio se basa en mapas de escalas 1:100.000 lo que supone que cada cm del mapa representa 1 km en la realidad, por lo tanto, no es capaz de capturar la variabilidad geomorfológica debajo de 1 km, perdiendo la posibilidad de analizar una gran diversidad de procesos. Se solicita al titular actualizar la bibliografía y, de caso de no existir, confeccionar sus propios mapas a escalas no superiores a 1:10.000, como es sugerido en literatura científica específica (e.g., Chandler et al. 2018).

6.6 Actualización de bibliografía

En el apartado 3.6.4.1.1. “Geomorfología” el titular presenta la publicación “Hulton, N. R. J., Purves, R. S., McCulloch, R. D., Sugden, D. E., & Bentley, M. J. (2002). The Last Glacial Maximum and deglaciation in southern South America. Quaternary Science Reviews, 21(1), 233-241” como referencia para la caracterización geomorfológica. Este trabajo realiza una reconstrucción del Manto de Hielo Patagónico durante la Último Máximo Glacial basada en modelos físicos, por lo tanto, no es representativo de la geomorfología local. Así mismo, existen publicaciones similares más recientes, por lo que se solicita al titular que actualice la bibliografía.

6.6 Cartografía

En el apartado 3.6.4.1.1. “Geomorfología” el titular presenta la publicación “Soteres, R.; Peltier, C.; Kaplan, M.; Sagredo, E. 2020. Glacial geomorphology of the Strait of Magellan ice lobe, southernmost Patagonia, South America” como referencia para la caracterización geomorfológica. Este mapa identifica las geoformas de origen glacial en el área de estudio ignorando por completo las geoformas litorales o asociadas a otro tipo de procesos. Por lo tanto, se solicita al titular que complemente esta cartografía con productos similares que muestras toda la geodiversidad del área.

6.7 Acceso a referencia bibliográfica

En el apartado 3.6.4.1.1. “Geomorfología” el titular presenta la publicación “López, D. 2020. Geomorfología glaciar y tendencias estructurales en las cuencas del fiordo Portaluppi. Sector sur del Gran Campo Nevado, Patagonia Chilena, 53°04'S, 73°11'O” como referencia para la caracterización geomorfológica. No ha sido posible encontrar dicha referencia en ningún repositorio de artículos científicos. Se solicita al titular que modifique la cita y provea de la información necesaria para el acceso al trabajo.

6.8 Pertinencia de referencia bibliográfica

En el apartado 3.6.4.1.1. “Geomorfología” el titular presenta la publicación “López, D. 2020. Geomorfología glaciar y tendencias estructurales en las cuencas del fiordo Portaluppi. Sector sur del Gran Campo Nevado, Patagonia Chilena, 53°04'S, 73°11'O” como referencia para la caracterización geomorfológica. No se indica la pertinencia de la utilización de dicho trabajo, el cual está centrado en una localización ubicada a cientos de km de distancia del proyecto.

6.9 Información sobre bibliografía

En el apartado 3.6.4.1.1. “Geomorfología” el titular presenta la publicación “López, D. 2020. Geomorfología glaciar y tendencias estructurales en las cuencas del fiordo Portaluppi. Sector sur del Gran Campo Nevado, Patagonia Chilena, 53°04'S, 73°11'O” como referencia para la caracterización geomorfológica. Se solicita al titular informar si esta publicación constituye un artículo científico revisado por pares o una tesis estudiantil no revisada por pares, como se menciona para Chávez (2005).

6.10 Definición de método

En el apartado 3.6.4.1.1. “Geomorfología” el titular menciona que se usó la propuesta de pendientes propuesta por Chávez (2005). Se solicita explicar sistemáticamente el método utilizado por Chávez (2005) para definir las categorías de pendientes.

6.11 Justificación de utilización de clasificación

En el apartado 3.6.4.1.1. “Geomorfología” el titular menciona que se usó la propuesta de pendientes propuesta por Chávez (2005). Puesto que el trabajo de Chávez (2005) está dirigido al estudio de un área montañosa, se solicita al titular que justifique adecuadamente y en base a literatura científica la elección de esta clasificación.

6.12 Modelo digital de elevación

El apartado 3.6.4.3.1 “Geomorfología” se menciona que se realizó una caracterización geomorfológica en base a un modelo digital de elevación de 1m de resolución. En la actualidad no existen modelos digitales de elevación no comerciales con esa resolución, por lo que tienen que ser levantados por los propios equipos de trabajo. Así pues, se solicita al titular que especifique el nombre del modelo digital de elevación utilizado o, en

su defecto, la metodología aplicada para su levantamiento (e.g., drone, estación total, etc) y posterior procesamiento.

6.13 Referencia a mapa geomorfológico

El apartado 3.6.4.3.1 “Geomorfología” se menciona la generación de un mapa geomorfológico, pero no existe una referencia asociada, por lo que se solicita al titular que incorpore en el texto la referencia a las figuras correspondientes.

6.14 Análisis del área y variabilidad geomorfológica

El apartado 3.6.5.1.1 “Geomorfología regional” expone literalmente “la topografía de la pampa magallánica presenta valores modestos en alturas relativas que no suelen exceder los 400 m s.n.m. (Figura 3.6-5), de tal modo que el paisaje se encuentra bajo el dominio de formas planas y onduladas, típicos del modelado fluvio-glacial”. Sin embargo, la figura 3.6-4 basada en Soteres et al. (2020) muestra que el área de estudio se encuentra sobre la deriva glacial Punta Delgada y mapea el área como una alternancia entre deriva morrénica y terreno morrénico bajo criterios de irregularidad topográfica, la cual es fácilmente observable en Google Earth. Se entiende que este apartado está basado en las unidades geomorfológicas regional de Borgel (1983), el cual menciona la presencia de áreas previamente glaciadas. Así mismo, el área presenta una gran extensión de morfologías volcánicas, las cuales no se ajustan tampoco a la literatura mencionada. Se solicita al titular que re-analice el área y la clasifique de manera que se ajuste a una escala de estudio que sea capaz de capturar la variabilidad geomorfológica del área de estudio.

6.15 Histograma de frecuencias de pendientes

El apartado 3.6.5.1.2 “Geomorfología local – Elevaciones y pendientes” presenta una categorización cualitativa de las pendientes en el área de influencia del proyecto. No obstante, este análisis por sí mismo está condicionado por la resolución del modelo digital de elevaciones que se utiliza, en este caso supuestamente 1m por pixel. Se solicita al titular que presente un histograma de frecuencias de pendientes para evaluar la complejidad topográfica del área de estudio.

6.16 Pendientes en el área de influencia

Las figuras 3.6-5 “Elevaciones en el área de influencia” y 3.6-6 “Pendientes en el Área de Influencia” muestran la existencia de dos unidades altitudinales claramente demarcadas por una línea prácticamente recta de gran pendiente y orientación NE-SO que sugiere una variación en ~20 m de manera abrupta y que cruza la ruta 255. Puesto que este tipo de morfologías puede constituir un salto de falla, asociado a la presencia de fallas activas, se solicita al titular que profundice su investigación en el área para caracterizar este elemento en detalle.

6.17 Explicación de símbolo en Pendientes en el área de influencia

La figura 3.6-6 “Pendientes en el Área de Influencia” parece mostrar un error de procesado que genera líneas diagonales rosadas. Se solicita al titular corregir o explicar el significado de dicho símbolo en el mapa.

6.18 Criterios de identificación

El apartado 3.6.5.1.2 “Geomorfología local – Unidades geomorfológicas locales” presenta 6 unidades geomorfológicas caracterizadas en el área de estudio. Sin embargo, el informe no presenta los criterios de identificación considerados. Por lo tanto, se solicita al titular que presente los criterios de identificación y argumente en base a evidencias las diferencias con estudios anteriores (e.g., Soteres et al. 2020).

6.19 Análisis morfométrico

El apartado 3.6.5.1.2 “Geomorfología local – Unidades geomorfológicas locales” incluye la unidad “Llanura glacial o pampa magallánica”. Numerosas fotografías provistas por el titular (e.g., Fotografía 3.6-1) pueden observarse que la llanura está constantemente rodeada de irregularidades topográficas. Es más, a simple vista en Google Earth, es posible comprobar la existencia de un terreno ondulado con morfologías difusas de planta circular que afectan los canales de escorrentía superficial (Figura 1-Anexo). Esta característica es típica de “terrenos subglaciales con topografía irregular” (i.e., morrenas tipo ribbed), mientras que las llanuras glaciales normalmente aparecen surcadas por canales meandriformes, los cuales están totalmente ausentes en la cartografía provista. Puesto que el titular cuenta con un DEM de 1 m de resolución, se solicita la realización de un análisis morfométrico de alta resolución de la unidad categorizada como “llanura glacial” para identificar unidades de relieve individuales y realizar índices de circularidad y elongamiento.

Figura 1 -Anexo Geología, Geomorfología, Riesgos



6.20 Justificación de clasificación de “llanura glacial”

El apartado 3.6.5.1.2 “Geomorfología local – Unidades geomorfológicas locales” incluye la unidad “Llanura glacial o pampa magallánica”, la cual ocupa la mayor parte del mapa geomorfológico. Esto es particularmente llamativo, sobre todo en el sector sur (no tiene mapa de detalle, a diferencia del sector norte). Primero, los mapas de pendientes y elevaciones muestran una topografía muy compleja en el área, principalmente dominada por canales profundos de altas pendientes. Segundo, la interpretación de “llanura glacial” no coincide con publicaciones científicas revisadas por pares publicadas con anterioridad (e.g., Soteres et al. (2020)) que indican que esta área está constituida por “deriva glacial” mayormente. Tercero, una simple observación en Google Earth presenta una compleja red de drenaje formada por un gran canal relativamente paralelo a la costa y numeroso canales de escaso desarrollo desde las partes altas a este canal (Figura 2-Anexo), ninguno de estos elementos han sido cartografiados y, por tanto, quedan fuera de todo análisis. Se solicita al titular que presente un mapa detallado (escala 1:10.000 (e.g., Chandler et al., 2018)) del sector sur del área de influencia, así como a que argumente en base a evidencias la decisión de clasificar este sector como “llanura glacial”.

6.21 Resolución del mapeo geomorfológico

El apartado 3.6.5.1.2 “Geomorfología local – Unidades geomorfológicas locales” incluye la unidad “Lagunas, depresiones o cuerpos de agua” que menciona procesos de erosión glacial y aterrazamiento. No obstante, las terrazas no aparecen representadas en la cartografía por lo que no es posible identificar las evidencias provistas por el titular. Se

solicita ampliar la resolución del mapeo geomorfológico a la escala 1:10.000 (e.g., Chandler et al., 2018), la cual es fácilmente alcanzable con el DEM de 1m de resolución que tiene el titular.

6.22 Ampliar estudio hidrológico

El apartado 3.6.5.1.2 “Geomorfología local – Unidades geomorfológicas locales” incluye la unidad “Canales de escorrentía menor o temporal”. Esta unidad está totalmente subrepresentada tal y como puede apreciarse fácilmente en Google Earth (Figura 2-Anexo). Es más, un DEM de 1m de resolución debería mostrar una red hidrológica dendrítica muy compleja en toda el área de estudio. Se solicita al titular ampliar el estudio hidrológico aumentando la resolución del mapeo de canales de escorrentía superficial y realice una categorización por cuenca de drenaje y un análisis morfométrico de cuencas para estimar la respuesta hidrológica de las cuencas a distintos fenómenos hidrometeorológicos.

6.23 Simbología y análisis de edificios volcánicos

El apartado 3.6.5.1.2 “Geomorfología local – Unidades geomorfológicas locales” incluye la unidad “Edificio volcánicos”, algunos de los cuales parecen no estar representados en la cartografía. La simbología utilizada para la representación de los edificios volcánicos no es la aceptada en la elaboración de mapas geomorfológicos en áreas volcánicas (e.g., Alcalá-Reygosa et al., 2016). Se solicita al titular que actualice la simbología aplicada a los edificios volcánicos en su cartografía, así como que amplie el análisis a potenciales edificios que hayan quedado fuera del mapeo, especialmente contando con un modelo digital de elevación de 1m de resolución.

6.24 Clasificación de edificios volcánicos

El apartado 3.6.5.1.2 “Geomorfología local – Unidades geomorfológicas locales” incluye la unidad “Edificio volcánicos”, algunos de los cuales parecen no estar representados en la cartografía. En un paisaje como el pampeano la presencia de conos volcánicos es una “rareza” que aumenta la geodiversidad del sector y por tanto su patrimonialidad y valor ambiental. Puesto que varios edificios volcánicos serán afectados por las obras (Figura 3-Anexo). Se solicita al titular que realice una clasificación de los tipos de edificios volcánicos en función de su estado de preservación y sus características morfogenéticas, así como potenciales alineamientos que puedan estar relacionados con la presencia de fallas.

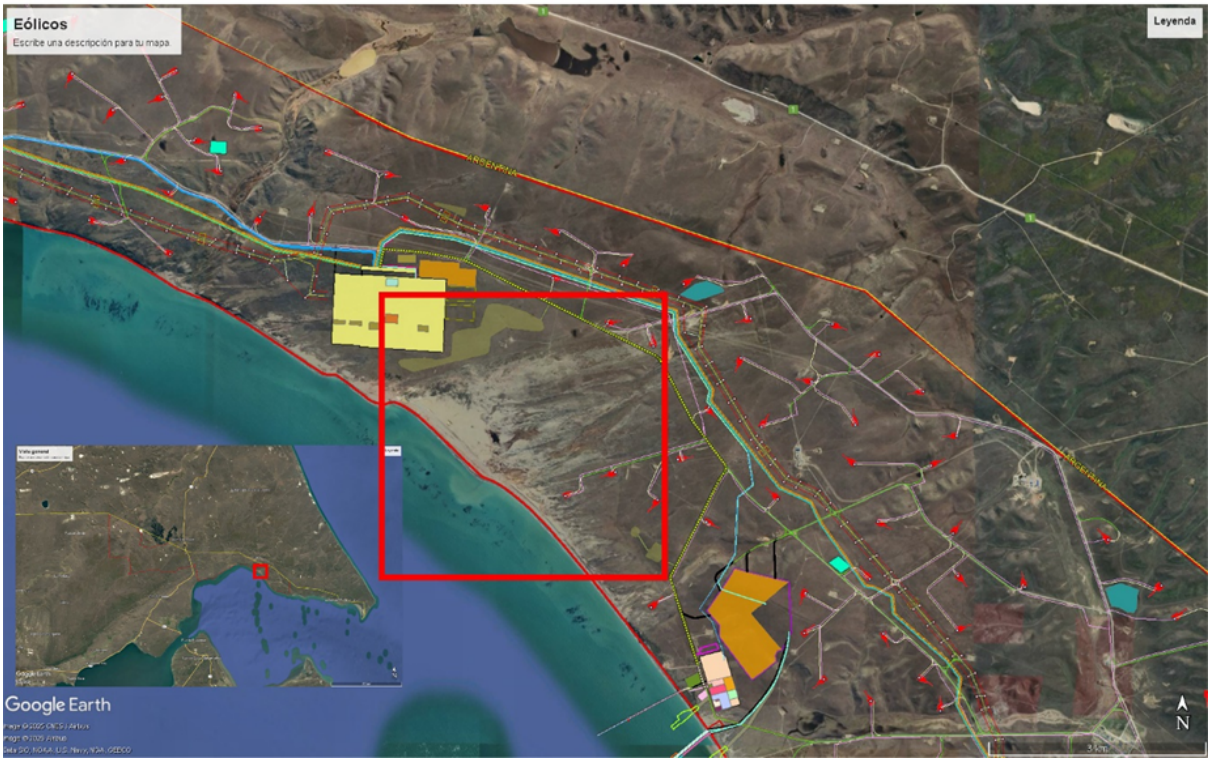
Figura 3 -Anexo Geología, Geomorfología, Riesgos



6.25 Incorporación de elementos del borde costero

El apartado 3.6.5.1.2 “Geomorfología local – Unidades geomorfológicas locales” incluye la unidad “Farellón costero”, el cual está completamente subrepresentado según una revisión en Google Earth. Así mismo, la costa presenta playas de arenas e, incluso, dunas y otras morfologías dominadas por procesos eólicos (Figura 4-Anexo), que no están en la cartografía presentada, particularmente en el sector sur. Se solicita al titular que amplie la cartografía geomorfológica para incorporar elementos fundamentales del borde costero acorde con publicaciones científicas revisadas por pares (e.g., DeMuro et al., 2017)

Figura 4 -Anexo Geología, Geomorfología, Riesgos



6.26 Elaboración de columna estratigráfica

El apartado 3.6.5.1.2 “Geomorfología local – Unidades geomorfológicas locales” incluye la unidad “Farellón costero”, el cual está ampliamente representado en el área de estudio como muestra la fotografía 3.6-6. Esta geoforma ofrece una excelente oportunidad para levantar una columna estratigráfica local de alta resolución, por lo que solicita al titular que lleve a cabo la elaboración de una columna estratigráfica de detalle en las distintas áreas donde aparece el “farellón costero” prestando especial atención a depósitos tsunamigénicos u/o asociados a inundaciones y remociones en masa.

6.27 Unidad de fotografía 3.6-10

La fotografía 3.6-10 muestra la unidad geomorfológica de “Farellón costero” y también se utiliza para presentar la unidad geológica “Secuencias sedimentarias”. El titular correlaciona esta unidad con la formación Palomares y menciona que se observa exclusivamente en el farellón. Se solicita al titular que, por favor, indique qué unidad concreta en la fotografía mostrada se asocia a la Formación Palomares.

7. Riesgo geológico y geomorfológico

7.1 Riesgo sísmico

En el apartado 3.6.4.1.3. “Riesgo geológico y geomorfológico – Riesgo sísmico” el titular presenta el trabajo “Costa, C., Alvarado, A., Audemard, F., Audin, L., Benavente, C.,

Bezerra, F., Garro, H. (2020). Hazardous faults of South America; compilation and overview. Journal of South American Earth Sciences" como referencia. Este trabajo presenta una recopilación de información relacionada con sismos a escala continental desde los Andes tropicales hasta los australes, por lo tanto, no presenta la resolución necesaria para ofrecer información relevante que pudiera afectar al área de estudio. Se solicita al titular que expanda su recopilación bibliográfica incorporando la numerosa y reciente literatura dedicada a la falla Magallanes-Fagnano la cual ha demostrado su poder sismogénico durante los últimos miles de años.

7.2 Riesgo volcánico

El apartado 3.6.4.1.3. "Riesgo geológico y geomorfológico – Riesgo volcánico" presenta graves deficiencias en la recopilación de literatura científica, especialmente en lo concerniente a actividad volcánica durante el Holoceno (últimos 11700 años) que es el intervalo en el que consideran volcanes activos. Esto es particularmente llamativo ya que toda la región presenta depósitos volcánicos asociados a actividad volcánica explosiva proveniente de volcanes como el Reclús, Burtney o Aguilera. Se solicita encarecidamente ampliar la bibliografía y considerar la actividad volcánica holocénica.

7.3 Remoción en masa

El apartado 3.6.4.1.3. "Riesgo geológico y geomorfológico – Remoción en masa" presenta graves deficiencias en la recopilación de literatura científica. Existen numerosos trabajos que prueban la alta susceptibilidad a remociones en masas en regiones cubiertas por grandes mantos de hielo durante las glaciaciones Cuaternarias. Puesto que el área del proyecto estuvo bajo el hielo durante glaciaciones previas, se solicita al titular ampliar la bibliografía respecto a la ocurrencia de remociones en masa considerando publicaciones científicas más recientes.

7.4 Hidrometeorológico e incorporación cambio climático

El apartado 3.6.4.1.3. "Riesgo geológico y geomorfológico – Hidrometeorológico e incorporación cambio climático" no presenta ningún artículo científico revisado por pares que permita caracterizar este tipo de riesgos en el área de estudio. Se solicita al titular que, por favor, amplie la bibliografía considerada.

7.5 Metodología en Riesgo sísmico

El apartado 3.6.4.3.2 "Riesgo geológico y geomorfológico – Riesgo sísmico" se menciona textualmente que se "realizó un análisis de la aceleración máxima del suelo PGA en base al análisis probabilístico de peligro sísmico para Chile, propuesto por Costa et al. (2020)". Sin embargo, no se presenta la metodología aplicada para llevar a cabo dicho análisis. Se solicita al titular que describa detalladamente los materiales y métodos aplicados para el estudio (e.g., parámetros sísmicos y funciones de atenuamiento, método Cornell-McGuire original o modificados, etc).

7.6 Metodología de terreno en Riesgo volcánico

El apartado 3.6.4.3.2 “Riesgo geológico y geomorfológico – Riesgo volcánico” no presenta ninguna metodología de terreno, simplemente repite los productos bibliográficos presentados con anterioridad. Estudios fundamentales no mencionados en la recopilación bibliográfica, lo que da cuenta de la pobre metodología de búsqueda, muestran claramente la existencia de depósitos piroclásticos de varios centímetros de espesor provenientes de varios volcanes cercanos que afectaron al área de estudio durante los últimos miles de años. Por lo tanto, se solicita al titular que lleve a cabo una prospección en busca de depósitos volcánicos asociados a erupciones volcánicas explosivas antiguas mediante el análisis estratigráfico de secciones naturales (e.g., acantilados litorales, etc).

7.7 Metodología de Remoción en masa

El apartado 3.6.4.3.2 “Riesgo geológico y geomorfológico – Remoción en masa” no presenta ninguna metodología de terreno, simplemente repite los productos bibliográficos presentados con anterioridad, los cuales son de escala regional. Igualmente, ignora el artículo anteriormente mencionado de Soteres et al. (2020) el cual identifica remociones en masa en el área de estudio. Por lo tanto, se solicita al titular que lleve a cabo un inventario de remociones en masa en el área de influencia del proyecto, incluyendo la incorporación de parámetros morfométricos y genéticos en las distintas unidades geomorfológicas identificadas (e.g., conos volcánicos, acantilados costeros, etc).

7.8 Metodología de Remoción en masa 2

El apartado 3.6.4.3.2 “Riesgo geológico y geomorfológico – Remoción en masa” menciona que se realizó un análisis local considerando varios parámetros que incluyen “elevaciones, pendientes, geoformas y unidades geomorfológicas”. Estos criterios dejan de lado parámetro fundamentales como vegetación superficial, discontinuidades estratigráficas, permeabilidad del sustrato, etc. Por lo tanto, se solicita al titular que aplique una metodología aceptada (e.g., análisis multivariante) por la comunidad científica para la elaboración de un análisis local de susceptibilidad de remociones en masa.

7.9 Metodología de Riesgo hidrometeorológico

El apartado 3.6.4.3.2 “Riesgo geológico y geomorfológico – Riesgo hidrometeorológico” no presenta ninguna metodología de terreno concreta, solo muestra los productos bibliográficos presentados con anterioridad. Puesto que el área presenta una topografía compleja (Figura 3.6-5 y figura 3.6-6), solicita al titular que realice un análisis cartográfico multivariante considerando las áreas de máxima y mínima radiación solar, así como la aplicación de modelo “degree-day” para detectar áreas locales con potencial presencia de hielo permanente. Así mismo, sería de gran valor un seguimiento de estas áreas mediante estaciones meteorológicas in situ y redes de termómetros en el suelo.

7.10 Análisis de riesgos (Figura 6-Anexo)

La figura 3.6-12 muestra un lineamiento (Figura 6 – Anexo) que ya es observado en mapas anteriormente presentados pero ignorado en la geomorfología. Puesto que dicho

lineamiento puede ser de origen tectónico (i.e., falla) y, por tanto, estar sujeto a procesos sismogénico y volcánicos, se solicita encarecidamente al titular que amplie el análisis de riesgos a esta geoforma para determinar su naturaleza y potencial dinámica. Para esto se sugiere llevar a cabo un estudio topográfico de alta resolución (DEM 1m) para ver si existen truncamientos marcados en la red de drenaje u otros elementos geomorfológicos, así como el estudio paleosísmico con trincheras que corten la geoforma. Esto es especialmente importante dado que existe número de infraestructura proyectada encima de esta geoforma.

Figura 6-Anexo Geología, Geomorfología, Riesgos



7.11 Realización de estudios paleosísmicos

La sección 3.6.5.3.1. “Riesgos geológicos y geomorfológico – Riesgo sísmico” únicamente muestra una recopilación bibliográfica sin realizar a cabo ningún ensayo en terreno. El estudio de aceleración de Costa et al. (2020) muestra bajas aceleraciones en el área del proyecto porque está basado en grandes fallas corticales, como la falla Magallanes-Fagnano. Puesto que el área del proyecto se encuentra en un área volcánica con actividad holocénica (https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=358080) y rasgos geomorfológicos que podrían indicar la presencia de fallas (sin determinar en este estudio), se solicita al titular la realización de estudios paleosísmicos con trincheras y truncamientos de geoformas lineales siguiendo metodologías estándar en estudios científicos.

7.12 Corrección de información Volcán Reclús

La sección 3.6.5.3.2. “Riesgos geológicos y geomorfológico – Riesgo volcánico” clasifica el Volcán Reclús como un cono de piroclastos, cuando su morfología y dinámica, además de numerosa literatura del SERNAGEOMIN, lo clasifica como estratovolcán. Se solicita al titular corregir dicha información.

7.13 Identificación y caracterización de secciones estratigráficas

La sección 3.6.5.3.2. “Riesgos geológicos y geomorfológico – Riesgo volcánico” menciona literalmente que “la zona también es susceptible a un bajo peligro de caída de piroclastos, eventualmente producido por el estratovolcán Monte Burney”. Sin embargo, estudios fundamentales no contemplados en este informe (e.g., Stern (2007)) muestran espesores de tefra superiores a 3 cm provenientes de los volcanes Burney hace 8425 años 14C (Tefra MB1) y Reclús hace 6850 años 14C (Tefra H1) y superiores a 1cm provenientes del Volcán Aguilera hace 3000 años 14C (Tefra A1). Puesto que el informe no presenta estudios estratigráficos locales dónde identificar dichas tefras, se solicita al titular que realice la identificación y caracterización de secciones estratigráficas locales superficiales y/o el barrenaje de lagunas o turberas con el objeto de localizar los depósitos de tefras para su posterior análisis geoquímico y datación.

7.14 Figura 3.6-17 Peligro Volcánico

La figura 3.6-17 Peligro Volcánico no es correcta. Las áreas de caída de piroclastos no están condicionadas por las fronteras internacionales, por lo que la simbología no debe ajustarse a estas. Se solicita al titular que represente la extensión geográfica de las áreas de caída de piroclastos a escala continental sin considerar las fronteras con Argentina.

7.15 Análisis de peligrosidad y riesgo volcánico

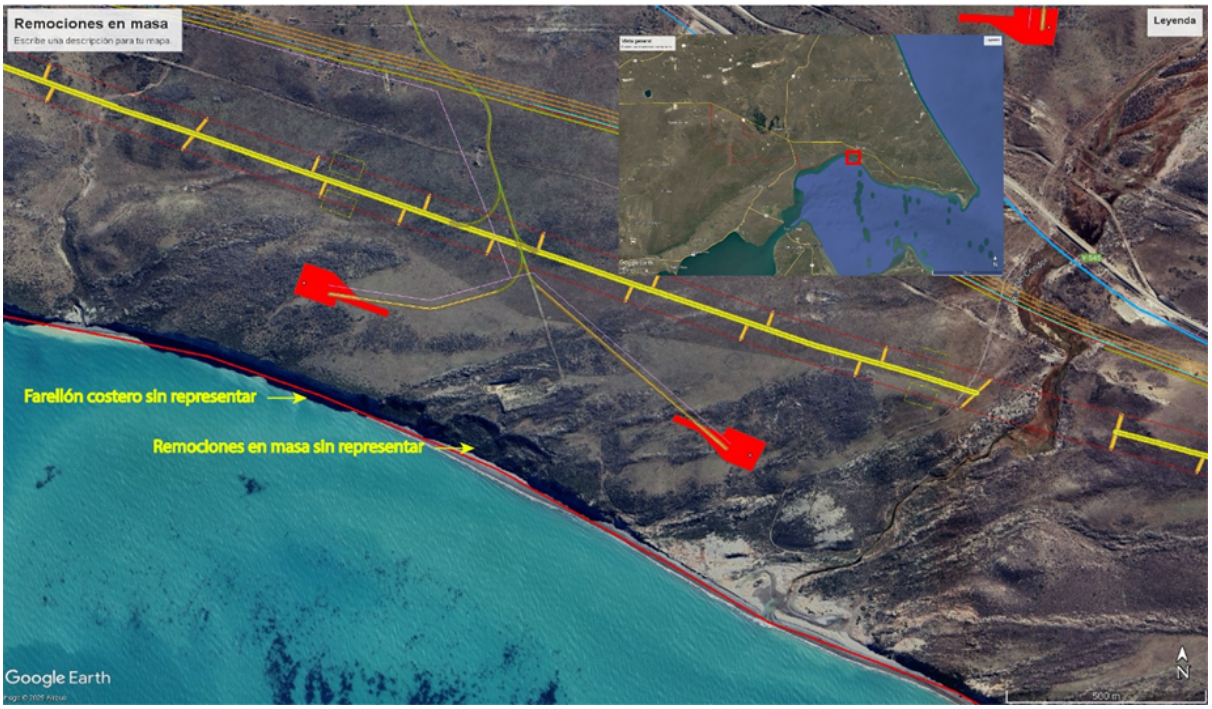
La sección 3.6.5.3.2. “Riesgos geológicos y geomorfológico – Riesgo volcánico” menciona una serie de factores de peligro y de vulnerabilidad que luego no son aplicados al área de estudio. Por ejemplo, Pali Aike SÍ ha tenido actividad volcánica con IEV menor o igual a 3 en los últimos 5000 años y el municipio de San Gregorio se encuentra a menos de 30 km de los centros eruptivos del Parque Nacional. Se solicita al titular que realmente lleve a cabo un análisis de la peligrosidad y riesgo volcánico en el área de estudio considerando, al menos, los criterios expuestos en el mismo informe.

7.16 Estudio de susceptibilidad de remociones en masa

La sección 3.6.5.3.4. “Riesgos geológicos y geomorfológico – Remoción en masa” simplemente presenta el catastro de remociones en masa del SERNAGEOMIN. Este informe solo documenta la distribución geográfica de los eventos ocurridos en el pasado, por lo que no constituye un estudio de susceptibilidad y/o probabilidad de ocurrencia de este tipo de fenómenos en el área de estudio. Es más, estudios anteriores han informado de rasgos geomorfológicos coherentes con remociones en masa (Soteres et al., 2020) y una revisión rápida en Google Earth permite observar numerosos de estos fenómenos ocurriendo cercano a las obras del proyecto, especialmente, en el farellón costero (Figura

5 Anexo). Se solicita llevar a cabo un estudio de susceptibilidad de remociones en masa siguiendo un método aceptado en la literatura científica (e.g., multivariantes) considerando factores necesarios (e.g., pendientes) y factores potenciadores (e.g., vegetación, litología, etc).

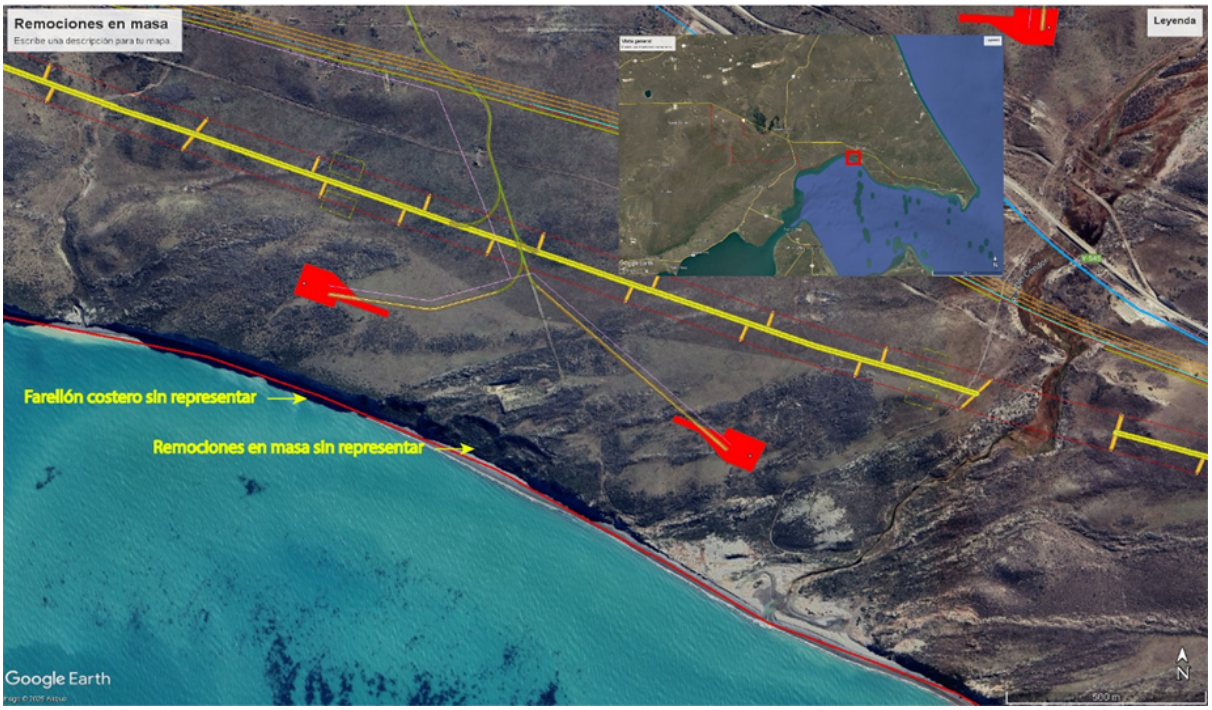
Figura 5 -Anexo Geología, Geomorfología, Riesgos



7.17 Estudio de susceptibilidad de remociones en masa 2

La sección 3.6.5.3.4. “Riesgos geológicos y geomorfológico – Remoción en masa” dice textualmente “En el Área de Influencia no se detectan evidencias que indiquen procesos de remoción en masa de los tipos de flujos o deformaciones de ladera” lo que no es cierto. Se solicita al titular revisar la figura 5 provista en estas observaciones y realizar el estudio de susceptibilidad siguiendo un método aceptado en la literatura científica (e.g., multivariantes) considerando factores necesarios (e.g., pendientes) y factores potenciadores (e.g., vegetación, litología, etc).

Figura 5 -Anexo Geología, Geomorfología, Riesgos



7.18 Estudio de susceptibilidad de remociones en masa 3

Figura 3.6-20 muestra un mapa de pendientes para peligros de remoción en masa que ignora completamente todas las pendientes que el propio titular muestra en la figura 3.6.-6, las cuales incluyen áreas que superan ampliamente el umbral también propuesto por el titular de moderado-alto. Por lo tanto, se solicita al titular encarecidamente realizar el estudio de susceptibilidad REAL siguiendo un método aceptado en la literatura científica (e.g., multivariantes) considerando factores necesarios (e.g., pendientes) y factores potenciadores (e.g., vegetación, litología, etc).

7.19 Cita de fuente original

Las figuras 3.6-21 y 3.6-22 han sido extraídas del Plan Regional de Ordenamiento Territorial – Riesgos Naturales elaborado por el Gobierno Regional. Sin embargo, el titular cita elaboración Hidroestudios (2025) sin citar la fuente original por lo que podría estar incurriendo en un delito de plagio al recibir un beneficio económico usando el trabajo de terceros sin autorización explícita o reconocimiento. Se solicita al titular más profesionalidad y solucionar este tipo de problemas en todo el documento.

7.20 Análisis cartográfico multivariante

La sección 3.6.5.3.5. “Riesgos geológicos y geomorfológico – Riesgo hidrometeorológico” presenta un análisis de hielo permanente durante los meses de invierno. No obstante, no presenta la metodología utilizada para su elaboración o las fuentes originales. Por lo

tanto, se solicita al titular la realización de un análisis cartográfico multivariante considerando las áreas de máxima y mínima radiación solar, así como la aplicación de modelo “degree-day” para detectar áreas locales con potencial presencia de hielo permanente.

7.21 Cobertura nivosa

La sección 3.6.5.3.5. “Riesgos geológicos y geomorfológico – Riesgo hidrometeorológico” presenta un análisis de voladeros de nieve durante los meses de invierno. No obstante, no presenta la metodología utilizada para su elaboración o las fuentes originales. Por lo tanto, se solicita al titular la realización de un análisis cartográfico de la permanencia de la cobertura nivosa en el área durante las últimas décadas mediante el uso de imágenes satelitales mensuales del área de influencia.

7.22 Análisis hidrológico

La sección 3.6.5.3.5. “Riesgos geológicos y geomorfológico – Riesgo hidrometeorológico” presenta un análisis de las inundaciones. No obstante, no presenta la metodología utilizada para su elaboración y solo menciona que no se detecta en el área de influencia. Por lo tanto, se solicita al titular la realización de un análisis hidrológico de inundaciones a partir de modelos hidráulicos tipo Hec-RAS en los principales cauces del Área de Influencia, al menos aquellos identificados por el titular.

8. Geología

8.1 Metodología de trabajo en terreno

El apartado 3.6.4.3.2 “Geología” no presenta ninguna metodología concreta de trabajo geológico en terreno, aunque menciona que se levantó información en terreno. Se solicita al titular que especifique qué técnicas de levantamiento de información en terreno se utilizaron, incluyendo las especificaciones técnicas de los equipos utilizados (e.g., GPS, cámara de fotos, etc).

8.2 Columnas estratigráficas

El apartado 3.6.4.3.2 “Geología” no menciona la realización de columnas estratigráficas locales, las cuales son fundamentales para apoyar las interpretaciones sobre riesgos sísmicos, volcánicos, remoción en masa y hidrometeorológicos. Se solicita al titular que presente una metodología aceptada por la comunidad científica y el levantamiento de columnas estratigráficas in situ asociadas a las principales unidades geomorfológicas identificadas.

8.3 Figura 3.6-2

La figura 3.6-2 omite a Borgel (1983) como fuente primaria de la información representada.

8.4 Figura 3.6-3

La figura 3.6-3 de Hulton et al. (2002) está excesivamente desactualizada. Por ejemplo, Soteres et al. (2020) sugiere que el hielo llegó a Primera Angostura durante el LGM, lo

que fue posteriormente confirmado mediante dataciones por isótopos cosmogénicos, mientras que el mapa presentado muestra el límite glacial en Segunda Angostura. Se solicita al titular que rectifique la figura basándose en información actualizada revisada por pares.

8.5 Estudios sedimentológico

En el apartado 3.6.5.2.1 “Geología regional – Geología superficial” se presentan las unidades sedimentarias no consolidadas Q1g, las cuales son asignadas a las glaciaciones Llanquihue (35-14.2 ka). Sin embargo, estudios recientes basados en nucleidos cosmogénicos han determinado que los depósitos glaciales en Bahía Posesión fueron depositados durante la penúltima glaciación (MIS 4) hace 68 ka (Peltier et al., 2021). Puesto que estos sedimentos han sido expuestos a la meteorización y erosión durante un intervalo de tiempo mucho mayor que los depósitos de la glaciación Llanquihue, se solicita al titular que realice estudios sedimentológicos básicos siguiendo metodología aceptadas por la comunidad geotécnica para caracterizar el comportamiento mecánico e hidráulico de dichos sedimentos.

8.6 Descripción de unidades geológicas

En el apartado 3.6.5.2.1 “Geología regional – Geología local” se presentan 4 unidades geológicas locales, las cuales están determinadas en base a observaciones cualitativas generales sin presentar los criterios de identificación considerados. Por lo tanto, se solicita al titular que describa cualitativa y cuantitativamente las características principales de dichas unidades, así como presentar fotografía detalladas y columnas estratigráficas locales siguiendo los procedimientos estándar para la representación de dichos estudios.

8.7 Clasificación

En el apartado 3.6.5.2.1 “Geología regional – Geología local” se presentan 4 unidades geológicas locales cuya caracterización se basa en un entendimiento equivocado de conceptos teóricos básicos, ya que mezcla azarosamente conceptos cronológicos, genéticos y litológicos para su definición. Así pues, “Depósitos fluviales actuales” pueden incorporarse en la categoría de “Depósitos cuaternarios”, ya que los procesos geológicos actuales siguen ocurriendo dentro del Periodo Cuaternario. Al mismo tiempo, tanto “Depósitos fluviales actuales”, como “Depósitos Cuaternarios” pueden incluirse en “Secuencias sedimentarias”, ya que todas están formadas por sedimentos, con la única diferencia según el titular del grado de consolidación. Se solicita al titular elaborar una clasificación coherente y unificada bajo un único concepto, ya sea cronológico o genético siguiendo las convenciones estándar en la literatura académica.

8.8 Caracterización sedimentológica

En el apartado 3.6.5.2.1 “Geología regional – Geología local” se presenta la unidad “Depósitos fluviales actuales”. La descripción no presenta ninguna característica sedimentaria que apoye la interpretación provista. Así mismo, la fotografía 3.6-7 solo

muestra un canal menor probablemente no representativo de la red hidrográfica del sector, ya que esta se encuentra totalmente subrepresentada (Figura 2 – Anexo). Se solicita al titular una caracterización sedimentológica siguiendo las convenciones estándar en la literatura académica para la interpretación de dicha unidad.

Figura 2 -Anexo Geología, Geomorfología, Riesgos



8.9 Caracterización sedimentológica 2

En el apartado 3.6.5.2.1 “Geología regional – Geología local” se presenta la unidad “Depósitos cuaternarios”. La descripción no presenta ninguna característica sedimentaria que apoye la interpretación provista. Así mismo, la fotografía 3.6-8 muestra dos secciones superficiales distintas, la primera con claros rasgos glaciofluviales (no explicados) y la segunda totalmente distinta y sin ningún tipo de información asociada. Se solicita al titular una caracterización sedimentológica de dicha unidad siguiendo las convenciones estándar en la literatura académica para establecer una columna tipo representativa de la unidad geomorfológica que represente (i.e., Llanura glaciales).

8. Incorporación de Cambio Climático

La sección 3.6.5.3.5. “Incorporación de Cambio Climático” no introduce absolutamente ningún dato relevante argumentando que no existen mapas previamente publicados que cubran la Región de Magallanes. Por lo tanto, se solicita al titular la realización de un análisis hidrológico de inundaciones a partir de modelos hidráulicos tipo Hec-RAS considerando las anomalías por precipitaciones mencionadas en los informes consultados.

9. Hidrogeología

10.1 Impermeabilización del suelo

En el Capítulo 3.10 “Línea de Base Hidrogeología” se caracterizan rangos de conductividad hidráulica para las distintas unidades geológicas presentes en el área del proyecto (depósitos fluviales, cuaternarios, secuencias volcánicas y sedimentarias). Sin embargo:

> No se realiza un cruce entre la permeabilidad de dichas unidades y los procesos de escorrentía superficial, ni se evalúa cómo la impermeabilización derivada de las obras del proyecto puede alterar la infiltración natural y generar cambios en patrones de escorrentías superficiales.
>
> No se diferencian los niveles de afectación según la capacidad de infiltración de cada unidad, omitiendo que el sellado de suelos altamente permeables (como los depósitos fluviales y parte de los cuaternarios) tendría un impacto mucho mayor en la recarga de acuíferos y en el balance hídrico que en suelos naturalmente poco permeables.
>
> No se presentan medidas específicas de mitigación orientadas a estas diferencias de permeabilidad.

Solicitud: Es por esto que se le solicita al titular:

a- incorpore en su estudio de línea base los impactos y medidas de mitigación para cada unidad considerando un analista que integre obras del proyecto, permeabilidad y escorrentía superficial y balance hídrico.

b- Se le solicita que pueda dar garantías de que la impermeabilización del suelo no tendrá efectos sobre la dinámica de los acuíferos presentes en el área.

c- Se calcule el área a del suelo que será impermeabilizado por obras del proyecto y según eso modelar el balance hídrico de las cuencas.

10.2 Análisis hidrogeológico y medidas de mitigación

En el Capítulo 3.10 “Línea de Base Hidrogeología”, el titular presenta antecedentes generales sobre las características hidrogeológicas del área de influencia, tales como unidades geológicas, parámetros hidráulicos y niveles freáticos. Sin embargo, **no se desarrolla un análisis que permita evaluar de manera diferenciada los impactos hidrogeológicos por cuencas ni sobre los distintos acuíferos presentes en el territorio**.

La línea de base describe rangos amplios de conductividad hidráulica y niveles freáticos, pero estos datos se exponen de forma agregada, sin un desglose por cuenca hidrográfica). Esta omisión impide identificar la **vulnerabilidad específica de cada**

unidad hidrogeológica o acuífero frente a las intervenciones superficiales del proyecto, que pueden afectar la recarga y los flujos subterráneos de manera distinta según la cuenca.

Solicitud:

a- Se solicita al titular que incorpore un análisis hidrogeológico diferenciado por cuencas y por acuíferos, de manera que se evalúen los impactos de las obras del proyecto en función de la unidad hidrogeológica afectada.Identificando grados de sensibilidad de cuenca.

b- Se calcule el área a impermeabilizar por las distintas obras del proyecto, y que eso sea considerado dentro de los análisis de impacto para acuíferos y escorrentía superficial.

c- Asimismo, que se incluyan medidas de mitigación específicas para los sectores o acuíferos de mayor sensibilidad.

d- Que el titular genere e indique todas las medidas para evitar la alteración de los acuíferos.

10.3 Afectación a cuencas de Pali Aike y transfronterizas

En el Capítulo 3.10 “Línea de Base Hidrogeología”, el titular presenta antecedentes que incluyen la Figura 3.10-12 “Piezometría y dirección de flujo en el área del proyecto” y la Figura 3.10-17 “Escorrentía superficial”, en las cuales se aprecia la existencia de flujos de agua subterránea y superficial hacia el norte y noroeste.
Estos antecedentes muestran que las intervenciones del proyecto pueden generar intervenciones e impactos sobre acuíferos y escorrentía superficial que trascienden el área inmediata de emplazamiento, afectando tanto al Parque Nacional Pali Aike como a cuencas hidrográficas en territorio argentino.
Sin embargo, esta situación no es descrita ni evaluada en el estudio, ya que no se incorpora dentro de la definición del área de influencia ni en la identificación de receptores ambientales potencialmente afectados.

Solicitud:
Se solicita al titular que:

a- el estudio amplíe la definición de área de influencia hidrogeológica, considerando como sensibles la afectación de acuíferos y escorrentías que drenan hacia Pali AIike y cuencas transfronterizas.

b- Proponga e indique las medidas para minimizar la alteración de escorrentías y flujos de agua subterránea tanto a Pali AIke como para las cuencas transfronterizas.

c- De cuenta de cómo se incorpora a servicios técnicos y ciudadanía argentina en las observaciones sobre alteración de escorrentías en para cuencas transfronterizas.