



# **EVALUACIÓN DE PELIGRO POR REMOCIÓN EN MASA, SECTOR DE TOROBAYO, COMUNA DE VALDIVIA, REGIÓN DE LOS RÍOS**

Juan Pablo Lacassie

---

**INFORME TÉCNICO**



**SUBDIRECCIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA**

**2020**

---

## **EVALUACIÓN DE PELIGRO POR REMOCIÓN EN MASA, SECTOR DE TOROBAYO, COMUNA DE VALDIVIA, REGIÓN DE LOS RÍOS**

### **INFORME TÉCNICO, 2020**

©Servicio Nacional de Geología y Minería. Av. Santa María 0104, Santiago, Chile.  
Director Nacional: Alfonso Domeyko L.  
Subdirector Nacional de Geología: Alejandro Cecioni R.

Este informe se puede citar o reproducir libremente, siempre y cuando se mencione la fuente.  
Derechos reservados. Prohibida su reproducción.

Tipo de informe: Asistencia Técnica  
Unidad Ejecutora: Oficina Regional de Sernageomin\_Los Ríos, Valdivia.

Revisado por: Carlos Johnson.

#### **Edición**

Este informe no ha sido editado en conformidad con estándares y/o nomenclaturas de la Subdirección Nacional de Geología del SERNAGEOMIN.

#### **Referencia bibliográfica:**

Lacassie, J.P. 2020. Evaluación de peligro por remoción en masa, sector de Torobayo, comuna de Valdivia, Región de Los Ríos. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Técnico (Inédito): 16 p. Valdivia.

Portada: Vista de la remoción en masa que afectó la ribera norte del río Valdivia. La remoción afectó a una marina ubicada en el sector. Al menos la mitad del material derrumbado ya había sido extraído al momento de esta visita técnica.

Fotografía: Juan Pablo Lacassie

Este informe inédito está disponible en la Biblioteca del Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago. Podrá ser impreso a demanda del usuario.

<http://www.biblioteca.sernageomin.cl>

## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	4
2. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS.....	6
3. OBSERVACIONES EN TERRENO.....	7
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	13
5. REFERENCIAS.....	16

# **EVALUACIÓN DE PELIGRO POR REMOCIÓN EN MASA, SECTOR DE TOROBAYO, COMUNA DE VALDIVIA, REGIÓN DE LOS RÍOS**

## **1. INTRODUCCIÓN**

El día 21 de Julio de 2020, la Sra. Jennifer Miranda, Administradora del Condominio Silos de Torobayo, solicitó por medio de un email al Sr. Carlos Johnson, Director Regional de SERNAGEOMIN, un informe de asistencia técnica geológica para evaluar el riesgo asociado al reciente derrumbe ocurrido en la marina de este condominio.

La mencionada marina, en donde ocurrió la remoción en masa, se ubica en la ribera norte del río Valdivia, comuna de Valdivia, con las siguientes coordenadas de referencia: N 5589370 m; E 648302 m; h 64 m; WGS 84, H18 (FIG. 1).

La estación meteorológica pública más cercana actualmente en funcionamiento, corresponde a estación Pichoy, Valdivia (390006; DMC). Los datos indican que, entre los días 6 y el 11 de julio de 2020, la precipitación acumulada es de 112 mm, con máximos de 36 y 42 mm, respectivamente en los días 8 y 9 de ese mes. Según informan los vecinos del sector, la remoción habría ocurrido la noche del 10 de julio. Para esa fecha, las precipitaciones acumuladas mensuales corresponden a 145,4 mm (FIG. 2).



FIG. 1. Imagen satelital (Google Earth) de parte de la comuna de Valdivia. La zona evaluada, la cual se ubica en la ribera norte del río Valdivia, en el sector de Torobayo, se indica con un círculo amarillo.

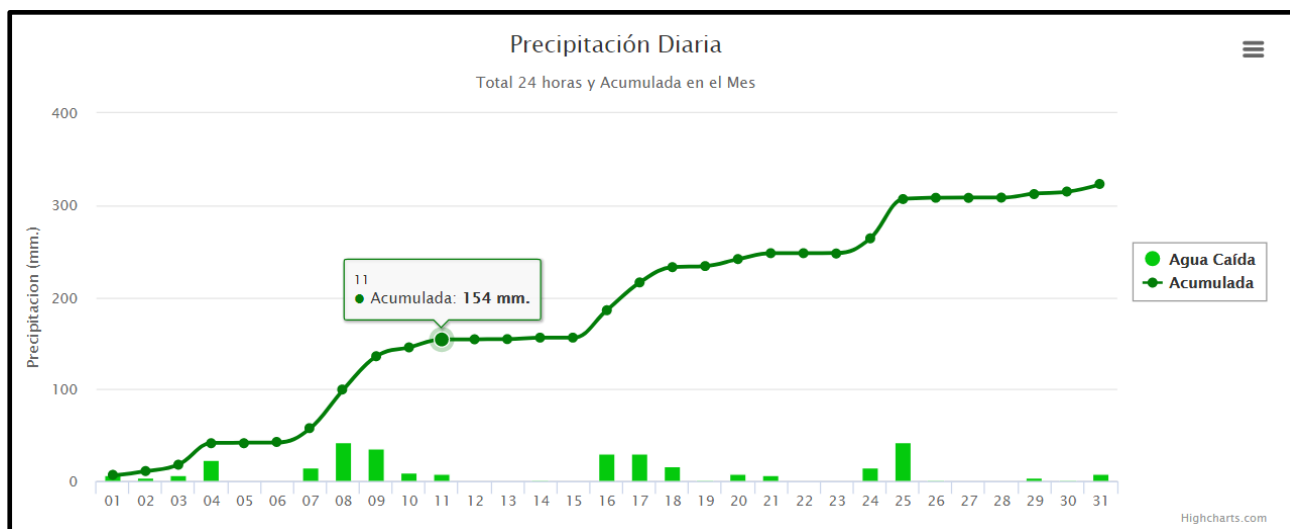
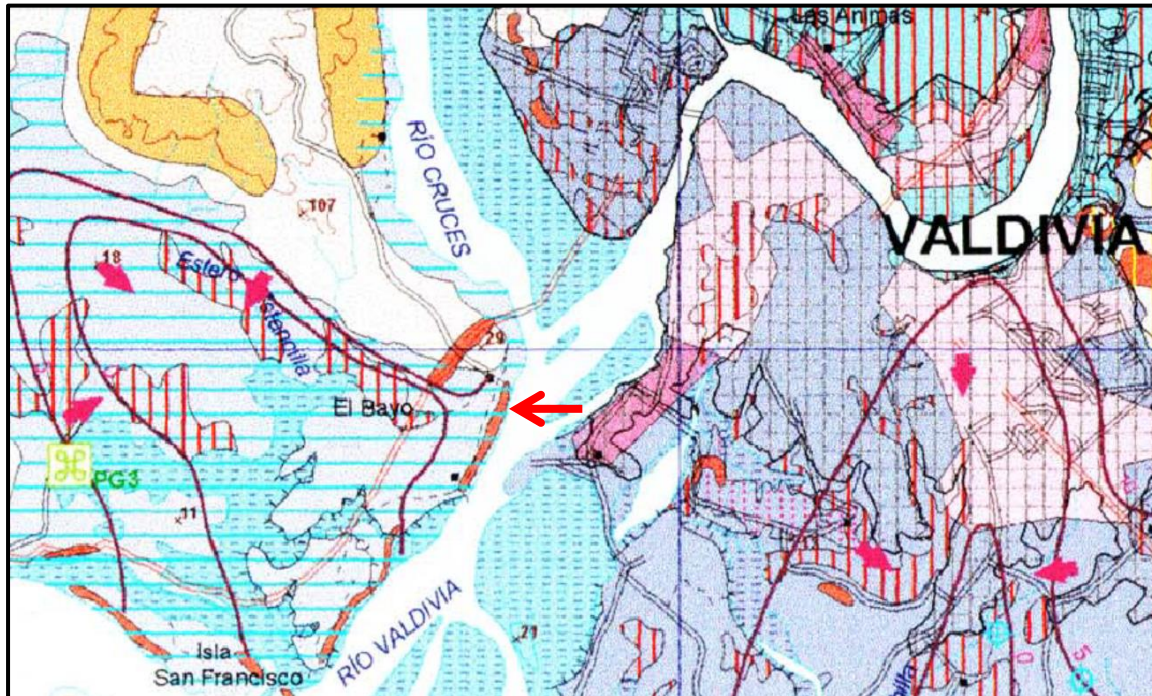


FIG. 2. Gráfico de precipitaciones diarias y acumuladas durante el mes de junio en la estación Pichoy, Valdivia (390006; DMC). Se indica la precipitación mensual acumulada al 11 de Julio del 2020 (154 mm), correspondiente a la fecha aproximada en que habría ocurrido el deslizamiento (según informó el denunciante). Entre los días 7 y 11 de Julio se registra un total de 112 mm de agua caída.

## 2. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

Las rocas expuestas en el sector corresponden a depósitos fluviioestuarinos del Pleistoceno Superior, asociados al último periodo interglacial (Unidad Plfe(b); Arenas *et al.*, 2015). Estas corresponden a terrazas de hasta 80 m de potencia, que se disponen en la ribera de los ríos Cruces, Calle-Calle y Valdivia. Esta terrazas se componen de arenas, gravas finas, arenas limoarcillosas, limos y arcillas, de origen volcanoclástico.

El sector en donde ocurrió la remoción, coincide justamente con una zona clasificada como con “peligro moderado de remociones en masa” (FIG. 3). Lo anterior según el estudio "Geología para el ordenamiento territorial: Área de Valdivia" realizado por SERNAGEOMIN (Arenas *et al.* 2005).



### L E Y E N D A PELIGROS GEOLÓGICOS

#### REMOCIONES EN MASA

##### Grado de peligro Descripción



**Alto**  
Laderas de pendientes altas a muy altas (>25°) con gran número de remociones en masa.

##### Causas generales

- Zonas de falla locales.
- Planos de esquistosidad y de fracturas favorables a deslizamientos.
- Alta densidad de fracturas.
- Alto grado de meteorización.
- Contacto abrupto de suelos con roca.
- Erosión al pie de ladera por corrientes de río y oleaje.
- Excavaciones en la ladera.
- Deforestación.
- Lluvias intensas.
- Movimientos sísmicos.

##### Recomendaciones específicas

- Prohibir construcción de viviendas sobre y bajo los escarpes de deslizamiento y en las cercanías del borde de los taludes.
- Considerar este peligro en el diseño de infraestructura vial.
- Evitar construcción de viviendas y excavaciones en estas laderas.
- Proteger las edificaciones existentes con muros de estabilización anclados profundamente.
- Construir muros de contención con anclaje profundo en los casos críticos de deslizamientos.
- Prohibir excavaciones de cualquier tipo en masas deslizadas y pies de taludes.
- Proteger contra la erosión fluvial los sectores más críticos con bloques dimensionados o muro de gaviones (con piedras angulosas y bien cimentados).
- Reforestar laderas.



**Moderado**  
Laderas de pendientes moderadas a altas (15° a 35°) con evidencias de remociones en masa.

- Planos de esquistosidad y de fracturas favorables a deslizamientos.
- Alta densidad de fracturas.
- Alto grado de meteorización.
- Excavaciones en la ladera.
- Deforestación.
- Lluvias intensas.
- Movimientos sísmicos.

- Evitar construcción de viviendas en estas laderas.
- Considerar medidas especiales de fundación (muros de estabilización y fundación profunda) si se realizan edificaciones.
- Considerar este peligro en el diseño de infraestructura vial.
- Construir muros de contención bien fundados en las zonas más críticas.
- Evitar excavaciones de cualquier tipo en pies de taludes y en las laderas.
- Reforestar laderas.
- Aplicar o introducir métodos de bioingeniería.



**Bajo**  
Laderas de pendientes altas a muy altas (>25°) con escasa o ninguna evidencia de remociones en masa.

- Planos de esquistosidad y de fracturas favorables a deslizamientos.
- Alta densidad de fracturas.
- Alto grado de meteorización.
- Contacto abrupto de suelos con roca.
- Movimientos sísmicos, cambio de uso del suelo, excavaciones en la ladera y lluvias intensas pueden detonar remociones en masa.

- Mantener el uso forestal con técnicas de manejo adecuadas.
- Construir los caminos teniendo en consideración el peligro (taludes estables, control de erosión y aguas lluvias).
- Prohibir construcción de viviendas en una franja de 50 m desde el borde del talud, en las laderas de los valles fluviales.

FIG. 3 (página anterior). Arriba: Zonificación de peligros geológicos y problemas de obras civiles, en la costa de la comuna de Valdivia (escala 1:100.000; sistema de coordenadas UTM WGS84 18S; modificado de Arenas *et al.*, 2005). La flecha roja indica la ubicación del sector afectado por la remoción en masa (sector de Torobayo). Abajo: Leyenda del mapa anterior del GOT-Valdivia, en la que se ha marcado (polígono azul) las características del peligro geológico del sector inspeccionado., correspondiente a “peligro moderado de remoción en masa”.

### 3. OBSERVACIONES EN TERRENO

Durante la inspección, realizada el día 21 de julio (10 días después de ocurrido el evento), se constató lo siguiente:

1. Ya se habían iniciado trabajos para remover el material derrumbado, el cual consistía en una mezcla del sustrato rocoso y la cobertura vegetal que existía sobre este (FIG. 4).
2. La ladera afectada corresponde a un talud sub-vertical (pendiente de aproximadamente 80°) con 9 m de potencia, conformada por estratos métricos de arenas y arenas limo-arcillosas (Unidad Plfe; Arenas *et al.*, 2005), de disposición sub-horizontal (FIG. 5). Este talud presentaba una cobertura vegetal, la cual fue removida luego del deslizamiento.
3. En la ladera afectada se observó una cicatriz producto de la remoción en masa. Las dimensiones de esta cicatriz son de aproximadamente 9 m de alto, 12 m de ancho y hasta 1 m de profundidad (FIG. 5).
4. Al momento de la visita, en la base del escarpe se observó un acopio de material derivado de la remoción. Este presentaba un volumen de aproximadamente 25 metros cúbicos y estaba compuesto por arenas y arenas limo-arcillosas removidas desde la ladera. Como se mencionó anteriormente, este es el volumen de material remanente, luego de los trabajos de despeje realizados en la ladera. Luego, dada la geometría de la ladera y de la cicatriz de la remoción, se estima que el volumen total de material removido corresponde a aproximadamente 70 metros cúbicos, incluyendo restos de cobertura vegetal (FIGS. 4 y 5).

5. La base del talud está conformada por un estrato de 3 m de potencia. Este estrato se compone de arena fina color pardo claro, con un grado medio a alto de compactación. La geometría de esta porción de la ladera no fue mayormente afectada por la remoción, manteniendo su carácter subvertical, con un talud de entre 80° y 90° (FIG. 5).
6. La parte media del talud está conformada por un estrato de 3 m de potencia. Este estrato se compone de arena limosa color pardo claro a gris, con un grado bajo a medio de compactación. La geometría de esta porción de la ladera si fue afectada por la remoción, por lo que actualmente presenta un talud de aproximadamente 75° (FIG. 5).
7. En su tercio superior se observa un estrato limo-arcilloso de coloración rojiza, de 3 m de potencia y con un muy bajo grado de compactación (material conocido informalmente como “cancagua”). Dado lo anterior, esta porción del talud fue afectada por la remoción, por lo que el talud actual presenta un ángulo de aproximadamente 75°. En la parte superior del estrato anterior, se observa desarrollo de suelo (horizonte A: 1,0 - 1,5m) y cobertura vegetal (arbustos y árboles; FIG. 5).
8. Por efecto de la remoción, en algunos puntos de la parte superior del talud, se conformó una “corniza” que sobresale en sentido horizontal una distancia aproximada de 1 m, en el cual se observa la presencia de raíces.
9. En la superficie de la terraza afectada, a 30 cm del borde del talud, se observan grietas métricas sub-paralelas al borde del talud (FIG. 6). En esta misma superficie, a aproximadamente 4 metros del borde del talud, se encuentra una construcción, correspondiente a un espacio común del condominio. Las canaletas de aguas lluvias de esta construcción, desaguan directamente sobre la parte superior de la terraza, a 3 m del borde del talud.
10. Durante la inspección se observó que otros sectores de la ladera afectada, presentan indicios de remociones anteriores o de condiciones de inestabilidad favorables para la ocurrencia de nuevas remociones (FIGS. 7 y 8).





FIG. 4. Fotografía de la remoción en masa, en forma previa a que se realizaran los trabajos de despeje. Se observa la gran cantidad de cobertura vegetal que fue desplazada por la remoción, la cual afectó directamente un carro de arrastre estacionado en la base del talud. Fotografía tomada por un vecino del sector.



FIG. 5. Fotografía de la ladera afectada por la remoción en masa. De base a techo se observan 3 unidades diferenciadas, todas dispuestas en forma sub-horizontal. A: estrato de 3 m de potencia, compuesto de arena fina color pardo claro, con un grado medio a alto de compactación. B: estrato de 3 m de potencia, compuesto de arena limosa color pardo claro a gris, con un grado bajo a medio de compactación. C: estrato limo-arcilloso de coloración rojiza, de 3 m de potencia y con un muy bajo grado de compactación (material conocido informalmente como “cancagua”). Se observa desarrollo de suelo en su porción superior.



FIG. 6. Fotografía de la parte superior de la terraza afectada. A 30 cm del borde del talud, se observan grietas métricas sub-paralelas al borde de la terraza. La línea roja se utiliza como referencia de la traza de la grieta principal. Lo anterior indica que, en la corona de la emoción en masa (parte superior de la terraza) aún existe un volumen de material en condiciones inestables.



FIG. 7. Fotografía de la parte superior de la terraza, en el límite sur de la terraza que limita directamente con el río Valdivia. Se observa una grieta en el muro de la propiedad privada, lo que indica la existencia de un desplazamiento del talud. Esto constituye una situación de inestabilidad en este borde de la terraza.



FIG. 8. Fotografía del talud en el borde sur de terraza, donde limita con el río Valdivia. Se observa el depósito y la cicatriz de una antigua remoción en masa.

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La presencia de remociones en masa antiguas, junto a los indicios de deslizamiento reciente (FIGS. 7 y 8), indican que estos fenómenos son recurrentes en la terraza estudiada.

Los cambios en la geometría de la ladera producto de la remoción en masa ocurrida en el pasado mes de julio, indica que el actual ángulo del talud (entre  $80^\circ$  y  $90^\circ$ ) es mayor que el ángulo de estabilidad.

Esta condición de inestabilidad, generada por el alto ángulo del talud actual, se ve incrementada por los siguientes factores:

- La baja cementación, compactación y competencia mecánica del material que conforma la terraza, en particular la del estrato limo-arcilloso de coloración rojiza que conforma los 3 m superiores, (“cancagua”; FIG. 5).
- La ocurrencia de descargas de aguas lluvias desde canaletas, sobre la parte superior de la terraza y a 3 m del borde del talud.
- La existencia de árboles en la parte superior y directamente sobre el borde de la terraza. Estos árboles aumentan el peso en el borde del talud, produciendo torque al actuar como palanca en durante temporales de viento.

En consecuencia:

- a. Considerando que la parte superior del talud afectado por la remoción en masa, presenta un volumen de material en condiciones inestables, se recomienda impedir el acceso hacia este sector y hacia el pie del talud.
- b. Considerando las evidencias de deslizamiento en el borde de la terraza (FIGS. 7 y 8), se recomienda evitar el acceso a todo el borde de la terraza. Concordantemente, se debe informar acerca del peligro de deslizamiento en el borde ribereño de la terraza, a los dueños del terreno privado que colinda con este borde y cuyo muro presenta evidencias de desplazamiento reciente (FIG. 7).
- c. Considerando que la saturación en agua incide directamente en una disminución del esfuerzo de corte o falla de un material, se recomienda impedir que el agua descargada por canaletas o directamente precipitada, se infiltre en la parte superior de la terraza, en el sector afectado por la remoción en masa. Para esto se recomienda realizar una canalización efectiva o recubrir esta porción de la terraza utilizando materiales impermeables.
- d. Considerando las condiciones mecánicas del material que conforma la terraza y la presencia de cobertura vegetal, se recomienda rebajar en ángulo del talud, en el área afectada por la remoción. Lo anterior, principalmente en el estrato medio y superior de la terraza (6 m superiores). El ángulo final debiese ser menor al actual ángulo de  $75^\circ$ , de la

parte superior del talud. Sin embargo, se recomienda que este ángulo de seguridad, sea definido por un estudio geomecánico del material de la terraza.

- e. Considerando la presencia de árboles en el borde superior del talud afectado, se recomienda su tala para evitar sobrepeso y torque.
- f. Se debe evitar incrementar el peso en todo el borde superior de la terraza. En este sector no se deben realizar acopios ni nuevas construcciones.

## 5. REFERENCIAS

Arenas, M.; Jara, C.; Milovic, J.; Pérez, Y.; Troncoso, R.; Behlau, J.; Hanisch, J.; Helms, F. 2005. Geología para el ordenamiento territorial, área de Valdivia, Región de Los Lagos [en línea]. Santiago: SERNAGEOMIN. Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental N.08.

Dirección Meteorológica de Chile (DMC). 2020. Disponible en <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/mensuales/aguaCaidaMensual/390043/2020/6>