

Vulnerabilidad física de viviendas ante aluviones: Quebrada de Macul

Institución: Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Estudiante: Natalia Tapia Pastro

Profesor guía: Jaime Díaz

Resumen

En esta investigación se estudian los riesgos a los que están expuestas las viviendas aledañas a un sector de la Quebrada de Macul, tomando en cuenta la amenaza de aluviones y la vulnerabilidad física presente en el lugar. Se analizan cada uno de los conceptos que se utilizarán en la investigación, en relación a la amenaza, vulnerabilidad y riesgo del sector. Se aborda el problema de la existencia de viviendas construidas en una zona de restricción, debido al riesgo presente y se proponen medidas de precaución y prevención para dichas viviendas. También se analizan materialidades, acciones para reducir la vulnerabilidad y mitigar los efectos de la amenaza, cambios en el entorno inmediato de las viviendas como sistema de cierros o en las vías para lograr viviendas resilientes.

Palabras clave: Riesgo de Aluvión, vulnerabilidad, viviendas resilientes.

1. Introducción

Chile es un país largo y angosto, rodeado, por un lado, por el mar y por el otro, por un cordón montañoso que se extiende a lo largo del territorio. Sus habitantes se ubican en zonas tanto costeras como precordilleranas y comienzan a urbanizarlas. Lo anterior genera un problema, ya que al habitar esta zona, con ríos y quebradas, se exponen al riesgo de ser afectados por amenazas de origen natural, tales como *flujos de detritos* o *remoción en masa* en lugares donde se ubicarían construcciones destinadas a viviendas u otro tipo de establecimientos. Al ser así, las lluvias o tormentas son los factores suficientes para desencadenar una de las amenazas existentes que es el "aluvión".

Al urbanizar la zona precordillerana, los habitantes se exponen al riesgo de desastres, producto de los ya mencionados aluviones. Su ubicación en el piedemonte los deja vulnerables, ya que intervienen la zona, dejando el espacio sin vegetación que pueda detener los escombros presentes en aluviones, propios de la naturaleza y de la población, lo que provoca importantes pérdidas humanas y materiales.

En el año 2013 el Ministerio de Vivienda y Urbanismo modificó el Plan Regulador Metropolitano de

Santiago (PRMS), que definía las áreas de riesgo intercomunal, añadiendo cerca de 10 mil hectáreas de suelo agrícola a las 70 mil ya existentes en la Región Metropolitana, siendo la precordillera el área que se incluyó en estas nuevas normas. Esto, deja como consecuencia que disminuya el área destinada a construcción de edificaciones.

Por otro lado, el cambio climático ha sido un tema muy relevante, ya que también es detonante de fenómenos naturales que causan desastres, debido a las modificaciones del clima, tanto en sectores del norte, del sur como del centro. Dentro de las consecuencias de dicho cambio climático, se encuentran las fuertes lluvias y el aumento inusual de la temperatura, generando catástrofes naturales de diferentes características. En sectores cordilleranos han ocurrido situaciones de lluvias sostenidas en el tiempo y con isoterma cero más alta de lo normal, que han generado aluviones.

Tomando en cuenta lo anterior, se decide estudiar la Quebrada de Macul ubicada entre las comunas de La Florida y Peñalolén debido a sus antecedentes históricos, ya que han ocurrido varios de estos aluviones en el sector.

En este seminario se cuestiona cómo se toman las decisiones a la hora de construir en el área de estudio, surgen preguntas como; ¿por qué existen

construcciones en una zona de riesgo?, ¿de qué manera se aborda el riesgo existente en las viviendas ubicadas en zona de restricción?, ¿cómo podrían reducirse ciertos riesgos?, ¿cuáles son los factores de vulnerabilidad presentes en las viviendas?, ¿qué tan importante es identificar estos factores para reducir el impacto de la amenaza?, ¿cuáles son las viviendas más vulnerables?

Se llevan a cabo construcciones sin tomar en cuenta los riesgos que conllevan, urbanizando terrenos expuestos y sin ningún tipo de resguardo frente a la amenaza. Debido a esto, se busca visibilizar de qué forma afecta esta amenaza a los tipos de viviendas que existen en el lugar, para definir las acciones de mitigación o reducción de vulnerabilidad que se pueden realizar.



Fig. 1: Aluvión ocurrido en Santiago en el año 1993. Fuente: Periódico La Cuarta, año 1993.

2. Marco Teórico

Como se menciona anteriormente, la zona ubicada en el piedemonte ya tiene antecedentes históricos respecto a los aluviones y se debe entender el origen de la amenaza. *"El aluvión es un término utilizado para referirse a un flujo muy rápido a extremadamente rápido con una notoria e inusualmente alta descarga máxima (frente de flujo), lo que se traduce en una mayor energía de impacto y, por ende, en un alto poder destructivo. Esta es una característica que lo distingue de otros flujos saturados como las inundaciones. Técnicamente un aluvión puede ser clasificado como flujos de lodo o barro, crecidas de detritos (flujos hiperconcentrados) y flujos de detritos. Estos, además, pueden incluir material antrópico (basura, escombros, etc.) y vegetación (troncos de árboles), entre otros"*. (ONEMI, 2021)

2.1. La amenaza

Una **amenaza** se define como un fenómeno de origen natural, biológico o antrópico, causante de pérdidas, daños o trastornos, ya sea a personas, infraestructura, servicios, modo de vida o medio ambiente.

Otro concepto importante es la **vulnerabilidad**, que corresponde a las condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, institucionales, económicos o ambientales que aumentan lo susceptible que puede ser una persona, comunidad, bienes, infraestructuras o servicios, a los efectos de una amenaza.

Ambos conceptos están relacionados con el de **desastre**, ya que éste es *"una situación con un nivel de afectación e impacto que no permite ser gestionada con capacidades regionales, requiriendo de refuerzos o apoyos desde otras zonas del país, a través de una coordinación de nivel nacional"*. (ONEMI, 2021)

Dentro de los conceptos clave está el **riesgo**, que es el producto que se genera al combinar la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos. Se convierte en la probabilidad de experimentar daños y pérdidas de vidas humanas, sociales, económicas o ambientales, en un tiempo y área determinados.

Finalmente, también es importante definir la **Zona de amenaza o peligro**, ya que se le considera como un área que podría verse afectada por la probabilidad de que ocurra un evento o fenómeno de origen natural o antrópico que podría generar pérdidas, daños y trastornos (personas, infraestructura, servicios, etc).

Al enfocarnos en la amenaza que ocurre en la Quebrada de Macul, "los aluviones" como los conocemos, se refieren a distintas variaciones como flujo de barro, flujos de detritos o crecidas de detritos. En esta investigación nos referiremos a los **flujos de detritos** que son *"un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (más del 20% de las partículas superan los 2mm.) que transcurre, principalmente, confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Presenta un fuerte arrastre de material, de manera tal que su concentración volumétrica normalmente supera el 50%. Cuando está en progreso, muestra un frente de flujo (cabeza), además de presentar cierto tipo de ordenamiento de las partículas sólidas y el desarrollo de oleaje. El*

ordenamiento se refiere a que los clastos (rocas) más grandes tienden a quedar cerca de la superficie del flujo, lo que se conoce como gradación inversa que, Según Van Dine (1985), puede alcanzar descargas máximas de varias decenas de veces superiores a una inundación de agua". (ONEMI, 2021)

Existe una combinación aleatoria de **factores condicionantes y factores desencadenantes** que resulta en un evento de remoción en masa.

Existen distintos tipos de factores condicionantes como las acciones antrópicas y cobertura del suelo, ya que la alteración del suelo (cortes de laderas, medidas de contención no adecuadas, remoción de vegetación) activan procesos de remoción en masa. Otros factores son la geología y la geomorfología del lugar. El primero, determina si las condiciones del terreno (suelo arcilloso, saturados de agua, sueltos, fracturas de rocas, etc) inducen susceptibilidad a la remoción en masa y el segundo, si las condiciones del terreno pueden influir en la generación, transporte y depositación de la remoción (debido a la pendiente, elevación y orientación de laderas, distancia de la red hídrica y morfometría de la cuenca).

Por otro lado están los factores desencadenantes como las lluvias intensas (que es el más común); el derretimiento de nieve; hielo o suelo congelado,

debido a alzas de temperaturas, lluvias sobre la nieve y otros factores.

Es relevante también el mecanismo de generación, ya que la incorporación de agua al suelo conlleva un aumento de la cantidad de agua, que debe ser tal que se sobrepase la capacidad de infiltración del suelo, para alcanzar un grado de saturación igual o muy cercano al 100%. Se produce un aumento de la presión de poros que se traduce en una drástica disminución de la resistencia al corte en la masa de suelo. A la vez, la escorrentía superficial aumenta, generando una erosión mayor.

El origen de la remoción en masa es el deslizamiento de suelo en laderas que deriva en flujos o la movilización directa de material depositado en quebradas o canales.

Morfología del "Flujo de detritos"

- Frente o cabeza: Material granular, grandes bloques, flujo turbulento. 1 a 10 metros de alto.
- Cuerpo: Gran % del material, menor granulometría que el frente flujo semi-turbulento.
- Cola: Más líquida, flujo laminar.

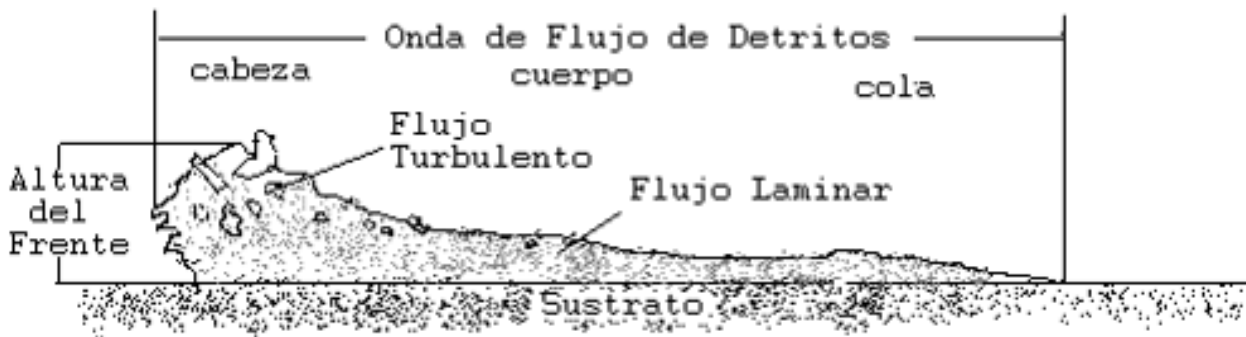


Fig. 2: Esquema de un flujo de detritos. Fuente: Elaborado por Sergio Sepúlveda, 1998.

Los flujos tienen una capacidad de transporte que permite mover material desde arena hasta bloques métricos. La sedimentación es casi nula si la concentración es mayor al 45%. El flujo va erosionando y acumulando material en su recorrido.

De esta manera, es capaz de transportarse por canales pre-existentes y, alternativamente, forman

un canal con forma de V en la ladera. Además, pueden viajar grandes distancias (decenas de km), aún con muy baja pendiente e incluso contra pendiente en tramos cortos. La detención del flujo se da cuando la pendiente del canal o subsuperficie disminuye abruptamente: que haya un quiebre de pendiente o el fin de confinamiento del flujo. Dependiendo de la morfología del cauce, puede

haber depositación parcial y el resto sigue aguas abajo.

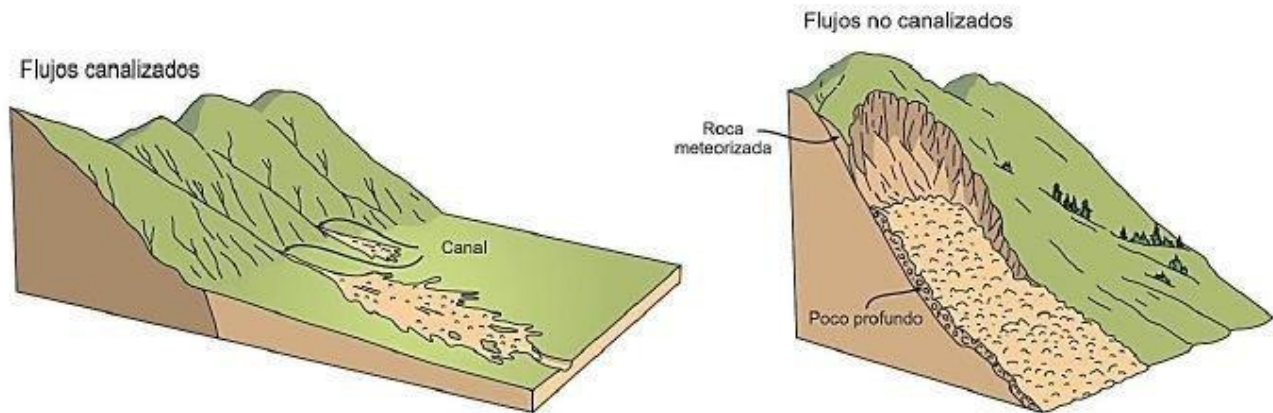


Fig. 3: Esquema de flujos de detritos y remoción en masa. Fuente: Extraído de Proyecto Multinacional Andino (2007).

La capacidad erosiva depende de sus flujos, si es de mayor concentración y mayor volumen tienen mayor capacidad de erosión. Si los flujos con tienen concentraciones menores al 50% tienden a no causar incisión del canal, solo arrastre de bloques por el frente. El esfuerzo de corte sobre el canal puede ser hasta unas 6 veces mayor que una inundación.

3. Métodos

Se decide investigar sobre la amenaza, su causa, cuáles son sus efectos y cómo se da la relación con la geografía del lugar. En este caso, serían las características de los aluviones en la Quebrada de Macul en el piedemonte. Teniendo conocimiento de esto, se identifica el área de estudio, donde se reconocen las zonas de riesgo y se analizan los casos. En esta zona, urbanizada, se encuentran viviendas bajo riesgo, por lo que se estudian los

tipos existentes, según sus características constructivas, los cierros que las protegen y las vías que las rodean, para así poder analizar aspectos vulnerables de las viviendas y sugerir acciones de mitigación o reducción de vulnerabilidad.

Para obtener todos estos datos se recolectó información vía web, para conocer los antecedentes históricos, definiciones, organización de las viviendas y planos, así como establecer comunicación con funcionarios de la Municipalidad, (vía correo y presencialmente), también fue necesario ir a terreno ya que no todo está en los sitios web y observar cómo está la zona actualmente, hacer comparaciones y verificar las condiciones y ubicación de las viviendas en la zona de riesgo.

Ambas formas de recolectar información son importantes ya que ninguna de las dos es capaz de darnos toda la información que se necesita, ambas cubren el vacío de información de la otra.

Objetivos Específicos	Técnica	¿Cómo se recolecta?	Resultado esperado
Describir la amenaza, cómo se producen los flujos de detritos, cuáles son sus efectos y características geográficas de la zona.	Recopilación y análisis de información sobre el territorio y la amenaza.	Recopilación vía web, estudios geológicos.	Documentos descriptivos yesquemas de la amenaza, los suficientes para comprender el fenómeno y reducir el riesgo.
Identificar la zona de riesgo aledaña a la Quebrada de Macul.	Analizar trayectorias históricas de aluviones en las zonas aledañas a la quebrada.	Estudios de antecedentes de desastres, recopilación de información vía web.	Mapas de las zonas seguras y zonas de riesgo para evitar posibles desastres.

Caracterizar los tipos de viviendas existentes en las zonas de afectación.	Evaluar si las viviendas cumplen con los requerimientos mínimos de precaución en determinados eventos.	Recopilación de información vía web, Normas Técnicas para un hábitat seguro.	Identificación y caracterización constructiva de los tipos de viviendas existentes en la zona, a través de planos y documentos.
Analizar los aspectos vulnerables en las tipologías de viviendas.	Análisis de datos y mapeo de las zonas de estudio. Análisis y comparación de infraestructuras ubicadas en zonas sin riesgos de aluviones.	Recopilación de información vía web, revisión bibliográfica actualizada y normas de construcción.	Documento descriptivo de sistemas aptos para reducir riesgo de desastres.
Sugerir acciones de mitigación o reducción de vulnerabilidad.	Interpretación del análisis de la vulnerabilidad física de las viviendas.	A través de los antecedentes históricos, el PRC de las comunas (La Florida y Peñalolén) y de las Normativas de construcción del MINVU.	Identificación de viviendas más vulnerables.

4. Resultados

4.1 Zona de estudio

Al situarnos en Chile, los flujos de detritos generalmente causan desastres, ya que las condiciones fisiográficas del país permiten urbanizar el pie de los frentes montañosos, aumentando la vulnerabilidad y los potenciales daños que pueden sufrir físicamente. Cabe destacar, que en la cordillera también se encuentra una cantidad no menor de centros mineros, por lo que estos procesos de remoción en masa afectan también a centros económicos y poblacionales, estableciendo un riesgo geológico importante, causando numerosas pérdidas de vidas humanas y/o económicas, debido a los daños que sufren los bienes y los gastos que implican la ayuda y asistencia social que se debe proporcionar a los damnificados.

En la zona preandina de la Región Metropolitana se han producido numerosos flujos de detritos en las últimas décadas, generalmente, en quebradas que son parte de las principales hoyas hidrográficas de la zona. Estos, han afectado principalmente a instalaciones mineras y centrales hidroeléctricas situadas en la precordillera, usualmente con bajas pérdidas de vidas humanas, pero sí con importante daño económico.

La ciudad de Santiago también se ha visto afectada directamente por flujos de detritos. Uno de ellos ocurrió el año 1993. Un aluvión en la quebrada de Macul que dejó a 26 personas fallecidas, 8 desaparecidas y más de 30.000 personas damnificadas (BCN, 2015). Esto ocurrió debido a

que, la mayoría de los damnificados y víctimas fatales, ocupaban áreas de alto riesgo, por lo que luego de esto, el año 2013, se generó un cambio en el Plan Regulador Intercomunal Metropolitano. Este desastre se produjo por el “aluvión”, fenómeno natural, que ocurrió en una situación vulnerable. Si bien se hizo algo al respecto, sigue habiendo irregularidades en las construcciones de la precordillera debido a construcciones legales y viviendas irregulares debido al déficit habitacional, ubicadas en una zona de riesgo.



Fig. 0: Aluvión 3 de mayo de 1993. Fuente: Noticias cuerpo de bomberos de Ñuñoa.

Los flujos de detritos suelen darse con una cierta frecuencia, del orden de años a cientos de años, en una zona determinada, puesto que están condicionados por factores geológicos y geomorfológicos que se pueden considerar permanentes en un periodo de tiempo de ese orden.

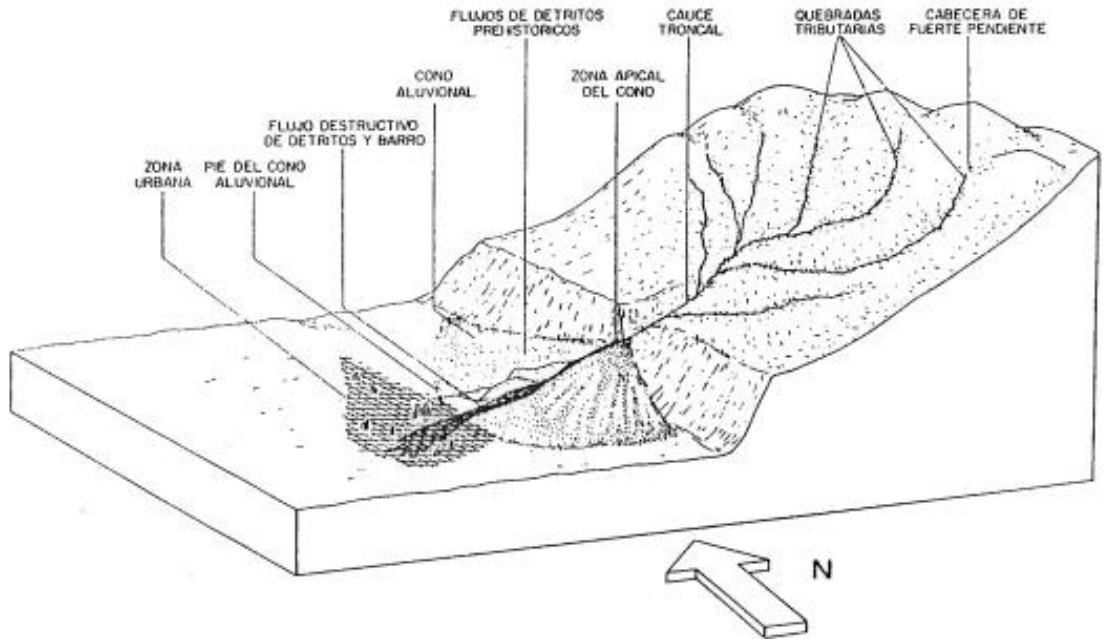


Fig. 1: Esquema explicativo de una cuenca hidrográfica del sector Oriente de Santiago y su zona de descarga. Fuente: Servicio Nacional de Geología y Minería.

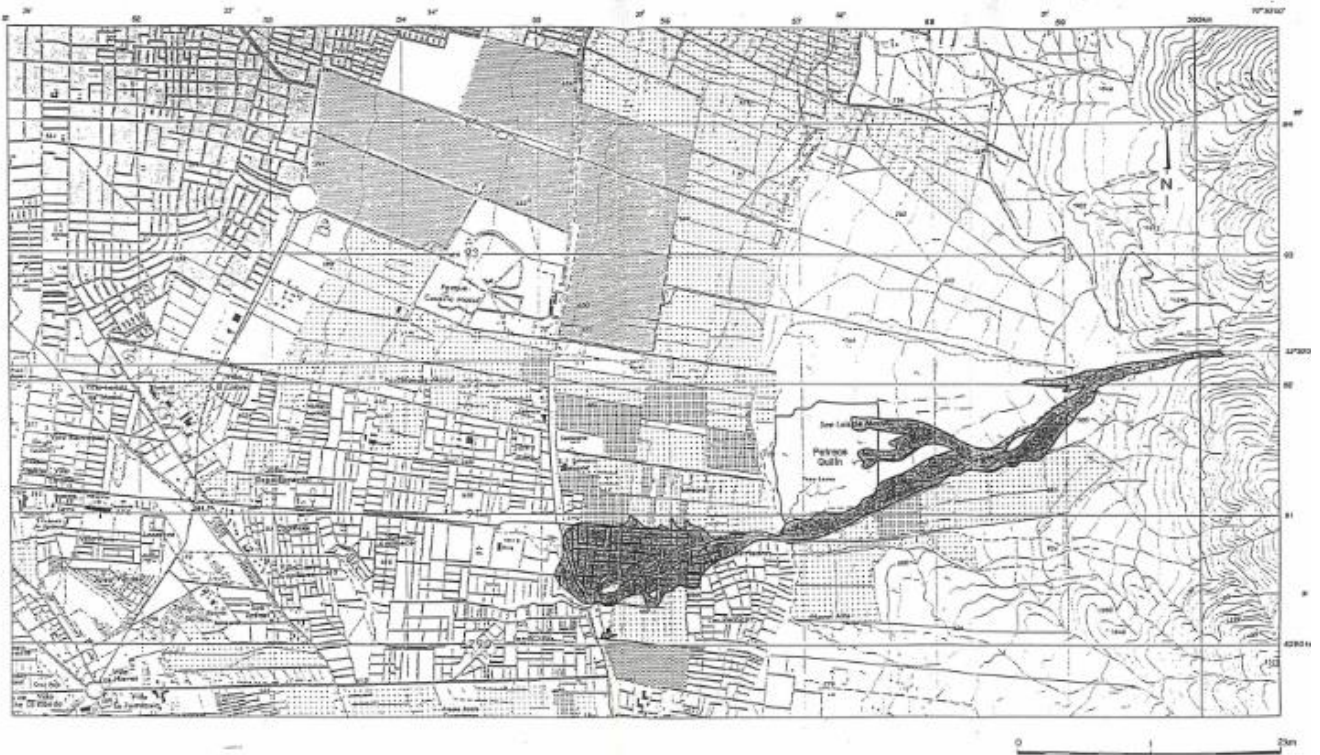


Fig. 2: Aluvión 3 de mayo de 1993. Distribución del flujo de detritos y barro de la Quebrada de Macul, sobre el cono aluvional y sector urbano. Fuente: Servicio Nacional de Geología y Minería.

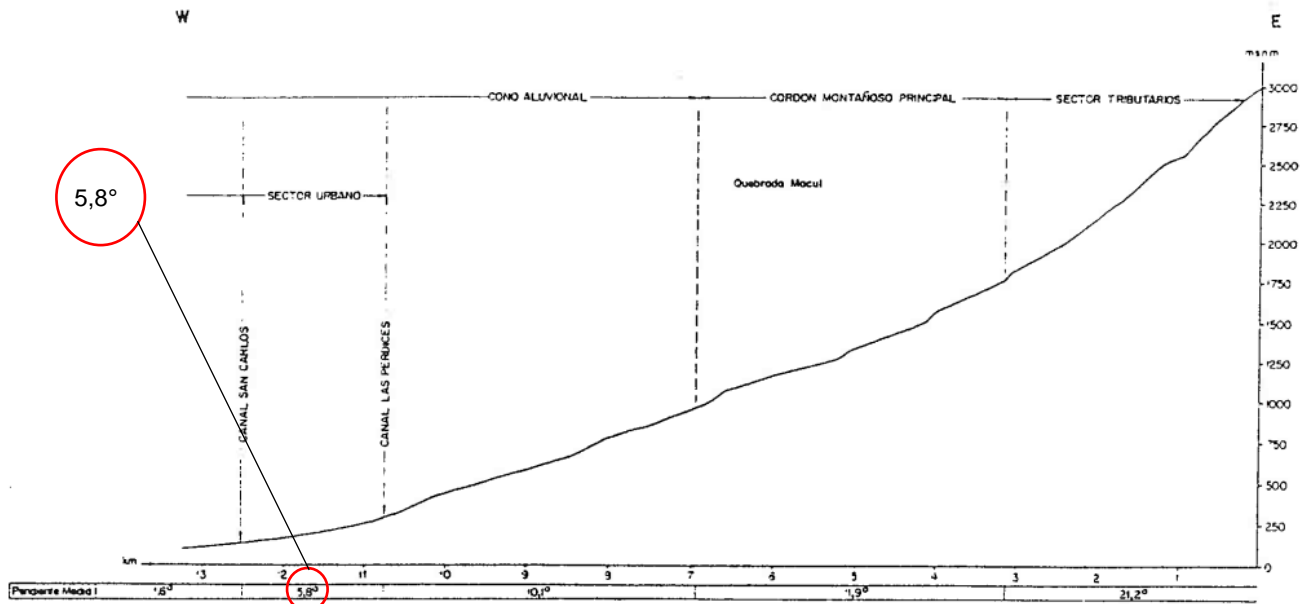


Fig. 3: Perfil topográfico y pendiente de la Quebrada de Macul. Fuente: Servicio Nacional de Geología y Minería.

Antecedentes históricos de la zona

Año	Detonante	Tipo de flujo	Efectos
1908	Lluvia intensa	Flujo de barro y piedras	Desbordan el canal San Carlos.
1936	Lluvia intensa	Flujo aluvional.	Bloquea la pasada y arrasó con terrenos agrícolas en el cruce con el canal San Carlos.
1957	Lluvia intensa	Flujo aluvional.	Profundiza el cauce 2m y lateralmente 20m de ancho.
1982	Temporal	Flujo aluvional	Crece el caudal, generó el desborde del Zanjón de la Aguada deja calles cubiertas de barro. Se desborda el canal San Carlos en sector Lo Hermida.
1986	Tormenta	Flujo aluvional	Aumenta el caudal de la quebrada, depositando gran cantidad de sedimento.
1987	Derretimiento de nieve por lluvias	Crece el caudal, con mucho sedimento fino.	La comuna de Peñalolén quedó convertida en lodazal.
1993	Lluvia intensa	El flujo incluía bloques de roca, troncos de árboles y barro.	Remoción de masa, flujo sobrepasa cauce del Zanjón de la Aguada. Termina arrastrando camiones, galpones, etc.
2004	Lluvia intensa	Flujo de detritos	Afectó a vecinos del sector de Santa Sofía de Lo Cañas
2005	Lluvia intensa	Compuesto principalmente por grava arenosa.	Un flujo detritos afectó nuevamente a los vecinos del sector de Santa Sofía de Lo Cañas y generó un depósito.

Existen varios factores que facilitarían que un flujo de detritos ocurriera en esta zona. Principalmente, la existencia de intensas precipitaciones líquidas sobre las cuencas hidrográficas que drenan al sector oriente desde el sector cordillerano y el fenómeno denominado isoterma 0°C que asciende por encima de los 4000 m n.s.m durante estas precipitaciones, aumentando la superficie de captación, donde se encuentra la Quebrada de Macul. También existen antecedentes de su desborde, sin embargo, la construcción de las piscinas ha permitido que no vuelva a ocurrir este fenómeno. Por otro lado, existe también el Canal Las Perdices, que pasa por la calle las Perdices, uno de los límites del área de estudio, el cual también se considera una amenaza para el sector, ya que recientemente (2022), viviendas del sector Santa Sofía de Lo Cañas sufrieron daños debido a un flujo de detritos ocasionado por la activación de este canal.

El área de estudio, viviendas ubicadas aledañas a la Quebrada de Macul, abarca las construcciones ubicadas en la **Villa Santa Teresa, la Población Las**

Higueras, la Villa Santa Sofía de Lo Cañas, el condominio Altos la Arboleda y el Campamento Dignidad (toma Dignidad). Se elige esta zona debido a los antecedentes históricos que existen, como el aluvión del 93, ya que nuevamente se construyeron casas en el sector después del desastre. Hubo construcciones que desaparecieron (principalmente de madera), pero también hubo varias de ellas que no se destruyeron por completo (construcciones de hormigón y albañilería), en las que quedó su estructura en pie, información que sirve para proponer tipos de materialidades para las viviendas y porque algunas de éstas se ubican en zona de restricción, según el Plan Regulador Comunal de La Florida.

Existen dos tipos de viviendas que se encuentran en la zona de restricción por quebrada y de riesgo geofísico, además de la toma que está ubicada al borde de la quebrada. Esto ocurre debido a que estas construcciones estaban antes de la declaración de la ordenanza.

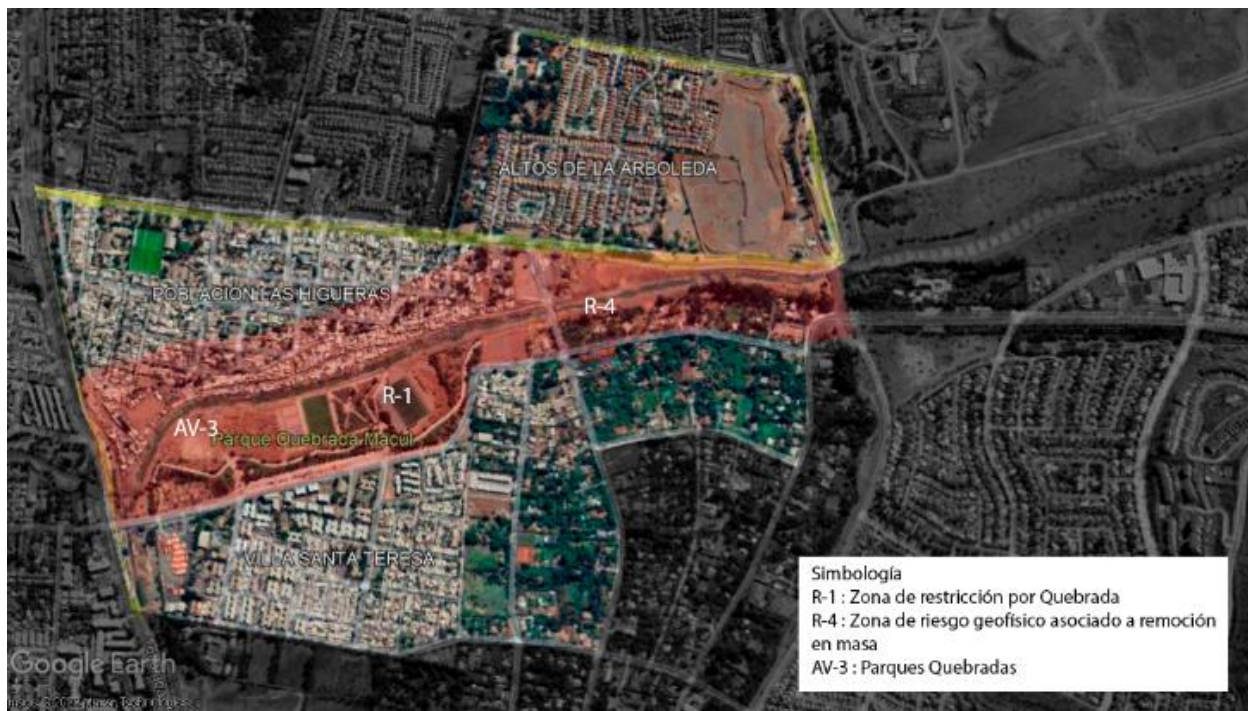


Fig. 4: Zona de estudio. Límites: Av Las Perdices, Tobalaba, Departamental y Maria Angelica. Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth.

En las zonas mencionadas anteriormente, se encuentran diferentes tipos de casas, con distintos diseños y materialidades. Hay que tomar en cuenta la distribución de las viviendas, los cierros, el ancho de las calles y la vegetación alrededor de ellas. En la

siguiente figura se muestran las vías principales que rodean la zona de estudio. Son importantes ya que sirven para determinar las posibles acciones que

permitan reducir el riesgo de la zona.



Fig. 5: Vías principales, Rojo: Avenida Departamental, Amarillo: María Angélica. Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth.

Las viviendas se dividen en dos clasificaciones, las que se encuentran en una zona de riesgo o restricción y las otras que cumplen con la Normativa según la Ordenanza Local de cada comuna (La Florida y Peñalolén).

Las viviendas que se encuentran en zona de riesgo son, por un lado, un sector de la **Villa Santa Sofía de Lo Cañas**, las que son viviendas aisladas, de material resistente (albañilería confinada, hormigón armado) pero también existen viviendas de materiales livianos (como madera, volcánita, OSB); por otro lado, están en terrenos amplios, algunas son una construcción en 7000m² (terreno promedio) mientras que, en otras, hay desde dos construcciones hasta más de 10. Además, la mayoría de las viviendas cuentan con cierros de aproximadamente dos metros de hormigón armado, muros de concreto o rejas metálicas, mientras que otras sólo cuentan con cierros de vegetación o mallas perimetrales.



Fig. 6: Zona de riesgo geofísico asociado a remoción en masa. Fuente: Elaboración propia en base a Plan Regulador Comunal.

Por otro lado, están las construcciones que se encuentran en la zona de restricción, en parte de la

población Las Higueras, donde hay viviendas aisladas y pareadas, todas diferentes al igual que en el caso anterior pero, en éstas, existe cierta similitud en el primer piso. En cuanto a su estructura, la mayoría son de materiales resistentes (albañilería principalmente) con ampliaciones de materiales livianos. A diferencia del caso anterior, el terreno es pequeño, 80-90m² para cada vivienda, con cierros de rejas metálicas, en su mayoría, muros de concreto y de hormigón armado.

En ambos casos, las calles que rodean a las viviendas están pavimentadas, con una medida de 6-7 m de ancho, sin embargo, en el sector de Santa Sofía hay pasajes o vías locales que no están pavimentadas, son de tierra, por lo que constituyen un factor de riesgo en caso de que haya un flujo de detritos.



Fig. 7: Vía pavimentada, calle María Angélica. Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth.



Fig. 8: Vía no pavimentada, calle local Villa Santa Sofía de Lo Cañas. Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth.

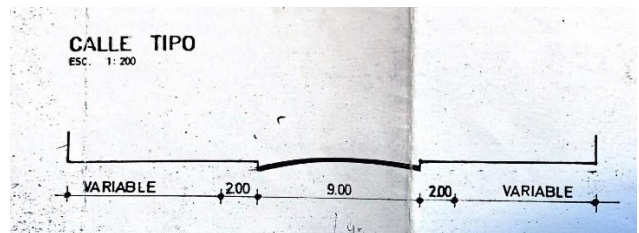


Fig. 9: "Calle tipo" de vías principales en Población Las Higueras. Fuente: Planos Municipalidad de La Florida.

Al estar bajo restricción para el desarrollo urbano, están excluidas de él, para ello se regulan por el Capítulo 8.2 del Plan Regulador Metropolitano de Santiago, el que señala *".. en estas áreas sólo se permitirán actividades de forestación y esparcimiento al aire libre, con instalaciones mínimas complementarias a dichas actividades y que no impliquen concentración masiva y/o permanencia prolongada de personas."* *"Las instalaciones no podrán alterar la topografía del suelo, como asimismo el escurrimiento natural de aguas provenientes de esteros y/o quebradas".* *"No se permitirán instalaciones o construcciones de ningún tipo en terrenos adyacentes a quebradas, a distancias inferiores a 40 m de cada costado de sus bordes, sin perjuicio de distancias mayores establecidas en casos específicos"*

Las viviendas ubicadas en zona de restricción no cumplen con ninguno de estos requisitos.

Según la Ordenanza Local, *"las construcciones y urbanizaciones que se ejecuten en Quebradas, deberán contar con los estudios y proyectos que aseguren el normal escurrimiento de las aguas y la protección de los bordes y laderas, los cuales deberán ser informados, favorablemente, por los organismos competentes que corresponda, previo a la autorización municipal. Asimismo, la recepción municipal sólo se efectuará previa conformidad de las obras derivadas de los proyectos antes señalados"*.

Hay construcciones ubicadas en la **Villa Santa Sofía de Lo Cañas** que no están regularizadas y tampoco se han presentado los proyectos a la Municipalidad, por lo que existe un alto riesgo, ya que son proyectos realizados sin un estudio de suelo previo ni de prevención de riesgos, por lo que hace más difícil reducir la vulnerabilidad física de las construcciones como de los habitantes.

Nombre de la Quebrada	Código	Tramo normado	Ancho mínimo faja restricción a c/ borde
De Macul (cauce principal)	O-11	Desde límite extensión urbana hasta canal San Carlos	100 m

De Macul (ramal secundario)	O-11	Desde límite extensión urbana hasta canal San Carlos	40 m
-----------------------------	------	------------------------------------------------------	------

Tabla 1: Extracción de tabla "Plan las áreas de Quebradas" especificado en la Ordenanza Local del PRMS. Fuente: Ordenanza Local del PRMS.

"Si como consecuencia de estudios específicos, resultaran anchos de restricción menores que los establecidos en el cuadro siguiente, se deberá respetar en cada caso el ancho mínimo de área verde fijado para los "Parques Quebradas", graficados en los planos RM-PRM-93-1.A.6. y RM-PRM-95-CH.1.C. y lo indicado en el Artículo 5.2.2.3. de la presente Ordenanza"*.

Las viviendas construidas a los costados de la Quebrada de Macul, no cumplen con los requisitos mínimos especificados en el PRMS, ya que existen viviendas a menos de 100 m, sin tomar en cuenta el campamento Dignidad que está a metros del cauce.



Fig. 10: Zona de restricción por Quebrada. Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth.

Las viviendas ubicadas en este sector de restricción no cuentan con los requerimientos mínimos establecidos, debido a que la Ordenanza Local de La Florida se modificó por última vez en el 2016 y las viviendas están ahí desde el año 1996, aproximadamente, ya que se construyeron un par de años después del aluvión del 93. Esta población se formó debido a la migración de la población que quiso volver a la zona donde se encontraban sus casas antiguamente, habitantes que habían trasladado a los departamentos ubicados en la Villa Santa Teresa. Debido a esto, se busca una manera de reducir el riesgo sin tener que destruirlas o sacar a las personas del sector.

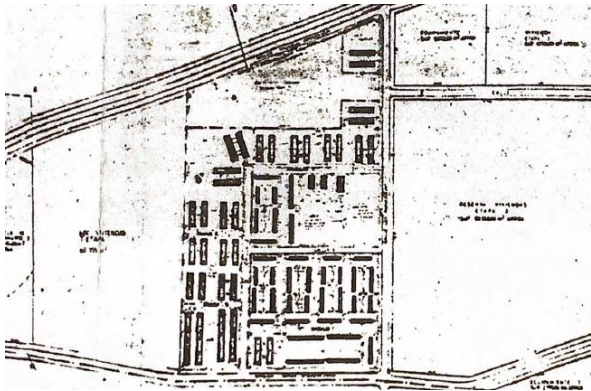
4.2 Caracterización constructiva de viviendas Villa Santa Teresa



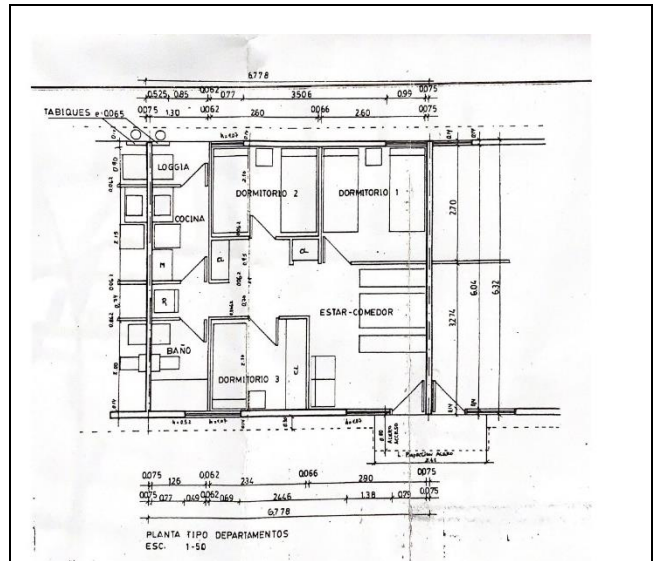
Fotografía de los blocks. Fuente: Google earth



Ubicación. Fuente: Elaboración propia en base a mapa de Google earth



Plano de Block de departamentos. Fuente: Municipalidad de La Florida.



Plano casa tipo A (Villa Santa Teresa)

Zona E-AM1 y E-AM3

Sistema constructivo: Albañilería confinada

Densidad bruta máxima : 110 - 185 viv/há

Superficie predial mínima: 210 - 700 m²

Altura máxima de edificación: 10,5 - 14,4 m

Antejardín mínimo: 3 - 5 m

Sistema de agrupamiento: Aislado y paredado

% mínimo de transparencia de cierros: 50%

Rasante: 70%

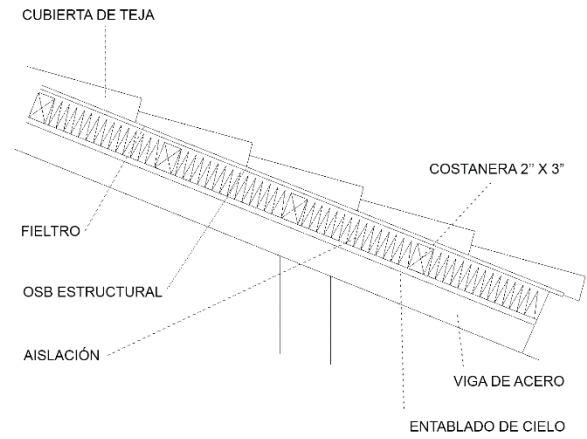
Uso preferente: Vivienda y equipamiento vecinal

Cierros: rejas metálicas, muros de concreto y de hormigón armado.

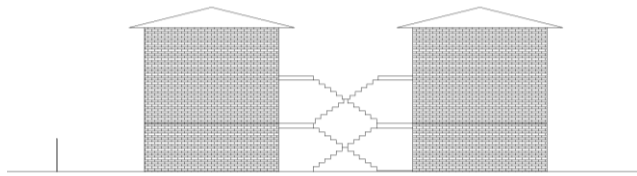
Este tipo de vivienda se ubica al sur-poniente de la Quebrada con una orientación norte, perpendicular a ésta. Son bloques de departamentos, con forma de paralelepípedo unidos de a dos, formando una H, como se muestra en las imágenes anteriores. Tiene un sistema constructivo de albañilería confinada, con edificaciones de 3 pisos, donde el primero está habilitado y no está elevado, sino que se encuentra a nivel del suelo. Al ser viviendas sociales, su estructura y sistema constructivo cumple con los requisitos mínimos de la ordenanza, sin embargo, en este sector también hay viviendas pareadas, sociales, que tienen construcciones irregulares (ampliaciones).



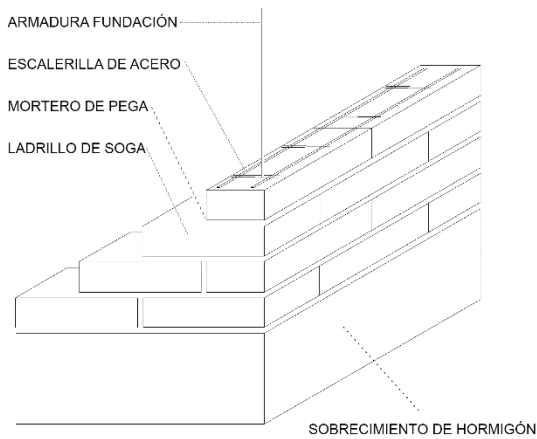
Esquema elevación frontis bloque Santa Teresa.
Fuente: Archivos Municipalidad de La Florida.



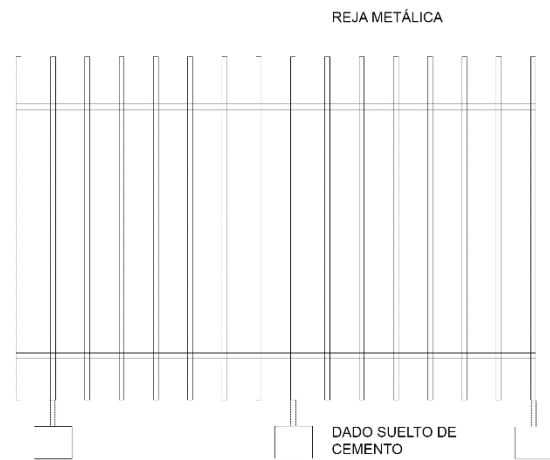
Esquema sistema constructivo techumbre bloque Santa Teresa.
Fuente: Archivos Municipalidad de La Florida.



Esquema elevación lateral bloques Santa Teresa.
Fuente: Archivos Municipalidad de La Florida.



Esquema sistema constructivo de bloque Santa Teresa.
Fuente: Archivos Municipalidad de La Florida.



Esquema cierre conjunto bloques Santa Teresa.
Fuente: Archivos Municipalidad de La Florida.

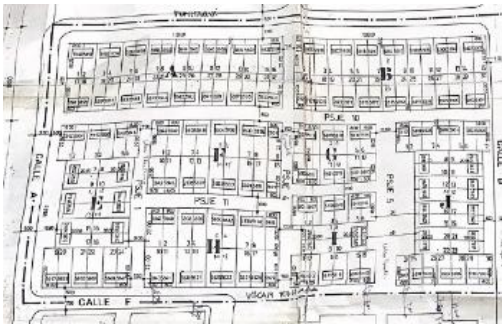
Población Las Higueras



Fotografía de la vivienda. Fuente: Google earth



Ubicación. Fuente: Elaboración propia en base a mapa de Google earth



Plano de loteo. Fuente: Municipalidad de La Florida



Plano casa tipo B (Población las Higueras)

Zona E-AB4

Sistema constructivo: Albañilería confinada y madera.

Densidad bruta máxima : 85 viv/há

Superficie predial mínima: 105 m²

Altura máxima de edificación: 8,4 m

Antejardín mínimo: 2m

Sistema de agrupamiento: Aislado y pareado

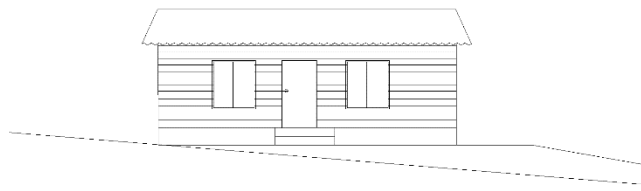
% mínimo de transparencia de cierros: 50%

Rasante: 70%

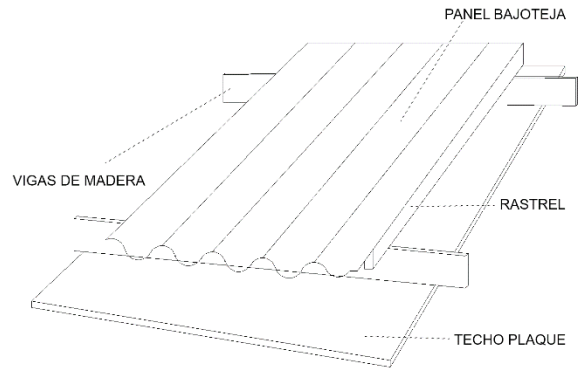
Uso preferente: Vivienda y equipamiento vecinal

Cierros: rejas metálicas, muros de concreto y de hormigón armado.

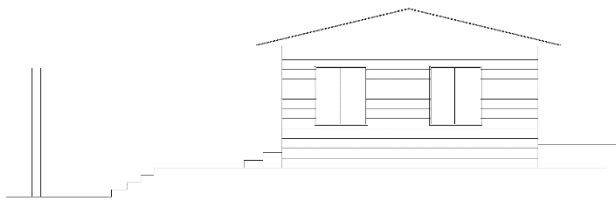
Este tipo de vivienda se ubica al nor-poniente de la Quebrada con distintas orientaciones cada una. Esta población se formó en consecuencia de que cada habitante construyera su vivienda, partiendo con permisos para una "caseta sanitaria", según recepción municipal, y ampliando con construcciones irregulares, teniendo como resultado una variedad de viviendas de distinto tipo y morfología, con una base común. Primero, hay viviendas que se encuentran en zona de riesgo, por otro lado, no existe un estudio previo sobre el riesgo existente en el terreno ni en el lugar y las construcciones irregulares aumentan dicho riesgo. Cabe destacar, que aún existen casas autoconstruidas en el lugar y que no todas las viviendas tienen los permisos necesarios.



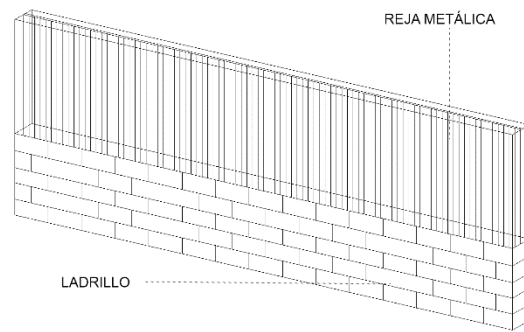
Esquema elevación frontis "vivienda tipo" de la Población Las Higueras.
 Fuente: Archivos Municipalidad de La Florida.



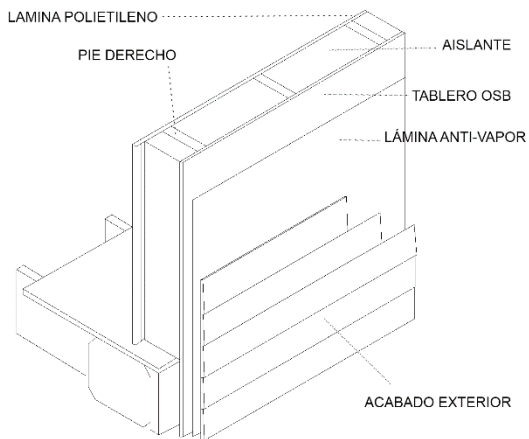
Esquema sistema constructivo techumbre.
 Fuente: Archivos Municipalidad de La Florida.



Esquema elevación lateral "vivienda tipo" de la Población Las Higueras.
 Fuente: Archivos Municipalidad de La Florida.



Esquema de cierre de viviendas.
 Fuente: Archivos Municipalidad de La Florida.



Esquema sistema constructivo de viviendas.
 Fuente: Archivos Municipalidad de La Florida.

Condominio Altos de la Arboleda



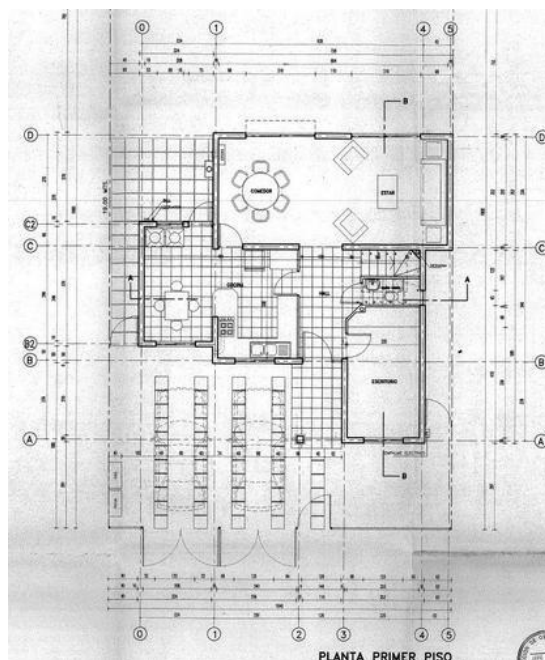
Fotografía de vivienda. Fuente: Google earth



Fotografía de viviendas. Fuente: Elaboración propia en base a Google earth



Plano de loteo. Fuente: Mapas SII



Plano casa tipo C (Altos de la Arboleda)

Zona A4

Sistema constructivo: Albañilería confinada

Densidad bruta máxima : 160 hab/há

Superficie predial mínima: 350 m²

Altura máxima de edificación: 2 -3 pisos - 7 - 9m

Antejardín mínimo: 5 - 7m

Sistema de agrupamiento: Aislado

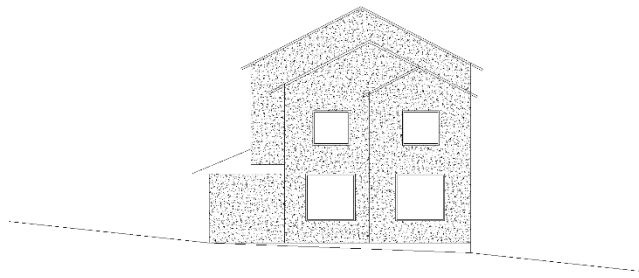
% mínimo de transparencia de cierros: 40- 60%

Rasante: 70%

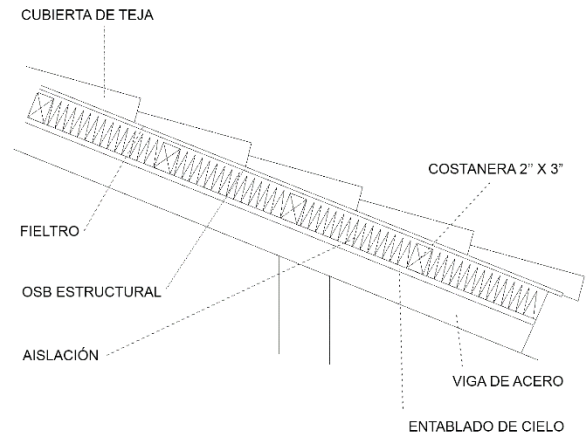
Uso preferente: Residencia mixta

Cierros: rejas metálicas, muros de concreto y de hormigón armado.

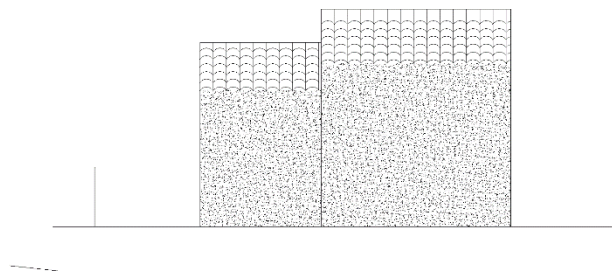
Este tipo de vivienda se ubica al nororiente de la Quebrada también con distintas orientaciones cada una. Este condominio es relativamente nuevo, son viviendas de dos a tres pisos, aisladas, con una morfología parecida entre ellas, como tres cubos intersectos, con una óptima calidad de construcción y un sistema constructivo de albañilería confinada. A diferencia de las anteriores, estas viviendas pertenecen a la comuna de Peñalolen y fueron construidas por una constructora, por lo que cumplen con todos los estudios y permisos que toman en cuenta todos los riesgos de la zona. Todas las calles están pavimentadas, al estar en pendiente las viviendas están con unos centímetros de altura y los cierros de éstas se conforman de fierros y madera.



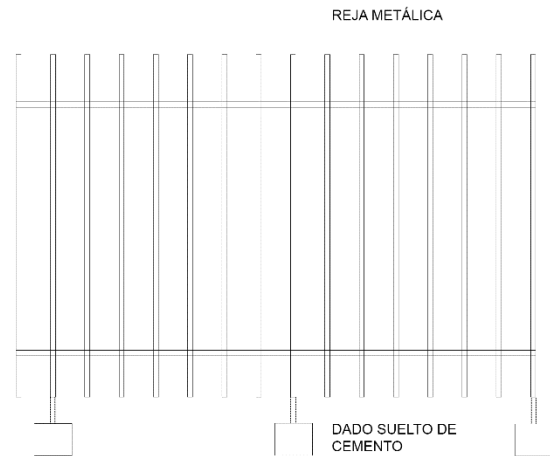
Esquema elevación frontis vivienda Altos de la Arboleda.
Fuente: Archivos Municipalidad de Peñalolén.



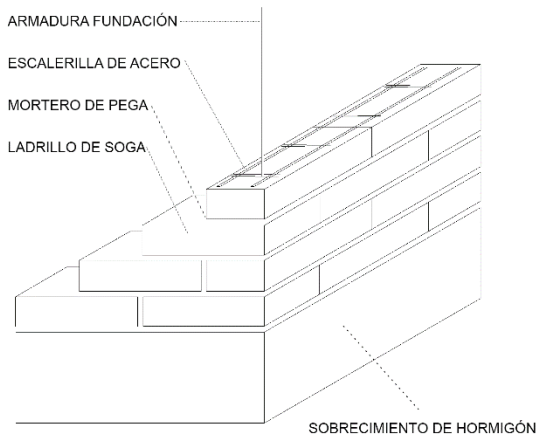
Esquema sistema constructivo techumbre de vivienda.
Fuente: Archivos Municipalidad de Peñalolén.



Esquema elevación lateral vivienda Altos de la Arboleda.
Fuente: Archivos Municipalidad de Peñalolén.



Esquema cierre de viviendas.
Fuente: Archivos Municipalidad de Peñalolén.



Esquema sistema constructivo vivienda.
Fuente: Archivos Municipalidad de Peñalolén.

Sector de Lo Cañas, Santa Sofia



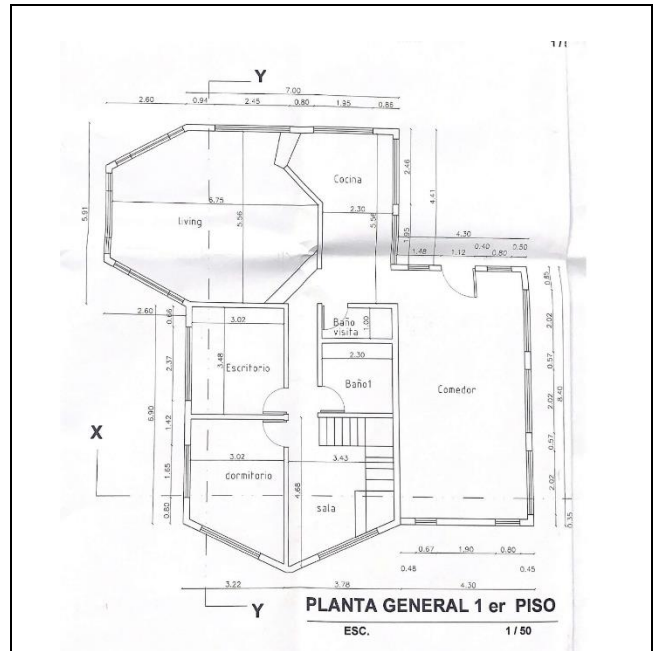
Fotografía de vivienda. Fuente: Google earth



Fotografía de vivienda. Fuente: Google earth



Plano de loteo. Fuente: Mapas SII



Plano casa tipo D (Villa Santa Sofia de Lo Caña)

Zona E-AB1

Materialidad predominante: Albañilería confinada y madera.

Densidad bruta máxima : 10 viv/há

Superficie predial mínima: 1000 m²

Altura máxima de edificación: 8,4 m

Antejardín mínimo: 8 m

Sistema de agrupamiento: Aislado

% mínimo de transparencia de cierros: 50%

Rasante: 70%

Uso preferente: Vivienda y equipamiento vecinal

Cierros: rejas metálicas, mallas perimetrales, muros de concreto y de hormigón armado.

Este tipo de vivienda se ubica al sur-orienté de la Quebrada con distintas orientaciones cada una y algunas de ellas se encuentran en una zona de riesgo. Estas viviendas se dividen en las que están autoconstruidas y las que están construidas por constructoras, por otro lado, también hay distintos tipos, desde casas pequeñas hasta bloques de departamentos de 3 - 4 pisos. Debido a esto, hay una gran variabilidad de calidades de construcción, algunas con materiales resistentes y sistemas constructivos como albañilería confinada, hormigón armado y madera, mientras que existen viviendas autofabricadas sin estudios de riesgo ni de suelo, sin permisos municipales, no existe recepción municipal de los proyectos o no concuerdan con lo construido. Por otro lado, es importante destacar que no todas las calles están pavimentadas, siendo éste un riesgo para la zona. Presentan cierros de gran altura y poca transparencia. Este tipo de vivienda, al igual que el tipo B, hay una gran variedad de sistemas constructivos, por lo que no se puede clasificar en un solo tipo.

Toma Dignidad



Fotografía de mediaguas autoconstruidas Campamento Dignidad. Fuente: Sitio web

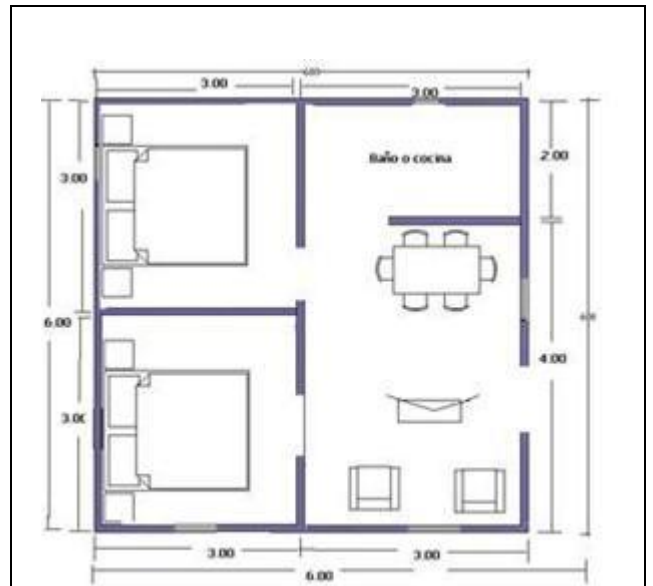


Fotografía de mediaguas autoconstruidas Campamento Dignidad y Canal San Carlos. Fuente: Sitio web



Ubicación. Fuente: Elaboración propia en base a mapa de Google earth.

Este tipo de vivienda está ubicado justo al lado del estero de la Quebrada al Norte de éste. Son todas viviendas autoconstruidas, irregulares e ilegales, no cuentan con ningún permiso de edificación, no existe recepción municipal de las viviendas y están en una zona de restricción. Son todas distintas, con diferentes orientaciones, sólo tienen en común la morfología y se deduce que tienen la distribución de una mediagua tipo. Las vías para llegar a estas viviendas no están pavimentadas y los cierros no existen. Este tipo de vivienda al ser un campamento irregular no existen registros de sistemas constructivos, techumbre ni cierros.



Tipo de vivienda: Viviendas autoconstruidas

Sistema constructivo: Madera

Tipo de cierre: Ninguno

Pisos: 1-2 pisos

Sistema de agrupamiento: Pareado

No cumple con la distancia mínima, entre la quebrada y las viviendas, establecida en la ordenanza.

4.3 Zonas seguras

Luego del análisis del sector de la Quebrada de Macul y según lo establecido por la Ordenanza local de la comuna de La Florida, se identifican las zonas seguras alrededor del estero.



Estas zonas son el resultado al restar las zonas de riesgo y respetar el artículo 5.2.2.3 de no construir a menos de 100 metros de distancia con el estero principal de la quebrada. Al ser así, también se incluye un sector de Peñalolén, al Poniente del Condominio Altos de la Arboleda, que respete la distancia mencionada anteriormente, por lo que se recomienda, para disminuir el riesgo de desastres, la continuación del Parque Quebrada como "buffer" con el fin de separar espacios y generar un espacio seguro para los habitantes.

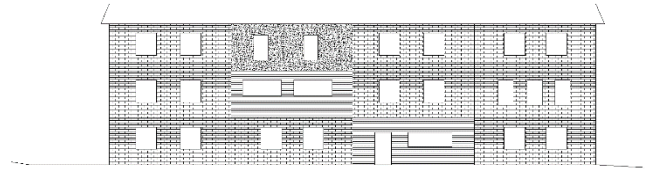
4.4 Vulnerabilidad

Las viviendas más vulnerables de esta investigación son las autoconstruidas y las que están ubicadas en zonas de riesgo y de restricción (tipo B y D) debido a que no cuentan con los permisos municipales para estar en esos sectores, como se muestra en los anexos, no cuentan con los requisitos mínimos según la Ordenanza Local (de las comunas de Peñalolén y La Florida) y carecen de sistemas constructivos que permitan asegurar la vida frente a un desastre.

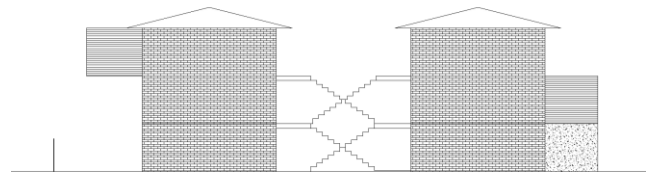
Los factores de vulnerabilidad presentes en los casos anteriores, son:

- Ubicación
- Sistema constructivo
- Suelo (pendiente de 5,8°)
- Cierros
- Vías adedañas

A continuación se muestra un esquema de uno de los múltiples casos, existentes en estas zonas, de viviendas vulnerables debido a construcciones irregulares, cierros que no protegen de nada y sistemas constructivos débiles.



Esquema de vivienda con construcciones irregulares.



Esquema de vivienda con construcciones irregulares.

Esta vulnerabilidad se puede reducir en ciertos casos, como lo son en las zonas no seguras, donde no deberían haber edificaciones de ningún tipo. Por otro lado, para las construcciones ya existentes en el lugar, se puede modificar los requisitos mínimos de la Ordenanza, ya sea el cierro o las vías que las rodean, exigiendo un ancho mínimo de vías y que estén pavimentadas y un cierro que minimice los daños que pueda sufrir la vivienda exigiendo que se conformen de un material resistente (cemento) y una altura considerable.

En el caso de construcciones futuras, se recomienda exigir un sistema constructivo que asegure la vida (hormigón armado, albañilería confinada o armada), permitiendo así estructuras más fuertes y resistentes tomando en cuenta el costo-beneficio, reduciendo así la vulnerabilidad de las viviendas. Por otro lado también se recomienda integrar en el sistema constructivo de las edificaciones muros de contención y elevar las viviendas para reducir el riesgo al que están expuesto debido al flujo de detritos en las viviendas y así mismo reducir los daños producidos por este mismo.

Según estudios sobre obras o sistemas que sirven como protección contra aluviones se recomienda el uso de muros de contención debido a que su función es resistir a las fuerzas ejercidas por tierra contenida, transmitiendo esas fuerzas a la fundación.

Como es en el caso de los flujos de detritos, el muro ejerce una fuerza para mantener la masa inestable y transmitir esa carga hacia la cimentación o zona de anclaje.

Existen varios tipos de estos, dependiendo de su estructura (rígida y flexible) y del material con el que se construyan (concreto reforzado, simple, ciclópeo, de llantas o piedras) van a adaptarse al movimiento y tendrán distintas resistencias.

Teniendo en cuenta lo anterior, se propone integrar este sistema, acorde a las necesidades, a las construcciones en zonas más vulnerables debido a riesgo de flujo de detritos en la Quebrada de Macul, incluyendo el requisito de pavimentación de vías locales y principales, además del sistema constructivo de cada vivienda.

4.5 Riesgo

El riesgo presente en esta zona se produce al combinar la amenaza (flujo de detritos), y los aspectos vulnerables presentes (la mala ubicación de las viviendas, los materiales, los sistemas constructivos, las vías y los cierros) teniendo como consecuencia la probabilidad de perder vidas al no tener un lugar donde refugiarse ni una vía por la cual evacuar a tiempo y perder el 100% de las viviendas al no poder resistir el desastre.

En algunas viviendas como las del tipo B, C y el campamento Dignidad, en zonas no seguras, no se puede reducir el riesgo ya que su ubicación no permite que ninguna medida de prevención sirva, independiente de que se modifiquen todos los otros factores de vulnerabilidad.

Al tener en cuenta lo importante que son los estudios previos a construir una edificación, se pueden reducir y prevenir riesgos, la importancia de conocer el suelo donde se quiere construir, la cercanía a las quebradas (subterráneas y superficiales), la pendiente y los antecedentes de la zona, por otra parte, para construir una vivienda asesorarse con profesionales o tener en cuenta todos los requisitos mínimos para vivir en un espacio seguro.

Finalmente al estar ubicada en la zona precordillerana, se asume un riesgo al construir ya que lluvias fuertes y prolongadas pueden ser detonante del desborde de un estero o de un flujo de detritos, por lo tanto, al ser un área montañosa y tener muchas quebradas la vulnerabilidad física puede ser mínima pero imposible que desaparezca.

5. Conclusiones

La vulnerabilidad presente en las viviendas se puede reducir en ciertos casos, identificando si los factores de vulnerabilidad se pueden modificar o no, mientras que el riesgo siempre va a existir debido a que la amenaza a la que se enfrenta la zona de la Quebrada de Macul se produce por fenómenos naturales que no dependen directamente de las acciones del ser humano.

En cuanto a las viviendas que se ubican en zona de riesgo, se concluye que estructuralmente no cumplen con los requisitos mínimos para estar ubicadas en ese sector, además de los antecedentes, por lo que su nivel de vulnerabilidad física es alta. Por otro lado, las viviendas que se encuentran en las zonas seguras, aunque no todas cumplen con autorizaciones municipales o estudios de suelo, se encuentran a una distancia óptima del estero, su nivel de vulnerabilidad dependerá de su sistema constructivo y tipo de cierre debido a que se ubica a los pies del cono aluvional, por lo que el riesgo de sufrir daños existe.

En base a lo anterior, se sugieren sistemas de construcción que podrían reducir la vulnerabilidad física de las viviendas ubicadas a más de 100 m del estero de la Quebrada de Macul, al igual que se sugiere extender el Parque Quebrada para reducir el riesgo de las mismas.

Referencias

- División de Protección Civil y Academia de Protección Civil. Subdirección de Gestión del Riesgo. Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública- ONEMI (2021). Glosario: Gestión del Riesgo de Desastres. Página web: <https://repositoriodigital.onemi.gov.cl/handle/123456789/4171>
- Utreras, J.(2015). Zonas de Riesgo en la Quebrada de Macul Comuna de La Florida. Actualidad territorial, Biblioteca del Congreso Nacional. Recuperado de https://www.bcn.cl/siit/actualidad-territorial/zona-de-riesgo-en-la-quebrada-de-macul/document_view2 29.03.2022
- Artículo 5 de 2015 [Secretaría Ministerial Metropolitana de Vivienda y Urbanismo]. Ordenanza Plan Regulador Metropolitano de Santiago. Octubre del 2007. <https://ciperchile.cl/pdfs/2015/03/mineria-maipu/PRMS.pdf>

- Título IV.[S.A]. Ordenanza Local. Actualización del Plan Regulador Comunal de Peñalolén. 2009. https://planreguladorcomunal.files.wordpress.com/2009/06/ordenanza_prc_penalolen.pdf
- Artículo 10 y 14. [S.A]. Ordenanza Local. Plan Regulador Comunal de La Florida. http://www.muniflorida.cl/transparencia/1_7/ORDENANZA%20FLORIDA%20PRC.pdf
- Artículo 32. Yuretic et all. Texto refundido Ordenanza local. Plan regulador comunal La Florida. Septiembre 2016. <https://www.laflorida.cl/sitio/wp-content/uploads/2020/01/Ordenanza-Local-vigente.pdf>
- Iturriaga, M. Plano de loteo Villa Santa Teresa. [Plano]. Esc 1:500. Venta por piso ley 6071. 24 de Enero de 1995.
- Hevia, P. Loteo Población Las Higueras (Nuevo amanecer). [Plano]. Esc 1:500. Loteo Población Nuevo Amanecer. S.f.
- Sepúlveda, S. (1998). Metodología para evaluar el peligro de flujos de detritos en ambientes montañosos. Universidad de Chile. https://portalgeo.sernageomin.cl/Informes_PD/RMET-147.pdf
- Naranjo y Varela (1993). Flujos de detritos y barro que afectaron el sector oriente de Santiago el 3 de Mayo de 1993. <https://biblioteca.sernageomin.cl/opac/index.asp?param=o%AD%88%92bn%95%8Bs&Op=3>
- Rodriguez, D. (2018). Actualización mapa de riesgos de aluviones, sector Quebrada de Macul. [Presentación de prezi]. Recuperado de: https://prezi.com/p/jas-cokaoyk_/actualizacion-mapa-de-riesgos-de-aluviones-sector-quebrada-de-macul/
- S.A. (03 Mayo 2018). 25 años del aluvión de la Quebrada de Macul. Cuerpo de bomberos de Ñuñoa. <http://www.cbn.cl/sitio4/noticias/4011-25-anos-del-aluvion-de-la-quebrada-de-macul.html>
- Pivalica, D. (2017). Sistemas de contención de aluviones para la Quebrada de Lo cañas en la comuna de la florida. [Tesis]. https://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/5017/a120169_Pivalica_D_Sistemas_de_contencion_de_aluviones_2017_Tesis.pdf?sequence=1
- Montserrat, S (2005). Estudio experimental de obras de protección contra aluviones. [Tesis]. https://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2005/cf-montserrat_sm/pdfAmont/cf-montserrat_sm.pdf
- Ferrando, F (2014). Determinación de amenazas y análisis de riesgo del sector precordillerano de la Comuna de La Florida. Geógrafo. <https://www.laflorida.cl/web/wp-content/uploads/2021/07/Informe-Final-Estudio-Amen-Ries-LaFlorida-2013.pdf>
- Rojas, S (2009). Diseño de muros de contención sector la aguada comuna de Corral. [Tesis no publicada]. Universidad Austral de Chile. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/bmfcir7411d/doc/bmfcir7411d.pdf>

Anexos

Anexo 1: Pronunciamiento sobre loteo Santa Sofia de Lo Cañas.

Anexo 2: Planimetría caseta sanitaria.

Anexo 3: Boleta de permiso para edificar Población Las Higueras

Anexo 4: Información sobre terreno en Poblacion Las Higueras.

Anexo 5: Boleta de permiso para ampliación Poblacion las Higueras.

Anexo 6: Certificado recepción municipal.

Anexo 7: Planimetría.

Todos los anexos están disponibles en la carpeta web:

<https://drive.google.com/drive/folders/1XrFyfJU7qgc9MdlIH1STlw1UKIKT-Hi?usp=sharing>