

# INVESTIGACIÓN PROYECTUAL: VIVIENDA ELEVADA ADAPTADA AL RIESGO DE INUNDACION

PROPUESTA PARA UN HABITAR ADAPTATIVO EN LA LOCALIDAD DE LAGUNA VERDE

## MARCO TEORICO INTRODUCCION CONTEXTO

La presente investigación se enmarca dentro la investigación FONDECYT DE INICIACIÓN 11200300, la cual se titula "Adaptabilidad de la forma arquitectónica y entorno próximo para edificaciones emplazadas dentro de las zonas de riesgo de inundación en la Región de Valparaíso". El contexto de la investigación aborda la adaptación de forma arquitectónica y entorno como una posibilidad de revertir la vulnerabilidad en edificaciones y aumentar la resiliencia de asentamientos costeros emplazados en zonas de inundación, con el objetivo de proponer una tipología de edificación o arquitectónica desde la adaptación, y en el marco del ciclo de la resiliencia ante la amenaza de inundación costera por tsunamis o marejadas.

Los principales factores que motivan la presente tesis son el cambio climático, la sociedad globalizada y la revolución tecnocientífica, considerándose fenómenos definitorios (y/o revolucionarios). La protección de la vida tanto de animales como personas, y el reconocimiento y valorización de la identidad de las comunidades. Se tomarán los conceptos de adaptabilidad y resiliencia, apuntando hacia un desarrollo integral y sistemático, que convive con los sistemas naturales, entendiendo los eventos de inundaciones como parte de los sistemas naturales. Desde esta perspectiva, es posible deducir que, un evento de inundación por tsunami o marejada no es un desastre en términos de sistemas naturales, porque estos son resilientes; conviven con el evento y se recuperan, en un ciclo, resultado de la evolución de los ecosistemas durante miles de años y, por ende, el concepto de desastre ante un evento natural es propiamente humano.



Contexto de Laguna Verde y el acantilado sur de Valparaíso, que termina en la playa grande. Ambos elementos forma la bahía. Fuente: Elaboración Propia

## REVISIÓN DE LO CONCEPTUAL

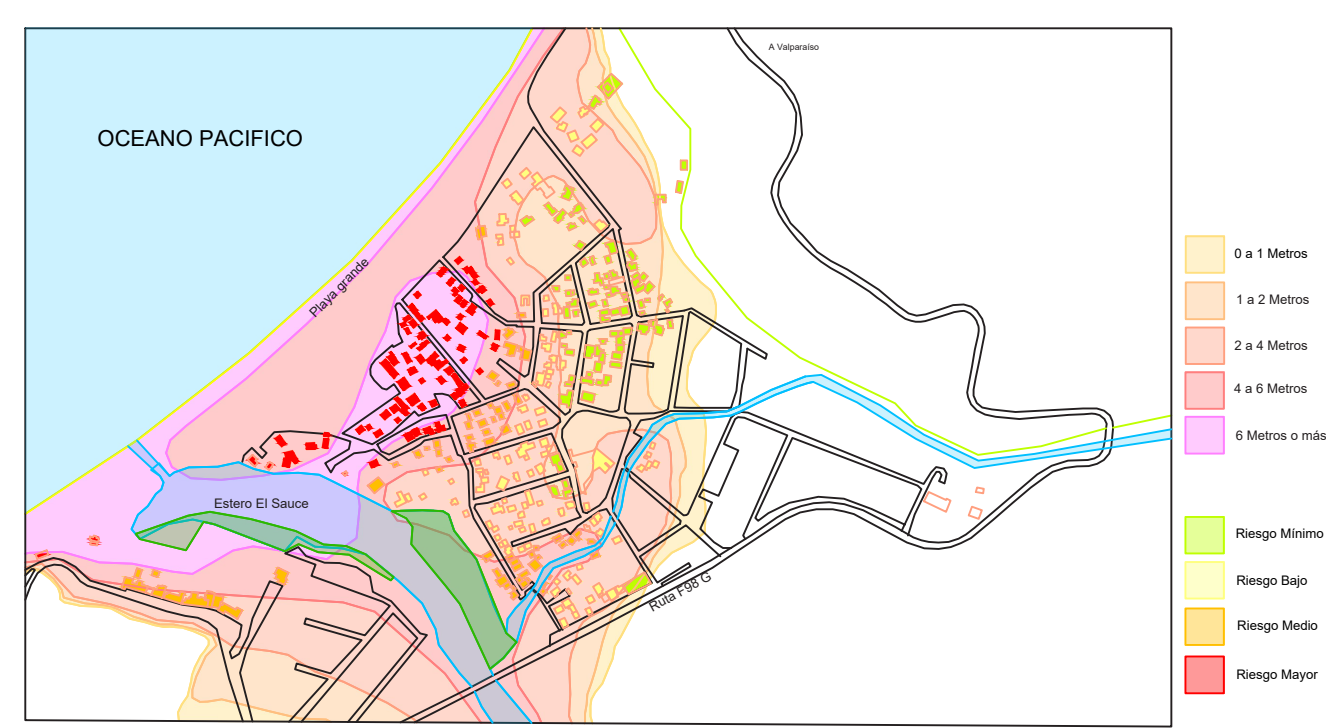
Los mayores establecidos son el cambio climático y sus manifestaciones en los territorios, siendo en el caso de la región de Valparaíso, la disminución de las lluvias, y el aumento de la intensidad de los eventos atmosféricos, como son los temporales y marejadas (Iguait et al. 2019). Por otra parte, la costa de esta región al igual que la mayor parte del país está sometida al riesgo de eventos sísmicos de gran intensidad y tsunamis (Cereceda, 2011). La construcción de la ciudad se ve en la necesidad de responder con exigencias en cuanto a calidad y aplicaciones especiales al diseño arquitectónico para enfrentar estas amenazas y mitigar los daños que provocan los eventos a los sistemas, infraestructura y población de los países. Esta mitigación se puede dar de varias maneras, no sólo consiste en construir estructuras que resistan, sino también construir con resiliencia, gestionando el riesgo y el desastre.

El manual de construcciones costeras de la agencia federal para el manejo de emergencias de Estados Unidos (FEMA por sus siglas en inglés) dentro de sus recomendaciones previas a la construcción indica que se debe aspirar a romper con el ciclo del paradigma tradicional bajo la siguiente premisa "Se debe romper el ciclo desastre - reconstrucción - desastre, para esto es necesario que la comunidad encargada del diseño y la construcción incorporen lecciones aprendidas de eventos anteriores, para prevenir caer en los mismos errores" (FEMA, 2011). Esto apunta a abordar el ciclo de un desastre desde la resiliencia. Por último, cabe mencionar la valorización y ciudades de los sistemas naturales como proveedores de servicios ambientales para los asentamientos, como lo son la humedad, el control de plagas, el banco de arena de la playa, entre otros.



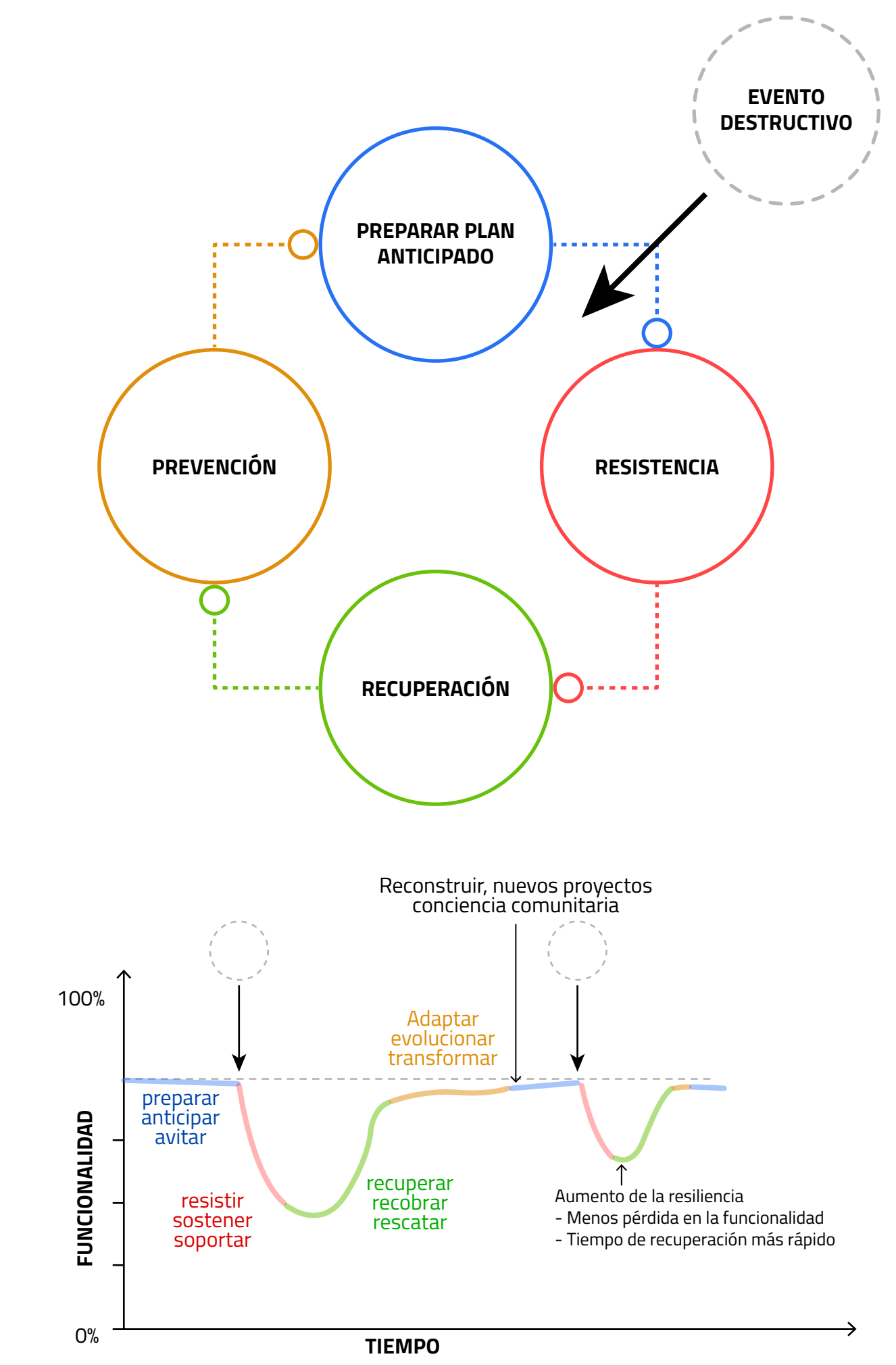
Contexto de Laguna Verde y su humedal, con las casas situadas en partes bajas y enfrentadas al mar. En este lugar se convive no sólo con el riesgo de inundación, también con la rica biodiversidad. Fuente: Elaboración propia

## CARTA DE INUNDACIÓN DE LAGUNA VERDE



Plano esquemático de la localidad urbana de Laguna Verde, elaborado a partir de la carta CISTU (SHOA) donde se grafican los niveles de inundación que se pueden alcanzar por tsunamis en un peor escenario conciso. (Elaboración propia)

## ESQUEMA DE RESILIENCIA



Ciclo de la resiliencia, elaboración propia a partir de Rosati et al. (2015)

Hipótesis	Objetivos	Metodologías
<b>Hipótesis General (FONDECYT 11200300)</b> Actualmente existen zonas que muestran una alta vulnerabilidad ante inundaciones costeras en la región de Valparaíso, tanto para marejadas como tsunamis. Debido a esta realidad, se postula que la incorporación de formas arquitectónicas y emplazamiento adaptados permitirán reducir la vulnerabilidad, disminuyendo los tiempos y recursos empleados en la recuperación de viviendas luego de un evento de inundación.	<b>Objetivo General (FONDECYT 11200300)</b> Investigar las posibles formas de adaptación arquitectónica y emplazamiento para edificaciones en zonas de riesgo de inundación por marejadas o tsunamis en la región de Valparaíso.	<b>Método 1 - Estudio de datos territoriales y ocupación</b> Conocer a través de datos censales, imágenes satelitales, investigaciones académicas y científicas e identificación de tipologías de viviendas existentes, el estado de la vulnerabilidad ante los riesgos de inundación por tsunami o marejadas, así como el paradigma del habitar y el crecimiento del sector de la playa grande de Laguna Verde.
<b>Hipótesis específica 1</b> El paradigma de habitabilidad del territorio en estudio puede verse mejorado en términos de seguridad y minimización de tragedias humanas y materiales ante desastres naturales mediante la aplicación de una tipología constructiva elevada con columnas como parte de un sistema resiliente.	<b>Objetivo específico 1</b> Identificar el paradigma de la habitabilidad del sector de la playa grande de Laguna Verde, indagando los tipos de vivienda existentes, su estatus legal y el nivel de vulnerabilidad ante el riesgo de inundación.	<b>Método 2 - Análisis normativo y límites del diseño</b> Investigar normativas y casos internacionales comparando estructuras elevadas y sistemas de resiliencia existentes como referentes, a través de revisiones bibliográficas.
<b>Hipótesis específica 2</b> El sistema constructivo de PVC relleno en hormigón armado para la construcción de columnas resistentes a una acción económica y viable para la construcción de viviendas elevadas en Laguna Verde.	<b>Objetivo específico 2</b> Evaluar el sistema constructivo de columnas de PVC relleno con hormigón armado como una alternativa económica para ser utilizada en viviendas elevadas en Laguna Verde.	<b>Método 3 - Experimentación formal y constructiva</b> Graficar con planimetrías y esquemas posibles propuestas de estructuras elevadas y modelos conceptuales que expliquen la resiliencia comunitaria.
<b>Objetivo Específico 3</b> Proponer una tipología de edificación residencial elevada para enfrentar la problemática de la habitabilidad del asentamiento y la vulnerabilidad ante el riesgo de inundación por tsunami o marejada en Laguna Verde.	<b>Método 4 - Pruebas de modelos</b> Validación de la tipología de edificación en elevación, mediante pruebas hidráulicas de un modelo físico en canal de oleaje, pruebas sísmicas, pruebas en software de modelado y flujos, y consultas estructurales.	

## ESTRUCTURA DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

Se elige el sistema constructivo de hormigón con PVC como sistema constructivo de interés para la investigación, debido a que es una alternativa bastante atractiva a primera vista, por su economía respecto al precio de los materiales y el ahorro del moldeaje de PVC, ya que al no ser desmoldado, este cumple una doble función: una estructural y otra de protección contra los factores ambientales que puedan provocar la degeneración del elemento.



Vivienda en Laguna Verde, elevada, con las fundaciones realizadas en PVC relleno de hormigón. Este sistema se comienza a replicar en el sector, y genera interés debido a su economía y facilidad en el moldeaje.



Fundación construida en Laguna Verde, se observa una pieza de hierro de armadura en el medio, probablemente para generar la unión con madera

## LUGAR

### LAGUNA VERDE

El asentamiento de Laguna Verde surge a partir de la instalación de la planta Termoeléctrica de AES Gener en el año 1939, a partir de entonces se forma un pequeño villorrio que sirve habitacionalmente a la planta, y junto con eso se instalan algunos servicios como bomberos y escuela (SEPLA 2018). En los últimos años la localidad de Laguna Verde se ha transformado en un foco a nivel nacional de tomas de terrenos y ventas ilegales de loteos, haciendo que su habitar y sus dinámicas urbanas se den principalmente desde la informalidad.

Esto provoca una serie de consecuencias, como la escasez en el abastecimiento de agua, falta de regulación y precarización en la construcción, edificación en lugares de alto riesgo (inundación, incendios), entre otros (SEPLA 2018). Dentro del Plan regulador metropolitano del gran Valparaíso, se considera el sector de la Playa grande como zona urbana, sus alrededores hacia el sur como zonas de extensión urbana. La apertura de la bahía tiene una dirección Nor-oeste, por lo que está protegida del viento sur, sin embargo, los temporales provenientes del norte pueden generar marejada, al igual que un tsunami viniendo de la misma dirección generado por un sismo.

### CONCEPTOS DE RESILIENCIA Y ADAPTABILIDAD

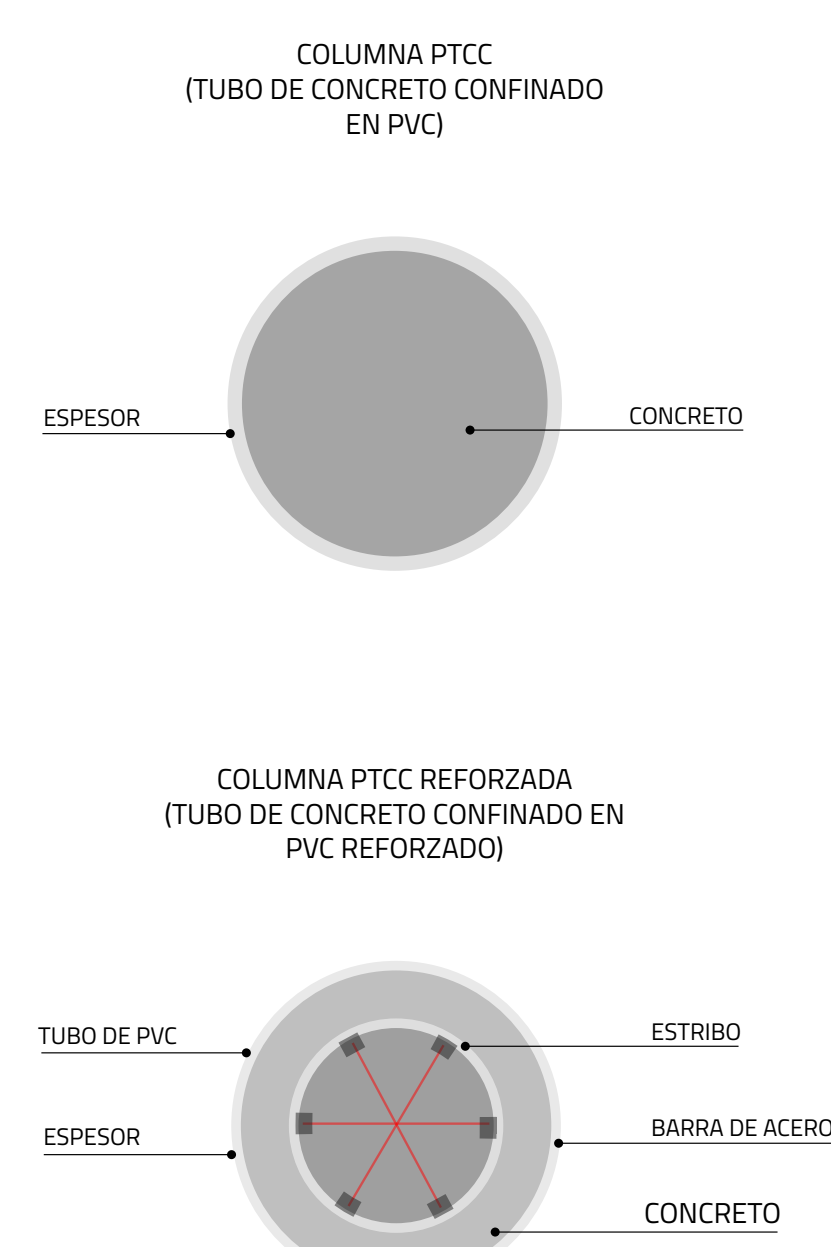
El sentido de la estabilidad en relación con los sistemas humanos y naturales está dado por los conceptos de resiliencia, adaptabilidad y "transformabilidad", definiéndose como la capacidad de un sistema en absorber alteraciones y reorganizarse mientras experimenta cambios, manteniendo sus funciones esenciales, estructura, identidad y retroalimentaciones. Desde la ocurrencia de la perturbación en el sistema, primero ocurre la resistencia, luego el proceso de recuperación, rehabilitando los aspectos dañados, luego ocurre la recuperación y posteriormente la adaptación, donde el sistema cambia considerando el aprendizaje obtenido desde ocurrido el evento. El proyecto estudia un elemento arquitectónico que permita incorporar a la vivienda dentro de un sistema de resiliencia. La estrategia consiste elevar la vivienda mediante columnas capaces de resistir un evento de inundación, tener una capacidad de recuperación y de adaptación, teniendo una mejor respuesta ante futuras perturbaciones, reducir daños y permitir recuperarse más rápido frente a futuros desastres.

### LA VULNERABILIDAD FÍSICA Y EL RIESGO DE INUNDACIÓN

Cuando ocurre un evento natural con características de devastación para el humano, queda expuesto el nivel de vulnerabilidad de la población afectada. En el proceso de identificación de variables físicas de un desastre, existen dos paradigmas de interrelación conceptual; El paradigma dominante que busca retornar a la misma normalidad anterior a un desastre, bajo una respuesta centralizada y jerarquizada y el paradigma de la vulnerabilidad social que busca la participación activa de los miembros de la comunidad, para asegurar el derecho a sobrevivir y proteger la calidad del medioambiente, en el caso de Laguna Verde cabe mencionar que la habitación informal puede aumentar la vulnerabilidad, lo que podría provocar un desastre de mayores proporciones.

### CUADRO DE DESARROLLO METODOLÓGICO

En este cuadro se estructura la información y se define la materia a investigar dividida en objetivos, definiendo los métodos a utilizar, como actividades de investigación, con el fin de comprobar la hipótesis, es decir, la viabilidad del sistema constructivo propuesto para el caso estudio, situado en Laguna Verde.



Cortes esquemáticos de un pilar de PVC relleno de hormigón en versiones con hormigón simple y armado. (Fuente: Elaboración propia a partir de Janaludín et al. 2015)

## METODO 1: ESTUDIO DE DATOS TERRITORIALES Y OCUPACIÓN

Conocer a través de datos censales, imágenes satelitales, investigaciones académicas y científicas e identificación de tipologías de viviendas existentes, el estado de la vulnerabilidad ante los riesgos de inundación por tsunami o marejadas, así como el paradigma del habitar y el crecimiento del sector de la playa grande de Laguna Verde. El sitio donde se desarrollará el proyecto práctico de la investigación se ubica en Laguna Verde, Región de Valparaíso en la calle llamada camino a la playa, entre las calles norte y uno sur. Corresponde según cartografía del SII a las manzanas 9029 y 9030, y a los datos del INE para el Censo de 2017 las manzanas MZ-78 y MZ-79 del sector.

MANZANA 78	CANTIDAD
A. Habitantes	20
B. Viviendas particulares	22
C. Viviendas tipo mediana	3
D. Viviendas/ materialidad de tabiquería forrada	8
E. Viviendas/ materialidad de tabiquería sin forrar	3
F. Viviendas/ materialidad de planchas metálicas, zinc, etc.	9
G. Viviendas/ materialidad de piso terminado	9
H. Viviendas/ con origen de agua por red pública	4
I. Viviendas/ con origen de agua por pozo	5
J. Viviendas/ con origen de agua por camión aljibe	0

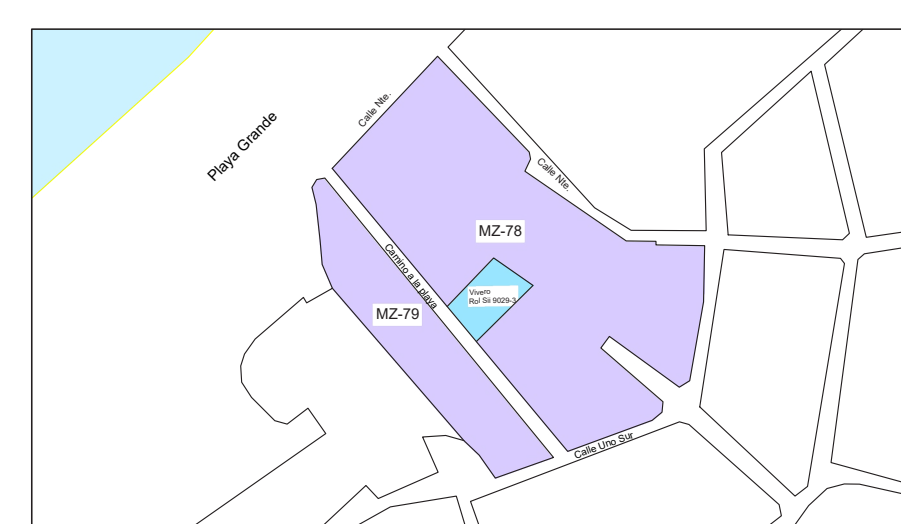


Tabla y mapa de elaboración propia a partir de catastro Censo 2017 INE.

## METODO 2: ANÁLISIS NORMATIVO Y LÍMITES DE DISEÑO

Se realiza una revisión de normativas para el sector y manuales internacionales con recomendaciones para el diseño de viviendas en lugares con riesgo de inundación. Se revisó el PRC de Valparaíso y el Plan Regulador Metropolitano del Gran Valparaíso PREMMAL, junto a la OGC y la norma Chilena NCH 3363, encontrándose incongruencias entre las normativas. Una de las principales, consiste en que la Norma NCH 3363 recomienda la construcción de viviendas elevadas en zonas de inundación y la normativa de planificación local a través del PRC o el PREMMAL no mencionan la necesidad de consultar la NCH 3363, además no existe claridad sobre las alturas máximas de edificación, o elevaciones mínimas según el riesgo.

Como parte de las conclusiones, es posible recomendar una mayor revisión de las normas de construcción para permitir y motivar edificaciones que funcionen adaptadas al riesgo y dentro de sistemas de resiliencia urbana. Un ejemplo de eso es permitir las viviendas elevadas.

En ese mismo contexto los manuales FEMA P55 y P499 de las agencias estadounidenses, explican la zonificación existente para todos los lugares con riesgo de inundación ya sea costera, ribereña, o de cualquier tipo. Esta zonificación permite conocer el nivel de riesgo donde se espera construir y así tomar una decisión adecuada al riesgo. Esto también es una recomendación para aportar en la completitud de las normas chilenas.

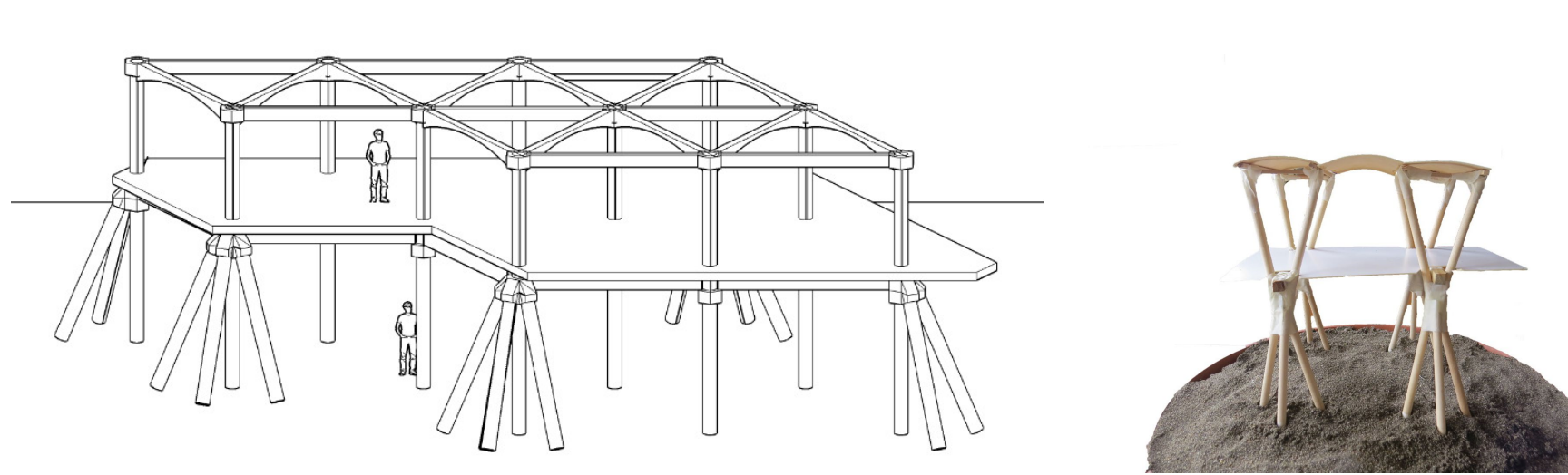
## METODO 3: EXPERIMENTACIÓN FORMAL Y CONSTRUCTIVA

En el método 3 se proyecta mediante esquemas y dibujo planimétrico, distintas propuestas estructurales, aplicando los conocimientos obtenidos de los métodos anteriores. Las columnas altas deben ser por lo menos de 30 cm de diámetro, por lo que se propone una solución de 3 columnas convergentes debido a la restricción que se tiene desde el PVC, ya que los tubos que se encuentran en el mercado no superan los 20 cm de diámetro. Por otro lado se recomienda que el interior del tubo sea de hormigón armado, ya que el PVC por sí solo, no brinda soporte estructural.

Se aconseja que la fundación del pilote sea pre excavada, por la dificultad de pilotar un pilar de PVC y Hormigón.

De la experimentación constructiva y las consultas con el ingeniero se busca validar una forma para la estructuración que pueda llevar todas las cargas con éxito al suelo, ya sean cargas propias de la estructura, u otras generadas por fuerzas sísmicas, o producto de inundaciones como las boyantes, fuerzas horizontales por flujo o impacto.

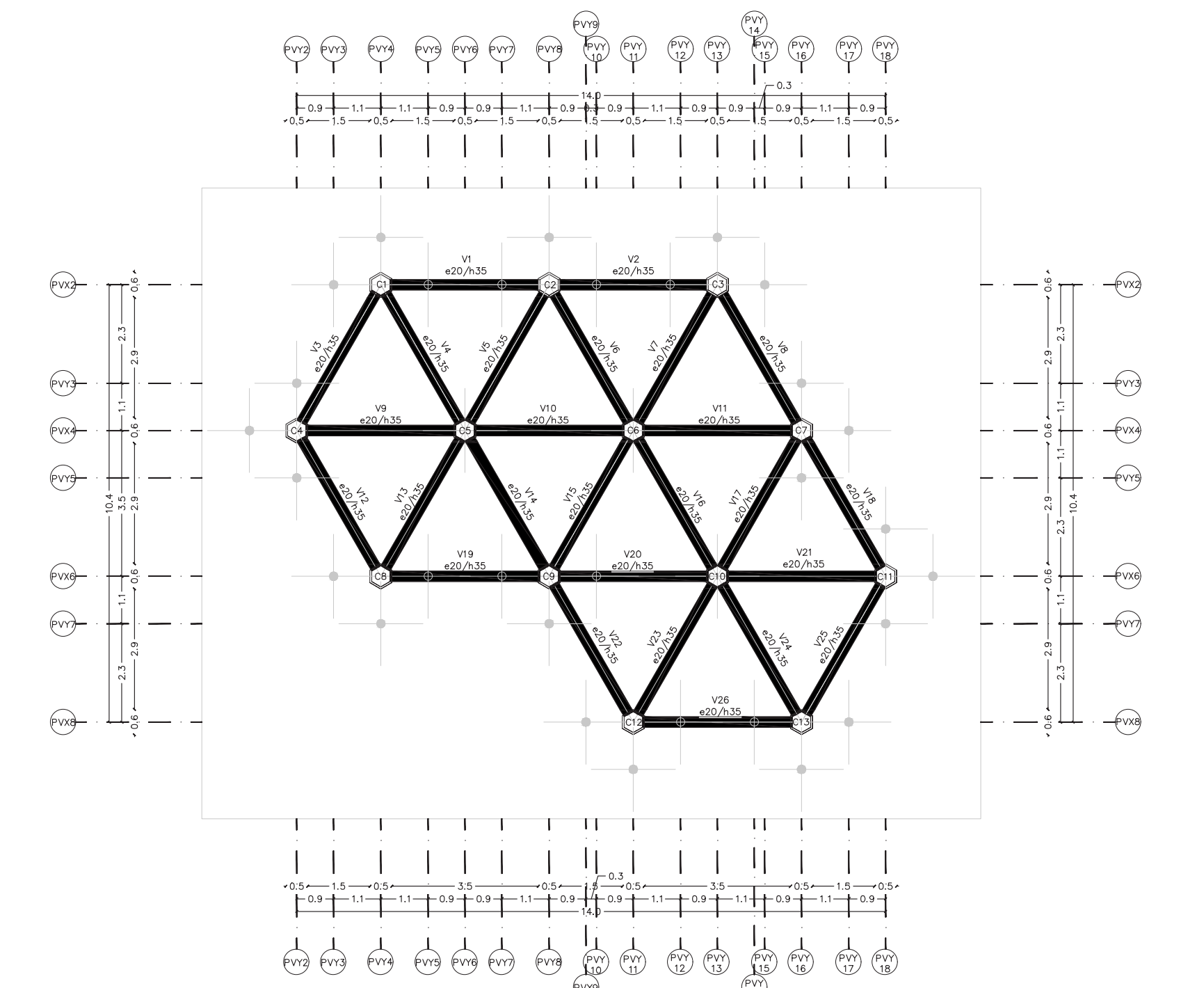
Se llega a una columna de tres pies que bajan diagonales, arrostriando la estructura para soportar fuerzas horizontales. La planta se explora desde el triángulo equilátero, como forma geométrica que puede generar mayor rigidez.



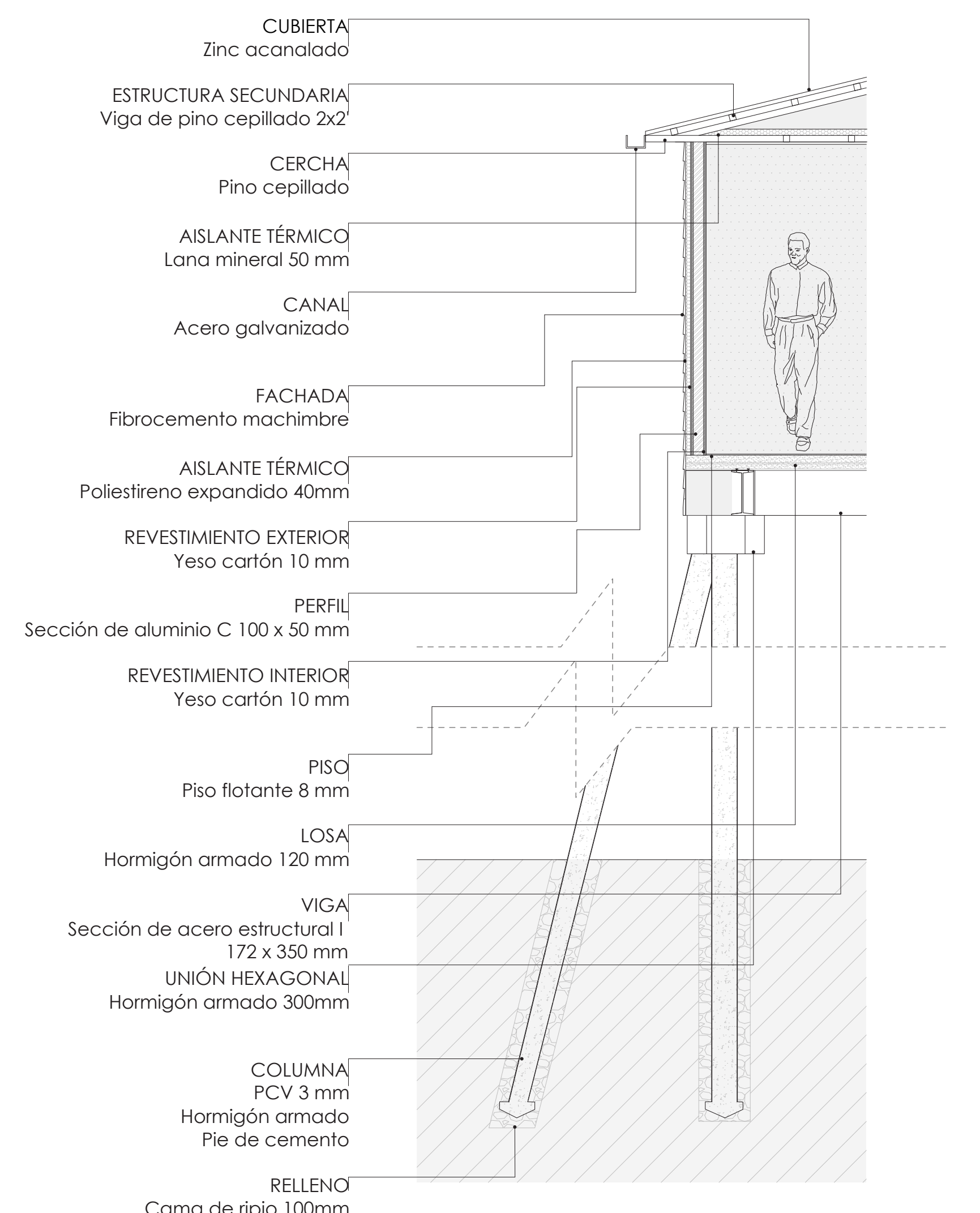
Modelos y maquetas realizados para análisis y pruebas en las actividades de investigación. Se estudian distintos casos de columnas inclinadas que permitan el arriostriamiento de la estructura, siempre incorporando la columna cilíndrica de hormigón y PVC.

En el método 4 se hicieron pruebas sísmicas donde se estableció las fuerzas de compresión que se ven sometidas las columnas diagonales, debiendo estos planos estructurales reforzarse

### Plano horizontal estructural 1:150

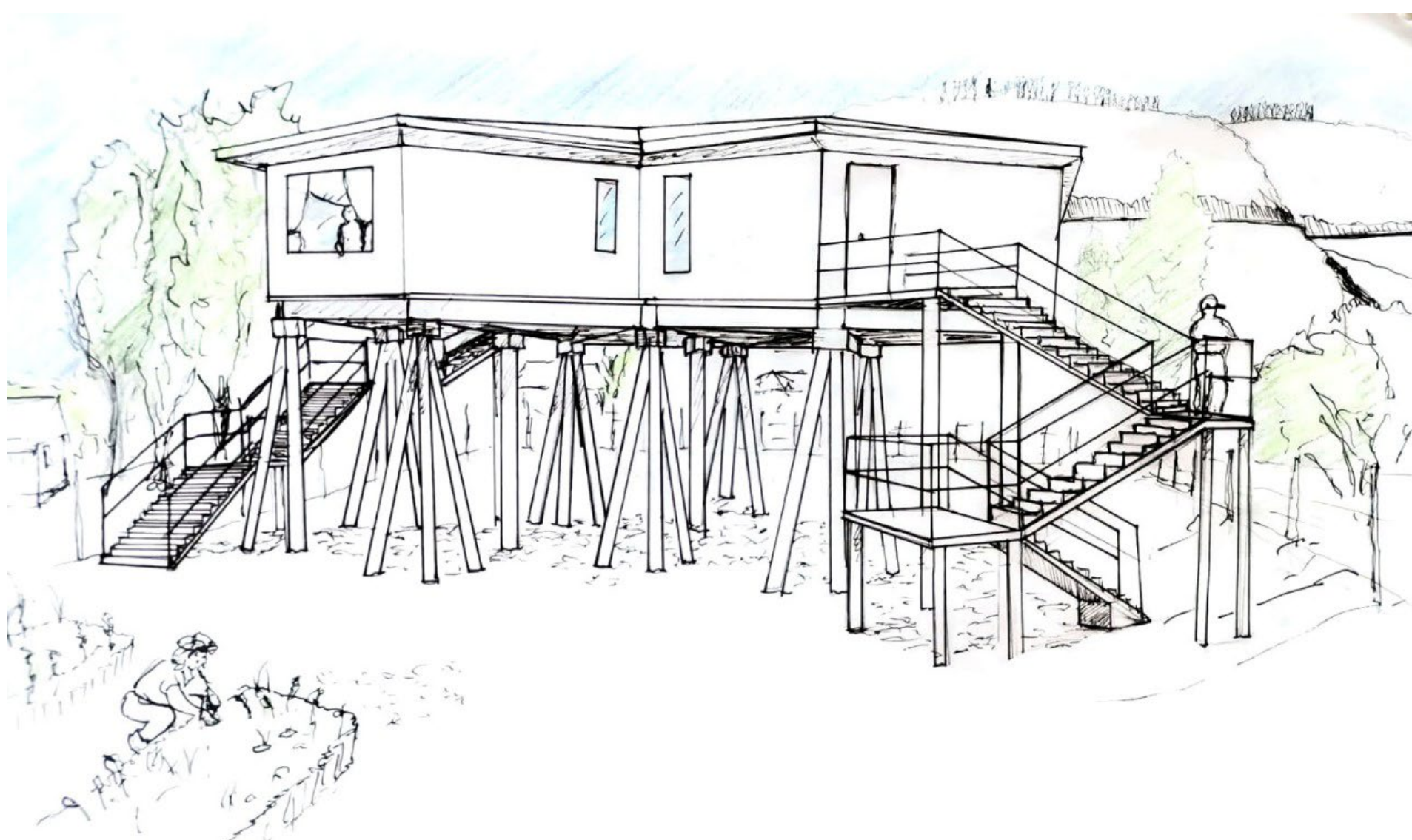


### ESCANTILLÓN 1:40



## PROYECTO

A partir de las actividades de investigación y de la observación se elabora una vivienda elevada en el sector bajo de Laguna Verde, utilizando columnas de hormigón-PVC. El proyecto se orienta de acuerdo a rasgos del lugar como el acantilado o el mar, y permite mediante su elevación el paso desde un lado del terreno a otro. El elevarse se lo da sin un fondo, ya que la vivienda busca una circulación dinámica, que se promueva a ser habitada. En cuanto a los costos, uno de los objetivos era dar con una forma que permitiera acceder a la adaptación en lugares de bajos recursos, o incluso abrir la posibilidad de una vivienda social. Si bien económicamente y físicamente el sistema constructivo puede ser atractivo, se vale de dos materiales que pueden ser altamente contaminantes en su producción, y podría poner en cuestionamiento la sustentabilidad de una vivienda en el futuro.



Croquis de obra habitada. La vivienda propone una serie de circulaciones que permiten elevarse, o atravesar. En un lugar donde el habitar es de un ritmo pausado, se proponen horizontes que abren el lugar a la explorativa, o lo contemplativo, en un contexto de adaptación

PROYECTO	ALUMNO	PROFESOR GUÍA	TALLER
VIVIENDA ELEVADA EN LAGUNA VERDE	CARLOS REY ERNST	FELIPE IGUALT JARA	TALLER DE TITULACIÓN 2

DIRECCIÓN  
AVENIDA SUR/CAMINO LA PLAYA 1A,  
POBLACIÓN LAGUNA VERDE BAJA,  
REGIÓN DE VALPARAÍSO.

FECHA  
13 DE DICIEMBRE, 2021

