Universidad Técnica Federico Santa María
Departamento de Arquitectura
Santiago-Chile

NODO DE EVACUACIÓN BICENTENARIO

"Adaptación de edificios educacionales como estructuras de evacuación vertical en Viña del Mar"

MODALIDAD PROYECTO DE ARQUITECTURA

Autor
Paul Enrique Villalobos Arocha

Memoria de titulación para optar al título de arquitecto

Profesor referente
Sebastián Laclabère

Julio-2026

Material de referencia, su uso no involucra responsabilidad del autor o de la institución.

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Nodo de Evacuación Bicentenario.

Nombre del candidato(a): Paul Enrique Villalobos Arocha.

Carrera / Grado: Arquitectura.

Campus: San Joaquín. **Departamento:** Arquitectura.

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Sebastián Laclabère Arenas, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por **(marcar una opción)**:

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 02-09-26 **Firma:** Sebastian Laclabère

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 02-09-26 **Firma:**

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

AGRADECIMIENTOS.

Me gustaría agradecer a todos los profesores que formaron parte de mi crecimiento como estudiante y profesional, aportando con sus experiencias y conocimientos. Profesor Sebastián, Profesor Pablo, Profesor Siak, Profesora Montserrat y Profesora Valentina, gracias por darme la confianza que necesitaba durante este proceso académico.

Especialmente agradecer al Profesor Sebastián y Profesor Pablo por presentarme estos temas tan relevantes en el contexto nacional e internacional como lo son la arquitectura resiliente y la arquitectura industrializada. Encontré en estos temas un interés particular que no había encontrado antes dentro de la arquitectura.

Agradecer también a Carmen, Ingrid y Pascal. Su ayuda y preocupación por los estudiantes hace la diferencia.

Principalmente agradecer a mi familia. Gracias a mis padres Neuro y Gaslena por ser un soporte constante para poder cumplir con este objetivo, no ha sido un camino fácil para ninguno de nosotros, pero nada que valga la pena lo es. Gracias por creer en mí cuando incluso yo no llegué a hacerlo, han sido unos años en los que me expresaron confianza y eso me ayudó a dar lo mejor de mí en cada momento.

Gracias.

DEDICATORIA.

Este trabajo es dedicado a todas las personas que han sido afectadas por catástrofes naturales.

RESUMEN.

Los procesos naturales conocidos como "amenazas naturales" han sucedido durante la historia y van a seguir presentandose en la realidad mundial. Especialmente en contexto nacional, Chile es un país expuesto a una gran varidad de estos riesgos como terremotos, incendios forestales, tsunamis, entre otros. En algunos contextos como sociedad nos hemos preparado para mitigar estos sucesos pero en otras como es el caso de los tsunamis aún nos encontramos en proceso de concientización arquitectonica que busque preservar la vida humana, especialmente de los personas mas vulnerables.

Es importante proponer y promover potenciales proyectos de evacuación vertical para la costa de Chile para construir una sociedad cada vez más preparada en caso de un eventual tsunami en busca de minimizar las consecuencias que estos puedan producir.

El proyecto "Nodo de Evacuación Bicentenario" nace de la necesidad de brindar a las comunidades costeras de Chile un sistema que complemente la capacidad de respuesta existente en el País para afrontar potenciales tsunamis, Especialmente para aquellos cuya movilidad reducida impida una evacuación a zonas seguras a tiempo.

El proyecto desenlaza en el desarrollo de una estructura de evacuación vertical multiproposito que resulta de la intervención de un caso de estudio, en busca de beneficiar a la comunidad tanto en situaciones de uso diario como en caso de una potencial emergencia, brindando un espacio de uso cotidiano para los usuarios donde se centraliza y de uso público en momentos de actividades culturales masivas, con la capacidad de abrirse hacía la comunidad en caso de emergencia.

El proyecto busca conectar a la población de Viña del Mar y ser un simbolo de seguridad para la comunidad.

ABSTRACT.

The natural processes known as "Natural Hazards" have occurred throughout history and will continue to occur in the global reality. Especially in the national context, Chile is a country exposed to a wide variety of these hazards, such as earthquakes, wildfires, tsunamis, among others. In some contexts, as a society we have prepared ourselves to face these events. However, in other events such as tsunamis we are still in process of developing architectural awareness to preserve human life, especially that of the most vulnerable people.

It is important to propose and promote potential vertical evacuation projects for the Chilean coast, in order to build a society that is increasingly prepared for tsunamis, in search of minimazing the consequences they may cause.

The project "Nodo De Evacuación Bicentenario" started from the need to provide the coastal community with a system that complements the country 's existing emergency response capacity in orther to face potential tsunamis, especially for people whose reduced mobility prevents them from a timely evacuation to safe zones.

The project culminates in the development of a multipurpose vertical evacuation structure, resulting from the intervention of a case of study, in search of benefiting the community both in daily use and in the case of a potential emergency, providing a daily use space for the user and for public use in times of large-scale cultural activities, the capacity to open up to the to the community in the event of an emergency.

The project seeks to connect the population of Viña del Mar and be a symbol of security to the community.

GLOSARIO.

• ÁREA DE EVACUACIÓN
"Es un lugar delimitado que debe ser evacuado por las personas debido a un eventoinminente o en curso, como un Tsunami." (ONEMI, 2020)

• AMENAZA
"Fenómeno de origen natural, biológico o antrópico, que puede ocasionar pérdidas, daños o trastornos a las personas, infraestructura, servicios, modos de vida o medio ambiente." (Ley N °. 21.364. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 07 de agosto de 2021)

• EMERGENCIA
"evento, o la inminencia de éste, que altere el funcionamiento de una comunidad debido a la manifestación de una amenaza de origen natural, biológico o antrópico, que interacciona con las condiciones de exposición, vulnerabilidad y capacidad de afrontamiento, ocasionando una o más de las siguientes afectaciones: pérdidas, impactos humanos, materiales, económicos o ambientales." (Ley N °. 21.364. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 07 de agosto de 2021)

• EVACUACIÓN VERTICAL
"Acción de evacuar hacía pisos superiores de edificios u otras construcciones. La evacuación vertical debe ser considerada como opción, cuando la evacuación horizontal no sea posible" (ONEMI, 2020)

• MMC
Acrónimo de Métodos Modernos de la Construcción.

• PREFABRICACIÓN
"Proceso constructivo que incorpora a la construcción diferentes componentes y elementos fabricados antes de su montaje en su posición definitiva de obra." (MINVU, Chile. NCH3744:2023)

• PUNTO DE ENCUENTRO
"Es un lugar de reunión, ubicado fuera del área de evacuación por tsunami, donde arriban los/las evacuados a fin de ponerlos a resguardo." (ONEMI, 2020)

• RIESGO
"Es la probabilidad de experimentar daños y pérdidas de vidas humanas, sociales, económicas o ambientales en un área particular y durante un periodo de tiempo definido, como consecuancia de la interacción dinámica entre alguna amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos a ésta." (ONEMI, 2017)

• TSUNAMI
"Término japones que significa ola ("nami") en puerto ("tsu") y que se refiere a un fenómeno físico que se origina por sismos que ocurren bajo o cerca del fondo oceánico, por remociones en masa, derrumbes submarinos y erupciones volcánicas y que generan una serie de ondas que pueden alcanzar grandes dimensiones y viajar por toda la cuenca océanica perdiendo poca energía. Estas ondas al llegar a la costa pueden manifestarse como una gran masa de agua que puede inundar y causar destrucción en las zonas costeras" (Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, 2020)

• TSUNAMI REFUGE
Es un recinto de evacuación cuyo propósito es servir como un lugar seguro hasta que haya pasado el peligro inminente. (Fema P-646, 2019)

• TSUNAMI SHELTER
Es un recinto de evacuación cuyo propósito es proveer un lugar seguro, accesible y seguro "housing" a corto plazo para supervivientes de desastres, generalmente incluye un espacio para dormir junto extensas reservas de alimento y agua (Fema P-646, 2019)

• VÍA DE EVACUACIÓN
"Ruta predeterminada a través de la cual se dirige el desplazamiento de las personashacia fuera del área de evacuación. Según la complejidad del proceso de evacuación, estas vías también podrían guiar a las personas hacia el punto de encuentro transitorio, el cual se localiza dentro del área de evacuación." (ONEMI, 2020)

• VULNERABILIDAD
"Aquellas condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, institucionales, económicos o ambientales que aumentan la susceptibilidad de una persona, una comunidad, los bienes, infraestructuras o servicios, a los efectos de las amenazas." (Ley N °. 21.364. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 07 de agosto de 2021)

INDICE.

01 MARCO TEÓRICO 10
1.1 PROBLEMÁTICA 12
1.2 AMENAZAS NATURALES 12
1.2.1 AMENAZA Y RIESGO 14
1.3 TSUNAMIS 16
1.3.1 CONSECUENCIAS 16
1.3.2 COMO SE PROPAGA? 18
1.3.3 MAGNITUDES DE LOS TSUNAMIS 19
1.3.4 REGISTRO DE TSUNAMIS EN CHILE 20
1.3.5 CIUDADES DE CHILE MÁS EXPUESTAS 22
1.4 POBLACIÓN FLOTANTE 24
02 ESTADO DEL ARTE 26
2.1 MEDIDAS DE MITIGACIÓN 28
2.1.1 EVACUACIÓN HORIZONTAL 28
2.1.2 BOSQUE DE MITIGACIÓN 29
2.1.3 MUROS ANTI-TSUNAMIS 30
2.1.4 EVACUACIÓN VERTICAL 32
2.1.4.1 POR QUE DESARROLLAR UN EDIFICIO DE EVACUACIÓN VERTICAL? 32
2.1.4.2 CONSIDERACIONES 33
2.1.4.3 SHELTER VS REFUGE 34
2.1.4.4 TIPOLOGÍAS 35
2.1.4.5 REQUERIMIENTOS Y CONSIDERACIONES GENERALES 36
2.1.4.6 LA UTILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES 38
2.1.4.7 PARTIDAS A REFORMAR 39
2.1.4.8 DECISIÓN DEL USUARIO 40
2.1.5 VIRTUDES Y LIMITACIONES. 41
03 REFERENTES 42
3.1 REFERENTES. 44
3.2 REFLEXIONES DE REFERENTES. 56
04 CASO DE ESTUDIO 58
4.1 COMUNIDAD 61
4.2 CANTIDAD DE TRABAJADORES POR RUBROS MAS RELEVANTES 61
4.3 SITUACIÓN ACTUAL 62
4.3.1 ÁREA DE ESTUDIO 64
4.3.2 POTENCIAL DE INUNDACIÓN 66
4.3.3 SISTEMA DE RESPUESTA EXISTENTE 68
4.3.4 ESTRUCTURA EDUCACIONAL 70
05 PROPUESTA DE PROYECTO 72
5.1 PROPUESTA GENERAL 74
5.1.1 PROPUESTA DE UBICACIÓN 74
5.1.2 PROPUESTA DE USO 76
5.1.3 PROPUESTA ESTRUCTURAL 78
5.2 DEFINICIÓN EMPLAZAMIENTO 80
5.2.1 INSTITUCIONES PROPUESTAS 80
5.2.1.1 COLEGIO REPÚBLICA DE COLOMBIA 84

INDICE.

5.2.1.2 COLEGIO REPÚBLICA DE ECUADOR 85
5.2.1.3 LICEO BICENTENARIO DE VIÑA DEL MAR 86
5.3 ANALISIS DE EMPLAZAMIENTOS 87
5.3.1 LICEO BICENTENARIO DE VIÑA DEL MAR 87
5.4 TIPOLOGÍAS DE COLEGIOS 88
5.5 ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN 90
5.5.1 COLEGIO REPÚBLICA DE COLOMBIA 92
5.5.2 COLEGIO REPÚBLICA DE ECUADOR 94
5.5.3 LICEO BICENTENARIO DE VIÑA DEL MAR 96
06 PROYECTO 98
6.1 SITUACIÓN EXISTENTE 100
6.2 INTERVENCIÓN 100
6.2 DISEÑO Y USUARIO 104
6.2.1 CAPACIDAD DE EVACUACIÓN 108
6.2.2 DISTRIBUCIÓN PROGRAMATICA 109
6.2.3 VÍAS DE EVACUACIÓN 111
6.3 PLANIMETRÍAS 112
6.4 USO DE LA INTERVENCIÓN 122
6.5 VISUALIZACIONES 124
6.6 ESTRUCTURA 138
6.6.1 METODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN 140
6.6.2 ELEVACIONES DE MUROS 142
6.6.3 DETALLES 144
CONCLUSIONES. 150
REFERENCIAS. 151
ANEXOS. 153

01 MARCO TEÓRICO



Imagen 1: Biblioteca Nacional de Chile. Calle Blanco esquina Edwards, Valparaíso, tras el terremoto de 1906 [fotografía]. memoria chilena. (Imagen intervenida)

1.1 PROBLEMÁTICA

1.2 AMENAZAS NATURALES

El País se enfrenta a una serie de desafíos en forma procesos naturales que amenazan al bienestar de las personas y sus bienes. Estas **"amenazas"** pueden ser de distinta naturaleza y origen, se destacan: Incendios forestales, inundaciones o aluviones, erupciones de volcanes, terremotos o tsunamis, estos últimos vinculados estrechamente a otras amenazas.

Es importante resaltar que la naturaleza no es una "amenaza" directamente, el riesgo depende de la suma de las características del fenómeno natural y la preparación que se tiene como sociedad para afrontarla. Es nuestro deber prepararnos para estos procesos naturales. No existe una respuesta definitiva para detener la amenaza pero debemos prepararnos para **mitigar los daños**.



Figura 1.1: Elaboración propia.



Imagen 2: Biblioteca Nacional de Chile. Mercado de San Carlos destruido tras el terremoto de 1939 [fotografía]. memoria chilena.

En Chile se han registrado un total de 108 sismos de magnitudes 7 o superior entre 1570 y 2020, 61 siendo entre 7,0 y 7,5 y los 47 sismos restantes siendo de magnitud entre 7,6 y 9,5.
(Centro Sismológico Nacional de la Universidad de Chile)



Figura 1.3: Elaboración propia a partir de datos de: Centro Sismológico Nacional de la Universidad de Chile

Existen más de 2000 volcanes en el país de los cuales cerca de 500 se encuentran activos con 30 de alta peligrosidad y 60 tienen un registro eruptivo histórico.
(Cigiden, 2022)



Figura 1.4: Elaboración propia a partir de: datos de Cigiden

Vinculado a la información anterior se encuentran los tsunamis que han tenido una presencia importante en la historia de Chile. Las ciudades de Chile han sido afectadas un total de 192 veces entre 1570 y 2021, esto originado de 32 tsunamis diferentes.
(Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada.)

En el grafico inferior se puede apreciar la altura máxima alcanzada de cada tsunami registrado durante el periodo de 1570-2021.

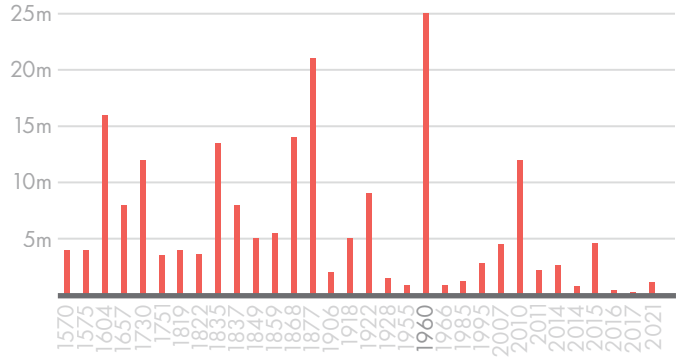


Figura 1.2: Elaboración propia a partir de datos de: Servicio Hidrográfico y Oceanografico de la Armada, "Registro de los principales tsunamis que han afectado la costa de Chile".



Figura 1.5: Elaboración propia a partir de datos de: Servicio Hidrográfico y Oceanografico de la Armada

1.2.1 AMENAZA Y RIESGO

- **AMENAZA**

Se puede denominar amenaza natural a aquel "fenómeno de origen natural, biológico o antrópico, que puede ocasionar pérdidas, daños o trastornos a las personas, infraestructura, servicios, modos de vida o medio ambiente" (Ley N °. 21.364. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 07 de agosto de 2021)

Si bien se le denomina Amenaza natural, este término puede ser polémico debido a la implicancia a que es la naturaleza la que amenaza a la humanidad o las posesiones de esta. Sin embargo, se debe tener en consideración el factor humano y como la **preparación** que se tiene con respecto a esta "amenazas naturales" tienen incidencia en el **riesgo** que estas representan a las personas, edificaciones y pertenencias.

- **RIESGO**

El riesgo por su parte se define como "la probabilidad de experimentar daños y pérdidas de vidas humanas, sociales, económicas o ambientales en un área particular y durante un periodo de tiempo definido, como consecuencia de la interacción dinámica entre alguna amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos a ésta." (ONEMI, 2017)

Entendiendo estas definiciones se puede concluir que el peligro no viene directamente desde la amenaza de que ocurra un tsunami sino desde el **riesgo** que este puede representar en relación a la vulnerabilidad de la comunidad afectada.

- **VULNERABILIDAD**

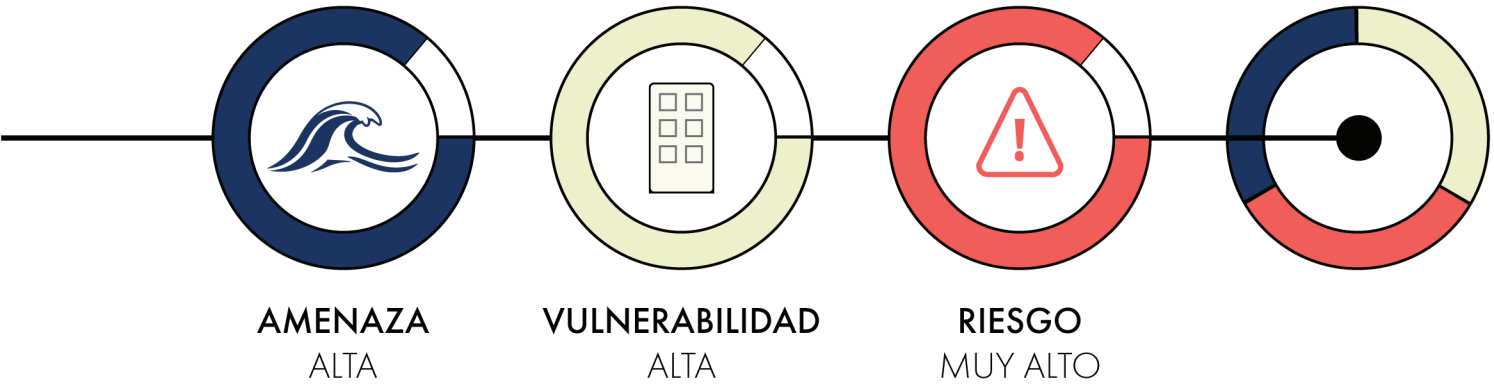
Finalmente, la vulnerabilidad se entiende como "aquellas condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, institucionales, económicos o ambientales que aumentan la susceptibilidad de una persona, una comunidad, los bienes, infraestructuras o servicios, a los efectos de las amenazas." (Ley N °. 21.364. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 07 de agosto de 2021)

Teniendo en cuenta lo anterior, se considera que el peligro real al riesgo que tiene que suceda un tsunami.

Este riesgo tiene como variables distintos factores como la cantidad de población de la zona afectada, la vulnerabilidad general de la sociedad (edificaciones, planes de evacuación, capacidad de evacuación de la población, etc.)

Si la amenaza de que suceda un eventual tsunami no se puede prevenir, se entiende entonces que como sociedad debemos reducir el factor de riesgo al manejar la única variable que somos capaces de manejar como sociedad, **la vulnerabilidad**.

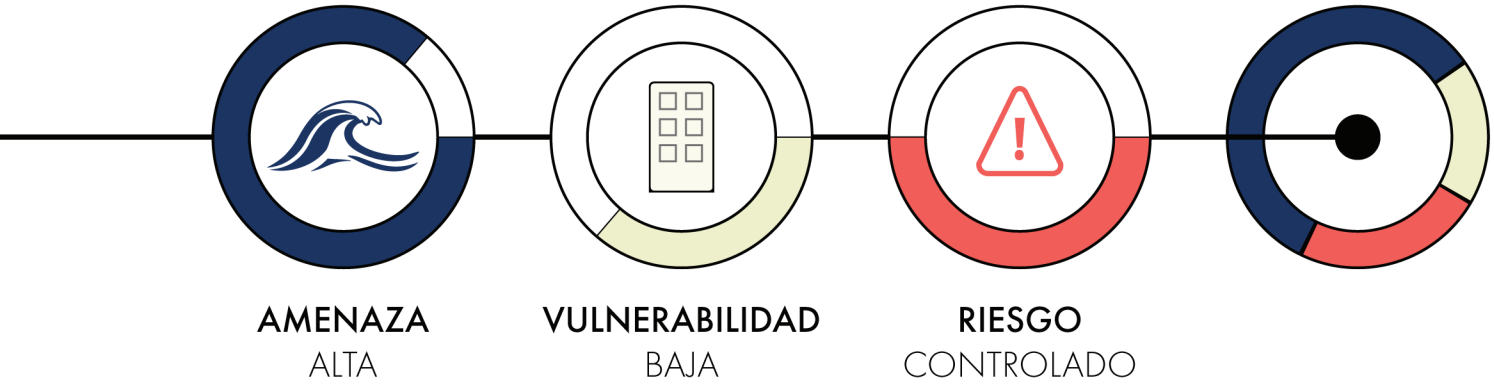
Si la sociedad se prepara de manera consciente para los sucesos de estas amenazas naturales con sistemas de reacción completos y complejos, edificaciones preparadas para soportar las amenazas naturales y una población más preparada. Entonces se podría reducir el riesgo.



AMENAZA
ALTA

VULNERABILIDAD
ALTA

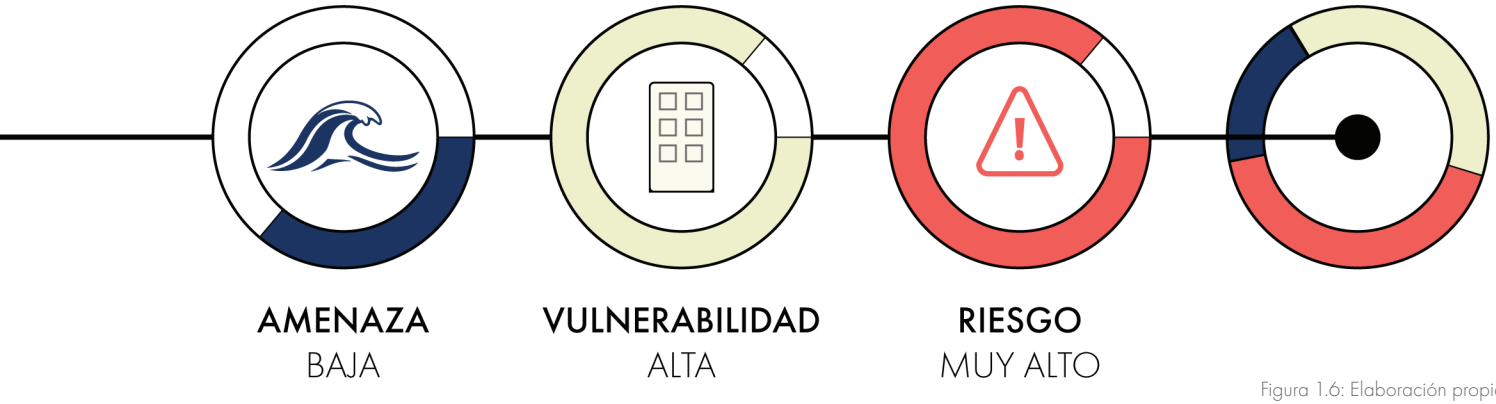
RIESGO
MUY ALTO



AMENAZA
ALTA

VULNERABILIDAD
BAJA

RIESGO
CONTROLADO



AMENAZA
BAJA

VULNERABILIDAD
ALTA

RIESGO
MUY ALTO

Figura 1.6: Elaboración propia.

1.3 TSUNAMIS

"Tsunami es un fenómeno físico generado por sismos que ocurren bajo o cerca del fondo oceánico, remociones en masa, derrumbes submarinos y erupciones volcánicas y se manifiesta en la costa como una gran masa de agua que puede inundar y causar destrucción en zonas costeras." (SENAPRED)

Estos pueden ser generados por diversos gatillantes entre los que se encuentran: 1. inducido por el ser humano, 2. volcánico, 3. deslizamiento, 4. impacto de meteorito, 5. tectónico.

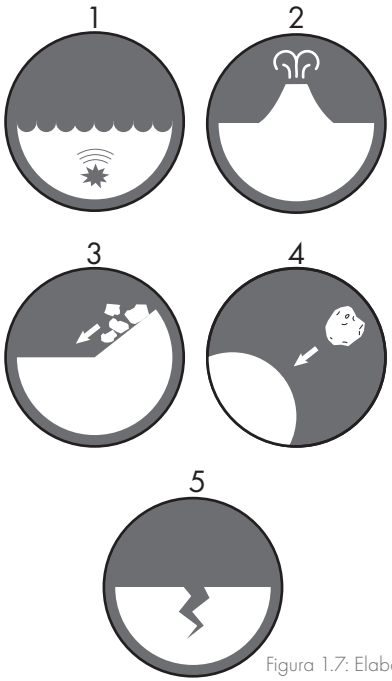


Figura 1.7: Elaboración propia.

1.3.1 CONSECUENCIAS

1.PERDIDA DE VIDA HUMANA


Imagen 3: Biblioteca Nacional de Chile. Campamento en los Cerros de Valparaíso, construido tras el terremoto de 1906 [fotografía]. memoria chilena.

2.DAÑOS A INFRAESTRUCTURA


Imagen 4: Biblioteca Nacional de Chile. Calle principal del pueblo de Florida, 8 ° región, reducida a escombros. [fotografía]. memoria chilena.

3.DAÑOS MEDIOAMBIENTALES


Imagen 5: Biblioteca Nacional de Chile. Consecuancias del terremoto de Talca: tropas de ferrocarrileros,1928. [fotografía]. memoria chilena.

4.DAÑOS ECONÓMICOS


Imagen 6: Biblioteca Nacional de Chile. Camino de Chillán a Concepción destruido por el terremoto de 1939. [fotografía]. memoria chilena.



Imagen 7: Biblioteca Nacional de Chile. Plaza Eucharren de Valparaíso, 1906 [fotografía]. memoria chilena.



Imagen 8: Biblioteca Nacional de Chile. Convento de los Padres Franceses y Campamento,Valparaíso [fotografía]. memoria chilena.



Imagen 9: Biblioteca Nacional de Chile. Interior de la iglesia de la Merced, Valparaíso tras el terremoto de 1906 [fotografía]. memoria chilena.



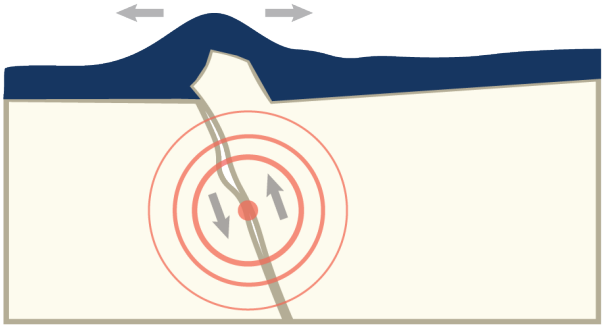
Imagen 10: Biblioteca Nacional de Chile. Misa al aire libre, Llay-Llay, 1906 [fotografía]. memoria chilena.

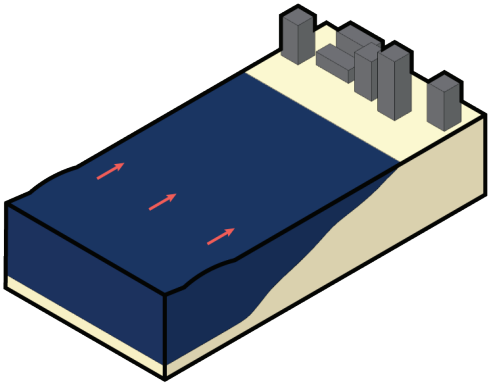
1.3.2 COMO SE PROPAGA?

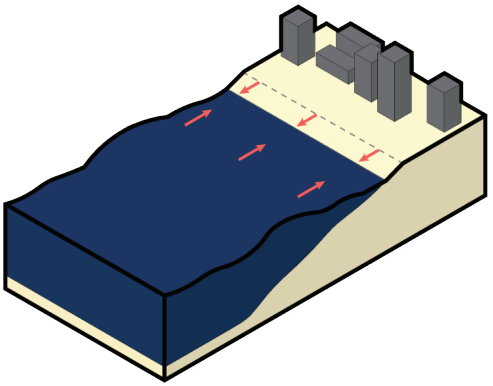
En un gran porcentaje los tsunamis son causados por terremotos, estos se pueden producir por un movimiento telurico produciendo un terremoto que desplaza el agua proxima a su hipocentro hacia la superficie, generando un movimiento debajo de la superficie que produce las olas del tsunami.

En el oceano profundo estas suelen ser de una baja altura y a medida de que estas alcanzan la costa con una profundidad menor aumentan progresivamente su altura.

Esto puede producir un "retiro" del nivel del agua en la costa momentos antes de que las olas del tsunami lleguen a esta.







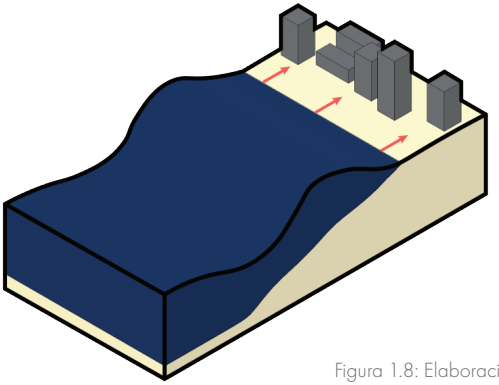


Figura 1.8: Elaboración propia.

1.3.3 MAGNITUDES DE LOS TSUNAMIS

Tsunami local: Refiriéndose a tsunamis de efecto destructivo en costas, con origen menor a 100km de distancia de estas o menos de una hora de viaje de las ondas del tsunami.

Tsunami regional: Refiriéndose a tsunamis de efecto destructivo en costas de una región especifica, con origen menor a 1.000km de distancia de estas o entre 1-3 horas de viaje de las ondas del tsunami.

Tsunami generado a distancia: refiriéndose a tsunamis de efecto destructivo en diversas regiones, con origen mayor a 1.000km de distancia de estas o mas de 3 horas de viaje de las ondas del tsunami.

(Unesco)

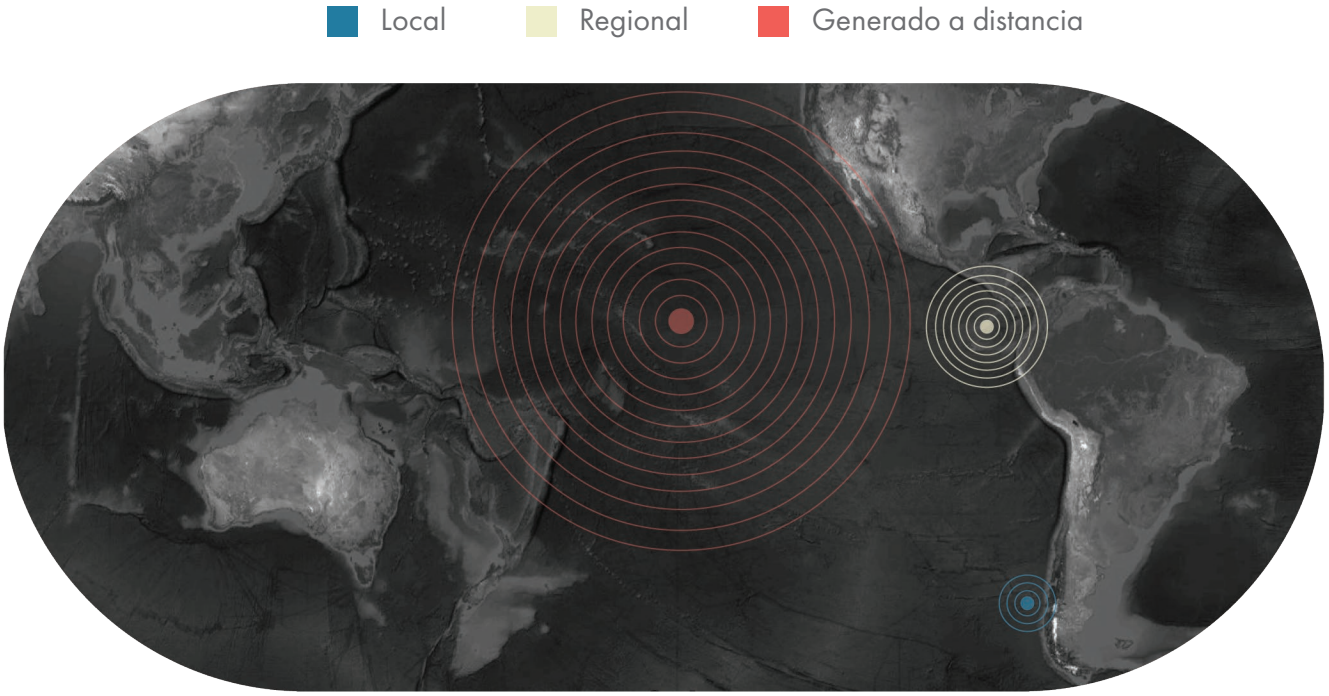
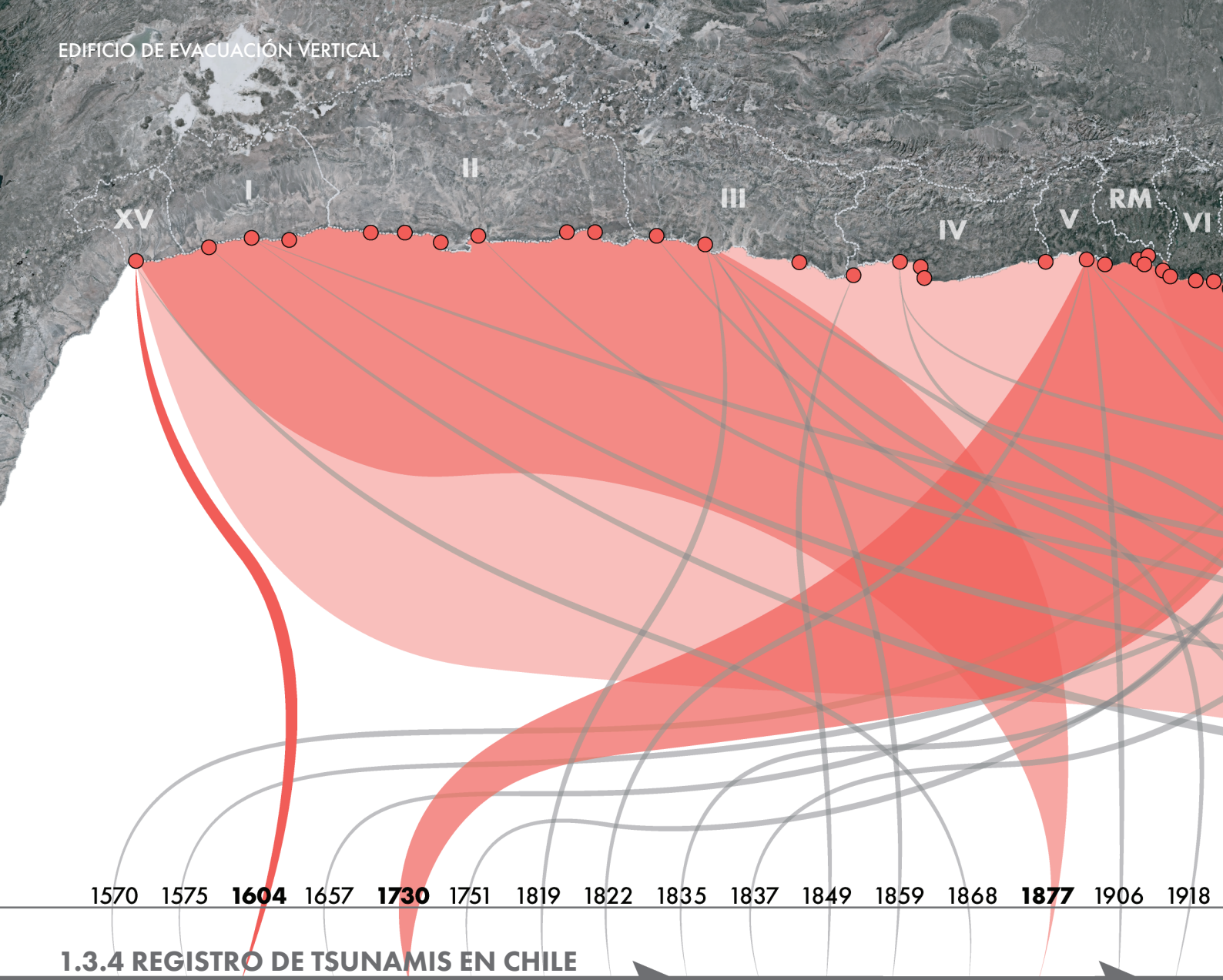


Figura 1.9: Elaboración propia con mapa base de google, "map data".



1.3.4 REGISTRO DE TSUNAMIS EN CHILE

Magnitud de sismo:8,4
Profundidad:NR
Altura mínima:16m
Altura máxima:16m

1604

Magnitud de sismo:8,7
Profundidad:NR
Altura mínima:8m
Altura máxima:12m

1730

Magnitud de sismo:8,8
Profundidad:25km
Altura mínima:9m
Altura máxima:21m

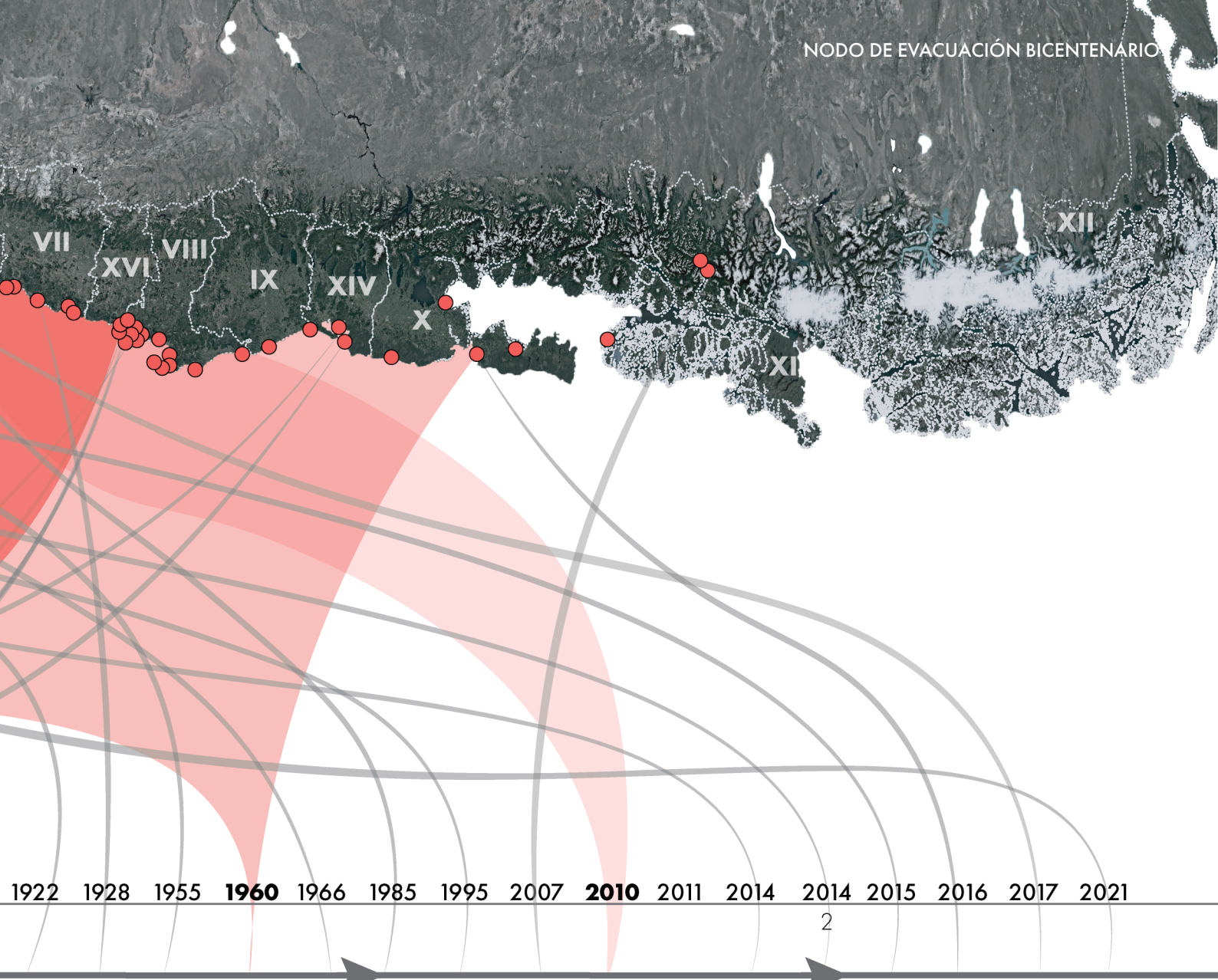
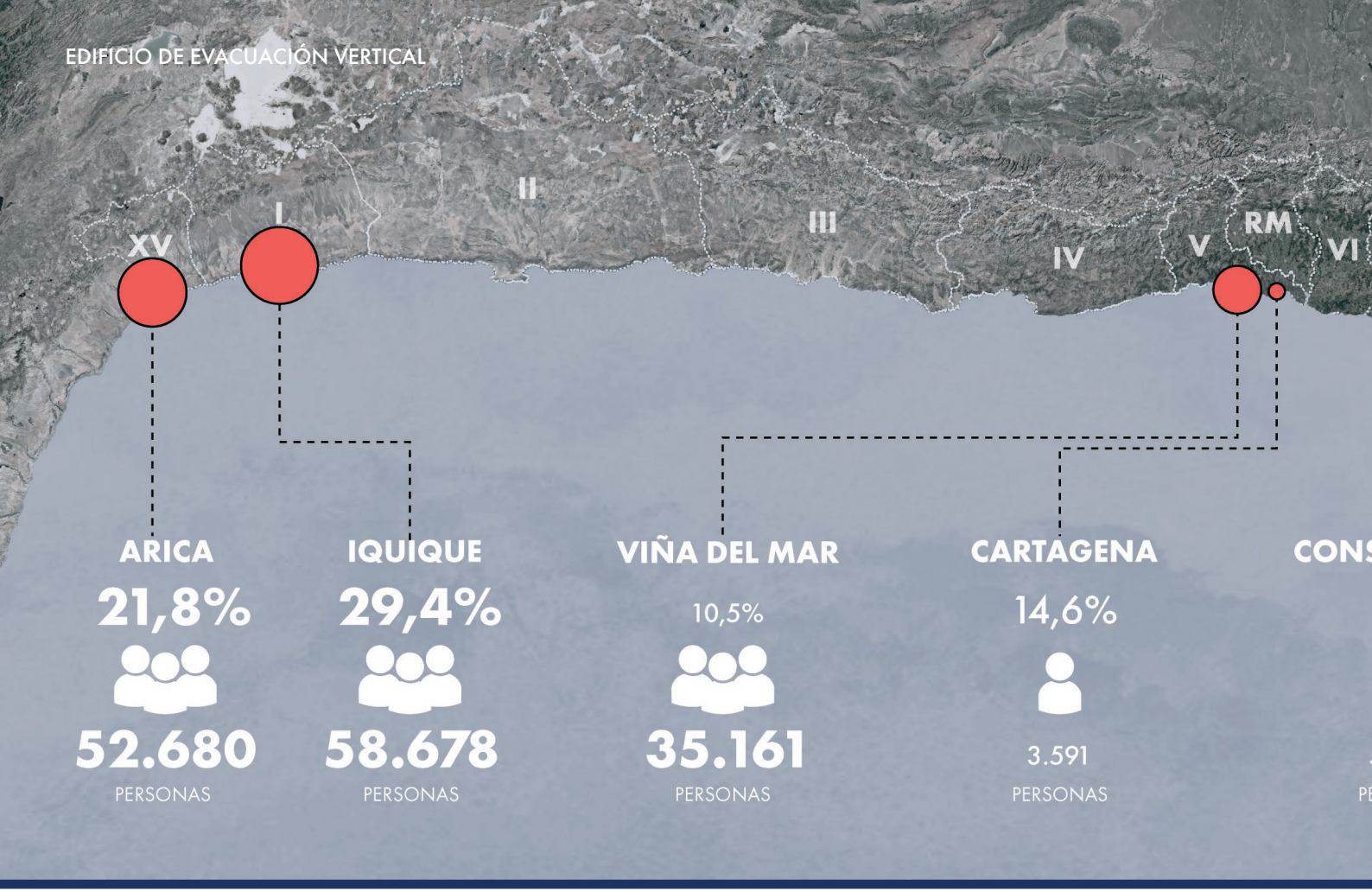


Figura 1.10: Elaboración propia a partir de datos de: Servicio Hidrográfico y Oceanografico de la Armada, "Registro de los principales tsunamis que han afectado la costa de Chile".



1.3.5 CIUDADES DE CHILE MÁS EXPUESTAS

Se identifican las siguientes 9 ciudades de Chile con el **mayor porcentaje de población expuesta** para los efectos de un tsunami (ordenadas de mayor a menor exposición): Talcahuano 42,7%, Iquique 29,4%, Arica 21,8%, Penco 16,3%, Hualpén 14,6%, Cartagena 14,6%, Lota 13,3%, Constitución 11,8% y **Viña del mar 10,5%**. (Cigiden, 2019) Sin embargo si relacionamos el porcentaje de población expuesta de cada ciudad con su **población total** determinada por el censo de población y vivienda obtenemos los siguientes resultados de las 9 ciudades de Chile con **mayor número de población expuesta** para los efectos de un tsunami(ordenados de mayor a menor exposición): Talcahuano 62.906 personas, Iquique 58.678 personas, Arica 52.680 personas, **Viña del mar 35.161** personas, Hualpén 12.808 personas, Penco 7.982 personas, Constitución 5.546 personas, Lota 5.317 y Cartagena 3.591 personas. El grafico inferior ilustra la cantidad de personas expuestas por ciudad dispuestas en el mismo orden que el grafico superior.

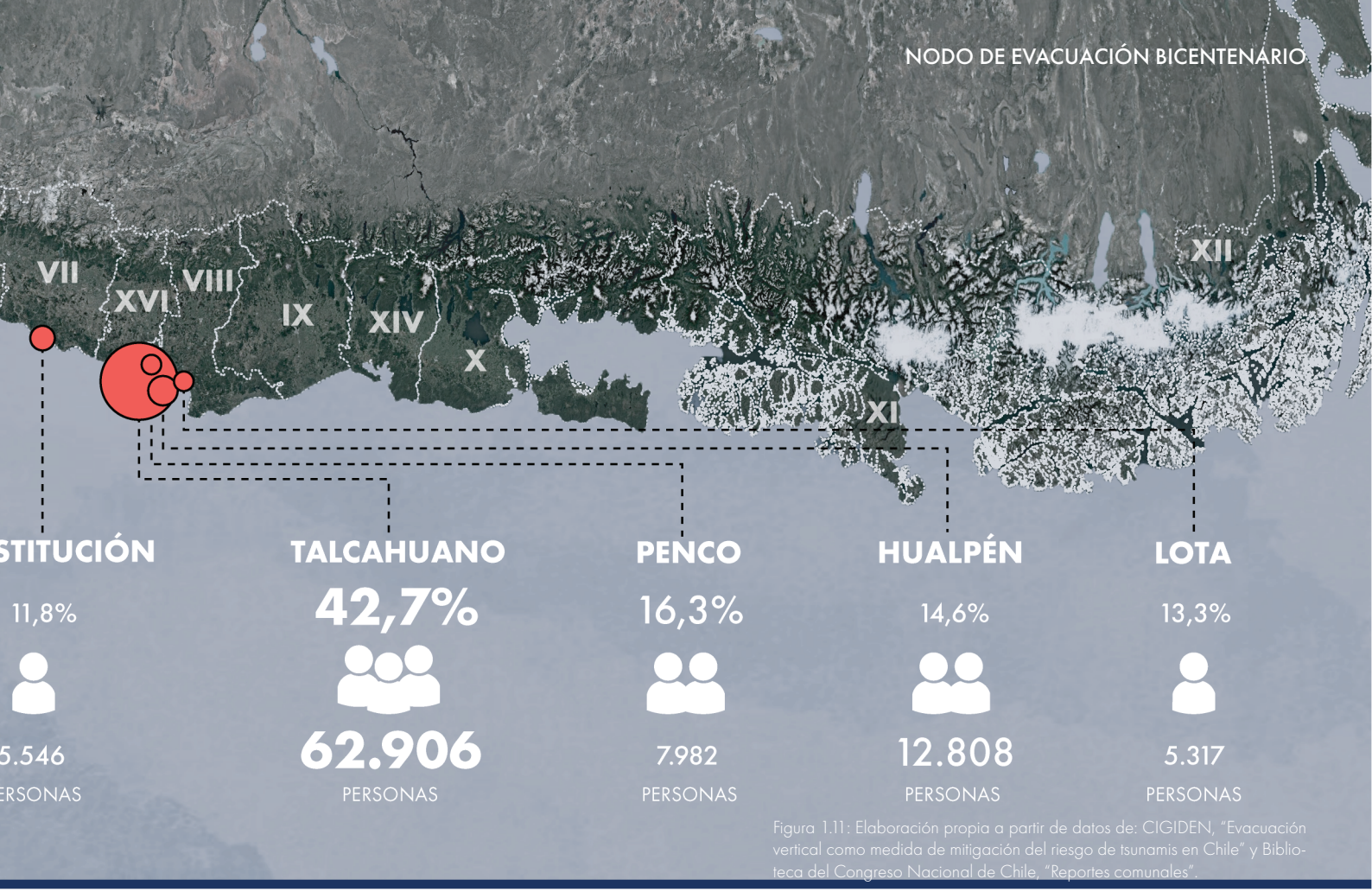
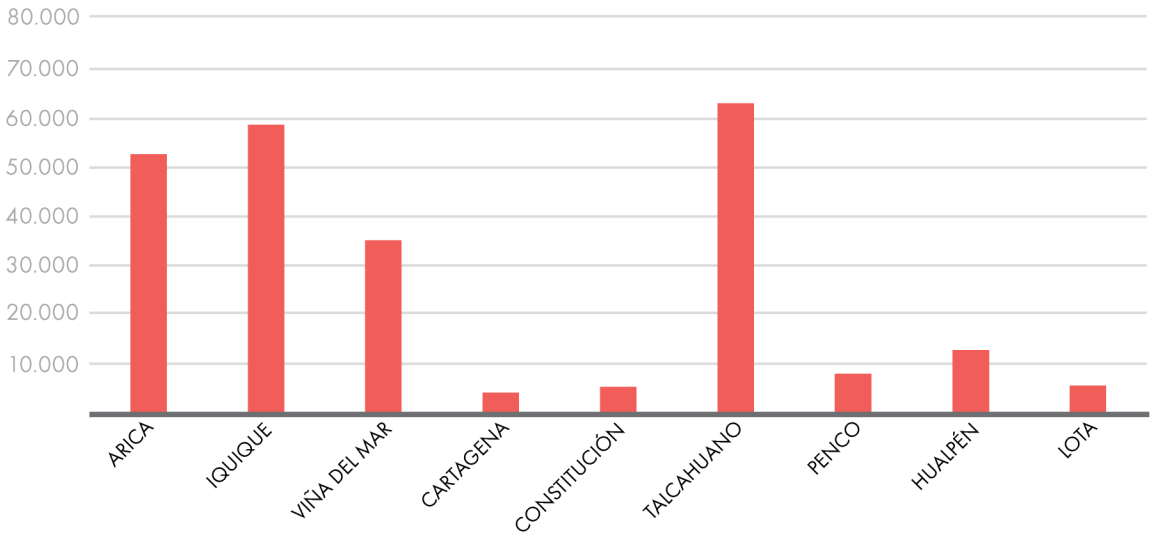


Figura 1.11: Elaboración propia a partir de datos de: CIGIDEN, "Evacuación vertical como medida de mitigación del riesgo de tsunamis en Chile" y Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, "Reportes comunales".



1.4 POBLACIÓN FLOTANTE

Si bien es relevante entender la cantidad de población residente de las ciudades más expuestas en caso de tsunamis en Chile entre las que se encuentran:

Arica (241.653 personas)
Iquique (19.9587 personas)
Viña del mar (334.871 personas)
Cartagena (24.599personas)
Constitución (47.004 personas)
Talcahuano (147.322 personas)
Penco (48.971personas)
Hualpén (48.971 personas)
Lota (39.980personas)
(Biblioteca del congreso nacional de Chile. Reportes comunales, Censo 2024)

Otro factor relevante que podría determinar la cantidad de personas expuestas a un suceso de tsunami y su correspondiente riesgo es la **cantidad de población flotante** que recibe una comuna durante un periodo de tiempo.

La siguiente información representa la cantidad de viajes internos (viajes ocasionales) realizados entre el país a cada una de las 9 ciudades expuestas.

Arica (242.287 viajes)
Iquique (348.951 viajes)
Viña del mar (1.060.935 viajes)
Cartagena (312.835 viajes)
Constitución (189.663 viajes)
Talcahuano (205.402 viajes)
Penco (53.430 viajes)
Hualpén (88.833 viajes)
Lota (42.643 viajes)
(SERNATUR, Turismo interno:Big data 2024)

Estos viajes representan todos los viajes ocasionales realizados durante el año 2024. Si bien no es información conclusiva para determinar la cantidad de personas turistas que estarían presentes en caso de una emergencia de tsunami debido al desconocimiento de en qué época del año este podría suceder y a la variación de densidad de población flotante durante las épocas del año, esta información permite dimensionar a Viña del mar como la ciudad con un mayor potencial de recibir población flotante con respecto a las demás con 1.060.935 viajes.

(**Viaje ocasional**: Viaje que no se repite al mismo destino principal en 3 meses.)

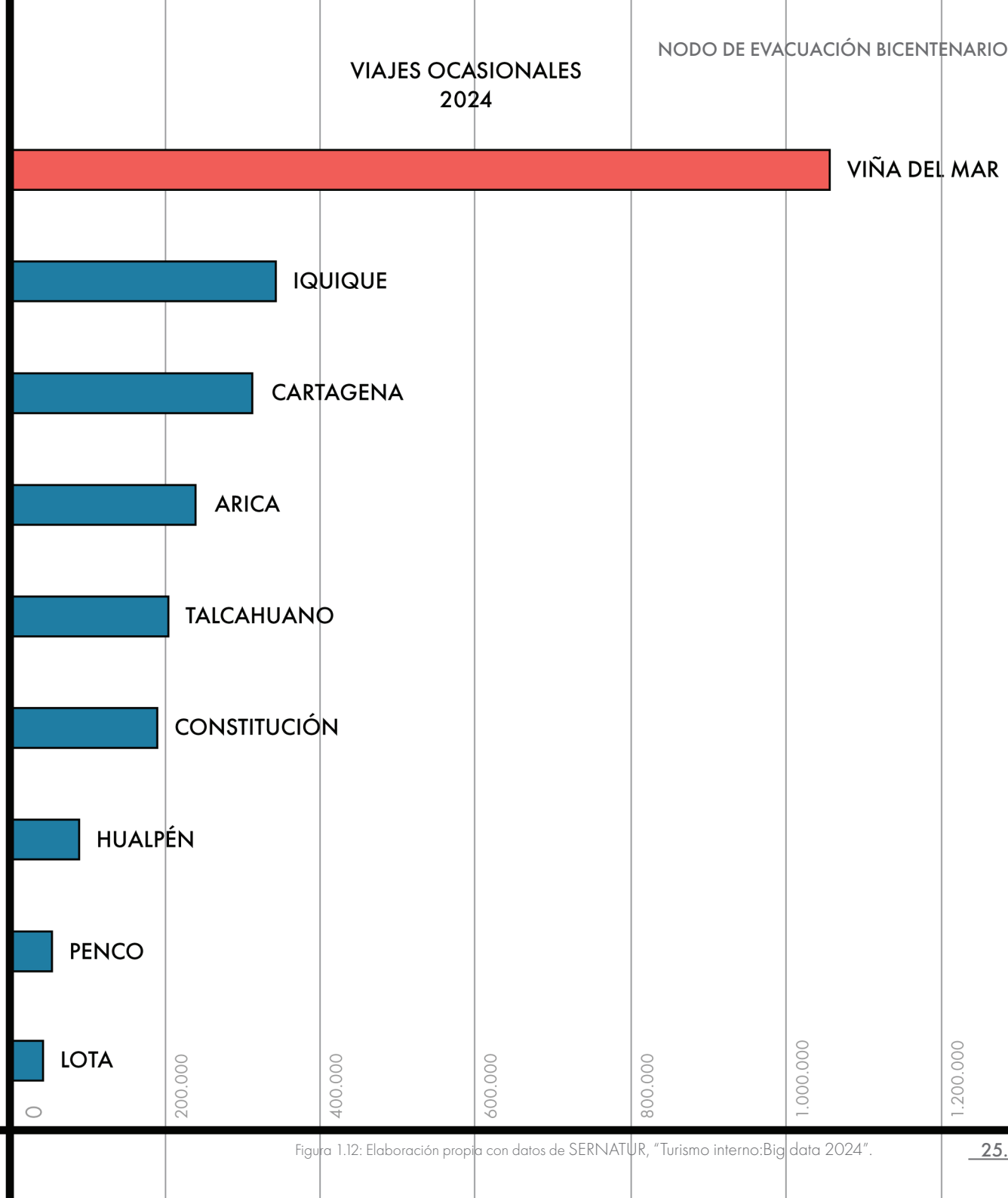


Figura 1.12: Elaboración propia con datos de SERNATUR, "Turismo interno:Big data 2024".

02 ESTADO DEL ARTE



Imagen 11 : Elaboración propia.

2.1 MEDIDAS DE MITIGACIÓN

En el contexto mundial existen diferentes maneras de afrontar las diferentes "amenazas naturales" que puedan afectar a poblaciones. A continuación, se presentarán una serie de medidas destinadas a resguardar a la población de los potenciales tsunamis, para esto existen diferentes tipologías, dentro de las que se pueden destacar: la evacuación horizontal, Bosques o parques de mitigación, muros anti-tsunamis y evacuación vertical. Cada una de estas medidas tiene una magnitud o escalas diferentes, además de virtudes y defectos. Es importante destacar que **no existe algo como la "solución perfecta"**, existen como medidas de mitigación que en muchos casos buscan reducir el impacto a infraestructuras y retrasar el ingreso de agua hacía las ciudades procurando una evacuación más eficiente.

2.1.1 EVACUACIÓN HORIZONTAL

La estrategia de evacuación horizontal es una solución "simple" y generalmente la mas recomendada en situaciones de tsunamis, se compone de una determinación de vias de evacuación y puntos de encuentro en **"zonas seguras"** determinadas por las unidades de gestión, riesgo y emergencias.

A pesar de ser la más recomendada, esta no es perfecta ya que dependiendo del porcentaje de población expuesta en caso de un tsunami y la distancia entre esta y los puntos de encuentro podría derivar en una solución "ineficiente". En el ejemplo de viña del mar (10,5% de población expuesta a la amenaza de un tsunami) se puede observar a grandes rasgos como la "población Vergara" tiene puntos de encuentro ubicados sobre la cota +30 m.s.n.m a una distancia importante de su población con vías de evacuación de incluso 2,5km. Esta exposición de la población sumada a la distancia de los puntos de encuentro con la población general se resume en un **38% de la población incapaz de llegar a una zona segura** (Cigiden, 2019)

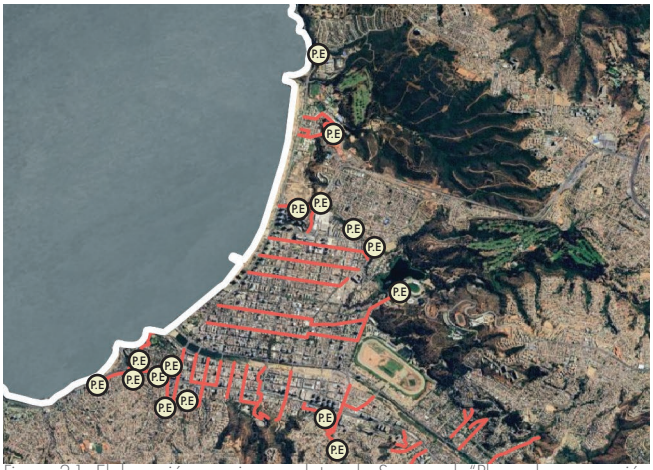


Figura 2.1: Elaboración propia con datos de Senapred, "Plano de evacuación ante amenaza de tsunami".



Imagen 12: Senapred. [fotografía] públicado en pagina de Senapred. (Imagen intervenida)

2.1.2 BOSQUE DE MITIGACIÓN

Los bosques de mitigación son una barrera verde de protección que busca ayudar a disminuir el impacto y la energía de un tsunami en la costa de una región determinada reduciendo los daños a la infraestructura y principalmente vidas humanas.

Existen antecedentes del uso y observación de esta técnica en países externos como Japón y a escala nacional en Chile. A pesar de que en general se determina que esta medida si beneficia a la mitigación de la energía del impacto, el grado de funcionalidad dependerá de factores como el ancho de la zona de vegetación, la densidad de la vegetación usada y la magnitud del evento natural.

Generalmente son necesarios 200-500 metros de vegetación densa para un funcionamiento correcto contra un tsunami de 4 metros de altura. En caso de un tsunami de mayor magnitud **sería necesario complementar esta técnica con otros métodos** como alarmas de alerta temprana, planes de evacuación bien implementados o alternativas de evacuación.

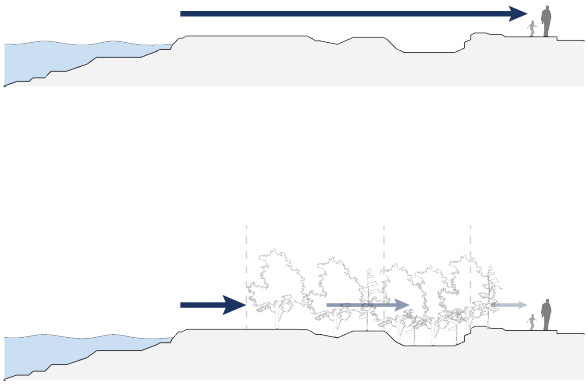


Figura 2.2: Elaboración propia.



PARQUE FLUVIAL DE CONSTITUCIÓN
Imagen 13: Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Parque fluvial de constitución. [fotografía]. Centro de estudios de ciudad y territorio.



PARQUE FLUVIAL DE CONSTITUCIÓN
Figura 2.3: Elaboración propia.

2.1.3 MUROS ANTI-TSUNAMIS

Se basa en el desarrollo de muros de hormigón en las costas vulnerables de una región o sector a modo de primera línea de defensa contra el oleaje de un tsunami. La altura, ángulo y longitud de este dependerá de las características del lugar.

Si bien es generalmente efectivo para ayudar a preservar la vida de las personas, no existen muros perfectos y siempre estará la posibilidad de que las olas la sobrepasen, por lo que es importante la evacuación siguiendo las vías determinadas. **Estos muros buscan retardar o detener parcialmente las olas permitiendo una evacuación más eficiente.**

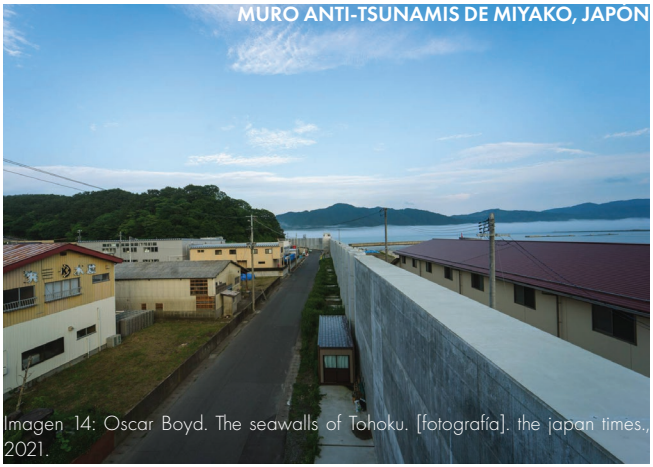
Esta solución genera diversas respuestas de la comunidad, ya que, a pesar de sus beneficios, por lo general resulta una solución agresiva con el medioambiente y la calidad de vida de los habitantes próximos.

Esta solución tiene gran presencia en las costas de Japón, principalmente en la región de Tohoku.



MURO ANTI-TSUNAMIS DE REGIÓN DE TOHOKU, JAPÓN

Figura 2.4: Elaboración propia a partir de imagen satelital de google earth.



MURO ANTI-TSUNAMIS DE MIYAKO, JAPON

Imagen 14: Oscar Boyd. The seawalls of Tohoku. [fotografía]. the japan times., 2021.



Figura 2.5: Elaboración propia a partir de imagen satelital de google earth.

MURO ANTI-TSUNAMIS DE ZONA INDUSTRIAL EN JAPON

En el contexto nacional, un ejemplo de esto lo encontramos en Dichato donde se generaron medidas de mitigación para tsunamis en respuesta a los precedentes del 27F. Entre otras medidas se realizó un muro rompeolas de hormigón armado y se canalizó el estuario de Dichato en busca de reducir el impacto de un potencial tsunami.

Cigiden se encargó de realizar un estudio de esta situación, utilizando modelos de simulación de tsunamis para determinar la reducción de daños proporcionado por estas obras de mitigación en un escenario similar al tsunami de 2010. Los resultados obtenidos concluyen que habría una disminución y retraso de las primeras olas, sin embargo, se observa una reducción de daños marginal con olas de mayor magnitud. Determinando una reducción del 40% de área de inundación en olas secundarias. (Cigiden, 2019)



MURO ROMPE-OLAS DE DICHATO

Imagen 15: Extrída de CIGIDEN. Muro rompe-olas de Dichato. [fotografía]. (Imagen intervenida)

2.1.4 EVACUACIÓN VERTICAL

La evacuación vertical consiste en la utilización de edificios o infraestructuras que cuenten con diversos pisos sobre el nivel del terreno natural con el objetivo de que los habitantes puedan resguardarse a una altura segura. Esta alternativa debería ser utilizada cuando la evacuación horizontal no sea posible.

"Si ocurre un terremoto de esta magnitud (terremoto de 1730 en la bahía de Valparaíso) la evacuación horizontal es decir, evacuar a los puntos de encuentro que define Senapred como áreas seguras en los cerros- probablemente no será viable" (Dr. Jorge León)

A pesar de ser una medida que ha probado su efectividad resguardando la vida de miles de personas durante los tsunamis de Japón (2011) e Indonesia (2018) y sea reconocida por organismos de emergencia se advierte que en la realidad de Chile está no se ha desarrollado y nos encontramos el desafío como país de identificar que edificios serían capaces de soportar los esfuerzos de cargas de los potenciales terremotos y tsunamis.

2.1.4.1 POR QUE DESARROLLAR UN EDIFICIO DE EVACUACIÓN VERTICAL?

FEMA (Federal Emergency Management Agency) identifica una serie de diferentes razones para optar por desarrollar edificios de evacuación vertical en una ciudad o zona.

- La posibilidad de una región de ser afectada por un tsunami.
- La falta de puntos altos cercanos disponibles.
- La incapacidad de una comunidad de llegar a puntos en altura o evacuar la zona de afección de un posible tsunami.
- Las consecuencias potenciales de un tsunami (Daños, Lesiones o muerte).
- Los elementos de los sistemas de respuesta en caso de emergencia locales, incluyendo alternativas de evacuación disponibles.
- La planificación y potencial uso de refugios El costo de construcción de un edificio resistente a tsunamis.

El proceso de decisión de si se debe o no desarrollar un edificio de evacuación vertical, dependerá de diversos factores para que el gobierno o las municipalidades consideren su implementación a modo de proteger a su población.

Un primer paso sería estudiar y considerar el peligro de tsunami de una región determinada, que puede definirse como el estudio que mide el potencial de que un tsunami ocurra durante un periodo de tiempo. Cuantificando la zona de inundación y sus profundidades estimadas.

En consecuencia, al primer paso, también es importante considerar el Riesgo de tsunami de esta región, que se puede definir como el estudio que mide las potenciales consecuencias que puede traer este eventual tsunami, el cual puede ser caracterizado en sentido de daño, lesiones o muertes.

Este riesgo depende de diversos factores como la amenaza de tsunami, los planes de respuesta disponibles, la cantidad de personas vulnerables y con dificultad de movilización. Para entender cómo se comporta la comunidad en caso de tsunamis, es importante llevar a cabo simulacros de evacuación para dar con tiempos de evacuación, rutas y comportamientos generales de la comunidad para dar a una mejor comprensión del riesgo de tsunami.

2.1.4.2 CONSIDERACIONES

- Cantidad de personas a evacuar:

La cantidad de personas destinadas a el uso del edificio en situación de amenaza natural es un factor primordial para determinar el metraje del proyecto en busca de dotar a cada usuario de metros cuadrados suficientes para la evacuación, la recomendación de metros cuadrados por usuario en un refugio temporal o "refuge" es de **0,93 metros cuadrados**. Por esta razón es relevante entender previamente al diseño para cuantas personas aproximadamente estaría destinada la edificación.

- Cantidad de edificaciones y ubicación:

En caso de que una torre de evacuación no sea suficiente para acomodar a todas las personas en situación vulnerable o que busque evacuar de manera vertical, ya sea por características del predio, normativa o presupuesto. **Se deberá contemplar la implementación de diversos edificios que formen un conjunto**. La ubicación de estos edificios deberá estar desarrollados de tal manera que cada persona destinada a su uso pueda llegar a este en el tiempo estimado de evacuación, para este tiempo de evacuación también se considera la circulación interior hasta llegar a un nivel superior.

"la persona saludable promedio puede caminar a aproximadamente 6,4 kmh. Sin embargo, puede que porciones de la población de una comunidad tengan una capacidad ambulatoria reducida debido a la edad o una discapacidad. El ritmo promedio de la población con movilidad reducida se puede asumir como 3,2kmh." (Fema P-646, 2019)

Las edificaciones de evacuación vertical son categorizadas a su vez en **"instalaciones de un propósito" o "instalaciones multi-propósito"**.

- Instalaciones de un propósito:

Son nuevas infraestructuras desarrolladas normalmente de manera individual cuyo objetivo es cumplir únicamente con el propósito de otorgar al público objetivo la capacidad de evacuar verticalmente en situaciones de emergencia.

- Instalaciones multi-propósito:

Infraestructuras de evacuación vertical que busca promover actividades secundarias durante un uso cotidiano a modo de "disminuir" el impacto económico, dando la oportunidad de obtener un potencial retorno económico por medio de las actividades. Un ejemplo de esto es la intervención de instituciones educacionales para prepararlas para recibir a personas vulnerables en caso de tsunami, cuyas "intervenciones o estructuras de evacuación" pueden tener la función de salas multiusos, talleres, gimnasios, casinos, etc.

2.1.4.3 SHELTER VS REFUGE

A su vez estos edificios de evacuación vertical se pueden identificar también según la naturaleza de su tiempo de uso, se identifican 2 tipologías: "Shelter" y "Refuge".

Tsunami shelter: es una infraestructura de evacuación que busca brindar un espacio seguro y accesible. Otorgando "housing" de corto plazo para los sobrevivientes de la catástrofe natural, por lo general incluye un lugar para dormir junto a una cantidad extensa de alimento y agua.

Tsunami refuge: es una infraestructura de evacuación que busca brindar un espacio seguro y accesible hasta que el peligro inminente haya sucedido. Generalmente contemplando entre 8 y 24 horas de estadía.

Es relevante determinar la naturaleza del uso que se le dará al edificio para desarrollarlo siguiendo criterios de metraje adecuados a las necesidades de estos, ya que en el caso de un "tsunami shelter" es necesario considerar los metros cuadrados necesarios por persona en caso de darles residencia momentánea y para las instalaciones correspondientes.

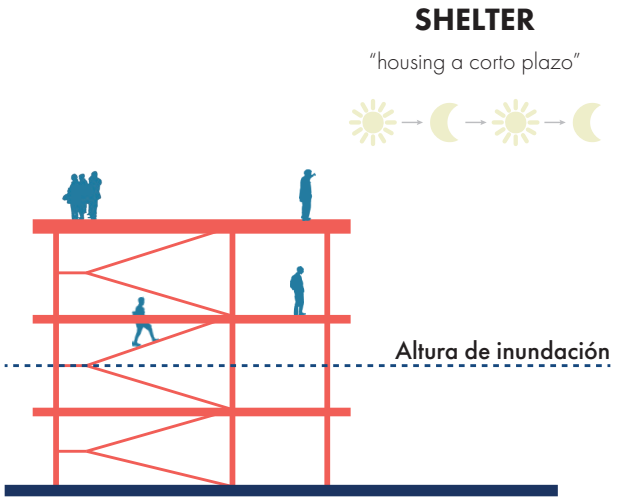


Figura 2.6: Elaboración propia.

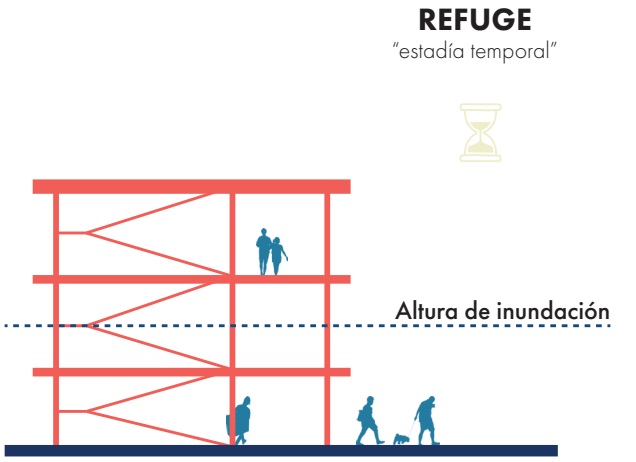


Figura 2.7: Elaboración propia.

2.1.4.4 TIPOLOGÍAS

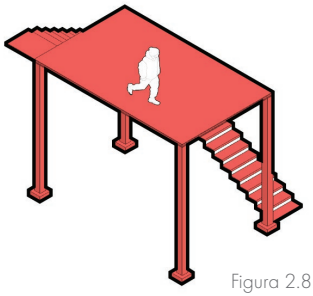


Figura 2.8: Elaboración propia

1)CONSTRUCCIONES AD-HOC

Edificaciones o plataformas construidas con una elevación superior al nivel esperado de la inundación. Estos edificios están desarrollados desde su concepción con el objetivo de funcionar como una estructura de evacuación vertical.

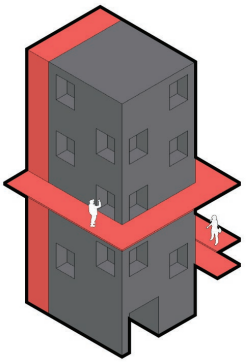


Figura 2.9: Elaboración propia.

2)UTILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES

Hace uso de edificios prexistentes modificándolas o adaptándolas para capacitarlas a un uso de evacuación vertical. En esta tipología se puede modificar de manera ligera usando la estructura como se encontraba o se puede modificar en mayor medida desarrollando una estructura anexa a esta, mejorando en mayor medida la capacidad de evacuación vertical.

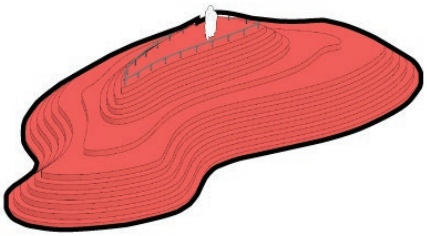


Figura 2.10: Elaboración propia.

3)CERROS Y COLINAS ARTIFICIALES

Consiste en desarrollar elementos a modo de "colinas" o "cerros" artificiales para facilitar la evacuación vertical de una manera mas sútil. Esta tipología es la menos común.

2.1.4.5 REQUERIMIENTOS Y CONSIDERACIONES GENERALES

A la hora del diseño de un edificio de evacuación vertical sería necesario considerar los siguientes requerimientos generales propuestas por Cigiden:

- La ubicación de la edificación de evacuación vertical **debe tener relación directa con las rutas de evacuación horizontal propuestas**.
- los metros cuadrados mínimos por persona deberá ser de **0,93 metros cuadrados** en caso de refugios temporales (refuge).
- La cantidad de accesos a la edificación deberá ser suficiente y contar con las características necesarias para dar ingreso a las personas desde el exterior del edificio de manera óptima.
- Considerar unos pasillos de circulación interior lo suficientemente anchos para la capacidad de personas a las que busque dar refugio, además de una correcta aplicación de **escaleras y rampas de accesibilidad universal** con señales e iluminación autónoma.

Fema determina una altura mínima para la evacuación vertical en caso de tsunamis como **la altura de inundación determinada en el lugar de emplazamiento del proyecto, más un 30% de la altura de inundación, más 3 metros como margen adicional de seguridad** (o un nivel adicional, la que sea mayor).

estos 3 metros adicionales son un criterio que determina la ASCE/SEI 7-16 para un diseño mas conservador. Por lo que la altura obtenida mediante ese calculo será la mínima permitida, sin embargo podría ser mayor.

Cigiden también se identifica algunas consideraciones relacionadas con la ocupación y el público objetivo:

- Se deberá garantizar el acceso de la población en situación de emergencia, sin importar el horario en el que el suceso se presente.
- Se deberá contar con personal entrenado en caso de emergencias para guiar a la población para mantener el orden y una correcta evacuación.
- Se deberá establecer un programa de subsidios o reducción de impuestos para las edificaciones privadas que se presten para uso de evacuación vertical.
- Se deberán desarrollar una serie de revisiones técnicas del edificio.
- Se deberán establecer estrategias de participación ciudadana para fomentar el correcto uso de las estructuras de evacuación vertical.
- Ubicación del edificio: Es relevante que el edificio seleccionado no se encuentre a la cercanía de otra infraestructura que pueda significar una amenaza para el edificio de evacuación vertical. Como lo podrían ser gasolineras o depósitos de gas, puertos, edificios que podrían colapsar.

En plantas de edificios **sin mobiliario fijo y planta libre** se considera un porcentaje de **utilización de su área para la evacuación del 85%.**
(Fema P-646, 2019)

Además según Fema se considera a medida de lo posible la implementación de los siguientes elementos para un correcto funcionamiento:

- Cantidad de agua suficiente para la cantidad de tiempo considerada dentro del resguardo de los usuarios.
- Cantidad suficiente de alimentos no perecibles considerando la cantidad de usuarios y el tiempo de resguardo de la comunidad dentro del edificio.
- Linternas con baterías cargadas o linternas de carga manual mediante palanca. Se considera una linterna por cada 10 usuarios.
- Extinguidores aptos para el uso dentro de espacios cerrados con usuarios dentro del edificio.
- Kits de primeros auxilios, cantidad dependerá de la cantidad de usuarios.
- Radio con repuestos continuos de baterías cargadas.
- Repuestos generales de baterías cargadas para funcionamiento de diversos elementos como linternas, radios, etc.
- Dispositivos de sonido con baterías o que funcione sin necesidad de electricidad para una correcta comunicación en caso de emergencias.

Adicionalmente el profesor Miho Mazereeuw, director del Urban Risk Lab identifica los siguientes implementos como el stock mínimo de emergencia para 40 personas para una duración de 3 días. Basado en las regulaciones del distrito de Shibuya para edificios de mediana y gran altura.

Implementos básicos:
- Camilla de rescate para transportar
- 70 latas de galletas
- Camilla plegable
- 1 baño portátil por cada familia de 4
- 6 unidades de suministro de agua de 2 litros

Todas estas estos implementos deberían ser capaces de almacenarse dentro de **un metro cubico**. Sin embargo, también se identifican los siguientes elementos adicionales:
- Implementos sanitarios
- Suministros de primeros auxilios
- Pañales y toallas húmedas para bebés
- Leche en polvo, formula y alimento de bebés
- Toallas desinfectantes
- Baterías para dispositivos de ayuda auditiva
- comida enlatada extra
- Instrumentos para preparar alimentos
- Alimentos no alérgenos
- Implementos de purificación de agua
- Pañales para adultos y limpiadores de dentadura

(Mazereeuw, Miho. Design before disaster: Japan's culture of preparedness. University of Virginia Press.)

2.1.4.6 LA UTILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES

FEMA determina una serie de consideraciones y atributos a tomar en cuenta para la utilización de estructuras existentes como edificios de evacuación vertical:

- **Altura del edificio**: Es preferible la utilización de edificaciones que cumplan con la altura mínima requerida para la evacuación vertical.
- **Orientación del edificio**: El impacto de las olas de un tsunami van a variar dependiendo de la orientación del edificio y su morfología. "edificios rectangulares con la dirección larga orientada paralela a la dirección del flujo de va a experimentar fuerzas hidrodinámicas menores a edificios con la dirección larga orientada perpendicular a la dirección del flujo."(Fema P-646, 2019) Se deberá a medida de lo posible desarrollar edificios con orientaciones que minimicen la carga del flujo de los tsunamis.
- **Sistema estructural**: Se recomienda el uso de estructuras compuestas por hormigón armado o acero estructural en busca de usar estructuras preparadas para resistir los esfuerzos de los terremotos y tsunamis.
- **Antigüedad del edificio**: Es recomendable el uso de edificaciones más nuevas debido al avance de la normativa y los criterios de construcción, los edificios más recientes están mejor preparados para soportar las cargas de los terremotos y tsunamis.
- **Sistema de fundaciones**: Los edificios con un sistema de fundaciones profundas son más probables a tener un buen comportamiento en caso de tsunami debido a la erosión ocasionada por los tsunamis. Se recomienda evitar edificaciones con fundaciones superficiales con excepción de que se encuentre emplazado en roca o que se haya preparado para la erosión.

2.1.4.7 PARTIDAS A REFORMAR

Las siguientes son las partidas que podrían llegar a ser necesarias reformar en la estructura de la edificación preexistente en caso de la intervención de edificios existentes, se destaca que existe la posibilidad que dentro de cada partida sea necesaria la reforma en elementos estructurales específicos.

- **Techumbre**: Es probable que sea necesaria una reforma y refuerzos para soportar las cargas de ocupación del nuevo programa de evacuación vertical. Las maquinarias o elementos de funcionalidad del edificio que se encuentren en la techumbre que podrían generar un riesgo en los usuarios evacuados deberán ser reubicados o protegidos.
- **Muros**: Los muros no estructurales del primer nivel podrán ser modificados para ser considerados como elementos de disipación de energía mediante su colapso.
- **Suelos**: Tanto el suelo del primer nivel como los niveles superiores son propensos a elevación. Especialmente los niveles superiores de losas pretensadas o losas de hormigón sobre estructura de acero serían afectados por el levantamiento. Se sugiere reducir el potencial de aire atrapado.
- **Accesos**: Este aspecto es crucial para el funcionamiento de el edificio de evacuación vertical. Es probable que se deba optimizar el sistema de entradas, circulaciones y circulaciones verticales. Los accesos y corredores deben permanecer libres de obstáculos para garantizar un recorrido seguro del público. Estos accesos y circulaciones pueden ser interiores o exteriores.

2.1.4.8 DECISIÓN DEL USUARIO.

Otro factor relevante para que la evacuación vertical sea una solución factible es que la población a la que iría dirigida esté dispuesta a tomar alternativas a las evacuaciones "tradicionales" como lo es la evacuación horizontal. A pesar de que siempre se debería preferir la evacuación horizontal en caso de ser factible. Es importante que la sociedad esté **preparada** para realizar la evacuación vertical en caso de ser necesaria.

En este sentido, León, Jorge et al. Destacan que los factores que **mayor incidencia** tienen en la toma de decisión de una persona sobre si evacuar o no verticalmente son en primer lugar la **altura del edificio**, en segundo lugar, las **características o cualidades estructurales** del edificio y en tercer lugar que la **ubicación sea percibida como segura**.

El estudio destaca que en el caso de las personas que consideran la altura del edificio como la característica más importante, su edad, genero, residencia, etc. No afectó a la toma final de esta decisión. Por el contrario, en el caso de los encuestados que eligieron las características o cualidades estructurales o la ubicación, si pueden llegar a tomar un factor.

"en el caso de Viña del Mar, donde 37,1% de los participantes que eligieron la estructura como la razón principal para seleccionar un edificio, esta preferencia puede explicarse por el sesgo de conocimiento introducido por 57 participantes del departamento de Arquitectura de la Universidad Técnica Federico Santa María" Leon, Jorge et al. Assesing potential tsunami vertical-evacuation practices: A study of four cases in Chile using virtual reality and GIS.

En el caso de la ubicación del edificio y que sea percibida como segura se puede relacionar con la distancia que existe entre el edificio de evacuación vertical y la costa correspondiente. En la encuesta realizada por León, Jorge et al. En promedio los participantes eligieron edificios que se encontraran a unos 458 metros con relación a la costa.

Si bien la altura es el factor más relevante para los usuarios, como se mencionó en el punto 2.1.4.5. existen **criterios de altura de seguridad** que consideran la altura de inundación estimada para el cálculo, por lo que la altura podría no ser el factor más relevante, como lo podría ser la estructura del edificio o la ubicación de este con respecto a la costa.

Entonces es sumamente relevante **fomentar los conocimientos** sobre edificios de evacuación vertical y cuales factores son los más relevantes para confiar en una estructura con el propósito de evacuar a sus niveles superiores.

Por otro lado esto es una oportunidad para los edificios o estructuras de evacuación vertical de **considerar estos factores** que las personas consideran más relevantes para considerarlos en su diseño, en busca de generar una mayor confianza con el usuario.

2.1.5 VIRTUDES Y LIMITACIONES.

Cada uno de estos métodos tiene sus ventajas y desventajas asociadas.

Evacuación horizontal: Es el método de prevención más estándar y usado por su "simpleza" empleando o adaptando caminos ya existentes a modo de plantear una llegada segura de los habitantes hasta los puntos de encuentro establecidos por las unidades de gestión, riesgo y emergencias. Sin embargo, esto puede tener falencias no tan evidentes que dependen de cada ciudad costera, entre estas desventajas existe la posibilidad de que cierta cantidad de habitantes no alcancen a llegar a las zonas seguras a tiempo que podrían encontrarse a kilómetros de distancia, especialmente las personas con movilidad reducida podrían encontrar dificultades.

Bosques de mitigación: Es una solución con diversos beneficios, además de la evidente función de mitigación de los efectos destructivos de las olas de un tsunami hacía las infraestructuras. También otorgan beneficios medioambientales, promueven actividades para la comunidad y añaden valor visual a la costa. Sin embargo, se puede dificultar la implementación de estos ya que es necesario entre 200 y 500 metros de ancho del bosque para su funcionalidad y en zonas ya establecidas podría ser complicada su implementación, además es posible que en caso de tsunami las olas lleven hacía las zonas residenciales ramas y elementos peligrosos para las personas.

Muros anti-tsunamis: Esta solución se limita a cumplir su objetivo principal que es cuidar y resguardar de la mejor manera posible la vida de las personas, se podría considerar que es la más funcional en este aspecto siempre y cuando sea de gran dimensión. Sin embargo, la implementación de esta alternativa ha sido altamente polémica ya que entre otros factores su elaboración es de un costo muy elevado, su construcción resulta "perjudicial" para el medioambiente y su irrupción en el día a día de los habitantes. A pesar de todas estas desventajas aún es una alternativa que debería ser complementada con otros métodos de prevención como la evacuación horizontal.

Evacuación vertical: esta evacuación busca brindar una alternativa a la evacuación horizontal, en casos en que esta no sea posible, ya sea porque los factores morfológicos de la ciudad dificulten la evacuación en el tiempo sugerido o bien por el impedimento que puedan tener personas con movilidad reducida de llegar a una zona segura. Otorga esta posibilidad de evacuación mediante una estructura que puede cumplir con un rol visual rico arquitectónicamente y aportar a la comunidad brindando espacios para el ocio o el esparcimiento durante el día a día manteniéndose preparado en caso de emergencias. Todo esto sin generar un costo excesivo al país como podría ser el caso con otras alternativas.

03 REFERENTES

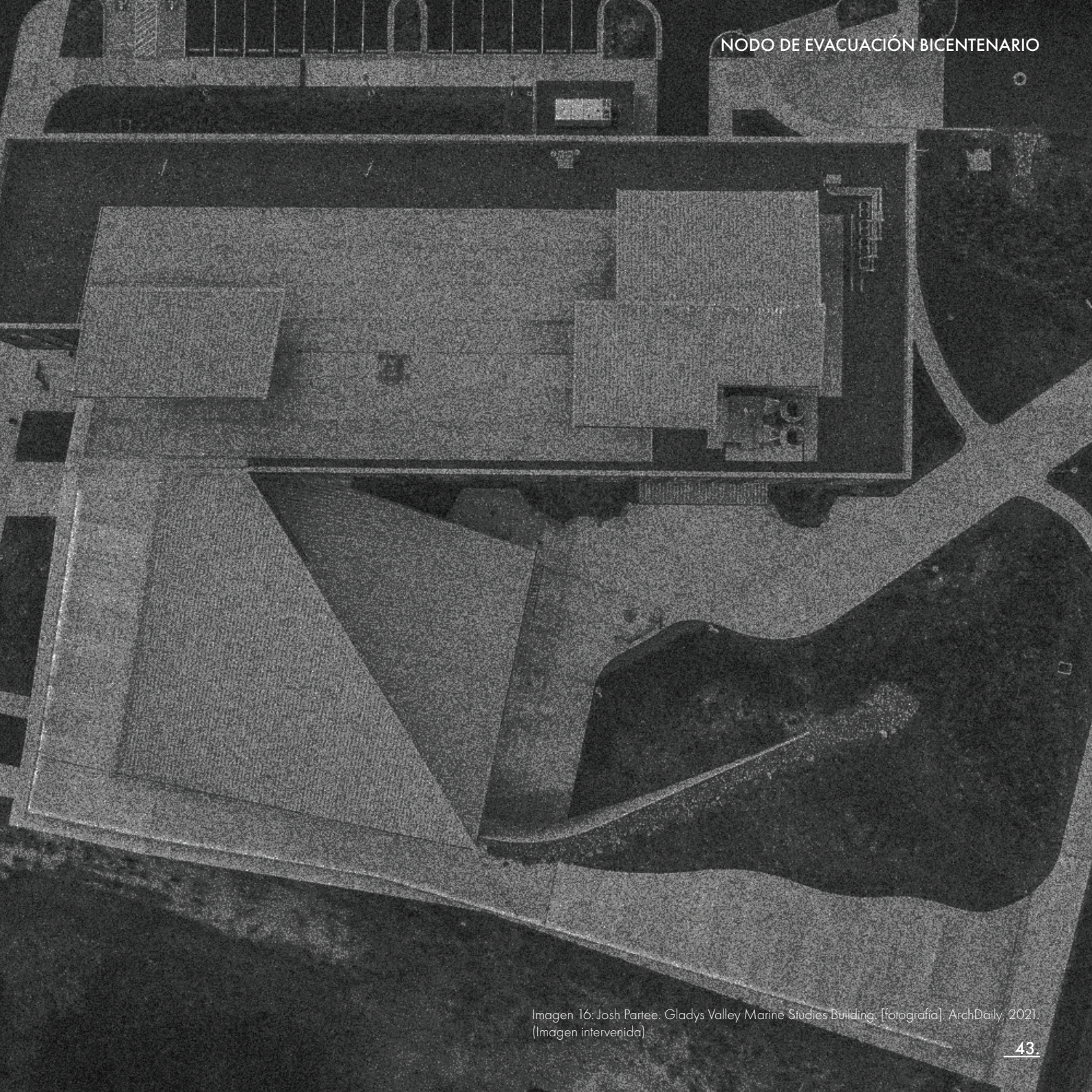


Imagen 16: Josh Partee. Gladys Valley Marine Studies Building. [fotografía]. ArchDaily, 2021. (Imagen intervenida)

3.1 REFERENTES.

A continuación, se presentará una serie de referentes de torres de evacuación vertical que responden a diferentes características de lugar, contexto y presupuesto. Sin embargo, hay una característica que se repite en cada uno, que es el emplazamiento continental. Este tipo de proyectos se ubican en el cinturón de fuego al ser una zona de alta actividad sísmica y volcánica. Se puede encontrar ejemplares de esta técnica en países como Indonesia, Estados unidos y Japón. Los proyectos que se mostrarán a continuación son una selección acotada de los ejemplares existentes a lo largo del cinturón de fuego, en busca de una solución eficiente y en muchos casos industrializada y prefabricada a la problemática en cuestión.

Esto invita a preguntarnos, si países que enfrentan desafíos similares en cuanto a actividad natural se refiere, **¿por qué no se realiza en la realidad del país?**

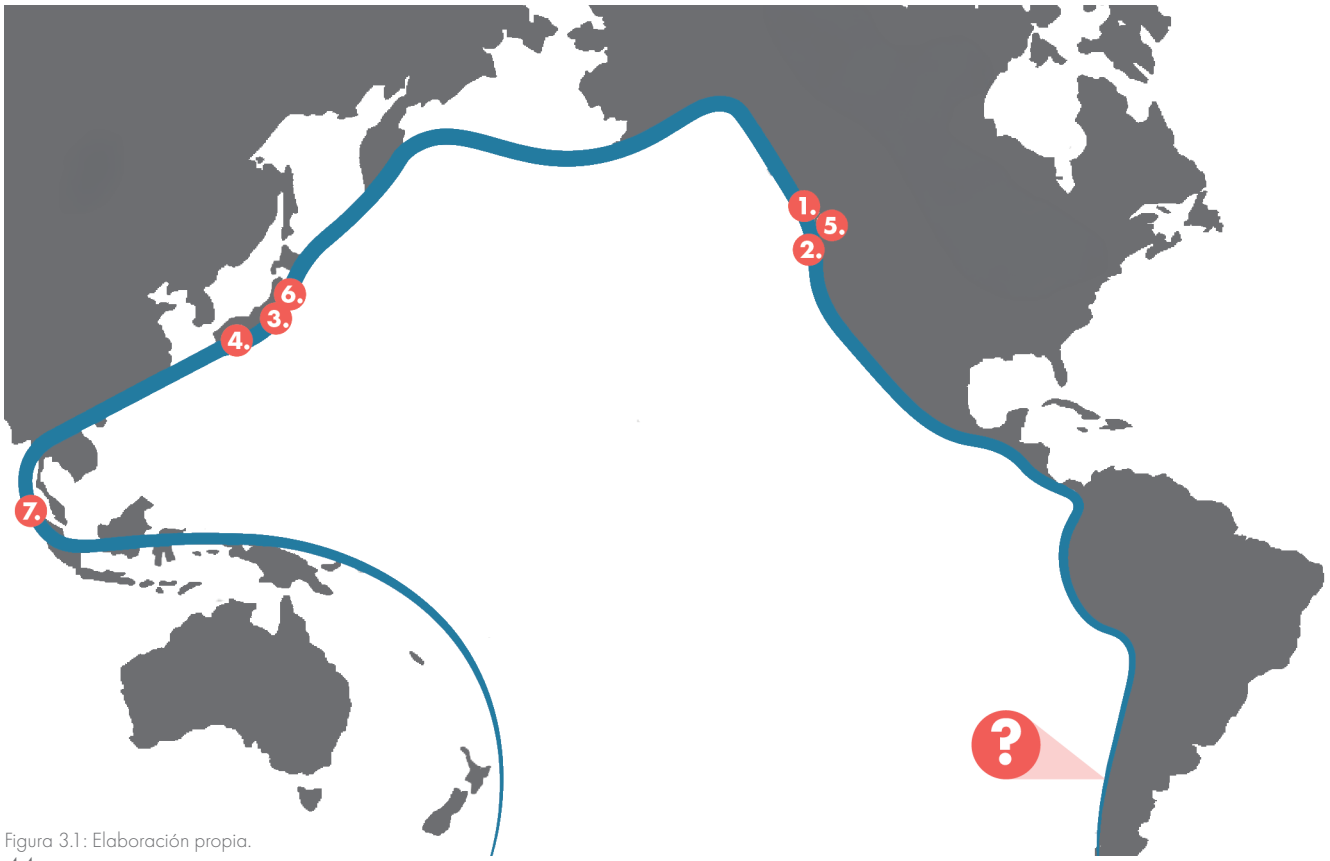


Figura 3.1: Elaboración propia.

TIPO / REFERENTE	TIPOLOGÍA	CAPACIDAD	ALTURA SOBRE N.T.N	NIVELES (CONSIDERA TECHUMBRE)	ESTRUCTURA	
OCOSTA ELEMENTARY SCHOOL	ESTRUCT. EXISTENTES	+1.000 PERSONAS	8,5 METROS	2 NIVELES	ACERO + HORMIGÓN	
GLADYS VALLEY MARINE STUDIES BUILDING	AD-HOC	920 PERSONAS	14 METROS	4 NIVELES	ACERO + HORMIGÓN	
TERRASSE ORANGE TOI	AD-HOC	S/I	21,8 METROS	5 NIVELES	ACERO	
JUNPEI TOWER	AD-HOC	400 PERSONAS	8,5 METROS	2 NIVELES	ACERO	
TSUNAMI VERTICAL EVACUATION TOWER TOKELAND	AD-HOC	400 PERSONAS	15,24 METROS	2 NIVELES	ACERO	
1-CHOME HILL	COLINAS O CERROS	S/I	10 METROS	1 NIVEL	S/I	
TSUNAMI EVACUATION TOWER BANDA ACEH	AD-HOC	S/I	S/I	4 NIVELES	S/I	

Figura 3.2: Elaboración propia.

1. OCOSTA ELEMENTARY SCHOOL

UBICACIÓN: OCOSTA, ESTADOS UNIDOS
AÑO: 2016
ARQUITECTO: TCF ARCHITECTURE
CAPACIDAD: +1.000 PERSONAS
UTILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES.

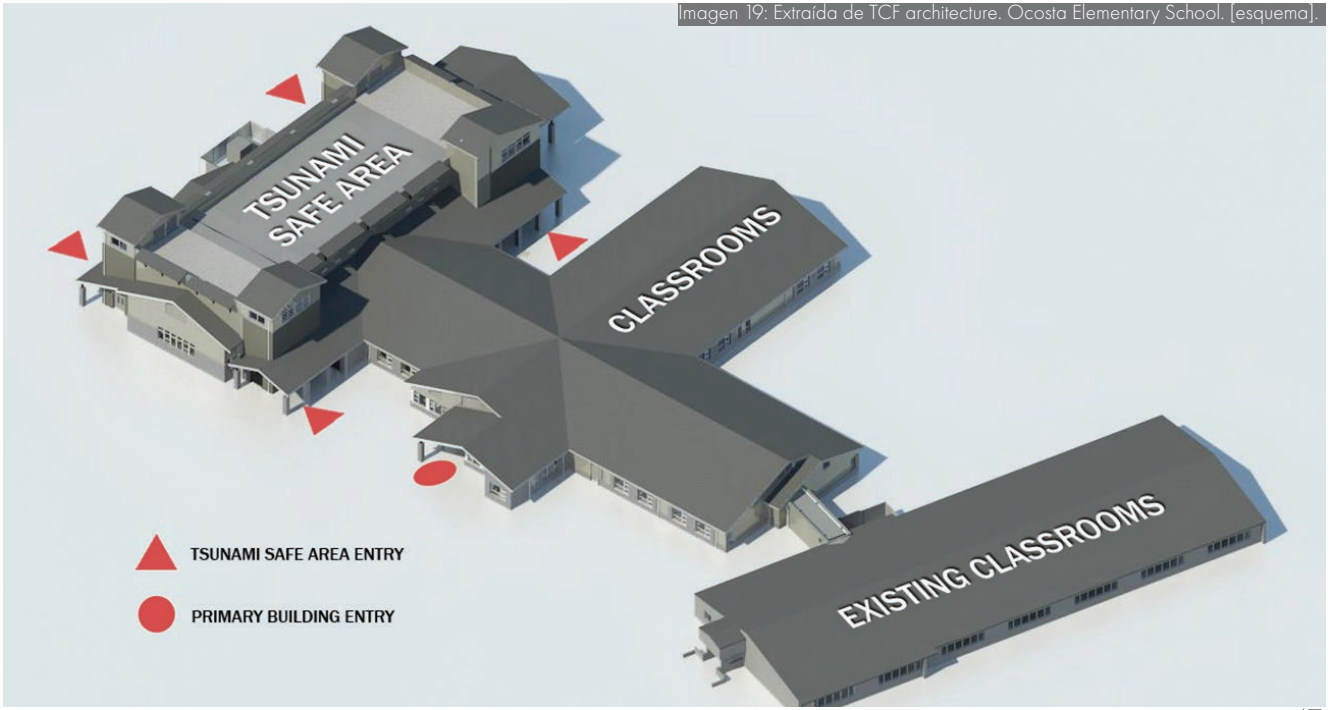


Imagen 17: Extraída de TCF architecture. Ocosta Elementary School. [fotografía].



Imagen 18: Extraída de Degenkolb. Ocosta Elementary School. [fotografía].

Imagen 19: Extraída de TCF architecture. Ocosta Elementary School. [esquema].



2. GLADYS VALLEY MARINE STUDIES BUILDING

UBICACIÓN: WESTPORT, ESTADOS UNIDOS
AÑO: 2020.
ARQUITECTO: YOST GRUBE HALL ARCHITECTURE
CAPACIDAD: 920 PERSONAS
CONSTRUCCIÓN: AD-HOC



Imagen 20: Josh Partee. Gladys Valley Marine Studies Building. [fotografía]. ArchDaily, 2021.



Imagen 21: Josh Partee. Gladys Valley Marine Studies Building. [fotografía]. archdaily, 2021.

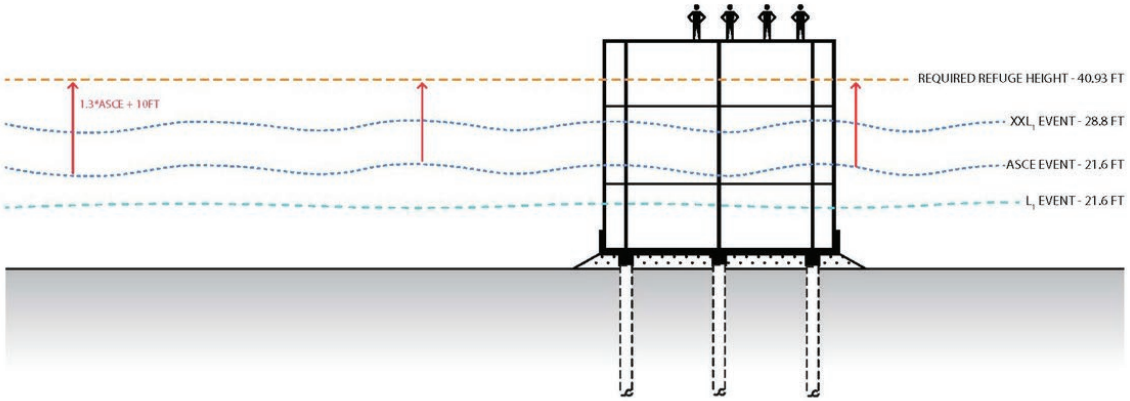


Imagen 22: Extraída de ArchDaily. Gladys Valley Marine Studies Building. [plano]. ArchDaily, 2021.

3. TERRASSE ORANGE TOI

UBICACIÓN: IZU, JAPÓN
AÑO: 2024
ARQUITECTO: IMAI LABORATORY, IIS, UTOKYO, NIPPON KOEI URBAN SPACE
CAPACIDAD: S/I
CONSTRUCCIÓN AD-HOC



Imagen 23: Hiroshi Ueda. Terrasse orange toi. [fotografía]. ArchDaily, 2024.



Imagen 24: Hiroshi Ueda. Terrasse orange toi. [fotografía]. ArchDaily, 2024.

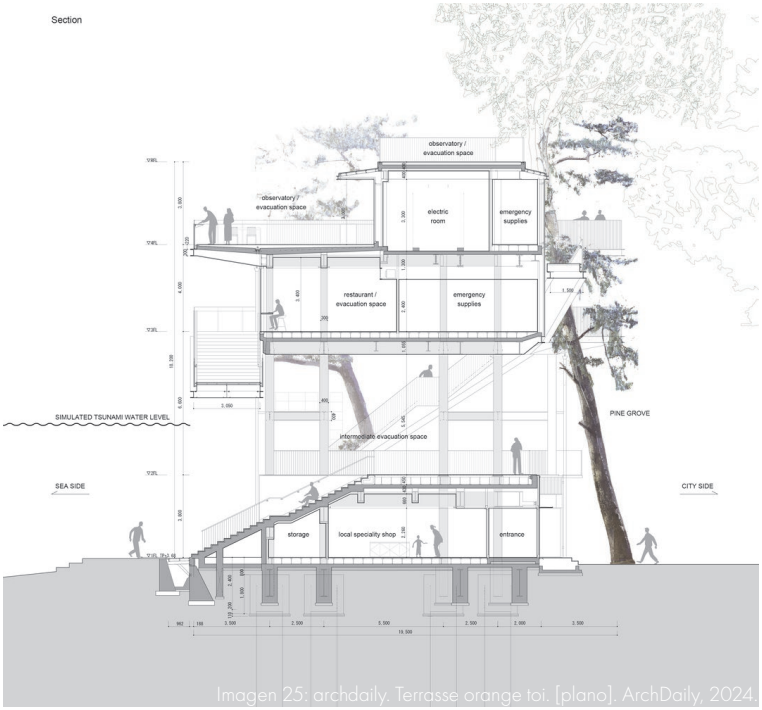


Imagen 25: archdaily. Terrasse orange toi. [plano]. ArchDaily, 2024.

4. JUNPEI TOWER

UBICACIÓN: NAKATOSA, JAPÓN
AÑO: 2014
ARQUITECTO: S/I
CAPACIDAD: 400 PERSONAS
CONSTRUCCIÓN AD-HOC



Imagen 26: Junpei tower, torre de evacuación vertical de Nakatosa. [fotografía]. Imagen extraida del Municipio de Nakatosa.

5. TSUNAMI VERTICAL EVACUATION TOWER

UBICACIÓN: TOKELAND, ESTADOS UNIDOS
AÑO: 2022
ARQUITECTO: S/I
CAPACIDAD: 400 PERSONAS
CONSTRUCCIÓN AD-HOC



Imagen 27. Degenkolb. Tsunami evacuation tower. [fotografía]. Degenkolb.

6. 1-CHOME HILL

UBICACIÓN: ISHINOMAKI, JAPÓN
AÑO: 2021
ARQUITECTO: S/I
CAPACIDAD: S/I
CERROS Y COLINAS ARTIFICIALES



Imagen 28: Consejo de la Red de Patrimonio ante Desastres. Ishinomaki Minamihama Tsunami Memorial Park seen from the sky. [fotografía]. Wikimedia Commons CC BY 0.4.

7. TSUNAMI EVACUATION CENTER

UBICACIÓN: BANDA ACEH, INDONESIA
AÑO: S/I
ARQUITECTO: S/I
CAPACIDAD: S/I
CONSTRUCCIÓN AD-HOC

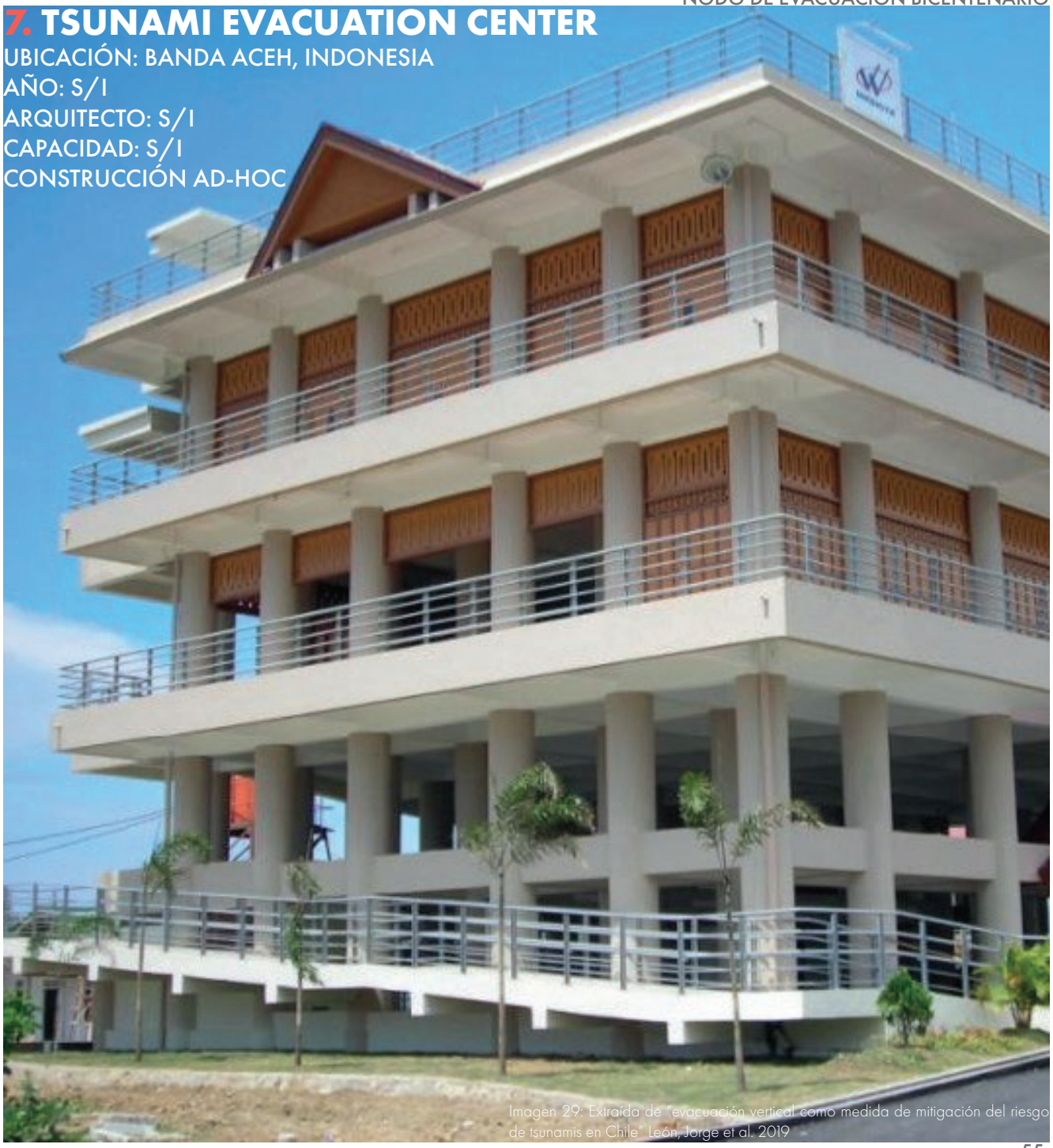


Imagen 29: Extraída de "evacuación vertical como medida de mitigación del riesgo de tsunamis en Chile" León, Jorge et al. 2019

3.2 REFLEXIONES DE REFERENTES.

Esta tipología de proyectos se puede desarrollar siguiendo el lenguaje pautado por el emplazamiento, el clima y la población a la que está destinada como es el caso de los referentes: 1) Ocosta elementary school, 2) Gladys valley marine studies building y 4) Junpei tower.

Mientras que otra forma que siguen estos edificios es de manera independiente con respecto a su entorno, prefabricando la infraestructura mediante un sistema industrializado. De esta manera se facilita el diseño general del edificio y promovería la masificación de esta solución a lo largo del país. Esto se aprecia en los referentes: 3) Terrace orange toi y 5) Stunami vertical evacuation tower.

Por su parte, el uso de cerros y colinas artificiales es el menos común entre este tipo de infraestructuras debido a la potencia dificultad de integrarlos a un contexto "urbano", sin embargo, podría ser de utilidad en escenarios en los que se busque una solución que no se destaque con respecto a su entorno como es el caso de el referente 6. 1-Chome Hill

Se puede apreciar la tendencia de la utilización de instituciones de la educación, para el desarrollo de infraestructuras en preparación de emergencias naturales, dos ejemplos de esto son: 1) Ocosta elementary school y 2) Gladys valley marine studies building. Es usual hacer uso de la estructura existente interviniéndola y adaptándola para su nuevo uso. Por lo general se adapta la techumbre para ser habitable con accesos universales, esta búsqueda de accesos universales directos a la techumbre se hace evidente en el caso del Gladys valley marine
studies building, que habilita la totalidad de la techumbre las 24hrs del día con un acceso directo por medio de topografía en forma de rampa.

En casos en donde la edificación se desarrolla originalmente como un edificio de evacuación vertical se busca generalmente una estructura de características "simples" elaborado de acero u hormigón.

Cada uno de los referentes observados son casos interesantes de como **diferentes países** abarcan la problemática de las amenazas naturales desde la arquitectura en búsqueda de **reducir la vulnerabilidad**.

La mayoría de los casos presentados son de elaboración **reciente**, por lo que es una alternativa en observación y desarrollo. En la realidad del país es importante que tomemos estos casos como **influencia** para brindar nuevas alternativas en busca de ayudar a nuestras comunidades.

04 CASO DE ESTUDIO



Imagen 30: Ezequiel Cabrera. Estero Marga Marga y calle Álvarez. [fotografía]. ArchDaily, 2022 (Imagen intervenida)

VIÑA DEL MAR
Región de Valparaiso



Figura 4.1: Elaboración propia.

4.1 COMUNIDAD

Viña del Mar es la cuarta comuna el mayor índice de intensidad de turística de Chile para el año 2018 con un ITT de 0,4725 (subsecretaría del turismo, 2018) Sin embargo, también hace presencia una gran cantidad de habitantes de la comuna con un total de 334.871 personas según cifras del censo de población y vivienda de 2024.

En el grafico de trabajadores por rubros más relevantes se puede observar los sectores económicos con mayor presencia dentro de la comuna. Destacando el aumento de la relevancia de actividades de servicios administrativos y de apoyo como la poca presencia de trabajadores del sector de la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca con apenas 1.677 trabajadores en el año 2023.

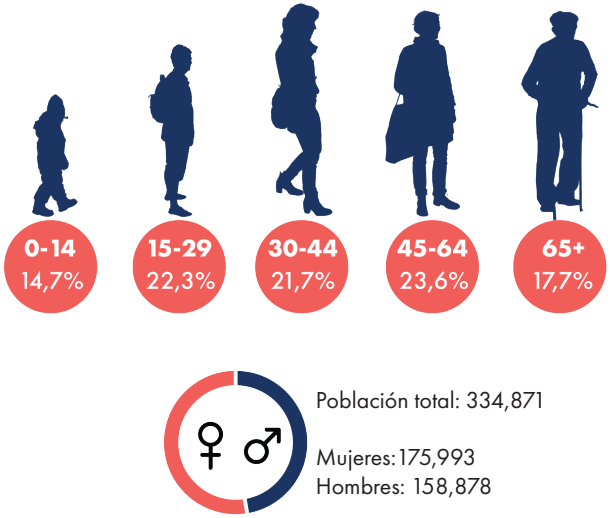


Figura 4.2: Elaboración propia a partir de datos de Biblioteca del congreso nacional de Chile, Reportes comunales.

4.2 CANTIDAD DE TRABAJADORES POR RUBROS MAS RELEVANTES

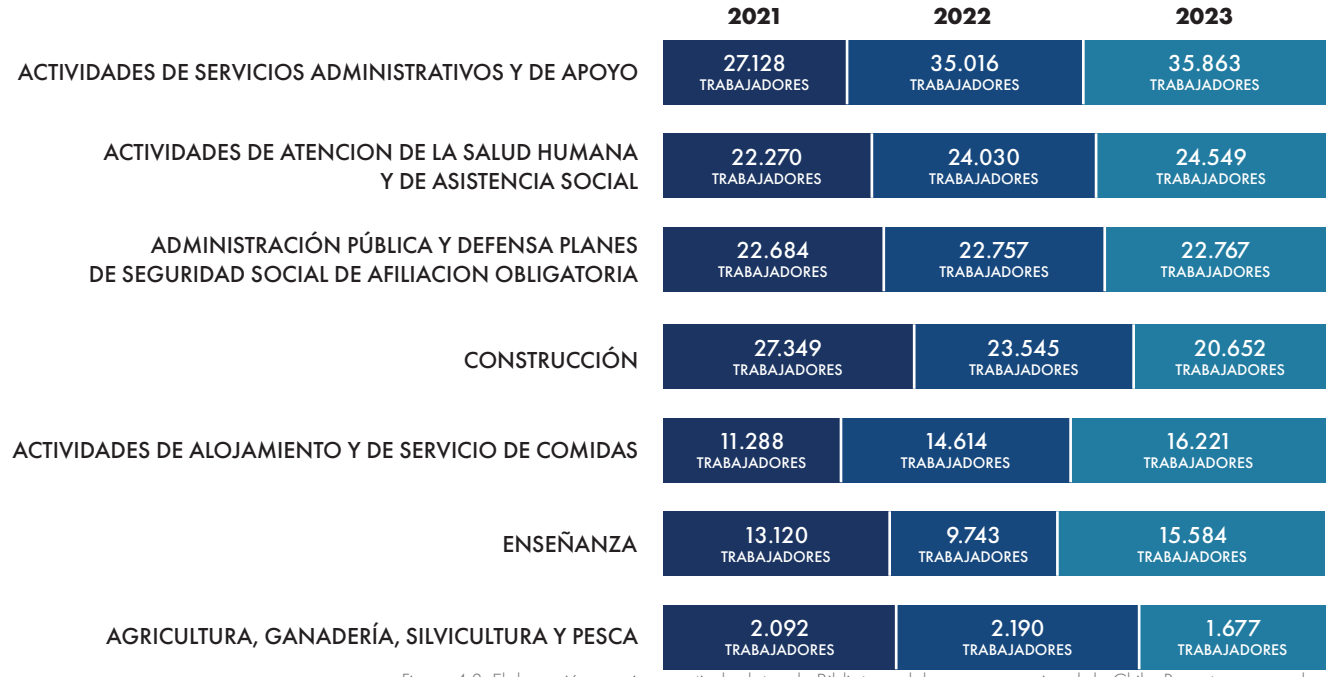


Figura 4.3: Elaboración propia a partir de datos de Biblioteca del congreso nacional de Chile, Reportes comunales.

4.3 SITUACIÓN ACTUAL

Como se pudo exponer anteriormente, Viña del Mar se encuentra dentro de las 9 ciudades con un mayor porcentaje de población expuesta en el caso de tsunami, con un 10,5% de exposición con una población total de 334.871, lo que se traduce en aproximadamente **35.161 personas expuestas**. Viña del mar y específicamente la población Vergara se encuentran expuestos contra los efectos de las olas destructivas de los tsunamis debido a sus características topográficas. Esta zona contempla una gran densidad de edificaciones de diversas tipologías de uso de suelo, desde lo residencial, hasta lo comercial, equipamiento turístico y demás servicios varios.

En el centro de Viña del mar se contempla el uso de un total de 16 puntos de encuentro con diversas rutas de evacuación con el objetivo de dirigir a la población a estos puntos de encuentro.

"Leon et al. (2019). desarrollaron un modelo de evacuación peatonal de agentes para la zona de la Población Vergara en Viña del Mar". (Cigiden, 2019) Este buscaba simular un proceso de inundación por tsunami, que se contrasta con información de simulaciones de evacuación para determinar comportamientos de la población, rutas de escape y tiempos de la evacuación. En este se consideraron dos tipologías de distribución de la población:

Distribución diurna:53.743 personas
Distribución nocturna: 28.296 personas

Los resultados de este modelo resaltan que un gran porcentaje de la población Vergara de Viña del Mar no conseguiría llegar a un punto de encuentro en el tiempo suficiente para evadir las olas de un potencial tsunami. **Se determina que un 38% de la población no conseguiría llegar a un punto de encuentro a tiempo**.

Sobre todo cuando se trata de un Tsunami local, las olas de este pueden llegar relativamente rápido, sin dejar un tiempo de reacción para la evacuación adecuada, incluso impidiendo un tiempo adecuado para que los organismos oficiales puedan emitir la alerta correspondiente a la población.

Fema P-646 señala como ejemplo el Tsunami de 1993 que afectó a Okushiri, Hokkaido, Japón. Alcanzó la costa dentro de 5 minutos del terremoto que causó este Tsunami. Resultando en 208 fatalidades

Además, se determina que **los espacios peatonales de la ciudad habilitados para la evacuación estarían obstruidos en un 12% por diferentes factores** como veredas en mal estado, autos mal posicionados, mobiliarios de restaurantes, entre otros. Lo que deteriora y retarda la evacuación de la población. (Cigiden, 2019)

Entendiendo esta situación en la que se encuentra la ciudad, sería necesario evaluar diferentes estrategias de mitigación a las consecuencias de los tsunamis que podrían ocurrir.



4.3.1 ÁREA DE ESTUDIO

500m 1.000m 2.000m



Figura 4.4: Elaboración propia.



4.3.2 POTENCIAL DE INUNDACIÓN

PROFUNDIDAD INUNDACIÓN SHOA

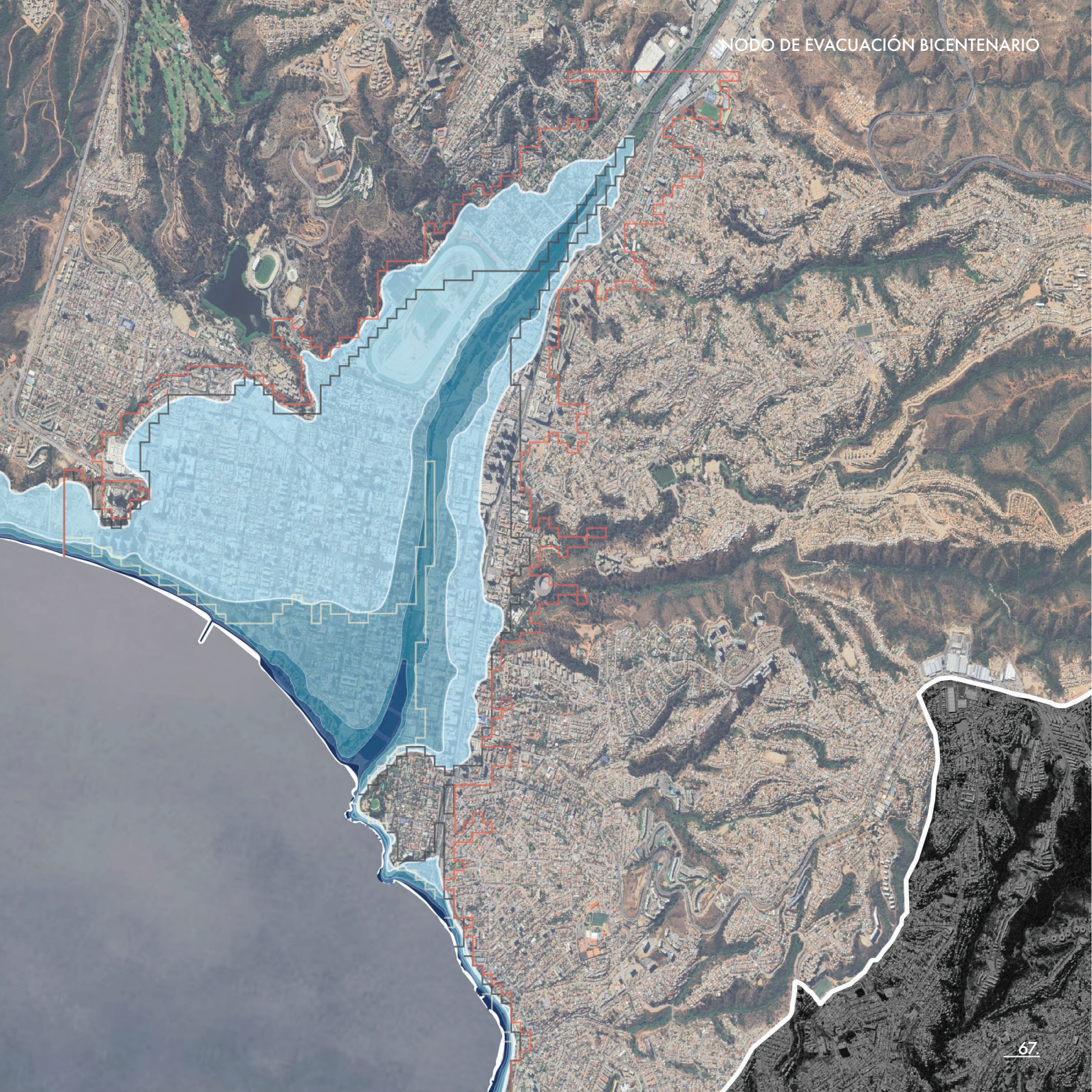
- 0-1 METROS
- 1-2 METROS
- 2-4 METROS
- 4-6 METROS
- 6+ METROS

PEOR ESCENARIO DE INUNDACIÓN (CIGIDEN)

- ALCANCE MÁXIMO MAGNITUD 8
- ALCANCE MÁXIMO MAGNITUD 8.5
- ALCANCE MÁXIMO MAGNITUD 9

500m 1.000m 2.000m

Figura 4.5: Elaboración propia a partir de datos de Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, "Carta de inundación por tsunami" y León, Jorge et al. "A study of four cases in Chile using virtual reality and GIS por León, Jorge et al. International Journal of Disaster Risk Reduction."





4.3.3 SISTEMA DE RESPUESTA EXISTENTE

P.E PUNTO DE ENCUENTRO

CENTRO DE SALUD

BOMBEROS

COMISARÍA

VÍA DE EVACUACIÓN

VÍA DE TREN

ARÉA DE EVACUACIÓN (SHOA)

500m 1.000m 2.000m

Figura 4.6: Elaboración propia a partir de datos de Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, "Carta de inundación por tsunami"; Biblioteca del congreso nacional de Chile "Mapas vectoriales" y Senapred, "Plano de evacuación ante amenaza de tsunami".


P.E
P.E
P.E
P.E
P.E
P.E
P.E
P.E
P.E
P.E
P.E
P.E



4.3.4 ESTRUCTURA EDUCACIONAL

COLEGIO PÚBLICO (MEDIA)

COLEGIO PÚBLICO (BASICA)

RADIO DE EVACUACIÓN

ARÉA DE EVACUACIÓN (SHOA)

200 METROS DE LA COSTA

ESTERO MARGA-MARGA

500m 1.000m 2.000m

Figura 4.7: Elaboración propia a partir de datos de Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, "Carta de inundación por tsunami" y Daniela Brandi Falcone, "Estrategia de diseño para la evacuación en edificios de altura".


NODO DE EVACUACIÓN BICENTENARIO
RADIO 500M = 8MIN CAMINANDO

05 PROPUESTA DE PROYECTO



Figura 5.1: Elaboración propia.

5.1 PROPUESTA GENERAL

Luego de haber analizado las diferentes técnicas para mitigar los potenciales daños causados por los efectos de las olas destructivas de los tsunamis y entender la situación actual de la comuna, teniendo en cuenta que esta problemática no se solucionaría con un proyecto individual sino con una **colaboración de las diversas técnicas mediante su uso simultaneo**.

Sin embargo para el desarrollo de este proyecto se propone un "**sistema general de adaptación de edificios educacionales como estructuras de evacuación vertical**" que considera una serie de carácteristicas necesarias para el desarrollo de de este sistema como respuesta a un potencial tsunami.

Dentro de estas carácteristicas se consideran:

- **Propuesta de ubicación**
- **Propuesta de uso**
- **Propuesta estructural**

La propuesta de ubicación pretende presentar la idea de el desarrollo de una serie de estructuras de evacuación vertical que sirvan de apoyo a la red medidas de respuesta existente en la ciudad y a la comunidad. Mediante estas estructuras se buscaría abarcar el mayor rango para la evacuación a medida que sea posible.

La propuesta de uso presenta a una escala general las diferentes etapas que se le podrá asociar a el edificio como un total. Al proponer la intervención de edificios educacionales para adaptarlos a un uso secundario de evacuación vertical, se necesita que cumpla con las funciones correspondientes durante todo su ciclo de vida.

Por último la propuesta estructural busca brindar lineamientos a utilizar en las diferentes estructuras de evacuación vertical que se puedan desarrollar tanto en la comuna de Viña del Mar como en distintas partes del país, desde un punto de vista industrializado.

La consideración de cada uno de estos puntos generan la propuesta general aplicable en diversos proyectos, el diseño arquitectonico dependerá de las necesidades de las necesidades de cada proyecto en particular.

5.1.1 PROPUESTA DE UBICACIÓN

En el caso de Viña del mar, nos encontramos con una situación particular de un centro **altamente expuesto** a la potencial amenaza de un tsunami debido a su composición urbanistica y espacial. Entendiendo esta exposición que tiene la comunidad en caso de emergencia, un solo edificio o estructura de evacuación no sería suficiente para hacer una diferencia significativa en relación a la población expuesta, sin embargo si se desarrolla una **serie de edificios de evacuación vertical a lo largo de Viña del Mar** (también aplicable en el contexto de otras comunas) se podría abarcar una mayor área para la evacuación y aún mas importante,

aumentar la cantidad de personas evacuadas exitosamente que en un escenario en el que la única opción fuera la evacuación horizontal, tal vez no hubiera sido posible.

En este sentido y para el caso de estudio, se propone una serie de **al menos 3 estructuras de evacuación vertical** dispuestas de manera estratégica en la población Vergara, brindando a su comunidad vulnerable la oportunidad de evacuar de forma segura cubriendo en gran medida el área de la población.

A partir de este plan general se buscaría desarrollar con mayor profundidad el proyecto de un **"Nodo de evacuación vertical"** a modo de una infraestructura que busque no solamente ser empleada en situaciones extraordinarias, sino que también aporte de manera cotidiana a la cultura y bienestar de la comunidad en la que esté posicionada.

Se busca que el proyecto tenga una "naturaleza privada" haciendo referencia a una estructura que aporte a un edificio preexistente en la ciudad nutriendo de manera positiva a sus actividades y a la comunidad de ese núcleo cerrado, abriéndose al público general en caso de emergencia. Esto se podría conseguir mediante la "utilización de edificios existentes" como lo puede ser un colegio/liceo, centro de salud, etc.

Si bien es importante mantener el método de evacuación horizontal que provee de puntos de encuentro al exterior de la comunidad como la principal medida, se busca que el proyecto genere un "punto de encuentro" para la comunidad en una zona central a esta, en un lugar conocido y a su alcance que sea utilizado como una segunda opción cuando la evacuación horizontal no sea una posibilidad. Por esta razón, el realizar un conjunto de torres de evacuación vertical ubicados en puntos estratégicos para suplir a la ciudad de un espacio seguro es sumamente relevante.

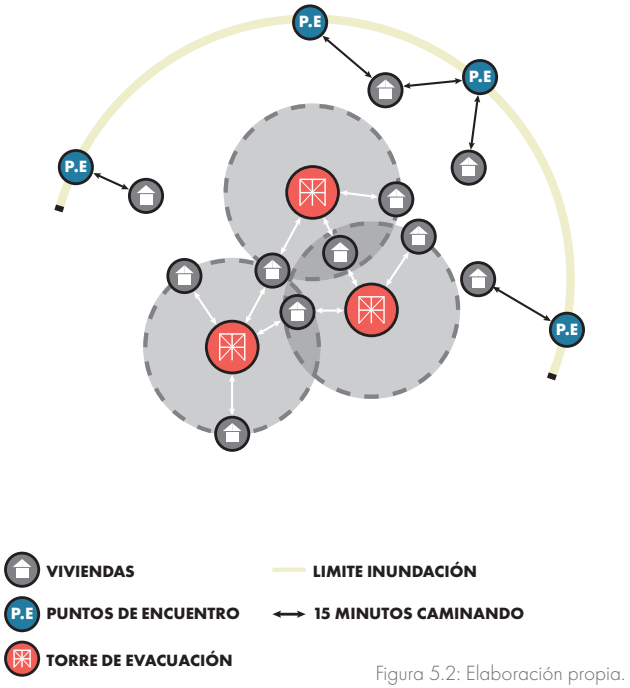


Figura 5.2: Elaboración propia.

5.1.2 PROPUESTA DE USO

En un edificio de evacuación vertical, principalmente en el caso de utilización de estructuras existentes se deben considerar una serie de **"fases de uso"** o etapas que el proyecto debe desempeñar para cumplir con sus objetivos tanto en la vida cotidiana como en caso de emergencia.

En esta investigación se proponen las siguientes fases basándose en el texto "Design before disaster" del autor Miho Mazereeuw.

- USO COTIDIANO

Durante esta etapa se desarrollan las actividades del día a día en la edificación, con un tiempo de **uso indefinido** hasta el eventual suceso de una "amenaza natural". En este caso la intervención buscaría **no intervenir** con las actividades habituales, por el contrario, se buscaría **potenciarlas**.

- EMERGENCIA

Durante esta etapa el edificio busca brindar una alternativa a la evacuación convencional mediante elementos de circulación vertical, permitiendo a la comunidad **encontrarse en un espacio seguro** en el instante del tsunami. Esta etapa se encontraría en funcionamiento durante las próximas horas del suceso del tsunami. **Se considera un rango aproximado entre 8 y 24 horas** hasta que la amenaza inminente haya terminado.

- ALBERGUE

Durante esta etapa el edificio pretende brindar de un espacio seguro con los elementos necesarios para la permanencia de los usuarios durante los días próximos al tsunami. **Esta etapa tiene una duración aproximada de entre 4 y 7 días** dependiendo de los insumos disponibles. Por esto es relevante que la estructura de evacuación vertical esté capacitada para ser **autosuficiente** y cuente con los espacios necesarios para un uso relativamente extenso.

- APOYO

Durante esta etapa se pretendería brindar el edificio de evacuación y el resto del edificio existente si su condición lo permite para **brindar ayuda a la comunidad** mediante una red de apoyos informativos, comunitarios y psicológicos en caso de ser necesario. **durante los meses próximos al evento natural**, mientras se retoman las actividades originales del edificio original.

Todas estas etapas conforman un **ciclo de vida** del edificio circular aportando a la comunidad en cada momento. **Tanto en la vida cotidiana como en situaciones de emergencias naturales.**

ETAPAS DE PROYECTO



Figura 5.3: Elaboración propia.

5.1.3 PROPUESTA ESTRUCTURAL

Al momento de desarrollar un edificio de evacuación vertical, además de saber por qué o el dónde. También se debe tener clara la propuesta estructural por la que estos edificios serían estructurados.

Como se pudo analizar en el punto 2.1.4.6, **es recomendable la utilización de estructura de hormigón armado o de acero estructural**, a modo de desarrollar una estructura capaz de resistir las fuerzas ejercidas por terremotos, carga de ocupación y por supuesto las eventuales olas de un tsunami. Estas materialidades también tienen como beneficio un comportamiento en contacto con el agua más adecuado que en el caso de la madera.

Sin embargo, esto no impide la implementación de madera como material estructural en partidas "secundarias" como elementos soportantes de sombreaderos o estructura de techumbre al ser una partida del proyecto que no tendría contacto con el impacto de las olas del tsunami.

Se propone un sistema general para la estructura de los edificios de **marco de hormigón armado industrializado**. Cuyo dimensionamiento dependerá de cada proyecto y las necesidades de "luz" entre vigas de la estructura. Al trabajar sobre edificios existentes y funcionales es importante minimizar la obstrucción a la estructura original y garantizar el uso eficiente tanto el edificio original como de la intervención propuesta como edificio de evacuación vertical. Por lo que se estima de manera general el uso de **"luces" amplias**.

Para las vigas del proyecto se propone la utilización de **vigas de entrepiso industrializadas** de tipología Tensocret, que sostendrían la losa del edificio de evacuación de evacuación compuesto por **losas nervadas** también del sistema Tensocret. Estas losas nervadas son eficientes para edificios de sistemas industrializados debido a que son relativamente esbeltas y se fabrican en fragmentos acotados que facilitan su transporte e instalación en el sitio.

Esta estructura principal industrializada se vería complementada por **vigas de rigidez prefabricadas.**

La diferencia entre vigas de entrepiso y vigas de rigidez es que las primeras tienen el objetivo de funcionar a modo de "encaje" o soporte directo a los apoyos de la losa nervada, mientras que la losa puntual tiene como único objetivo ser un componente estructural para la rigidez de la estructura. En ambos casos se recomienda el uso de consolas de H.A para mejorar la distribución de cargas.

Estas columnas de hormigón se colocarán en **vasos de fundación** de tipo Tensocret, la profundidad dependerá del estudio de suelo y características del proyecto pero el empotramiento de las columnas de hormigón no será menor a 1,5m de profundidad.

La estructura de techumbre puede variar según diseño arquitectónico. Se propone preferir un **sistema más "ligero"** con una estructura de tipología de pórtico de madera laminada. Esta techumbre también puede ser desarrollada off-site y armada on-site posteriormente

gracias a esta morfología de pórtico.

Se sugiere la utilización de esta estructura por la ligereza de la madera. Esta facilita el **transporte de los módulos de techumbre** y también permite al mantener estructura expuesta al interior del edificio, brindar calidez y un espacio más "cómodo" para las personas evacuadas y los jóvenes pertenecientes a la institución académica.

Finalmente, los cerramientos del edificio de evacuación vertical también pueden variar según diseño para favorecer a la estética de cada caso particular, al ser edificios que forman parte de un recinto educacional se recomienda la utilización de cerramientos que otorguen privacidad al área interior. En caso de utilizar cerramientos opacos como muros, se propone el sistema de **muros simples industrializados** de tipología Baumax que permiten un rango amplio de medidas por paneles de muro y personalización según proyecto de los vanos de cada panel. Estos muros traen las instalaciones sanitarias y eléctricas desde la fábrica.

Estos lineamientos permiten una metodología pautada y una **instalación de los elementos estructurales eficiente y veloz** considerando los tiempos acotados para la realización de la obra para que los liceos sigan sus labores en la época escolar.

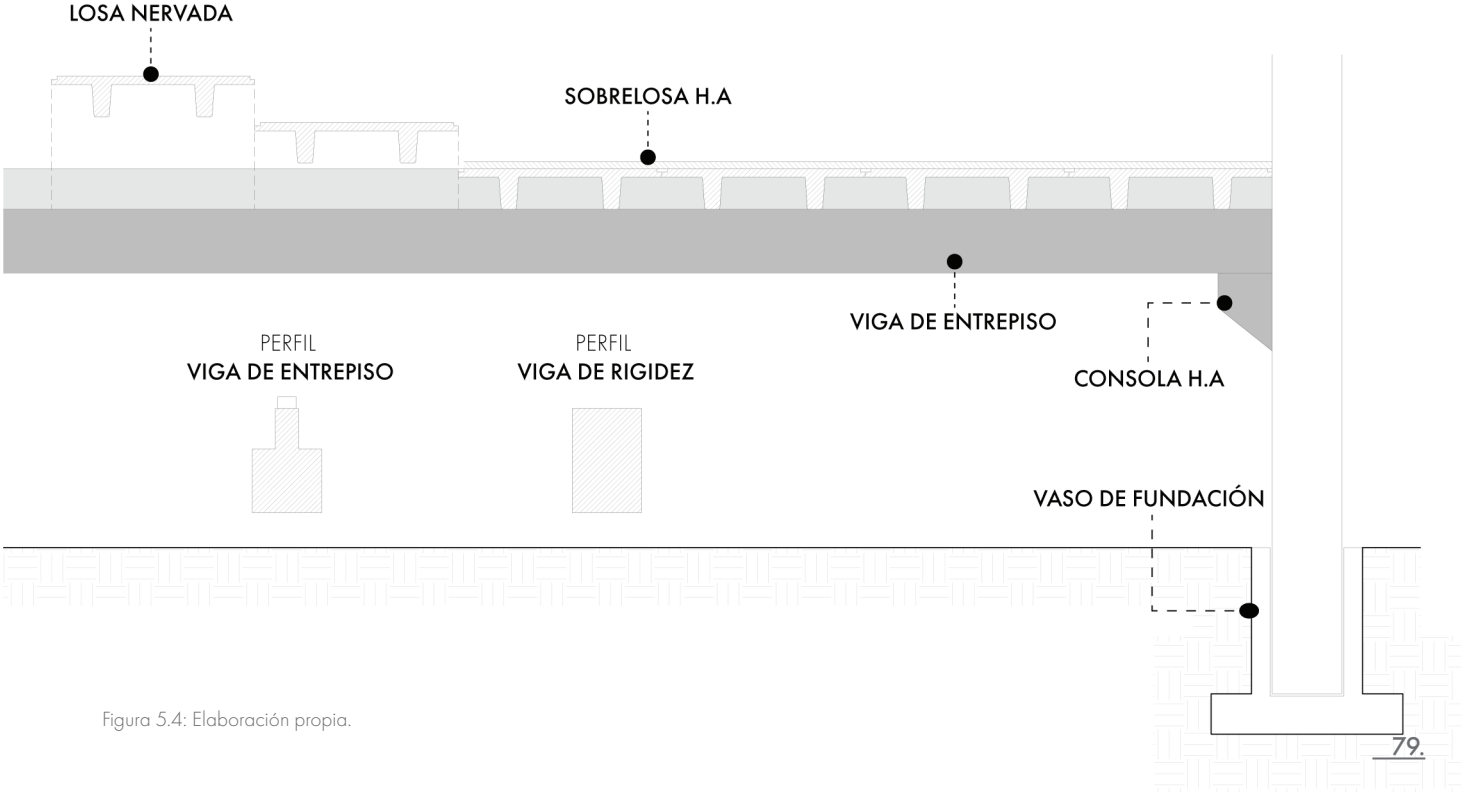


Figura 5.4: Elaboración propia.

5.2 DEFINICIÓN EMPLAZAMIENTO

En busca de desarrollar un proyecto que aproveche estructuras preexistentes, adaptándolas con los criterios necesarios para la evacuación vertical, se proponen **3 instituciones educacionales** como potenciales casos de estudio, estas se encuentran ubicadas en el sector determinado en zona de inundación por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada dentro de la Población Vergara, lo que los convierte en casos interesantes para aportar a la comunidad en caso de emergencia.

Este tipo de edificios suele ser utilizado para el uso y la adaptación de edificios existentes, por su nivel de importancia suelen tener una estructura apta para resistir los esfuerzos provocados por las ondas de los terremotos y los posteriores tsunamis, además en el caso de la población Vergara esta alberga un conjunto de instituciones de educación básica y media, cuya comunidad es imprescindible y sería relevante focalizarlas como centro de evacuación vertical. Para que los más jóvenes tengan un espacio de seguridad inmediata y aprovechando su importancia dentro de la comunidad, facilitando la llegada de la población en caso de emergencia.

5.2.1 INSTITUCIONES PROPUESTAS

Se proponen las siguientes instituciones educacionales de índole pública para el desarrollo del proyecto general.

- **Colegio república de Colombia**
- **Colegio república de Ecuador**
- **Liceo bicentenario de Viña del mar**

Existe una serie de cualidades generales que caracterizan a las instituciones educacionales como potenciales locaciones de intervención para edificios de evacuación vertical entre las que destacan:

Accesibilidad: generalmente cuentan con diversos y amplios accesos a la institución, especialmente si la institución es de naturaleza pública facilita el doble uso del edificio.

Ubicación: Su ubicación por lo general es en zonas residenciales con gran densidad de población y tránsito.

Comunidad: Las instituciones contienen gran parte de población vulnerable al ser menores de edad. Uno de los desafíos de la evacuación horizontal en caso de escuelas es la organización de los estudiantes.

Identificación: Estas edificaciones suelen ser un hito reconocible para los habitantes de la ciudad. Esto facilita la llegada de los usuarios al edificio.



Figura 5.5: Elaboración propia.



PROFUNDIDAD INUNDACIÓN SHOA

- 0-1 METROS
- 1-2 METROS
- 2-4 METROS
- 4-6 METROS
- 6+ METROS

- EMPLAZAMIENTOS
- RADIO DE EVACUACIÓN
- ARÉA DE EVACUACIÓN (SHOA)
- P.E PUNTO DE ENCUENTRO
- VÍA DE EVACUACIÓN

500m 1.000m

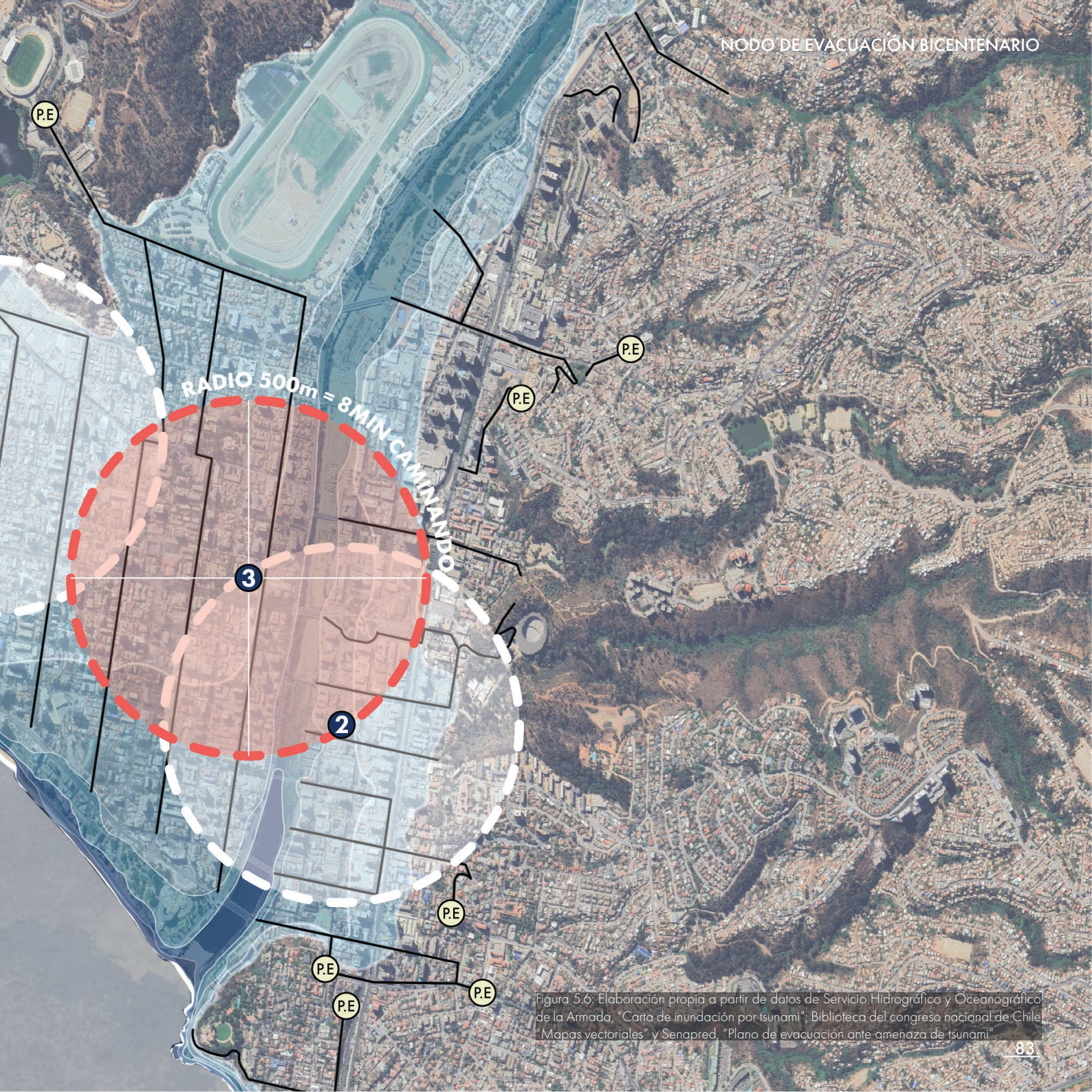


Figura 5.6: Elaboración propia a partir de datos de Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, "Carta de inundación por tsunami"; Biblioteca del congreso nacional de Chile, "Mapas vectoriales" y Senapred, "Plano de evacuación ante amenaza de tsunami".

5.2.1.1
COLEGIO REPÚBLICA DE COLOMBIA

Colegio fundado el 29 de febrero de 1928 como escuela segunda clase de niñas N64. En el año 2002 se le otorga el precio de la excelencia académica de parte del ministerio de educación a los colegios mejor evaluados por el sistema nacional de evaluación de desempeño de establecimientos. Este colegio se encuentra adosado a la escuela básica Humberto Vilchez Alzamora, lo que permite una potencial conexión proyectual mediante la intervención.

Alumnos matriculados: 562
Promedio de alumnos por curso: 24
Cantidad de docentes: 58
(Ministerio de educación, 2026)



Imagen 31: Corporación Municipal Viña del Mar. Escuela República de Colombia. [fotografía]. Elige educación pública Viña del Mar.



Imagen 32: Ministerio de Educación de Chile. Colegio República de Colombia. [fotografía]. Admisión mineduc.

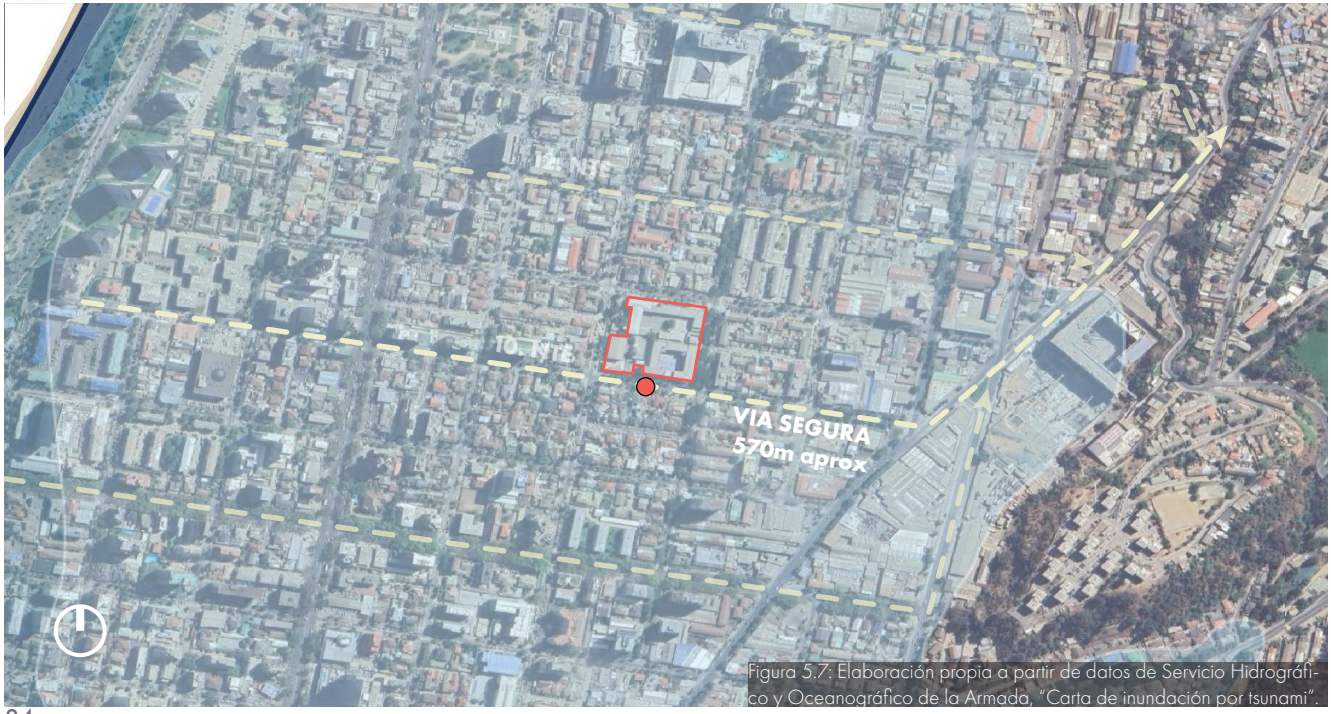


Figura 5.7: Elaboración propia a partir de datos de Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, "Carta de inundación por tsunami".

5.2.1.2
COLEGIO REPÚBLICA DE ECUADOR

Colegio fundado el 16 de mayo de 1877 en predios que fueron donados por José Francisco Vergara. Este colegio solo atiende niñas de educación básica (desde pre-kinder hasta 8vo básico)

Alumnos matriculados: 289
Promedio de alumnos por curso: 17
Cantidad de docentes: 39
(Ministerio de educación, 2026)



Imagen 33: Corporación Municipal Viña del Mar. Escuela República de Ecuador. [fotografía]. Elige educación pública Viña del Mar. (Imagen intervenida)



Imagen 34: Ministerio de Educación de Chile. Escuela República de Ecuador. [fotografía]. Admisión mineduc. (Imagen intervenida)



Figura 5.8: Elaboración propia a partir de datos de Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, "Carta de inundación por tsunami".

5.2.1.3
LICEO BICENTENARIO DE VIÑA DEL MAR

Colegio fundado el 22 de marzo de 1911 como liceo de señoritas de viña del mar hasta 2009 integrando varones al establecimiento, ahora denominado liceo de viña del mar. En 2012 es nombrado Liceo Bicentenario de Viña del mar a modo de reconocimiento por trayectoria y aporte a la ciudad.

Su emplazamiento lo convierte en un punto importante de apoyo a la comunidad que lo rodea.

Alumnos matriculados: 742
Promedio de alumnos por curso: 30
Cantidad de docentes:62
(Ministerio de educación, 2026)



Imagen 35: Liceo Bicentenario de Viña del Mar. Vista aerea del liceo. [fotografía]. Facebook.



Imagen 36: Elaboración propia. Liceo Bicentenario de Viña del mar, feria del libro 2026.



Figura 5.9: Elaboración propia a partir de datos de Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, "Carta de inundación por tsunami".

5.3 ANALISIS DE EMPLAZAMIENTOS

Si bien se han propuesto 3 instituciones educacionales como posibles emplazamientos del proyecto en búsqueda de aprovechar la estructura original sumándole un carácter arquitectónico y programático que beneficie a su comunidad y alrededores. Se propone el **desarrollo a profundidad** de uno de estos para definir un sistema o tipología estructural que se podría replantear para los otros dos edificios.

La elección de emplazamiento será el **Liceo Bicentenario de Viña del Mar** debido a su lejanía con los puntos de encuentro remarcados y su cercanía con el estero marga marga, además de su configuración por medio de módulos en hilera y núcleos de escaleras exteriores que generan oportunidades de diseño y conexión. En comparación a los otros dos colegios con una configuración con un vacío central y corredor en su perímetro.

5.3.1 LICEO BICENTENARIO DE VIÑA DEL MAR

Liceo Bicentenario de Viña del mar.
Fundado: 22/03/1911
Niveles: 7mo básico a 4to medio
Orientación religiosa: Laica

La institución educacional cuenta con:

- Infraestructuras:
- Biblioteca
- Cancha
- Gimnasio
- Laboratorio
- Laboratorio de inglés
- Sala audiovisual
- Sala de computación
- Sala de uso múltiple

Apoyo académico:
- Psicólogo
- Asistente social
- Fonoaudiólogo
- Orientador
- Profesor de educación especial/diferencial
- Psicopedagogo
- Reforzamiento en materias especificas
- Terapeuta ocupacional

Actividades extraprogramáticas:
- Taller de artes plásticas
- Taller de música
- Taller de tecnología de la información y comunicación
- Talleres de robótica/medioambiente

(Ministerio de educación, 2026)

El Liceo facilita parte de su espacio exterior en verano para realizar **actividades de esparcimiento de la comunidad**. Como lo es la feria del libro en donde la comunidad se reune a compartir. Esto lo convierte en un liceo rico en contexto comunitario y facilita un conocimiento general de la comunidad de su ubicación y accesos.

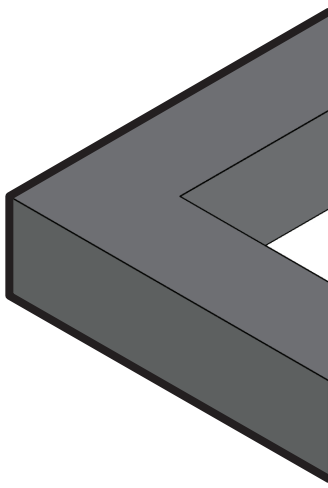
5.4 TIPOLOGÍAS DE COLEGIOS

Es relevante identificar las siguientes tipologías como las más comunes utilizadas para las instituciones de educación para posteriormente proponer potenciales estrategias de intervención.

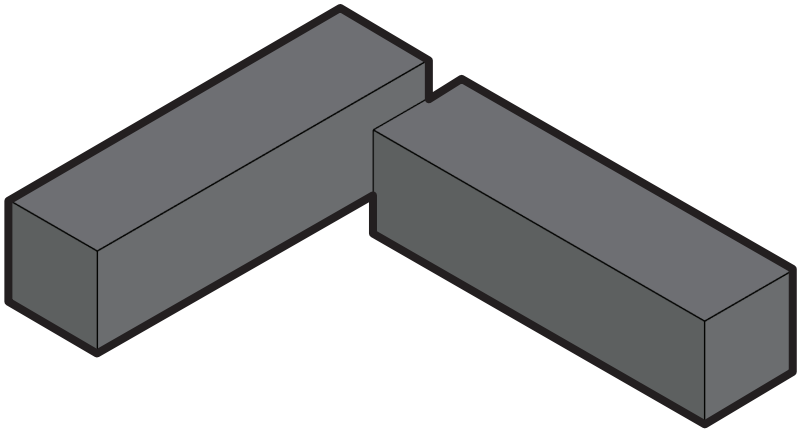
Para presentar las siguientes tipologías de instituciones educacionales, se interpretan y se basa en las tipologías presentadas en la edición número 16 de Neufert. Las tipologías presentadas serán:

- Tipología compacta con patio central
- Tipología de pabellones en hilera
- Tipología de pabellones agrupados
- Tipología conjunto de pabellones agrupados
- Tipología complejo compacto

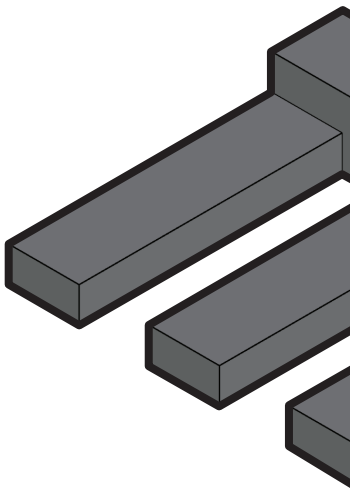
TIPOL
Compacta co



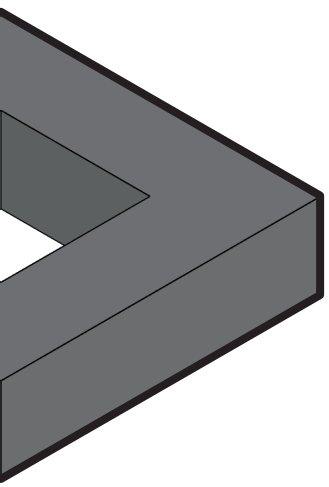
TIPOLOGÍA
Pabellones agrupados



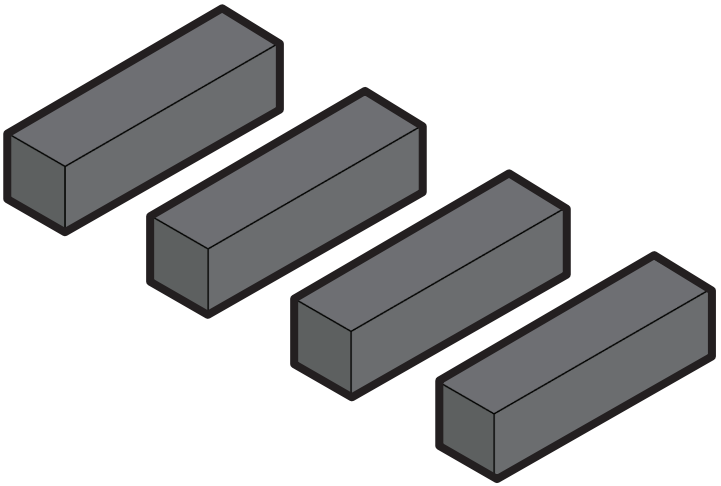
TIPOL
Conjunto pabell



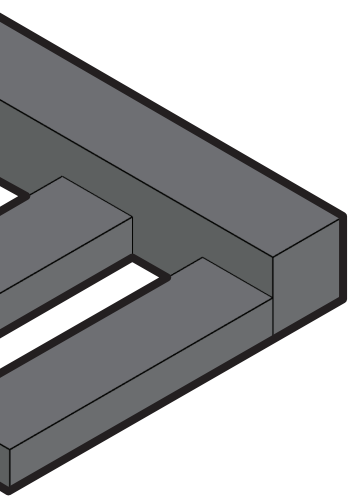
OGÍA
n patio central



TIPOLOGÍA
Pabellones en hilera



OGÍA
ones agrupados



TIPOLOGÍA
Complejo compacto

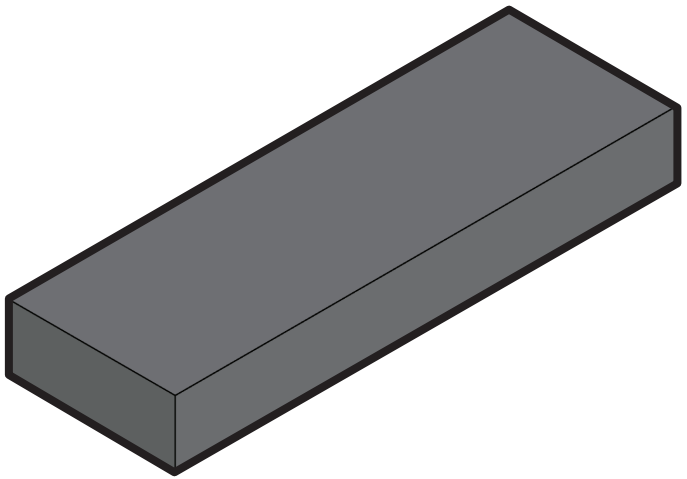


Figura 5.10: Elaboración propia.

5.5 ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN

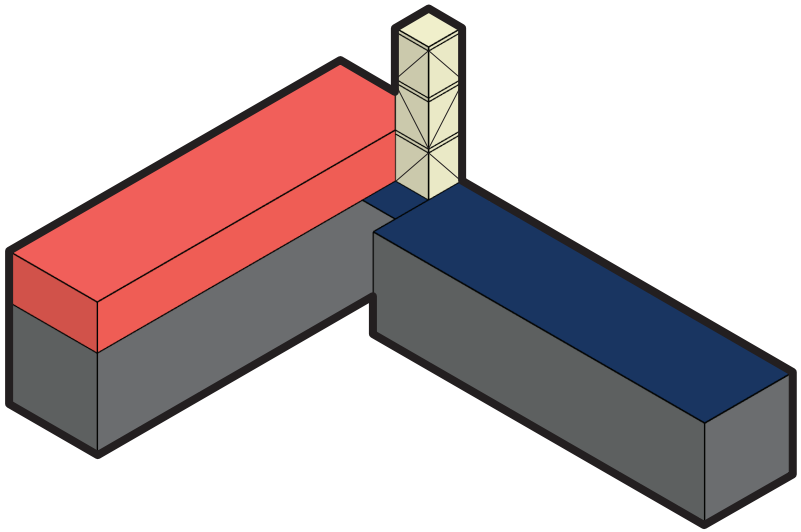
La estrategia general de intervención contempla la utilización de 3 partidas bases:

Circulación vertical: Estructura con la función principal de permitir el acceso a cada nivel del proyecto, además pretende que esta sirva de un hito llamativo que dirija a la población hacía el proyecto en caso de emergencia.

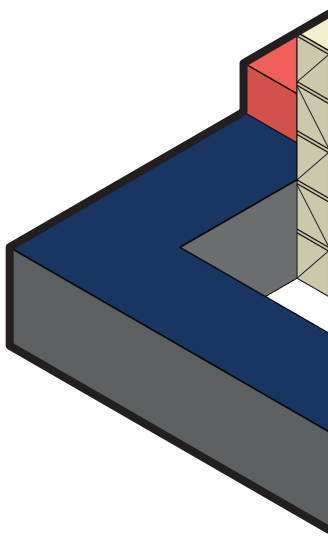
Área exterior: Contempla la utilización del nivel de la techumbre original del edificio existente siempre que esta cumpla con el requerimiento de altura mínima para la evacuación vertical. Este espacio promovería el uso de áreas libres en un uso cotidiano y permitiría la evacuación de un gran número de habitantes de la ciudad.

Modulo extensión: Estructura de permanencia para la evacuación vertical "cerrada" a modo de proveer un espacio de permanencia cómodo en situación de emergencia y un espacio interior que beneficie a las actividades de la institución en un uso cotidiano.

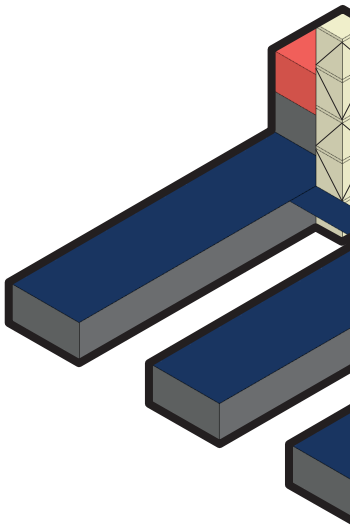
TIPOLOGÍA
Pabellones agrupados



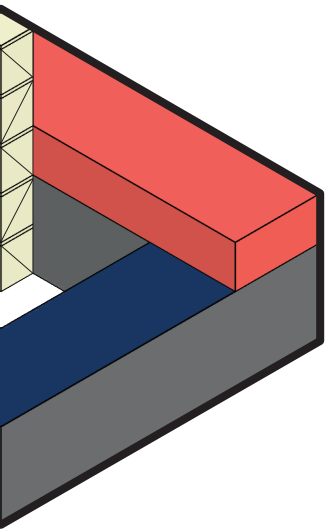
TIPOL
Compacta co



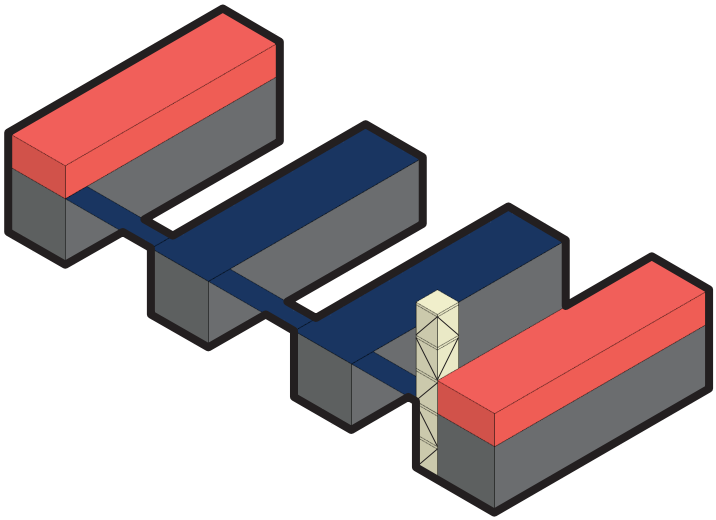
TIPOL
Conjunto pabell



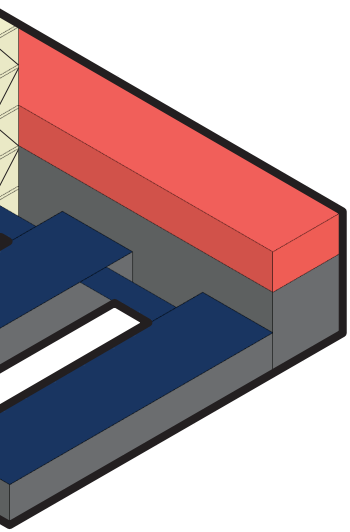
OGÍA
n patio central



TIPOLOGÍA
Pabellones en hilera



OGÍA
ones agrupados



TIPOLOGÍA
Complejo compacto

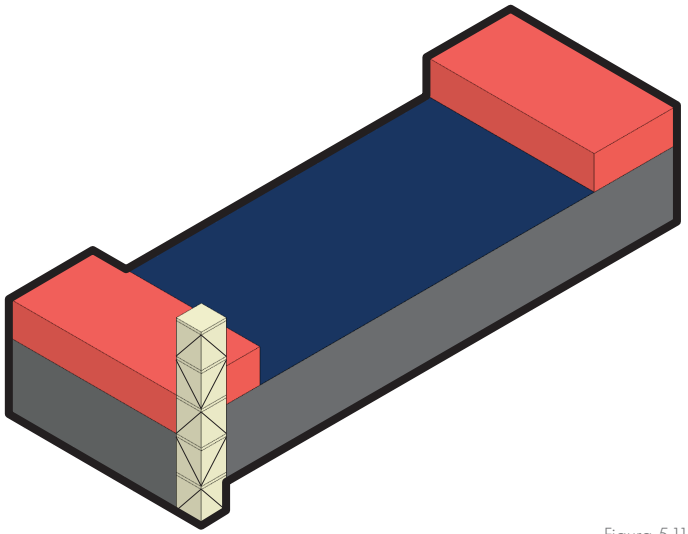


Figura 5.11: Elaboración propia.

5.5.1 COLEGIO REPÚBLICA DE COLOMBIA

Edificio de estructura existente "compacta con patio interior", tiene una vida dentro de su comunidad. Con una estructura con diversos desniveles, lo que dificultaría realizar un proyecto que aproveche gran parte de su perímetro. Sin embargo, se propone de manera general la intervención de la techumbre superior generando un módulo de extensión como uso interior y de resguardo de la intemperie, junto al área exterior en forma de "plaza" elevada. El edificio existente cuenta con dos estructuras externas al módulo principal que funciona como circulaciones verticales, estas circulaciones podrían ser intervenidas a forma de dar las características necesarias para la situación de emergencia.

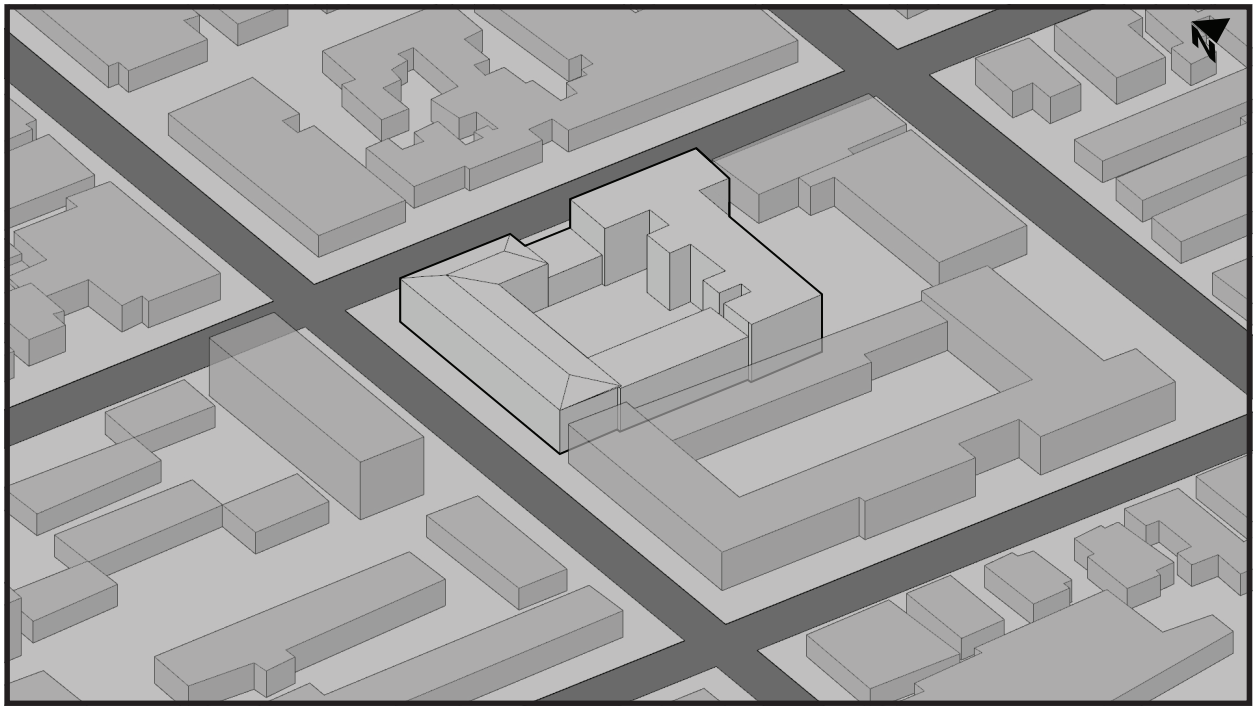
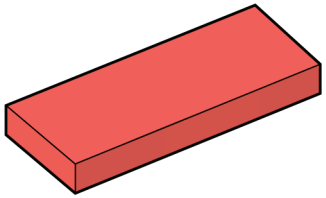
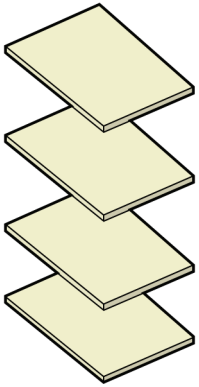


Figura 5.12: Elaboración propia.

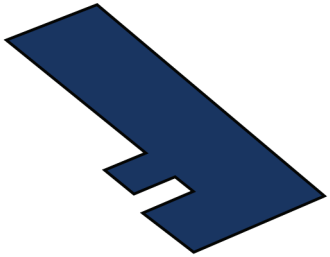
CIRCULACIÓN VERTICAL

MODULO EXTENSIÓN





ÁREA EXTERIOR



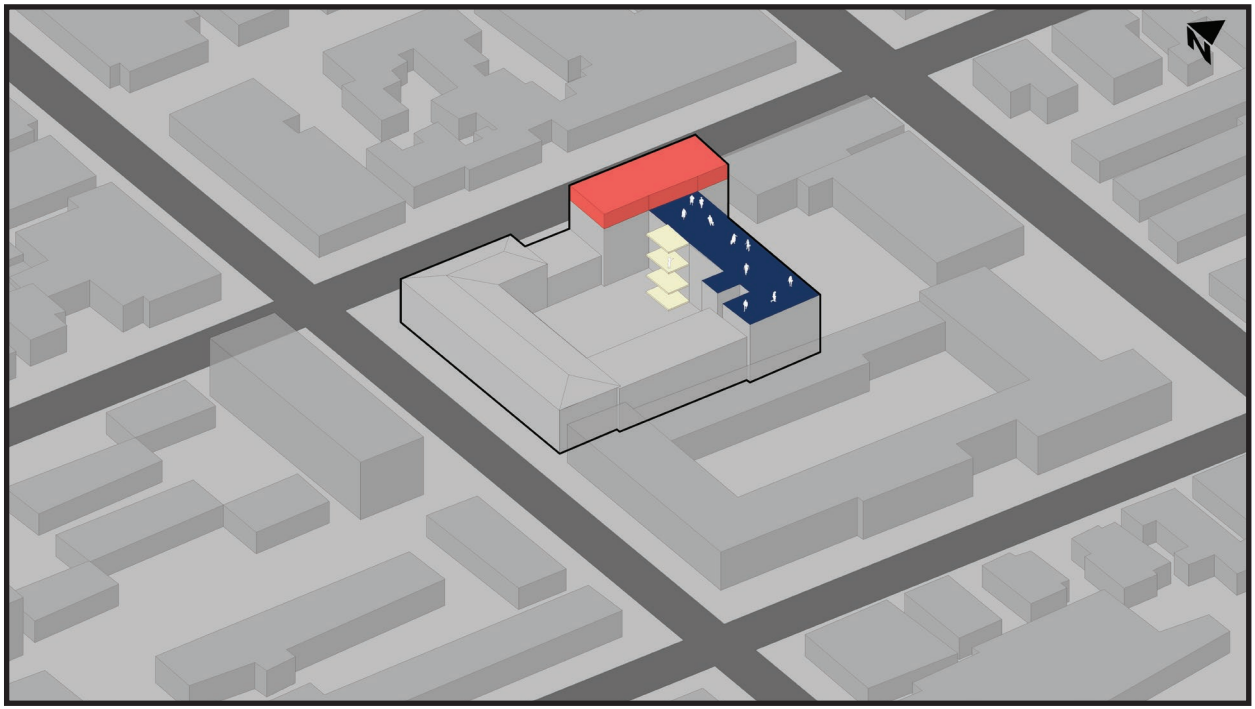


Figura 5.13: Elaboración propia.

5.5.2 COLEGIO REPÚBLICA DE ECUADOR

De igual manera que el colegio república de Colombia, este presenta estructura existente "compacta con patio interior", con una vida dentro de su comunidad. Esta institución cuenta con una techumbre más nivelada comparada con el caso anterior, por lo que es posible un mejor uso del metraje cuadrado existente en la techumbre del proyecto. Se propone de manera general la intervención de la techumbre superior generando un módulo de extensión como uso interior y de resguardo de la intemperie, junto al área exterior en forma de "plaza" elevada. Este edificio existente no cuenta con una estructura de circulación exterior, por lo que se propone desarrollar una estructura independiente de circulación exterior, generando un acceso más directo y capacitado para el recibimiento de la comunidad en caso de emergencia. A su vez se busca que esta estructura funcione como hito de referencia para el público a evacuar.

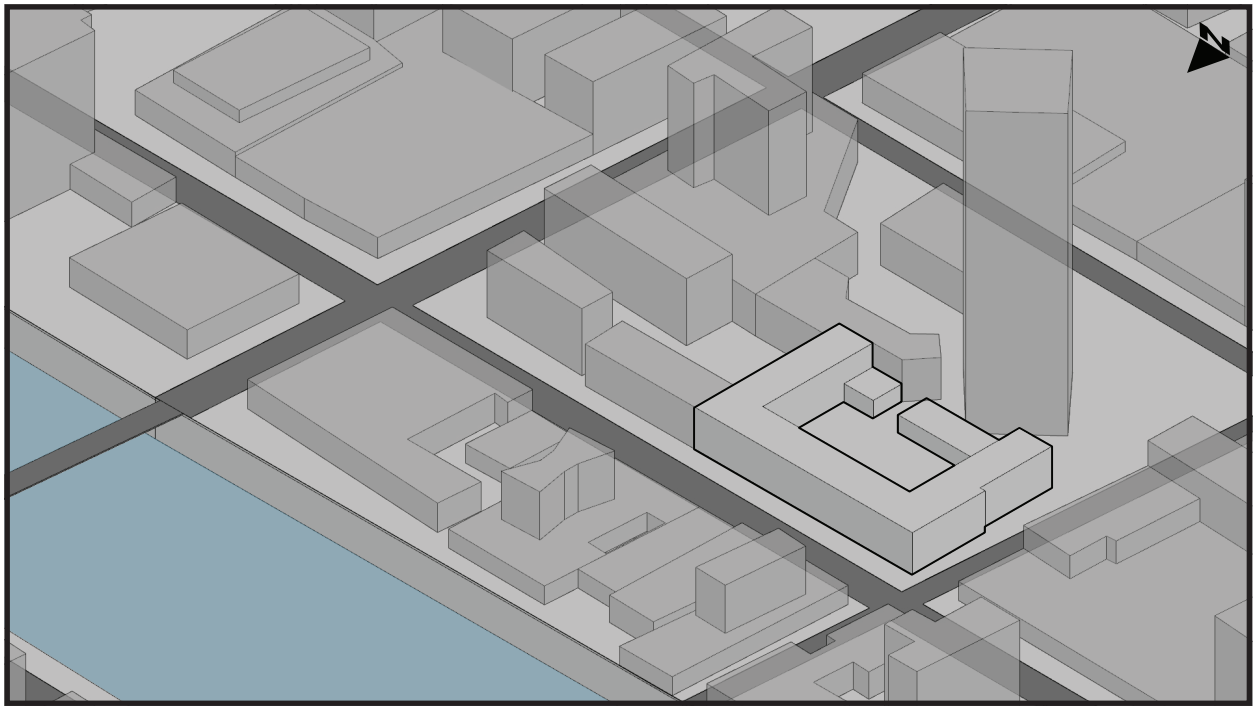


Figura 5.14: Elaboración propia.

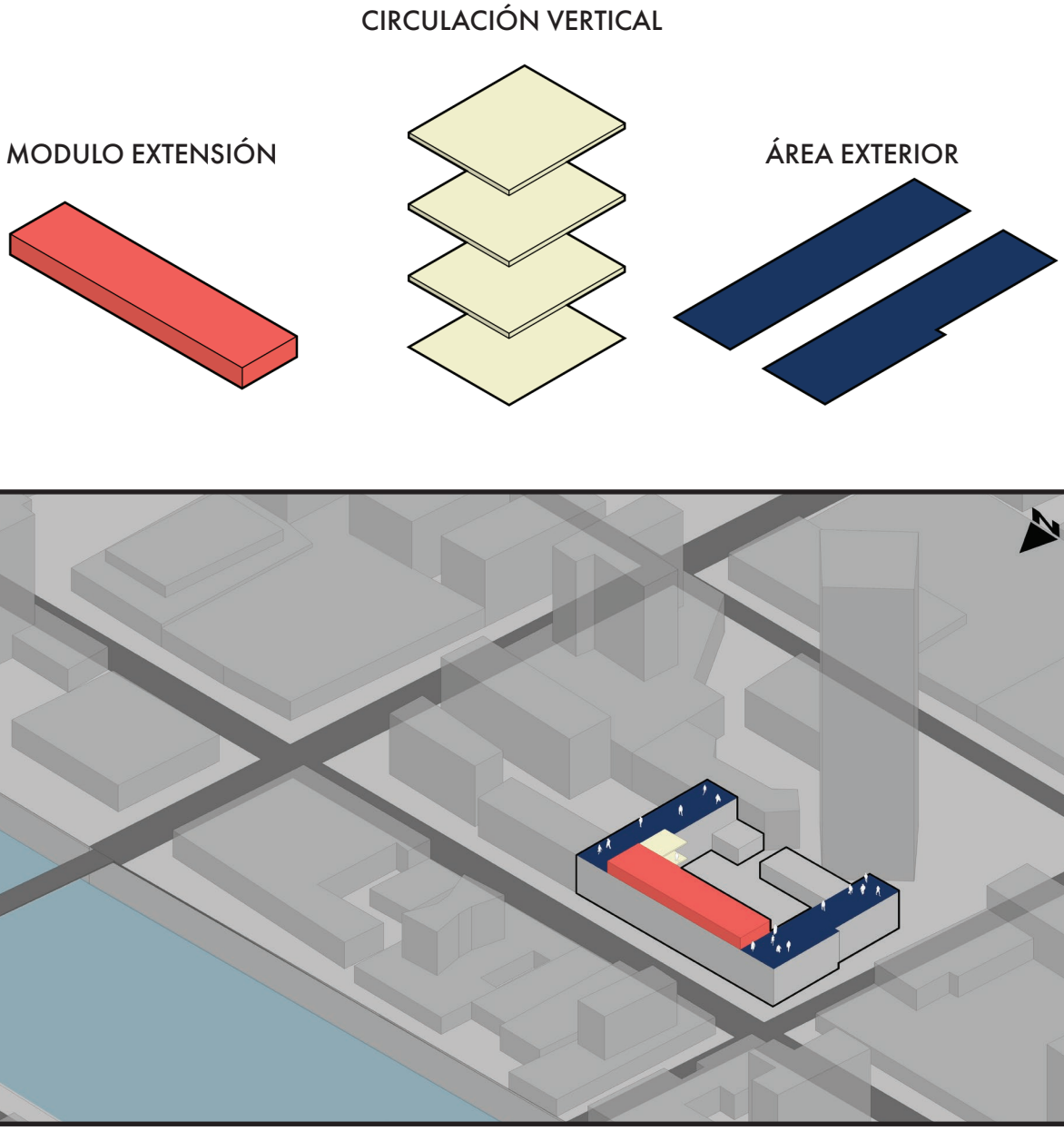


Figura 5.15: Elaboración propia.

5.5.3 LICEO BICENTENARIO DE VIÑA DEL MAR

Edificio de una tipología diferente a las anteriores mencionadas, este caracterizado por tener una estructura de pabellones en hilera y circulaciones exteriores para cada pabellón de clases. Se propone intervenir 3 de los pabellones, los 3 pabellones a intervenir serían los 3 con mayor proximidad al sur (mayor cercanía a él estero marga marga haciéndolo un sector más crítico). esta intervención consiste en el desarrollo de un módulo de extensión como uso interior y espacio de resguardo para los usuarios de mayor vulnerabilidad junto a la utilización de la superficie de la techumbre de dos de estos volúmenes con el objetivo de ser usado en caso de emergencia como espacio de evacuación para la comunidad. Estas 3 instancias estarían conectadas por medio de "pasarelas" elevadas.

Adicionalmente se propone una reestructuración de las circulaciones exteriores a modo de responder a las necesidades de la situación de evacuación vertical.

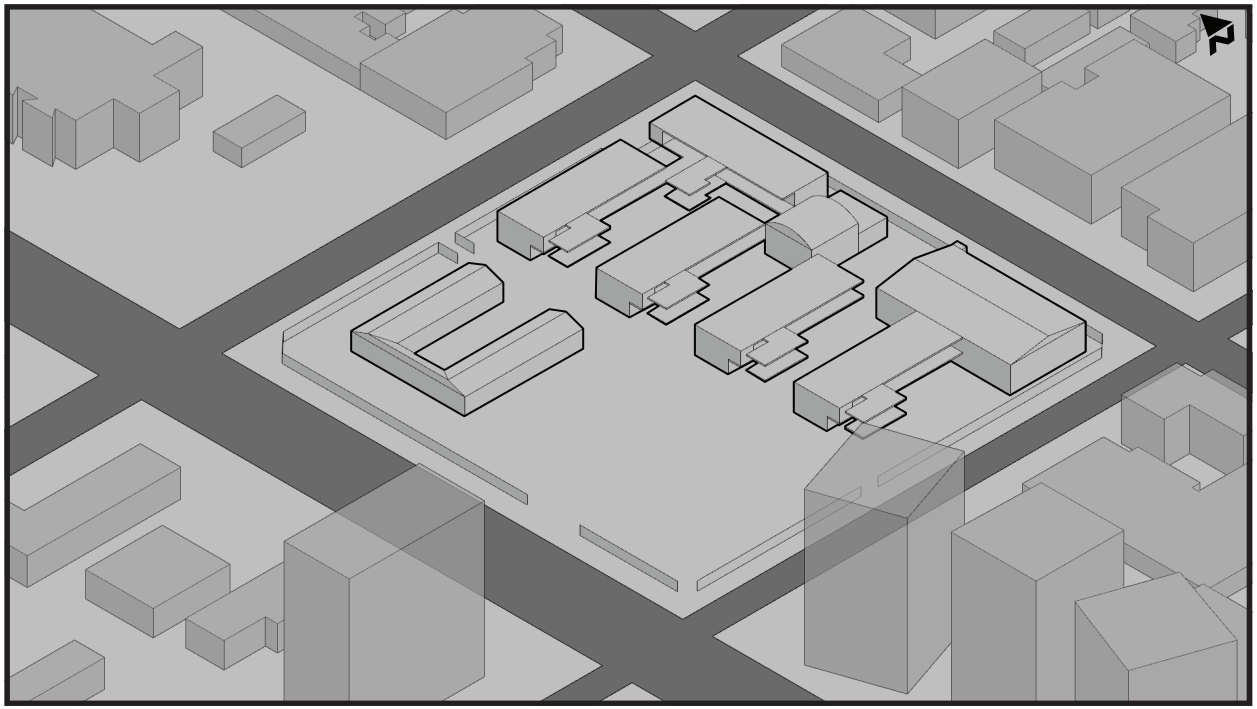
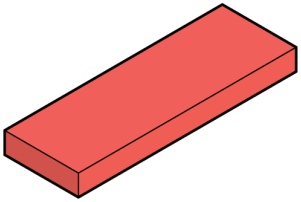
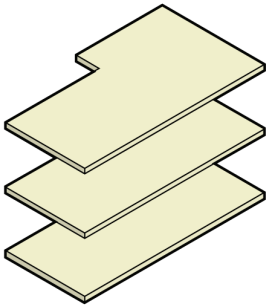


Figura 5.16: Elaboración propia.

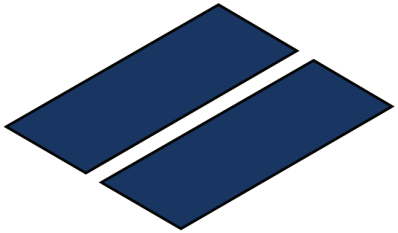
CIRCULACIÓN VERTICAL

MODULO EXTENSIÓN





ÁREA EXTERIOR



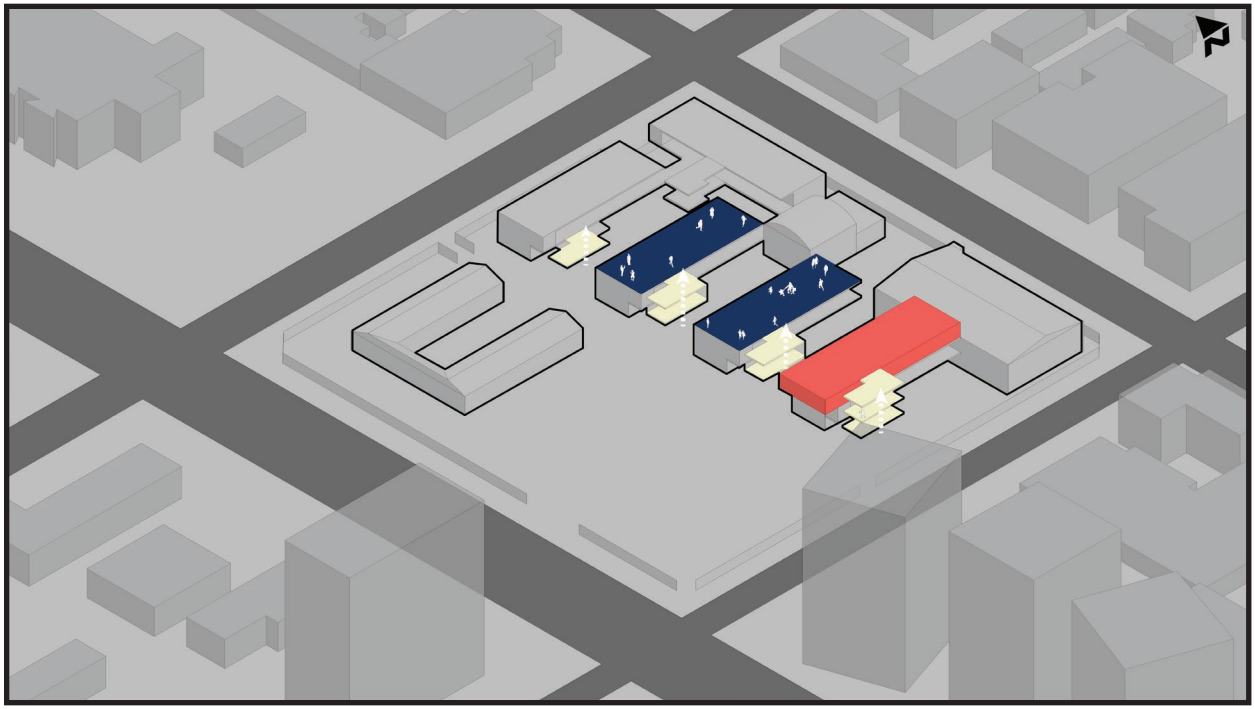


Figura 5.17: Elaboración propia.

06 PROYECTO



Figura 6.1: Elaboración propia.

6.1 SITUACIÓN EXISTENTE

El proyecto se encuentra ubicado entre 2 norte y avenida libertad, a aproximadamente 130 metros del estero marga marga. La institución cuenta con un terreno de aproximadamente 10.000 metros cuadrados correspondientes a toda la manzana.

Como se comentó en el punto 5.6.3, la institución como edificio existente corresponde a una tipología morfológica general de pabellones en hilera, se busca intervenirlos de manera controlada buscando la posibilidad de evacuación potencial de toda la comunidad escolar (aproximadamente 804 individuos) además de un porcentaje extra para el resto de la comunidad externa cercana que no pueda optar por la evacuación vertical.

Se considerará a esta institución en ubicación de zona de inundación determinado por el SHOA de 0-1metros de profundidad en el limite de la zona con un rango de inundación de 1-2 metros por lo que se opta por el caso menos favorable y **se considerará una inundación potencial de 2 metros de profundidad.**

6.2 INTERVENCIÓN

A continuación, se presentan una serie de toma de decisiones generales para el diseño del proyecto.

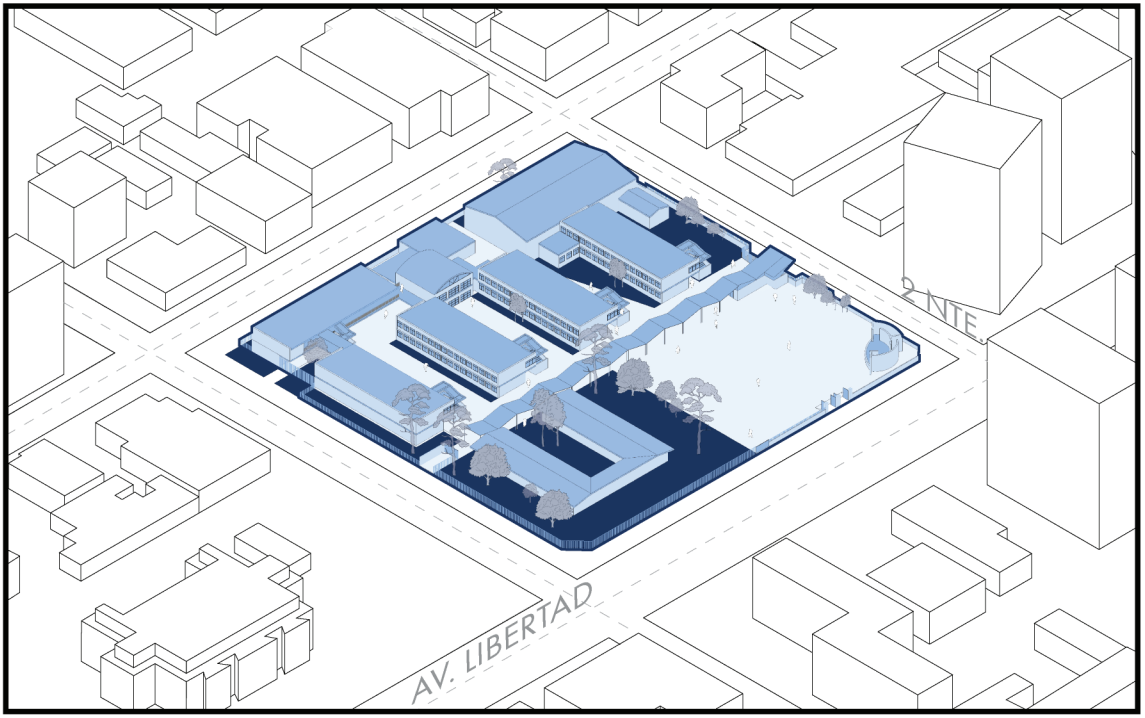
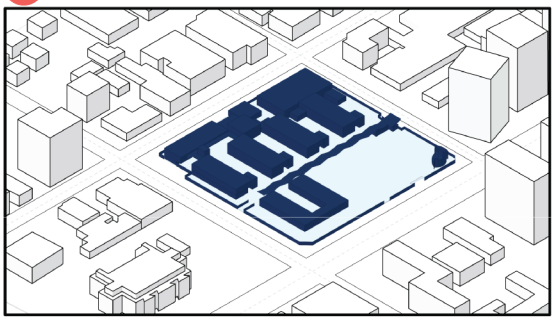
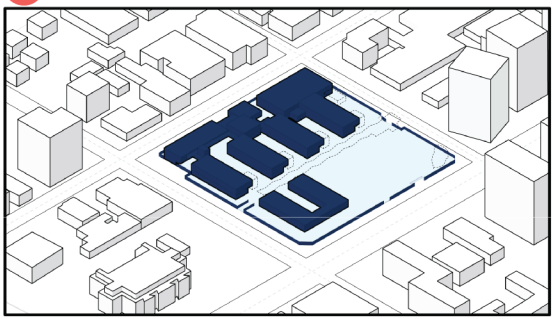


Figura 6.2: Elaboración propia.

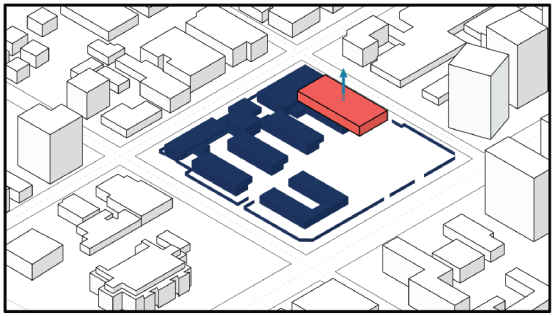
1. SITUACIÓN ORIGINAL



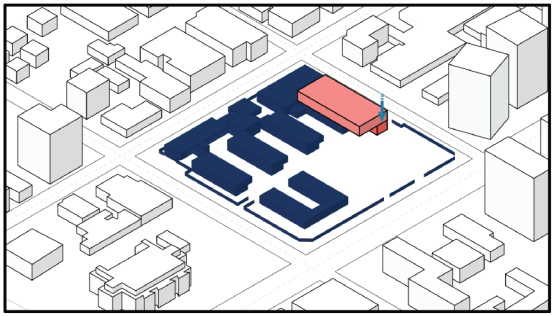
2. MANTENER



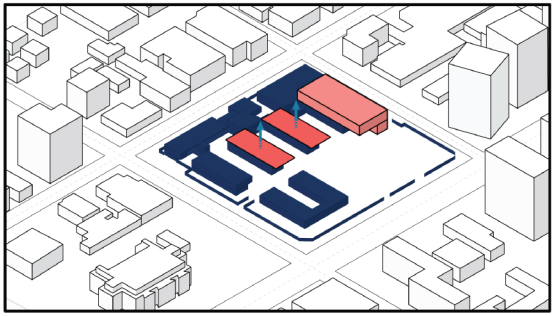
3. AGREGAR VOLUMEN



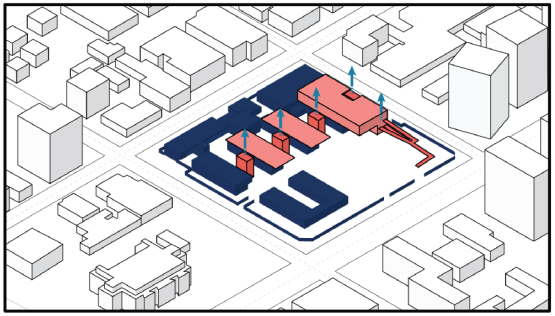
4. DEFINIR ACCESO



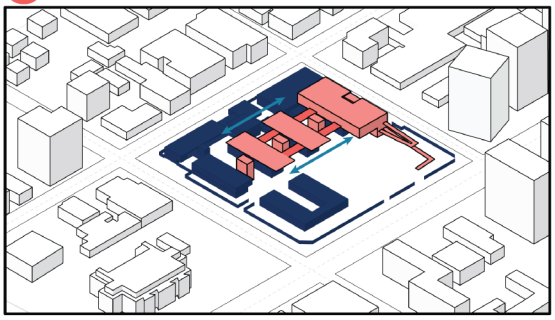
5. GENERAR TERRAZA SEGURA



6. CIRCULACIONES VERTICALES



7. CONEXIÓN



8. ACONDICIONAR AMBIENTE

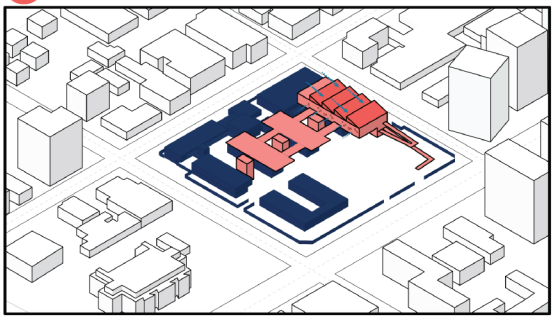


Figura 6.3: Elaboración propia.

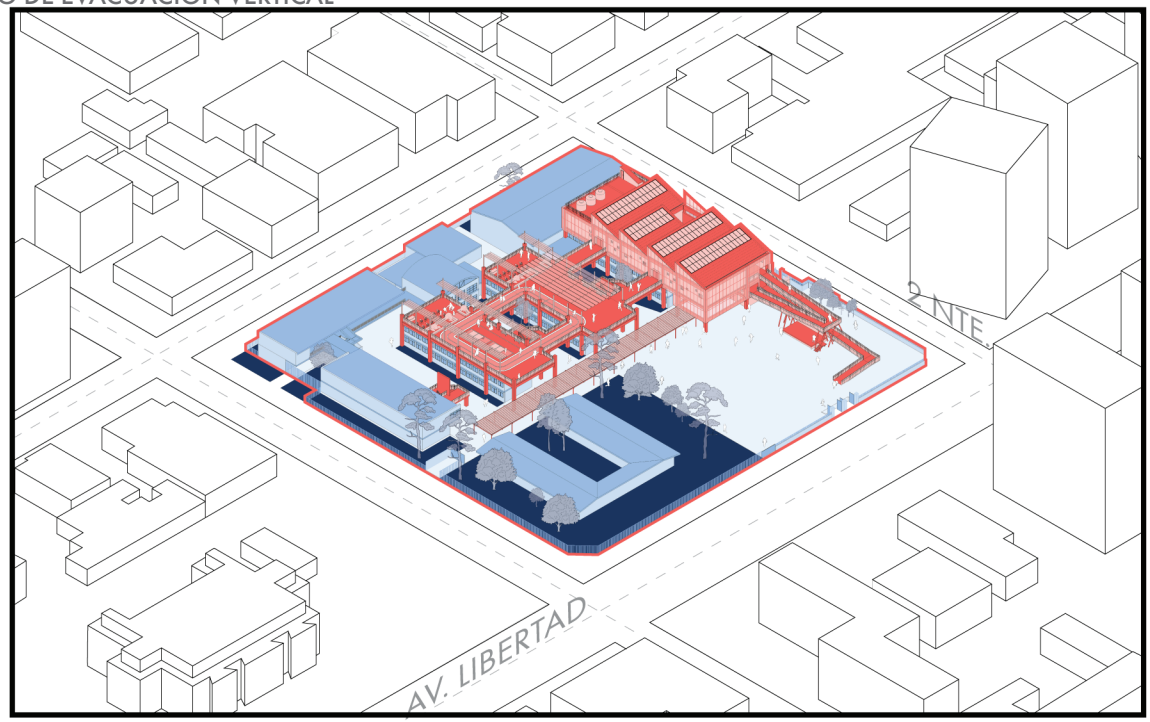


Figura 6.4: Elaboración propia.

El proyecto busca ser un espacio que potencia las actividades que se generan en el día a día en la institución, dentro de la educación, lo deportivo y lo cultural con amplios espacios como terrazas al aire libre donde realizar actividades según usuario y un área interior amplia con un ambiente acondicionado para la concentración al interior del recinto con iluminación controlada. Las nuevas circulaciones verticales fueron diseñadas para una **óptima evacuación** más directa, **La rampa** del proyecto que genera un efecto de continuidad con la fachada principal de la intervención (paralela a 2 norte) provee un nuevo escenario que desciende de la misma rampa que junto a los nuevos espacios de esparcimiento buscan enriquecer las actividades culturales que disfruta la ciudad. La fachada del edificio cuenta con un **revestimiento de policarbonato** que con iluminación independiente sumada a la del interior del recinto convierta al edificio en un hito que resalte para la comunidad en caso de emergencia.

El proyecto contempla una **superficie útil total de 1.555** metros cuadrados útiles en todos sus niveles, contando con 1.326 metros cuadrados en el tercer nivel siendo considerado el nivel seguro para evacuación para la población en el proyecto. Dentro de los cuales se enmarcan 634 metros cuadrados destinados al edificio de evacuación vertical y 692 metros

cuadrados destinados a terrazas seguras de manera equitativa. De estos 1.326m2 se destinan 1.108m2 para evacuación en caso de tsunamis, lo que se traduce en un **potencial de evacuación de 942 personas** considerando el 85% de la superficie.

Dentro del edificio destinado a evacuación vertical se busca presentar un **espacio amplio** en la que se puedan desarrollar diferentes actividades simultáneamente en sus diferentes espacios con la capacidad de abrirse para desarrollar actividades que pueden ser instancias internas del liceo o actividades culturales masivas. actividades para la feria del libro de Viña del mar, ensayos y pruebas de transición universitaria, etc.

En un escenario de emergencia de tsunami, se pueda utilizar este espacio para la evacuación de la población más vulnerable contemplando la utilización de las diferentes salas como un gran espacio de resguardo para la comunidad de Viña del mar.

Esta capacidad que tiene el edificio de dividirse en salas más privadas según su uso permite mantener una circulación cómoda tanto para los usuarios comunes del edificio como para los usuarios en caso de emergencia.

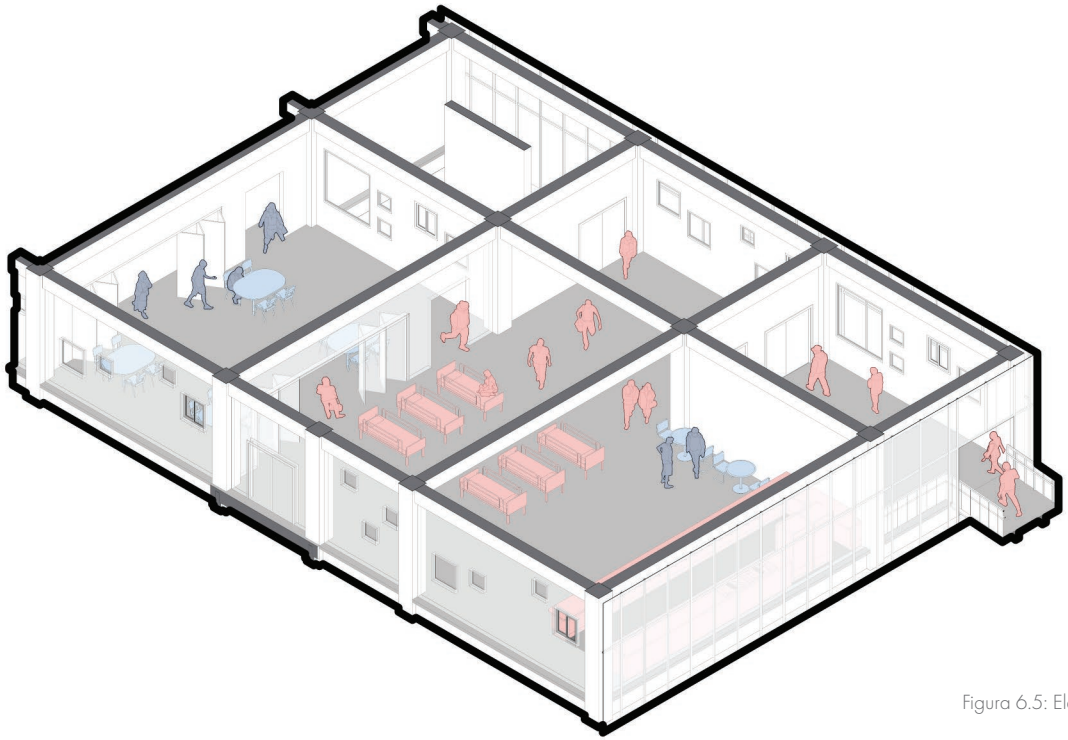


Figura 6.5: Elaboración propia.

6.2 DISEÑO Y USUARIO

El edificio busca responder a las características que las personas consideran más importantes a la hora de la evacuación, en búsqueda de desarrollar un espacio que se sienta seguro a la hora de evacuar verticalmente en situación de emergencia. Estas características son las siguientes:

1. Altura de edificio

Si bien el proyecto contempla que no es lo más relevante una altura "sobredimensionada" para asegurar un espacio seguro de evacuación para la población. Se pretende generar 3 niveles para generar un efecto de mayor altura, esto debido a que el segundo nivel de la intervención corresponde a un nivel intermedio entre el primer nivel y el tercer nivel (nivel de seguridad) se genera este nivel intermedio como un área de observación hacía el "espacio intermedio techado" ubicado en el primer nivel del proyecto. Además de beneficiar a la circulación en caso de emergencia generando un espacio amplio de descarga en caso de que la rampa se encuentre "sobrecargada".

Por otra parte, la doble altura generada en el tercer nivel para dar un mayor "aire" a los usuarios evacuados, también ayuda a generar un edificio más "imponente" que genere sensación de seguridad a la población de Viña del Mar con un edificio con una altura de 13.5 metros desde el nivel de piso terminado.

2. Estructura

El proyecto entiende que un factor predominante para la decisión de las personas sobre si optarían o no la evacuación vertical es la estructura del edificio. Por lo que se propone una estructura que exponga los diferentes elementos estructurales a lo largo del proyecto, principalmente en el primer nivel donde los usuarios podrán ver totalmente expuestas las terminaciones de elementos estructurales principales como columnas, vigas y losas y elementos secundarios como consolas de hormigón armado.

3. Ubicación

Una ubicación "segura" es otro factor que las personas tienen en cuenta por lo que el proyecto se sitúa en un lugar conocido por la comunidad de Viña del Mar, facilitando la llegada de los usuarios. Además, este se ubica a 1.000 metros con respecto al borde costero de Viña del Mar.

El promedio de distancia de los edificios elegidos con respecto a la costa por los encuestados por León et al. es de es de 458 metros. Esta distancia es un promedio por lo que esta percepción varía según persona. Sin embargo, el proyecto considera que, para satisfacer el criterio de la comunidad general, 1.000 metros es una distancia suficiente para ser considerada para la evacuación vertical.

Todas estas consideraciones buscan promover que la población considere al edificio como seguro y apto para la evacuación vertical. La percepción de seguridad es uno de los factores más importantes para que un edificio de evacuación vertical sea exitoso.

1. ALTURA DE EDIFICIO

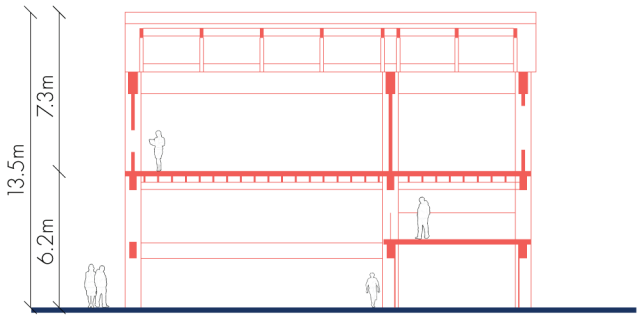


Figura 6.6: Elaboración propia.

2. ESTRUCTURA

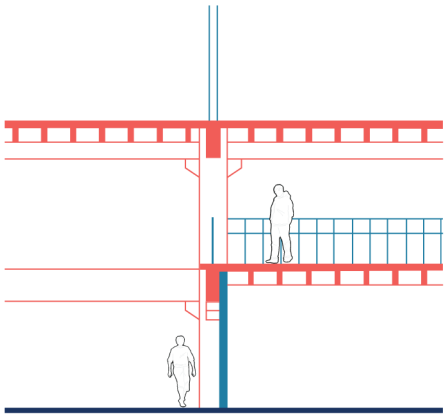


Figura 6.7: Elaboración propia.

3. UBICACIÓN

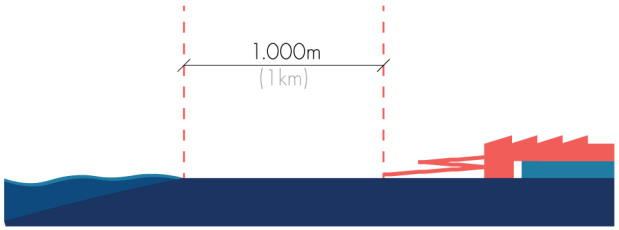


Figura 6.8: Elaboración propia.

La intervención se ubica sobre el edificio existente pero no se "posa" sobre este, es decir que se busca **no generar carga adicional a la estructura preexistente**.

Esta estetica de "lineas verticales" que produce la estructura por medio de las columnas se busca acentuar por medio de la fachada de policarbonato. Se busca que de este mismo lenguaje de elementos verticales nazca un nuevo sombreadero para el proyecto que conecte cada pabellón.

El proyecto **delimita lo que es intervención de lo que es preexistente** por medio de dos elementos principales que serían evidentes para el usuario.

1. **Fachada de policarbonato:** Se delimita visualmente la intervención por medio de una fachada de policarbonato con potencial iluminación independiente que permita esparcir la luz por su superficie. Esto para potenciar la capacidad de avistamiento y poder guiar a la comunidad hacia el edifcio de evacuación vertical.

2. **Barandas:** Estos elementos se encuentran a lo largo de la intervención guiando a los usuarios desde su acceso al recinto hasta la zona segura. Estas barandas contemplan una terminación de laminas de acero de tonalidad rojiza de forma de destacar tanto en el contexto inmediato como desde la calle. Desde las circulaciones verticales (rampas y escaleras) como las terrazas de evacuación contemplan la utilización de este hito de señal.

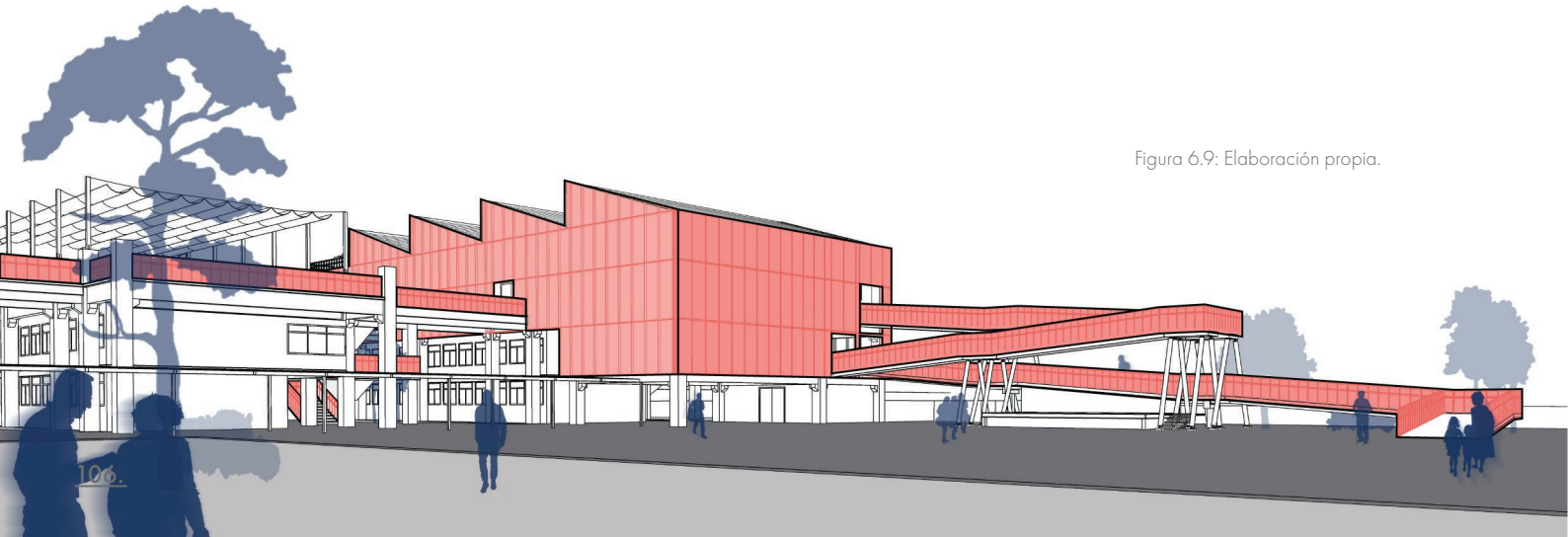


Figura 6.9: Elaboración propia.

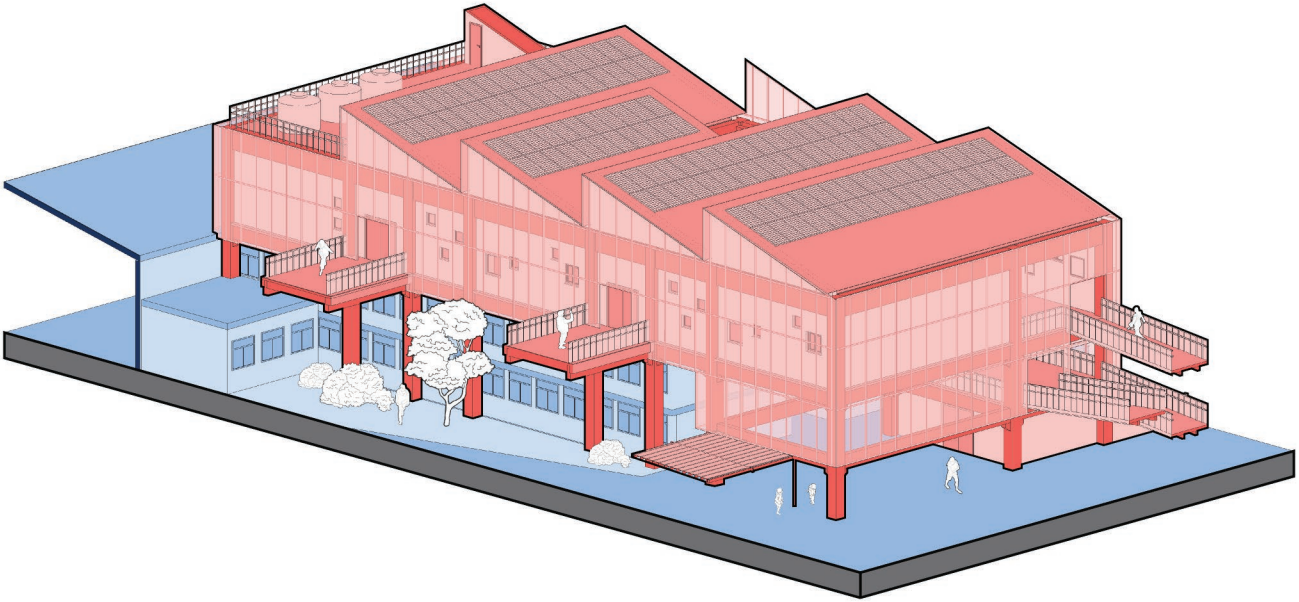


Figura 6.10: Elaboración propia.

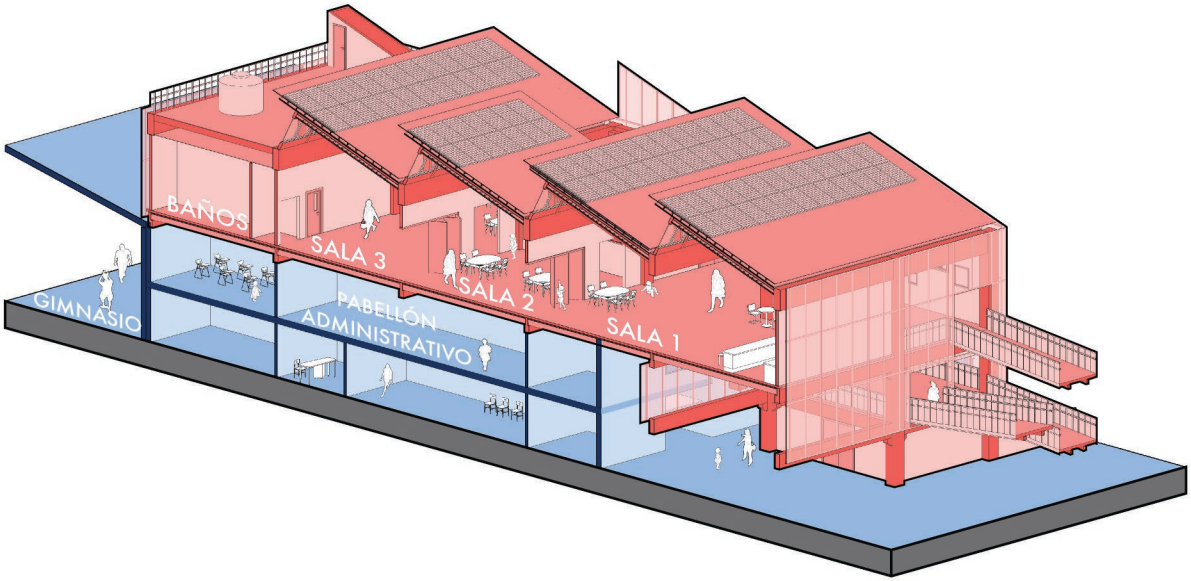


Figura 6.11: Elaboración propia.

6.2.1 CAPACIDAD DE EVACUACIÓN

- ESTRUCTURA ORIGINAL

Al mantener la estructura original sin intervención directa en la estructura general y distribución programática. **Se mantiene el funcionamiento actual sin interrupción durante la vida cotidiana**.

La estructura original contempla un total de 7 pabellones principales con edificios complementarios a modo de casino, comedor y bodega. De estas estructuras, 5 pabellones y el edificio comedor cuentan con un segundo nivel a una altura superior de los 2 metros considerados de potencial inundación en caso de tsunami.

Estos espacios en el segundo nivel original del edificio **se podrían prestar a modo de complementar el "shelter" a corto plazo** propuesto por la intervención, para la comunidad que optó por la evacuación vertical como alternativa en la intervención y a el resto de la comunidad cuyas viviendas se hayan visto afectadas.

Antes de poderse realizar esta alternativa tendría que hacerse una **evaluación estructural** y general del edificio original para valorar la habitalidad de estos recintos a modo de "shelter". Debido a esta incertidumbre es sumamente importante que el edificio de evacuación vertical propuesto sea **autosuficiente** y esté capacitado para recibir parte de la comunidad en el momento de la emergencia y en los días posteriores.

- INTERVENCIÓN

Si bien el edificio busca mejorar las condiciones y actividades actuales del establecimiento. El edificio de evacuación propuesto nace desde la necesidad de dar una respuesta o una alternativa a la población Vergara para resguardarse en caso de un eventual tsunami.

El diseño de "**planta libre**" potencia la capacidad de recepción de personas en caso de emergencia. Como se mencionó anteriormente, la intervención cuenta con un área util total de 1.326 metros cuadrados en el "nivel seguro" ubicado a una altura de 6,65 metros sobre el nivel de terreno natural. Con **1.108 metros cuadrados destinados directamente a la evacuación vertical**, esta diferencia se debe a el descuento de las áreas técnicas y de servicio. Esto se traduce a una capacidad de **evacuación de 942 personas**.

Es relevante para el proyecto poder surtir a estos usuarios de los implementos básicos para la permanencia durante los días próximos de el tsunami. Por lo que se propone un **área técnica** en el nivel de techumbre sobre la zona de servicio (baños, duchas y bodega) en busca de un espacio de almacenamiento de agua por medio de estanques de agua y la instalación de paneles fotovoltaicos.

6.2.2 DISTRIBUCIÓN PROGRAMATICA

El proyecto contempla la implementación de diferentes espacios y programas para favorecer tanto el uso diario por parte de la comunidad del colegio como los usuarios en el caso de una eventual emergencia.

Cada espacio del recinto busca servir a una función en cada escenario propuesto. Se consideran los siguientes recintos/programas:

- Zaguán a modo de resguardar la integridad del usuario al momento de acceder por el acceso de rampa principal siendo una conexión entre el exterior y el interior. (48m2)
- Cocina que funcione a modo de cafetería en el día a día, equipada para funcionar como cocina general para los usuarios evacuados. (40m2)
- Baños equipados para personas en situación de movilidad reducida (42m2)
- Duchas equipadas para personas en situación de movilidad reducida (42m2)
- Almacén no abierto al público que funcione como acceso de funcionarios y técnicos donde guardar implementos para emergencia. (46m2)
- Salas multiusos que pueden separarse o unirse dependiendo del usuario o escenario. (416m2)
- Terrazas exteriores que potencien las actividades al aire libre y una evacuación eficiente de la comunidad. (692m2)

ESQUEMA PROGRAMÁTICO

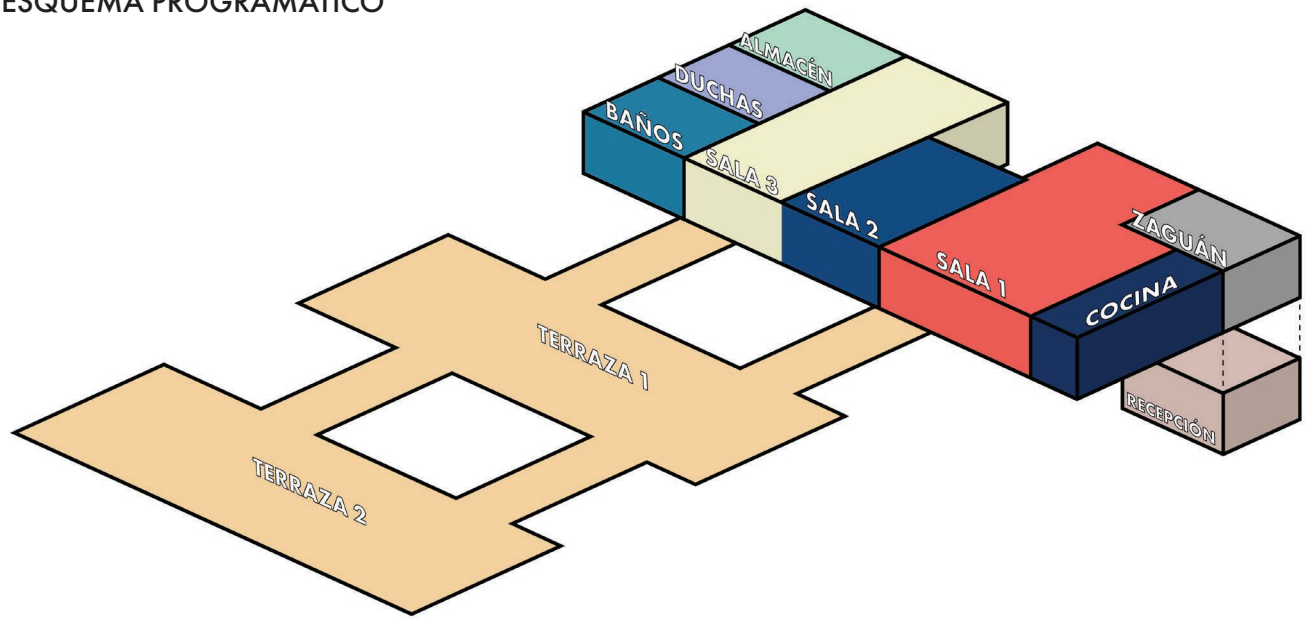


Figura 6.12: Elaboración propia.

A continuación se presenta una serie de cuadros de superfcies de los diferentes recintos de la intervención.

Se observa como en los primeros dos niveles se busca una intervención minima para tener un enfoque importante en la zona del tercer nivel, que es considerada la "zona de seguridad" del proyecto.

Se divide la información en Superficie de primer nivel, superficie de segundo nivel, superficie de tercer nivel (interior) y superficie de tercer nivel (exterior) y superficie de techumbre (área técnica). Para una mejor comprensión de las diferentes partes del proyecto.

CUADRO DE SUPERFICIES DE INTERVENCIÓN	
PRIMER NIVEL	
RECINTO	**M2**
RECEPCIÓN	40
SEGUNDO NIVEL	
RECINTO	**M2**
NIVEL INTERMEDIO	55
TERCER NIVEL	
RECINTO INTERIOR	**M2**
ZAGUÁN	48
SALA 1	189
SALA 2	90
SALA 3	137
COCINA	40
BAÑOS	42
DUCHAS	42
ALMACÉN	46
TOTAL TERCER NIVEL	**634**

TERCER NIVEL EXTERIOR	
ZONA	**M2**
TERRAZA 1	346
TERRAZA 2	346
TOTAL TERCER NIVEL	**692**

SUPERFICIE TOTAL TERCER NIVEL	
ZONA	**M2**
TERCER NIVEL	634
TERCER NIVEL EXTERIOR	692
TOTAL TERCER NIVEL	**1326**

SUPERFICIE TOTAL TECHUMBRE	
ZONA	**M2**
ÁREA TÉCNICA	134

SUPERFICIE TOTAL DE INTERVENCIÓN	
ZONA	**M2**
PRIMER NIVEL	40
SEGUNDO NIVEL	55
TERCER NIVEL	1326
TECHUMBRE	134
TOTAL INTERVENCIÓN	**1555**

Figura 6.13: Elaboración propia.

6.2.3 VÍAS DE EVACUACIÓN

Se contemplan 3 instancias de evacuación para la comunidad interna y externa en caso de emergencia. Cada una de estas circulaciones verticales consideran un revestimiento de planchas de metal de tonalidad rojiza para destacar y ser un hito resaltante para los usuarios.

1. **Evacuación principal:** Consiste en generar una rampa principal paralela a la calle 2 norte, con acceso directo desde la entrada de gran dimensión ubicada en la avenida libertad aprovechando este acceso ya utilizado en actividades culturales masivas como la feria del libro celebrada en el lugar. Esta rampa considera una pendiente de 9% para un cómodo uso por parte de toda la comunidad.
2. **Evacuación secundaria:** Consiste en presentar una circulación vertical en forma de escalera como evacuación secundaria dando otra alternativa de acceso al edificio en caso de tsunami. Esta escalera de igual manera serviría de acceso al segundo nivel del edificio preexistente.
3. **Evacuación terciaria:** Consiste en generar dos instancias adicionales de circulaciones verticales conectando las salas de clase preexistentes y con acceso a las terrazas a nivel seguro. Estos accesos siendo más enfocados para la comunidad interna del recinto educacional.

Este conjunto de circulaciones verticales facilita la evacuación vertical evitando aglomeraciones, pudiendo distribuir de mejor manera el flujo en todos los escenarios de uso.

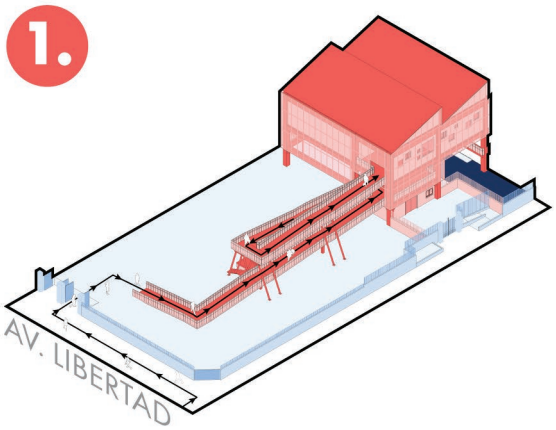


Figura 6.14: Elaboración propia.

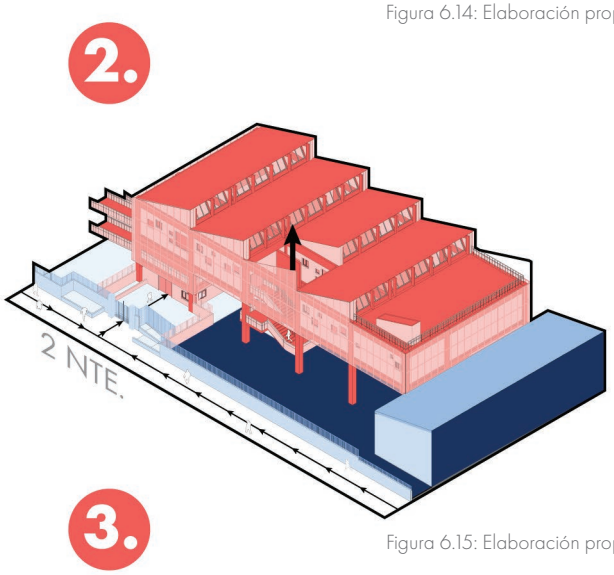


Figura 6.15: Elaboración propia.

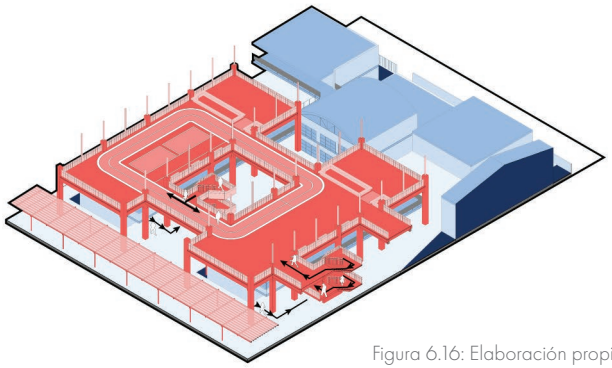


Figura 6.16: Elaboración propia.

6.3 PLANIMETRÍAS

PLANTA PRIMER NIVEL

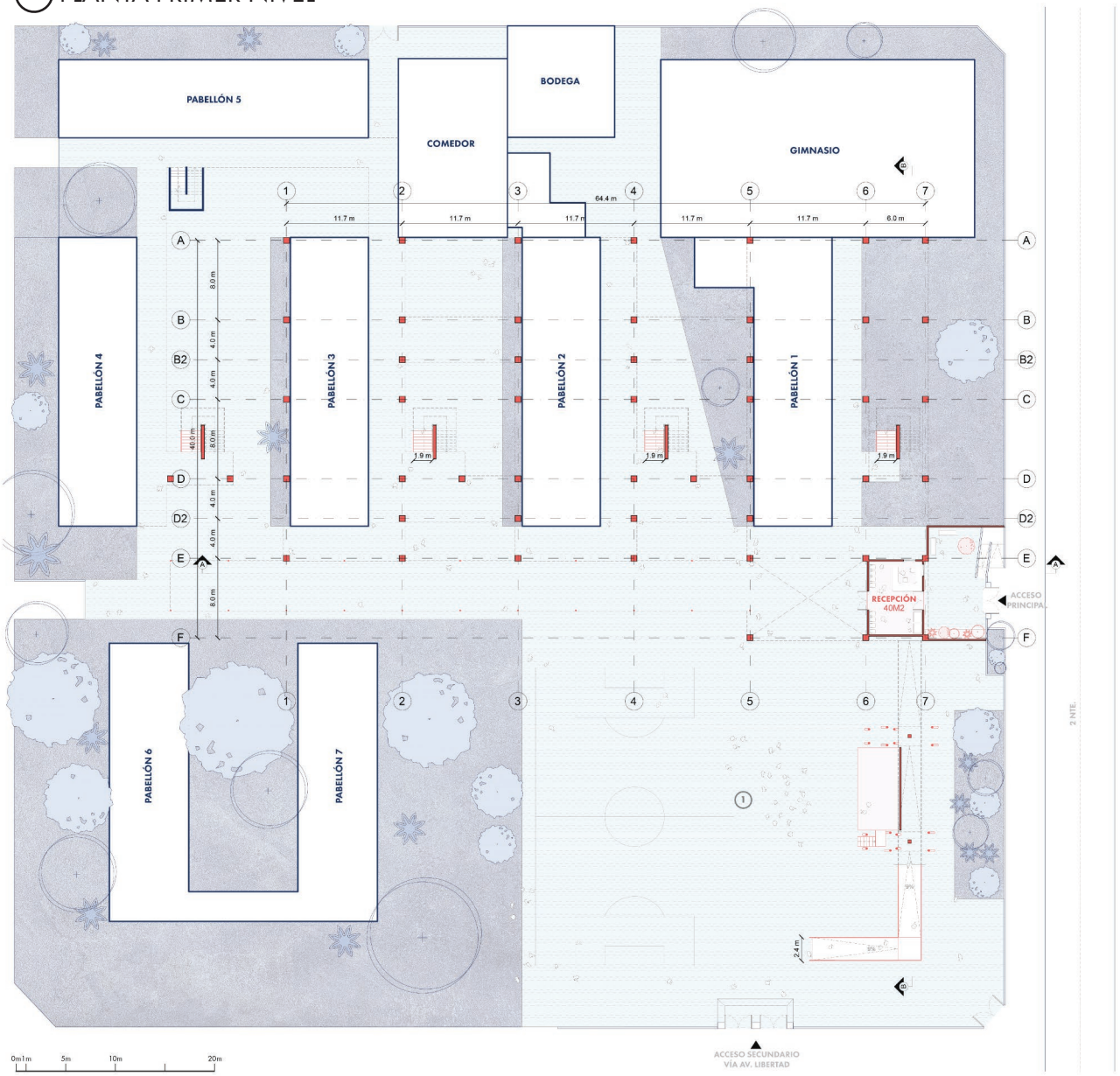


Figura 6.17: Elaboración propia.

PLANTA SEGUNDO NIVEL

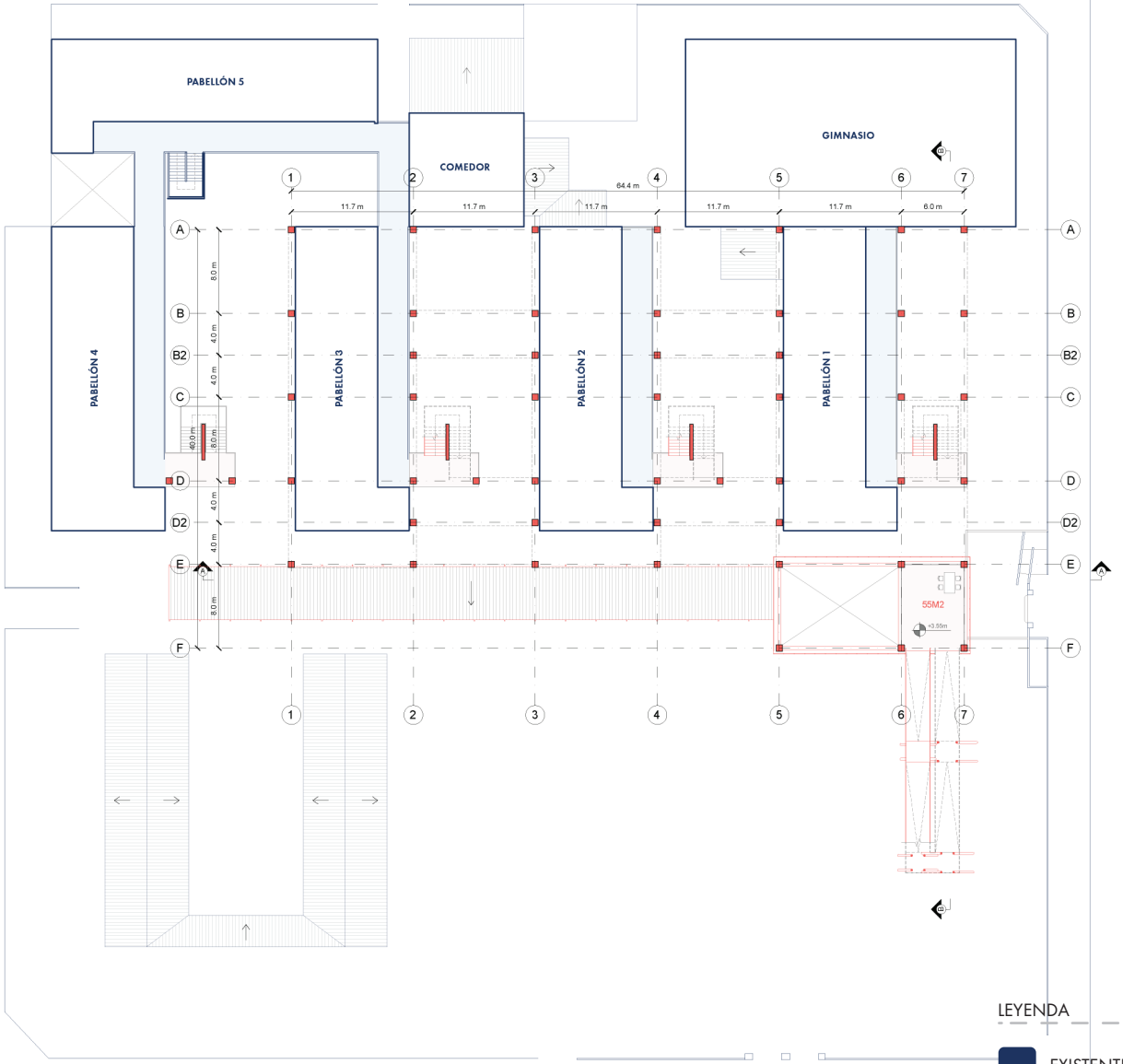


Figura 6.18: Elaboración propia.

PLANTA TERCER NIVEL (NIVEL SEGURO)

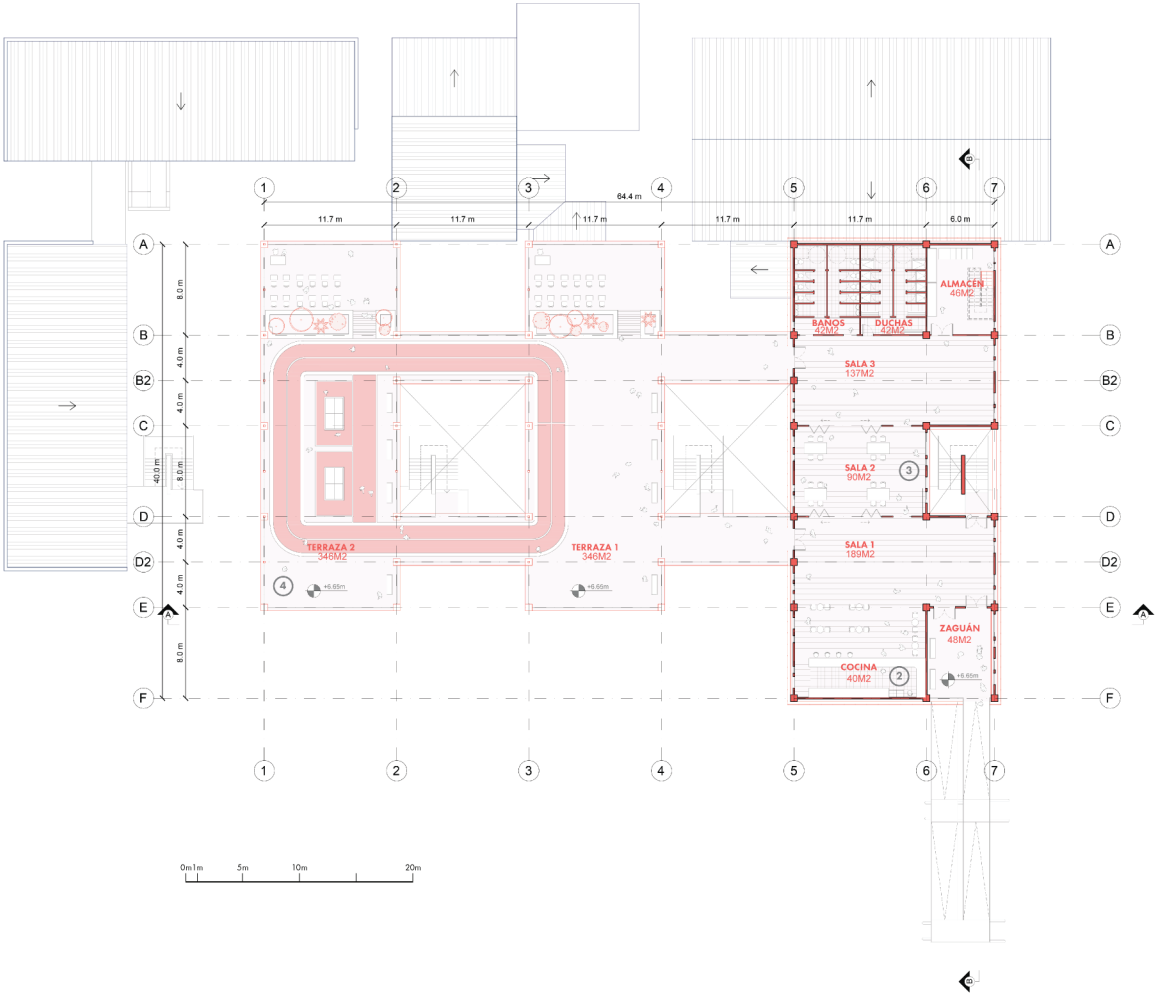
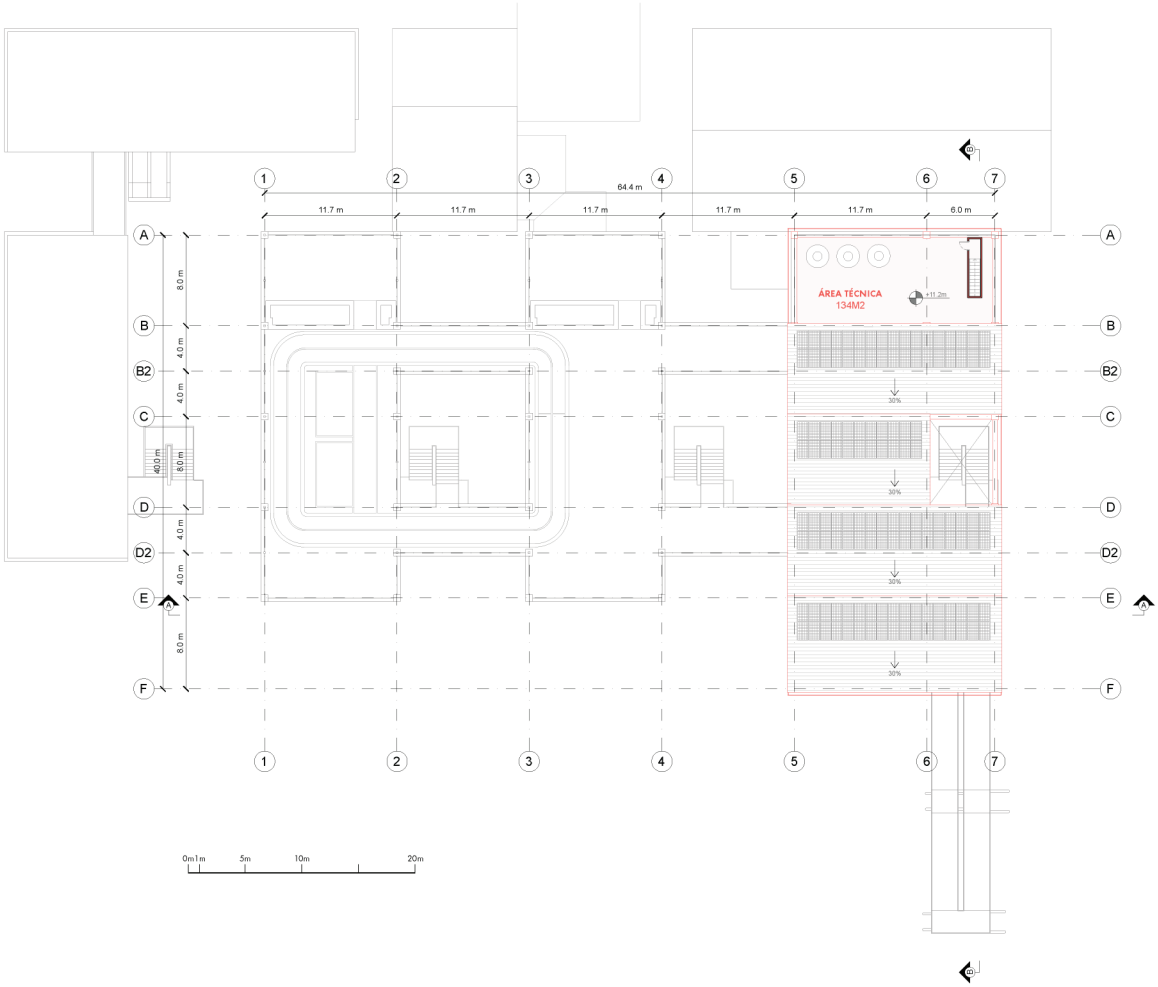


Figura 6.19: Elaboración propia.

PLANTA TECHUMBRE



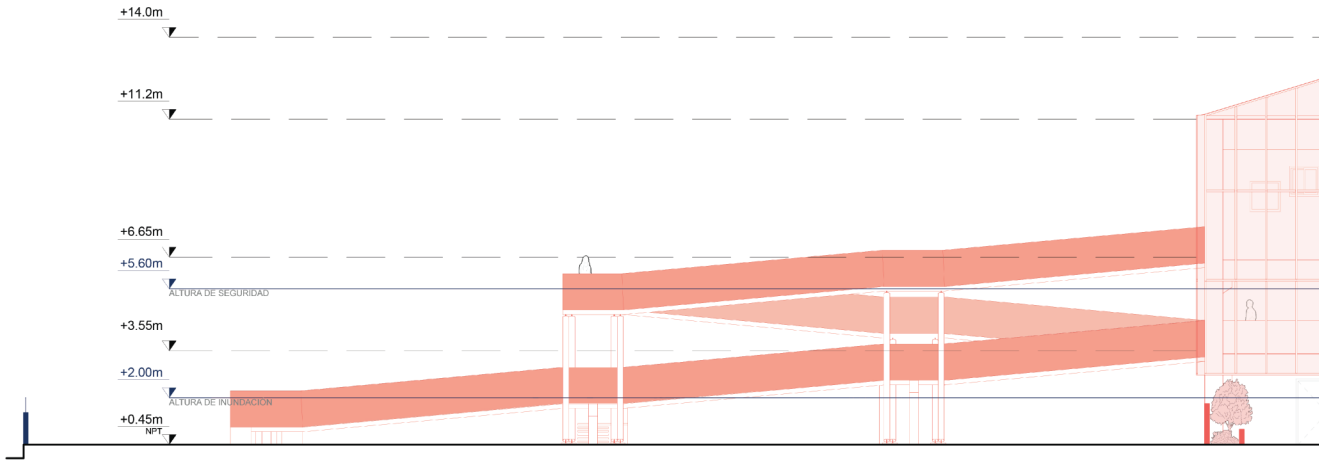
LEYENDA

EXISTENTE

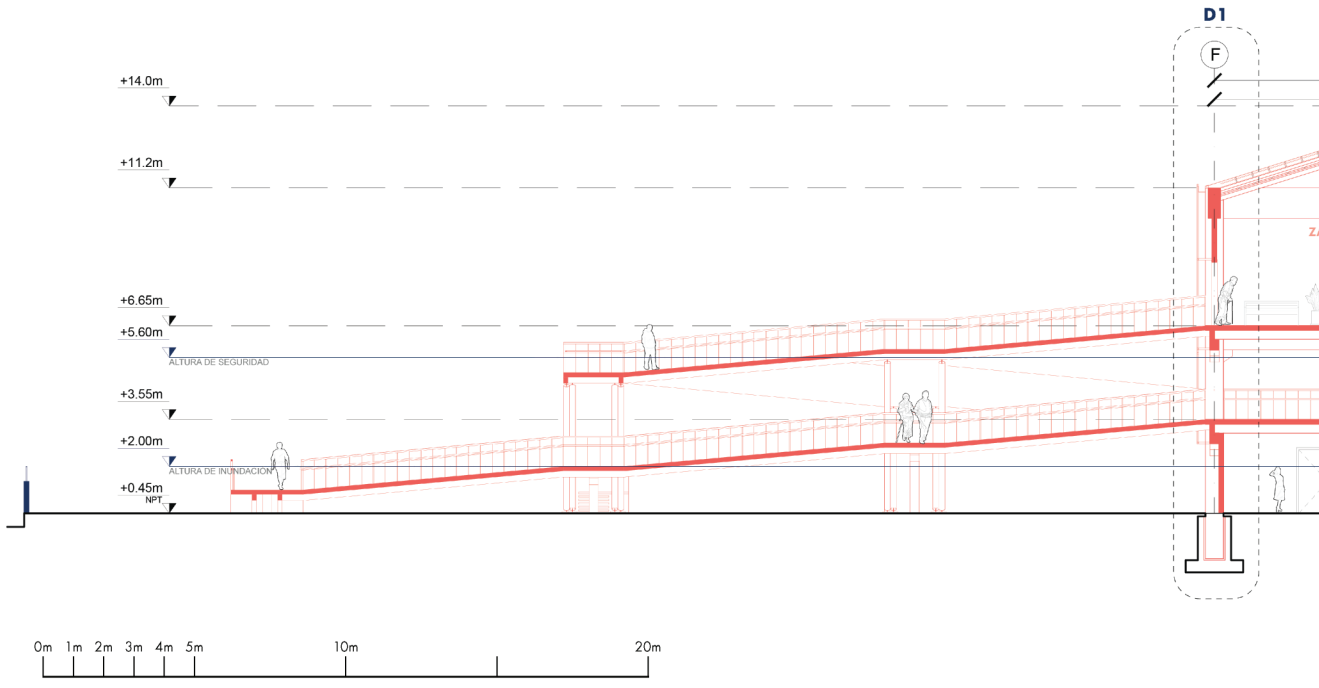
INTERVENCIÓN

Figura 6.20: Elaboración propia.

ELEVACIÓN SUR



CORTE B-B



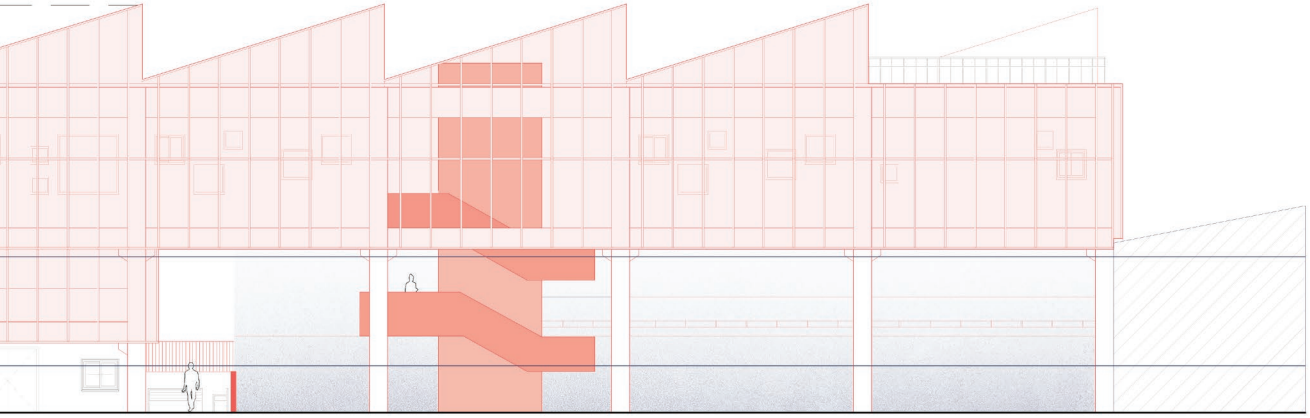


Figura 6.21: Elaboración propia.

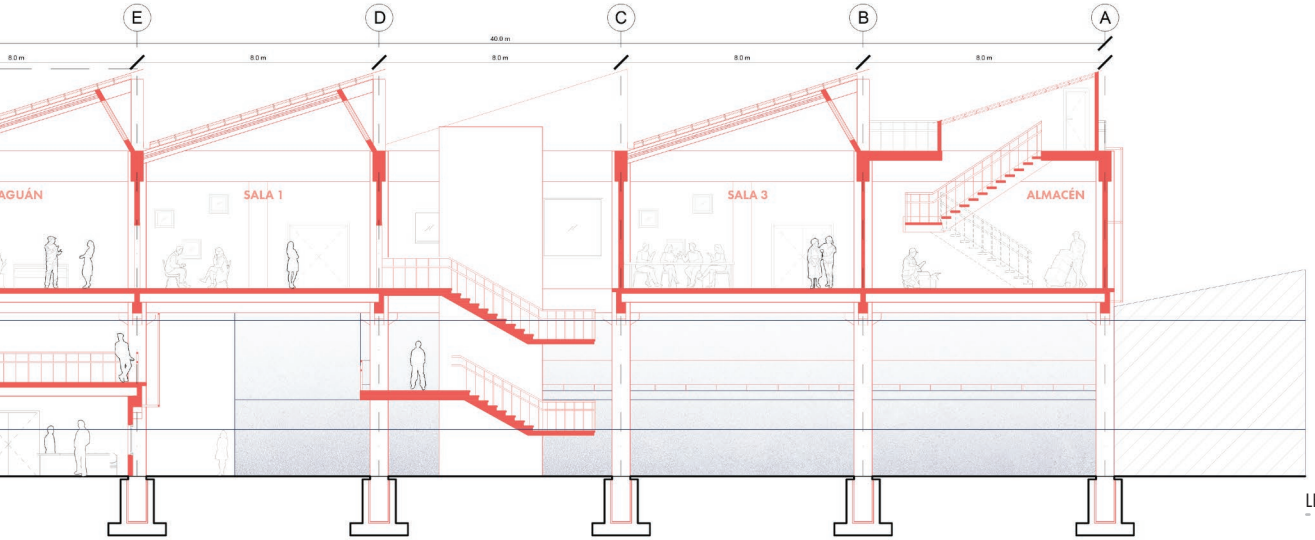


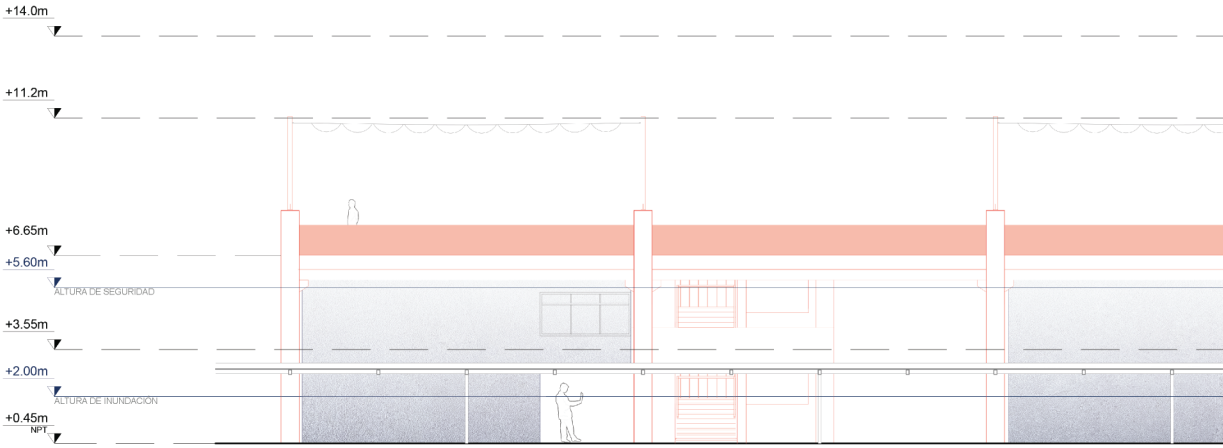
Figura 6.22: Elaboración propia.

LEYENDA

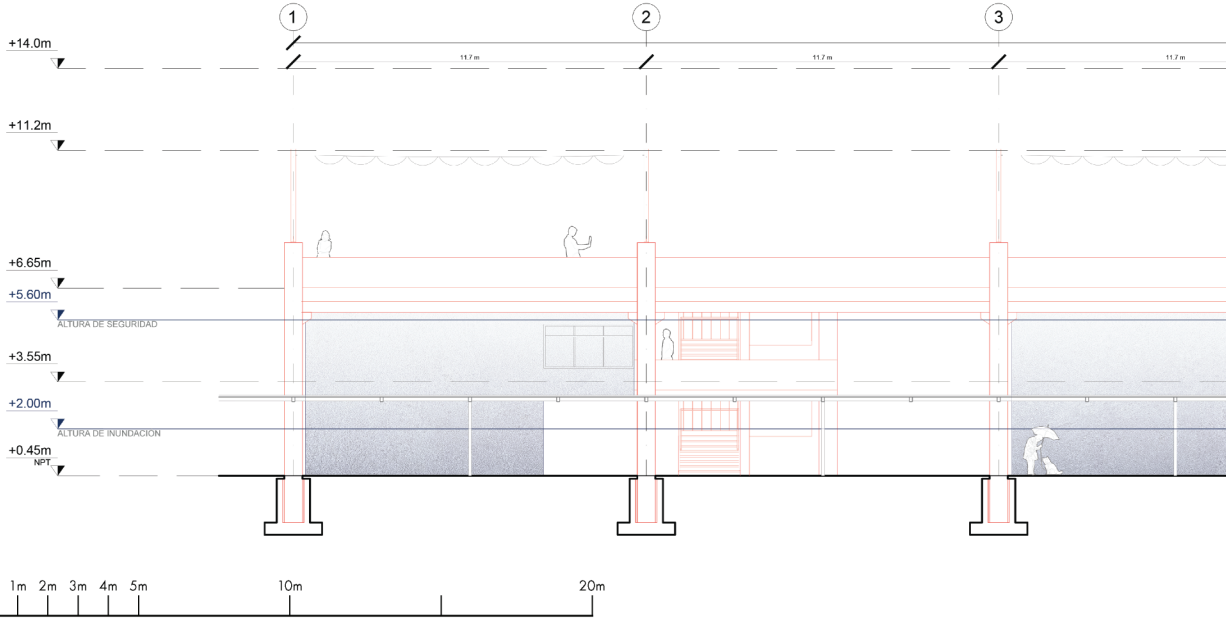
EXISTENTE

INTERVENCIÓN

ELEVACIÓN PONIENTE



CORTE A-A



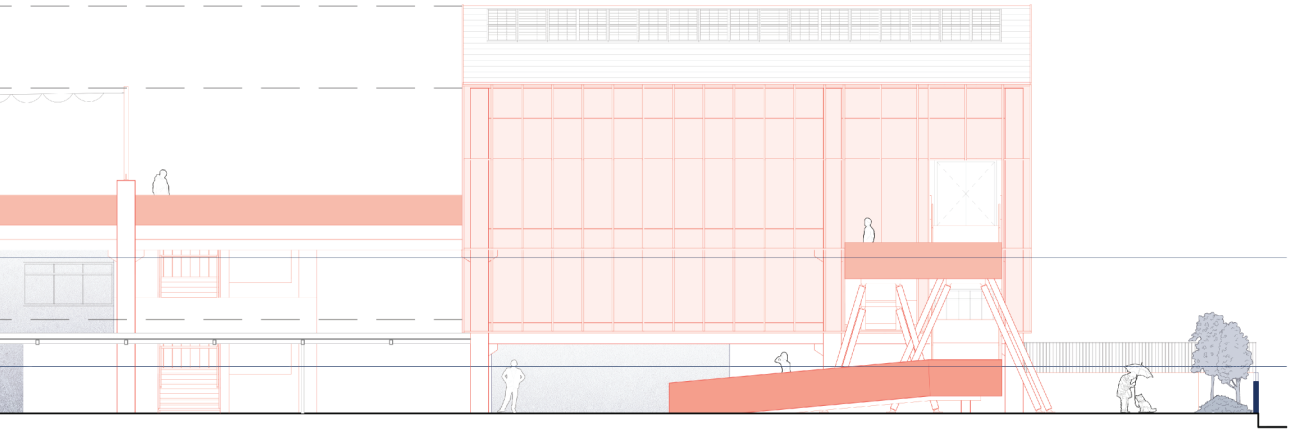


Figura 6.23: Elaboración propia.

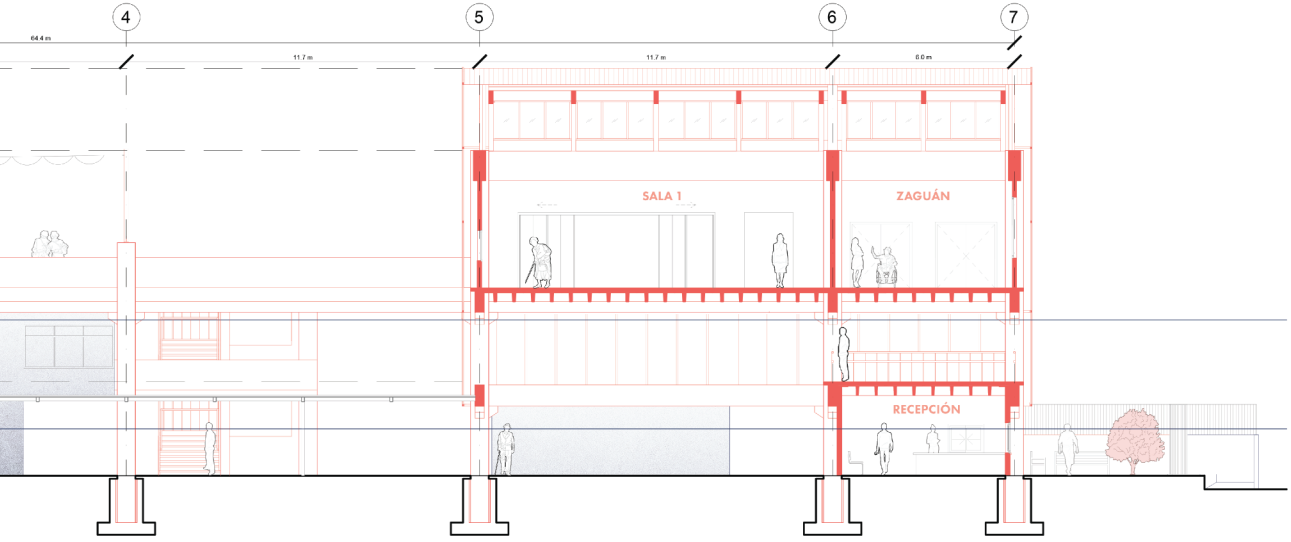


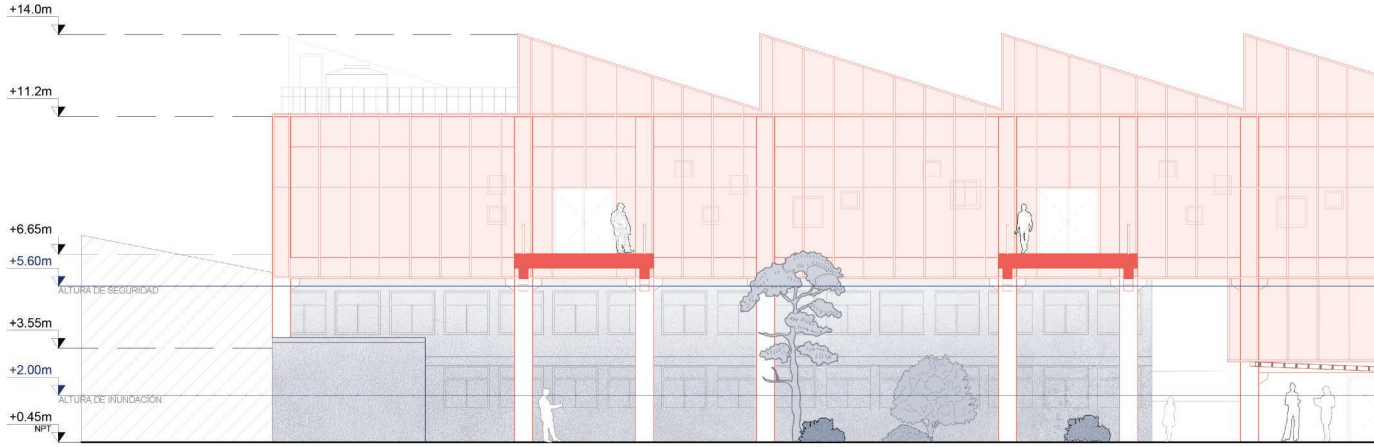
Figura 6.24: Elaboración propia.

LEYENDA

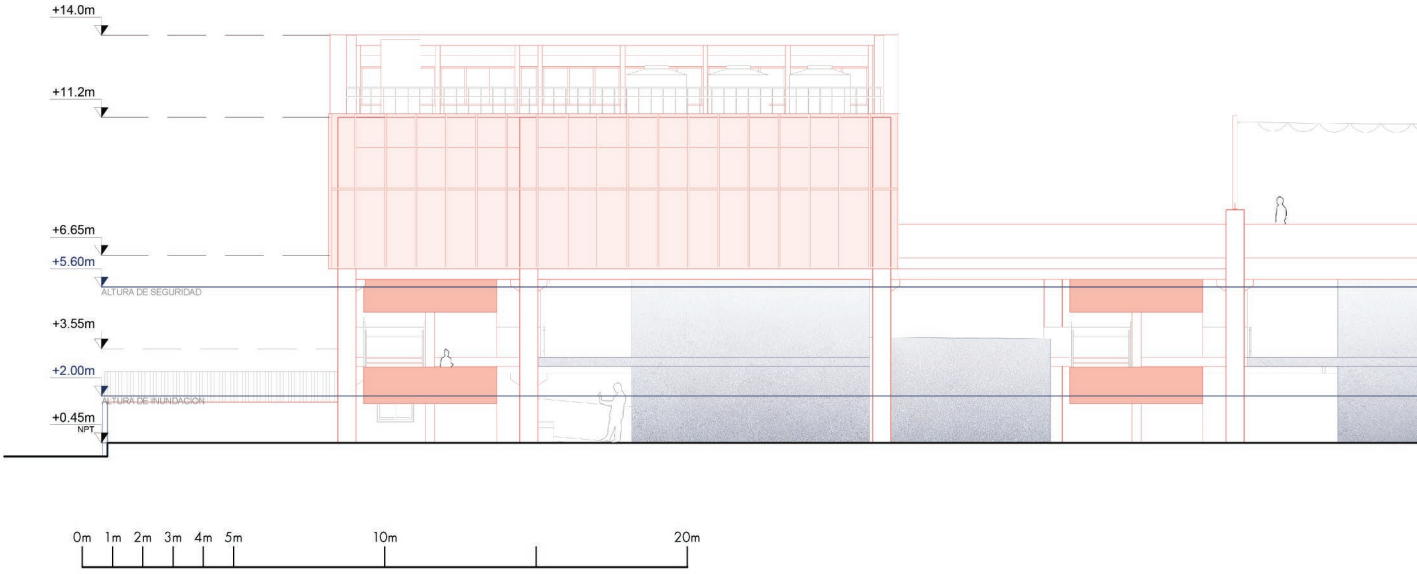
EXISTENTE

INTERVENCIÓN

ELEVACIÓN NORTE



ELEVACIÓN ORIENTE



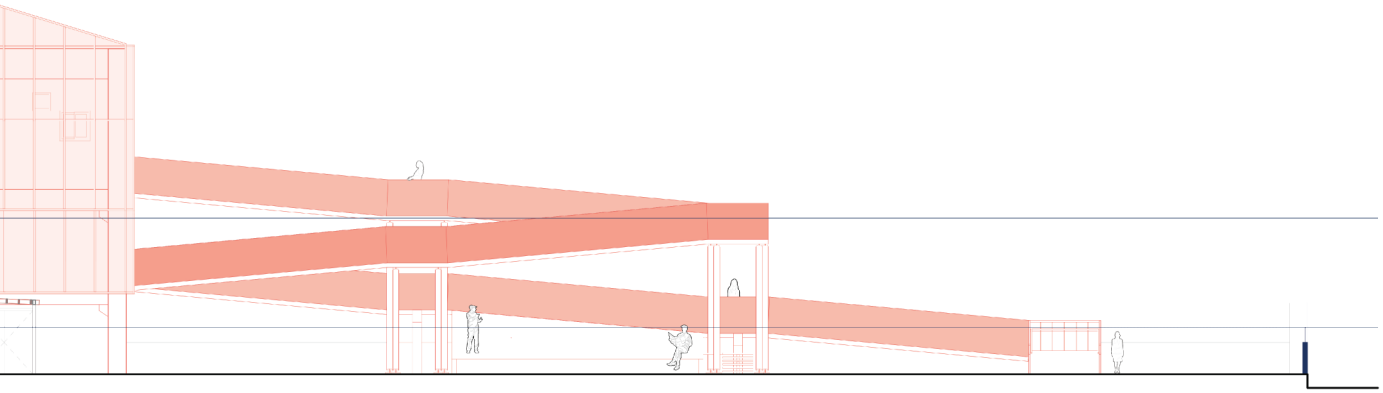


Figura 6.25: Elaboración propia.

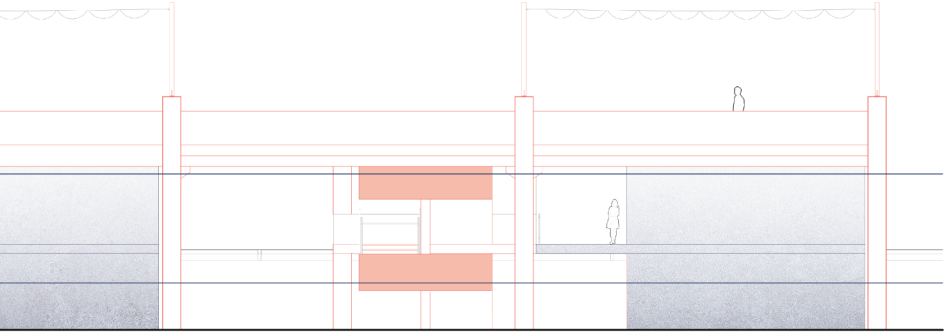


Figura 6.26: Elaboración propia.

LEYENDA

EXISTENTE

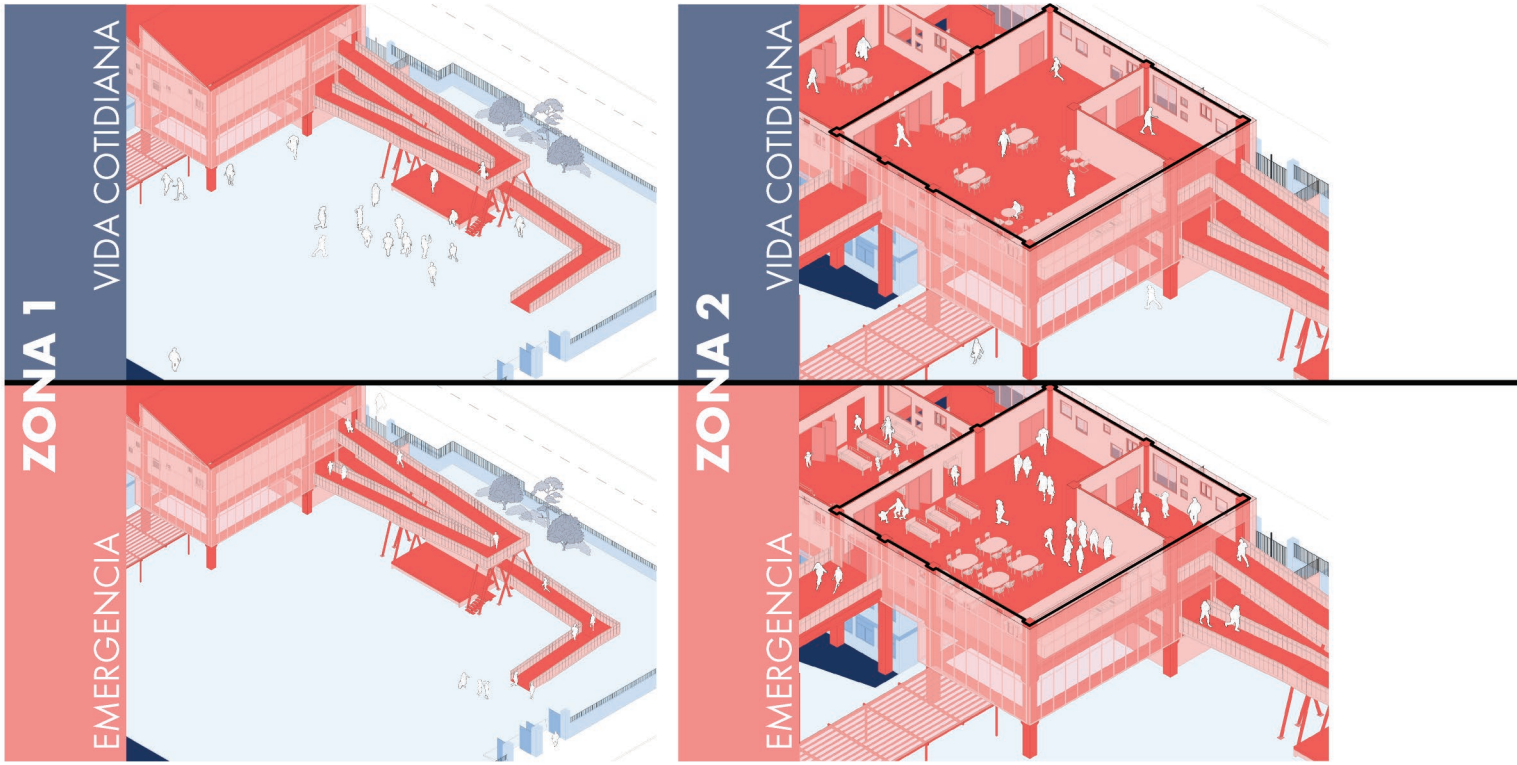
INTERVENCIÓN

6.4 USO DE LA INTERVENCIÓN

Como se mencionó anteriormente la intervención busca que las diferentes instancias del proyecto funcionen tanto en la vida cotidiana como en emergencias. Los siguientes son unos ejemplos de esto.

- **Zona 1:** corresponde a la zona del **patio principal** del liceo que en el día a día funciona con normalidad como espacio de esparcimiento, deportivo y cultural para las actividades cotidianas o extraordinarias como la feria del libro, de artesanías, etc. Con un **nuevo escenario** centrado que nace desde la rampa propuesta. Mientras que, en un escenario de emergencia, este espacio serviría como una "recepción" de la masa de usuarios para redirigirlos hacía la zona segura por medio de la rampa.

- **Zona 2:** Correspondiendo a **la cocina y sala 1** que funcionan como un solo espacio conectado durante el día a día funciona como cafetería del liceo con espacio para el esparcimiento mientras que en situación de emergencia busca funcionar como cocina completamente equipada para la preparación de alimentos para los usuarios que usen el edificio como shelter o albergue.



- **Zona 3:** Corresponde específicamente a las **salas generales multiusos** que permiten la separa-ción para mayor privacidad en actividades que lo ameriten y unirse para mejorar la circulación o actividades especiales como ensayos paes, charlas, celebraciones. etc. En situación de emergencia se busca que la planta libre potencie la estadía de la comunidad tanto para las primeras horas de la emergencia como los días próximos.

- **Zona 4:** Corresponde a unas amplias **terrazas** ubicadas paralelas al edificio de evacuación verti-cal, siendo un apoyo para el esparcimiento durante el día a día con espacios para la recreación y la actividad física y áreas para talleres o clases al aire libre. En situación de emergencia estas terrazas buscan complementar la capacidad de evacuación vertical principalmente para la estadía de la comunidad a las horas próximas de la emergencia y funcionando como espacio de esparcimiento durante varios días. Contempla sombreaderos ligeros retractiles para un resguar-do al sol cuando se requiera.

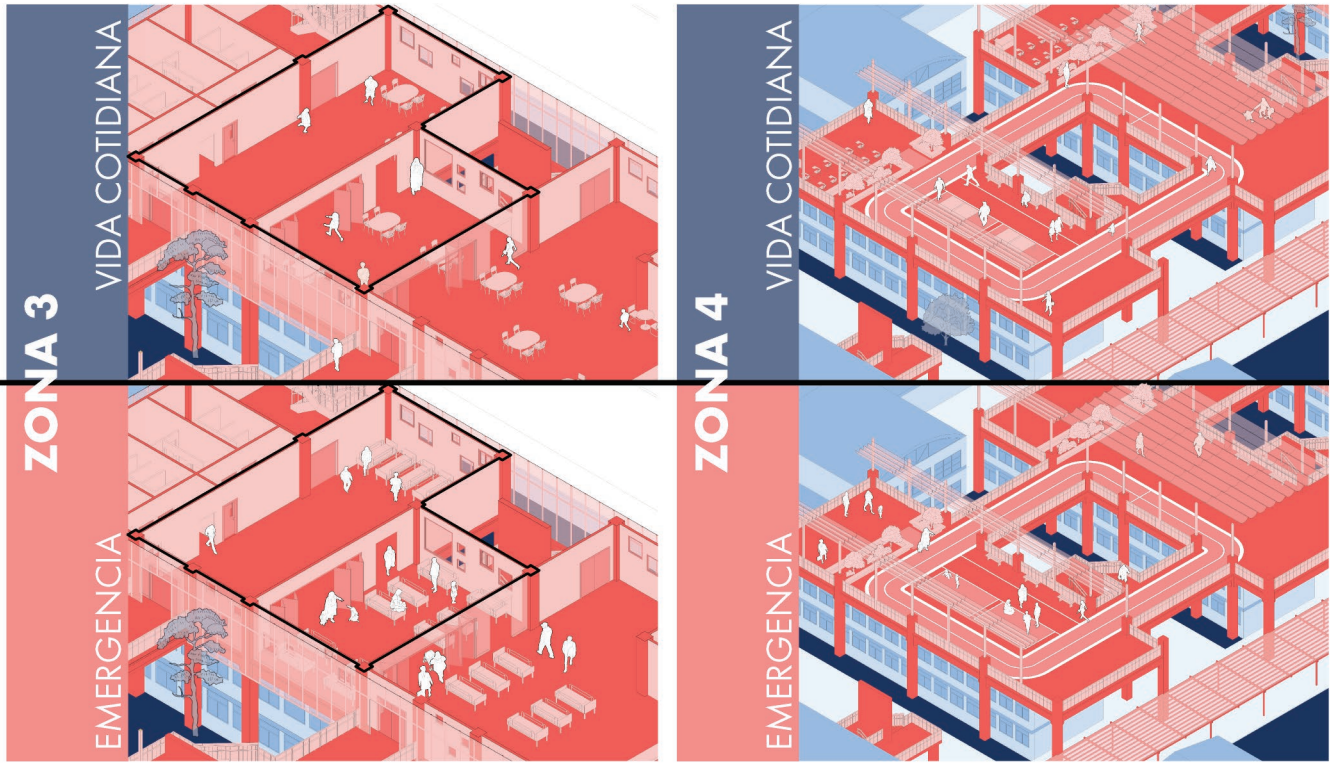


Figura 6.27: Elaboración propia.

6.5 VISUALIZACIONES

VISTA GENERAL EXTERIOR.
VIDA COTIDIANA



Vista general exterior del proyecto en situación de emergencia natural por tsunami. El edificio busca ser un hito llamativo para la comunidad en caso de emergencia por medio de la iluminación interior que se esparce por la fachada de policarbonato junto su iluminación independiente.

VISTA GENERAL EXTERIOR.
EMERGENCIA



Figura 6.28: Elaboración propia.

VISTA GENERAL.
VIDA COTIDIANA



Las barandas de circulaciones verticales y terrazas enmarcan el camino y los espacios seguros de evacuación, junto a la fachada de policarbonato enmarcan la intervención de la estructura existente.Se mantiene el patio libre como zona segura y espacio de esparcimiento.

VISTA GENERAL.
EMERGENCIA



Figura 6.29: Elaboración propia.

VISTA INTERIOR.
VIDA COTIDIANA



La estructura general expuesta de hormigón brinda sensación de seguridad para la evacuación. En contraste se utiliza la madera como revestimiento en pavimentos, puertas y techumbre en busca de un espacio más cálido para la comunidad.

VISTA INTERIOR.
EMERGENCIA



Figura 6.30: Elaboración propia.

VISTA ESPACIO INTERMEDIO.
VIDA COTIDIANA



Espacio intermedio para el acceso principal, otorga un espacio cubierto para la comunidad. La diferencia de alturas en el segundo nivel permite espacios de observación para eventos o charlas.

VISTA ESPACIO INTERMEDIO.
EMERGENCIA



Figura 6.31: Elaboración propia.

VISTA RAMPA.
VIDA COTIDIANA



La rampa con revestimiento de láminas de acero de tonalidad rojiza funciona a modo de hito llamativo para la comunidad en situación de emergencia.

VISTA RAMPA.
EMERGENCIA



Figura 6.32: Elaboración propia.

VISTA TERRAZA 1.
VIDA COTIDIANA



Espacio exterior ubicado en el tercer nivel del proyecto (nivel de seguridad), la estructura ligera de madera laminada permite instalar sombreaderos retractiles. El espacio amplio busca permitir distintas actividades en un mismo espacio. el pavimento de caucho permite descansar a las usuarios en situación de emergencia mientras se preparan los recursos.

VISTA TERRAZA 1.
EMERGENCIA

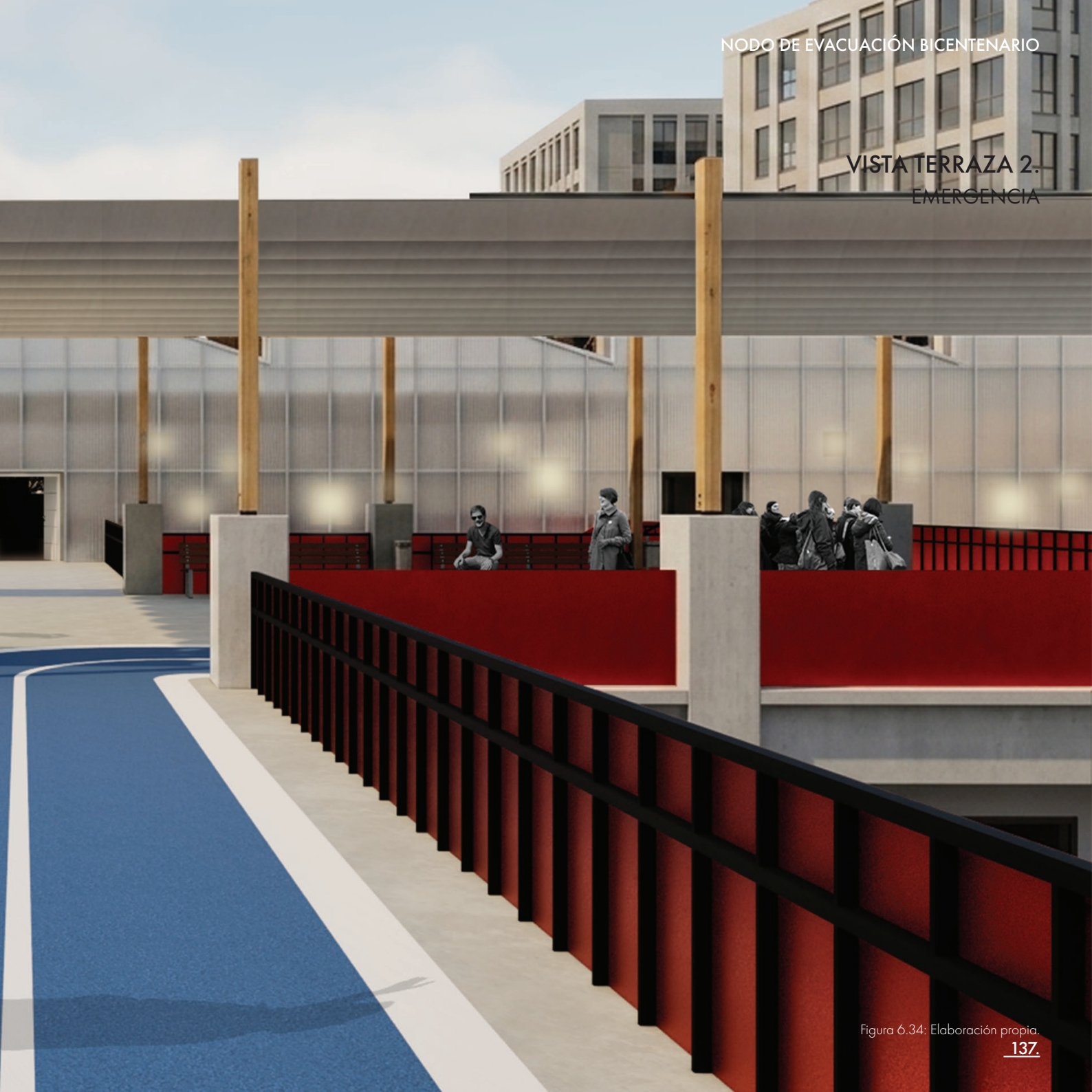


Figura 6.33: Elaboración propia.

VISTA TERRAZA 2.
VIDA COTIDIANA



Espacio exterior ubicado en el tercer nivel del proyecto (nivel de seguridad), a la izquierda de la imagén se ve un espacio de la terraza donde realizar clases al aire libre, talleres o descanso. En situación de emergencia puede funcionar unificado con el resto de la terraza o como espacio de atención o cuidados.



VISTA TERRAZA 2.
EMERGENCIA

Figura 6.34: Elaboración propia.

6.6 ESTRUCTURA

La estructura de la intervención es considerada como un elemento independiente de la estructura original a modo de no ejercer cargas adicionales a las edificaciones preexistentes.

Las reestructuraciones más relevantes del proyecto se ejecutan en dos partidas en particular.

Las circulaciones verticales de los pabellones 1, 2, 3 y 4 siendo considerados los pabellones más relevantes para la intervención con escaleras de hormigón armado. Esta intervención se realiza a modo de generar accesos más directos desde los accesos principales y que las circulaciones tengan mayor permeabilidad con su contexto.

La techumbre original de los pabellones 1, 2 y 3 donde se planifica la intervención de nivel seguro de evacuación, planificando un reemplazo de esta a modo de conectar los muros existentes con la nueva losa del "nivel 3"

La **estructura principal** del proyecto se conforma a partir de un sistema de marco con columnas de hormigón armado de 60x60cm y un conjunto de vigas de entrepiso y vigas de rigidez de hormigón armado de dimensiones generales de 30x70cm. Este sistema principal basándose en los criterios del catálogo de sistema Tensocret.

Para las **losas** del proyecto se contempla el uso de losas nervadas TT35 según criterio Tensocret, acompañada de una sobrelosa elaborada in-situ con espesor de 10cm.

Los **cerramientos** están contemplados como muros simples de hormigón mediante un sistema industrializado tipo Baumax. Este sistema permite realizar muros de la altura y largos necesarios para desarrollar el proyecto permitiendo muros de un largo máximo de 12.16m y altura máxima de 3.55m. Esta tipología de muros permite a su vez libertad de diseño para vanos y la posibilidad de estandarizar decisiones.

A raíz de esto se proponen generar una serie de **"muros hermanos"** que se basa en la producción e instalación de 2 o más muros con las mismas características constructivas.

paralelos a estos cerramientos se propone un revestimiento exterior de policarbonato anclado a la estructura principal mediante montantes de acero galvanizado.

La estructura de la **techumbre** es contemplada como una estructura liviana en forma de pórtico de madera empleando madera laminada como estructura principal en la mayoría de la techumbre generando mediante su configuración la posibilidad de iluminación y ventilación controlada superior.

Además, se genera un espacio limitado destinado a **área técnica** en el nivel de la techumbre mediante una losa de hormigón.

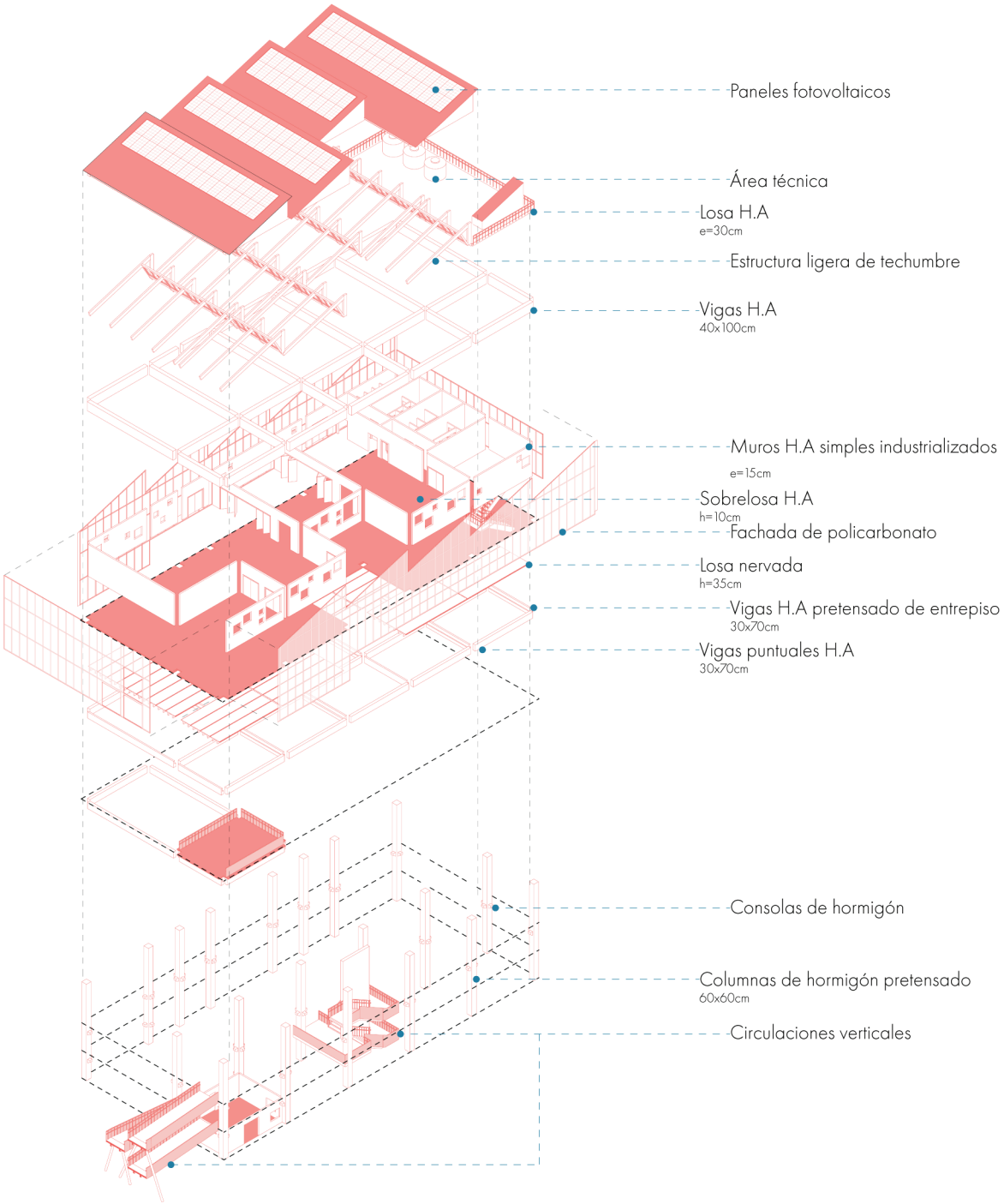


Figura 6.35: Elaboración propia.

6.6.1 METODOS MODERNOS DE CONSTRUCCIÓN

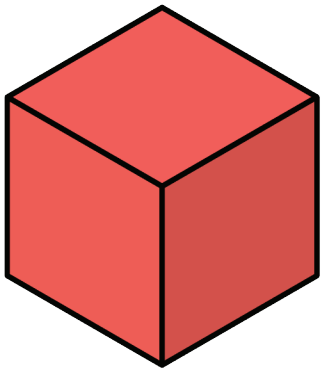
El proyecto en lo estructural busca tener un **enfoque industrializado** de manera de facilitar la construcción y garantizar cumplir estándares de calidad de los materiales de construcción producidos en una fábrica que mantenga unas condiciones controladas.

En la industrialización en Chile, el CTEC identifica los siguientes métodos modernos de construcción basándose en referentes internacionales (MMC, UK y MMC OCH).

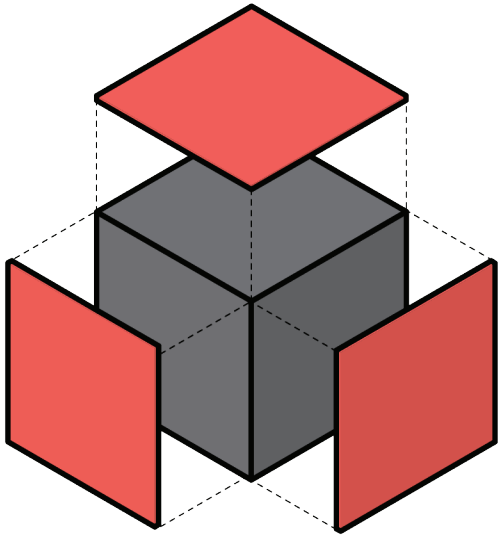
1. **Módulos estructurales 3D**
2. **Componentes estructurales 2D**
3. **Componentes estructurales 1D**
4. **Componentes aditivos**
5. **Prefabricados no estructurales**
6. **Partes y piezas sustitutivas**
7. **Tecnologías sustitutivas**

Este proyecto hace uso específicamente de dos de estos métodos propuestos. **Componentes estructurales 1D** mediante el sistema principal de columnas y vigas de hormigón armado y **componentes estructurales 2D** para los cerramientos generales del proyecto como paneles de muros de hormigón armado.

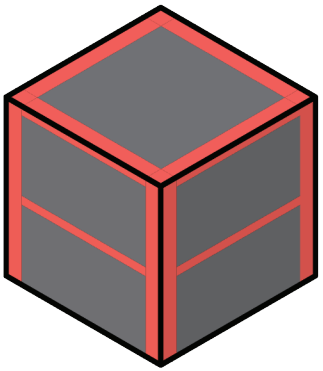
MMC
1
modulos estructurales 3D



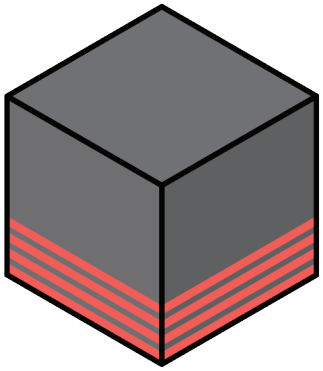
MMC
2
componentes estructurales 2D



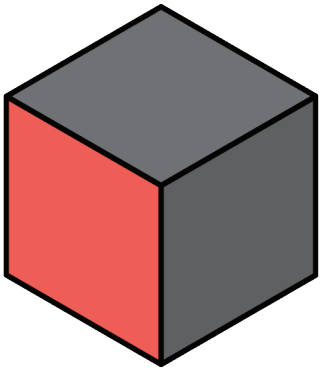
MMC
3
componentes estructurales 1D



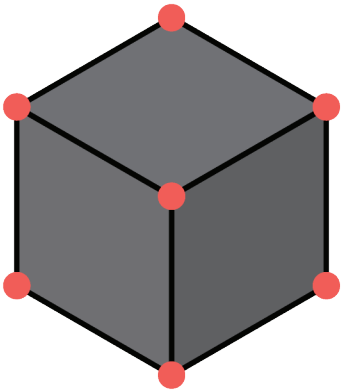
MMC
4
componentes aditivos



MMC
5
prefabricados no estructurales



MMC
6
partes y piezas sustitutivas



MMC
7
tecnologías sustitutivas

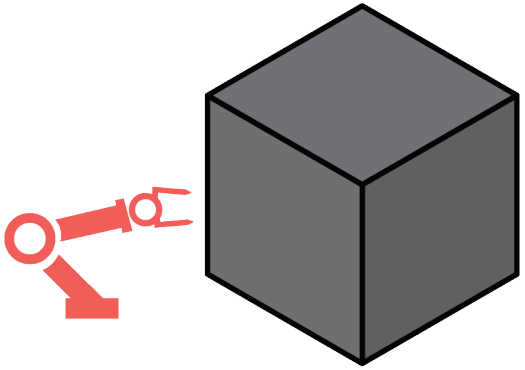


Figura 6.36: Elaboración propia.

6.6.2 ELEVACIONES DE MUROS

Como se mencionó en el punto 6.5 se considera el uso de "**muros hermanos**" que permiten una continuidad de lenguaje en las fachadas del edificio y maximizando la eficiencia de industrialización de la partida.

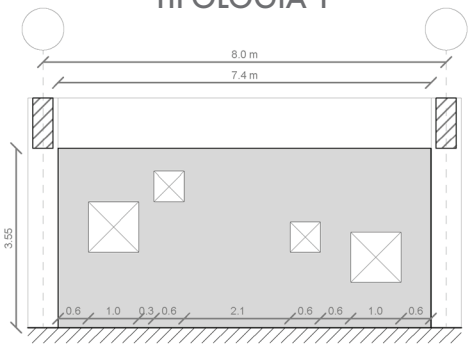
Es importante mencionar que para considerar 2 paneles de muro como iguales, no basta con tener las mismas dimensiones, también se deben considerar otros aspectos como las instalaciones que vienen dentro de cada panel. Por lo que se considera el uso del recinto para considerar la repetición de una misma tipología.

Se proyectan un total de **23 muros**, 4 destinados a el primer nivel del proyecto y los 19 restantes destinados al nivel de evacuación.

Sin embargo, se consideran un total de **17 tipologías** de paneles a modo de reducir las variables a producir off-site.

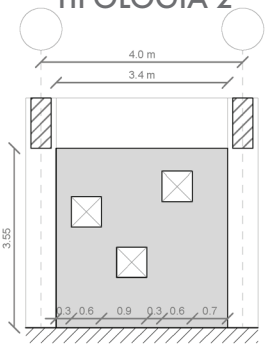
A continuación, se encuentran elevaciones de las diferentes tipologías de paneles de muro.

TIPOLOGÍA 1

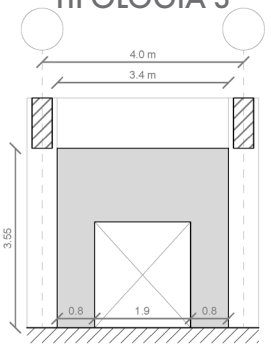


X2

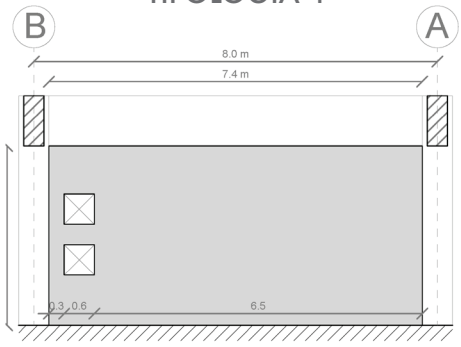
TIPOLOGÍA 2



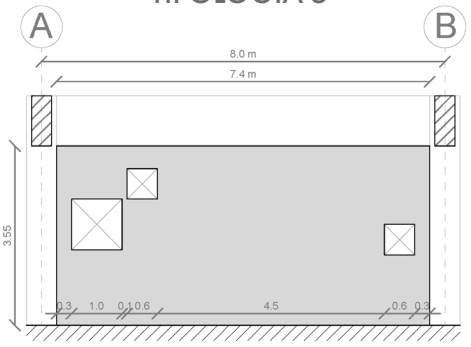
TIPOLOGÍA 3



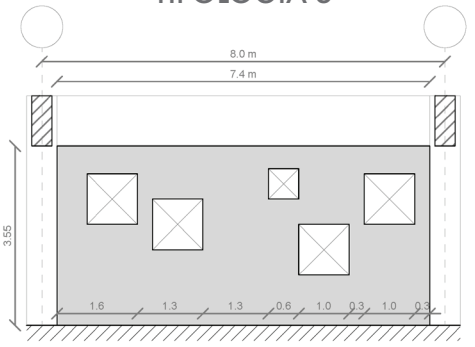
TIPOLOGÍA 4



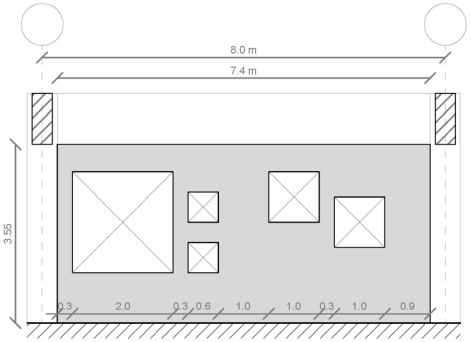
TIPOLOGÍA 5



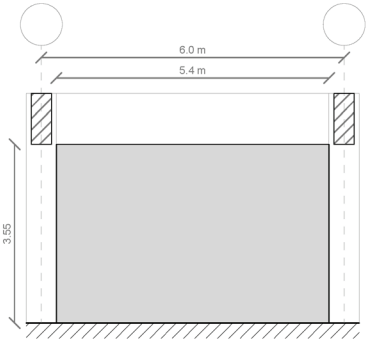
TIPOLOGÍA 6



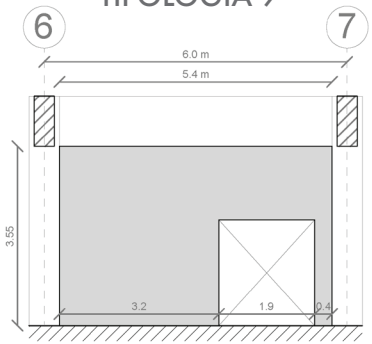
TIPOLOGÍA 7



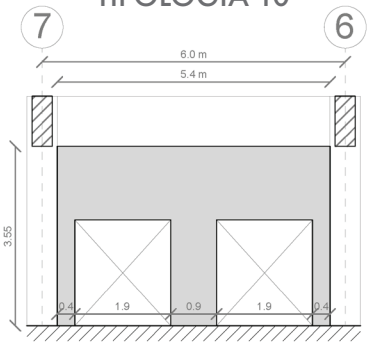
TIPOLOGÍA 8



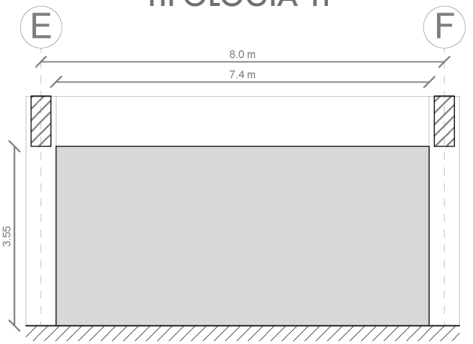
TIPOLOGÍA 9



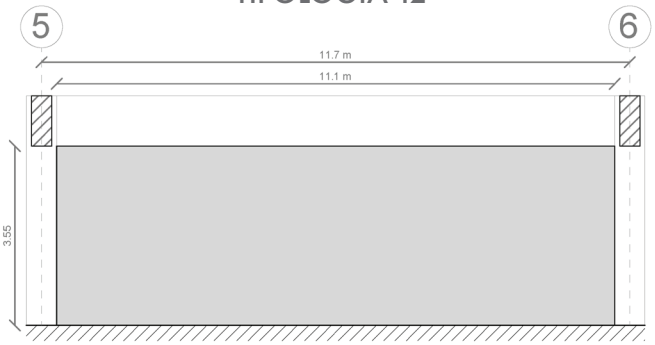
TIPOLOGÍA 10



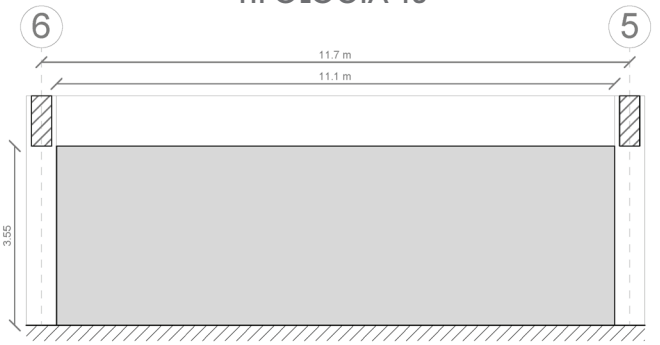
TIPOLOGÍA 11



TIPOLOGÍA 12



TIPOLOGÍA 13



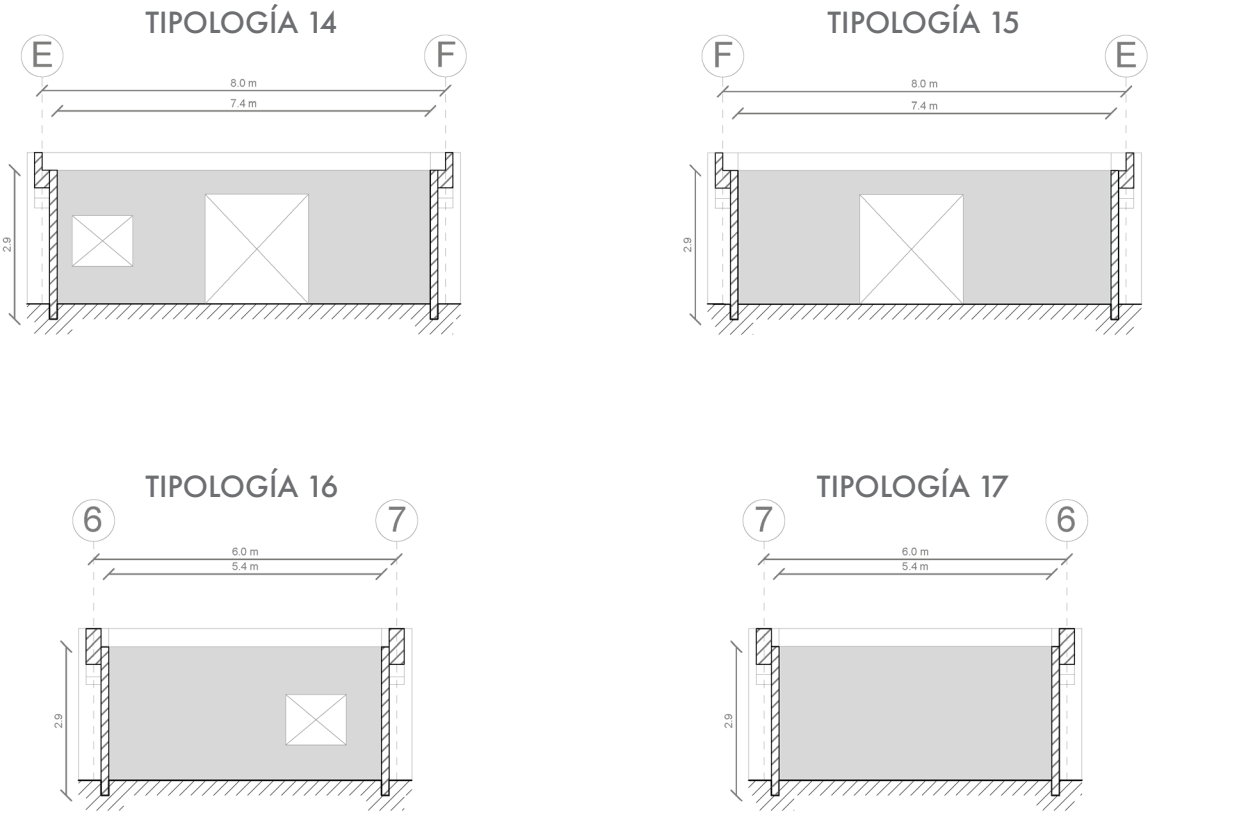


Figura 6.37: Elaboración propia.

6.6.3 DETALLES

A continuación, se presentan una serie de detalles y esquemas de las diferentes partidas o partes del proyecto para un mejor entendimiento de su composición.

El **escantillón** representa un fragmento a partir del eje F del edificio de evacuación vertical.

Adicionalmente se añaden una serie de esquemas de las siguientes partes del proyecto: "Esquema de paneles hermanos", "Esquema de techumbre", "Esquema de estructura ligera" correspondiente a un sombreadero a modo de conexión de los pabellones de clase y resguardo para la comunidad, "Esquema estructura rampa", "Esquema losa nervada" y "Esquema estructura liviana" correspondiente a pilares de madera laminada con potencial de la ubicación de un sombreadero retráctil de tela.

ESCANTILLÓN D1

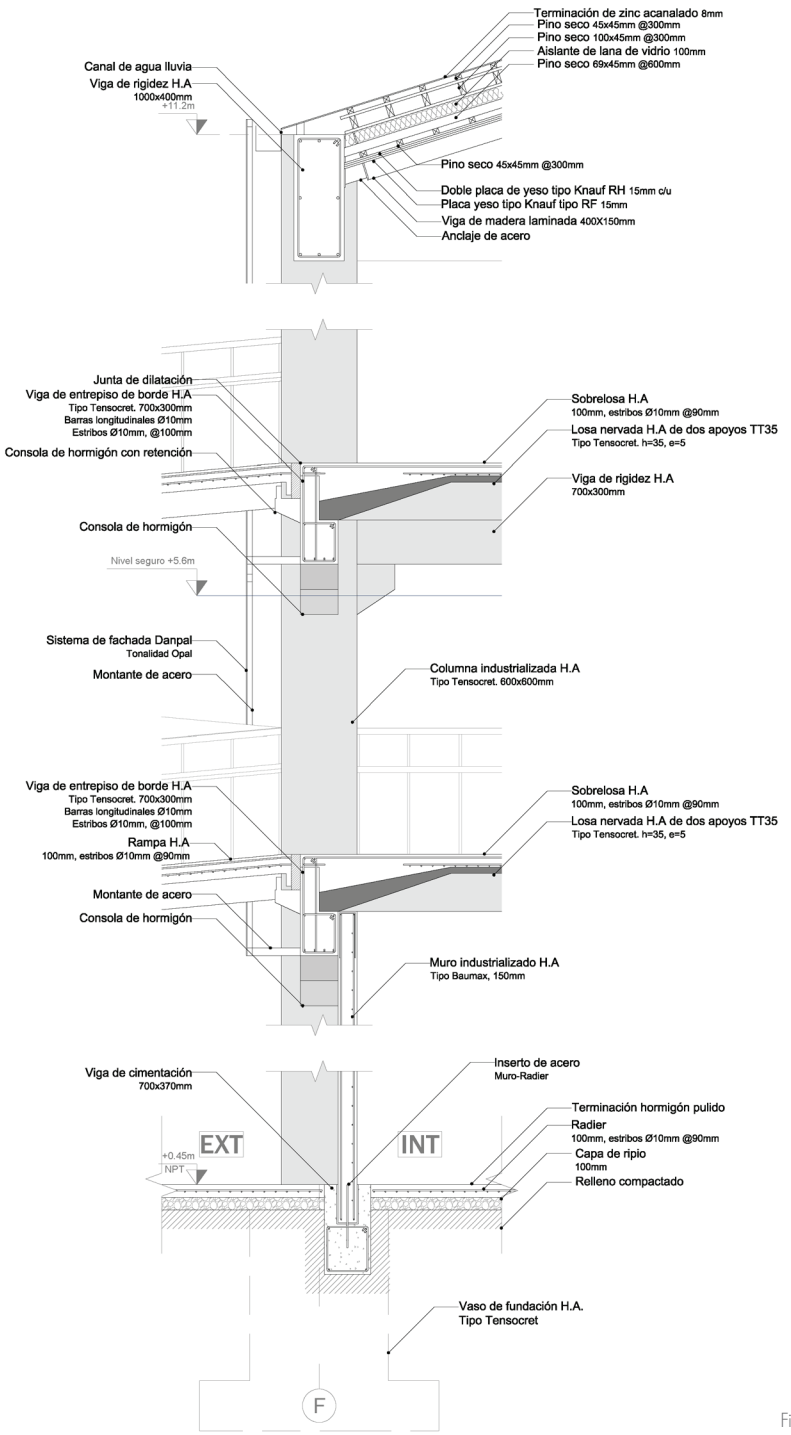


Figura 6.38: Elaboración propia.

ESQUEMA "PANELES HERMANOS"

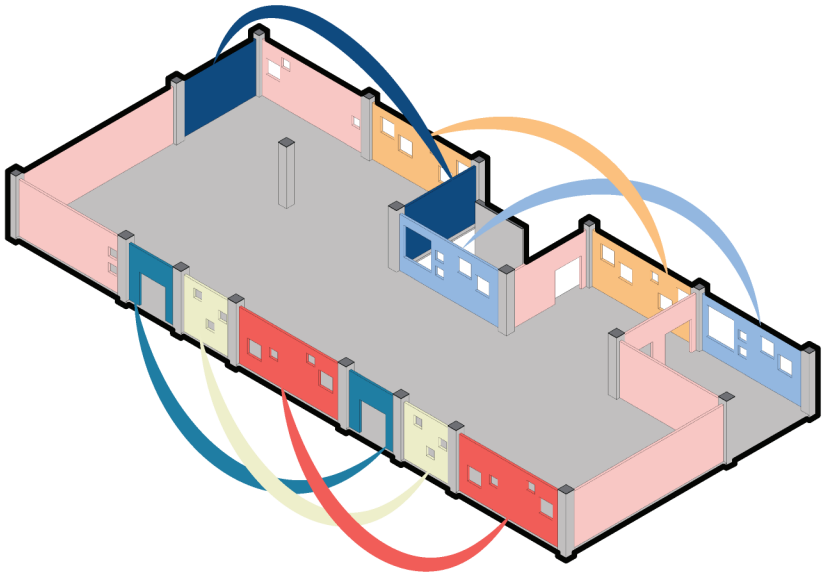


Figura 6.39: Elaboración propia.

ESQUEMA "TECHUMBRE"

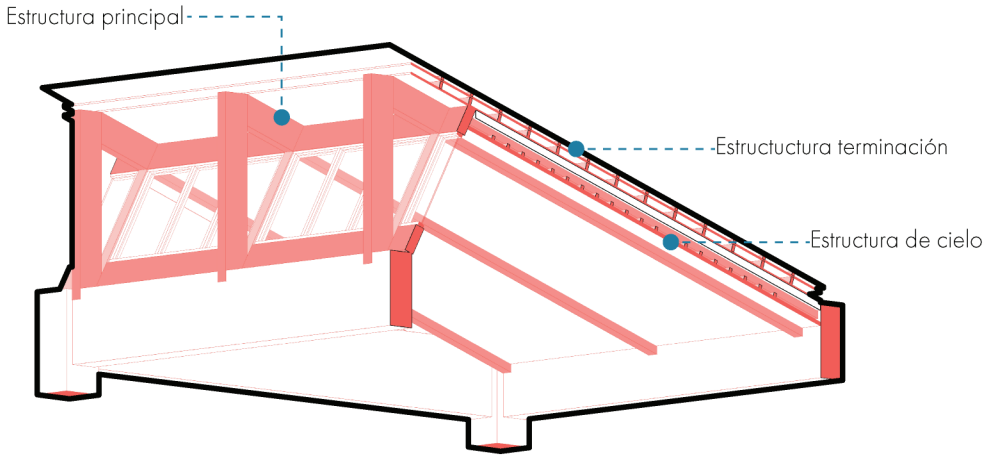


Figura 6.40: Elaboración propia.

ESQUEMA ESTRUCTURA LIVIANA

"Sombreadero fijo 1er nivel"

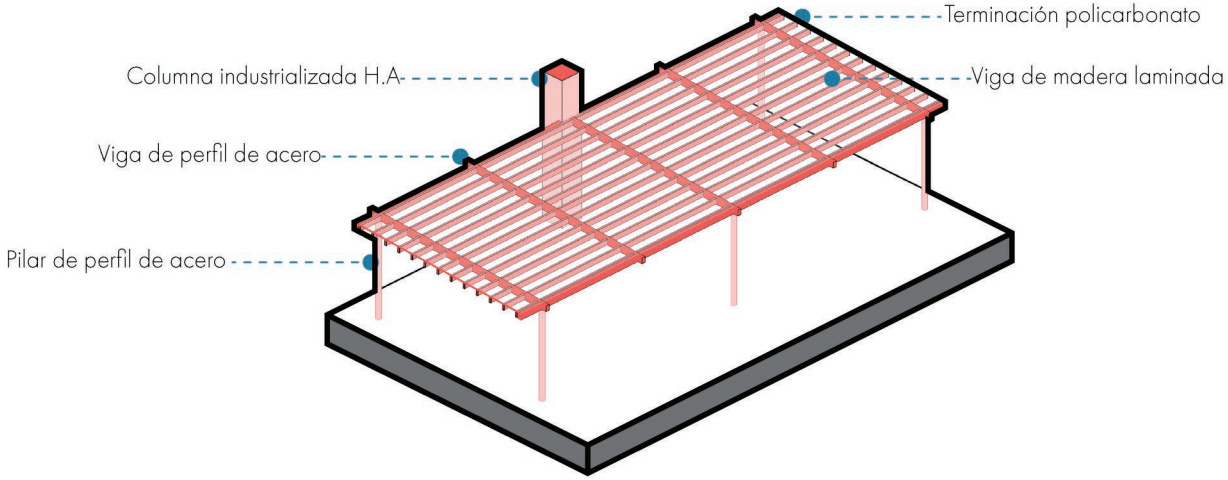


Figura 6.41: Elaboración propia.

ESQUEMA ESTRUCTURA RAMPA

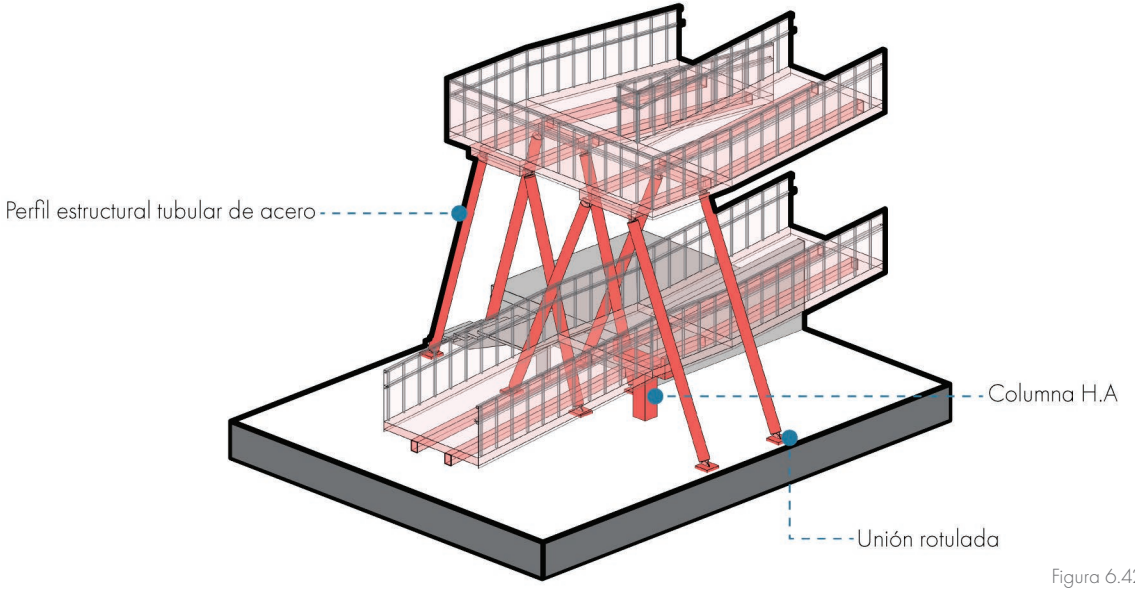


Figura 6.42: Elaboración propia.

ESQUEMA LOSA NERVADA

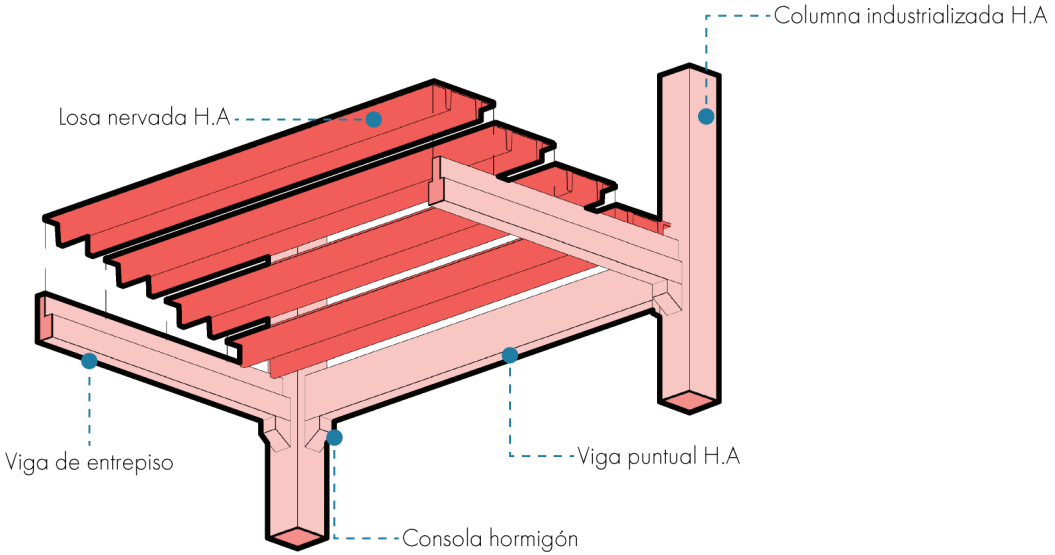


Figura 6.43: Elaboración propia.

ESQUEMA ESTRUCTURA LIVIANA

"Sombreadero retractil 3er nivel"

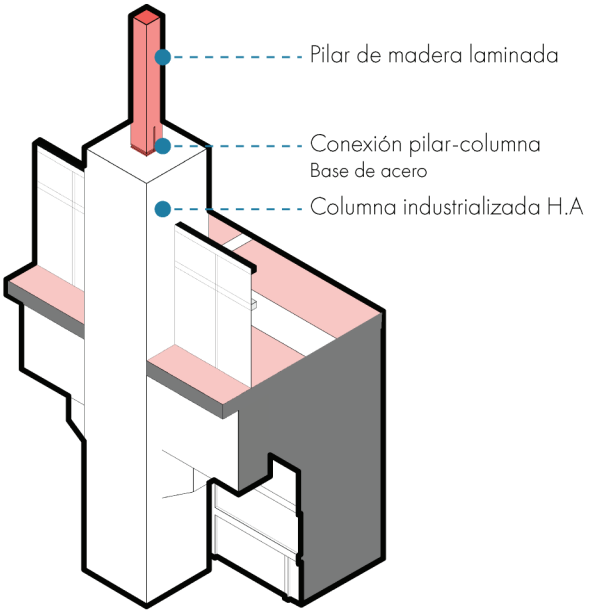


Figura 6.44: Elaboración propia.

CONCLUSIONES.

La arquitectura tiene el deber de utilizar sus recursos para el beneficio de la sociedad.

Los edificios públicos como recintos educacionales tienen un gran potencial inexplorado en la realidad del país para ser utilizados como estructuras de apoyo en situaciones de emergencias naturales.

Los edificios de evacuación vertical son estructuras con un gran beneficio para la sociedad en busca de avanzar hacía comunidades menos vulnerables en preparación a amenazas naturales. No se busca reemplazar las medidas de evacuación existentes como lo es la evacuación horizontal que siempre será prioridad para la comunidad general, pero es sumamente relevante brindar alternativas de evacuación para aquellos cuya realidad no le permita llegar a los puntos de encuentro en el tiempo necesario.

Si se conectan diferentes factores como los edificios existentes con una intervención consciente por medio de la industrialización con el objetivo de ser una alternativa de evacuación vertical. Se pueden generar ciudades y comunidades más preparadas.

Al intervenir edificios educacionales para prepararlos para la evacuación vertical, se consigue un espacio más seguro para la juventud y se esparce conciencia sobre las alternativas de evacuación en caso de tsunamis.

REFERENCIAS.

- *Acevedo, Ricardo., Ramos, Carmen Gloria., Ramírez, Leyla. CIGIDEN 2012-2022, Chile, CIGIDEN, 2022.*
- *Applied Technology Council. 3a ed, Guidelines for design of structures for vertical evacuation from tsunamis. Federal Emergency Management Agency, 2019.*
- *Arévalo, Rodrigo y Sommer, Patricia. O.G.U.C ilustrada Vol. 2 De la arquitectura. Chile, cátalogo arquitectura SPA, 2013.*
- *ArchDaily, Gladys Valley Marine Studies Building [en línea] <https://www.archdaily.com/969718/gladys-valley-marine-studies-building-yost-grube-hall-architecture>*
- *ArchDaily, Tsunami Evacuation Complex: Terrasse Orange Toi [en línea] <https://www.archdaily.com/1024671/tsunami-evacuation-complex-terrasse-orange-toi-imai-laboratory-iis-u-tokyo-plus-nippon-koei-urban-space>*
- *ArchDaily, Viña del Mar: Las más recientes noticias y obras de arquitectura [en línea] <https://www.archdaily.com/es/tag/vina-del-mar>*
- *Assesing potential tsunami vertical-evacuation practices: A study of four cases in Chile using virtual reality and GIS por León, Jorge et al. International Journal of Disaster Risk Reduction, 98:104098. Nov.2023.*
- *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Reporte comunal 2025 [en línea] <https://www.bcn.cl/siit/reportescomunales/comunas_v.html?anno=2025&idcom=5109>*
- *Biblioteca Nacional de Chile, memoria chilena: los terremotos en Chile 1570-2010 [en línea] <https://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-3576.html#imagenes>*
- *Brandi Falcone, Daniela. Estrategia de diseño para la evacuación en edificios de altura. Tesis (para optar al título profesional de Diseñador) Santiago. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de arquitectura , diseño y estudios urbanos, 2016.*
- *Centro sismológico nacional Universidad de Chile, Sismología. Grandes terremotos en Chile [en línea] <https://www.csn.uchile.cl/sismologia/grandes-terremotos-en-chile/>*
- *CIGIDEN, Actividad económica de municipios decayó de forma persistente después del terremoto y tsunami de 2010 [en línea] <https://www.cigiden.cl/actividad-economica-de-municipios-decayo-de-forma-persistente-despues-del-terremoto-y-tsunami-de-2010/>*
- *CIGIDEN, Analizan si las obras costeras de mitigación en Dichato pueden proteger a la ciudad de tsunamis como el ocurrido en 2010 [en línea] <https://www.cigiden.cl/estudio-analizo-potencial-proteccion-de-las-obras-de-mitigacion-por-tsunamis-en-dichato-luego-del-terremoto-de-2010/ >*
- *Corporación Municipal de Viña del Mar [en línea] <https://matriculateenvina.cl/>*
- *Degenkolb, Ocosta Elementary School, Tsunami Vertical Evacuation Building, Westport, WA [en línea] <https://degenkolb.com/projects/ocosta-elementary-school-tsunami-vertical-evacuation-building/>*
- *Degenkolb, Shoalwater Bay Indian Tribe Tsunami Evacuation Tower, Tokeland, Washington [en línea] <https://degenkolb.com/projects/shoalwater-bay-indian-tribe-tsunami-evacuation-tower-tokeland-washington/>*
- *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. Chile, Glosario-Gestión del Riesgo de Desastres. Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2021.*

REFERENCIAS.

- *Evacuación vertical como medida de mitigación del riesgo de tsunamis en Chile por León, Jorge [et al]. Chile, CIGIDEN, 2019. (Serie policy papers CIGIDEN)*
- *Guía para la estimación de peligro de Tsunami por Gubler, Alejandra [et al]. , Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), (s.f.)*
- *Javanaud Emdén, Teodor. Visualizaciones. Disponibles en <https://skalgubbar.se/ >*
- *Mazereeuw, Miho. Design before disaster: Japan's culture of preparedness. University of Virginia Press.*
- *Ministerio de Educación, vitrina de establecimientos [en línea] <https://admision.mineduc.cl/vitrina-vue/>*
- *Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (O.G.U.C) [en línea] <https://www.minvu.gob.cl/elementos-tecnicos/decretos/d-s-n47-1992-ordenanza-general-de-urbanismo-y-construccione/>*
- *Municipio de Nakatosa [en línea] <https://www.town.nakatosa.lg.jp/bosai/>*
- *Neufert: Arte de proyectar en arquitectura por Neufert, Ernst [et al]. España, Editorial Gustavo Gili, 2013.*
- *Pinilla, Carlos., Valenzuela, Carolina., Barros, Santiago. Antecedentes sobre uso de barreras vegetales en borde costero. Instituto forestal, 2013.*
- *SENAPRED. Plano de evacuación ante amenaza de tsunami, región de Valparaíso, comuna de Viña del Mar [fotografía]. Senapred, 2025.*
- *SENAPRED, Visor Chile Preparado [en línea] <https://www.visorchilepreparado.cl/>*
- *SERNATUR, Turismo interno: Big Data [en línea] <https://www.sernatur.cl/dataturismo/big-data-turismo-interno/>*
- *Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. Registro de los principales tsunamis que han afectado a la costa de Chile [tabla]. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, (s.f.) Disponible en <https://www.snamchile.cl/>*
- *Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. Tsunami las grandes olas. Chile, Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, (s.f.)*
- *Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. Valparaíso-Viña del mar Carta de inundación por tsunami [mapa]. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, 2012. Disponible en <https://www.snamchile.cl/>*
- *Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres [en línea] <https://www.senapred.cl/>*
- *TCF Architecture [en línea] <https://tcfarchitecture.com/projects/ocosta-elementary-school>*
- *The Japan times [en línea] <https://www.japantimes.co.jp/news/2021/03/08/national/photo-essay-seawalls-tohoku/ >*

ANEXOS.

NORMATIVA GENERAL

Además de la normativa general determinada por la O.G.U.C y el P.R.C de Viña del Mar. Se tomó importancia a las condiciones de seguridad generales que dicta la O.G.U.C para edificaciones.

Dentro de los programas o usos considerados para el cálculo de carga de ocupación, se encuentran:

Sala de uso múltiple (1m2 por persona)
Cocina (15m2 por persona)
Bodega (40m2 por persona)
Baños (no aplica)

La carga de ocupación de la intervención será de 476 personas considerando los distintos programas del proyecto para un edificio destinado a la educación. Algunos de los artículos (O.G.U.C) más relevantes considerados en el diseño de la intervención son los siguientes:

- **Artículo 4.2.4.**

Correspondiente al cálculo de carga de ocupación mencionado anteriormente.

- **Artículo 2.1.36.**

Correspondiente a determinación de la escala del equipamiento. El proyecto será determinado como "equipamiento menor" que corresponde a equipamientos con cargas de ocupación entre 250 y 1.000 personas.

- **Artículo 4.2.5.**

"Ancho mínimo de cualquier sección de una vía de evacuación se determinará en base a la carga de ocupación de la superficie que sirve dicha sección"
"Cuando se contemplan dos o más vías de salida, la superficie servida se dividirá según el número de salidas".

- **Artículo 4.2.6.**

Se considera una altura mínima libre interior de vías de vacunación de 2,1m
En caso de escaleras se considerará a la altura mínima con un arco de 1,8m de radio desde la nariz de cada grada.
Se considera una altura libre mínima de 2m para vanos de puertas.

- **Artículo 4.2.7.**

Se considerarán barandas o antepechos no menos a 0,95m de altura. En tramos inclinados de escaleras se permite 0,85.

- **Artículo 4.2.10.**

Correspondiente al cálculo de carga de ocupación se requiere la siguiente característica para escaleras de evacuación. 2 escaleras de evacuación con un ancho mínimo de 1,4 metros c/u.

- **Artículo 4.2.13.**

"En los pisos distintos al de salida del edificio, la distancia máxima desde la puerta de un departamento, oficina o local, hasta una escalera de evacuación en el mismo piso, será de 40m."

- **Artículo 4.2.18**

"Los pasillos tendrán un ancho mínimo de medio centímetro por persona, calculado conforme a la carga de ocupación de la superficie servida, con un ancho mínimo de 1,10m".

- **Artículo 4.2.20.**

"Las rampas previstas como recorrido de evacuación se asimilarán a los pasillos en el dimensionamiento de su ancho y tendrán una pendiente máxima de 12%, sin prejuicio del cumplimiento, cuando corresponda, de las condiciones establecidas para personas con discapacidad en el artículo 4.1.7."

- **Artículo 4.2.23.**

"El ancho mínimo requerido conforme al artículo 4.2.5. de este mismo capítulo debe cumplirse, en el caso de las puertas, sumando los anchos libres de salida de cada una. Dicha medida no podrá ser inferior al ancho mínimo requerido para los pasillos que sirven a las puertas".

- **Artículo 4.2.24.**

"Las puertas de escape tendrán un ancho nominal de hoja no menor a 0,85m y un alto no menor a 2m".

La siguiente tabla presenta un resumen de las normativas más relevantes, comparado con la solución presentada por el proyecto.

(OGUC.)

ARTICULO	PARTIDA	REQUERIMIENTO	PROYECTO
4.2.10	Escaleras	Según carga ocupacional (2 escaleras de 1,4m)	Ancho 1,8m
4.2.18	Pasillos	Ancho según carga ocupación (2,38m)	No contempla
4.2.24	Puertas	Según carga ocupación (1,19m c/u)	Ancho nominal de 1,8m
4.2.24	Rampas	Según carga ocupación (ancho de 2,38m, pendiente 12%)	Ancho de 2,38m, pendiente 9%

Anexo 1: Elaboración propia.

A su vez siguiendo las condiciones de seguridad contra incendios establecidos por la O.G.U.C. Según el artículo 4.3.4. Para un edificio con destino docente con relación a la carga de ocupación descrita anteriormente y 4 pisos (siguiendo el artículo 4.3.5. O.G.U.C.) Se deberán seguir los requerimientos de resistencia al fuego por los diferentes elementos de construcción de tipo b.

Para esto se desarrolla una edificación con una respuesta eficaz en caso de incendios en busca de evitar o reducir el riesgo de una doble amenaza en caso de tsunamis. En este sentido la estructura de hormigón armado industrializada es una adición importante por su durabilidad. Por otra parte, para los elementos "ligeros" se opta por la utilización de tipologías de soluciones que propuestas por el Ditec en el listado oficial de comportamiento al fuego de elementos y componentes de la construcción. ED 17-2025.

En caso de la techumbre se opta por la ASIM.4.60. Para la estructura de cielo con resistencia F60.

Para los tabiques se hace uso de la ASIM.1.60.43. con resistencia de F-60.

La siguiente tabla presenta las diferentes partidas (elementos) con el requerimiento y la solución del proyecto.

PARTIDA	REQUERIMIENTO	PROYECTO
Muro cortafuego	F-150	N/C
Muros zona vertical de seguridad	F-120	N/C
Muros caja de ascensores	F-90	N/C
Muros divisorios entre unidades	F-90	N/C
Elementos soportantes verticales	F-90	F-120
Muros no soportantes y tabiques	F-15	F- 60
Escaleras	F-30	F-120
Elementos soportantes horizontales	F-90	F-120
Techumbres	F-60	F-60

Anexo 2: Elaboración propia.



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

