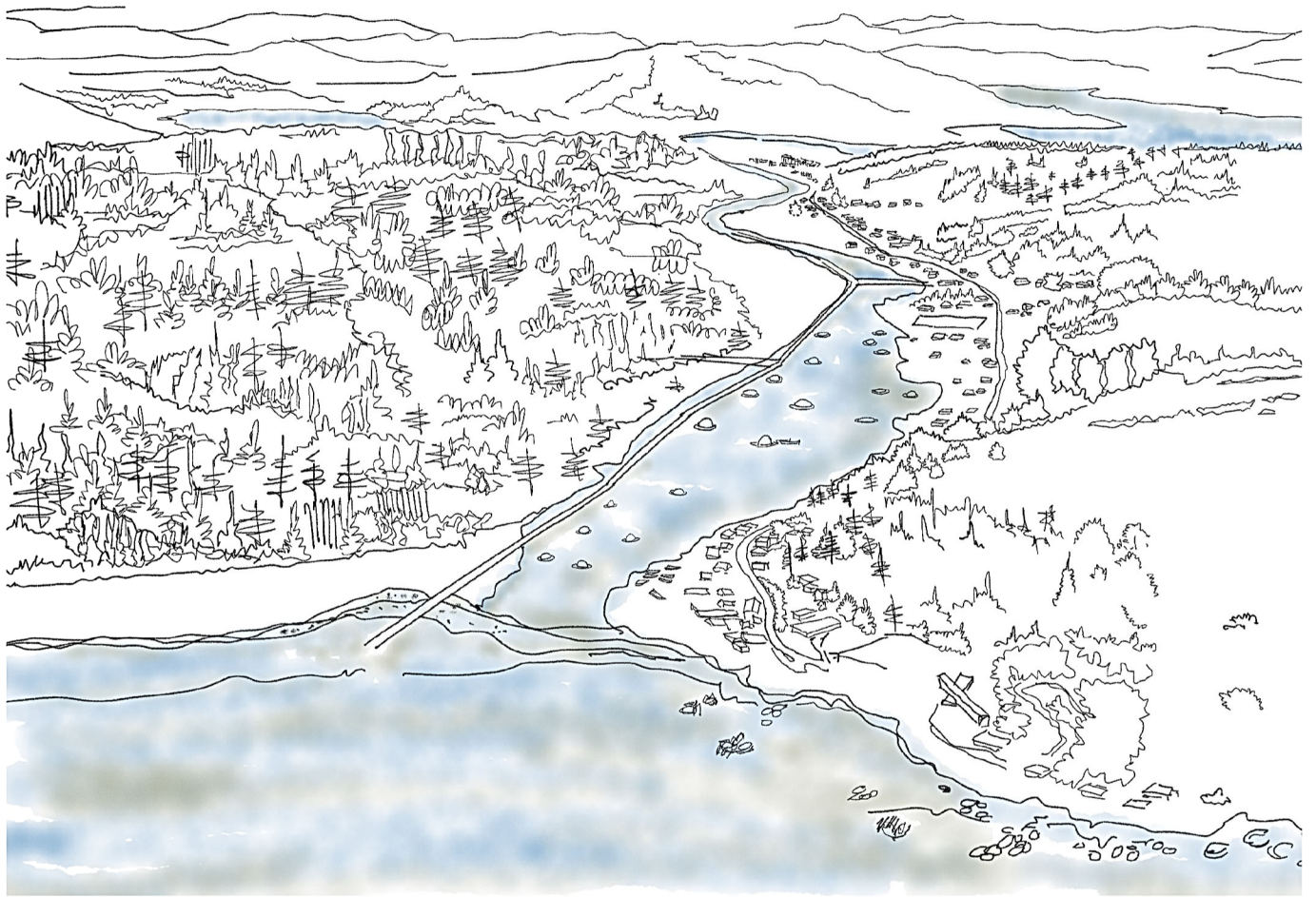
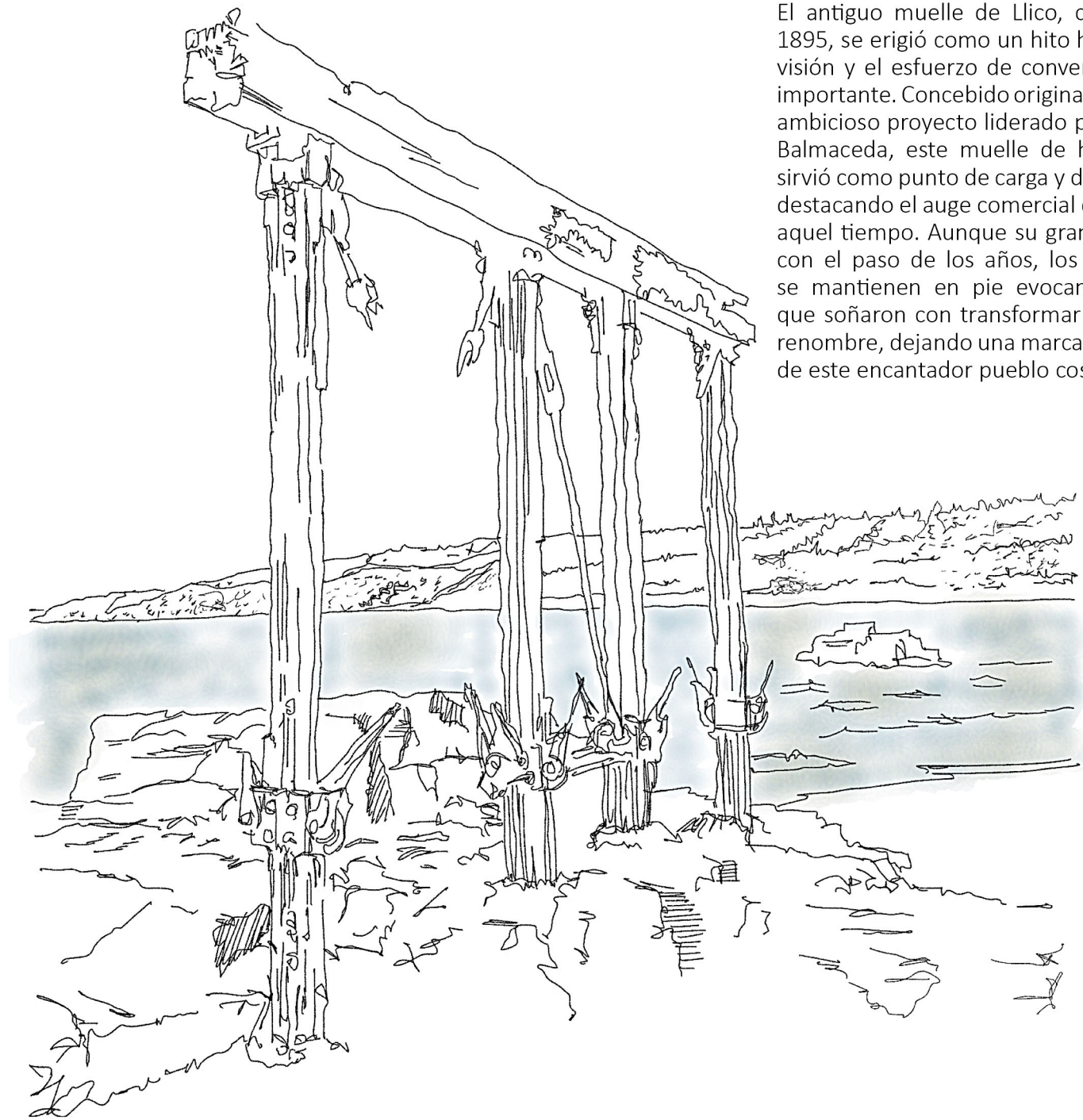


Sistema Llico - Vichuquén

Una alternativa sostenible para enfrentar la escasez
hídrica en comunidades rurales.



Planteamiento Integral Del Proyecto De Título
Semestre Otoño 2023
Profesor Guía: Andrés Weil Parodi
Yolanda Acevedo
Autor: María Catalina Venezian



El antiguo muelle de Llico, construido entre 1894 y 1895, se erigió como un hito histórico que simboliza la visión y el esfuerzo de convertir a Llico en un puerto importante. Concebido originalmente como parte de un ambicioso proyecto liderado por el presidente Manuel Balmaceda, este muelle de hierro forjado y madera sirvió como punto de carga y descarga de cereales y sal, destacando el auge comercial que caracterizó a Llico en aquel tiempo. Aunque su grandeza se ha desvanecido con el paso de los años, los pilotes y vigas que aún se mantienen en pie evocan el legado de aquellos que soñaron con transformar a Llico en un puerto de renombre, dejando una marca imborrable en la historia de este encantador pueblo costero chileno.



Peter Zumthor

“El agua puede ser tranquila y serena, o puede ser poderosa y dramática, y creo que es importante que la arquitectura tenga la capacidad de responder a esas diferentes cualidades del agua.”

Agradecimientos

A la Tati por su eterno amor a la enseñanza, el saber y la ecología.
A mi papá, Amanda y León, por sus palabras y compromiso.



Imagen 1: Laguna de Llico, vista aerea Reserva Nacional Torca y el Océano Pacífico.
Fuente: Unión Comunal Vichuquén, 2020.

Índice

Capítulo 1 - Introducción

Introducción

Objetivos

Motivaciones

Capítulo 2 - Problemática

Chile y sus 4000 km de costa: desalinización

Optimizando la naturaleza

Desalinización

Estructura desalinizadoras

Funcionamiento desalinizadoras

Desafíos Llico y Vichuquén

Conflicto social

Boca Estero de Llico

Capítulo 3 - Lugar

Elección: Llico, comuna de Vichuquén

Imaginario de aguas

Llico, comuna de Vichuquén

Imaginario visual

Llico, comuna de Vichuquén

Capítulo 4 - Proyecto

Estructura de fundamentación

Proyecto

Área de intervención

Estrategias de diseño

Flujo de movimiento peatonal

Flujo de movimiento acuático

Planta Emplazamiento

Axonométrica partido general

Planimetría Desalinizadora

Sistema Hídrico

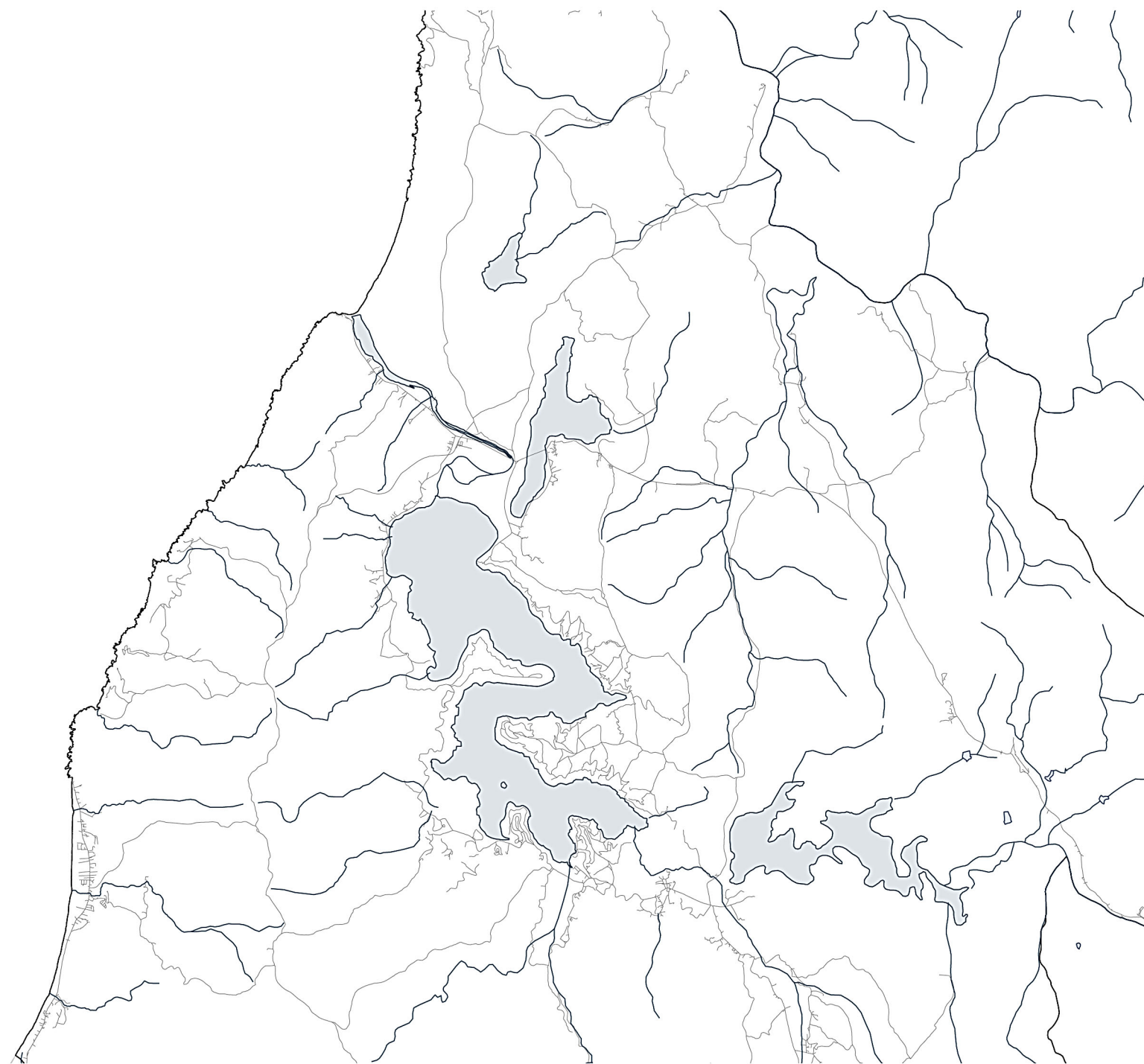


Figura 1: Red de recursos hídricos, ríos, esteros y masas de agua, Laguna de Llico, Laguna Torca, Laguna Agua Dulce, Laguna Tilicura y Lago Vichuquén. Fuente: Elaboración Propia

Capítulo 1

Introducción

Introducción

El sistema hídrico Llico-Vichuquén es un ecosistema complejo y delicado en constante tensión debido a la apertura y cierre de la boca del estero. Esta situación ha generado conflictos entre los vecinos de Llico y los veraneantes del Lago Vichuquén, quienes luchan por preservar sus intereses y mantener un equilibrio en el acceso al agua y la conservación del medio ambiente.

En este contexto, surge la necesidad de proyectar soluciones innovadoras y sustentables que resuelvan este conflicto y aseguren el abastecimiento de agua adecuado para ambas comunidades. Una alternativa viable y prometedora es la implementación de esclusas, las cuales permitirían controlar el flujo de agua entre el estero de Llico, el Lago Vichuquén y la Laguna Torca, garantizando el equilibrio entre las demandas de agua dulce y la preservación del ecosistema.

Sin embargo, regular los niveles de agua no es suficiente para satisfacer las necesidades hídricas de la zona. Es por ello que se propone un enfoque integral que combine la desalinización del agua marina con estructuras flotantes en el estero de Llico.

El proyecto busca no solo abordar la escasez hídrica y el conflicto entre las comunidades, sino también aprovechar de manera sostenible los recursos naturales disponibles. La desalinización del agua marina se presenta como una solución eficiente y viable, ya que Chile cuenta con una extensa costa que ofrece un gran potencial para la producción de agua potable a partir de fuentes renovables.



Imagen 3: Costa Océano Pacífico, cercano Playa Llico.
Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Objetivos

Objetivo Principal

Garantizar de forma constante el acceso a agua potable, limpia y segura a la comunidad costera de Llico, a través del diseño e implementación de estructuras desalinizadoras de agua de mar, integradas al imaginario visual y paisajístico característico de la zona.

Objetivos Secundarios

1. Diseñar espacios de uso público en el borde costero de la laguna de Llico y en la Reserva Nacional de la CONAF para mejorar la calidad de vida de los habitantes en su dimensión ambiental, cultural y social ofreciendo una alternativa de diseño integral tanto para turistas veraneantes y habitantes locales.
2. Solucionar de forma permanente el problema de apertura y cierre de la boca de la laguna de Llico, beneficiando tanto a los vecinos de Llico como a los veraneantes del lago Vichuquén.
3. Potenciar el desarrollo turístico y económico de la zona, a través de la implementación de atracciones urbanas, mejorando el imaginario visual del borde costero.



Imagen 4: Fotografía aérea tomada desde el sur de laguna de Llico y bosques CONAF.
Fuente: Raul Venezian, 2020.

Motivaciones

La elección de Llico como emplazamiento para desarrollar el proyecto está profundamente arraigada en mi historia familiar. Esta conexión personal y emocional con la comunidad local me motiva a marcar una diferencia significativa en su entorno particular. Mi mayor motivación es contribuir al crecimiento y bienestar de la comunidad que ha estado presente en la larga trayectoria de mi familia, potenciando el desarrollo local, a través de la mejora del imaginario visual.

Mi objetivo es generar un impacto positivo y duradero en la vida de las personas. Utilizando mis conocimientos y habilidades adquiridos, tanto en la escuela como a lo largo de mi vida, para abordar las problemáticas de manera integral, promoviendo la equidad, la justicia social y la inclusión a través del diseño arquitectónico. Me enfocaré en crear entornos más habitables y dignos que promuevan la igualdad de oportunidades y reflejen la identidad única de la Caleta de Llico. Mi compromiso es promover el desarrollo sostenible y equitativo del sistema Llico - Vichuquén, mejorando significativamente la calidad de vida de los habitantes mediante un diseño arquitectónico que refleje la esencia y la belleza de esta comunidad.



Imagen 5: Vista a inicios de plantación de bosques de Reserva Nacional de Torca para detener el avance de las dunas.
Fuente: Archivo Familiar, Llico, 1960

Capítulo 2

Problemática

Chile y sus 4000 km de costa: desalinización



Ante la creciente escasez de agua dulce, se ha planteado la posibilidad de utilizar el agua del océano como una fuente alternativa. La desalinización, proceso mediante el cual se elimina la sal y los minerales del agua de mar, permite obtener agua potable a partir de fuentes oceánicas. La tecnología de desalinización ha avanzado considerablemente en las últimas décadas, y muchos países han adoptado plantas desalinizadoras como una solución para satisfacer sus necesidades de agua.

La utilización del agua del océano puede ser una opción viable en áreas donde la escasez de agua dulce es crítica y no se cuenta con otras fuentes disponibles. Chile, con sus extensos 4,000 km de costa, tiene un gran potencial en este sentido. La desalinización, proceso que elimina la sal y los minerales del agua de mar, se presenta como una solución prometedora. Los avances tecnológicos en esta técnica han permitido convertir el agua salada en agua potable, abriendo nuevas oportunidades para garantizar un suministro seguro y sostenible.

Según el último catastro nacional (marzo 2023), Chile cuenta con 28 plantas desalinizadoras en operación y construcción, más otras 15 en fase de proyecto.

Figura 2: Desalinizadoras en Chile.
Fuente: Elaboración Propia.

Optimizando la naturaleza

Ciclo del agua

El ciclo del agua es un proceso natural esencial para la distribución y renovación del agua en la Tierra. A través de la evaporación, la condensación y la precipitación, el agua se mueve continuamente entre la atmósfera, los océanos, la tierra y los cuerpos de agua dulce. Este ciclo asegura el suministro de agua para los ecosistemas y las actividades humanas. Si bien, se puede decir que la Tierra es un planeta lleno de agua, la mayor parte de esta es salada y no es apta para el consumo humano tal cual como se encuentra en los océanos y mares.

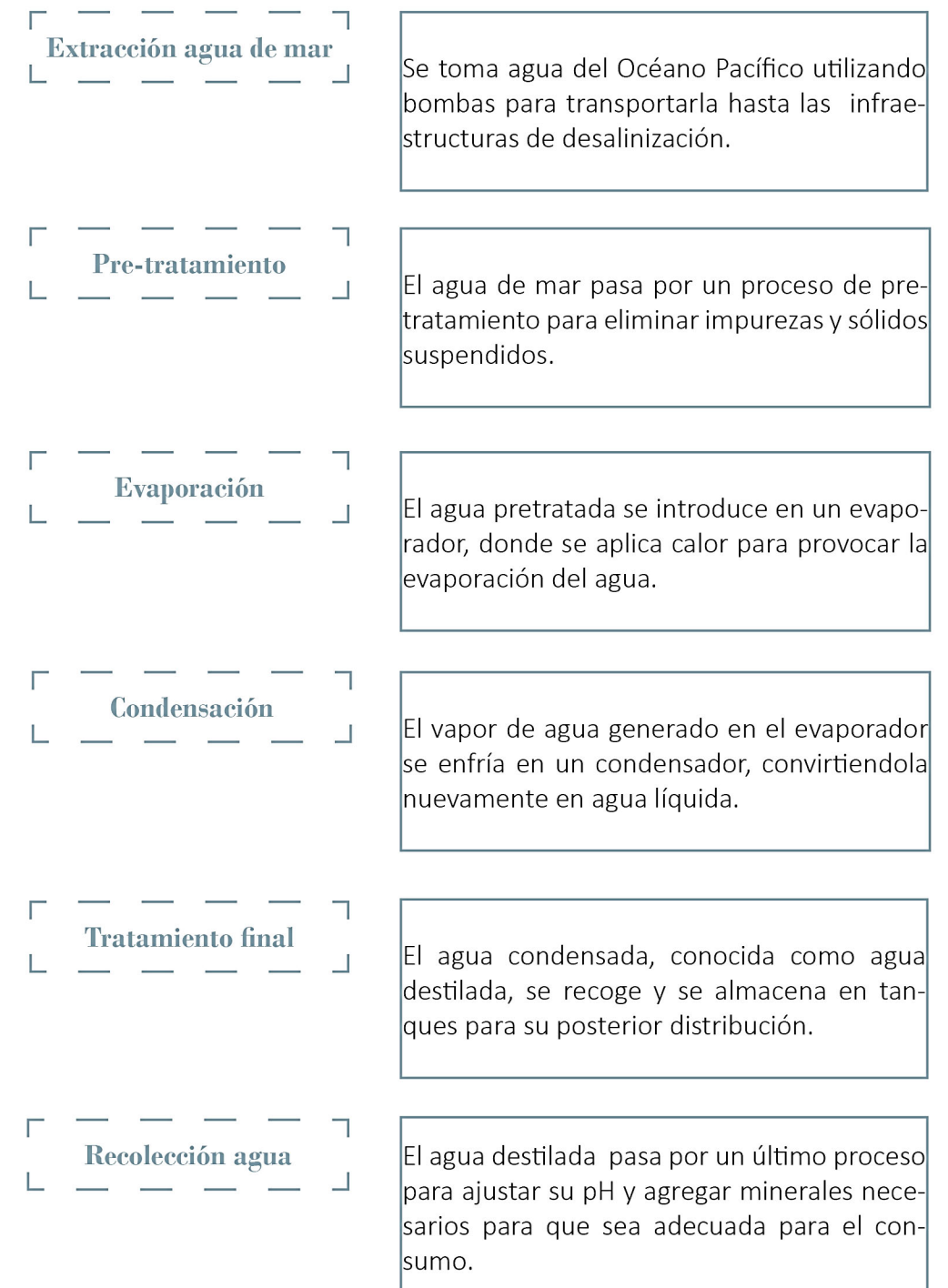
Desalinización

La desalinización es una de las pocas fuentes de agua independientes de la lluvia capaz de convertir el agua salada en agua potable. Es un proceso físico-químico que implica la eliminación de componentes salinos y otros minerales contaminantes presentes en el agua de mar, con el objetivo de obtener agua con niveles de salinidad aceptables para su uso.

La desalinización, por otro lado, es un enfoque tecnológico que replica y optimiza este ciclo natural para obtener agua potable a partir de fuentes saladas, como el agua del océano. Mediante procesos de filtración y eliminación de sales y minerales, la desalinización puede proporcionar una fuente adicional de agua dulce para zonas con escasez hídrica.



Desalinización



Estructura desalinizadoras

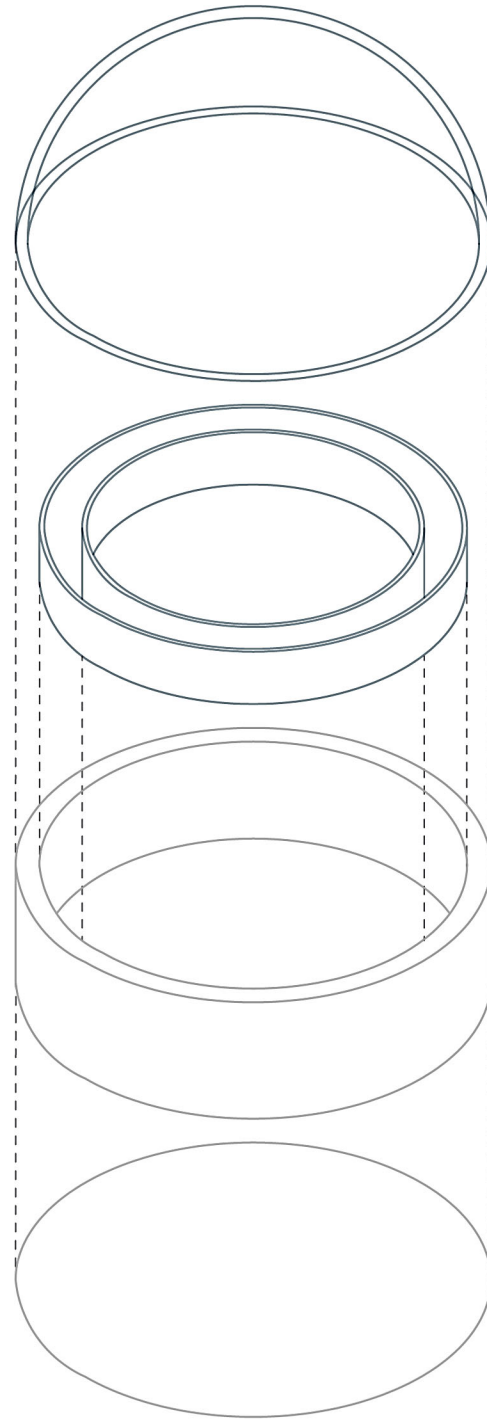


Figura 3: Axonométrica desalinizadoras.
Fuente: Elaboración Propia.

Funcionamiento desalinizadoras

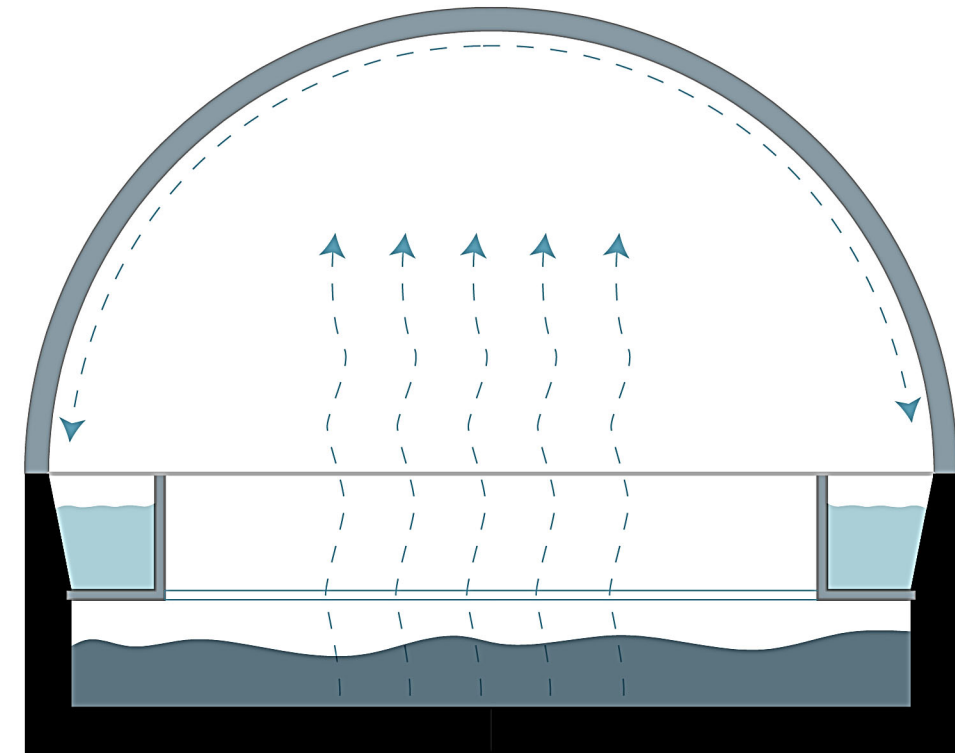


Figura 4: Funcionamiento desalinizadora.
Fuente: Elaboración Propia.

Desafíos Llico y Vichuquén

La zona de Llico-Vichuquén se enfrenta a una serie de desafíos relacionados con el sistema hídrico, los cuales tienen un impacto significativo en las comunidades locales, la infraestructura y el equilibrio ecológico de la región.

Inundaciones y riesgo urban

Durante mucho tiempo, el borde sur urbanizado del estero de Llico ha enfrentado inundaciones representando una amenaza constante para la infraestructura y la seguridad de sus habitantes. Históricamente, los vecinos se veían obligados a abrir manualmente la boca del estero para permitir el flujo del agua hacia el mar y evitar el colapso de sus casas. Sin embargo, esta solución resultaba insuficiente y, actualmente, las inundaciones se han vuelto más frecuentes lo que ha llevado a recurrir a excavadoras y maquinaria pesada proporcionada por los veraneantes de Vichuquén. Evidenciando la necesidad de abordar esta problemática de manera efectiva y segura, garantizando la protección de la infraestructura local y la seguridad de los habitantes.

Zonas de riesgo por inundación.

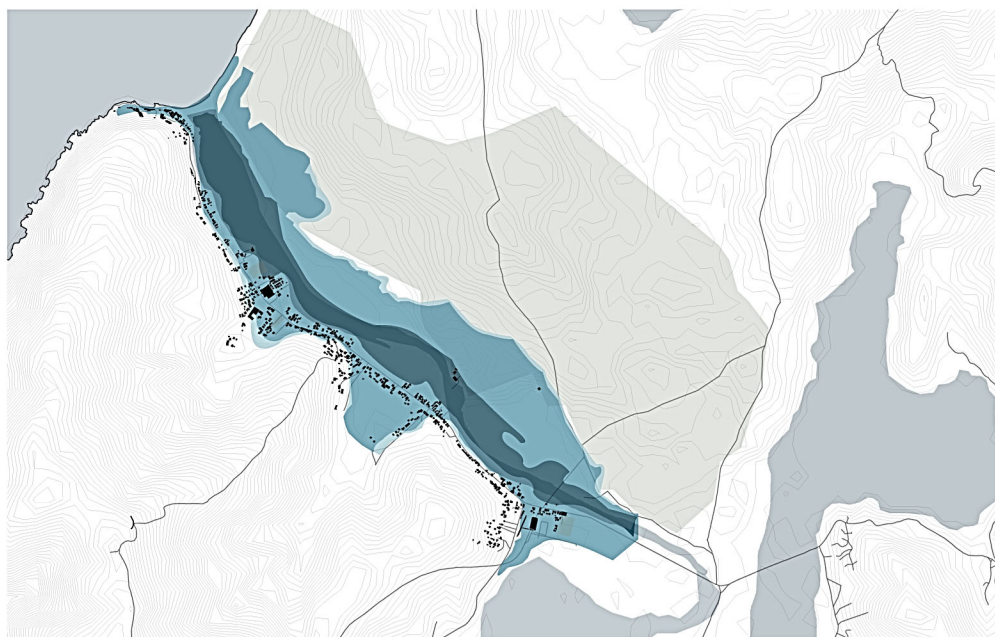


Figura 5: Zonas de Riesgo por Inundación en Llico.
Fuente: Elaboración Propia.

Zonas de riesgo por remoción en masa por lluvia.



Zonas de riesgo por remoción en masa.

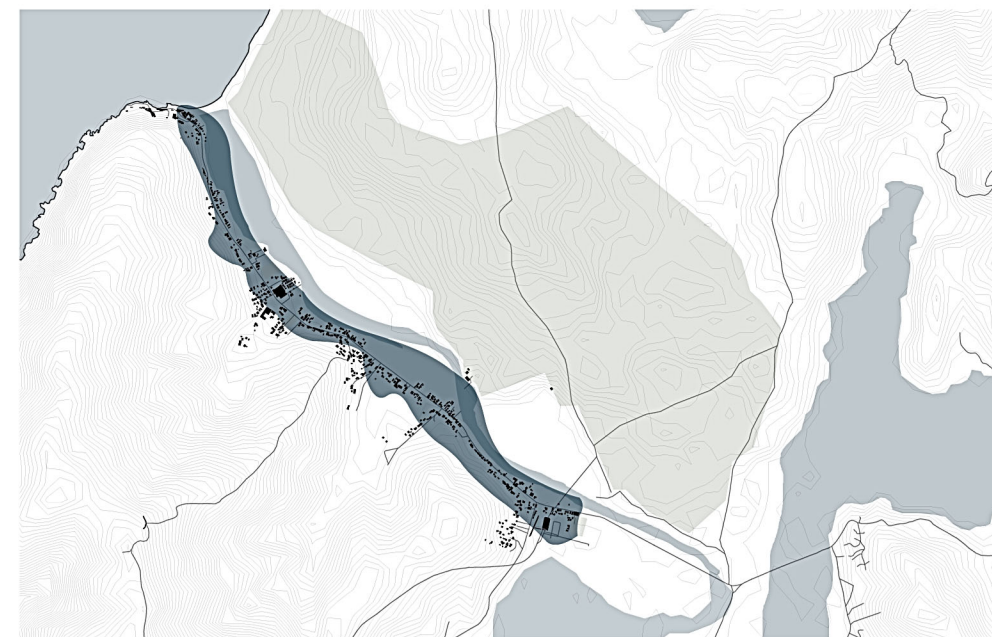


Figura 6: Zonas de Riesgo por Remoción por Lluvia en Llico.
Figura 7: Zonas de Riesgo por Remoción en masa en Llico.
Fuente: Elaboración Propia.

Conflicto social

Sin embargo, la necesidad de abrir la boca del estero para evitar la inundación del pueblo, afecta al ecosistema natural del Lago Vichuquén, aumentando la salida de agua dulce y permitiendo una mayor entrada de agua salada. Este movimiento de aguas, ha llevado al florecimiento de algas tóxicas y la contaminación del cuerpo de agua, tiñéndose de un color verde oscuro al borde de la clausura en más de una ocasión.

La dualidad generada en torno a la apertura y cierre del desagadero del Estero de Llico, debido a las diferencias en los intereses y motivaciones de ambas comunidades, se ve incrementada año a año debido a la falta de soluciones en torno a esta problemática.

Si bien, gran parte de los habitantes de Llico dependen económicamente del turismo generado por los veraneantes de los distintos cuerpos de agua cercanos a su pueblo, ya sean el Lago Vichuquén, las Lagunas Torca y Agua Dulce o las segundas viviendas construidas a lo largo de la costa. Su principal fuente de ingresos se ve en tensión debido a las posibles clausuras del Lago, afectando directamente en el flujo de visitantes de la zona.

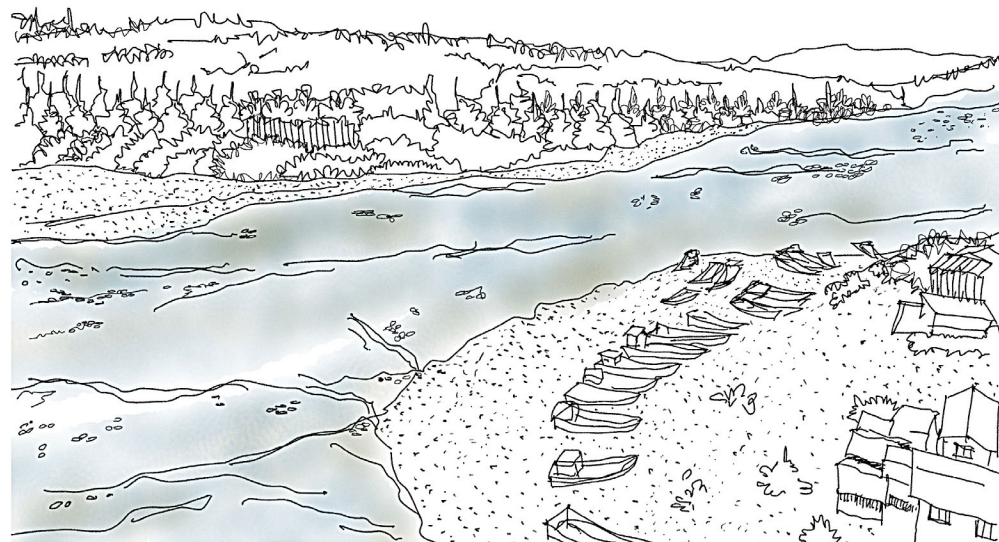


Figura 8: Croquis desembocadura Estero de Llico, atraque de botes pesqueros.
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Boca Estero de Llico



Imágenes: Desembocadura Estero de Llico. Apertura y cierre durante los años.
Fuente: Recuperadas de Union Vecinal de Vichuquén, 2023.

Capítulo 3

Lugar

Elección: Llico, comuna de Vichuquén

Gran parte de la cordillera de costa del secano costero de la zona central de Chile, ha sido históricamente dedicada a la agricultura tradicional. Sus suelos arcillosos, de mediana a baja fertilidad, junto con un relativo aislamiento por los malos caminos, determinaban una agricultura de baja rentabilidad, la cual ha ido paulatinamente desapareciendo, dando paso en las últimas décadas, al aumento de las plantaciones forestales. Este fenómeno tiene implicancias económicas, laborales, sociales y demográficas, resultando en una menor actividad económica, con pocas oportunidades de empleo y trabajo, mayores niveles de pobreza y precariedad, todo ello motivando una continua migración hacia otros centros urbanos.

Las zonas costeras, en particular, el caso de los caseríos, villorios, o pueblos a orillas del mar, si bien se ven expuestas a este mismo fenómeno, este se ve algo mitigado pues, la pesca y explotación marina han sido siempre una alternativa adicional de empleo y fuente de recursos, además de la atracción natural que es la playa y vistas al océano pacífico, que generan tanto, turismo como segundas viviendas, lo que es una importante fuente de actividad económica para estas zonas.

En el caso de la zona de estudio, adicionalmente cuenta con varios cuerpos de agua, a pocos kilómetros del mar, que lo hacen un lugar especialmente atractivo por su belleza, presencia de una rica avifauna, vistas escénicas, cercanía a Santiago y otras capitales regionales, y por tanto se convirtió en un destino turístico y de vacaciones estivales, con gran número de segundas viviendas a orillas de los lagos, lagunas, o costa del océano. De este modo, estos atributos son también fuente de empleo, y demandan una cantidad de bienes y servicios que generan mayor actividad económica, y mayores oportunidades para las comunidades locales.

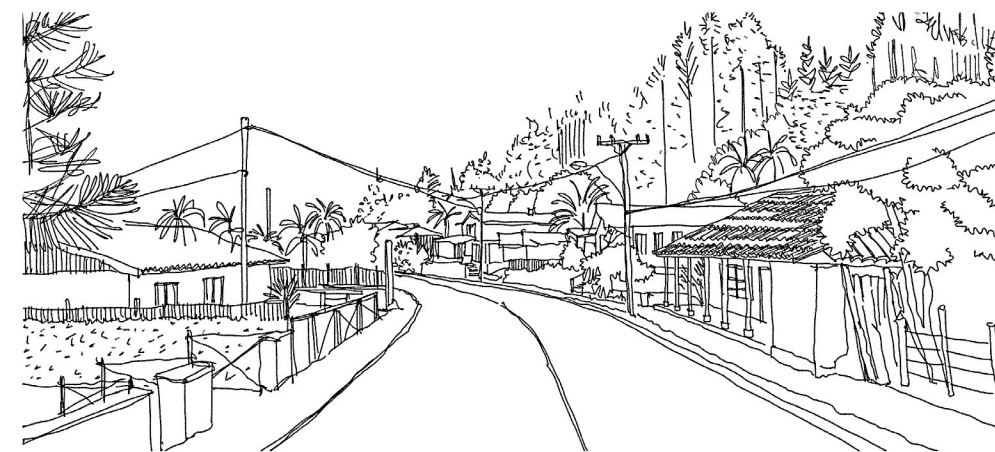
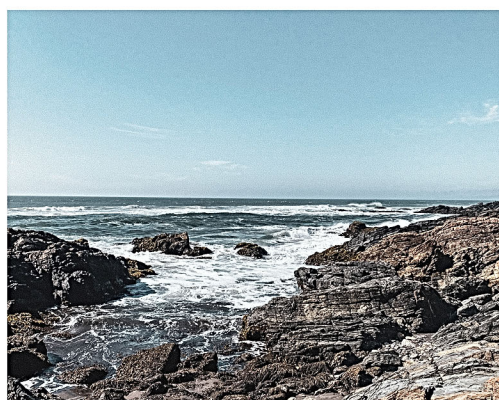


Figura 9: Croquis Calle Ignacio Carrera Pinto, Pueblo de Llico.
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Imaginario de aguas

1. Playa Llico, Océano Pacífico.



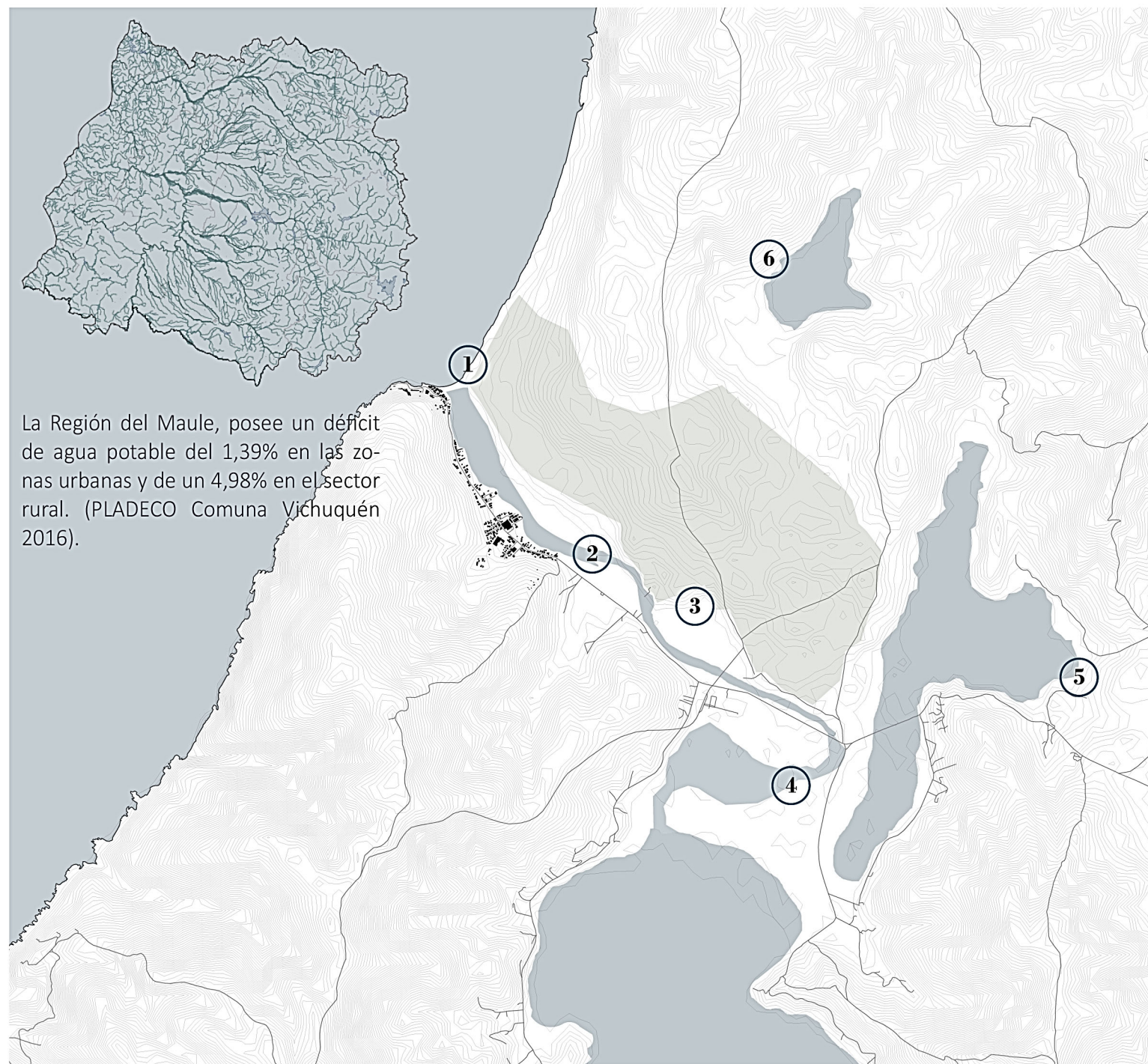
2. Estero Llico.



3. Reserva Nacional Torca.



Figura 10: Red Hídrica Región del Maule.
Fuente: Elaboración Propia.



Sistema hídrico

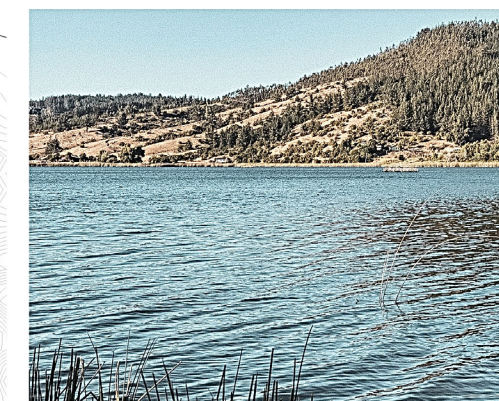
4. Llico -Vichuquén.



5. Laguna Torca.



6. Laguna Agua Dulce.



Imágenes Océano Pacífico y cuerpos de agua Llico, Torca, Agua Dulce y Vichuquén.
Fuente: Elaboración Propia.

Llico, comuna de Vichuquén

La elección de Llico como emplazamiento para el proyecto se basa en el potencial económico y turístico de esta zona costera, en particular. A pesar de los desafíos económicos y sociales derivados de la disminución de la actividad agrícola la pesca y el turismo han sido factores clave en la generación de empleo y desarrollo local. La presencia de cuerpos de agua cercanos y la belleza natural de la zona hacen de Llico un lugar atractivo tanto para el turismo como para la inversión en segundas viviendas, lo que contribuye a la vitalidad económica de la comunidad.



Figura 11: Casona colonial del pueblo de Llico.
Fuente: Elaboración Propia.

Imaginario visual



Imagen 6: Calle Ignacio Carrera Pinto, Pueblo de Llico.
Fuente: Elaboración Propia, 2021.

Llico, comuna de Vichuquén

La zona central de Chile, ha manifestado claras y preocupantes señales que indican la posibilidad de enfrentar una escasez hídrica en el futuro. El cambio climático, la disminución de las precipitaciones y el aumento de la demanda de agua debido al crecimiento poblacional y al desarrollo industrial, forestal y agrícola, son factores que ponen en riesgo la disponibilidad de agua en esta zona.

Además de la problemática hídrica, la elección de Llico para el emplazamiento del proyecto, también considera otros factores importantes. La comunidad de Llico se encuentra en las cercanías del Lago Vichuquén, una importante atracción turística de la zona. Este lago, de gran belleza natural, ofrece diversas actividades recreativas y deportivas para los visitantes, como la navegación, la pesca y el avistamiento de aves. El suministro de agua potable asegurado a través de la técnica de desalinización permitiría preservar los recursos hídricos del lago y garantizar su conservación, evitando el agotamiento de sus aguas y promoviendo el turismo sostenible en la región.



Figura 12: Borde costero urbanizado del Pueblo de Llico.
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Capítulo 4

Proyecto

Estructura de fundamentación

¿Qué?

Sistema flotante de estructuras desalinizadoras de agua salada a lo largo de la Laguna de Llico, que acompañan visualmente a la propuesta de recorrido peatonal de pasarelas de uso público, las cuales se integran al centro cívico, revitalizando, las rutas de los bosques de la Reserva Nacional de Torca, perteneciente a la CONAF.

¿Dónde?

A lo largo del Estero de Llico, pueblo costero ubicado en la comuna de Vichuquén, en la VII Región del Maule.

¿Para quién?

Para los habitantes de Llico, veraneantes del Lago Vichuquén, Laguna Torca, Agua Dulce y otros sectores cercanos.

¿Para qué?

Para garantizar de forma constante el acceso a agua potable a los habitantes de Llico y Vichuquén, además de potenciar el desarrollo turístico y por consiguiente, económico, de la zona, a través de la mejora del entorno urbano del borde costero.

¿Por qué?

Porque el problema hídrico en la región se ha visto aumentado en los últimos años a causa de la disminución de las lluvias y el aumento de las temperaturas. Esta innovadora solución beneficia a los habitantes de forma directa al garantizar una fuente de agua potable, y de forma indirecta al embellecer el entorno urbano, impactando en el turismo como una gran atracción de nuevos visitantes.

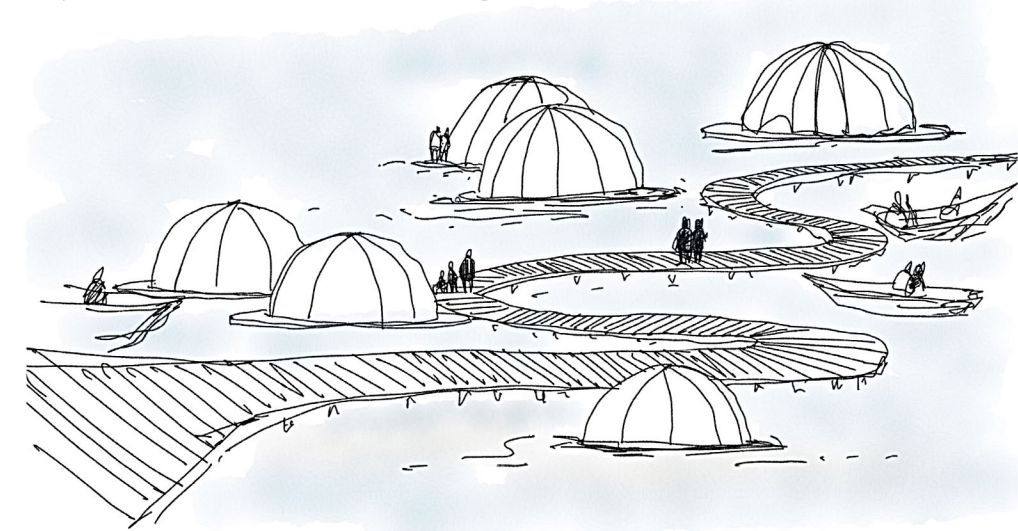


Figura 13: Imagen objetivo.
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Proyecto

El proyecto tiene como objetivo principal mejorar la calidad de vida de sus habitantes a través de una intervención urbana integral, completa y sostenible. Conscientes de los históricos problemas de inundación que ha enfrentado el pueblo a orillas del estero, se plantea que la construcción de una esclusa pondrá fin a esta situación, brindando seguridad y tranquilidad a la comunidad. Pero el proyecto no se limita a resolver este desafío, si que busca aprovechar de manera eficiente los recursos naturales disponibles en la zona para garantizar un suministro constante y sustentable de agua potable.

Con este fin, se proyecta diseñar estructuras flotantes sobre el estero que funcionarán como desalinizadoras, permitiendo convertir el agua del mar en agua potable. Estas desalinizadoras, además de su función primaria, se convertirán en un atractivo turístico y un símbolo de la belleza y modernidad de la caleta pesquera de Llico. Su diseño integral y cuidado, junto con su integración estética en el entorno, realzan el atractivo visual de la zona, generando un mayor interés y potenciando el turismo.

Las estructuras flotarán cercano a un recorrido de pasarelas y muelles de madera que permitirán la conexión entre el pueblo, ubicado en la ladera sur del estero, y la reserva nacional de la CONAF, un bosque de eucaliptus en la ladera norte. Estas pasarelas no solo servirán como medios de acceso, sino que también integrarán los senderos oficiales de la CONAF, proporcionando un recorrido turístico enriquecedor y promoviendo la conservación de la flora y fauna nativa de la zona. Si bien, el proceso de desalinización del agua se realiza en el estero, es necesario llevar el agua destilada a una planta de tratamiento para someterla a un proceso adicional y asegurar su calidad y potabilidad. Es por esto que el proyecto contempla el diseño de la planta de tratamiento correspondiente, la cual contará con áreas de laboratorio y pruebas de calidad del agua, así como espacios para el personal encargado del mantenimiento y operación, servicios y piscinas de almacenamiento de agua potable.



Figura 14: Imagen objetivo.
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Área de intervención



Figura 16: Áreas de intervención.
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Estrategias de Diseño

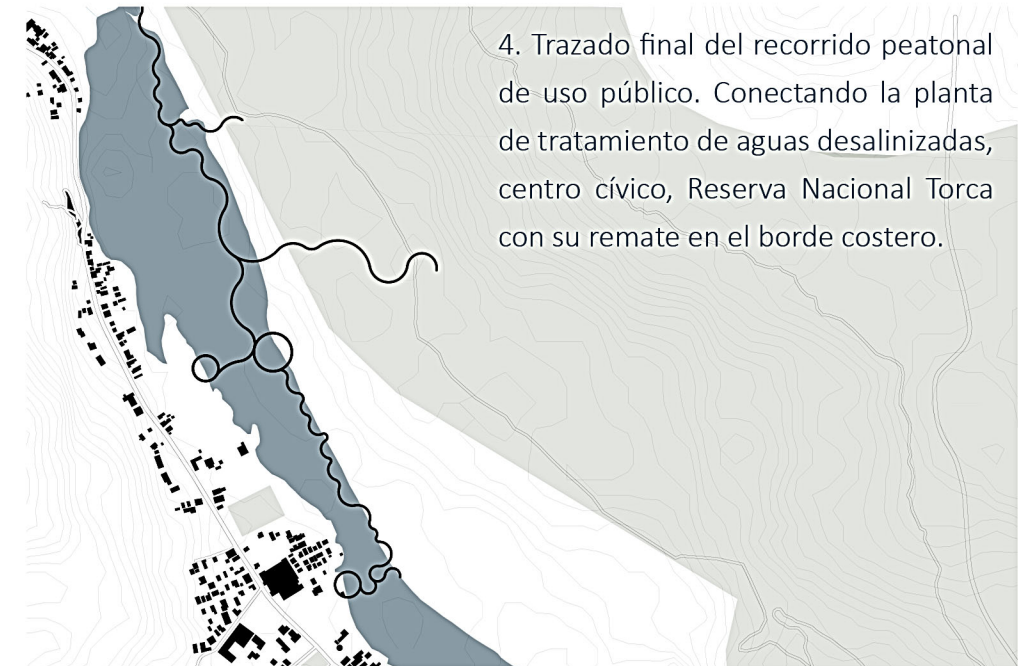


Figura 17: Estrategias de diseño.
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Flujo de movimiento peatonal



Figura 18: Flujo peatonal.
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Flujo de movimiento acuático



Figura 19: Flujo acuático.
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Emplazamiento

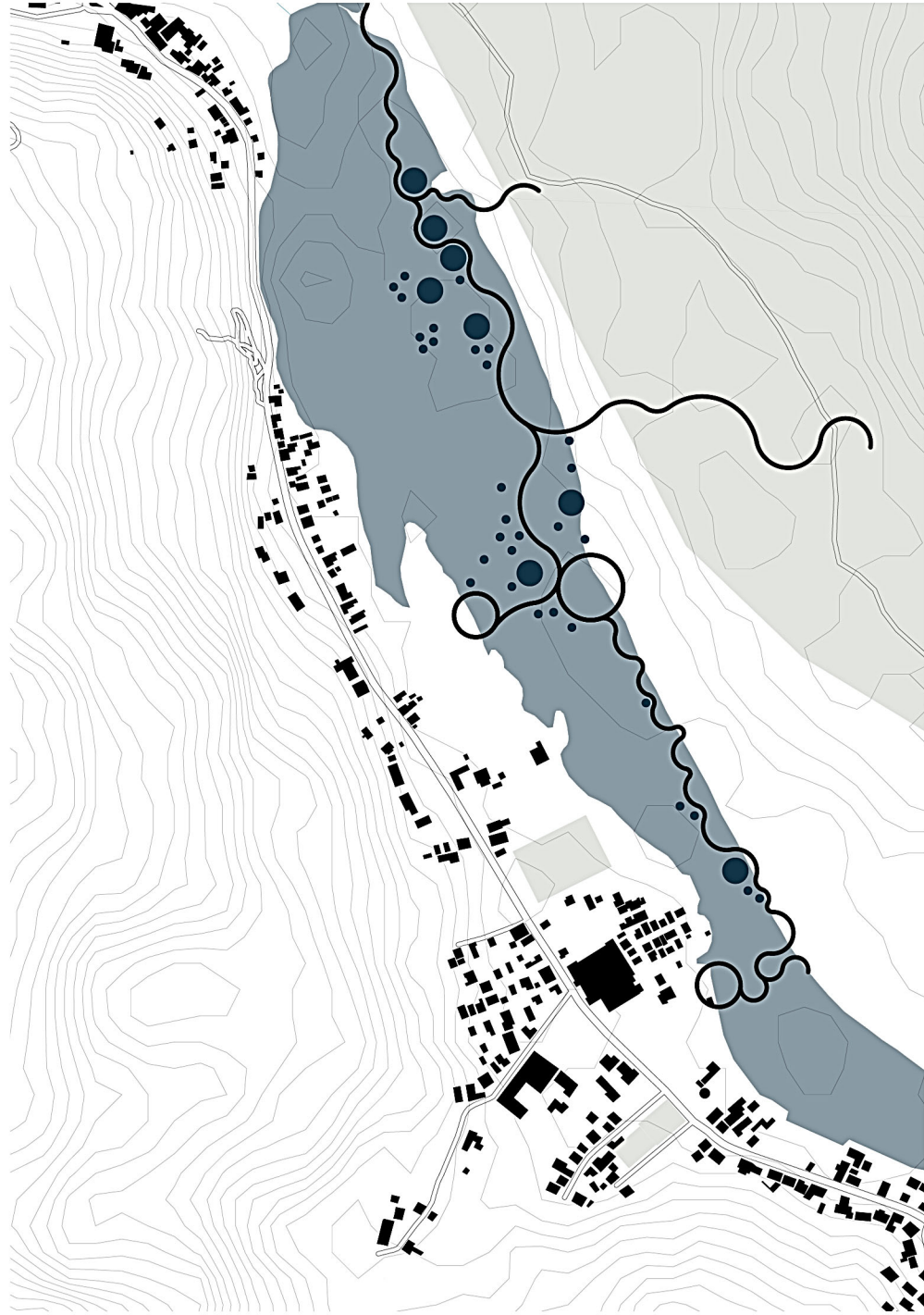


Figura 20: Emplazamiento
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Axonométrica partido general

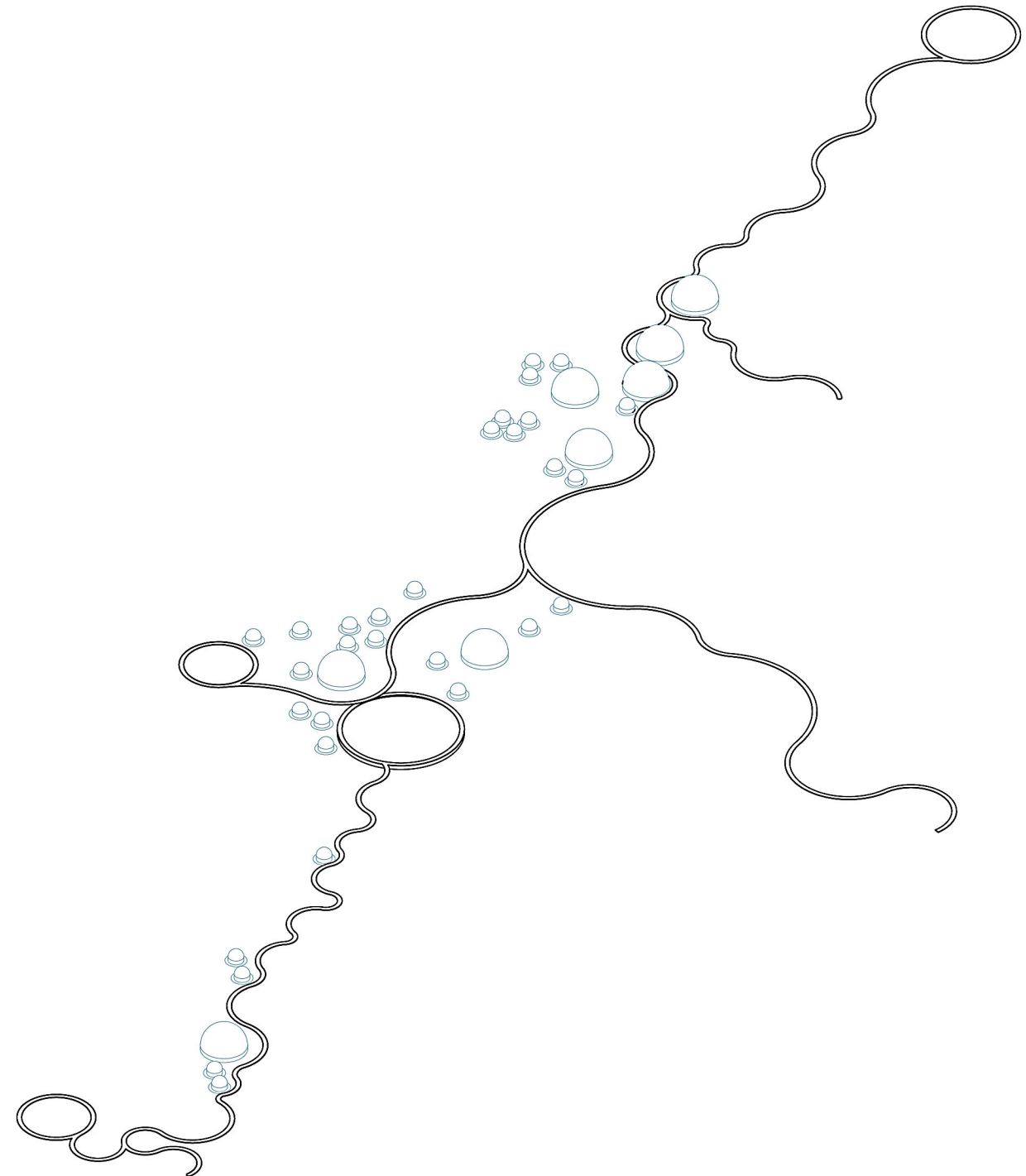


Figura 21: Axonométrica.
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Planimetría Desalinizadora

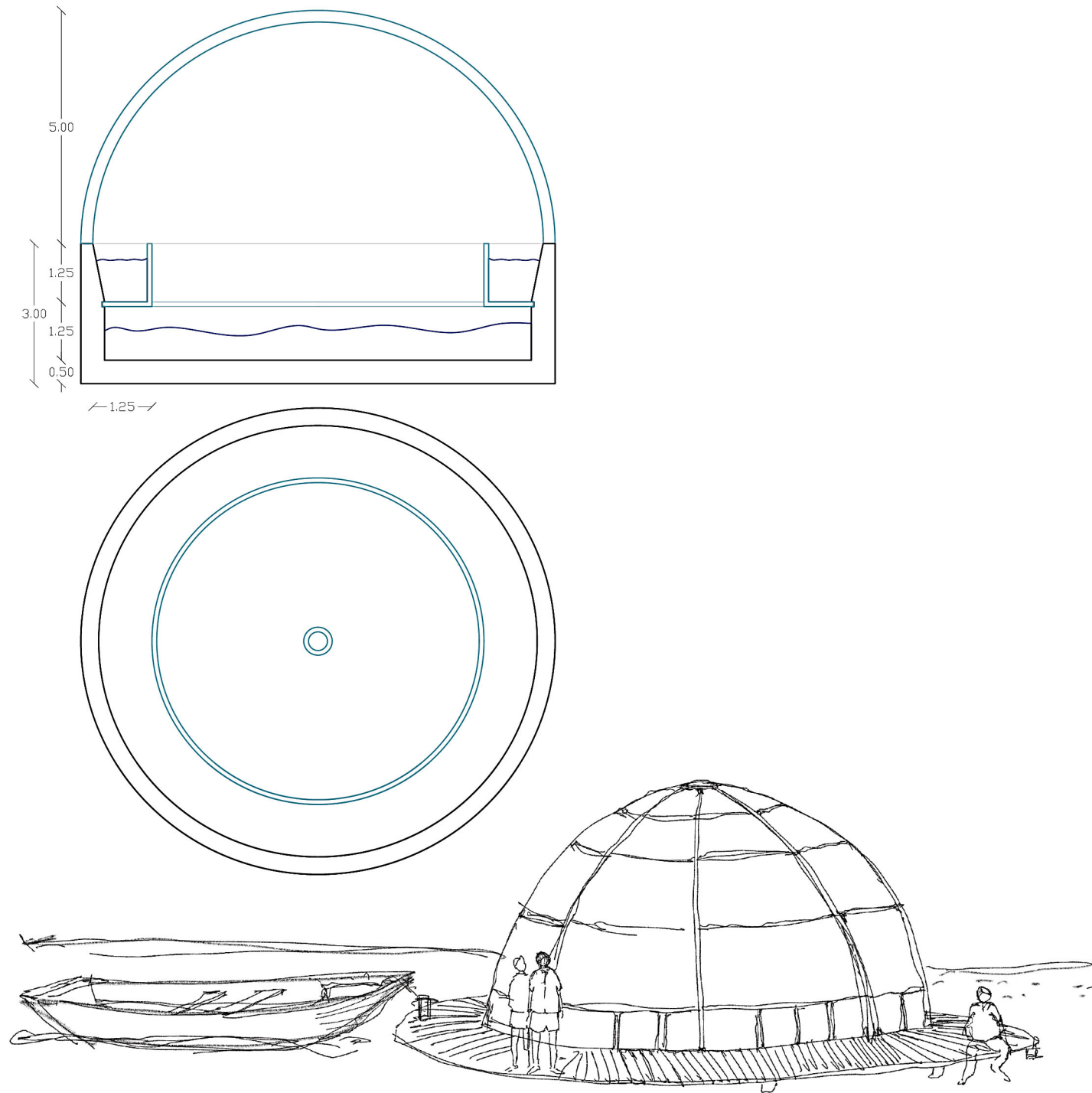
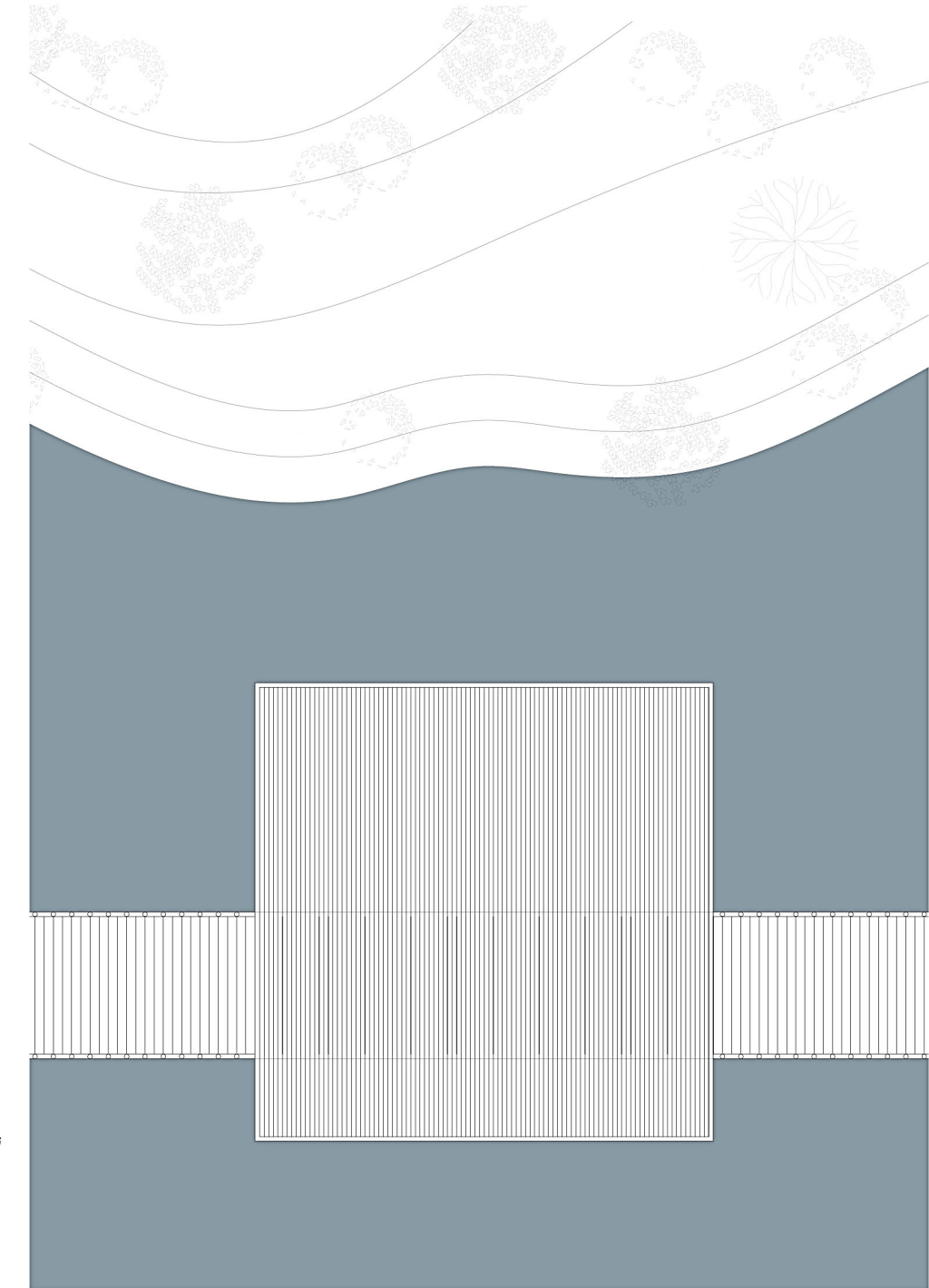


Figura 22: Planimetría desalinizadora tipo
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Planimetría Pasarela



Bibliografía

Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático. (2021). Acuerdo Voluntario para la Gestión de la Cuenca de Llico, Vichuquén, Torca, Tilicura, Agua Dulce y sus afluentes. Informe final de cumplimiento.

Banco Mundial (2013) Estudio para el mejoramiento del marco institucional para la gestión del agua.

Bustos, C. (2012). Informe Ambiental, Plan Regulador Comunal de Vichuquén.

DGA (2017) Actualización del Balance Hídrico Nacional 2017.

DGA (2020) Boletín DGA marzo 2020.

Grupo Medioambiental del Sistema de las Naciones Unidas (SNU) en Chile. (2021). Escasez hídrica en Chile: desafíos pendientes (No. 1 Aportes para un desarrollo sostenible). FAO, PNUMA, PNUD, PMA y UNESCO. Recuperado de https://chile.un.org/sites/default/files/2021-03/PB%20Recursos%20H%C3%ADricos_FINAL_17%20de%20marzo.pdf

Herrera-León, S., Cruz, C., Kraslawski, A., & Cisternas, L. A. (2019). Current situation and major challenges of desalination in Chile. Desalination and Water Treatment.

Iberdrola. (s.f.). Desalinización. Recuperado de <https://www.iberdrola.com/innovacion/desalinizacion>.

INE (2017) Censo 2017.

International Desalination Association. (2017). IDA Desalination Yearbook 2016-2017. Estados Unidos: International Desalination Association. Jones, E., Qadir, M., van Vliet, M. T., Smakhtin, V. y Kang, S. M. (2019). The state of desalination and brine production: A global outlook. Science of the Total Environment, 657, 1343-1356. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.076>.

Majano Majano, M. A. (2014). Madera termo-tratada de frondosas para uso estructural. Tesis doctoral, E.T.S. Arquitectura (UPM). <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.38430>

Martínez Guijarro, MR. (2021). Procesos y tecnología para la desalinización del agua. Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/167697>

Mesa Nacional de Agua. (2020) Informe Final 2020. Recuperado de https://www.mop.cl/Prensa/Documents/Mesa_Nacional_del_Agua_2020_Primer_Informe_Enero.pdf

Municipalidad de Vichuquén. (s.f.). Situación aguas del Lago Vichuquén. Recuperado de <https://munivichuquen.cl/situacion-aguas-del-lago-vichuquen/>

Rodríguez Tapia, K. E. (2018). Análisis morfodinámico de una alternativa de encauzamiento para la desembocadura del estero Llico, VII Región del Maule. Memoria del proyecto para optar al Título de Ingeniero Civil Oceánico. Universidad de Valparaíso. Recuperado de <https://ingenieriaoceanica.uv.cl/images/stories/Memorias/2018/2018-05-08-Katherine-Rodriguez-Defensa.pdf>

Santibañez, F. (2018). El cambio climático y los recursos hídricos de Chile. Segunda Sección, Reflexiones y Desafíos al 2030: Perspectiva de Especialistas Externos.

Unión Comunal Vichuquén. (2018). Sistema Torca Vichuquén. Recuperado de <https://www.ucvichuquen.cl/sistema-torca-vichuquen>