

“REcuperación, REutilización, REconversión”
Parque Hidráulico Inundable R3, Tocopilla

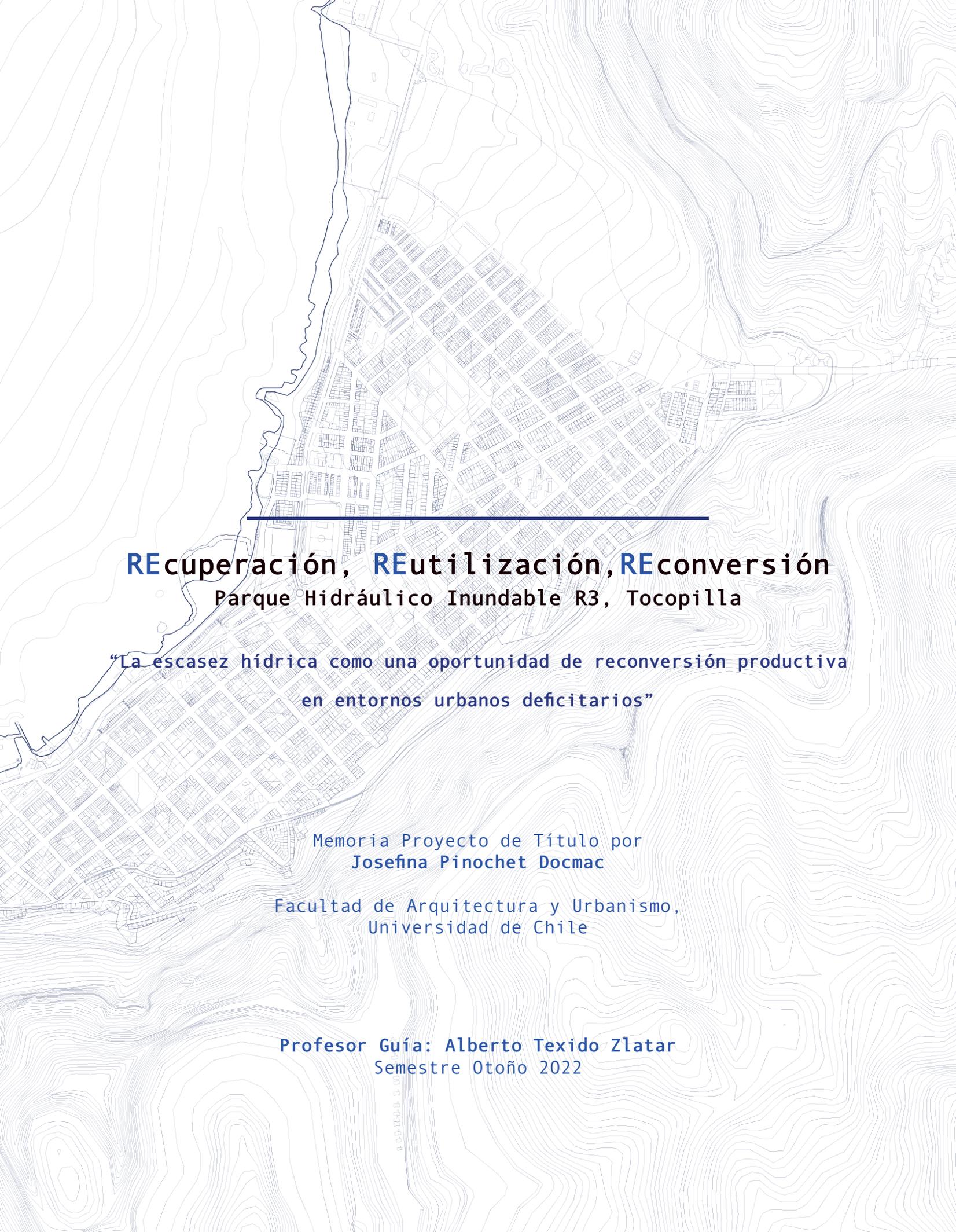
Memoria Proyecto de Título por
Josefina Pinochet Docmac

Prof.Guía: Alberto Texido Zlatar

Semestre Otonño 2022



Av. Portugal #84, Santiago de Chile
Julio 2022



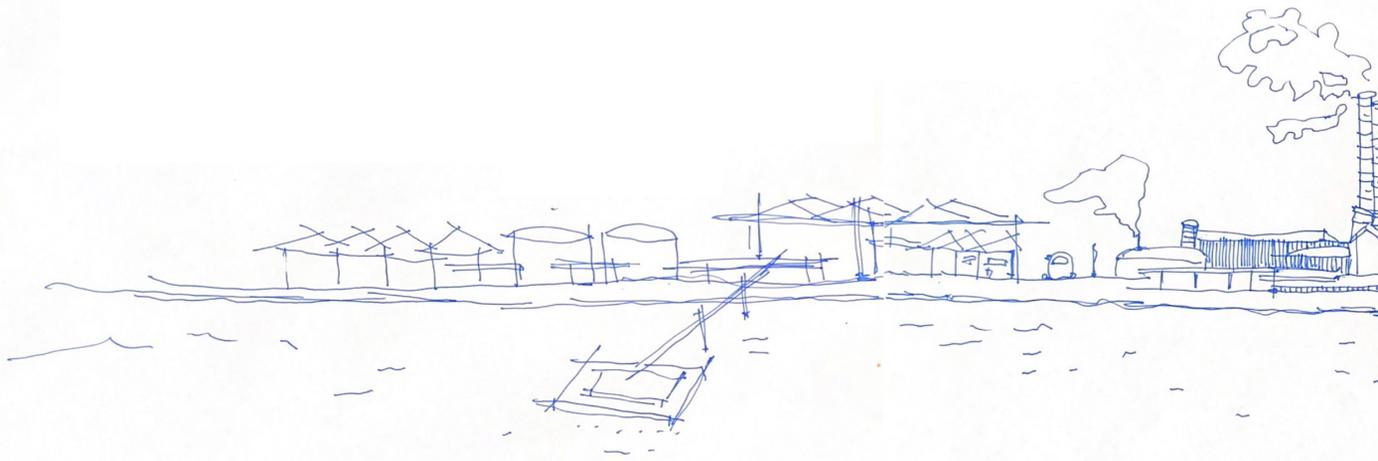
REcuperación, REutilización, REconversión
Parque Hidráulico Inundable R3, Tocopilla

“La escasez hídrica como una oportunidad de reconversión productiva
en entornos urbanos deficitarios”

Memoria Proyecto de Título por
Josefina Pinochet Docmac

Facultad de Arquitectura y Urbanismo,
Universidad de Chile

Profesor Guía: Alberto Texido Zlatar
Semestre Otoño 2022



RESUMEN

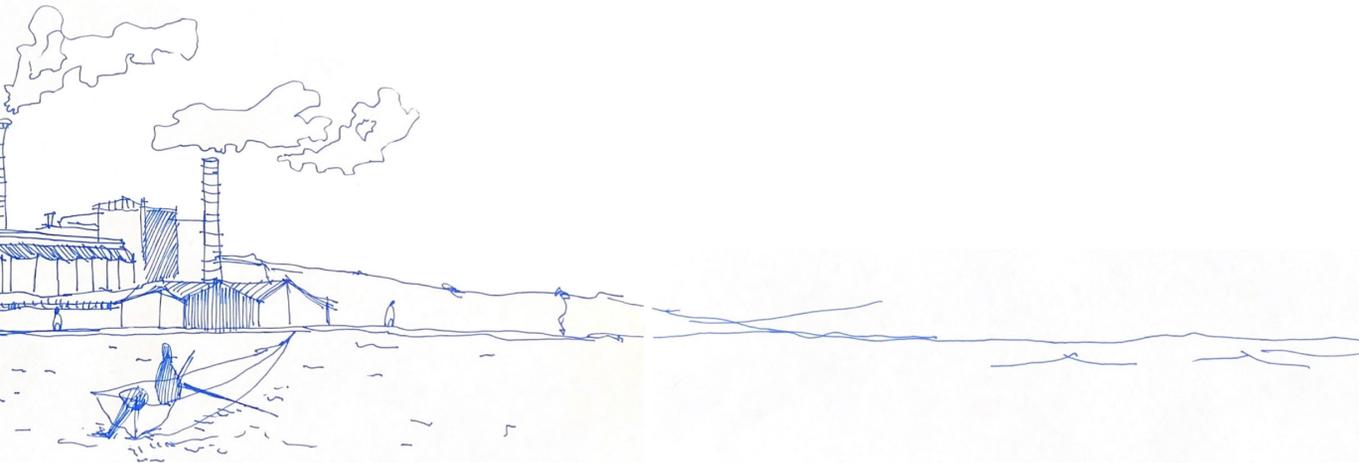
El creciente impacto del **cambio climático** sobre los territorios se ve cada vez más intensificado, siendo Chile uno de los países con mayor vulnerabilidad. Los modelos de desarrollo no sostenibles han generado la degradación ambiental de los territorios, reflejado en zonas urbanas deficitarias conocidas como “**Zonas de Sacrificio**” por acción industrial.

Tocopilla se establece como una de las 5 **Zonas de Sacrificio** presentes en Chile, que actualmente presenta problemas de contaminación medio ambiental afectando gravemente el territorio y la salud de la población. Se establece además, como la primera ciudad en Chile, en abastecerse en un 100% de agua desalinizada, debido a una fuerte **sequía** que afecta a la Provincia desde hace décadas.

Palabras Clave:

Zonas de Sacrificio, Sustentabilidad urbana, Escasez Hídrica, Reconversión Productiva, Reutilización, Recuperación

Es así como surge la necesidad de generar **proyectos urbanos** que estén orientados a la **sustentabilidad** y **sostenibilidad** del territorio, buscando elevar los estándares de calidad de vida urbana de la población, mediante la **recuperación** de los ecosistemas dañados, **reutilización** del recurso hídrico y **reconversión** de la base productiva y las energías renovables como alternativa de evolución de los procesos energéticos. Identificando la **escasez hídrica** como oportunidad de proyecto permitiendo la **reconversión productiva** en entornos urbanos deficitarios como Tocopilla.



AGRADECIMIENTOS

A todos mis amigos que han sido parte importante de todo el proceso de trabajo del proyecto de título, por ser un soporte y una inagotable fuente de conocimiento.

A mis padres, por enseñarme desde pequeña que el esfuerzo y perseverancia son las únicas claves del éxito.

Al profesor Alberto Texido, por haberme entregado las herramientas necesarias para elaborar la investigación y guiar el proyecto. Por su gran apoyo y compromiso durante todo el proceso de desarrollo del proyecto.

A todos los profesionales de distintas disciplinas que fueron muy importantes en desarrollar la viabilidad del proyecto.

Y finalmente, a Nicolas, por motivarme a creer en mi en todo momento.

COLABORADORES

Carlos Guerra Correa

Director Centro Regional de Estudios y Educación Ambiental,
Universidad de Antofagasta.

Hrvoj Buljan

Ingeniero Civil Industrial, Arquitecto
Director de Obras Hidráulicas Región de Antofagasta

Raúl Oberreuter Olivares

Ingeniero Civil en Obras Civiles, Marítimo y Portuario

INDICE

Resumen

Agradecimientos | Colaboradores

Introducción al problema

Pregunta de Investigación | Objetivos

CAPÍTULO I

“Degradación ambiental por acción antropogénica y el uso del agua en procesos industriales”

- 1.1. Desafíos del Cambio Climático en Chile
 - 1.1.1. Escasez Hídrica
- 1.2. Entornos urbanos deficitarios como “Zonas de Sacrificio” en Chile
- 1.3. Procesos Industriales asociados al Agua en Chile
 - 1.3.1. Plantas Desalinizadoras
 - 1.3.2. Centrales Termoeléctricas
 - 1.3.3. Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas

CAPÍTULO II

“Recurso Hídrico y Remediación de suelos como oportunidad de recuperación medio ambiental”

- 2.1. Oportunidades de Agua
 - 2.1.1. Plantas Desalinizadoras
 - 2.1.2. Centrales Termoeléctricas
 - 2.1.3. Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas
 - 2.1.3.1. Formas no Convencionales de Tratamiento de Aguas Servidas
 - 2.1.3.2. Normativa
- 2.2. Experiencia Internacional
- 2.3. Energías Renovables
- 2.4. Remediación de Suelo

CAPÍTULO III

“Tocopilla, ciudad industrial símbolo de la contaminación”

- 3.1. Selección del caso de Estudio: Matriz Multicriterio
- 3.2. Zona de Sacrificio: Tocopilla
 - 3.2.1. Contaminación Medio Ambiental
 - 3.2.2. Vulnerabilidad ante desastres Socio-Naturales
 - 3.2.3. Déficit de Área Verde
 - 3.2.4. Comunidad afectada
- 3.3. Levantamiento Urbano Tocopilla
 - 3.3.1. Planificación Urbana
 - 3.3.2. Oportunidad de Proyecto

CAPÍTULO IV

“Recuperación, Reutilización, Reconversión”

“La escasez hídrica como una oportunidad de reconversión productiva en entornos urbanos deficitarios como Tocopilla”

- 4.1. Propuesta
 - 4.1.2. ¿Cuál?
 - 4.1.3. ¿Qué?
 - 4.1.4. ¿Donde?
 - 4.1.5. ¿Cómo?
- 4.1. Conclusiones

CAPÍTULO V

- 5.1. Bibliografía

INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA

Según un informe de las Naciones Unidas de la ONU, se estima que, a mediados de este siglo, siete mil millones de personas en 60 países sufrirán de escasez hídrica. Aquello se establece como una realidad actual en muchos países que presentan una alta vulnerabilidad frente al cambio climático, como es el caso de Chile.

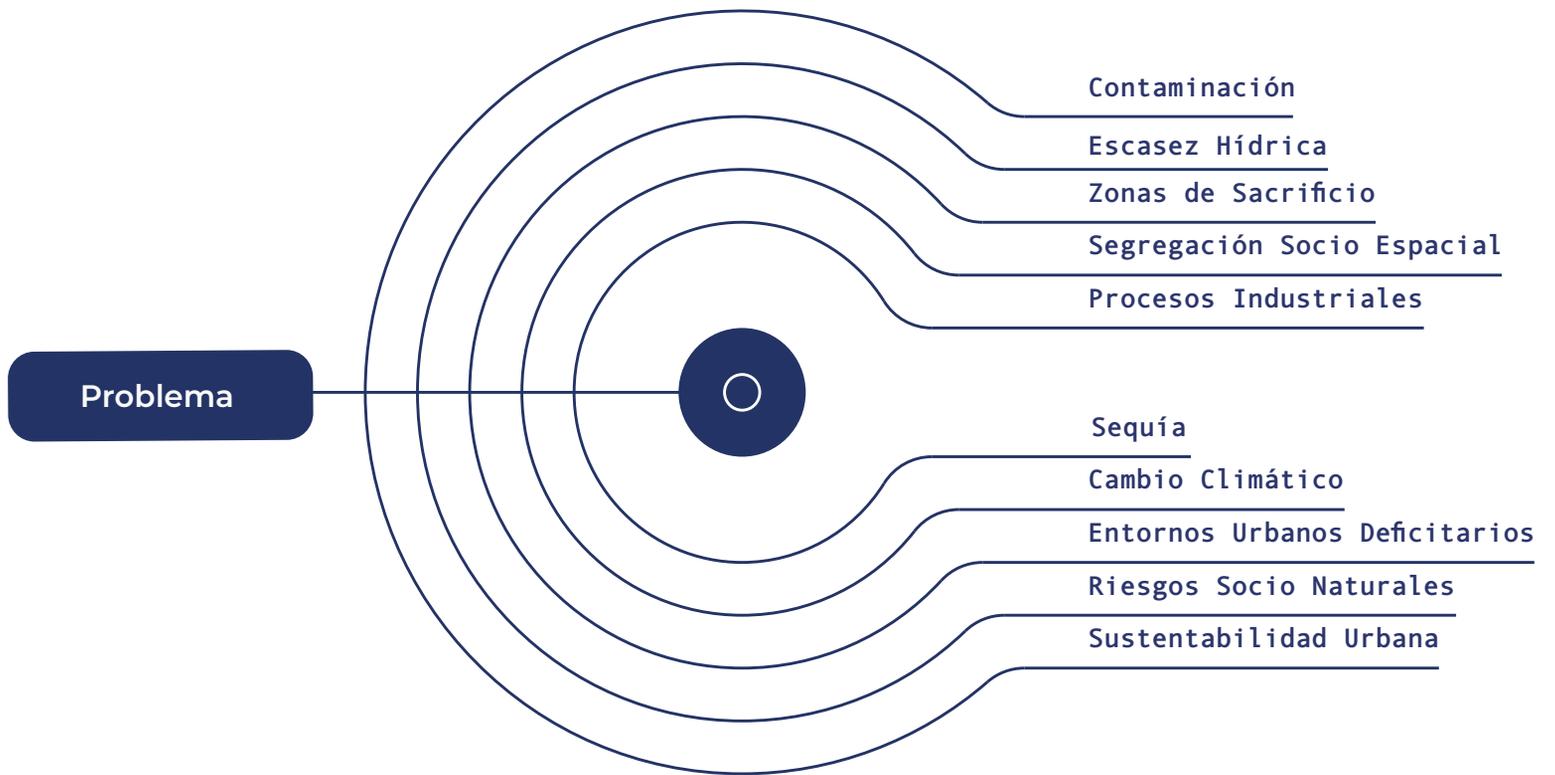
En la actualidad, más de la mitad de las comunas de Chile se encuentran bajo una grave sequía, siendo en total 184 comunas que hoy mantienen un decreto de escasez hídrica viviendo en su mayoría bajo racionamiento del recurso. Esta problemática se ha visto intensificada gracias al creciente avance del cambio climático sobre los territorios a escala global. Aquello relacionado, además, a la época industrial debido al excesivo empleo de combustibles fósiles para la obtención de energía. En donde se fueron creando zonas urbanas deficitarias en diferentes lugares del país, debido a un desarrollo no sostenible del territorio y sus recursos. Entendido esto, como “Zonas de Sacrificio”, territorios devastados por la acción antropogénica que presentan graves problemas de contaminación medio ambiental, afectando el territorio, sus ecosistemas y la salud de las personas.

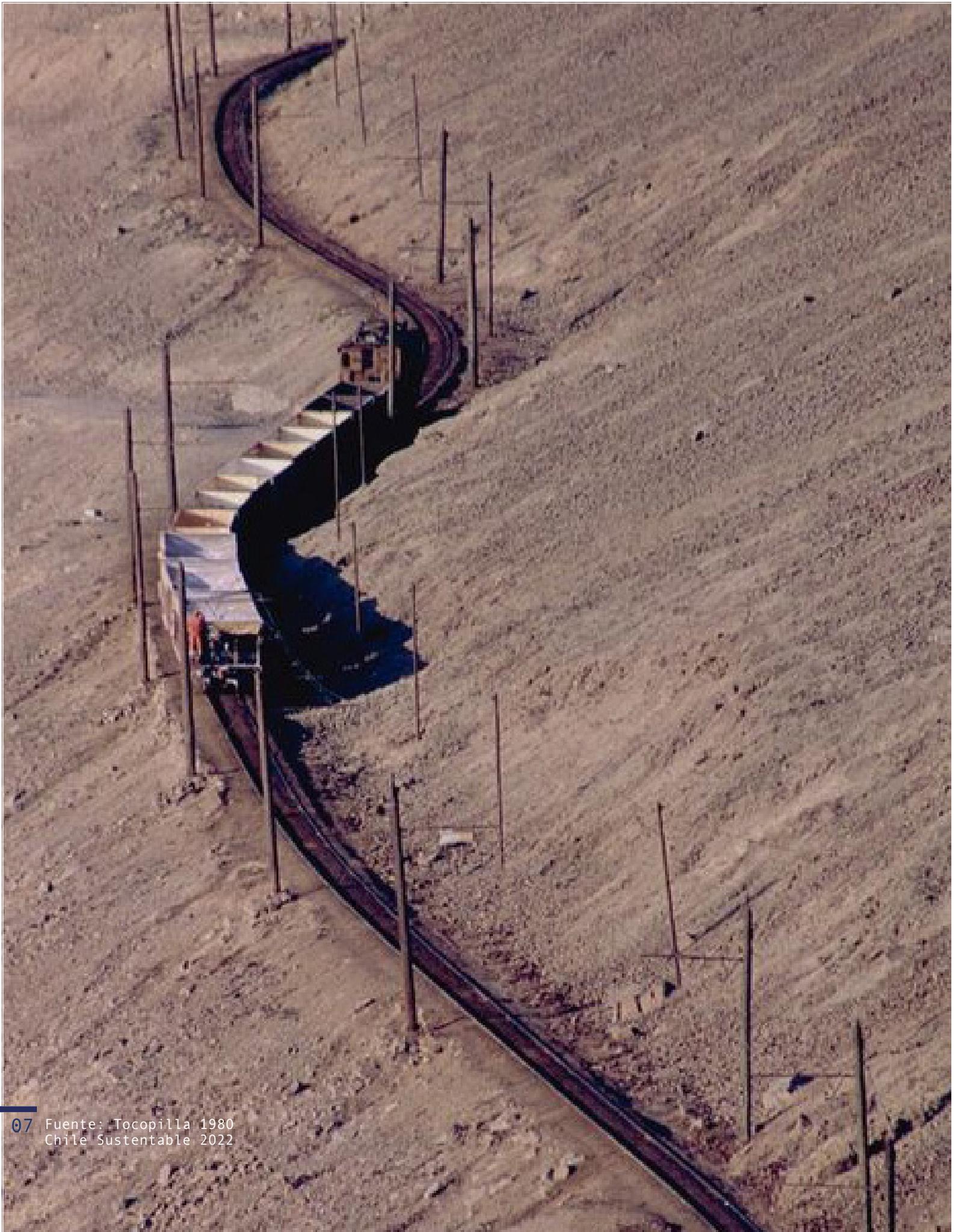
Proveniente principalmente del crecimiento económico de Chile de los últimos 30 años, asociado al boom minero de la zona Norte del país y la producción energética para el funcionamiento de las faenas del Norte Grande. De aquello surge la necesidad de identificar problemáticas en zonas urbanas deficitarias, abordables desde la disciplina de la arquitectura buscando elevar

los estándares de calidad de vida de comunidades afectadas por la contaminación medio ambiental. Es así como se analiza el uso del agua en los diferentes procesos industriales comunes en la mayoría de las Zonas de Sacrificio, lo que permitió identificar la escasez hídrica como una oportunidad de reconversión productiva a través de los tratamientos de agua y las energías renovables como alternativa de evolución de los procesos energéticos en entorno urbanos deficitarios, afectados por la contaminación medio ambiental y segregación socio espacial de su población.

Tocopilla, se establece como un caso representativo de estas zonas deficitarias que requieren de medidas urgentes dirigidas hacia una planificación integral de sus territorios que tengan como principal prioridad la sustentabilidad urbana, buscando elevar las condiciones de habitabilidad de la provincia. En donde se plantean 3 ejes de acción; Recuperación, Reutilización, Reconversión. El caso del Parque Hidráulico Inundable R3, Tocopilla. Este trabajo va dirigido a todas aquellas zonas que desde hace décadas han sido vulneradas ambientalmente y que aún en la actualidad no han sido escuchadas.

Es así como nace la inquietud de cuestionarse ¿Cómo la arquitectura puede aportar a solucionar problemáticas de escasez hídrica a través de proyectos urbanos que brinden mayores oportunidades de vida?





PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo la Arquitectura puede aportar a solucionar problemáticas de escasez hídrica en entornos urbanos deficitarios, a través de proyectos urbanos?

OBJETIVOS

COMPRENDER las acciones necesarias para enfrentar los efectos del cambio climático y escasez hídrica en Zonas de Sacrificio por procesos industriales a través de la arquitectura, diseño urbano y el paisaje.

IDENTIFICAR la escasez hídrica como oportunidad de proyecto urbano en los tratamientos de agua y las energías renovables como alternativa de evolución de los procesos energéticos.

DETECTAR una zona urbana deficitaria donde las variables de cambio climático, escasez hídrica y modificación de la base productiva den la oportunidad a un proyecto urbano, para aportar en soluciones ambientales, sociales y económicamente sustentables: el caso de Tocopilla.

PROPONER un proyecto urbano para Tocopilla buscando generar la Recuperación de los ecosistemas dañados, Reutilización del recurso hídrico y Reconversión de la base productiva, elevando los estándares urbanos deficitarios que fueron identificados.





CAPÍTULO I

“Degradación ambiental por acción antropogénica y el uso del agua
en procesos industriales”



DESAFÍOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE

La creciente y cada vez más contundente evidencia científica demuestra los graves impactos que el “Cambio Climático” está generando en muchos territorios, afectando el funcionamiento del planeta a escala global. Revelando una vez más la vulnerabilidad a la que se exponen las comunidades y los diferentes ecosistemas en los cuales se desarrolla la vida.

Esto generado por la acción antropogénica en el territorio, ha sido principalmente a través del aumento exponencial y en corto periodo de tiempo, de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) que producen el fenómeno del “Calentamiento Global”, debido al excesivo empleo de combustible fósiles para la obtención de energía, y también por el cambio de uso de los suelos a través de la deforestación y el uso agrícola de la tierra desde la Revolución Industrial.

Situándonos en Chile, “La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), define nueve criterios de vulnerabilidad frente al cambio climático. En Chile presentamos un alto nivel de vulnerabilidad, ya que, se reúnen siete de las nueve condiciones frente al impacto del

cambio climático, tales como; áreas costeras de baja altura, zonas áridas y semiáridas, zonas de bosques, propensión a los desastres naturales, sequía y desertificación, zonas urbanas con contaminación atmosférica y ecosistemas montañosos” (Comité Científico COP25, 2019, pág. 51).

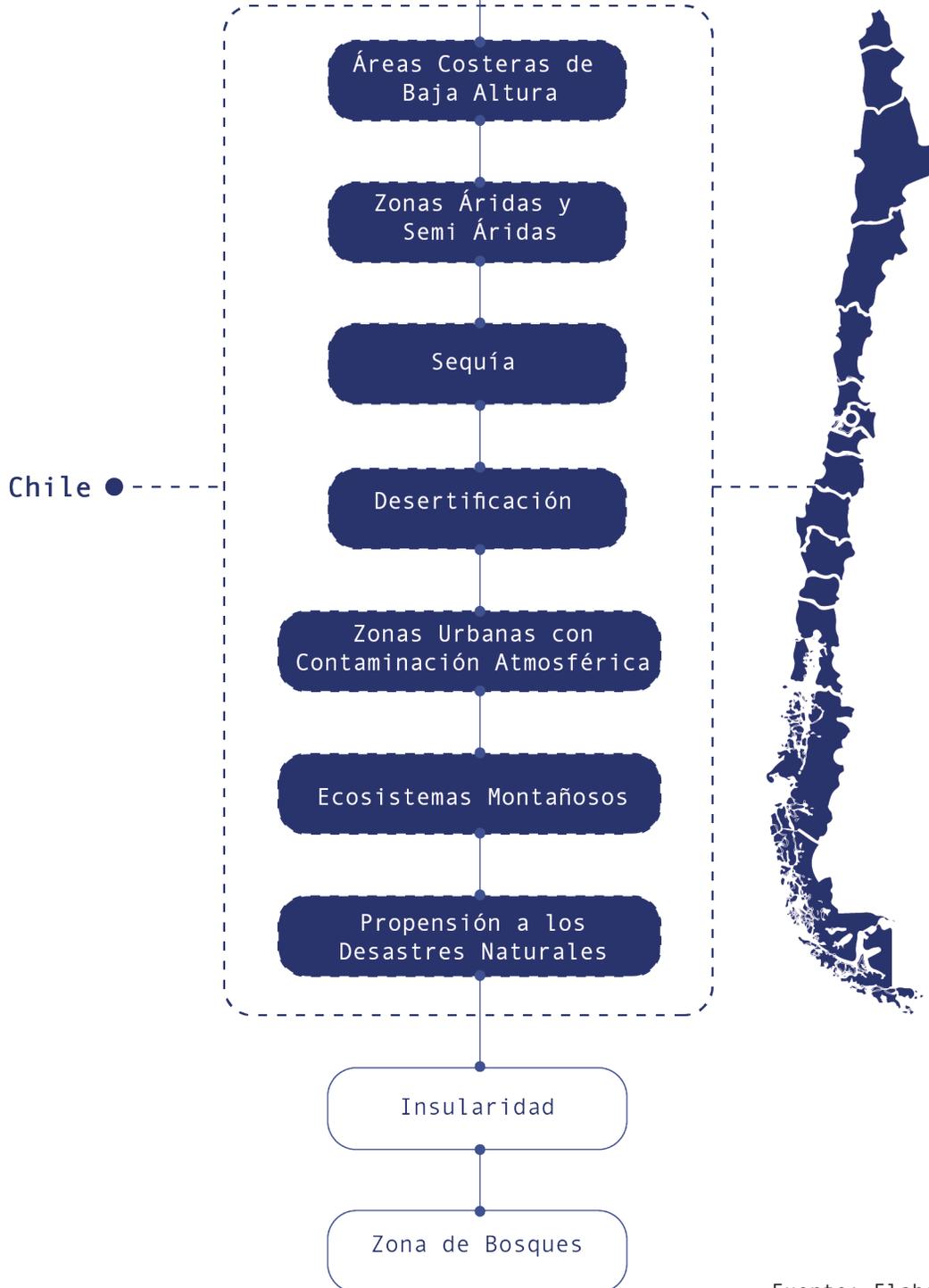
El calentamiento global genera efectos negativos sobre los sistemas biológicos o ecosistemas, los cuales contienen los recursos biológicos que permiten el desarrollo de la vida tal y como la conocemos. Estos recursos biológicos, tanto animales como vegetales, son altamente sensibles a los cambios de temperatura, sobre todo aquellas especies que constituyen la base en las cadenas alimentarias, marinas o terrestres. En los sistemas terrestres, los bosques y toda la vida que ellos contienen se ven expuestos a que ocurran fenómenos como la desertificación o incendios con mayor frecuencia.

Por lo tanto, el cambio climático no solo provoca la pérdida de recursos biológicos importantes para la vida en el planeta, sino que además dificulta la autorregulación y conservación de los distintos tipos de climas, generando muchas veces la desaparición o bien la migración de muchas especies terrestres y marinas.

Uno de los mayores impactos del Cambio Climático en Chile se ve reflejado en las zonas costeras del país, en la grave sequía que afecta la zona Centro y Norte del país, lo cual se abordará en mayor profundidad en esta investigación.

CMNUCC
Convención Marco de las Naciones Unidas
sobre el Cambio Climático

Criterios de Vulnerabilidad frente
al Cambio Climático



ESCASEZ HÍDRICA EN CHILE

Dentro de los diferentes efectos negativos generados por el cambio climático en Chile, se encuentra la actual sequía que afecta a nuestro país desde hace ya décadas, y que actualmente se traduce en un progresivo aumento de zonas con escases hídrica afectando gravemente a diferentes poblaciones del país.

Actualmente un 30% del agua en la Región Metropolitana se pierde por daños en las infraestructura de las empresas sanitarias, siendo la problemática, no solo décadas de sequía debido al cambio climático, sino que una mala gestión del recurso hídrico, muchas veces de acuerdo a su infraestructura.

Sumado a aquello, el año 2021 se constituye como uno de los años más secos en la historia de Chile, donde se registró un déficit de precipitaciones de más de un 50%, una reducción en el agua de embalses, hoy llenos hasta el 45% de su capacidad de almacenamiento y una significativa disminución de los caudales en los principales ríos del país. Según la Estrategia Nacional de Glaciares (2019), Chile cuenta con una de las mayores y más diversas reservas a nivel mundial de agua, con el 3,8 % del área total del planeta (excluyendo la Antártica y Groenlandia) en su territorio, sin embargo, éstas reservas se encuentran retrocediendo abruptamente, donde destacan los retrocesos de Chile Central, zona Centro Sur y zona Sur austral incididos por el cambio climático.

Sin embargo, tal como señala el Mercurio (2022), más de la mitad de las comunas de Chile se encuentran bajo escasez hídrica en la actualidad, siendo en total 184 comunas que hoy mantienen un decreto de escasez hídrica correspondiente al 53,2 % de las comunas del país. Esto se remonta al año 2009 donde comenzaron a evidenciarse los efectos de la sequía, lo cual se ha convertido en una de las principales crisis a enfrentar por sus altas

consecuencias económicas, sociales y sanitarias.

Es la Dirección General de Aguas (DGA), del Ministerio de Obras Públicas (MOP), la encargada de otorgar los “Decretos de Escasez Hídrica” considerando variables como; la lluvia, los caudales de ríos, volumen de los embalses y las condiciones hidrometeorológicas que permiten identificar las zonas de escasez hídrica. De acuerdo con la información presentada por la DGA (2021), un 47,7% de la población nacional vive bajo condiciones de escasez hídrica, correspondiente a 8,2 millones de personas (figura x). La severidad es mayor en algunos sectores, ya que hay regiones donde el 100% de sus habitantes vive bajo este decreto, tales como; Coquimbo, Valparaíso, O’Higgins, Maule, los Ríos y los Lagos.

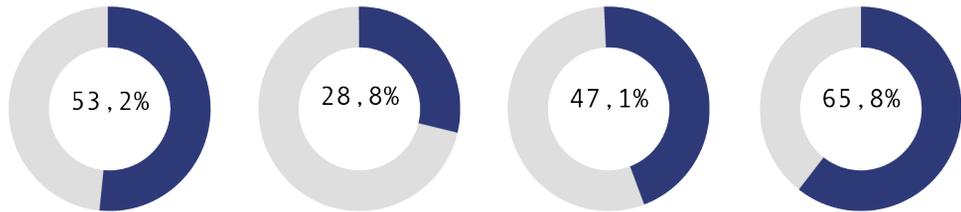
Sin embargo, en la actualidad se han utilizado soluciones como camiones aljibe, redistribución de agua por parte de la DGA o autorizaciones para la extracción sin derechos de aprovechamiento, que no abordan la problemática de una manera integral y racional, debido a esto, se deben crear políticas públicas que aborden la crisis hídrica orientado a adaptar las ciudades según cuales sean sus requerimientos. Buscando implementar diferentes tecnologías tanto en los diferentes tratamientos de agua como también en tecnologías asociadas a la desalinización de agua de mar para consumo humano. Se deben promover iniciativas, políticas y proyectos que busquen recircular el recurso hídrico de manera eficiente y efectiva buscando soluciones multidisciplinarias.

ESCENARIO HÍDRICO ACTUAL

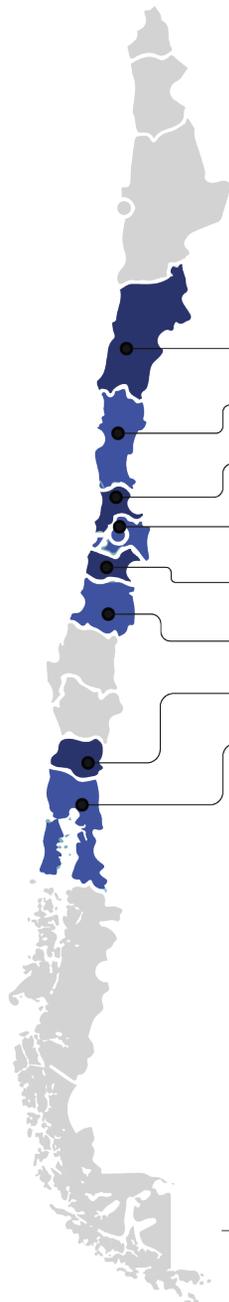
DATOS NACIONALES

	Comunas	Superficie Km2	Población Total	Población Rural
Total Chile	346	756.626	17.574.003	2.149.740
Decreto de Escasez Hídrica	184	217.906	8.285.828	1.415.349

Porcentaje con Escasez Hídrica



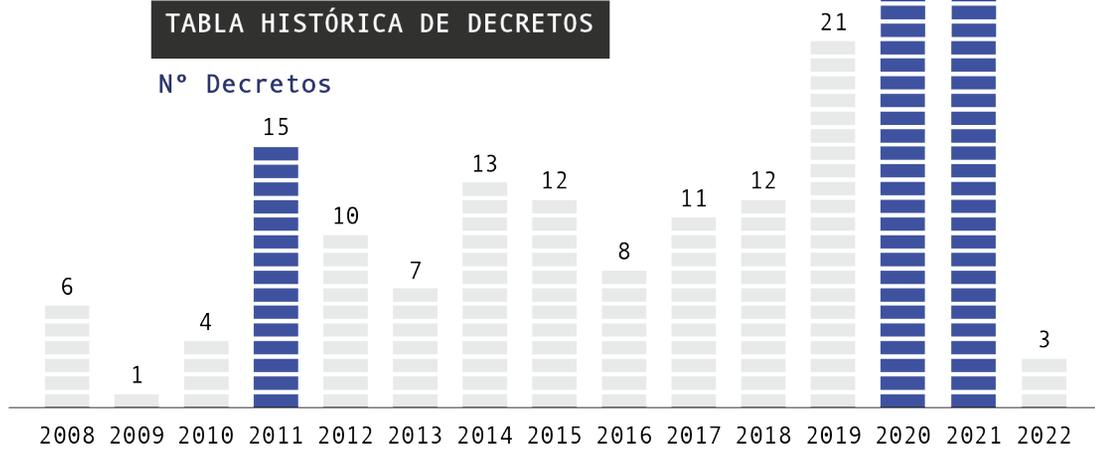
REGIONES CON HABITANTES BAJO DECRETO



Región	Población bajo decreto de escasez hídrica	Población Regional con decreto
Atacama	185.618	65%
Coquimbo	757.586	100%
Valparaíso	1.808.152	100%
R.Metropolitana	2.361.422	33%
O'Higgins	914.555	100%
Maule	1.044.95	100%
Los Ríos	384.837	100%
Los Lagos	828.708	100%

TABLA HISTÓRICA DE DECRETOS

N° Decretos



ENTORNOS URBANOS DEFICITARIOS COMO “ZONAS DE SACRIFICIO” EN CHILE

La expresión “Zonas de Sacrificio” es un concepto utilizado hace ya algunas décadas en Chile, haciendo referencia a territorios que albergan una gran cantidad de industrias contaminantes, afectando ambientalmente a las comunidades más vulnerables. Estos territorios mantienen diferentes decretos debido a sus diferentes niveles de contaminación tales como; Zonas Saturadas, Zonas Latentes, Zonas de Rezago, entre otras.

La Unión de Comunas de Zonas de Sacrificio (2014), señala que, son aquellos territorios de asentamiento humano devastados ambientalmente por causa del desarrollo industrial. Teniendo graves implicancias en el ejercicio pleno de los derechos fundamentales de las personas, como el derecho a la vida, a la salud, a la educación, a la vivienda, entre otros. En estos territorios el daño ambiental ha significado la situación de vulnerabilidad y empobrecimiento de las comunidades.

En el caso de Chile, estos territorios devastados por la acción antropogénica se encuentran principalmente en las zonas costeras del país, donde se caracterizan por constituirse como polos industriales, zonas destinadas al sacrificio que han permitido en los sucesivos gobiernos, la instalación de nuevas industrias contaminantes, sin considerar el gran impacto negativo sobre la salud, medio ambiente y calidad de vida de las personas.

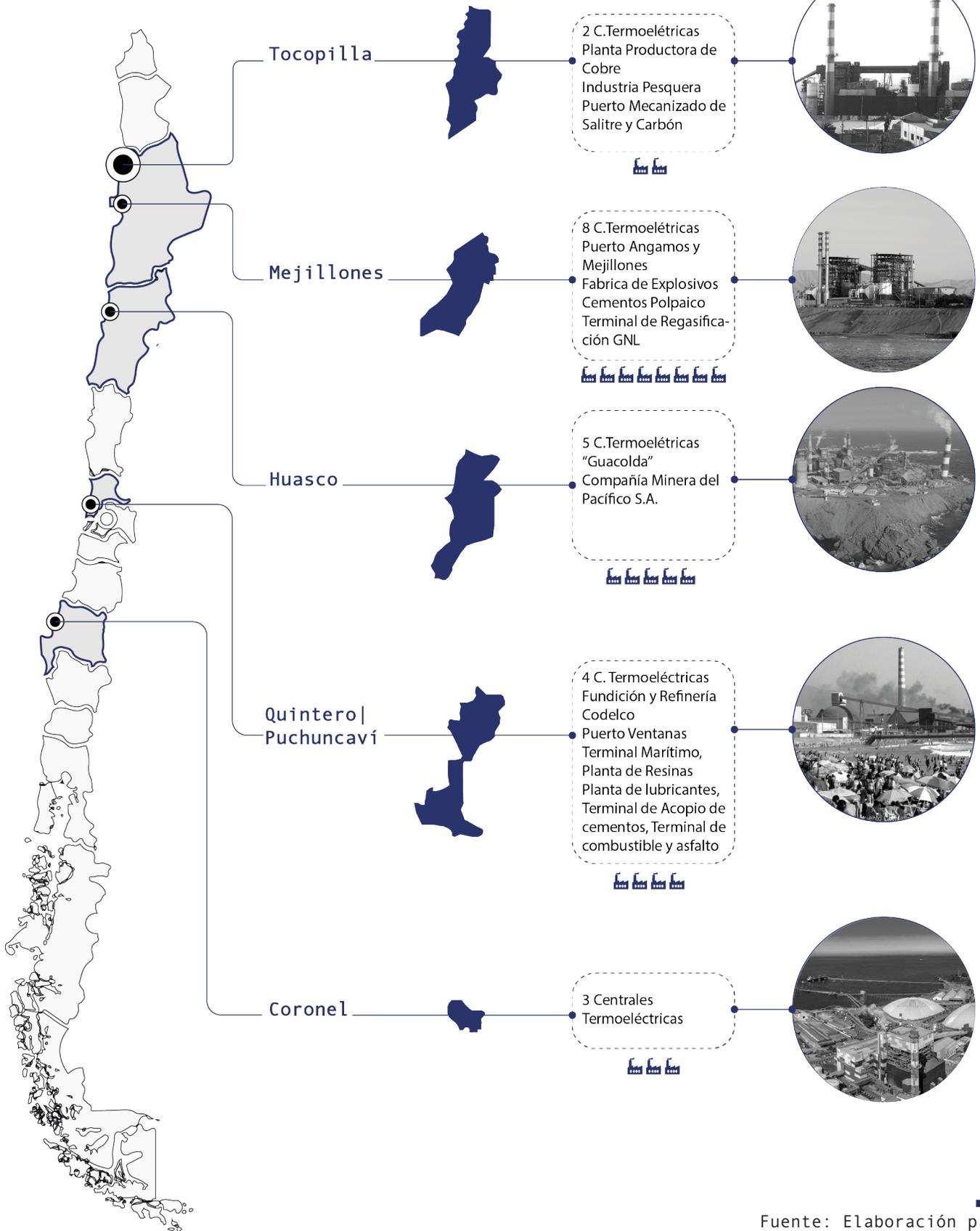
Esto se relaciona directamente al crecimiento económico chileno de los últimos 30 años asociado principalmente al “boom Minero”, siendo el principal motor de un aumento sostenido en el consumo energético por parte de este sector, lo que ha desencadenado la instalación de diferentes proyectos de generación eléctrica de gran impacto ambiental, tanto en los ecosistemas marinos, como en los ecosistemas terrestres en gran parte de las zonas costeras del país, las cuales funcionan principalmente mediante las termoeléctricas a carbón.

Estos lugares han sido depredados, dejados por el Estado en manos de la devastación industrial con graves efectos medio ambientales para el territorio como también efectos perjudiciales en la salud de las comunidades locales, las cuales han tenido que abandonar paulatinamente esos territorios en busca de mejores oportunidades de vida en donde su salud no se vea afectada por los agentes contaminantes.

En Chile actualmente se distinguen 5 zonas de sacrificio ambiental distribuidas en zonas portuarias tales como;

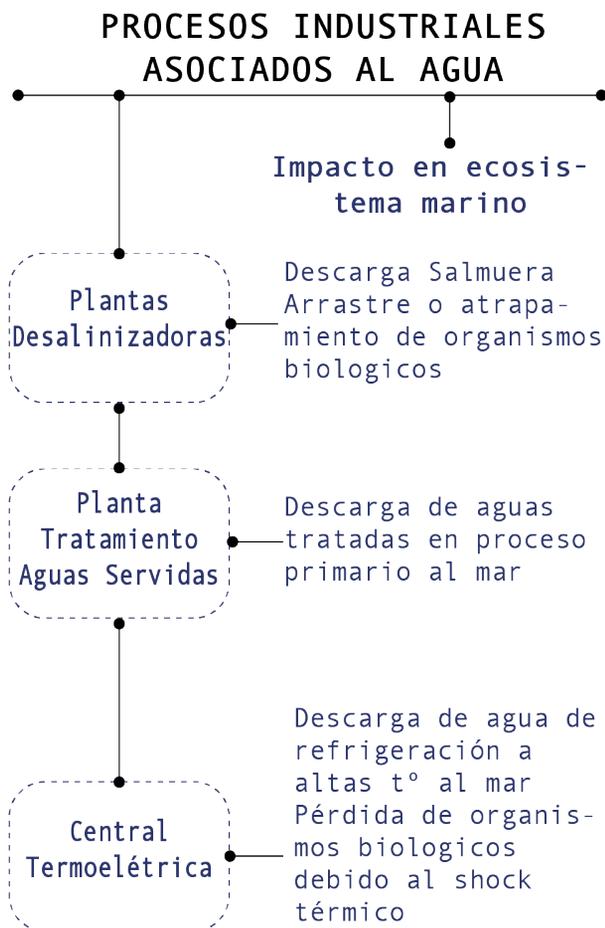
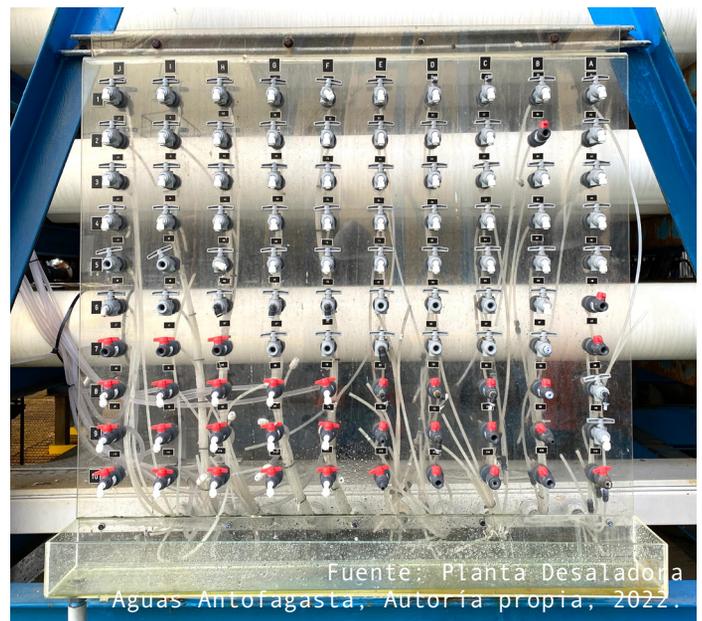
- |Tocopilla, Región de Antofagasta
- |Mejillones, Región de Antofagasta
- |Huasco, Región de Atacama
- |Puchuncaví - Quintero, Región de Valparaíso
- |Coronel, Región del Bío Bío

Industrias

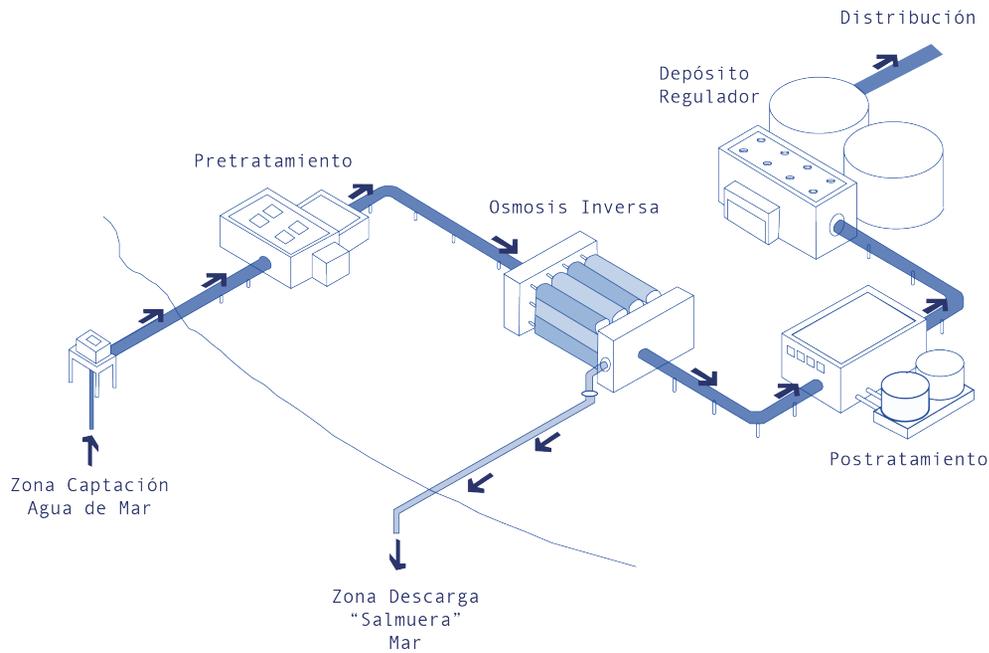


PROCESOS INDUSTRIALES ASOCIADOS AL AGUA

Dentro de las diferentes industrias que actualmente se encuentran presentes en Chile se distinguen las industrias que utilizan agua en sus principales procesos de funcionamiento, se analizarán en mayor profundidad las Plantas Desalinizadoras, las Centrales Termoeléctricas y las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), estudiando sus funcionamientos e impactos ambientales asociados a su relación con el uso de agua.



PLANTAS DESALINIZADORAS



Fuente: Elaboración propia

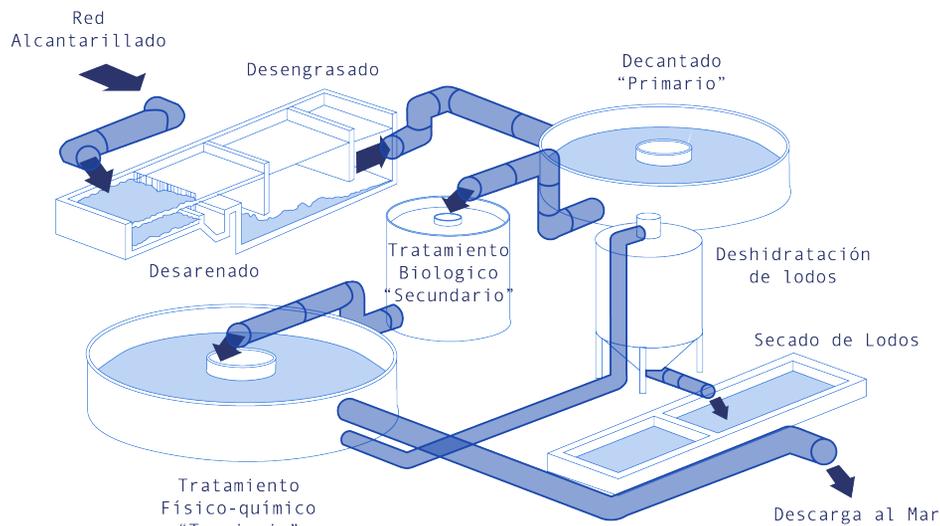
La desalinización o desalación de agua de mar, consiste en un proceso por el cual se le extrae la sal que naturalmente posee el agua de mar. El proceso de Osmosis Inversa, es el sistema de desalinización más extendido y avanzado utilizado en todo el mundo y en Chile. Este proceso consiste en aplicar presión sobre una solución de agua salada y hacerla pasar a través de membranas semipermeables cuya función es permitir el paso solvente (el agua) a través de las membranas, pero no el soluto (las sales disueltas).

Esta permite eliminar muchos tipos de elementos suspendidos en el agua como las bacterias, por lo tanto, se utiliza tanto en procesos industriales principalmente en procesos mineros donde se requieren altos caudales de agua, como también en la producción de agua potable en zonas de escasez hídrica donde ya no existe disponibilidad de agua potable.

Producto de la separación del solvente con el soluto, se produce por cada 1 lt de agua potable desalinizada, 1,5 lt de salmuera, concentrado de sal producto del proceso de osmosis inversa. Esta salmuera es vertida en el medio marino y es allí donde se produce el mayor impacto en el ecosistema marino, ya que, aumenta de manera progresiva las concentraciones de salinidad de los ecosistemas marinos, disminuyendo el oxígeno en la vida marina y afectando a las especies hidrobiológicas propias de la biodiversidad marina. Además, en el proceso industrial de producción de agua potable a partir de agua de mar se eliminan otros residuos como biocidas, detergentes, antiincrustantes y antiespumantes que también generan ciertos impactos en la vida marina.

Sumado a aquello se encuentra otro impacto derivado del proceso de captación de agua para el funcionamiento de estas plantas, donde puede producirse un arrastre o atrapamiento de organismos hidrobiológicos marinos, dependiendo aquello principalmente de los diferentes sistemas de succión o captación de cada planta.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS



Fuente: Elaboración propia

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), realizan el tratamiento de las aguas residuales tanto domiciliarias como industriales. Esto en diferentes procesos con el objetivo de descargar estas aguas al mar de forma segura con el medio ambiente.

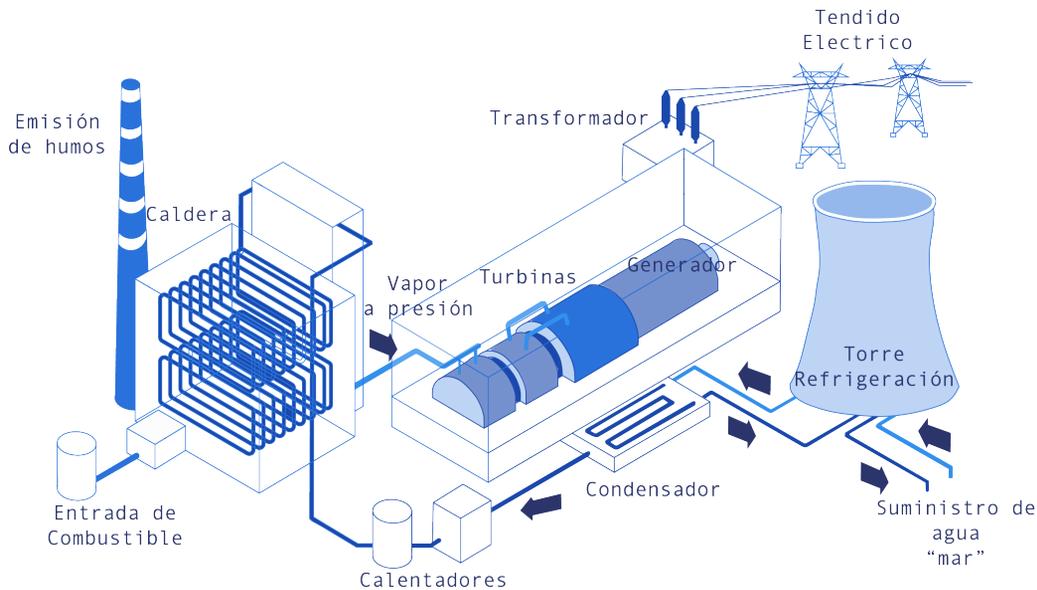
Los tratamientos se basan en tres procesos, primario; correspondiente a la eliminación de sólidos gruesos, resultando en una reducción de la carga contaminante en sus aguas residuales. Donde se da principalmente la remoción de sólidos, remoción de arena y posterior sedimentación, listo para ser descargado al mar mediante un emisario submarino.

El tratamiento secundario o también llamado tratamiento biológico, hace uso de bacterias para remover la materia biodegradable disuelta en las aguas residuales, existen diferentes tecnologías para realizar este tratamiento secundario que se realiza con el objetivo de la reutilización de las aguas servidas en diferentes sectores como la minería o la agricultura, considerando que cada re uso de agua requiere diferentes niveles de tratamiento.

El tratamiento terciario, consiste en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes concretos como el fosforo, nitrógeno, minerales, metales pesados entre otros, este tratamiento es de mayor complejidad y varía en sus procesos dependiendo de cual sea el destino en la reutilización de esta agua tratada en su proceso terciario, cabe destacar que es el proceso de mayor costo.

En la actualidad en Chile, la mayoría de las PTAS de las diferentes ciudades tratan sus aguas servidas en un proceso primario para luego ser descargadas al mar mediante emisarios submarinos.

CENTRALES TERMOELÉCTRICAS



Fuente: Elaboración propia

La generación termoeléctrica es el proceso de producir electricidad por medio de energía térmica mediante el uso de combustibles fósiles o bien mediante fuentes renovables. Se abordará mayormente las centrales termoeléctricas (C.T) a carbón y gas, comúnmente utilizadas en Chile en la actualidad.

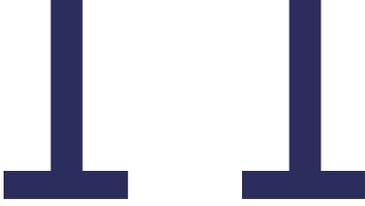
El proceso comienza con la producción de vapor, en una caldera quemando los combustibles fósiles. El vapor se expande en una turbina para producir la energía mecánica que es transformada en energía eléctrica por un generador. El vapor a baja presión que sale de la turbina es condensado mediante un sistema de enfriamiento que funciona con un sistema de captación de un cuerpo de agua (mar, lago, río o estuario) para luego ser enviado en forma de agua nuevamente a la caldera, para empezar nuevamente el ciclo de producción de energía eléctrica, descargando esa agua utilizada en el proceso de enfriamiento a altas temperaturas a un cuerpo de agua (Ministerio de Energía, 2016).

Los principales impactos ambientales producidos por las C.T se producen producto de la succión de agua de refrigeración y por la descarga de agua de refrigeración al mar, lago o río. En el

sistema de succión o captación de agua se producen efectos de atrapamiento y arrastre de las especies hidrobiológicas propias de la biodiversidad marina. Sin embargo, el mayor impacto medio ambiental de las C.T es la descarga de agua de refrigeración, donde generalmente se descargan altos caudales de agua de manera constante con excesos térmicos. Donde los organismos hidrobiológicos experimentan un "Shock Térmico" cuando pasan rápidamente desde un agua de menor temperatura a una de mayor temperatura, generando una importante pérdida de la biodiversidad marina de las zonas costeras en donde se produce la descarga.

Esto dentro lo normado en la actualidad en Chile, donde la actual norma permite una descarga de agua con un máximo de 30 ° C, entendiendo que la temperatura del mar oscila entre los 9 -16 ° C. Dejando en evidencia la precariedad de las normativas que regulan la descarga de aguas industriales en el mar a mayor temperatura, generando un grave impacto en los ecosistemas marinos y alterando la temperatura de las zonas costeras. 20





CAPÍTULO II

“Recurso Hídrico y Remediación de suelos como oportunidad de recuperación medio ambiental”



OPORTUNIDADES DE AGUA

De acuerdo a las diferentes industrias que se analizaron anteriormente, todas estas mantienen una relación directa con el uso del recurso hídrico para su funcionamiento y diferentes procesos.

De aquello se desprenden diferentes oportunidades de agua que en la actualidad no están siendo eficientemente aprovechadas, recirculadas y tratadas. Dentro de ellas se encuentran; La condensación de vapor de agua, Los Atrapa nieblas, La pérdida de agua de las cañerías de las empresas sanitarias que distribuyen el agua potable a las ciudades, El agua desalinizada, el agua de captación y descarga de las Centrales Termoeléctricas y Finalmente las aguas servidas provenientes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas. Se analizarán en mayor profundidad las ultimas tres.

Plantas Desalinizadoras (P.D)

Producto del proceso de osmosis inversa se genera lo que se conoce como "Salmuera", un concentrado de sal producto de la separación del solvente con el soluto. Esta salmuera se descarga de manera constante al mar, aumentando la salinidad de éste. Aquello se establece como una oportunidad de agua, al poder volver a tratarse mediante diferentes tecnologías para disminuir su salinidad y volver a descargar estas aguas con menor salinidad al mar (reduciendo el impacto en los ecosistemas marinos), o bien, utilizando esta salmuera como un recurso natural para producir sal.

Centrales Termoeléctricas (C.T)

Debido al uso de agua de mar para el funcionamiento de los sistemas de enfriamiento de las C.T a carbón, se requieren altos caudales diarios de manera constante, los cuales finalizado el proceso de enfriamiento son descargados al mar en altísimas temperaturas afectando gravemente a los ecosistemas marinos. Aquello dentro de lo normado en Chile, donde se establece un máximo de 30°C en las aguas descargadas por enfriamiento. Aquello surge como una oportunidad de agua que puede ser enfriada a través de diferentes tecnologías, donde muchas veces se le puede dar, además, un nuevo uso antes de ser descargada al mar, disminuyendo así el impacto en los ecosistemas marinos que son afectados gravemente por el sustancial aumento de su temperatura debido a estos excesos térmicos.

Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS)

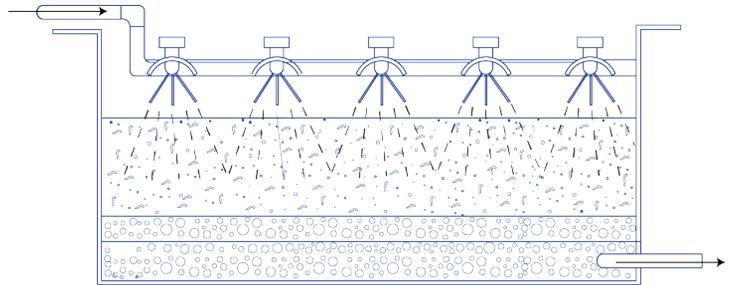
En la actualidad en Chile solo un 2% de las aguas servidas se tratan solo en un proceso posterior al primario (secundario y terciario), para ser descargadas al mar mediante emisario submarino. Aquello se traduce como una oportunidad para utilizar este recurso hídrico de agua dulce que puede ser tratada en un proceso, secundario y terciario para poder ser reutilizada de diferentes formas tales como; riego área verde, riego agrícola, reutilización en procesos industriales como la minería entre otros. Aquello se traduce como una oportunidad de tratar y recircular estas aguas de manera eficiente en respuesta a la actual escasez hídrica que se presenta en muchas zonas del país. Las tecnologías de tratamiento de aguas se estudiarán en mayor profundidad posteriormente.

FORMAS NO CONVENCIONALES DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS

Sistema

Tohá

Tecnología de tratamiento de aguas servidas o residuales, el Sistema Tohá también conocido como “Lombifiltro” o “Biofiltro Dinámico Aeróbico”, corresponde a un filtro percolador compuesto por diferentes estratos filtrantes y lombrices. El agua residual percola a través de los diferentes lechos filtrantes, quedando retenida la materia orgánica, que posteriormente es consumida por las lombrices. Creándose además un humus, compuesto por esa materia orgánica ya consumida por las lombrices que puede ser utilizada como fertilizante para cultivos y espacios de área verde.



Fuente: Elaboración propia

Este tratamiento de aguas servidas (AS) de un proceso, secundario y terciario se caracteriza por ser un proceso ecológico, de poco consumo energético que es capaz de tratar las aguas servidas de manera sustentable con el medio ambiente y eficaz en cuanto a las calidades de agua que se pueden obtener del tratamiento para ser reutilizadas. Este sistema puede ser aplicado, desde en una vivienda, hasta grandes poblaciones e

industrias de distintos tipos de residuos orgánicos como en la industria minera para poder reutilizar el agua ya tratada en diferentes usos como lo son el riego de área verde, riego de cultivos frutales o diferentes calidades de agua utilizados en procesos industriales como la minería.

Este tipo de tratamiento de AS está siendo utilizado actualmente en diferentes países del mundo como Argentina, Paraguay, México, Bolivia, Ecuador e India. En Chile se utiliza en la zona norte, específicamente en una población cercana a la Minera Escondida en Coloso, Antofagasta, donde se tratan AS provenientes de una población que luego reutiliza el agua para riego de áreas verdes. Esta planta de lombifiltro se encuentra en funcionamiento en la actualidad. Trata 1lt/s en una capacidad de 100 mt². (tamaño proporcional, de caudal de tratamiento y m² de superficie requerida para esta tecnología específica). Cabe destacar que es un proceso de menor costo en comparación con las plantas de tratamiento de AS tradicionales.

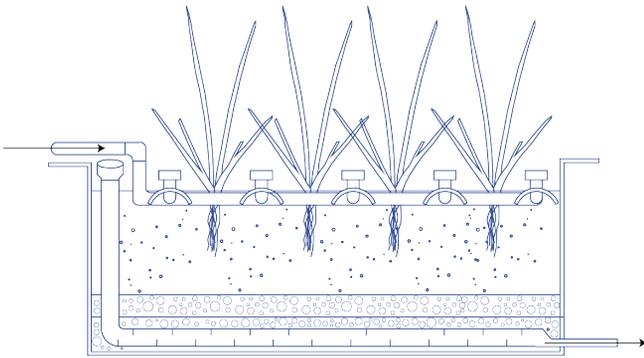


Fuente: Planta Lombifiltro Coloso, autoría propia, 2022.

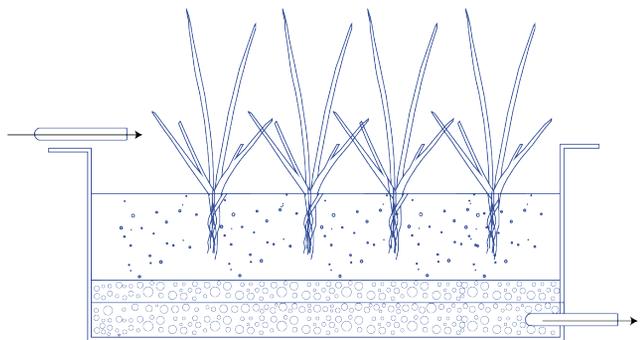
Humedales Depuradores de Aguas Servidas

Un “humedal depurador” consiste en una unidad biológica construida, en donde se interrelacionan las plantas y microorganismos en un medio acuático con la finalidad de depurar aguas servidas (AS). Se constituye como un sistema de tratamiento de AS que funciona a través de las funciones especializadas de las plantas, generando un sistema autosostenido, ecológico, de bajo costo y de mínima mantención.

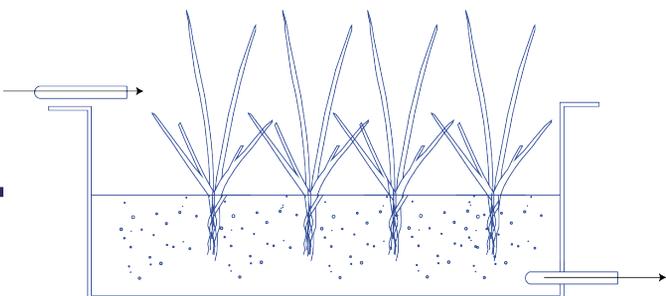
Humedal Sub-Superficial Vertical



Humedal Sub-Superficial Horizontal



Humedal Superficial



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Humedal Depurador
Aguas Servidas. Bioantu, 2019.

BIOANTU, es una empresa chilena especializada en desarrollar este tipo de tecnologías que busca reutilizar el agua y utilizarlo de manera circular aprovechándolo en distintos usos como el riego de áreas verdes y cultivos frutales según cuales sean los requerimientos de las diferentes calidades de agua.

Los principales humedales utilizados en el mundo se representan en la **figura x**, donde cada uno de estos tipos de humedales responde a tratamientos distintos de acuerdo a las calidades de agua según cuales sean los requerimientos. Cabe destacar que estos humedales no requieren energía eléctrica para su funcionamiento, ya que la energía que requieren para funcionar como depuradores la obtienen del proceso de fotosíntesis que generan las plantas.

La tecnología de humedales depuradores construidos tiene al menos 60 años de historia en países como Alemania, Dinamarca, EE.UU. En Chile es una tecnología que está experimentando un alto aumento en unidades domésticas, conjunto de viviendas, loteos, condominios y parques. Constituyéndose además como un sistema capaz de generar la recuperación de suelos dañados y contaminados ambientalmente.

NORMATIVA

Las principales normativas existentes actualmente que regulan la reutilización del recurso hídrico se relacionan a la reutilización de aguas grises (aguas de tinajas, duchas, lavamanos, lavaplatos, maquina lavavajilla y lavadoras de ropa) excluyendo la reutilización de aguas negras (provenientes del inodoro).Tales como;

Norma Nch. 3456:2021

Regula la posibilidad de la reutilización de aguas grises para riego, donde todo sistema de reutilización de aguas grises deberá contar con un proyecto aprobado por la Seremi.

Norma Técnica de Ingeniería Sanitaria Nch. 1105

Reconoce y define las aguas grises diferenciándolas de las aguas negras.

Ley 21.075

Regula la Recolección, reutilización y disposición de las aguas grises, excluyendo a las aguas negras en la reutilización. Sin embargo, esta ley no puede ser aplicada en la actualidad debido a que no se ha redactado el reglamento que contiene las especificaciones técnicas.

Si bien existe una normativa que permite la reutilización del recurso hídrico, esta es insuficiente, ya que, no dispone de un reglamento que permita su aplicación luego de 2 años de promulgación de la ley. Por otro lado, al no considerarse en la reutilización las aguas negras, se constituye como una pérdida de agua que puede ser reutilizada en la agricultura, riego de áreas verdes o minería. Finalmente, Permitir la reutilización de aguas grises se constituye como un sinsentido entendiendo que la infraestructura sanitaria de las ciudades chilenas no permite en la actualidad separar aguas grises y negras, ambas aguas llegan mezcladas a las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas respectivas de cada ciudad.

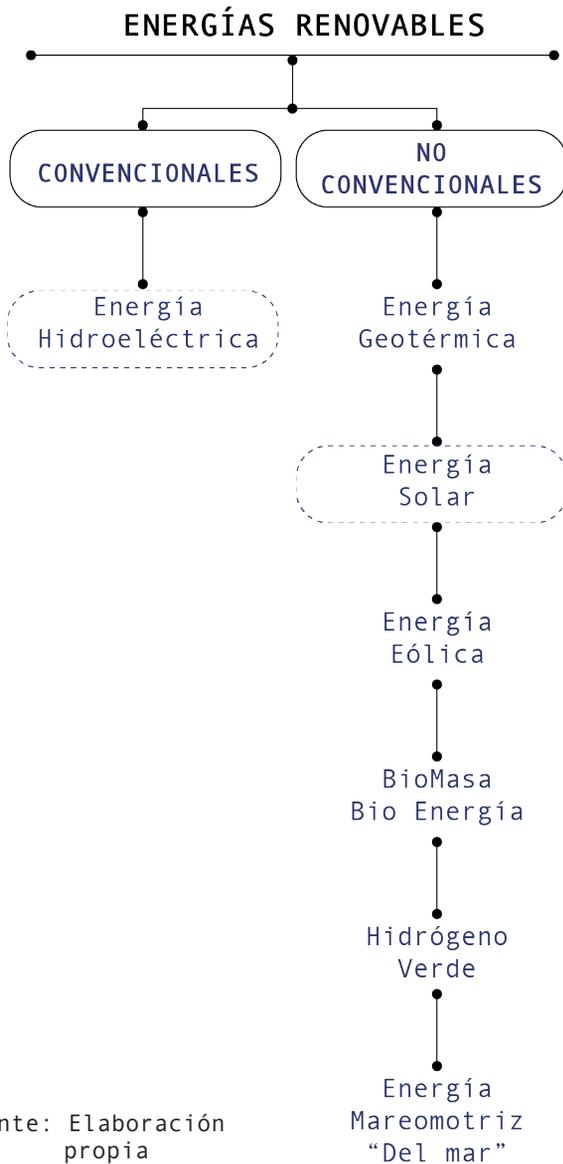
EXPERIENCIA INTERNACIONAL

Israel se establece como un referente hídrico a nivel global, siendo el único país que reutiliza y recircula alrededor del 85% del agua, casi el 50% del agua utilizada en agricultura es agua reutilizada, convirtiendo a este sector en uno de los motores de la economía local en una zona desértica. Su modelo hídrico consiste en la implementación de tecnologías de ahorro, producción y economía circular, siendo un modelo de gestión pública radicado en una “Autoridad Nacional del Agua” autónoma, lo que ha permitido la planificación y ejecución de políticas públicas con una mirada de largo plazo.

Esto sumado al desarrollo de tecnologías de ahorro hídrico (Riego por goteo e Identificación de fugas), de producción hídrica (Desalinización) y de economía circular (Tratamiento y Reutilización de aguas grises). Reutilizando cerca del 90% de sus aguas grises con fines agrícolas. Más del 70% del agua para beber proviene de un proceso de desalinización y las fugas de la infraestructura de distribución no supera el 8%, comparado con Chile que mantiene una fuga actual de infraestructura de un 30%. Por lo cual entienden la gestión del recurso hídrico como una problemática integral, resuelta mediante la coordinación de diferentes sectores afectados por la escasez hídrica.

En el caso de Chile, la problemática radica en que no existe una autoridad que gestione de manera integral el recurso hídrico, sino que aquello se divide en diferentes organismos públicos que no trabajan de manera coordinada, además de constituirse como un recurso privado, en base a un modelo de mercado, con mecanismos de asignación, distribución designados por un código de aguas que se encuentra obsoleto en la actualidad.

ENERGÍAS RENOVABLES

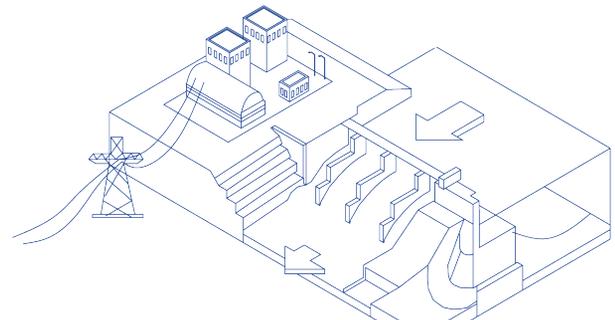


La producción de Energía Eléctrica se distingue por las Energías Convencionales tales como las Termoeléctricas a carbón, gas y petróleo y las Energías Renovables donde existen las Convencionales y No Convencionales. Se abordará en mayor profundidad las Energías Renovables tales como la Energía Hidroeléctrica y Solar, como alternativa de evolución de los procesos energéticos.

Aquello sostenido en la búsqueda de un desarrollo sostenible de las ciudades para con el medio ambiente y la situación actual de cambio climático que acontece a Chile y al mundo entero.

Energía Hidroeléctrica o Hidráulica

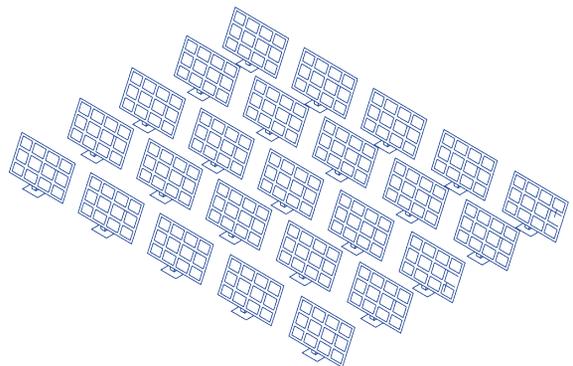
La Hidroelectricidad es la fuente de energía renovable más utilizada en el mundo. Esta producción de energía se basa en el principio de conservación de la energía, aprovechando la energía potencial del agua cuando se encuentra a una altura superior respecto a un punto de descarga. Al provenir del agua, es una fuente limpia, por lo cual no emite contaminantes a diferencia de otras fuentes que queman combustibles. Los proyectos de Centrales Hidroeléctricas varían en sus escalas pudiendo encontrar proyectos pequeños que responden a necesidades de comunidades locales.



Fuente: Elaboración propia

Energía Solar

La Energía Solar es una energía renovable que utiliza la radiación electromagnética proveniente del sol. La cantidad de energía solar que incide por unidad de área y tiempo corresponde al principal criterio para seleccionar el lugar de ubicación de una planta solar. La zona Norte de Chile posee la mayor incidencia solar del mundo, principalmente en el desierto de Atacama y zonas próximas.



Fuente: Elaboración propia

REMIEDIACIÓN DE SUELOS

El objetivo de la remediación es la gestión final de los sitios contaminados que presenten un riesgo significativo a la salud de las personas. Las medidas de remediación y diferentes tecnologías de tratamiento a aplicar dependerán de los riesgos para la salud y el medio ambiente detectados, así como también los futuros usos que se asignen a las áreas que se busca recuperar.

Cuando se habla de las diferentes “Tecnologías de Tratamiento de Remediación” se entienden diferentes operaciones que alteran la composición de una sustancia peligrosa o contaminante, a través de acciones químicas, físicas o biológicas, para reducir la toxicidad del material contaminado. La Tecnología utilizada depende de cada caso en específico, en donde se analizan; las Características del Contaminante, Características del Medio y las Interacciones entre Contaminante y Medio para definir que tipo de remediación de suelos se realizara en un territorio en específico.

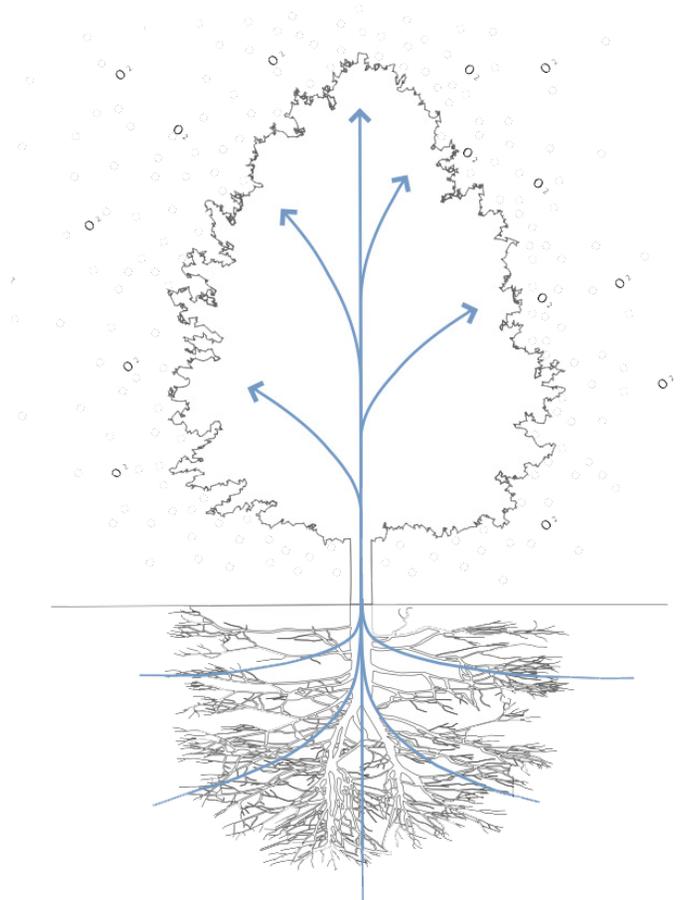
Existen diferentes tipos de remediación y tipos de tratamientos, en esta investigación nos referiremos al tratamiento biológico donde se encuentra la fitorremediación.

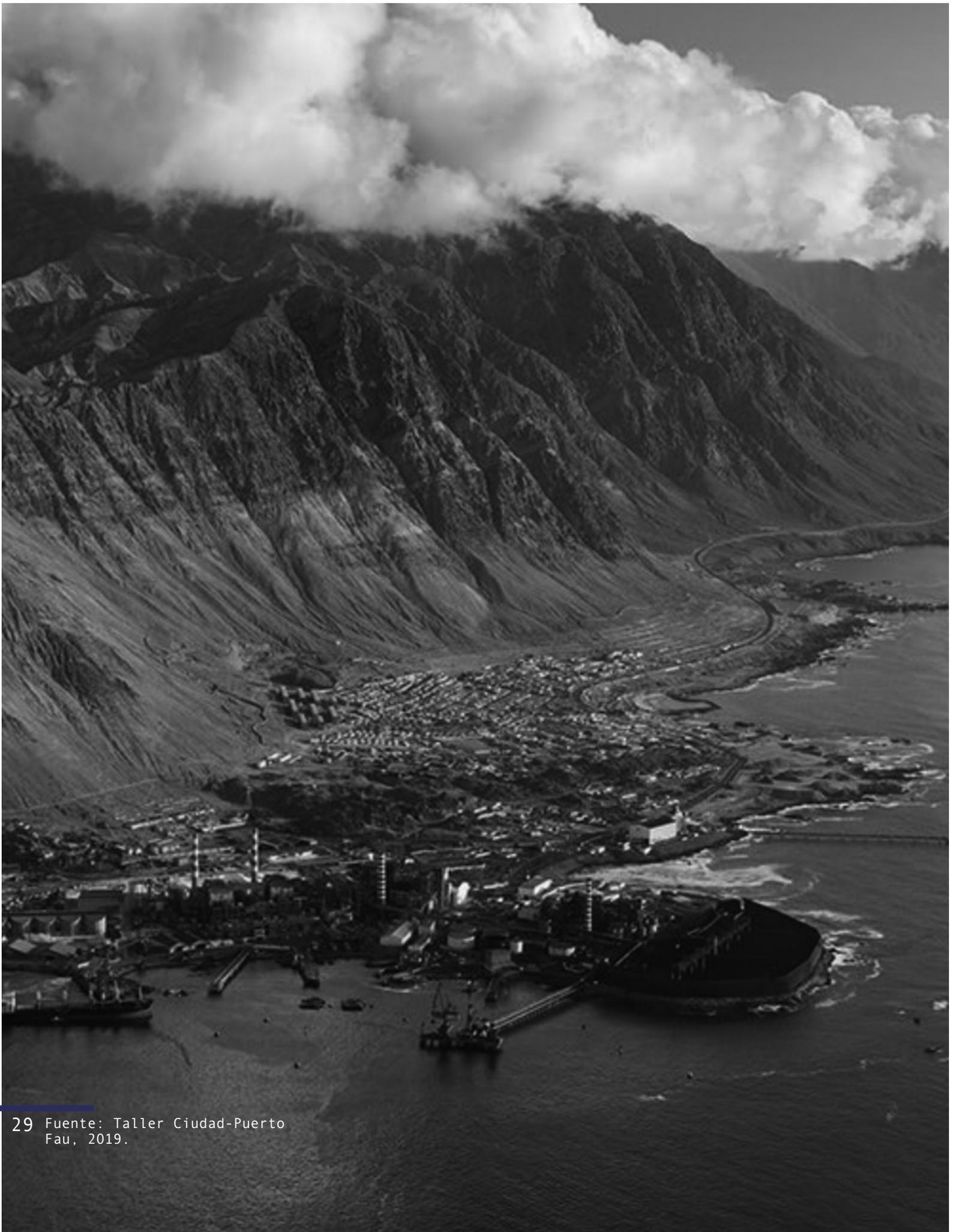
Fitorremediación

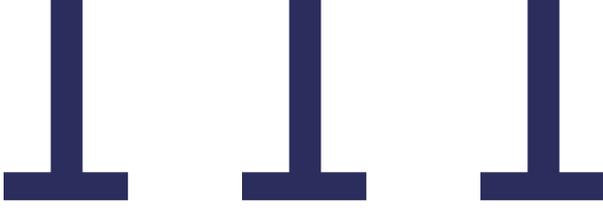
Es una práctica que comenzó a utilizarse desde la década de 1970, permitiendo tiempos rápidos de limpieza. Consiste principalmente en la remoción, transferencia, estabilización de los contaminantes presentes en el suelo, sean (orgánicos e inorgánicos). Este tratamiento se basa en las interacciones entre plantas, el suelo y los microorganismos.

Dentro de los contaminantes tratados mediante la fitorremediación se encuentran los metales, pesticidas, solventes, explosivos, hidrocarburos entre otros.

En este tipo de tecnologías el suelo sirve de soporte para el desarrollo de las plantas y los microorganismos que se alimentan de los compuestos orgánicos o inorgánicos que lo componen. Las plantas absorben el contaminante para metabolizarlo o almacenarlo. Muchas veces los compuestos orgánicos pueden ser degradados y metabolizados para el crecimiento de la planta. Siguiendo este punto, este tipo de tratamientos de suelo puede realizarse en conjunto dentro de humedales naturales o construidos en interacción con plantas y organismos nativos de cada zona.



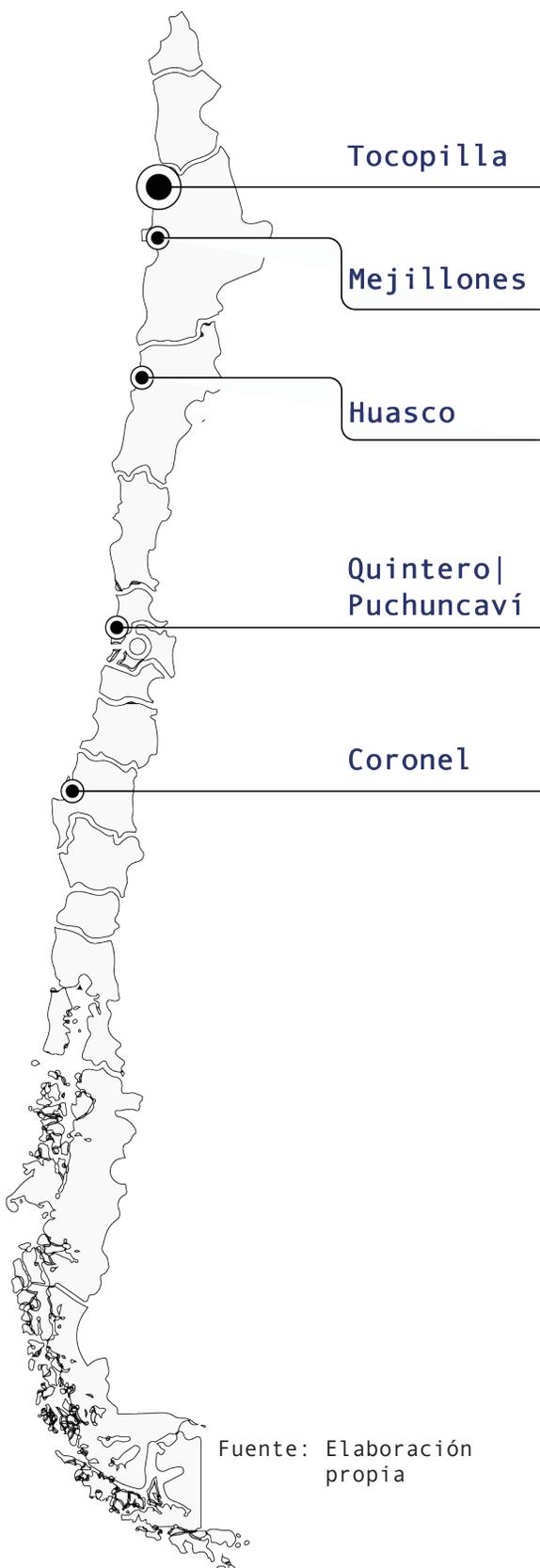




CAPÍTULO III

“Tocopilla, ciudad industrial símbolo de la contaminación”

SELECCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO: MATRIZ MULTICRITERIO



	Población 2020	Declaración de Zona Actual	Plan de Descontaminación Actual
Tocopilla	29.986	Declarada Zona de Rezago (Enero 2022) Declarada zona Saturada por MP10 como concentración anual (D.S.50/2007) y como concentración de 24 horas (D.S. 74/2008) Ministerio General de la Presidencia	Se estableció el Plan de Descontaminación (PDA) mediante (D.S.70/2010) del Ministerio Secretaría General de la Presidencia
Mejillones	13.500	No declarada Latente ni Saturada	No aplica
Huasco	9.015	Declarada por el Ministerio del Medio Ambiente (D.S.20/2012) como zona Latente por MP10 como concentración anual	Plan de Prevención de Contaminación Atmosférica para MP10 (D.S. 38/2017 Ministerio del Medio Ambiente)
Quintero Puchuncaví	50.469	Declarada Zona Saturada por MP2,5, como concentración anual, y latente como concentración diaria, por MP10 como concentración anual (D.D. 105/2018 Ministerio de Medio Ambiente)	Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para las comunas de Concón Quintero y Puchuncaví (D.S. 105/2018 Ministerio del Medio Ambiente)
Coronel	106.800	El Decreto 41 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia del año 2006 declaró Zona Latente por MP10a Coronel	Pendiente la Toma de razón en Contraloría General de la República del Plan de Descontaminación. Sin PPA propio. No mantiene Plan de Descontaminación en la actualidad.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al estudio realizado de las diferentes zonas deficitarias se desprende el caso de la Provincia de Tocopilla, la cual se enmarca como la zona de sacrificio con mayor antigüedad en relación al inicio de las operaciones de sus Centrales Termoeléctricas desde 1980. De acuerdo a los índices de Mortalidad General e Infantil (2016), ésta presenta los valores más elevados, duplicando el promedio presentado por las diferentes zonas estudiadas.

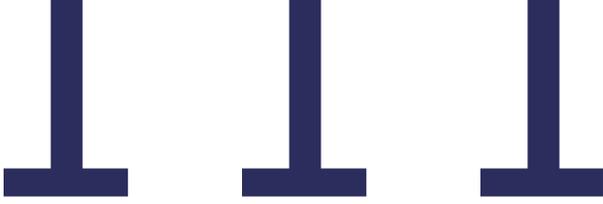
Dejando en evidencia que, si bien existe un Plan Actual de Descontaminación Atmosférico (2008), éste se entiende como insuficiente, reflejado en la actual gravedad de la afectación medio ambiental manifestado en la salud de la población. Sumado a lo anterior se encuentra el estudio del PIB (Banco Central, 2021)

Inicio Operaciones C.T	Retiro Reconversión C.T a Carbón Actual	Mortalidad General 2016	Mortalidad Infantil 2016	Hogares Hacinados 2018	PIB Banco Central de Chile 2021
1980	2040	7,2	14,2	13,6	 \$26,2 Región de Antofagasta
1995	2040	3,7	11,8	18,2	 \$26,2 Región de Antofagasta
1992	2040	6,3	0	13,3	 \$12,8 Región de Atacama
2009	2025	7,2	5,4	14,3	 \$8,2 Región de Valparaíso
1990	2040	5,7	7,2	16,3	 \$8,9 Región de Biobío

de cada zona y sus correspondientes Regiones, donde destaca la Región de Antofagasta presentando el mayor índice correspondiente al año 2021, estableciéndose como el mayor aporte al PIB nacional. Aquello, relacionado a la actividad minera que se realiza en la zona, respaldado por la producción energética de zonas como Tocopilla y Mejillones, de lo cual se desprende una gran afectación medio ambiental para el territorio y su población debido a este tipo de actividades industriales.

Siguiendo este punto, la Provincia de Tocopilla fue declarada de manera reciente, como Zona de Rezago (Enero 2022), lo que representa un gran requerimiento hacia una búsqueda de mejores condiciones de calidad de vida urbana para la población que no han sido consideradas.

Habiendo mencionado lo anterior, se decide trabajar en la Provincia de Tocopilla, una localidad con grandes requerimientos hacia una búsqueda de mejorar los estándares de calidad de vida urbana para una población que ha sido gravemente vulnerada por décadas. De aquello surge la necesidad de cuestionarse cómo la arquitectura puede aportar a mejorar las condiciones de habitabilidad de la población a través de un proyecto urbano que busque generar una recuperación y reconversión del lugar.



SELECCIÓN DE ZONA DE SACRIFICIO: TOCOPILLA

Localizada en el desierto de Atacama, hacia el Norponiente de la Región de Antofagasta, se encuentra la Provincia de Tocopilla, con una población de 29.684 habitantes, y cuya capital lleva su mismo nombre. Se conforma entre las comunas de Tocopilla y María Elena, frente al Océano Pacífico, con un frente de costa de 145 Km y una superficie territorial de 4.038, 9 km².

Dentro de su población, un 2,6 % es rural, repartida entre caletas pesqueras y asentamientos mineros y un 97,4% de la población restante responde a la urbana, ubicada en la ciudad. Se ubica en el centro de 3 grandes polos de desarrollo del Norte Grande; Antofagasta, Calama e Iquique. Posición estratégica, constituyéndose como una localidad de paso y enclave costero, para la aglomeración de actividades productivas industriales relacionadas directamente con la minería y producción eléctrica del Sistema Interconectado del Norte Grande, suministrando un 50% del consumo eléctrico de la región.

Sus principales actividades económicas se remontan a la época del salitre, donde se comienza a utilizar el borde costero por las diferentes industrias mineras y termoeléctricas. En el año 1915 se instala la primera termoeléctrica en el borde costero, esto por la necesidad

de generar energía eléctrica para hacer funcionar la faena minera del Norte Grande. Dentro de las industrias se encuentran las generadoras de electricidad, metalúrgicas, químicas y de tratamiento de nitrato, de acuerdo a la pesca y agricultura, son actividades que prácticamente ya no se realizan.

De acuerdo a su geomorfología, la provincia se caracteriza por presentar un relieve constituido por planicies litorales, donde se establecen los asentamientos, la Cordillera de la Costa, siendo un cordón cordillerano que se interrumpe por las profundas quebradas, las que arrastran grandes masas de agua provocando fuertes y graves aluviones, lo que ha ocurrido en décadas pasadas. Y el farellón costero, una prominente rocosa que se levanta cercano a la costa.

En relación a su hidrología, presenta el río Loa, el cual nace de la Cordillera de los Andes y se ubica en el extremo Norte de la comuna, presentando un escurrimiento de agua superficial muy bajo, siendo la única cuenca exorreica de la Región. De acuerdo a sus pisos vegetacionales, se inserta en una región desértica, presentando un desierto costero y un desierto interior. Es, además, caracterizada por su condición de extrema aridez, por lo que la vegetación es escasa, siendo principalmente especies xerófilas.

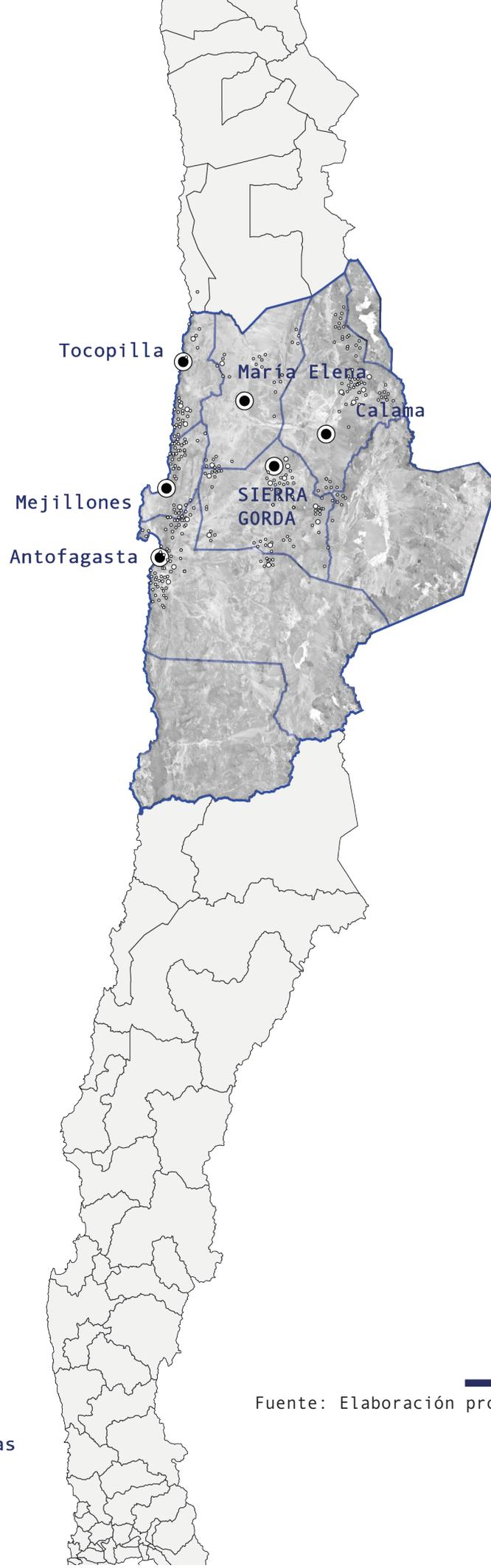
Habiendo mencionado lo anterior, se requiere destacar que gracias a todas las grandes industrias mineras y de generación termoeléctrica presentes en Tocopilla, se han cultivado desde sus inicios graves problemas de contaminación medio ambiental, los que han determinado en la actualidad sus malas condiciones de vida afectando gravemente la salud de la población. La industrialización y sobre explotación de los recursos costeros, han provocado un deterioro en el desarrollo urbano de la ciudad. Los altos índices de contaminación, han llevado a Tocopilla a ser uno de los casos más dramáticos entre las zonas costeras del norte del país, debido a sus altos

índices de material particulado. Siendo declarada como “Zona Saturada” por Decreto Supremo N° 50 de 2007, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Siendo entendida además como una Zona de Sacrificio (Municipalidad de Tocopilla, 2014).

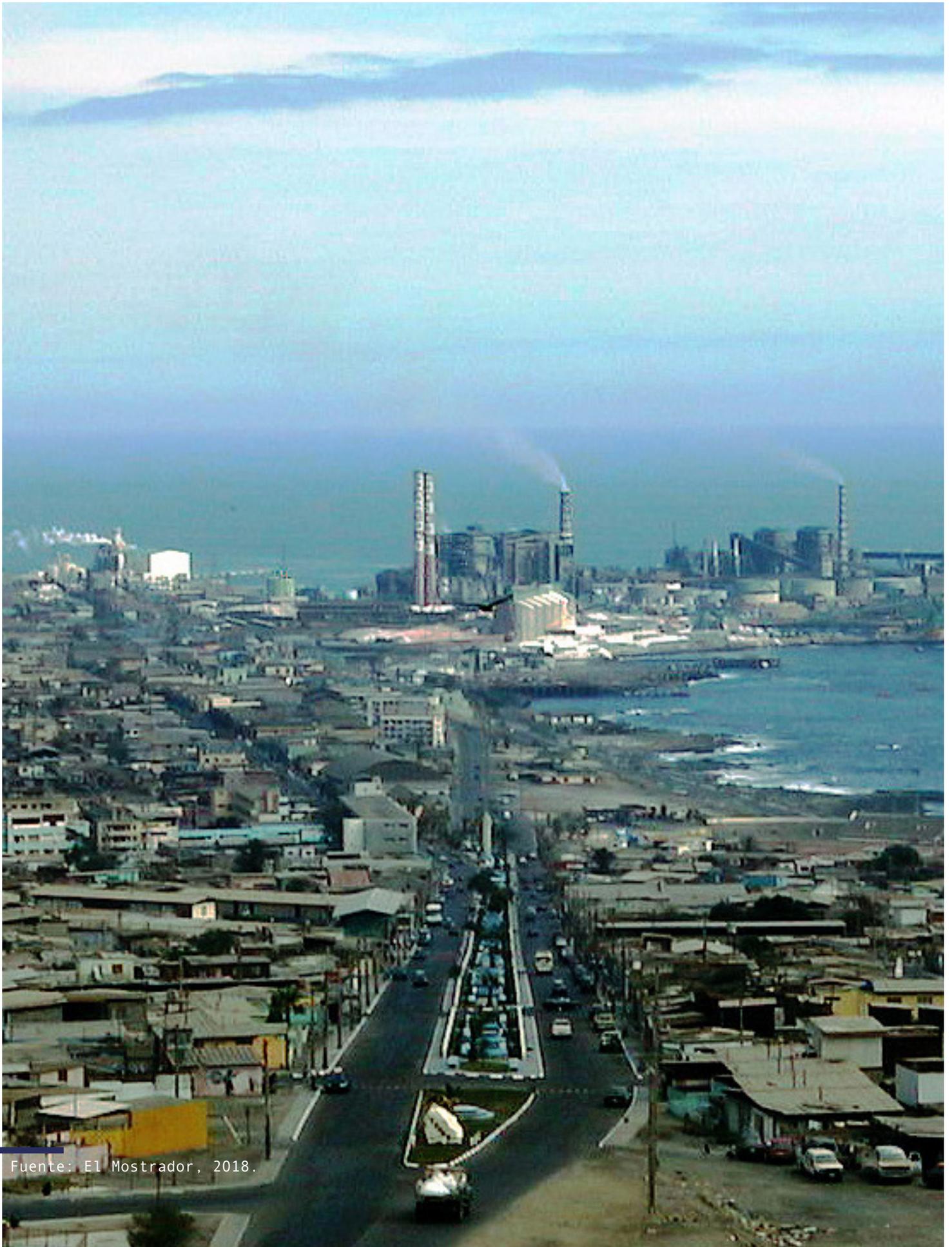
Sumado a aquello, se hace necesario destacar que la provincia de Tocopilla fue la primera en Chile, en abastecer al 100% de su comunidad de agua desalinizada, esto debido a una mega sequía y situación de extrema de escasez hídrica generada por las industrias que sobreexplotaron el consumo del recurso hídrico. Cabe destacar que una de las iniciativas que llevaron a la construcción de la Planta Desalinizadora fue la contaminación de las aguas superficiales que presentaban arsénico, poniendo en grave riesgo a la población.

En el año 2021 se inauguró la Planta Solar “Cerro Dominador” ubicada en la comuna de María Elena, siendo la primera planta termosolar de América Latina con más de 1.0000 há de superficie, que es capaz de evitar la emisión de cerca de 640.000 toneladas de CO2 al año y abastecer a una ciudad de 380.000 hogares aproximadamente. Su mayor importancia reside en que es capaz de generar energía limpia de forma gestionable durante las 24 horas del día a diferencia de las plantas solares convencionales que funcionan solo cuando el sol está presente.

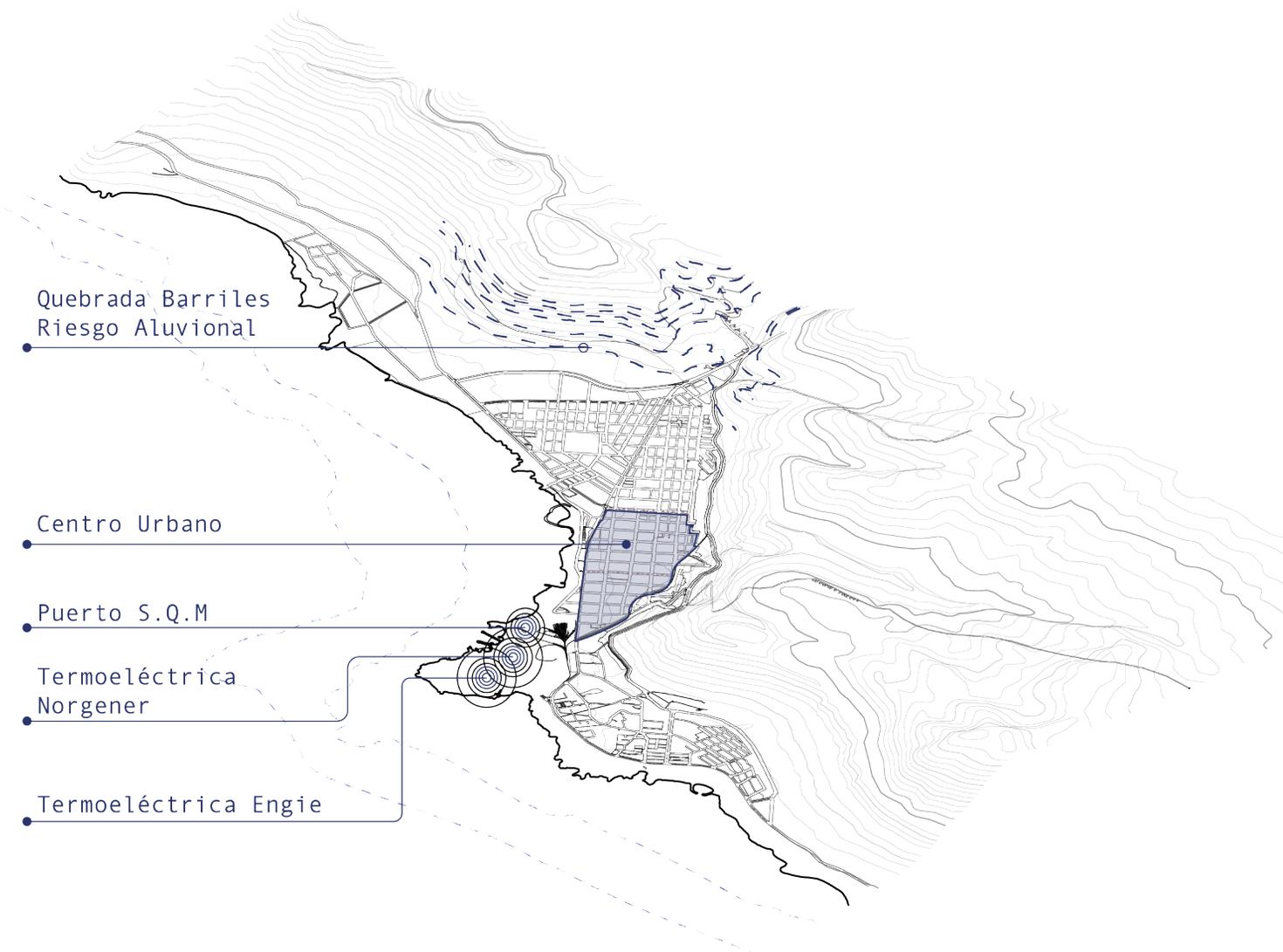
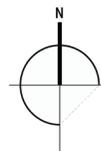
En la actualidad, la provincia se caracteriza por presentar una monoproduktividad relacionada a las actividades propias de las termoeléctricas, además, debido a la escasez hídrica prácticamente no se desarrolla la agricultura y se requieren especializaciones técnicas para poder educar a la población y que ésta no deba migrar a otras ciudades en busca de mejores oportunidades de vida.



○ Faenas Mineras



LOCALIZACIÓN



CONTAMINACIÓN MEDIO AMBIENTAL

Tal como señala Pimentel (2017), La principal actividad de la comuna no tiene que ver directamente con la explotación minera, sin embargo, si con la generación eléctrica para poder llevar a cabo estas faenas. Lo cual se hace mediante 2 Plantas Termoeléctricas; Norgener y Engie, encargadas de alimentar a Chuquicamata y a la Red Interconectada del Norte Grande.

La mayor problemática radica que estas Plantas Termoeléctricas se encuentran dentro del radio urbano de la ciudad, junto a ellas se encuentra el puerto de la salitrera S.Q.M y la refinadora de cobre Lippesed.

La contaminación minera se encuentra principalmente en los alrededores de los asentamientos, sin embargo, el mayor impacto ambiental se centra en la ciudad de Tocopilla, producido por las Termoeléctricas Norgener y Engie. Siendo responsables de un 56% (Engie) y 38,9% (Norgener) del material particulado de la ciudad, con emisiones que contienen NH₃, NO, Oxido de Azufre, Sulfuro, CO₂ entre otros...

Estos son emitidos al medio de diferentes maneras; humo de chimenea, traslado y acopio de montañas de cenizas al centro de la ciudad y como desagüe al

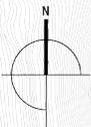
mar. Las emisiones expuestas al aire son altamente negativas para la población, ya que los vientos van en dirección Este, directamente hacia la ciudad. Provocando que todas las casas y alrededores se encuentren con un polvillo negro que se mantiene presente de forma constante en la localidad.

Debido a estos motivos, se declara como **Zona Saturada** a la provincia de Tocopilla, por Decreto Supremo N°50 de 2007, del Ministerio Secretaría General de la presidencia por material particulado respirable como concentración anual, lo que además la considera como una Zona de Sacrificio.

Lo anterior, deja en evidencia que la comuna está desde hace ya décadas, siendo sometida a niveles de contaminación superiores a los permitidos. Debido a eso se inició un Plan de Descontaminación Atmosférico, como instrumento de gestión ambiental para recuperar el nivel de calidad ambiental mínima. (Municipalidad de Tocopilla, 2014). Sin embargo, en la actualidad la comuna sigue manteniendo los mismos problemas, y ambas Termoeléctricas siguen funcionando.



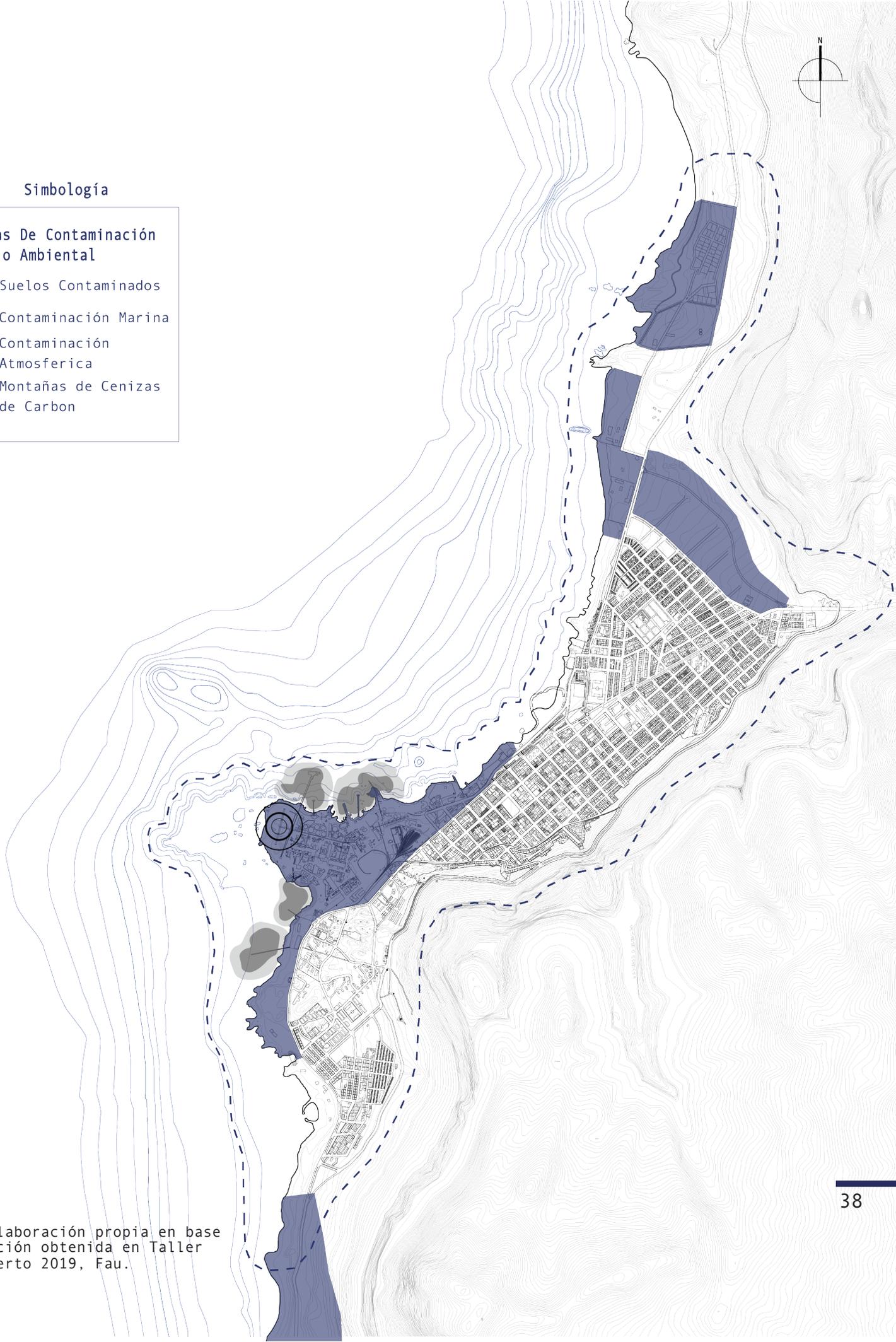
Fuente: Pixabay, 2018



Simbología

Zonas De Contaminación Medio Ambiental

-  Suelos Contaminados
-  Contaminación Marina
-  Contaminación Atmosferica
-  Montañas de Cenizas de Carbon



Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en Taller Ciudad-Puerto 2019, Fau.

VULNERABILIDAD ANTE DESASTRES SOCIO-NATURALES

El territorio chileno está fuertemente expuesto a desastres socio-naturales de diversa índole, de origen hidrometeorológico o climático, debido a las diferentes características geográficas del país.

Tal como menciona Barrenechea (2018), de acuerdo a un estudio realizado por Naciones Unidas, cada año el país gasta el 2% del PIB (5.000 millones de dólares aproximadamente) en acciones de respuesta, rehabilitación y reconstrucción por los riesgos que Chile enfrenta. Dejando en evidencia la necesidad de contar con instrumentos, estrategias, políticas y mecanismos de intervención que permitan mejorar la gestión del riesgo frente a desastres Socio-Naturales.

Situándonos en la provincia de Tocopilla, ésta presenta una alta vulnerabilidad ante los desastres Socio-Naturales al localizarse dentro de un sistema de quebradas que se alzan por sobre la ciudad. La “Quebrada Barriles” y la “Tres Puntas”, son las que representan el mayor riesgo para la comunidad, esto, debido a sus dimensiones y alta exposición directa a la zona urbana.

Sumado a aquello se encuentra el paño industrial localizado en su desembocadura, el cual alberga una gran cantidad de desechos industriales y orgánicos como también relaves mineros y un borde urbano muy expuesto a estas quebradas de tipo cono, aluvional, siendo altamente propenso a que se deposite gran cantidad de material arrastrado por las inundaciones debido a precipitaciones extremas.

Tal como ocurrió en el aluvión ocurrido en 1940 en la provincia de Tocopilla, dejando 30 personas muertas y muchas familias dañadas. Aquello ha motivado la construcción de diferentes proyectos de piscinas aluvionales a lo largo de las quebradas que circundan la provincia. Sumado a aquello, se encuentra presente otro riesgo socio-natural relacionado a la localización en zona costera, por lo cual también se presenta como un lugar propenso a los maremotos, tsunamis y / o marejadas.



Fuente: Aluvión Tocopilla, 2016. El ciudadano, 2018.

Simbología

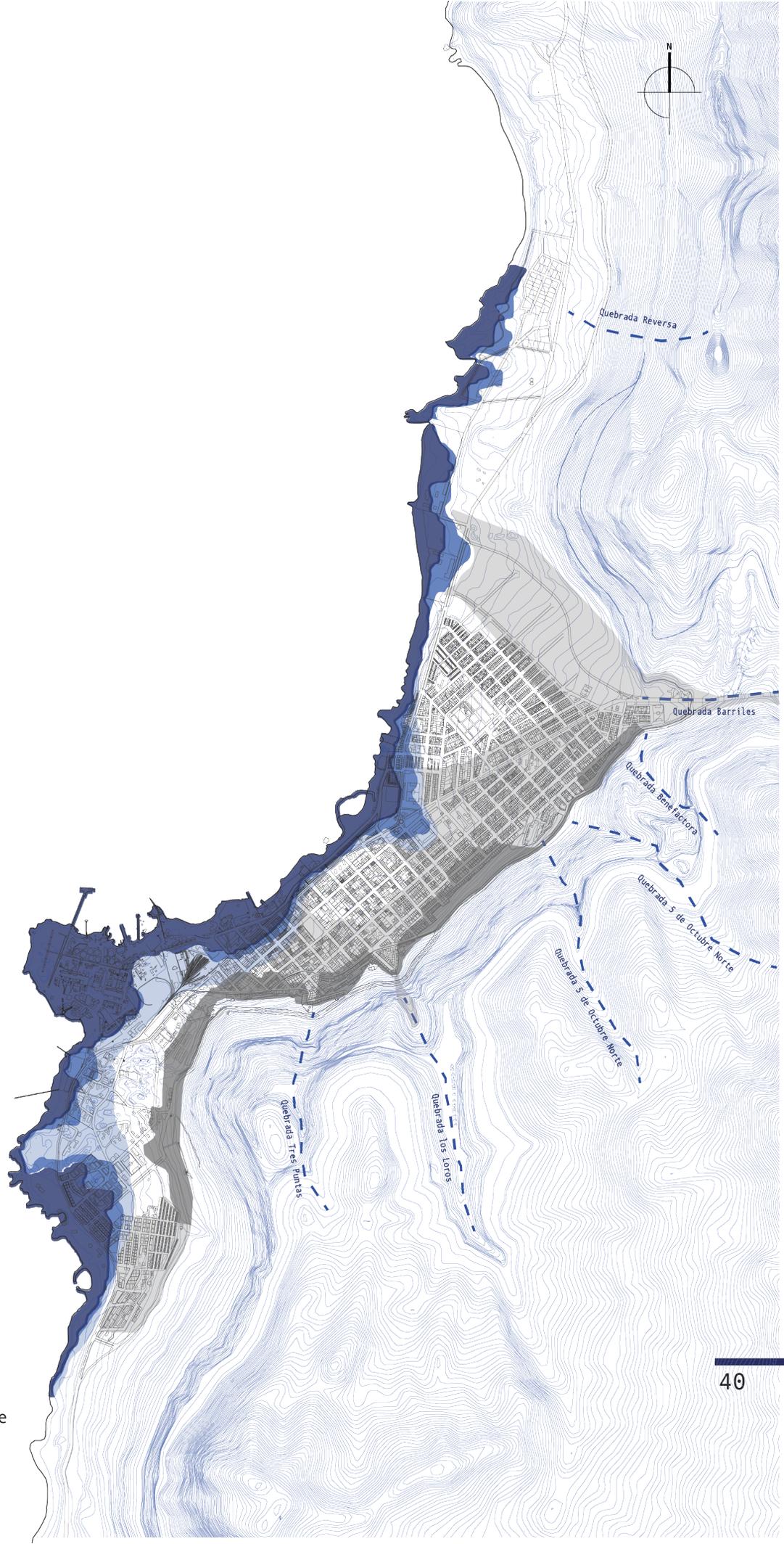
Área inundación en metros (SHOA)

- 6 mt y más
- 4 mt-2 mt
- 2 mt-1 mt

Remoción de Masa (Onemi)

- Zona en Riesgo de Aluvión
- Zona en riesgo de remoción de masas

---- Quebradas Aluvionales



DÉFICIT DE ÁREA VERDE

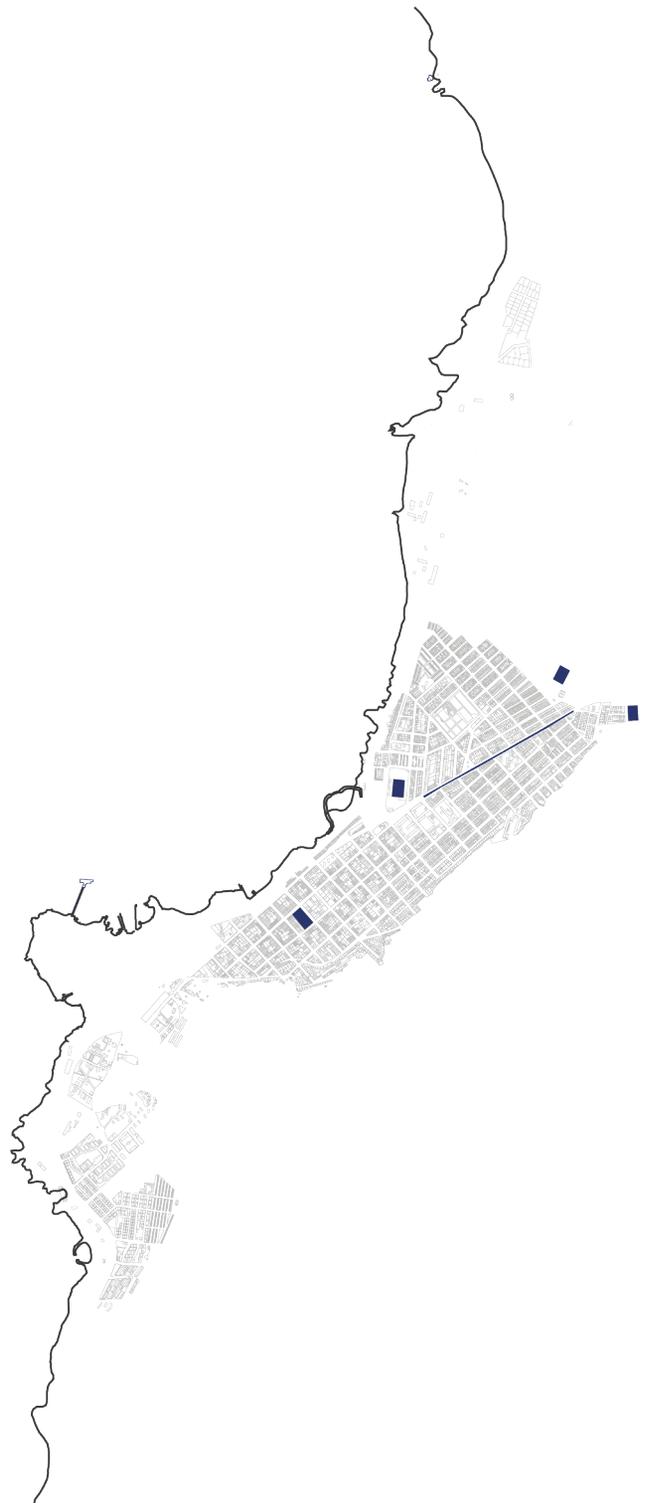
El “Sistema de Indicadores y Estándares de calidad de vida y Desarrollo Urbano” (SIEDU) tiene por objetivo identificar y evaluar la desigualdad territorial en calidad de vida urbana dentro y entre las ciudades chilenas. Este plantea ocho compromisos que representan la Política Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU), donde se destacan; el acceso a servicios y equipamientos públicos básicos, acceso a movilidad sustentable, calidad del ambiente urbano, integración social y de calidad, planificación de ciudades y regiones, crecimiento económico inclusivo y sostenible para el desarrollo, protección del patrimonio cultural y participación de la sociedad civil en las decisiones de desarrollo urbano.

Se abordará con mayor profundidad el “acceso a servicios y equipamientos públicos básicos” donde se encuentra el acceso a parques públicos y plazas públicas, relacionado directamente con el “Estándar de Área verde por habitante”, en el cual el CNDU establece un mínimo de 10m² de área verde/ habitante.

Actualmente las áreas verdes se han convertido en un tema prioritario a nivel nacional, sin embargo, Chile mantiene un alto déficit en esta materia, ya que, a partir de los indicadores del SIEDU, donde se estudiaron 118 comunas encuadradas en 35 ciudades de Chile, se comprobó que, solo 15 comunas de las 118 estudiadas, mantenían el estándar de 10m² área verde /habitante

La provincia de Tocopilla es un claro ejemplo de aquello, ya que, se mantiene también con un alto déficit de área verde al presentar 1,3 m² de área verde/habitante, siendo estos espacios principalmente canchas deportivas y espacios públicos deteriorados. Debido a aquello, surge la necesidad de generar espacios de área verde que puedan contribuir a aumentar los m² de área verde/habitante, buscando generar condiciones de habitabilidad y estándares de calidad de vida mínimos.

ÁREA VERDE



Fuente: Elaboración propia

COMUNIDAD AFECTADA

La provincia de Tocopilla ha sido afectada gravemente con altos índices de contaminación ambiental, desde hace ya décadas, debido a que las industrias se encuentran en el centro de la ciudad. La Tasa de mortalidad alcanza los 8.8 a nivel comunal, contra un 4.4 en la Región de Antofagasta y 5.3 a nivel país. La mortalidad infantil alcanza los 14.2, en relación a la mortalidad infantil nacional correspondiente a 7.8 (Municipalidad Tocopilla, 2018).

Además, según un estudio realizado por el Departamento de Salud Pública, de la Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile (2021), que analizó los efectos en la salud de las personas que conviven con centrales termoeléctricas, se analizó el caso de Tocopilla donde se obtuvieron resultados tales como; el riesgo a sufrir tumores malignos de tráquea, bronquios y pulmón se establece en un 172% mayor a los parámetros nacionales, el riesgo a sufrir enfermedades isquémicas del corazón se encuentra en un 94% mayor a los parámetros nacionales, las enfermedades del sistema circulatorio se encuentran un 61% más altas y las enfermedades crónicas de las vías respiratorias llegan a un 97% mayor a los parámetros nacionales.

Aquello deja en evidencia, la vulnerabilidad de la comunidad que ha estado siendo afectada desde hace ya décadas, por las industrias contaminantes, específicamente por las centrales termoeléctricas a carbón.

Si bien en la actualidad rige en la provincia un Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA) para material particulado grueso (MP10), aprobado en 2017, no se considera como una medida suficiente, ya que, ambas termoeléctricas se mantienen operando con normalidad en la actualidad, exponiendo diariamente a la comunidad a altos índices de contaminación, afectando gravemente su salud.



Fuente: Unión Zonas de Sacrificio, 2016



Fuente: Google, 2020



Fuente: El Ciudadano, 2018

TOCOPILLA: LEVANTAMIENTO URBANO

Levantamiento urbano de la provincia de Tocopilla con el objetivo de comprender la escala urbana de la ciudad, distinguiendo los diferentes componentes que estructuran el espacio urbano y sus diferentes ecosistemas.

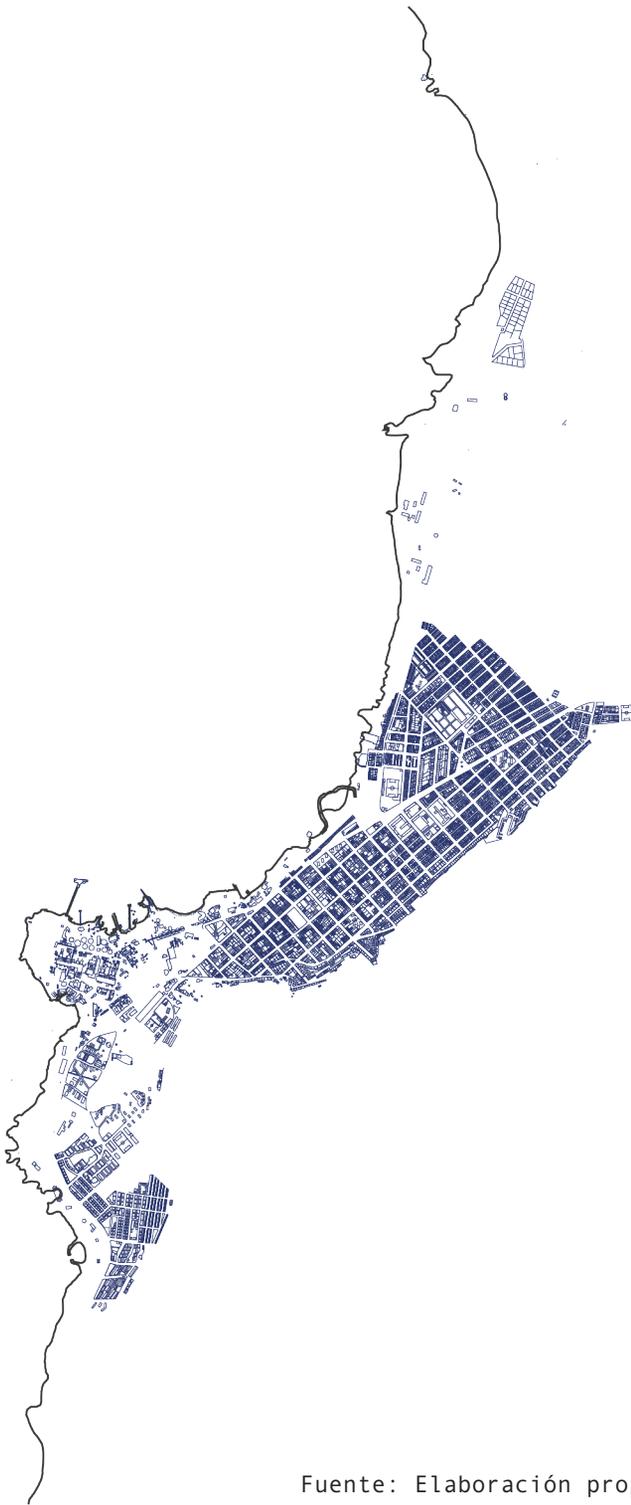


Fuente: Elaboración propia

La provincia posee una mala conectividad, una sola vía que recorre en forma continua la ciudad , teniendo una mala conectividad hacia el centro.

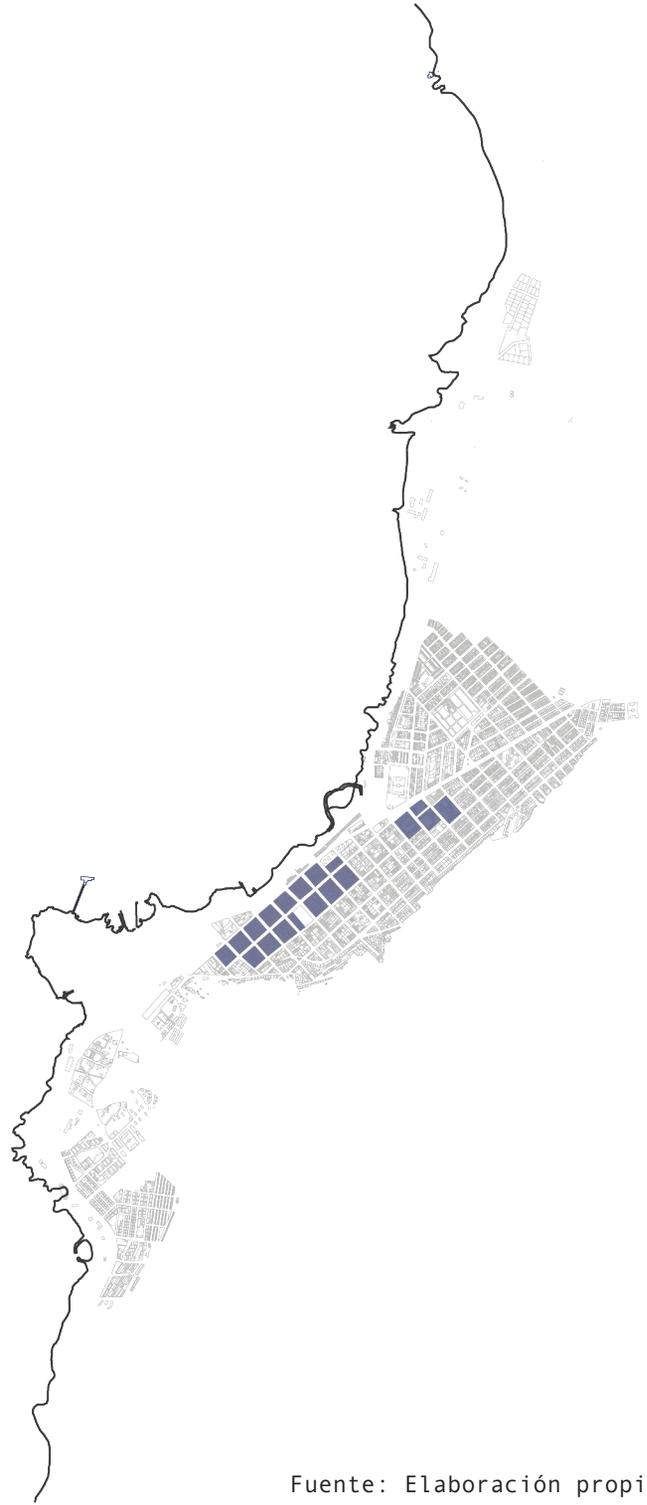
URBANIZACIÓN

SERVICIOS



Fuente: Elaboración propia

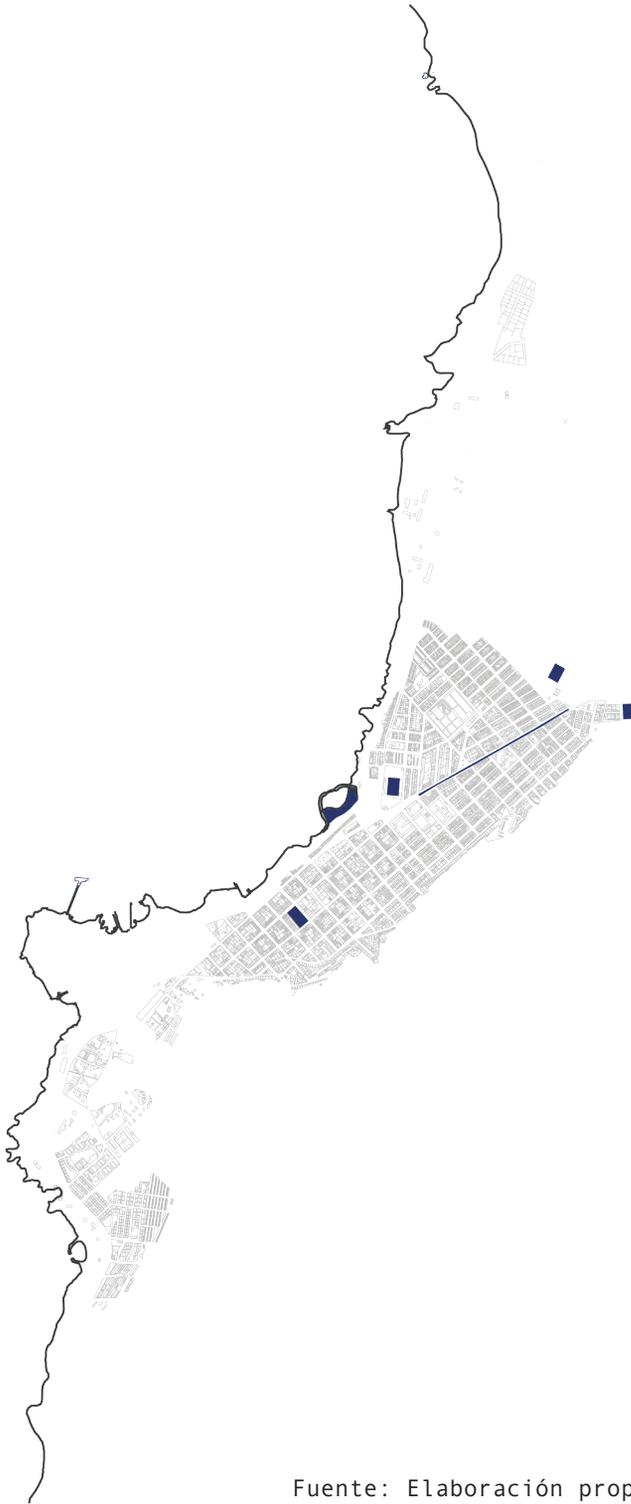
Tocopilla se compone por un polo urbano central y dos ciudades satélites que se encuentran en sus extremos, uno de ellos el superior expuesto a riesgo aluvional de la Quebrada Barriles, donde se está extendiendo la vivienda informal.



Fuente: Elaboración propia

Concentración total de los servicios en la parte céntrica de la ciudad, dejando las periferias sin acceso a mayores equipamientos y servicios básicos. 44

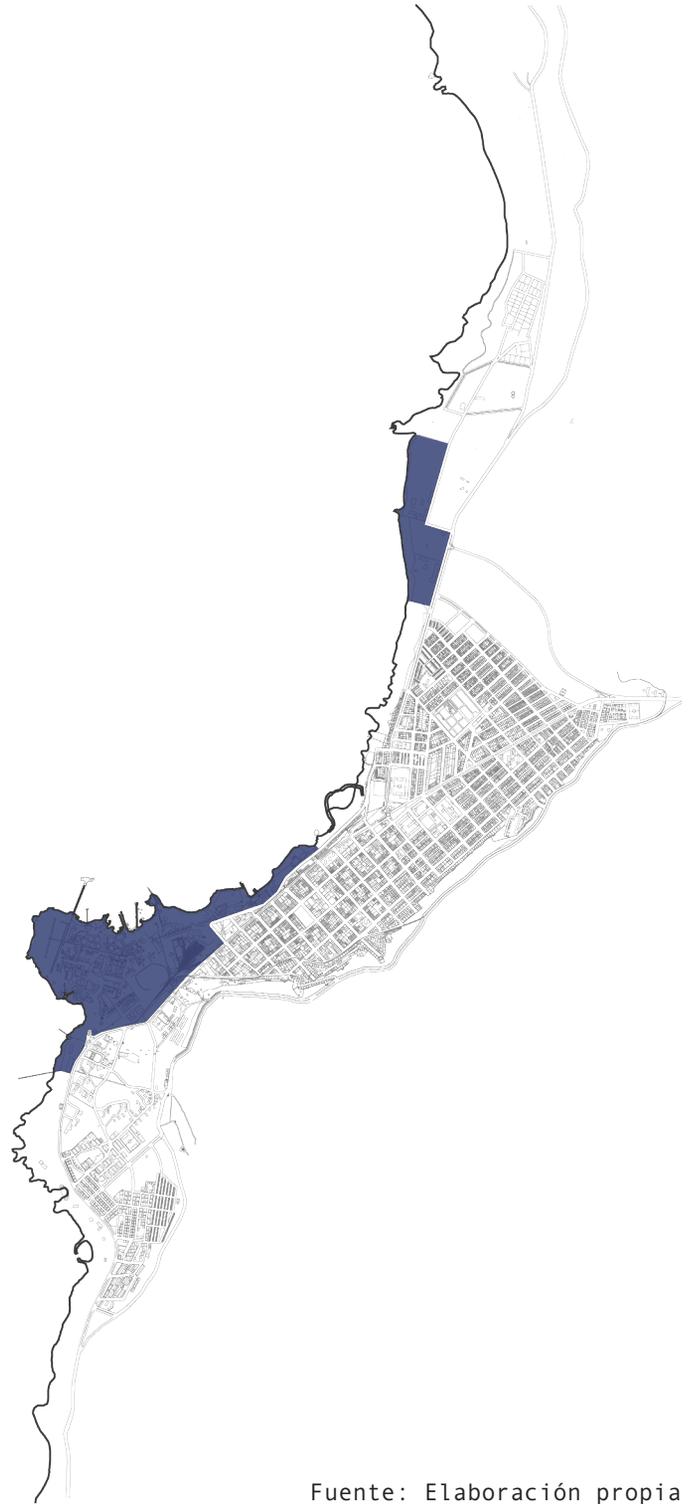
ESPACIO PÚBLICO



Fuente: Elaboración propia

Escasez de espacios públicos, los cuales se encuentran deteriorados y se reducen a balnearios, plazas y canchas deportivas.

INFRAESTRUCTURA INDUSTRIAL



Fuente: Elaboración propia

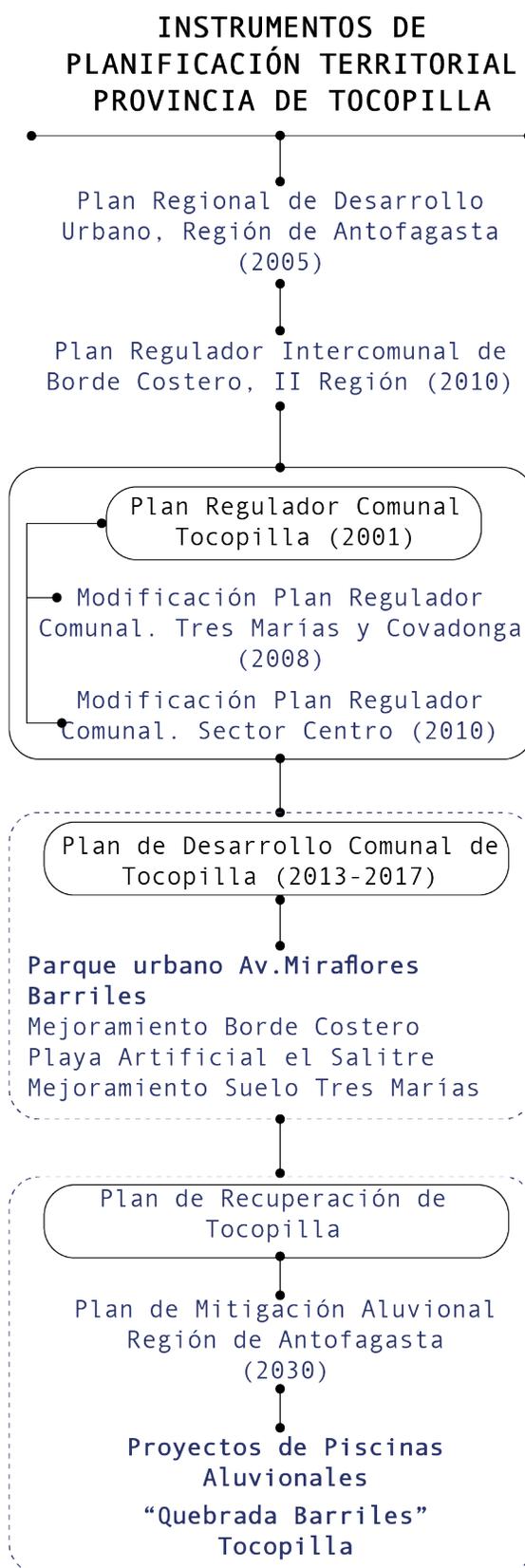
El polo industrial concerniente a las termoeléctricas y el puerto salitrero se ubican a lo largo del borde costero, interviniendo en la estructura urbana y funcionamiento de la ciudad.

PLANIFICACIÓN URBANA

Los **Instrumentos de Planificación Territorial** se entienden como el conjunto de normativas y ordenanzas que componen los distintos Planes Reguladores a escala territorial y urbana.

En Tocopilla el Plan Regulador Comunal (2001) ha sufrido diferentes modificaciones tal como se representa en el esquema de Planificación Urbana, buscando mejorar las condiciones de habitabilidad de la población, la que se mantiene expuesta a grandes riesgos socio-naturales y altos índices de contaminación medio ambiental.

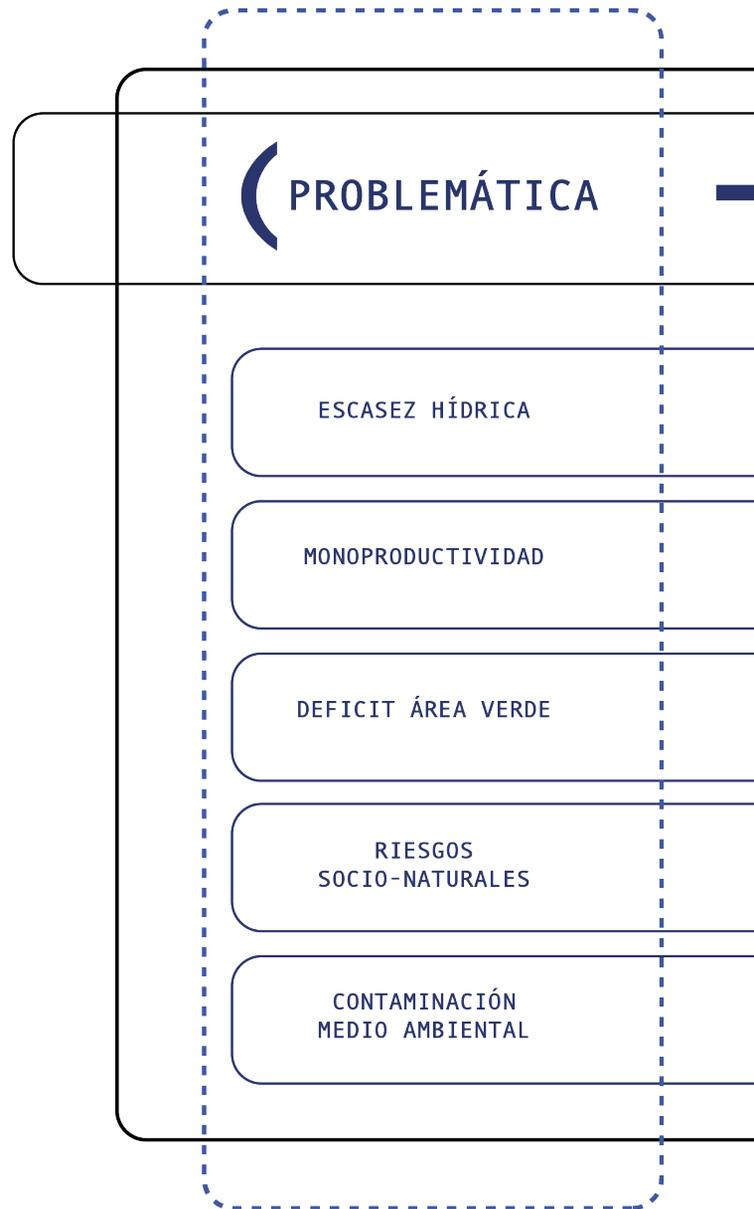
Siguiendo este punto cabe destacar que existe un **“Plan de Recuperación de Tocopilla”**, orientado a acciones de prevención efectiva frente a a nuevos aluviones, donde se consideró la realización de un estudio de riesgos, la conservación de las vías que fueron dañadas y la construcción de distintos proyectos de **“Piscinas Aluvionales”** en las diferentes quebradas de Tocopilla como la **“Quebrada Barriles”**. Actualmente se encuentra en estudio y diseño un nuevo **Plan de Mitigación aluvional para la Región para el año 2030**.

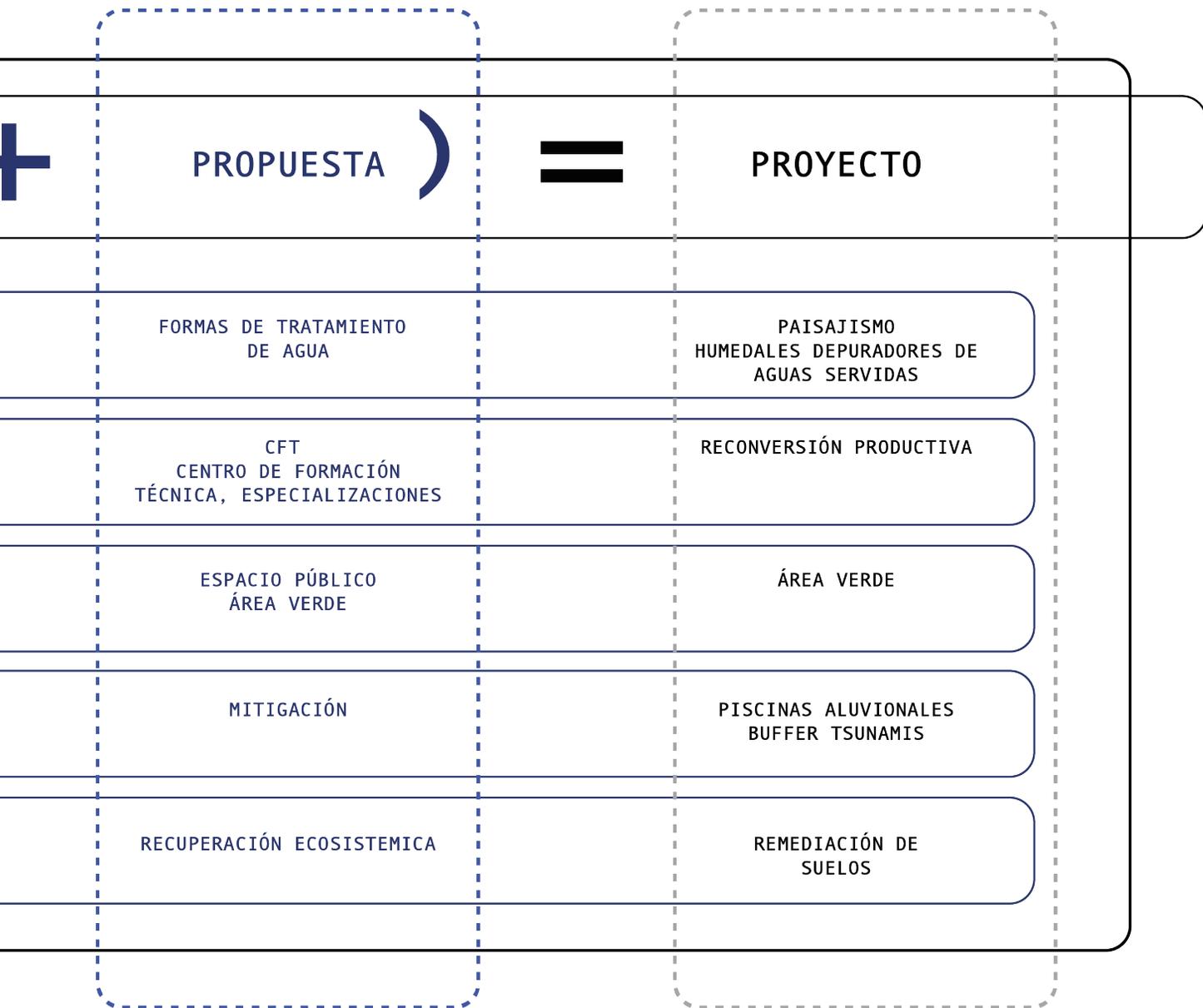


OPORTUNIDAD DE PROYECTO

De acuerdo a las diferentes problemáticas identificadas en la investigación surgen diversas propuestas para cada una de ellas, que dan la posibilidad de materializarse en un proyecto urbano para la provincia de Tocopilla.

Aquello con el objetivo principal, que es elevar los estándares de calidad de vida urbana para una población que ha sido gravemente afectada por la contaminación medio ambiental.







CAPÍTULO IV

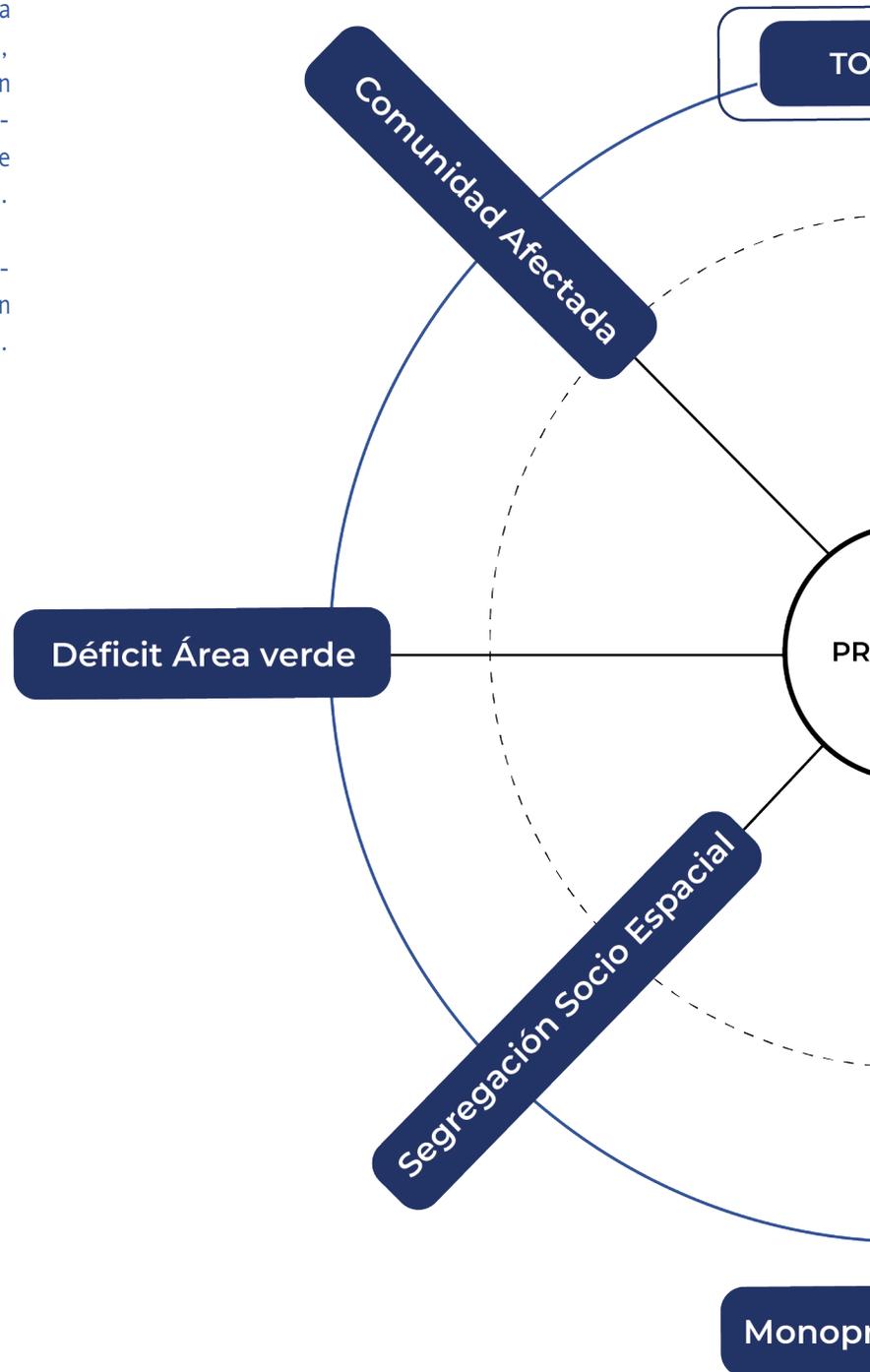
“Recuperación, Reutilización, Reconversión”

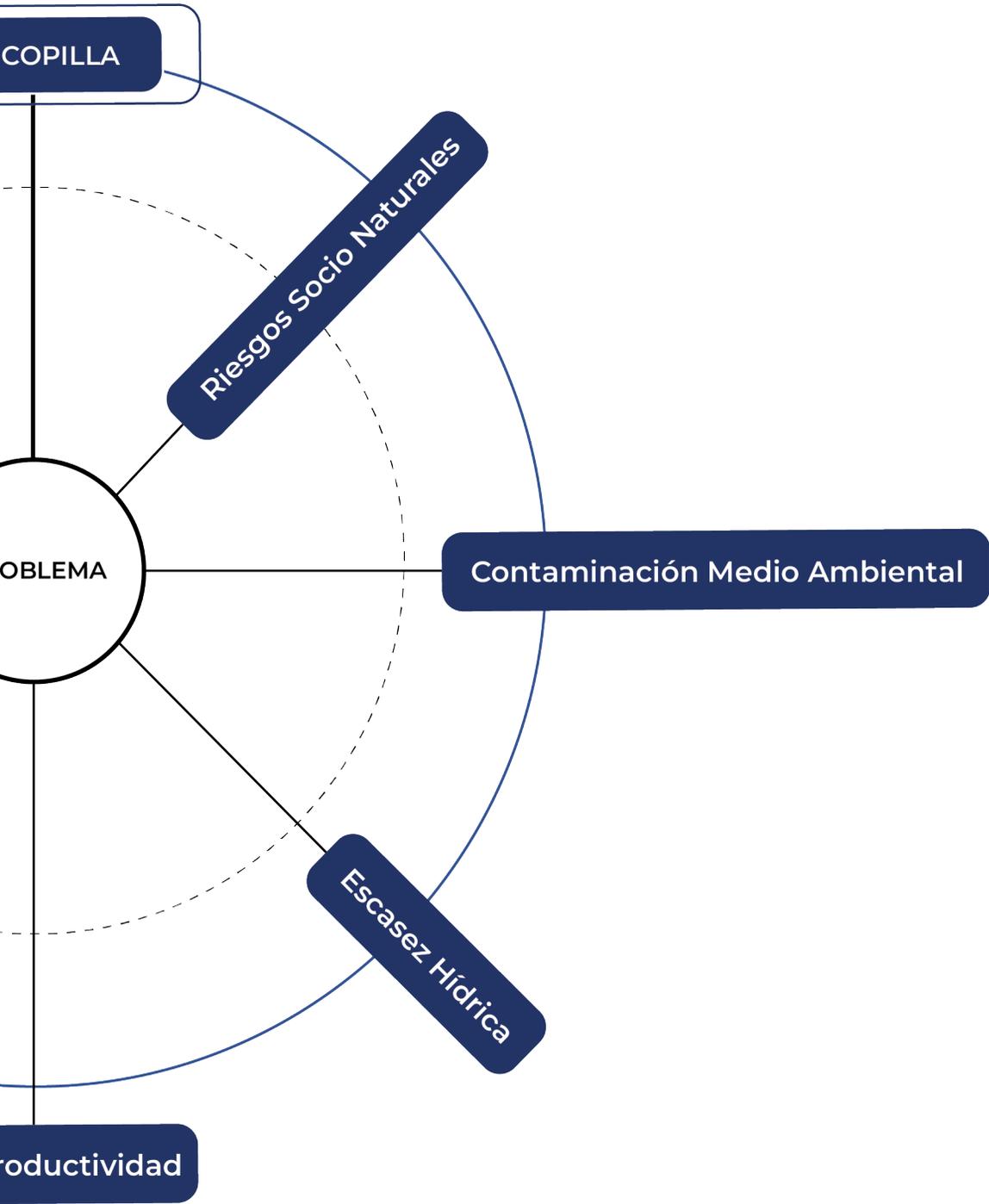
“La escasez hídrica como una oportunidad de reconversión productiva en entornos urbanos deficitarios como Tocopilla”

¿CÚAL?

Luego del proceso de investigación y análisis determinados de la provincia de Tocopilla considerando sus características; económicas, políticas, sociales y geográficas se logran identificar una serie de problemáticas que buscan ser abordadas a través de la disciplina de la arquitectura, mediante un proyecto urbano.

Aquello entendiendo que el lugar requiere de un trabajo en conjunto de muchas disciplinas que logren mejorar las condiciones de habitabilidad del lugar.





¿QUÉ?

De acuerdo al diagnóstico realizado de la Provincia de Tocopilla, entendiendo sus riesgos socio naturales, problemáticas medio ambientales, oportunidades y necesidades de las comunidades, se busca mediante una propuesta arquitectónica responder al qué hacer con la actual situación que acontece a la Provincia en torno a mejorar la calidad de vida urbana de la población gravemente afectada por la contaminación.

Se proponen 3 ejes principales de acción: Recuperación - Reutilización - Reconversión

Recuperación de los Ecosistemas Marinos y Terrestres a través de la reutilización del recurso hídrico y la remediación de suelos contaminados por acción industrial

Reutilización del Recurso Hídrico para la recuperación ecosistémica de los suelos dañados y además para responder a la situación de escasez hídrica que inhabilita la posibilidad de la generación de la agricultura en la localidad

Reconversión Productiva en torno a la creación de un Centro de Formación Técnico buscando generar especializaciones, empleos, relacionados además, a una reconversión energética en torno a la producción de energías renovables como alternativa de evolución de los procesos energéticos del lugar.

Componentes estructurantes del proyecto que buscan dar respuesta a las diferentes problemáticas identificadas de la provincia de Tocopilla.

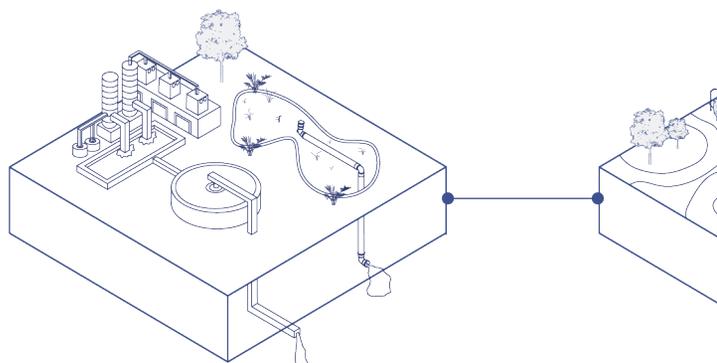
1 REcuperación

DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y TERRESTRES A TRAVÉS DE LA REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS Y REUTILIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

Componentes estructurantes

FORMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

ÁREA VERDE EQUIPAMIENTO



OPORTUNIDADES AGUA

Área Verde

Aguas Servidas

Infraestructura

Agua Desalinizada "Salmuera"

Españamiento

Agua Descarga C. Termoeléctrica

TRATAMIENTOS DE AGUA

Humedal Depurador de Aguas Servidas

Producción de Sal "Salmuera"

→ **2 RE**utilización → **3 RE**conversión

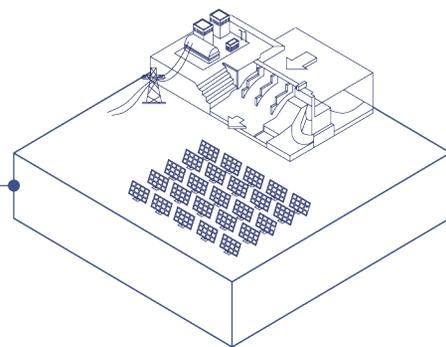
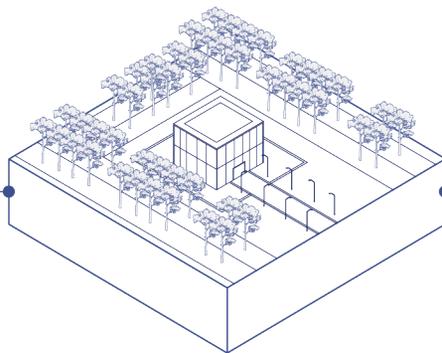
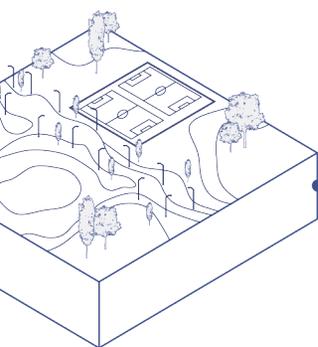
DEL RECURSO HÍDRICO PARA
 EFRENTAR LA ESCASEZ HÍDRICA,
 GENERAR ÁREA VERDE Y
 POSIBILITAR LA GENERACIÓN DE
 AGRICULTURA LOCAL

PRODUCTIVA CON LA CREACIÓN
 DE UN CENTRO DE FORMACIÓN
 TÉCNICA Y UNA RECONVERSIÓN
 ENERGÉTICA MEDIANTE ENERGÍAS
 RENOVABLES

DE Y
 ENTO DEPORTIVO

CFT, CENTRO DE FORMACIÓN
 TÉCNICA Y CULTIVOS FRUTALES
 CON AGUAS TRATADAS

PRODUCCIÓN DE ENERGÍAS
 RENOVABLES



de y Espacio Público
 Estructura Deportiva
 ento

ESPECIALIZACIONES TÉCNICAS

- Minería
- Tratamientos de Agua
- Producción de Cultivos con Aguas Tratadas
- Energías Renovables

Central Hidroeléctrica menor escala
 Energía Solar

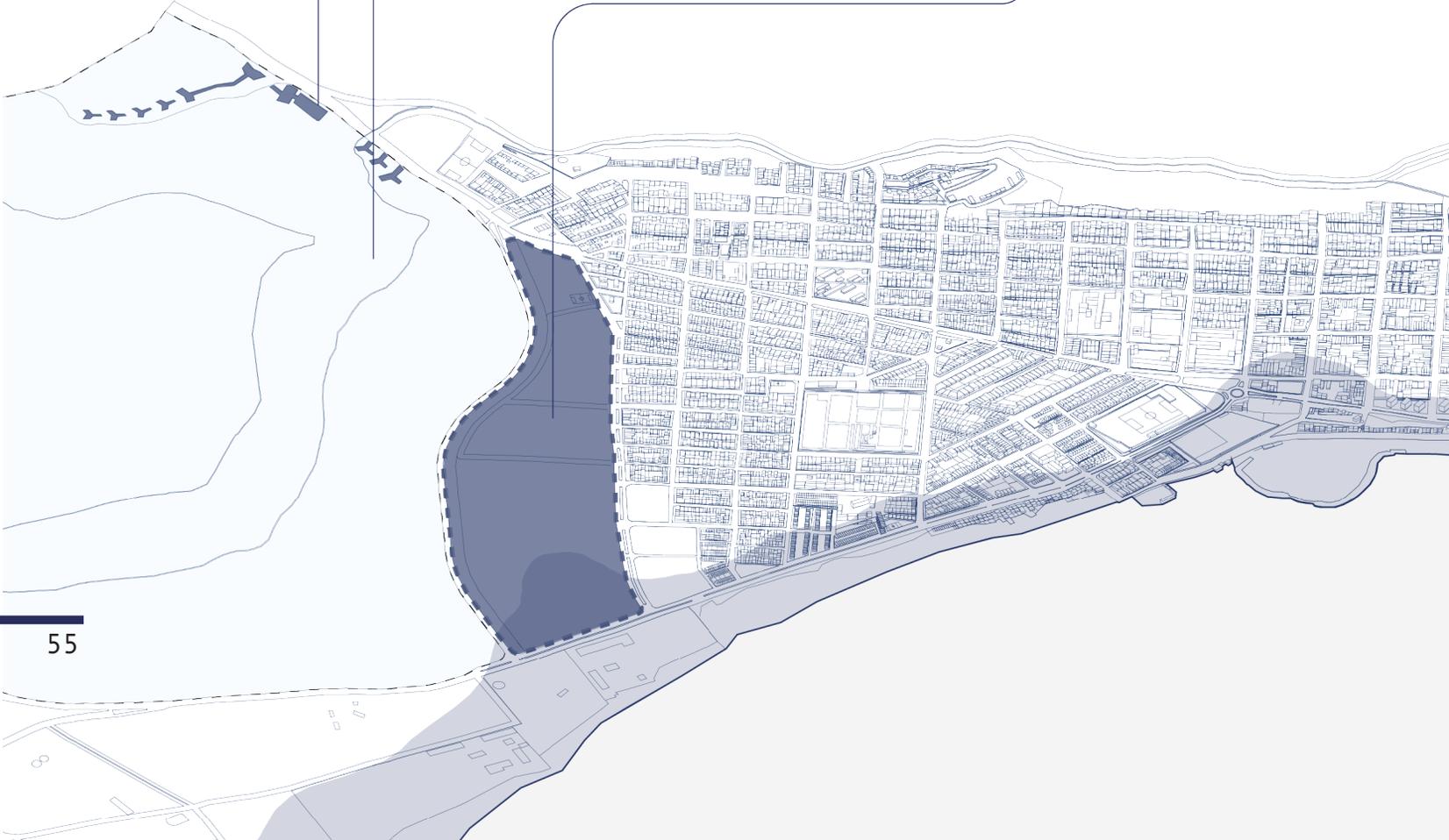
¿DONDE?

La **Quebrada Barriles** se sitúa como un espacio adecuado para la generación de un proyecto urbano, al estar expuesto a riesgos socio naturales de tipo aluvional y riesgo de tsunamis, siendo además un terreno con suelos contaminados con arsenico producido por la acción industrial.

Se establece como un terreno que brinda una gran oportunidad de recuperación medio ambiental para la localidad de Tocopilla, buscando generar además un espacio de encuentro para la población que pueda responder a la recuperación medio ambiental del lugar, reutilización del recurso hídrico y reconversión productiva, buscando brindarle mayores oportunidades de vida a la población. Mitigando los riesgos socio naturales presentes en la Provincia.

RIESGO ALUVIONAL
"QUEBRADA BARRILES"
PISCINAS ALUVIONALES, D

SUELOS CONTAMINADOS
CON ARSENICO
LÍMITE URBANO DE LA
CUIDAD, ZONA NORTE

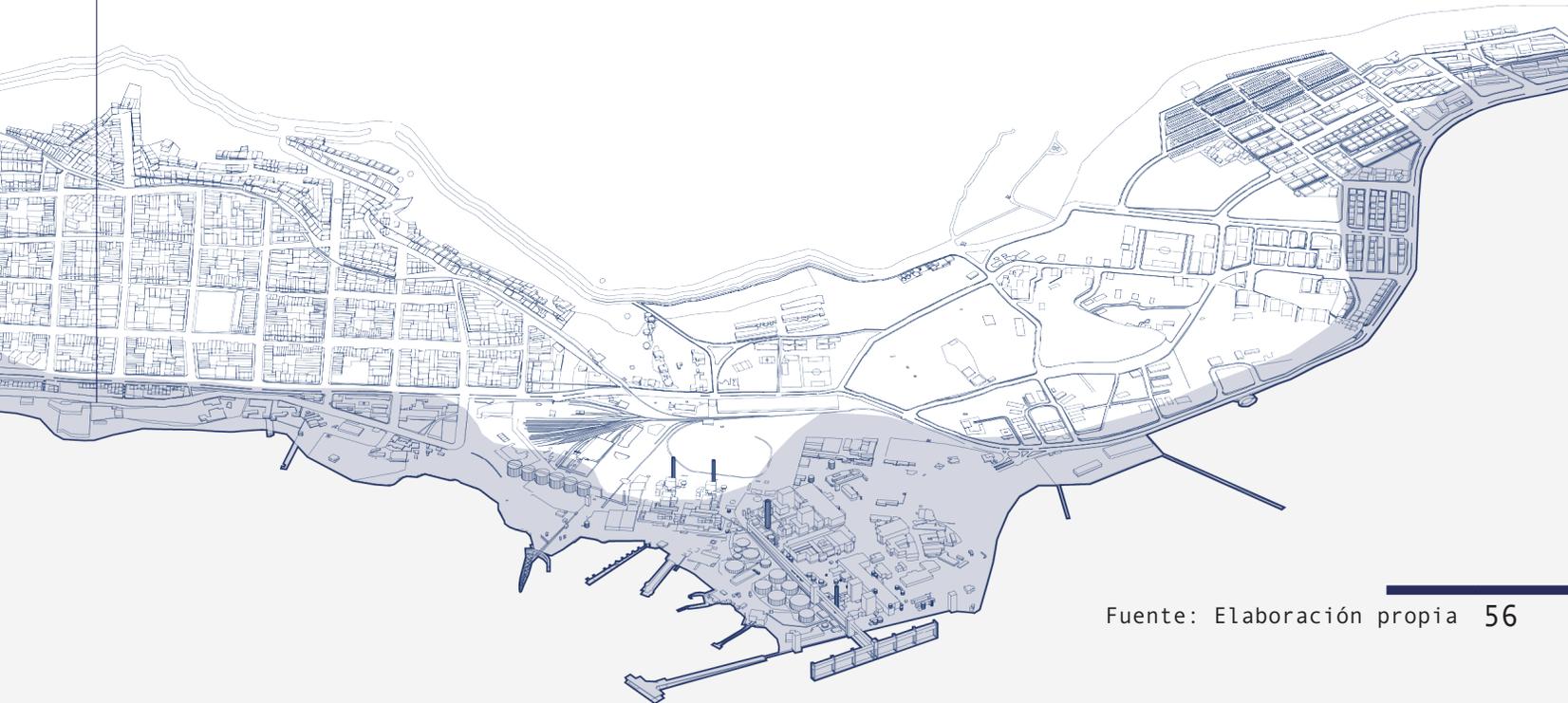




DH

RIESGO TSUNAMIS
COTA INUNDACIÓN
SHOA

PISCINAS ALUVIONALES
EXISTENTES
“QUEBRADA BARRILES”



¿COMO?

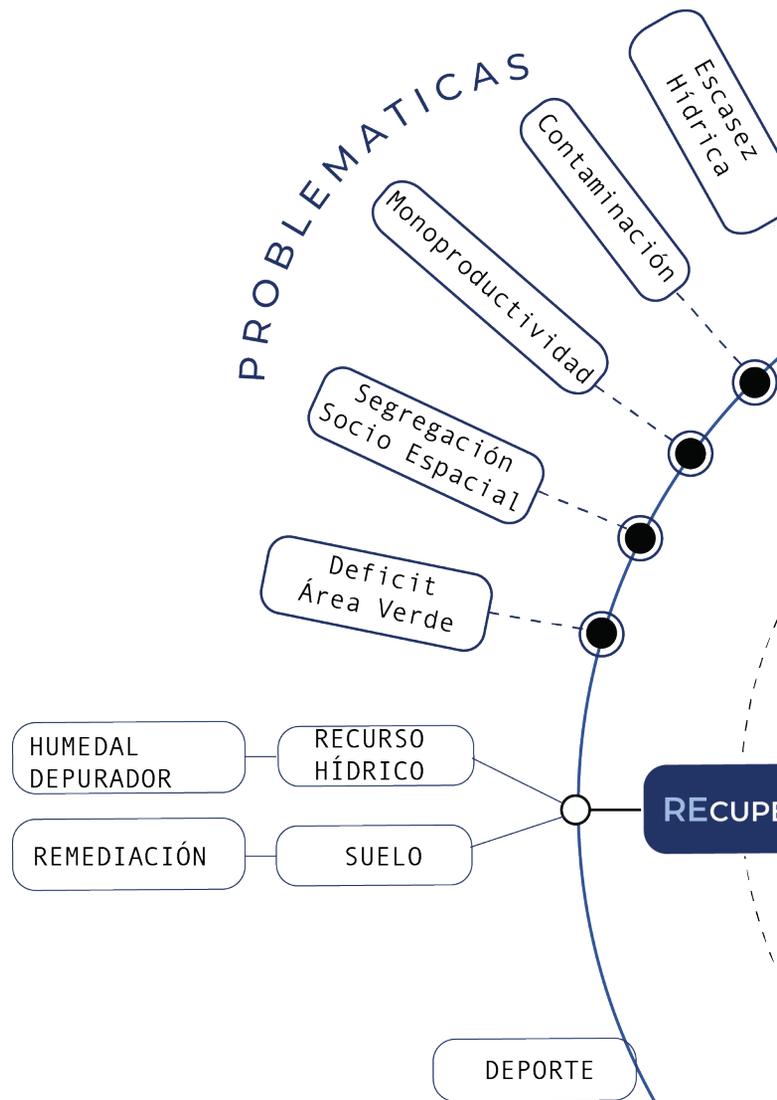
De acuerdo a las problemáticas identificadas anteriormente, se decide generar un proyecto urbano, a través de un **Parque** localizado en la “**Quebrada Barriles**”, que busca reunir las diferentes propuestas para cada una de las problemáticas señaladas.

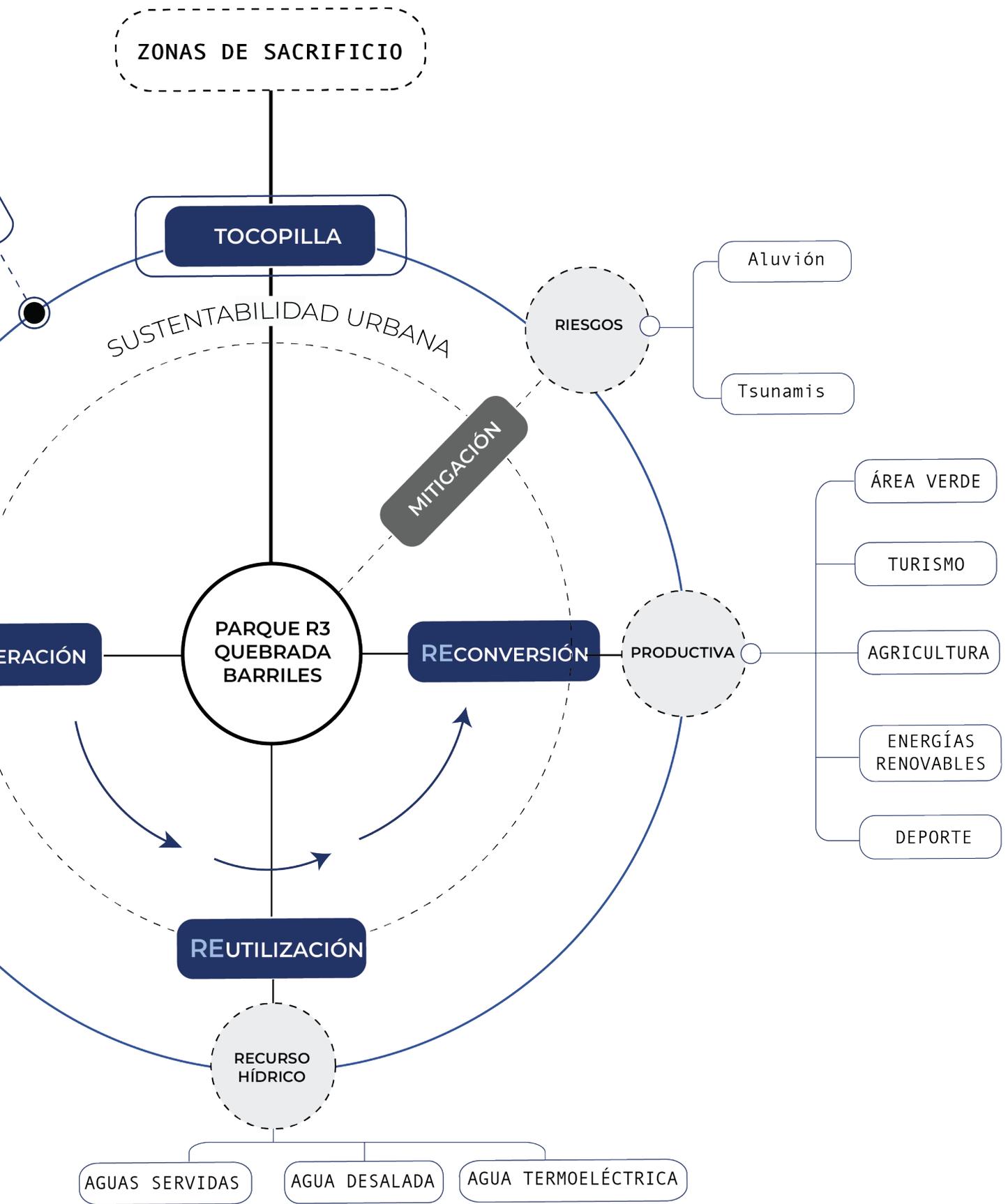
Recuperación-Reutilización-Reconversión, son los pilares fundamentales en los cuales el proyecto: **Parque Hidráulico Inundable R3, Tocopilla**, busca posicionarse como una propuesta arquitectónica urbana que en una **primera etapa** se basa en la recuperación ecosistémica del suelo contaminado mediante la remediación de suelos.

En una **segunda etapa** se encuentra la reutilización del recurso hídrico donde se toman las oportunidades de agua señaladas anteriormente en la investigación, mediante Humedales Depuradores de Aguas Servidas localizados en el parque. Unidos estos a la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de la Provincia ubicada al frente del terreno. Aquello con el objetivo de; generar área verde, regar el parque, generar agricultura local en el mismo terreno y elevar el m² de área verde/habitante de 1,3 a 10 mt² mediante la creación de un parque de 27 há.

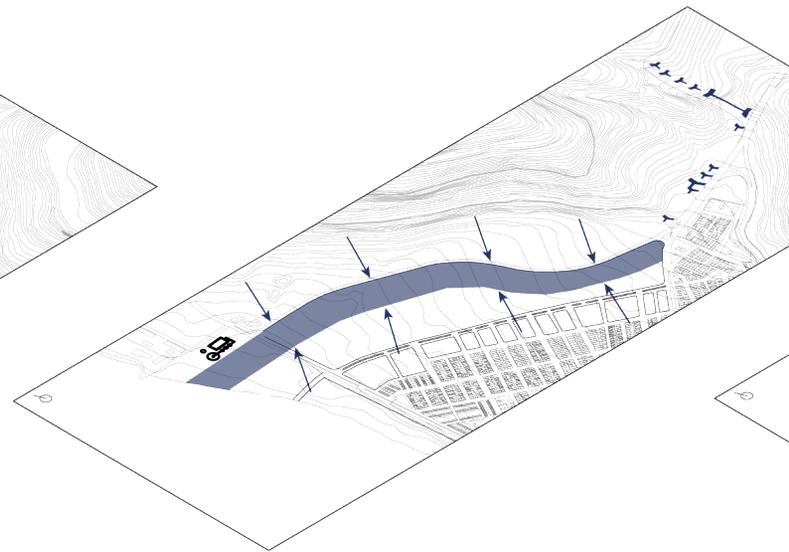
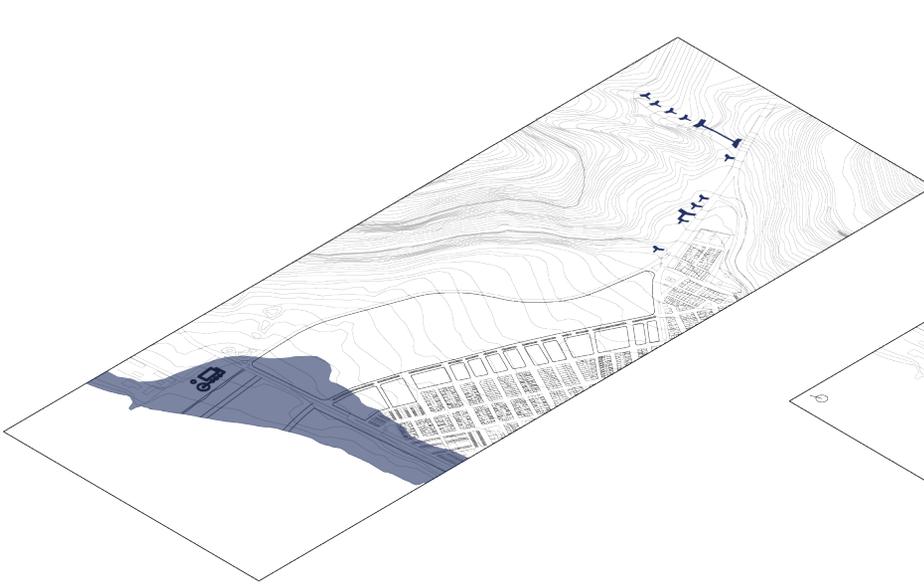
Finalmente, la **tercera etapa** que consiste en generar una reconversión de la base productiva mediante la creación de un CFT, Centro de Formación Técnica, que responde a la monoproduktividad que afecta a la provincia desde hace décadas, tomando además las energías renovables como una alternativa de evolución de los procesos energéticos.

Sumado a aquello se encuentran la exposición a los riesgos socio naturales de tipo **aluvional** y riesgo de **tsunamis** que son fundamentales en las estrategias a abordar en el proyecto y el diseño del mismo.





ESTRATEGIAS DE DISEÑO



1.- Mitigación Tsunamis

Se plantea la elevación del terreno hasta la última cota de inundación por Tsunami definido por Shoa.

2.- Mitigación Aluvional

Se plantea una franja aluvional complementaria a las obras hidráulicas existentes actualmente en la límite paralelo del terreno, se debe conducir el aluvión hacia el mar estabilizando el terreno.

Zona Inundable

Franja Mitigación Aluvional
Terrazas de Cultivos

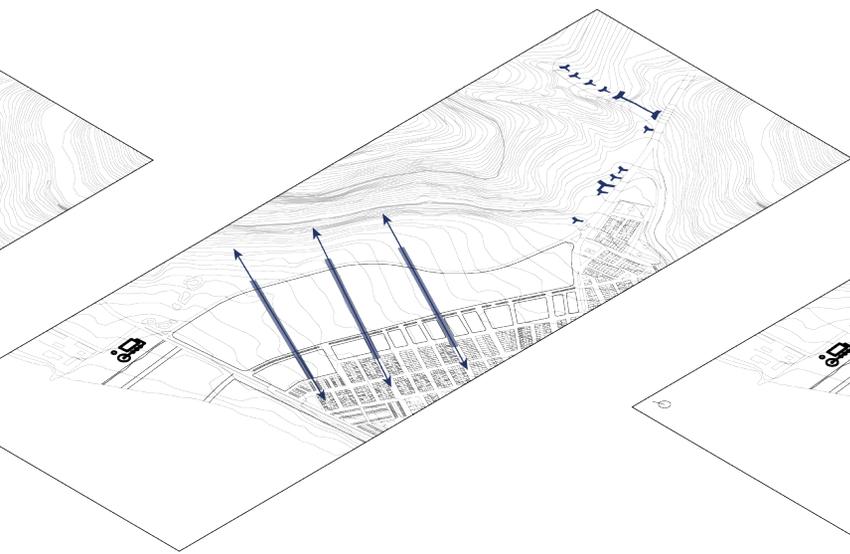
Zona Semi Inundable

Humedales Depuradores
Equipamiento Deportivo
Inundable

Zona no inundable

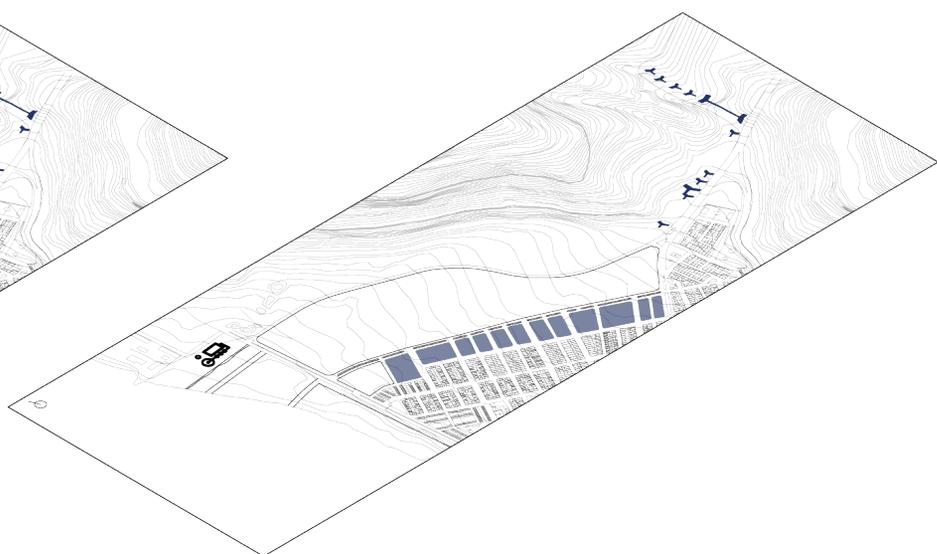
Equipamientos
Re Ubicación Viviendas
en zona segura





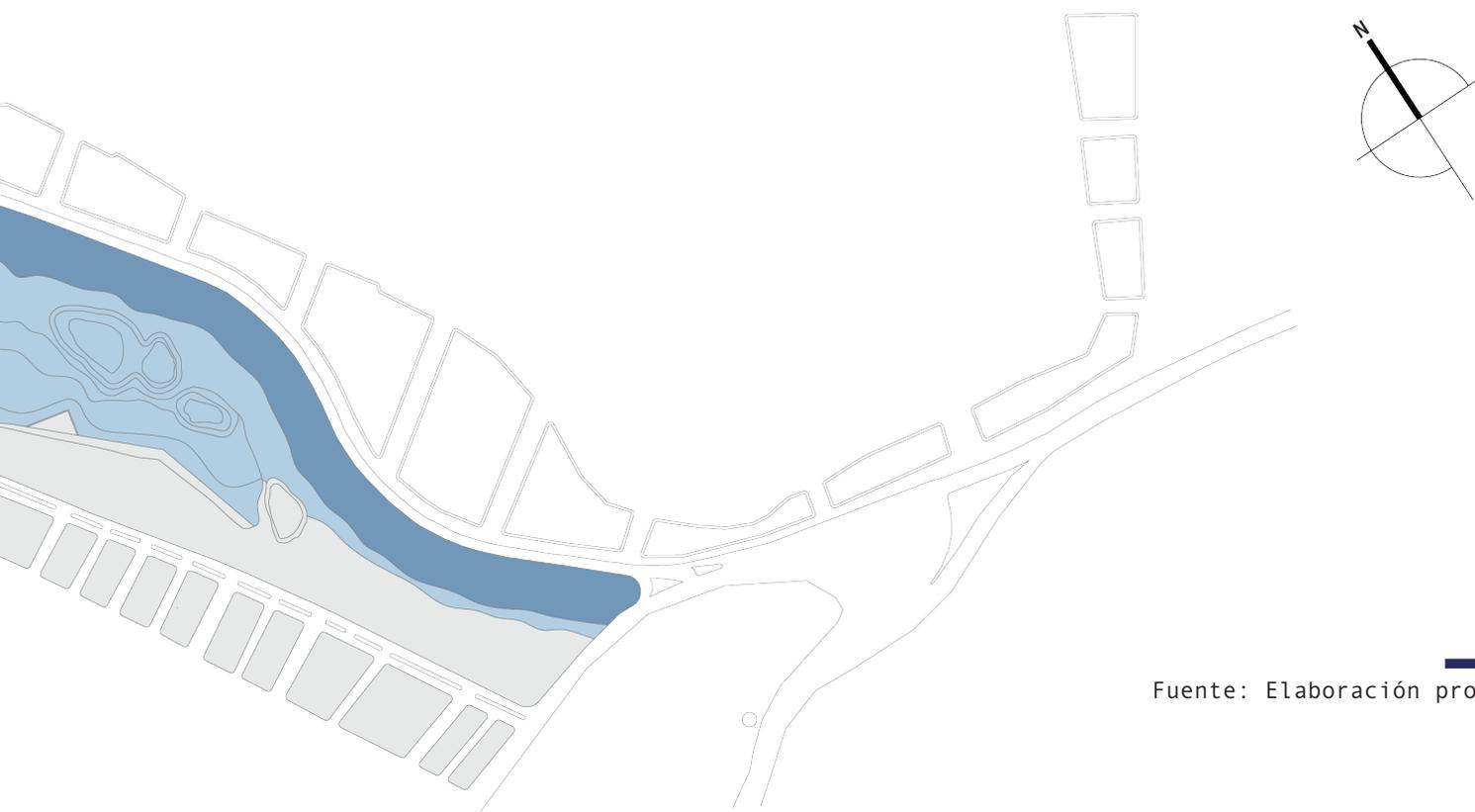
3.- Extensión de Ejes Viales

Se extiende la estructura vial actual para conectar con la zona norte de Tocopilla.



4.- Re Ubicación de Viviendas

De acuerdo a los requerimientos actuales de déficit de vivienda que posee la provincia se plantea una franja de vivienda paralela al parque.



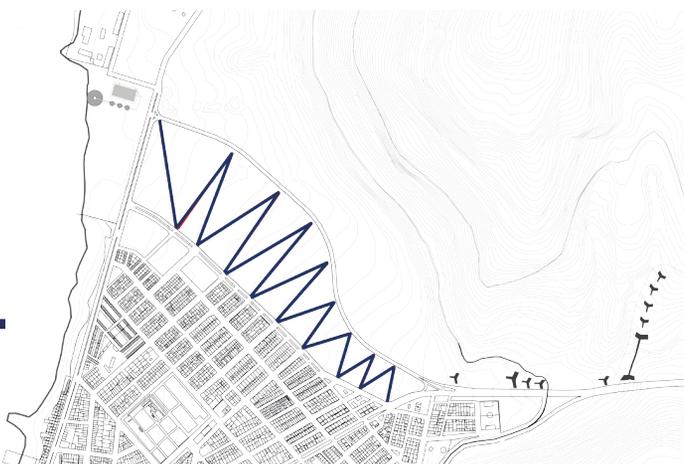
PROCESO

De acuerdo a la estrategia de diseño que busca mitigar el riesgo aluvional de la Quebrada Barriles, se realizaron reuniones con un representante de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) de Antofagasta, especialista en proyectos de mitigación aluvional de la Región. Donde se presentaron diferentes alternativas de mitigación aluvional complementarias a las piscinas aluvionales que ya existen en el límite norte del proyecto.

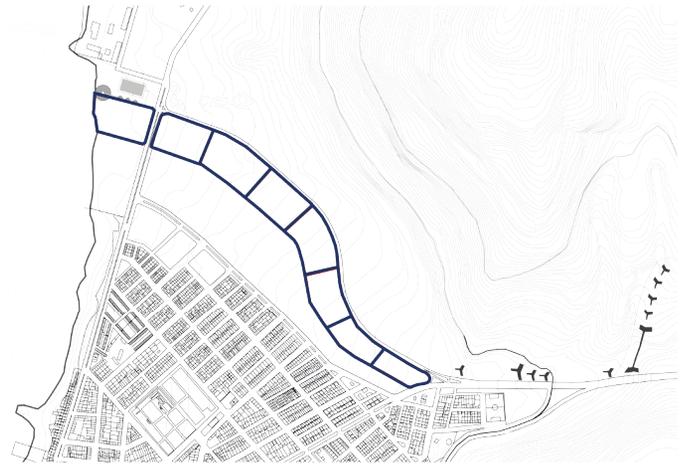
Aquello, entendiéndose que la solución responde a conocimientos de la ingeniería hidráulica y no de la arquitectura, debido a eso fue fundamental en el proceso de diseño, la colaboración de profesionales de ese sector, siendo un proyecto multi disciplinar que entiende que el diseño y ejecución del proyecto funciona en conjunto con diferentes disciplinas.

En conjunto con el representante de la DOH, se decide ejecutar la opción n°3, la cual mantiene el eje hidráulico en donde se encuentran las Piscinas Aluvionales existentes en la actualidad, por lo cual el proyecto de Parque Hidráulico Inundable complementa la mitigación ejercida por la obra Aluvional existente.

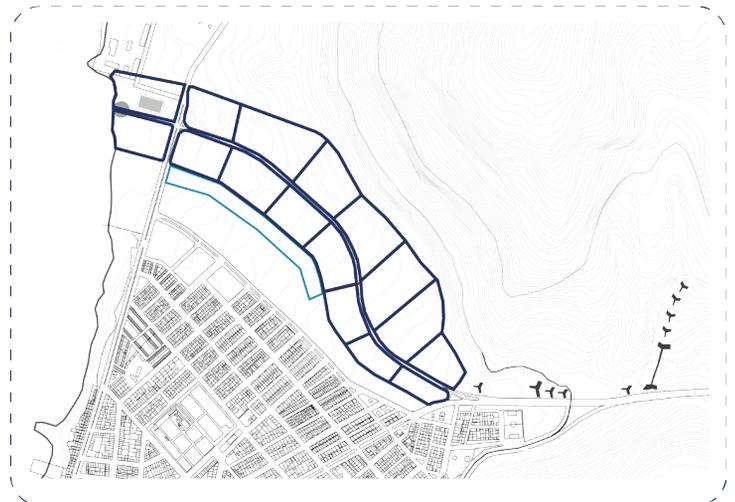
1.- Franja Obra Aluvional en Zigzag en todo el ancho del Parque



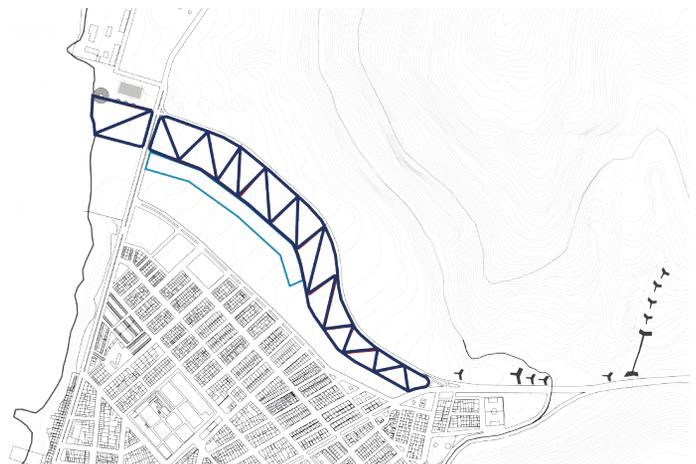
2.- Franja Obra Aluvional paralelo en un tercio de un Parque



3.- Doble franja de Obra Aluvional paralelo al parque. Continuación de las Piscinas Aluvionales existente + obra complementaria en mitad del ancho del Parque



4.- Franja Obra Aluvional en Zigzag en un tercio del ancho del Parque



IMAGINARIO DE LUGAR | CONCEPTO

Concepto

“Habitar la Grieta”

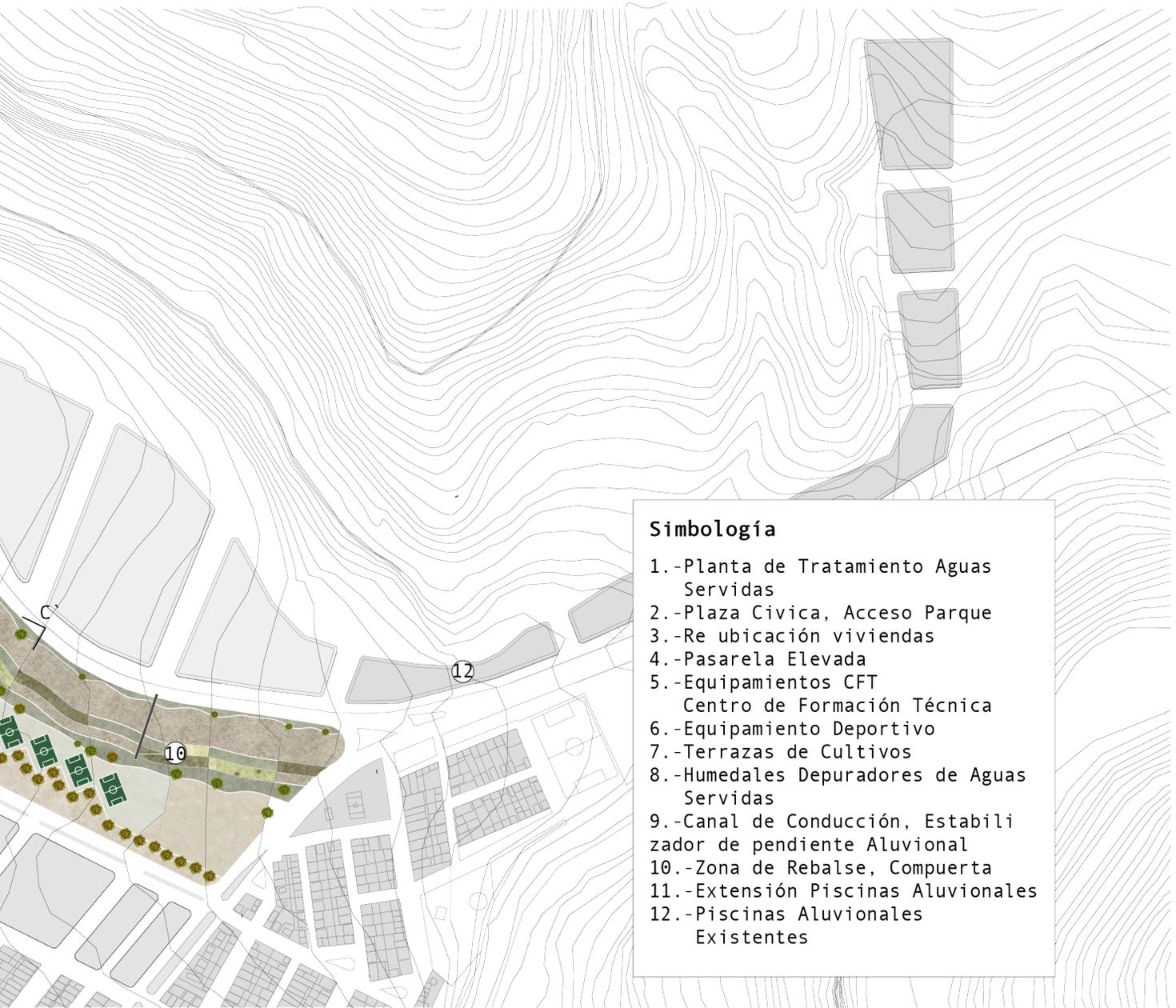
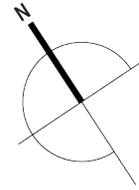
A partir de la experimentación material realizada surge el concepto de “Habitar la Grieta” relacionada directamente a las formas remotas e inhóspitas en cómo se habitan gran parte de la zona Norte de nuestro país, aquello entendido como territorios que se encuentran alejados los unos de los otros, sin embargo, siempre bajo una grieta se esconde un habitante que busca protegerse del sol y de las extremas condiciones en las cuales se habita.

El **Parque Hidráulico Inundable, R3, Tocopilla**, busca establecerse como un lugar de contemplación de la exuberante geografía que rodea el lugar, siendo un espacio de encuentro que busca reunir usuarios de todas las edades, promoviendo la vida en comunidad a través de actividades cívicas, artísticas, educativas, recreacionales y deportivas. Este proyecto además busca brindarle a las personas una reconversión educacional a través de un Centro de Formación Técnica, buscando otorgarle mayores oportunidades de crecimiento y del derecho a vivir en un espacio libre de contaminación y segregación socio-espacial.



PLANTA GENERAL





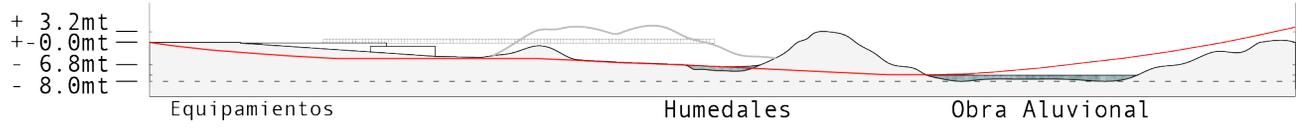
Simbología

- 1.-Planta de Tratamiento Aguas Servidas
- 2.-Plaza Civica, Acceso Parque
- 3.-Re ubicación viviendas
- 4.-Pasarela Elevada
- 5.-Equipamientos CFT
Centro de Formación Técnica
- 6.-Equipamiento Deportivo
- 7.-Terrazas de Cultivos
- 8.-Humedales Depuradores de Aguas Servidas
- 9.-Canal de Conducción, Estabilizador de pendiente Aluvional
- 10.-Zona de Rebalse, Compuerta
- 11.-Extensión Piscinas Aluvionales
- 12.-Piscinas Aluvionales Existentes

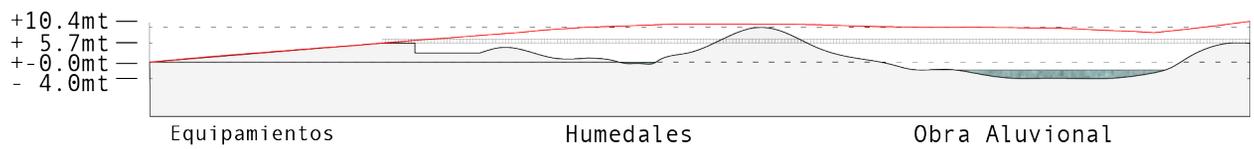
0 50 150mt

CORTES TOPOGRÁFICOS

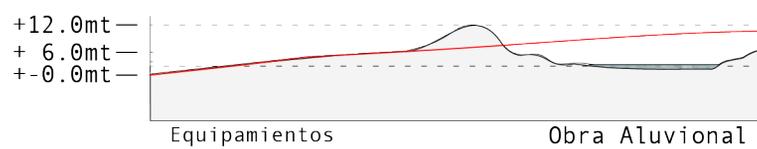
Corte Transversal A - A'



Corte Transversal B - B'

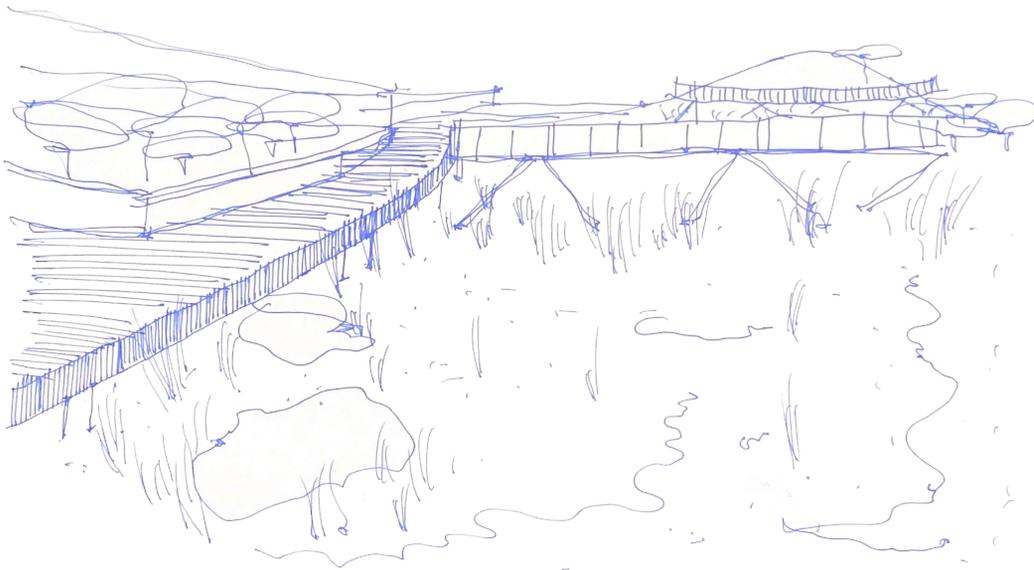
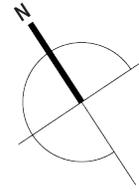


Corte Transversal C - C'



— Pendiente Existente

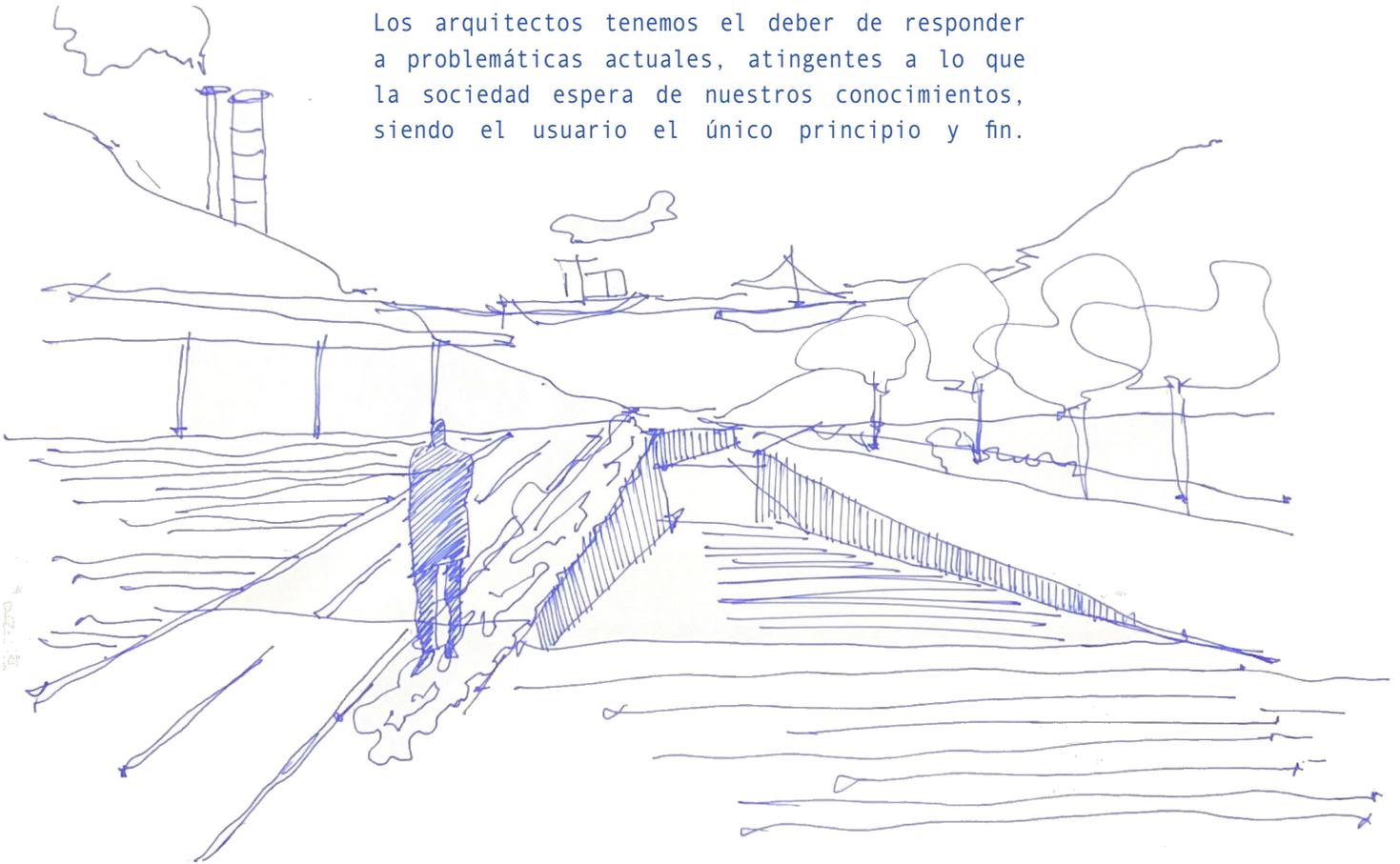




CONCLUSIONES

El principal objetivo del proyecto, es buscar cómo desde la disciplina de la arquitectura se pueden llegar a mejorar las condiciones de habitabilidad de un lugar, en equilibrio con el medio ambiente, brindando el derecho a poder vivir en un ambiente libre de contaminación medio ambiental. Dirigido a todas aquellas zonas que han sido vulneradas medio ambientalmente y que hoy refuerzan la igualdad que por años se les ha negado.

Los arquitectos tenemos el deber de responder a problemáticas actuales, atinentes a lo que la sociedad espera de nuestros conocimientos, siendo el usuario el único principio y fin.



BIBLIOGRAFÍA

Barrenechea Riveros, F. (2018). Gestión del riesgo de desastres en Chile: Avances y Debilidades. <https://www.observatorioubogrd.cl/descargas/GESTION%20DE%20RIESGO%20DE%20DESASTRES%20EN%20CHILE.pdf>

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile /BCN. (2020). Reportes Comunales. Gobierno de Chile. <https://www.bcn.cl/siit/reportescomunales/repordf.html?anno=2021&idcom=3304>

Comité Científico COP25. (2019). Océano y cambio climático: 50 preguntas y respuestas, Santiago, Chile.

División de Desarrollo Sustentable, Ministerio de Energía, Gobierno de Chile. (2016). Guía de Buenas Prácticas en el uso de agua para refrigeración de centrales termoeléctricas.

Eridanus & Fundación Chile. (2018). Recopilación histórica y representación espacial de eventos asociados a problemas de exceso hídrico: inundaciones, aluviones y tsunamis. Informe Final.

Flores Ramírez, T. (2020). Propuesta para el manejo y tratamiento de aguas de uso agrícola: aplicación en la zona Norte de Chile. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/176232>

Fundación Chile. (2018). Claves para la Gestión de Aguas Residuales Rurales. Primera planta de reúso de aguas tratadas en la región de Coquimbo, una experiencia replicable. Santiago, Chile.

Godoy Bravo, J. (2021). Análisis de disponibilidad de fuentes de agua en la zona Centro-Norte de Chile: potencial reúso de aguas servidas en el sector de agrícola y minero. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/182208>

Herrera, J. (17 de Enero de 2022). Más de la mitad de las comunas del país se encuentra bajo escasez hídrica y expertos llaman a adaptar ciudades. El Mercurio. <https://digital.elmercurio.com/2022/01/17/C/6J42RIFG>

Observa, Observatorio del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. (2019). PIB total y per cápita regional. Gobierno de Chile. <https://observa.minciencia.gob.cl/indicadores/contexto-socioeconomico/pib-per-capita-regional>

Programa de Reducción de Riesgos y Desastres, Unidad de Redes Transdisciplinarias, Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, Universidad de Chile (2020). Position Paper “Los territorios que habita(re)mos: ¿Qué futuro existe para las zonas de sacrificio?”. Position Paper No1, Serie Desastres Socio naturales. Santiago, Chile: Universidad de Chile.

Pimentel Beltrán, M. (2017). Parque urbano de mitigación aluvial Quebrada Barriles: sistema de remediación de suelos contaminados y expuestos a riesgos naturales en Tocopilla. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/147953>

Unión de Comunas de Zonas de Sacrificio. (2014). Unión de Comunas de Zonas de Sacrificio: Pliego de Peticiones. Comuna de Puchuncaví.

