

La Huella del Relave

Parque de Remediación del Relave La Africana
Reclamación de Paisajes Post Extractivos

Juan Elton Devés

Memoria de Proyecto de Título
Profesor Guía: Osvaldo Moreno Flores

Enero 2020

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo

fau

Resumen:

La discusión sobre el futuro de la remediación de los depósitos mineros en Chile se ha hecho central en los últimos años. Diferentes desencadenantes han hecho urgente el diseño de programas destinados a subsanar y recuperar los 743 relaves mineros que existen a nivel nacional. Uno de estos programas se emplaza en la ex mina La Africana, Región Metropolitana. El potencial económico del material, las modificaciones regulatorias y el cumplimiento de los estándares mínimos de habitabilidad han incentivado el reprocesamiento del material.

Estas iniciativas representan una oportunidad única para la industria minera chilena. Los modelos de gestión de impacto ambiental se han concentrado en la compensación ecológica utilizando diversos tipos de parques. Sin embargo, dentro de esta nueva noción de parque, no se ha considerado la remediación de relaves mineros.

El presente proyecto se construyó con el objetivo de obtener operaciones de proyecto de arquitectura del paisaje a partir del reprocesamiento del relave La Africana. Dentro de estas operaciones se buscó integrar el valor social para dar forma y uso a una nueva concepción de parque. Las operaciones se perfilaron bajo la idea de transformar el residuo en un bien de uso público, que generara beneficios ecosistémicos, sociales y económicos a futuro. Para lograr estos objetivos, se sumaron 4 etapas a las 7 ya planificadas para el reprocesamiento del material, sumando 11 años hasta la apertura del nuevo parque.

Si bien se reconocen limitantes, la reducción de la contaminación, la recuperación de ecosistemas, el incremento del bienestar de la población y la escalabilidad del proyecto, hacen de esta una propuesta con potencial de ser implementada.

Índice:

1. Introducción: La Africana, un relave urbano.....	7-9
2. Marco Teórico	11-19
a) La dimensión económica y social de los desechos mineros.....	12-14
b) Los parques urbanos y el paisaje post extractivo.....	15-19
i) El parque como respuesta.....	15-16
ii) Reclamación y diseño de paisajes post - extractivos: experiencia internacional.....	16-19
a) Parque Duisburg Nord, Alemania.....	16-17
b) Mina de Oro y Plata Martha, Nueva Zelanda.....	18
c) Mina de Carbón de Elkview, Canadá.....	19
3. Caso de Estudio: Relave La Africana.....	21-41
a) Presentación del caso.....	22-27
b) Objetivos.....	29
c) Criterios de análisis.....	29
d) Resultados.....	29-41
i) Factores antrópicos.....	29-30
ii) Factores abióticos.....	31-36
a) Hidrografía.....	31-33
b) Geomorfología.....	34
c) Geología estructural y orden del suelo.....	34
d) Meteorología.....	36
ii) Factores bióticos.....	36-39

a) Flora.....	36-37
b) Fauna.....	38

4. Operación: La Huella del Relave.....**43-63**

a) Caracterización del usuario.....	44
b) Participación ciudadana.....	45
c) Fase extractiva.....	45-55
i) Canal de contorno.....	45-46
a) Servicios ecosistémicos.....	46
b) Aproximación arquitectónica.....	46
ii) Obras preliminares.....	47-48
a) Servicios ecosistémicos.....	48
b) Aproximación arquitectónica.....	48-49
iii) Reprocesamiento, remediación y reforestación.....	50-55
a) Servicios ecosistémicos.....	50-53
b) Aproximación arquitectónica.....	54-55
d) Fase de Acondicionamiento.....	56-61
i) Circulaciones.....	56-57
a) Servicios ecosistémicos.....	56
b) Aproximación arquitectónica.....	56-57
ii) Miradores y servicios.....	58-59
a) Servicios ecosistémicos.....	58
b) Aproximación arquitectónica.....	58-59

iii) Accesos.....	60
a) Servicios ecosistémicos.....	60
b) Aproximación arquitectónica.....	60
iv) Edificio patrimonial.....	60
a) Aproximación arquitectónica.....	60
e) Línea de tiempo.....	62-63
5. Modelo de gestión.....	65-71
a) Superficies.....	66
b) Presupuesto.....	67-70
c) Estrategias de financiamiento.....	71
6. Impacto esperado del parque.....	73-75
7. Conclusiones.....	77-79
8. Referencias bibliográficas.....	81-83

1

Introducción

1. Introducción: La Africana, un relave urbano

Si se observa Chile desde el cielo, irrumpen en el panorama pequeñas marcas que como cicatrices revelan la huella de las faenas mineras en el norte y centro del país. Son los llamados “pasivos ambientales” de la minería o relaves mineros, un problema tan complejo que por décadas ha sido desplazado y traspasado de un gobierno a otro.

Según el catastro de SERNAGEOMIN (2019), Chile posee un total de 743 relaves que suman un volumen de 7.190 millones de metros cúbicos. Las regiones de Atacama y Coquimbo poseen la mayor cantidad de relaves a nivel país, con 161 y 386 relaves respectivamente. En términos de volumen, la Región de Antofagasta seguida de la Región Metropolitana (RM) concentran las mayores cantidades de desechos mineros. En la RM existen catastrados 27 relaves mineros, de los cuales 6 se encuentran activos, 15 inactivos y 6 en abandono, sumando un total de 2.029 millones de metros cúbicos de material. A su vez, a nivel regional existe una gran dispersión en la distribución de estos pasivos mineros, lo que en muchos casos implica la vecindad con áreas urbanas.

La creciente expansión de Santiago ha hecho urgente el diseño de programas destinados a subsanar y recuperar relaves mineros urbanos. Santiago ha cuadruplicado su superficie en los últimos 50 años y atraviesa por un nuevo proceso que añadirá 10.207 hectáreas a su radio urbano. Lo anterior trae consigo la posibilidad de emprender proyectos de vivienda en terrenos que pueden colindar con áreas morfológicamente inestables (Ferrando, 2008). Una de estas zonas de alto riesgo corresponde al relave de la ex mina La Africana situada en la comuna de Pudahuel, colindante con Maipú.

La Africana, con 24 hectáreas, conforma uno de los 27 depósitos mineros que posee la Región Metropolitana. Pese a que el relave se encuentra inactivo, la empresa propietaria busca comenzar con el reprocesamiento del material dado el descubrimiento de su potencial económico. De esta manera, se extraerán 1.8 millones de toneladas de material en superficie, las que serán transportadas a la ex

mina Lo Aguirre por un relaveducto para ser procesadas, depositadas y luego cubiertas por material arcilloso y suelos vegetales.

El relave en su etapa actual y futura trae consigo consecuencias adversas en los ecosistemas y la población a su alrededor. Este presenta una vasta extensión de material infértil, lo que aumenta las temperaturas del ambiente dañando la flora y fauna nativa del lugar. Por otro lado, el alto contenido mineral de este tipo de residuos, tiene directa influencia tanto en la polución del aire por acción del viento como en la contaminación por lixiviación de aguas subterráneas y superficiales. El impacto ambiental negativo aumenta aún más si se considera la contaminación que ocasiona la extracción y transporte del material. Estos fenómenos tienen consecuencias perjudiciales sobre la actual y futura población que ocupará los terrenos aledaños a La Africana de modo que, la recuperación del lugar será necesaria para asegurar una zona que cumpla con los estándares mínimos de habitabilidad.

Considerando estos antecedentes, no es sorprendente que la discusión sobre el futuro de la remediación de los depósitos mineros en Chile se haya hecho central a nivel nacional.



Fig. 1. Imagen actual del contexto del relave La Africana- Obtenida de Google Earth.

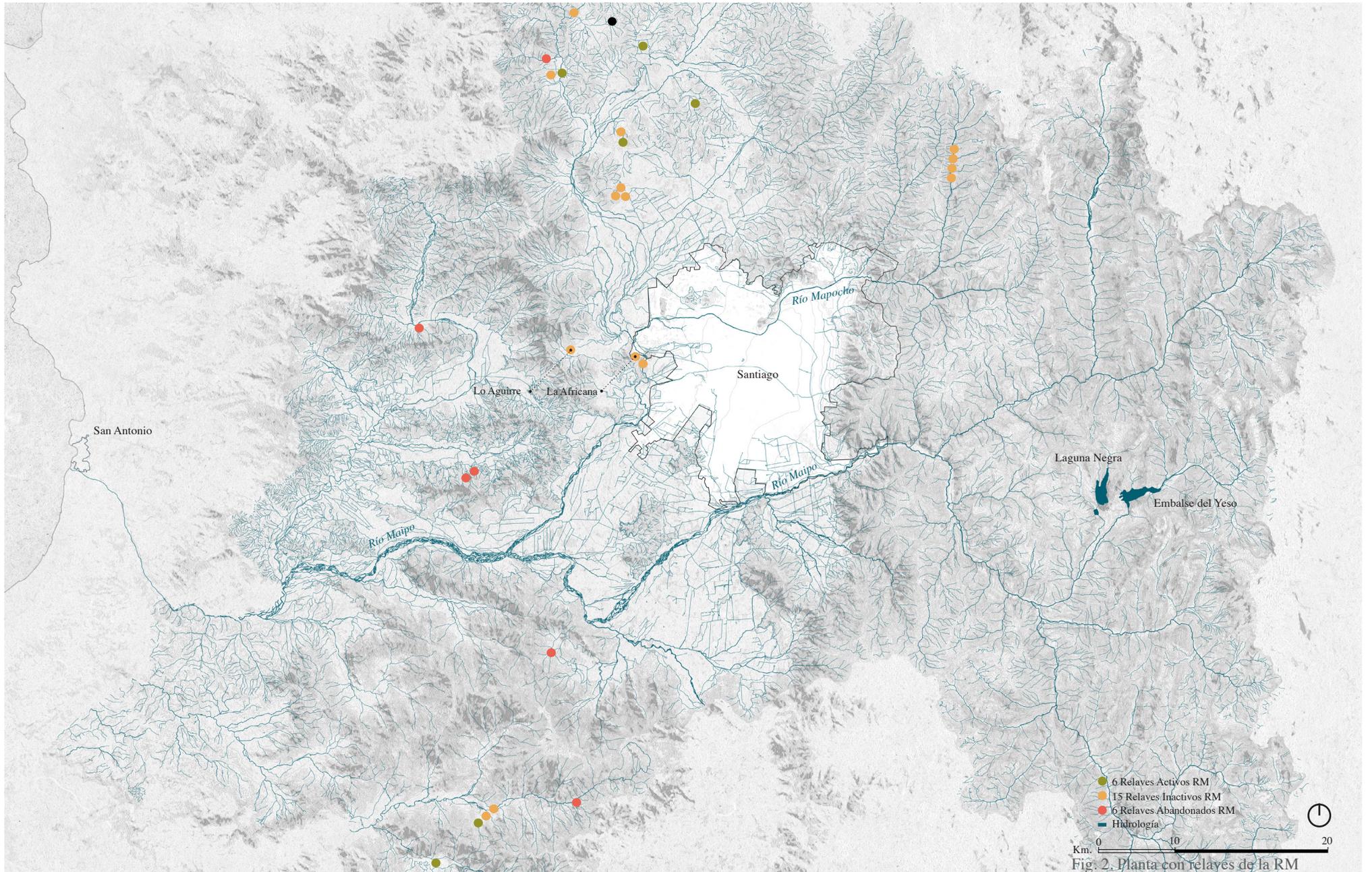


Fig. 2. Planta con relaves de la RM

2

Marco Teórico

2. Marco Teórico

a) La dimensión económica y social de los desechos mineros

Resguardar el entorno en el que se emplazan los proyectos mineros es uno de los ejes prioritarios de la actual administración del Ministerio de Minería. En el 2018, se definieron tres objetivos como parte de la Política Nacional de Relaves que incrementan la trazabilidad ambiental de los proyectos mineros: 1) monitorear los 101 relaves activos con ayuda de un observatorio; 2) reprocesar los relaves que aún tengan valor económico y; 3) impulsar la remediación de depósitos abandonados e inactivos. Bajo estos objetivos, a esta iniciativa se sumaron modificaciones a la ley 20.551 (2019), permitiendo que faenas de mediana minería puedan reemplazar recursos que tienen en este minuto en boletas de garantía para incentivar que se emprendan nuevos proyectos. Estos puntos implican nuevas responsabilidades para las compañías mineras que ahora por ley deben asegurar la preservación de los ecosistemas en los que se insertan sus faenas.

La nueva ley no sólo ha apuntado a resguardar los ecosistemas que comprometen las faenas mineras sino que también tiene como objetivo proteger la salud de los habitantes cercanos a ellas. La vecindad de relaves con áreas urbanas implica riesgos de contaminación de las aguas subterráneas y superficiales por lixiviación y del aire debido al material particulado MP2.5 que se desprende de los residuos. Los efectos perjudiciales de los relaves sobre la población humana han sido no sólo reportadas de forma consistente en la literatura internacional sino que también en recientes investigaciones chilenas (e.g. Health impact of living near an abandoned mine—case study: Jales mines. Adaptación ambiental y salud pública post aluvión: Chañaral y Atacama). De esta forma, en el año 2012, la Universidad Católica de Chile demostró que un 46,6% de los habitantes de la ciudad de Chañaral sufría males respiratorios tales como asma o síndrome obstructivo asociados a la acción de los residuos de relaves de cobre localizados en el sector. Estos datos corresponden a más del doble de afecciones promedio de Chile, corroborando el gran impacto de los residuos sobre la salud de la población (Cortés, 2012).

Pese a que en los últimos años se han propuesto y desarrollado modelos de

gestión de impacto ambiental para la industria minera chilena, estos escasamente han abordado la remediación de relaves mineros. Los trabajos de mitigación se han concentrado más bien en la compensación ecológica, esto es, la creación o restauración de hábitats en lugares alternativos a los afectados. De esta forma, el desarrollo de estrategias que minimicen el volumen de los desechos mineros tras el cierre de las operaciones ha sido escaso. Dos ejemplos de compensación ecológica Chile son: 1) El Humedal Laguna Conchalí y 2) El Parque Quilapilún.

El santuario de la naturaleza Humedal Laguna Conchalí, en la comuna de Los Vilos, es un terreno de 50 hectáreas (has) aledaño a las instalaciones portuarias de la Mina Los Pelambres. El sitio se encuentra en la desembocadura del río que acompaña río arriba a los residuos de la faena minera Los Pelambres (El Mauro) y posee un alto valor ecológico dado que representa a los humedales costeros de la zona mediterránea de Chile central. Dada su condición, Mina Los Pelambres tras adquirir el terreno se comprometió a manejar y preservar el ecosistema ahí presente a través de la construcción de un parque natural costero. Para el año 2004, el parque se adscribió a la convención RAMSAR de protección de humedales de importancia internacional, siendo así uno de los 13 sitios RAMSAR en Chile y el único que está protegido por una empresa privada (Centro Andrónico Luksic Abaroa).

Otro ejemplo de manejo ambiental que sigue esta línea es el Parque Quilapilún Colina, parque de flora nativa de 4.5 has. ubicado a un costado de la faena Los Bronces, perteneciente a la empresa minera internacional AngloAmerican. La empresa finalizó su construcción el año 2012 con el objetivo de posicionar a AngloAmerican como una empresa comprometida con la biodiversidad. Tras su construcción, el Parque Quilapilún se convirtió en el primer jardín botánico de especies nativas de la Región Metropolitana ofreciendo una serie de servicios enmarcados en la educación ambiental. La construcción también consideró áreas de recreación como zonas de picnic, juegos y un Centro Interpretativo Arqueológico, en el que se exhiben diversas piezas encontradas en la zona, tales como puntas de flechas y piedras tacita.

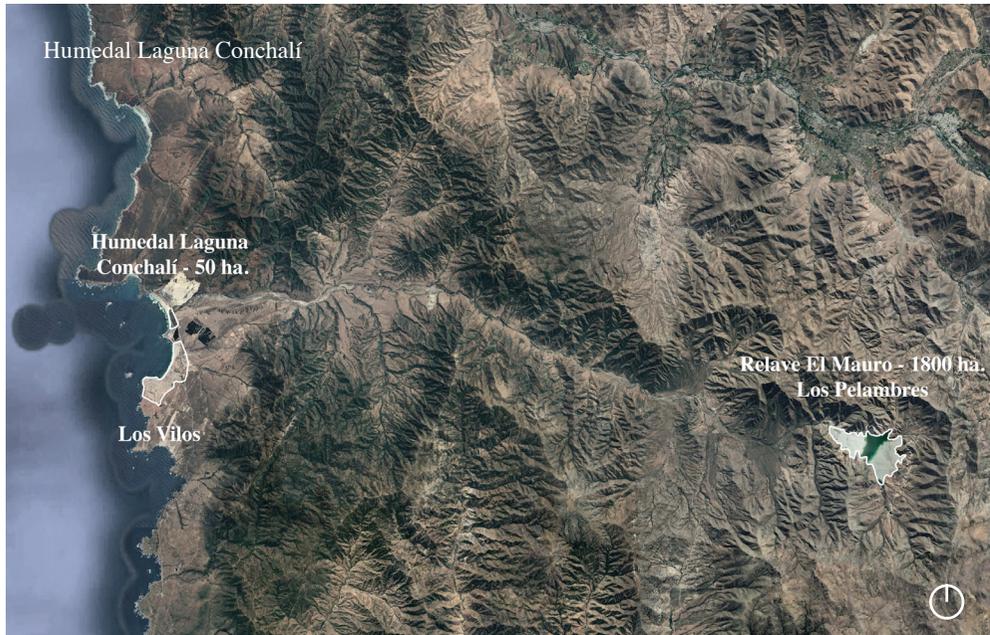


Fig. 3. Contexto Laguna Conchalí. Obtenida de Google Earth.



Fig. 4. Imagen Humedal. Centro Andrónico Luksic Abaroa. Obtenida de www.centrocala.cl



Fig. 5. Contexto Parque Quilapilún. Obtenida de Google Earth.



Fig. 6. Imagen al interior del parque Quiapilún. obtenida de www.landezine.com

Pese al gran avance en mitigación de impacto, en Chile el tratamiento y manejo de los relaves mineros no ha sido prioridad. Sin embargo, la experiencia internacional ha dado cuenta de estrategias exitosas que involucran la remediación y el uso alternativo del territorio. Hoy en día, existe consenso de que la gran cantidad de residuos deben ser estratégicamente gestionados de una forma que combine eficiencia económica y sustentabilidad ambiental. Los nuevos protocolos y guías para el manejo de relaves mineros han hecho énfasis en la necesidad de un enfoque interdisciplinario y transformacional que aplique los principios de la economía circular. Esta estrategia tiene por objetivo reducir tanto la entrada de materiales vírgenes como la producción al mínimo indispensable, apostando por la reutilización de los elementos que por sus propiedades no pueden volver al medio ambiente (Haas; Krausmann; Wiedenhofer; Heinz, 2015). La economía circular también propone la conversión de los residuos en recursos y la posibilidad de generar beneficios sociales a partir de flujos económicos pertenecientes al sector industrial (Stahel, 2016).

El manejo de relaves mineros incorporado los principios de la economía circular es cada vez más frecuente. En Vale, Canadá, se propuso generar una cubierta vegetal permanente a los deshechos mineros de cobre con el objetivo de suprimir el polvo, reducir la erosión y mejorar la biodiversidad en general. Para lograr esto, se lograron acuerdos de colaboración con una empresa local de aguas servidas para testear la aplicación de biosólidos (residuos obtenidos del tratamiento de aguas servidas) en los relaves de la mina. La empresa cubrió más de 150 hectáreas de relave con biosólidos municipales logrando establecer en todas las áreas el crecimiento vegetativo y la vida silvestre durante el 2019. Además de la restauración, el proyecto evitó que más de 25.000 toneladas (equivalente a 6 años) de biosólidos fueran depositados en vertederos. Además de los beneficios ecológicos, esta asociación entre empresas devolvería a los terrenos su capacidad productiva a futuro.

A pesar de los numerosos y recientes avances en la gestión de relaves mineros en términos económicos y ecológicos, recientes revisiones sistemáticas han dado cuenta de una brecha de proyectos que generen beneficios sociales a largo plazo (Tayebi-Khorami, Edraki, Corder & Golev, 2019; Aznar-Sánchez, García-Gómez, Velasco-Muñoz, & Carretero-Gómez, 2018). Esto es problemático dado que a menudo existen conflictos entre las empresas mineras y la comunidad debido a preocupaciones ambientales, sanitarias y de seguridad sobre las operaciones de la

empresa por parte de la población. Tales conflictos dificultan la creación del valor social en las actividades mineras con costos para el mismo negocio (Lacey, Malakar, McCrea, & Moffat, 2019; Tayebi-Khorami et al., 2019). Por lo mismo, prevenir lo anterior resulta esencial. Es más, la generación de beneficios sociales permite mayor competitividad, una mejor imagen y un acceso más fácil a recursos que finalmente aseguran la sostenibilidad de la actividad minera en el tiempo (Mason et al., 2014; Moffat et al., 2018; van der Plank et al., 2016; Lapalme, 2003).

Si bien la generación de valor social aún es escasa en el manejo de relaves mineros, existen casos de cierres mineros en los que esto sí se ha logrado. Por ejemplo, en Ruhr, Alemania, se realizó la reutilización adaptativa de los antiguos campos de extracción de carbón en una actividad conjunta que involucró la empresa minera RAG, instituciones estatales y municipalidades locales. Estas entidades propusieron activar un desarrollo sostenible en los pueblos de origen minero y visualizaron el cierre de la industria del carbón como una oportunidad para cambiar las estructuras industriales y urbanas locales. En lugar de tierras industriales, las antiguas áreas mineras se convirtieron en lugares vitales para asegurar la prosperidad económica de las ciudades. Las áreas industriales se transformaron en nuevas áreas con edificios, viviendas y parques para potenciar a pequeñas y medianas empresas.

La reestructuración de Ruhr también consideró la preservación y resignificación de la cultura industrial de la comunidad. Muchos proyectos contribuyeron a mantener el patrimonio industrial de la zona, rescatando y preservando un aspecto identitario de los habitantes de la región. El entorno construido incorporó elementos de relevancia social que permitió a los habitantes crear una relación con él a partir del reconocimiento de su memoria (Miller, 2011). Ejemplo de esto es la apertura de un sendero de 400 kilómetros con parques, museos y eventos culturales para que visitantes conozcan el pasado minero de la región. Lo anterior trajo consigo no sólo mayor desarrollo económico, sino que también benefició a las empresas al conseguir mayor legitimación de sus operaciones por parte de la población.



Fig. 7. Planta Proyecto Río Emscher (Landschaftspark Germany). urban-agriculture-europe.org



Fig. 8. Imagen Duisburg Nord por río Emscher. <https://www.cclr.org/duisburg-nord-landscape-park>

1. El término “sostenible” puede ser uno de los objetivos de visión comunitaria más comúnmente evocados en los tiempos contemporáneos. Sin embargo, el término es polifacético, controvertido y evolutivo (Snyder 2009). La idea del siglo XXI de un paisaje sostenible ha evolucionado hacia una comprensión matizada e interdisciplinaria de la sociedad y su contexto cultural junto con las cualidades de un ecosistema resiliente, capaz de resistir y recuperarse bajo condiciones ambientales, sociales o económicas impredecibles y adversas (Thayer, 1989; Corner, 1992; Klein, 2004; Evans y Jones, 2008).

b) Los parques urbanos y el paisaje post extractivo

i) El parque como respuesta

Acompañado de una transición tanto en Chile como en el mundo de economías industriales a economías de servicio, se ha creado un vasto inventario de grandes paños abandonados. Junto con ellos, viejas industrias, antiguos campamentos, vertederos cerrados y campos en abandono se han transformado en radicales nuevas formas de parques urbanos (Corner, 2007). Esta nueva noción de parque también ha derivado de otros conflictos urbanos. Así, la demanda por paisajes próximos a centros urbanos producto del crecimiento exponencial de las ciudades ha derivado en proyectos ubicados en territorios afectados por la actividad minera. Esta nueva concepción de “parque” dentro de territorios post-industriales y post-extractivos conllevan nuevos motivos ecológicos, logrados a partir de operaciones en el paisaje. Estas han sido menos obvias y entendidas en años anteriores, sin embargo, hoy son determinantes a la hora de planificar, diseñar y construir parques (Corner, 2007).

En la actualidad, los parques no son simplemente lugares con naturaleza, sino que son espacios diseñados, construidos y cultivados en un proceso que involucra múltiples factores. El criterio del lugar, los programas, la ecología, la política, la economía y las expresiones relevantes extraídas de ideas actuales son las que conducen un proceso de diseño (Corner, 2007). La ecología del paisaje, en un mundo globalizado y desequilibrado, se ha hecho principalmente importante debido a que los parques se exponen dramáticamente al clima, la geología, los horizontes y la vegetación espesa. Esto permite una gran diversidad de servicios medioambientales, los que representan los beneficios que las poblaciones humanas obtienen, directa o indirectamente, de las funciones de la biodiversidad y biseversa. Dentro de estas cualidades se encuentra la capacidad de los parques de disminuir algunos grados la temperatura respecto de la ciudad y de alojar especies animales y vegetales nativas, entregando la responsabilidad al medio ambiente local como agente colonizador. De esta forma, ya no sólo las razones de creación de los parques son físicas, de placer o culturales, sino que se busca la diversidad, el crecimiento e interactividad significativa de especies instigadas y apoyadas a lo largo del tiempo.

Es importante entonces comprender el parque como un proceso con múltiples funciones más que como un espacio acabado. El parque plantea el desafío de

resolver, además de las temáticas propias del diseño arquitectónico, el cómo funciona cada componente de forma individual y en su generalidad, dando lugar a un modelo de espacio sostenible. Así, en un paisaje degradado, la creación de nuevas ecologías no sólo responderá a las preexistencias, al entorno y a la abstracción, sino también a la capacidad de la flora, fauna y elementos antrópicos de entregar servicios restaurativos. Este nuevo modelo ampliaría la oferta programática del sector en el cual se ubica, explorando las posibilidades que presentan los paisajes post-industriales para acoger nuevos usos.

De esta forma, la singularidad que presentan los proyectos de restauración ecológica de paisajes post extractivos suma una nueva función al parque actual: la de convertir en recurso el residuo. Es por esto que a las características que definen tradicionalmente un parque se suma el convertirlos en el elemento conciliador entre un pasado desgastante y un futuro próspero. De esta manera, el diálogo entre ciudadano y espacio libre podrá incorporar entre sus elementos el tópico de la actividad que degradó el lugar y la manera de resignificarla dentro del programa del parque. Por medio del diseño arquitectónico sensible y la relación del territorio con su historia, será posible potenciar las singularidades del lugar.

Por último, las operaciones de reincorporación al medio donde se emplazan los territorios degradados, plantean la necesidad de incorporar infraestructuras coherentes a su situación. Para lograr esto, el proyecto de arquitectura del paisaje debe construirse por medio de operaciones restaurativas, más que como objetos acabados. A su vez, los procesos de diseño deben atravesar un proceso de participación ciudadana, donde sean los actuales y futuros vecinos de los espacios degradados los que guíen los diseños, contribuyendo a la apropiación del espacio en construcción y asegurando su éxito en el tiempo. A estos espacios, Batlle (2011) le da el nombre de “entornos con valor añadido” y señala con respecto a ellos que:

“...aspiran a ser algo más que correcciones ambientales bien realizadas: quieren tener sentido por sí mismos, convertirse en un hecho paisajístico superior a la intervención concreta que acompañan. Se trata de actuar con energía con los materiales propios del paisaje, evitando el desastre y diseñando la naturaleza con la confianza de que se está buscando un mundo mejor” (p. 173).

ii) Reclamación y diseño de paisajes post - extractivos: experiencia internacional

Diversas experiencias internacionales han desarrollado estrategias para la recuperación de espacios degradados por la minería. A continuación, se expondrán tres casos, los que en conjunto reúnen diferentes operaciones como caminos para enfrentar el proyecto de arquitectura del paisaje. Estos son: a) Parque Duisburg Nord, Ruhr, Alemania, parque que integra los aspectos culturales asociados a la memoria en el proyecto de arquitectura; b) Mina de Oro y Plata “Martha”, Nueva Zelanda, proyecto que utiliza la creación de servicios ambientales como producto de la actividad minera; c) Mina de Carbón de Elkview, Canadá, proyecto académico que explora las potencialidades arquitectónicas del cierre de faenas mineras en enclaves ecológicos.

a) Parque Duisburg Nord, Ruhr, Alemania

Dentro del plan de restauración del pasado minero de la región de Ruhr se encuentra el caso puntual del Parque Duisburg Nord. La principal estrategia de diseño del proyecto se basó en la reinterpretación de la memoria del lugar la que fue planteada como una evolución según la conexión que presentaban las personas con el lugar. Con este fin, se reutilizaron elementos que pertenecían a la faena minera tales como naves, hornos y chimeneas, bodegas, tanques y una faena subterránea de carbón.

Dada la fragmentación del territorio producto de las instalaciones y vías de circulación vehicular y ferroviarias, se buscó poner en valor la complejidad del paisaje modelado por la actividad industrial. Esto se llevó a cabo atribuyéndoles un carácter ecológico perdido, otorgando nuevas opciones de uso a dichas infraestructuras. Se propuso que la propia fragmentación se potenciara con diversas intervenciones de elementos naturales, transformando a las preexistencias en los elementos articuladores de las nuevas zonas y espacios. De esta manera los elementos estructurantes del parque serían calles, canales y diques pertenecientes a la actividad industrial, a los que se sumaron senderos peatonales, ciclovías y calles con el objetivo de potenciar la red.

La aproximación arquitectónica al paisaje post- industrial se organizó en capas, donde cada fragmento industrial fue considerado una de ellas. Son cuatro: 1) Parque Ferroviario: Las líneas férreas elevadas constituyen la capa superior y son

resignificadas como senderos que ofrecen circuitos y vistas con hasta 12 metros de altura. 2) Parque del Recorrido: Se compone por paseos a nivel de suelo y se complementan con vegetación y piezas industriales. 3) Parque Acuático: Corresponde a la capa más baja del proyecto. Se desarrolla en la ribera del Río Emscher y se compone además por canales, diques, piscinas de retención y de tratamiento, todo como parte del sistema hídrico implementado para separar aguas lluvia de aguas servidas y aguas en tratamiento.

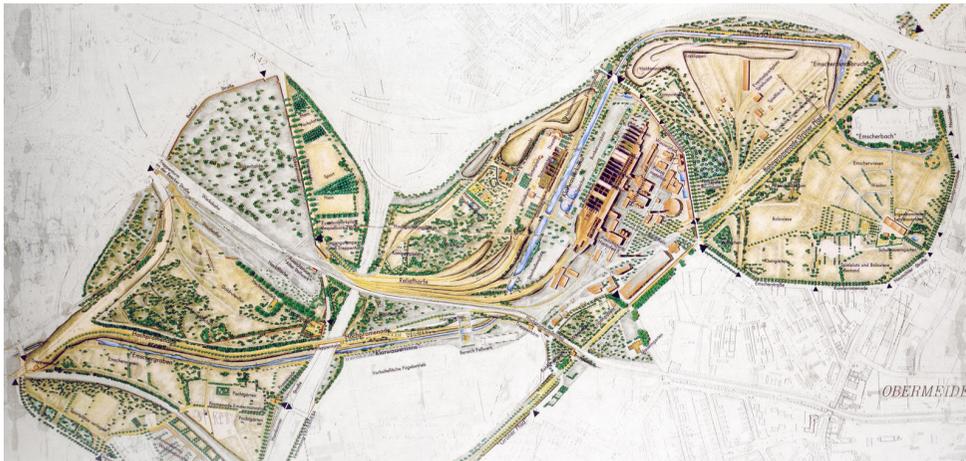


Fig. 9. Planta general Parque Duisburg Nord, Alemania - Arquiscopio.

Los principales desafíos correspondientes a problemáticas ambientales al momento de proyectar el parque se pueden dividir en tres grandes perturbaciones. En primer lugar el río Emscher conducía aguas provenientes de escorrentía de los suelos contaminados y aguas servidas para lo que se construyó una tubería de 3,5 m de diámetro paralela al cauce del río que transportara las aguas servidas a una planta de tratamiento. Las aguas lluvia serían transportadas por el río mediante su acumulación y oxigenación en edificios y zonas específicamente diseñadas para este fin. En un segundo caso, muchas zonas del parque contenían altas concentraciones de contaminantes peligrosos para la salud, por lo que se buscó la incorporación de procesos de remediación al parque. Este contempló diferentes niveles de restricción de acceso al público y actividades adaptadas a la estabilidad química del sitio. Así, por ejemplo, la antigua planta de coque, altamente contaminada por hidrocarburos

poliaromáticos (HCP) lleva un proceso de fitorremediación que tomará décadas por lo que fue adaptada para usos temporales como caminata o ciclismo. Por otra parte, las líneas férreas y el patio de maniobras del parque fueron cubiertos parcialmente con escombros de demolición con alto pH con el fin de inmovilizar los metales pesados y HCP. En un tercer caso, se resolvió el acopio de residuos a través de su remoción y acumulación en las antiguas carboneras los que fueron sellados y cubiertos con “techos-jardín”. Estos múltiples escenarios de uso buscan, tal como señala Latz (2001): “jugar con las distinciones entre natural y artificial, mientras confunde nuestra definición de parque” (p. 165).



Fig. 10. Corte Duisburg Nord - Pinterest; Fig. 11. Imagen Duisburg Nord - Pinterest.

c) Mina de Carbón de Elkview, Canadá

En un tercer caso, la Mina de Carbón de Elkview, Canadá, se tornó en caso de estudio de la Universidad de British Columbia sobre rehabilitación de paisajes afectados por actividad minera. El estudio se basó en el seguimiento cronológico del proceso a cincuenta años, tiempo en el cual se consideró que el ecosistema estaría lo suficientemente maduro para mantener su equilibrio sin ser monitoreado.



Fig. 15. Imágen aérea de Mina de carbón de Elkview. Obtenida de Google Earth.

El proyecto abordó dos objetivos que por ley se exigían a los procesos de cierre de minas en Canadá: 1) Proteger la integridad química, física y biológica del agua; 2) Reconstruir los contornos originales del sitio explotado (geometrías previas a la actividad minera) y proveer de oportunidades para la reintegración de la flora y fauna. A estos, los autores sumaron los siguientes objetivos: 1) Retener el paisaje creado por la industria minera. 2) Introducir sistemas relacionados con las personas (recreacionales, culturales y económicos) 3) Integrar formas alternativas de captación y/o generación de energía 4) Considerar generadores económicos a largo plazo 5) Utilizar sistemas de desarrollo a largo plazo (tiempo, crecimiento y sucesión como herramientas de diseño).

La restauración de los terrenos afectados se abordó desde tres perspectivas sistemáticas: la ecológica, la antrópica y la industrial. La perspectiva ecológica se organizaba en una sucesión de etapas para la reintroducción de flora y fauna local mientras se mantienen las características del paisaje minero (nuevas topografías). La variable antrópica, desarrolló la introducción de sistemas relativos a usos recreacionales e investigación científica. Los autores (2010) concordaban que los paisajes industriales eran inusuales y atractivos y proveían potenciales provechos que en su estado inicial no tendrían. En último lugar, la perspectiva industrial abordó los temas relativos al paisaje físico y sistemas de provisión de energía.

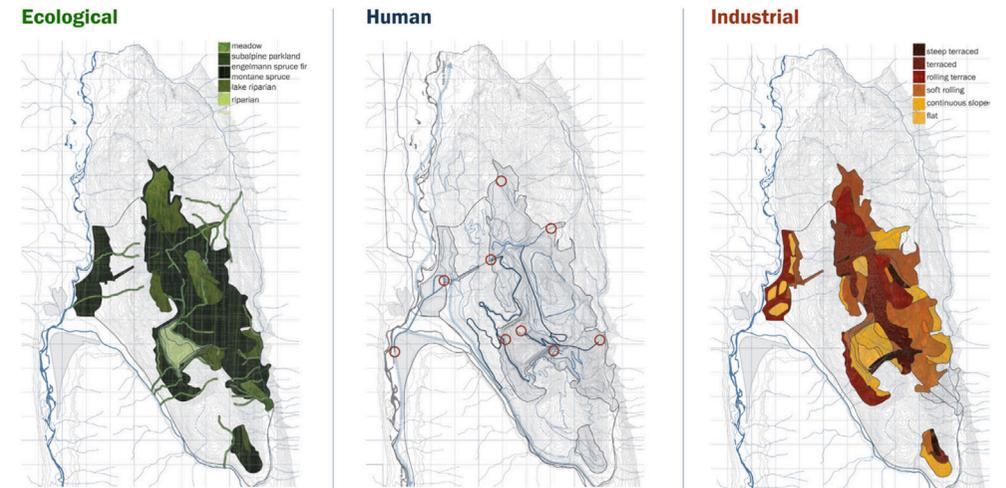


Fig. 16. Tres capas de información del Proyecto. Obtenidas de Buchko & Hitch (Autores).

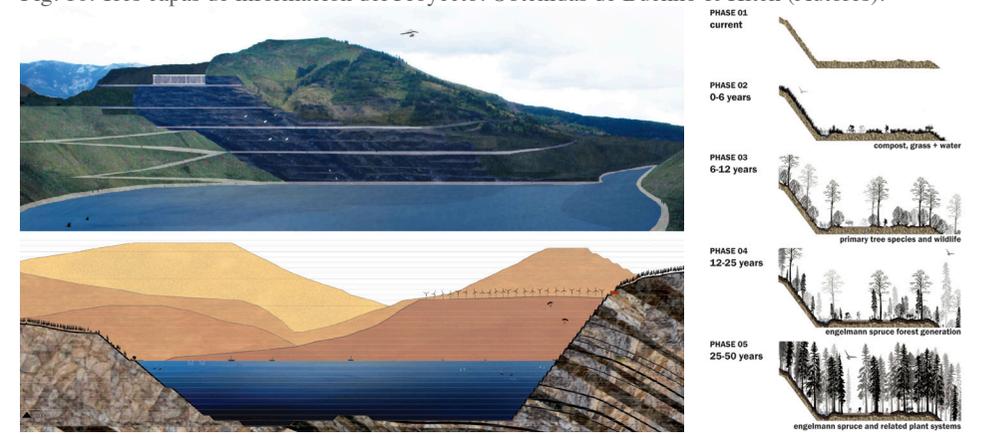


Fig. 17. Retención de geometrías mineras; Fig. 18. Sucesión ecológica. Ambas de Buchko & Hitch

3

Caso de Estudio

3. Caso de Estudio: Relave La Africana

a) Presentación del caso

La ex faena mina “La Africana” se ubica en la Región Metropolitana, comuna de Pudahuel. Está situada en la ribera poniente del Río Mapocho, en los faldeos del cerro Lo Aguirre. Esta, se encuentra cercana al kilómetro 10 de la Ruta 68 y a 12 kilómetros al Este de la ex mina Lo Aguirre. Ambas minas, La Africana y Lo Aguirre, son propiedad de la MINERA NUEVA PUDAHUEL SA. (NPSA), los que desde 2009 buscan materializar un proceso de cierre para dichos casos.

El yacimiento “La Africana” se mantuvo en operación durante 21 años, paralizando su faena extractiva en el año 1978 por agotamiento de mineral. Dicha faena, iniciada en el año 1957, se desarrolló bajo la modalidad subterránea, con operaciones de chancado, molienda fina y posteriormente concentración de mineral por flotación de sulfuros. Esta faena se desarrolló dentro de diversas infraestructuras construidas para este fin las que necesitaron de una red de caminos para llevar a cabo el proceso.

La extracción del material tuvo diversas consecuencias negativas. Por un lado, producto de la extracción subterránea y la condición sísmica de Chile, hubieron derrumbes a lo largo de toda la excavación, conformando una zona restringida al paso. Por otro lado, como resultado de la operación, se generaron residuos cercanos a 1,8 millones de toneladas, los que formaron un depósito de relaves ocupando 24 hectáreas de las 80 totales que conforman el predio. Para la contención de dicho depósito, se contó con una tecnología muy precaria respecto de los métodos constructivos actuales para depósitos de relaves. En la ocasión, se optó por la construcción de un muro bajo una normativa anterior a la de 1970, donde se desestimaron las posibles crecidas del río Mapocho, exponiendo a estos residuos a desastres naturales. En consecuencia, debido a una inusual crecida del río Mapocho ocurrida en el año 1987, se produjo la destrucción del muro y con ello el desplazamiento de una importante proporción de los residuos mineros a las riberas del río Mapocho (400.000 m³ de un total 1.500.000m³) (DIA: Declaración de Impacto Ambiental, proyecto Congo).

Relave La Africana



Fig. 19. Imagen aérea de mina La Africana. Obtenida de Google Earth.

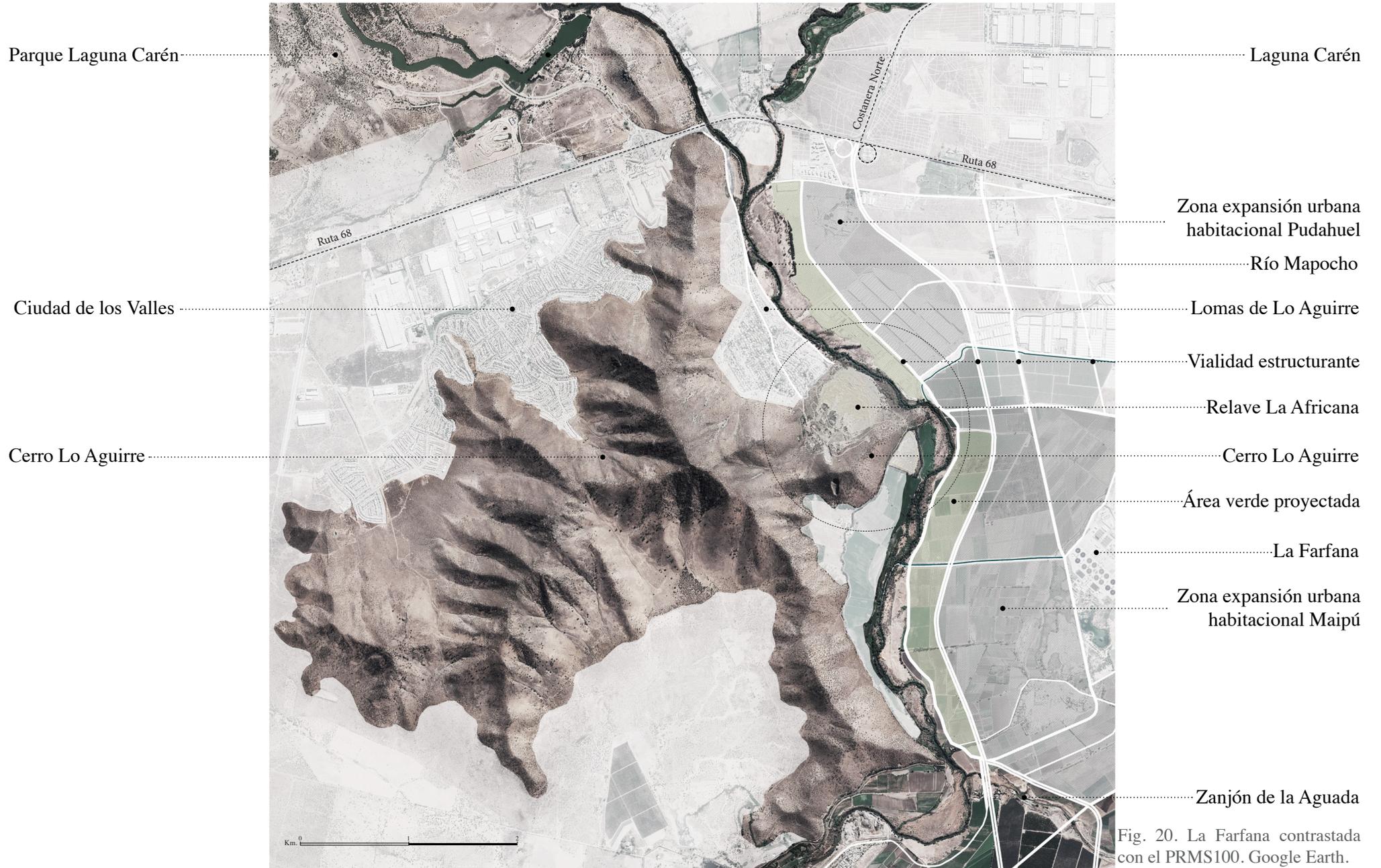


Fig. 20. La Farfana contrastada con el PRMS100. Google Earth.

En 2009, se logró constatar mediante estudios específicos que los relaves poseían un alto potencial de generación de aguas ácidas (Declaración de Impacto Ambiental, proyecto Congo). Conforme a esto, SERNAGEOMIN, el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales de Alemania (BGR) y NPSA suscribieron un convenio a objeto de definir la mejor alternativa para el cierre del relave La Africana. Se concluyó que la opción más favorable desde el punto de vista técnico, económico y medioambiental, sería el traslado, reprocesamiento y reacondicionamiento de los relaves vía tubería desde la mina La Africana por la ribera poniente del río Mapocho hasta la mina Lo Aguirre. Para tal efecto, se considera la construcción de un ducto de 12 mil metros de extensión para el traslado de dichos residuos. En este mismo circuito operará un acueducto de retorno en un trazado paralelo al ducto de relaves. (Declaración de Impacto Ambiental, proyecto Congo).

El proyecto de remediación ambiental denominado “Proyecto Congo”, concretamente considera tres módulos de operación: 1) Traslado de relaves desde mina La Africana hasta mina Lo Aguirre; 2) Retratamiento del material en instalaciones industriales de Lo Aguirre a objeto de sustraer vectores químicos mediante lixiviación y cristalización; 3) Disposición final de dichos residuos en rajo Lo Aguirre, neutralizados y estabilizados química y físicamente mediante la adición de material grueso.

El objetivo del Proyecto Congo es terminar el cierre y abandono de mina La Africana, aprovechando la sinergia con el plan de cierre de mina Lo Aguirre. El proyecto se justifica dado que ambos planes de cierre se potencian, optimizando recursos y reduciendo significativamente las interferencias con el medio ambiente. En cuanto a los plazos, la vida útil del proyecto, que depende exclusivamente de la extracción de relaves, será de 7 años, 1 en lo que respecta a la construcción y 6 años de operación.

Pese al significativo avance que significa el reprocesar y remediar el relave La Africana, el proyecto carece de beneficios sociales. En respuesta a lo anterior, el proyecto “La Huella del Relave”, suma al reprocesamiento del material la idea de construir un parque. Según la declaración de impacto ambiental, al término de las operaciones solo buscará remediar el predio mediante la adición de material grueso, lo que no asegura un seguimiento y mucho menos el éxito del proyecto. En consecuencia, “La Huella del Relave” pretende seguir en sinergia con los flujos económicos que posee el caso, generando beneficios sociales, económicos y medioambientales adicionales.

El proyecto consiste en desarrollar un parque urbano de remediación, ofreciendo un programa de dispersión y encuentro en un espacio libre y sustentable. Este permitirá a los visitantes recorrer las zonas de remediación y junto a ello ser un soporte para conocer los ecosistemas propios de la zona central. En este se mostrarán los procesos de recuperación del ecosistema y las especies necesarias para este proceso. A su vez, el parque será responsable de mostrar la actividad que degradó el lugar por lo que junto con la remediación, este asumirá una misión educativa.

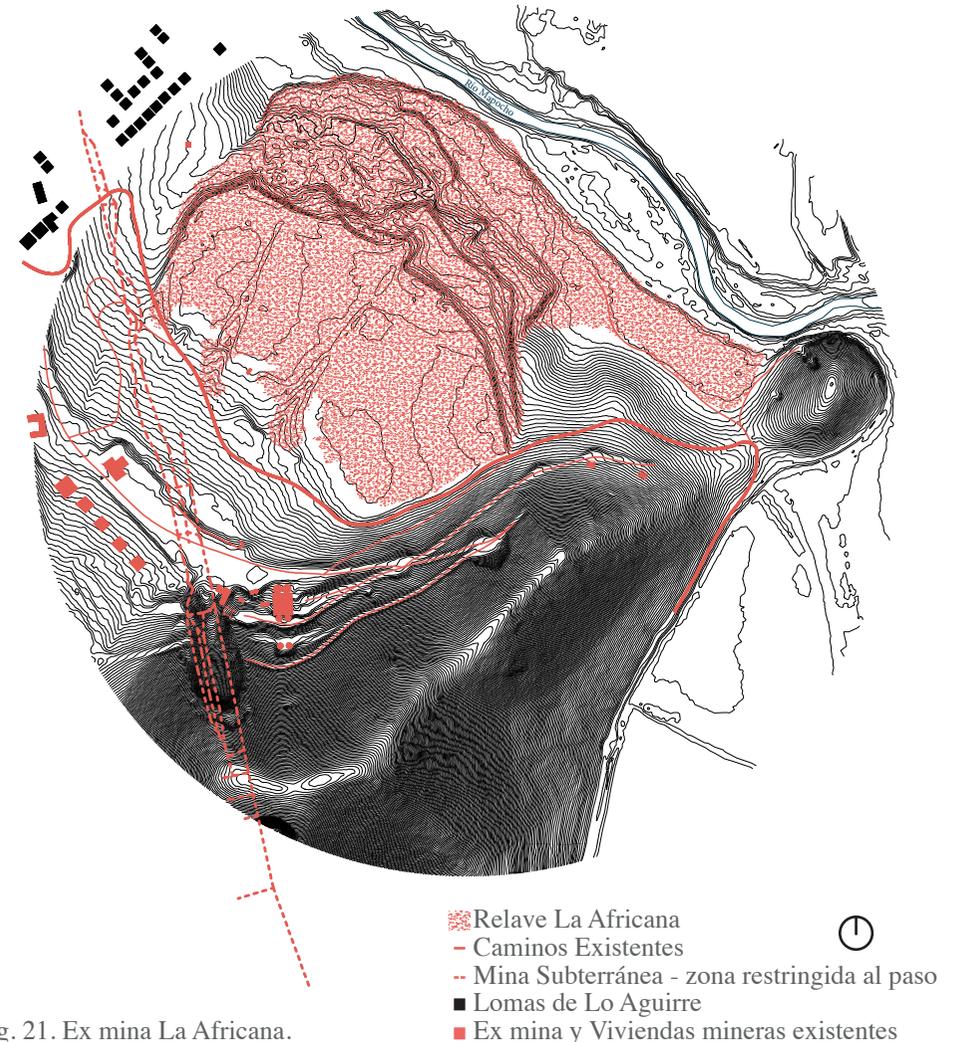


Fig. 21. Ex mina La Africana.

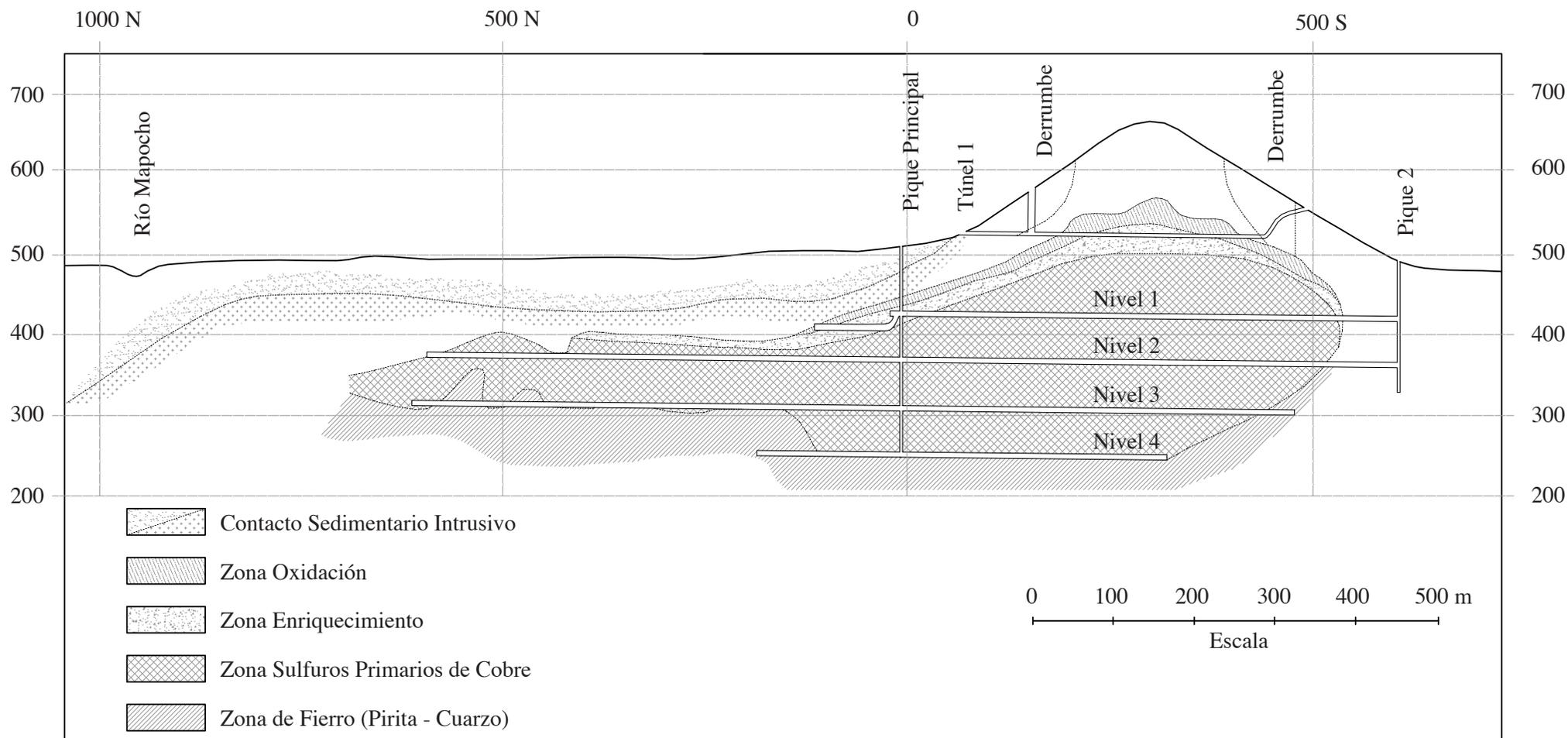


Fig. 22. Corte Longitudinal Mina Subterránea La Africana. Obtenida en SERNAGEOMIN



Fig 23. Imagen relave La Africana y cerro Lo Aguirre. Tomada desde zona de derrumbes en la ribera poniente del río Mapocho. Foto: Elaboración propia.



Fig 24. Tomada desde cerro Lo Aguirre. Se aprecia el ex edificio de Chancado, el relave La Africana, el río Mapocho y zona de expansión de Santiago hacia Pudahuel. Elaboración propia.

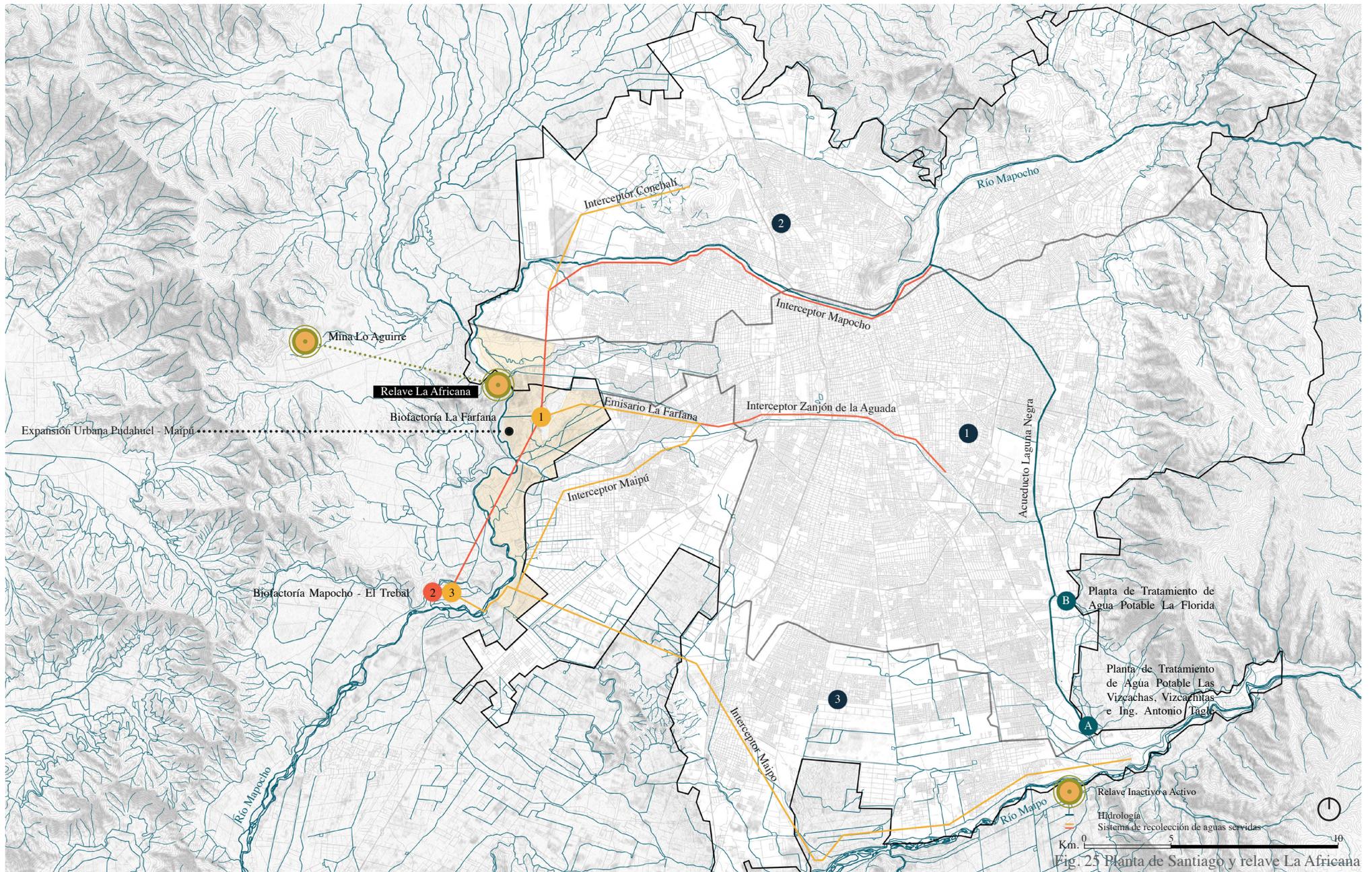


Fig. 25 Planta de Santiago y relave La Africana

b) Objetivos

El objetivo del análisis es obtener operaciones que determinarán la forma y uso del parque. Esto se hará a partir de un análisis del proyecto de reprocesamiento del relave La Africana y su contexto. Las operaciones se dispondrán en una escala de tiempo, haciendo converger las condiciones y complejidades que presenta el caso, es decir el contexto urbano, los beneficios sociales que el proceso de cierre podría generar, la economía circular que determina el futuro uso de la tierra minada y los desafíos ecológicos que presenta la faena minera.

El análisis se realizará combinando capas de información bajo los parámetros y conceptos que componen la ecología del paisaje como método de planificación urbana. Esto se realizará incorporando la ecología del paisaje en el diseño de extracción del relave La Africana para la reintegración de ecosistemas al territorio degradado. A su vez se analizarán los elementos antrópicos que componen el paisaje degradado con el fin de incorporar nuevos usos y programas, incitando así la apropiación por parte de la ciudadanía del espacio.

c) Criterios de Análisis

Para efectos del análisis, se realizará una caracterización geográfica donde se utilizará el método de capas de paisaje de Ian McHarg. Este sostiene, entre otras cosas, que las disciplinas de la Arquitectura, la Arquitectura del Paisaje y el Urbanismo cambian el foco para enriquecer la vida del humano sin desmedro del sustrato. Se busca que los procesos que forman los paisajes se transformen en fundamentos de proyecto, como por ejemplo el trazado de una carretera que se convierte en una posibilidad para el mejoramiento de la salud ambiental (McHarg, 1969). Para el método de capas, se utilizarán conceptos propuestos por Richard Forman en su libro *Urban Regions* (2008) donde se esbozan y definen lineamientos que permiten tanto el diseño mediante la ecología del paisaje como el análisis de casos. Este propone tres escalas de análisis: 1) Mosaicos; 2) Parches y corredores; 3) Sistemas de vegetación.

El método de capas de paisaje se realiza con el fin de desplegar y combinar geográficamente las capas y así identificar lo más conveniente para los diversos usos y desarrollos en una matriz. Esta sistematización es una completa caracterización

de lo que McHarg denomina “cuenca aérea urbana” cómo espacio a gran escala de la ciudad, y demuestra como la planificación debe responder a una urbanización de acuerdo a objetivos regionales en el sentido ecosistémico más allá de los espacios geográficos tradicionales (McHarg, 1969).

El método se basa en el análisis por superposición de capas sobre regiones de suelo con diversa información, las que se organizan en tres principales grupos: **1) Factores Antrópicos:** Se ordenan dentro de la escala más amplia, llamada mosaico, la que se encuentra en la escala humana de la observación, como al observar desde la ventanilla de un avión. Esta permite la comprensión y análisis de un número “x” de ecosistemas que interactúan y se modifican en el tiempo pero que sobre todo afectan y se afectan por la interacción con los usos humanos del territorio (Forman, 2008). Estos factores se componen por lo relativo a la actividad humana, donde se consideran los suelos agrícolas y sus desplazamientos como también los movimientos de población. **2) Factores Abióticos:** Este es un sistema que agrupa un número determinado de parches y corredores, los que integran una segunda escala de análisis y corresponden a los ecosistemas o áreas de terreno donde se pueden reconocer patrones que los distinguen de parches y corredores contiguos (Forman, 2008). Los factores abióticos que se considerarán para el análisis del caso son las capas geológicas, hidrológicas superficiales y subterráneas, las capacidades acuíferas del suelo, humedales y las llanuras de inundación. **3) Factores Bióticos:** Estos componen un tercer criterio, el que se basa en sistemas de vegetación, en una escala menor de análisis, comprendida como la presencia e interacción entre flora, fauna y personas (Forman, 2008).

d) Resultados

i. Factores Antrópicos:

El área circundante al Cerro Lo Aguirre está marcada por el desarrollo de viviendas, haciendo evidente la expansión hacia el poniente de Santiago. Ciudad de los Valles, Enea, Valle Generoso y Lomas de Lo Aguirre son los proyectos más importantes que se han desarrollando. Este último se encuentra a un costado del relave La Africana, el que comenzó su construcción en el año 2005 y hoy concentra 700 familias. A dichos proyectos, hoy se han sumado nuevos, los que contemplan viviendas de más de 100 metros cuadrados insertos en un concepto de microciudad con accesos

controlados y equipamiento comunitario.

Sumado a lo anterior, en Santiago se consideran 2897 nuevas hectáreas de desarrollo urbano para las comunas de Maipú y Pudahuel (PRMS100). Según el instrumento de planificación, el proceso de crecimiento urbano corresponde a una expansión condicionada, donde se deberá considerar una densidad de 160 habitantes por hectárea en desarrollos inmobiliarios de 60 hectáreas como mínimo. Solo en la zona de Pudahuel, se establecerían alrededor de 20.000 nuevos habitantes (PRC Pudahuel), transformando una zona principalmente agrícola e industrial en una habitacional y de servicios.

Por un lado, La zona de expansión contempla un desarrollo de 808 ha de áreas verdes, las que deberán ser desarrolladas por los proyectos inmobiliarios conforme a una zona de expansión condicionada. Esta establece que las inmobiliarias deberán hacerse cargo de la construcción de estas solo por 5 años. Pasados estos, la responsabilidad de la mantención de las áreas verdes pasa a manos de las municipalidades.

Por otro lado, la expansión urbana se concretará junto a una compleja red de autopistas, las que sumarán 344 ha. amenazando los procesos biológicos de la ribera oriente del río Mapocho. Estudios han demostrado que en los bordes e inmediaciones de la vía, se producen condiciones de menor humedad, mayor temperatura, excesiva radiación y susceptibilidad al viento en un fenómeno conocido como “efecto de borde” (Kattan, 2002). Consecuencia de este fenómeno, es la modificación en la distribución y abundancia de las especies al interior, afectando la estructura de la vegetación y por tanto la oferta de alimento para la fauna. Estos cambios afectan ante todo las especies del interior del ecosistema, ya que pueden ser desplazadas por especies generalistas que encuentran en el nuevo hábitat condiciones favorables para su supervivencia y reproducción (Goosem, 1997). Según lo reportado por Goosem (1997), este efecto de borde puede penetrar 50 m. para aves, 100 m. para efectos microclimáticos y hasta 300 m. para insectos.

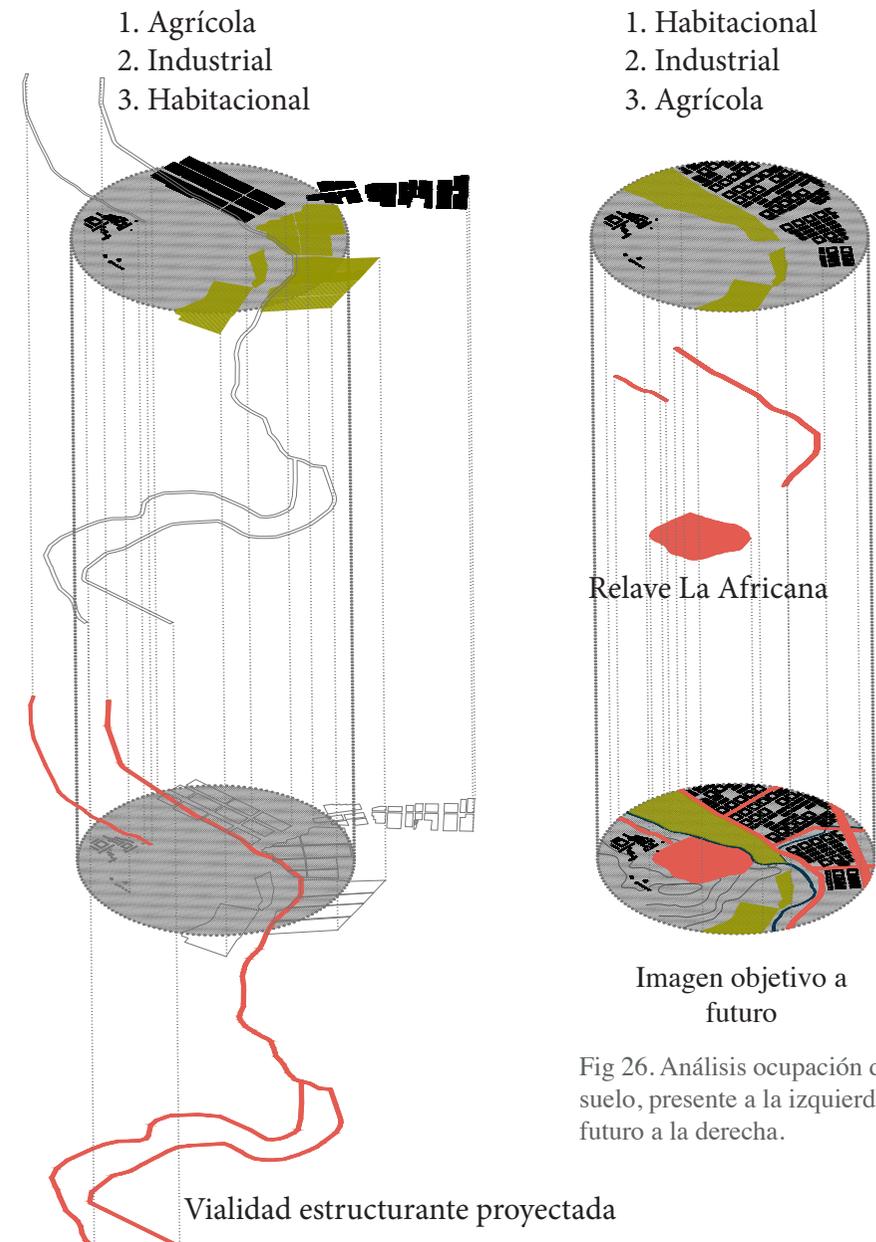


Fig 26. Análisis ocupación de suelo, presente a la izquierda, futuro a la derecha.

ii. Factores Abióticos:

a. Hidrografía

Los recursos superficiales en el caso de la Región Metropolitana están constituidos por el río Maipo y sus tributarios, entre los cuales se incluye el río Mapocho cuya cuenca andina es independiente. El principal sistema colector de aguas superficiales es la cuenca del Maipo, cuya vertiente de captación drena una superficie de 15.000 kilómetros cuadrados y su cauce principal presenta un recorrido de 250 kilómetros desde las laderas del volcán Maipo hasta su desembocadura en el Océano Pacífico (Llolleo). El río Maipo atiende cerca de un 70% de la demanda de agua potable de Santiago y cerca de un 90% de la demanda de regadío.

El principal tributario del Maipo es el río Mapocho. Este nace en el cerro El Plomo, en la unión de los ríos San Francisco y Molina en la localidad de Lo Ermita, Lo Barnechea. Se adentra en la ciudad de Santiago por cerca de 30 kilómetros donde alcanza una cuenca promedio de 40 metros de ancho en zona urbana. En su largo, el Mapocho se asocia con diversos parches y corredores tributarios en la lógica de parche – corredor, configurando un sistema dendrítico completo (Forman, 2008). Proveniente del río Maipo, su más importante tributario es el canal San Carlos, seguido de otros que aportan agua de forma natural. En el área de estudio se asocia a través de sus aguas con diversos ecosistemas como la Laguna Carén, que se vincula a través del estero Colina (o Lampa) y asocia al río Mapocho con ecosistemas de la cordillera de la costa.

Además del Estero Lampa, el sistema se beneficia de otros dos importantes tributarios que aportan agua al sistema. Estos son: 1) El Zanjón de la Aguada como colector de aguas lluvias; 2) Canal la Farfana, como conducto de devolución de aguas tratadas al medio ambiente. Este último cauce tiene su origen en la Biofactoría La Farfana, planta de tratamiento de aguas servidas de Santiago que genera 9 m³/s de agua en promedio, alcanzando los 15 m³/s en los peak. Luego de ser canalizada, es devuelta al río Mapocho, alcanzando un total de 600 millones de metros cúbicos al año (Aguas Andinas, 2018). Gracias a este sistema, hoy Santiago cuenta con la totalidad de sus aguas servidas descontaminadas.

Dentro del sistema hidrológico metropolitano, el relave La Africana representa una

rinconada, la que se ha visto fuertemente dañada por la presencia del relave (CIREN). Este es un espacio que contiene crecidas y desbordes del río Mapocho en épocas de lluvias y deshielos, el que tras la destrucción del muro de contención del relave se ha visto fuertemente dañado. El desplazamiento de 400.000 m³ de material de relave alcanzó las riberas del Río Mapocho, generando el contacto directo entre ambos. Esto, causó la degradación de las riberas del río tanto por desplazamiento de material infértil a lo largo de la ribera como a través de la lixiviación. A su vez, las aguas lluvia provenientes del área del relave fueron conducidas alcanzando el curso principal y potenciando su capacidad de lixiviación. Además de las consecuencias químicas, el desplazamiento del material modificó el curso del río Mapocho a través de la eliminación de uno de sus brazos (Google Earth). Consecuencia de ello, fue la eliminación de una isla del río.

El contacto entre el río y el relave, representa una amenaza para los ecosistemas río abajo. Esta asociación, no solo afecta a través de la lixiviación sino también producto del aumento de las temperaturas y la contaminación por material particulado. Esta situación afecta directamente los factores bióticos que componen la ribera poniente del río Mapocho dado que similar al efecto de borde de una carretera, se crean condiciones de menor humedad y mayor temperatura, radiación y susceptibilidad al viento, condiciones anormales para los ecosistemas del área.



Fig 27. Imagen parte baja relave La Africana y ribera río Mapocho. Elaboración propia

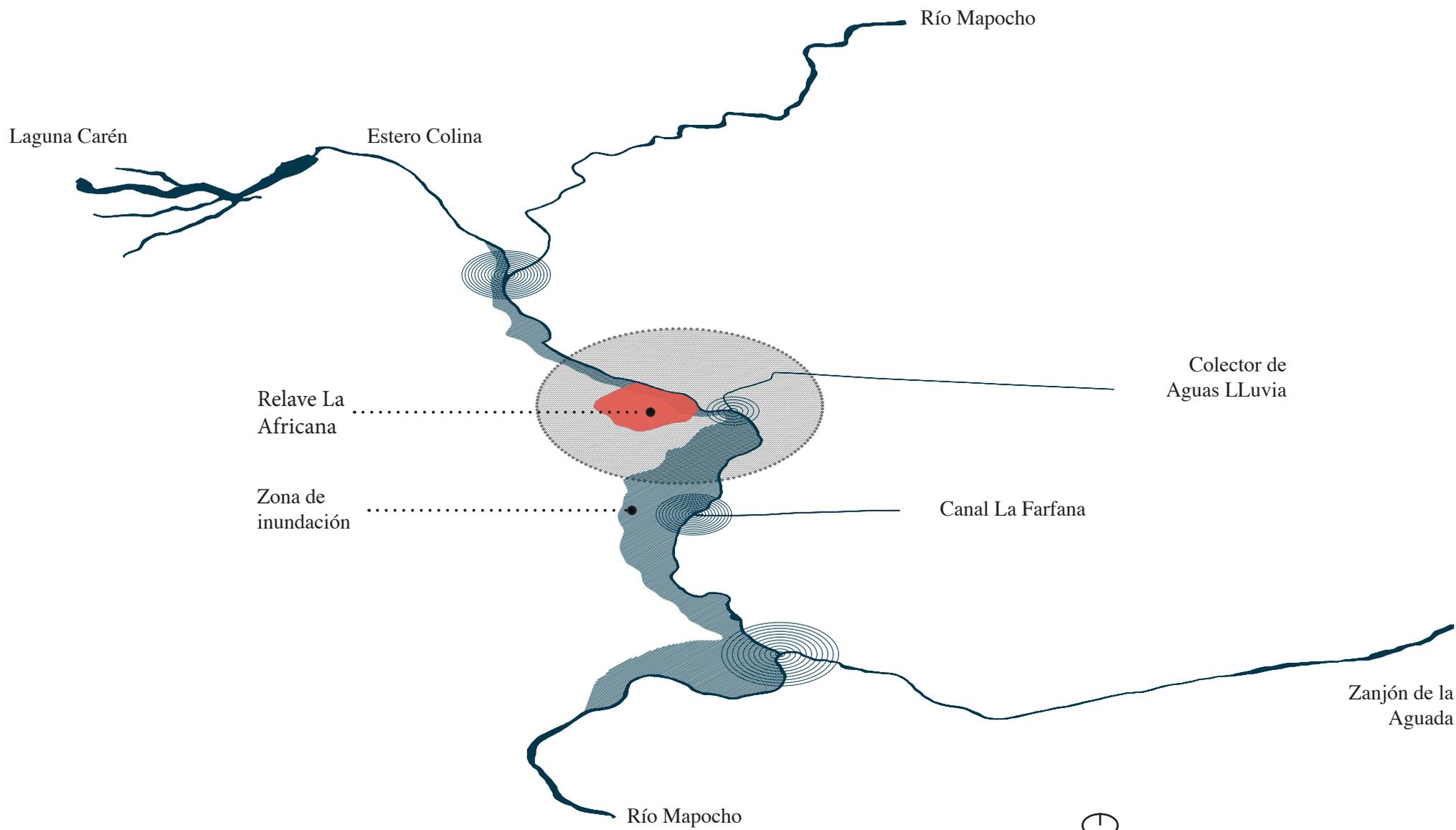


Fig 28. Contexto hidrológico mina La Africana

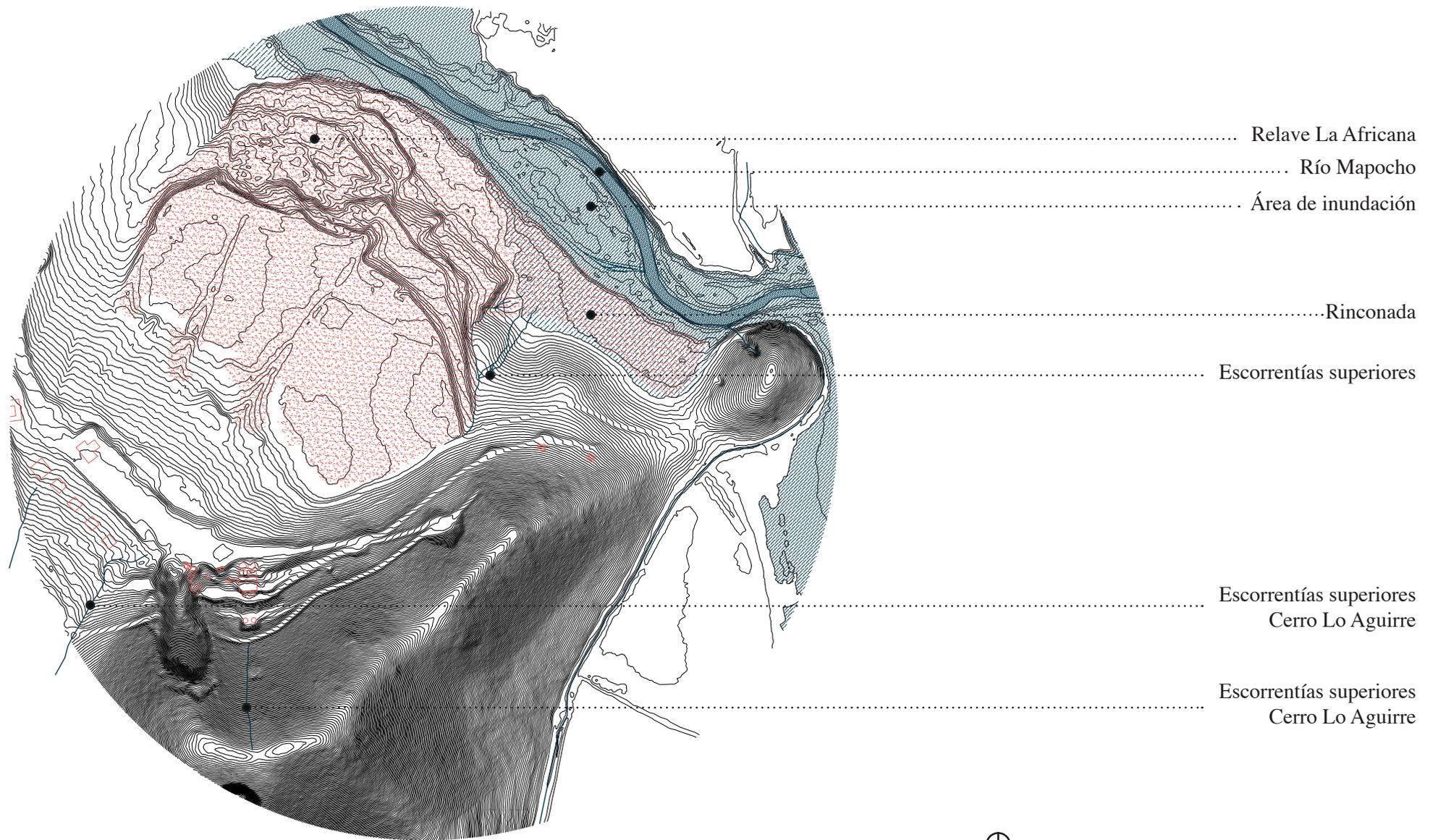


Fig 29. Hidrología al interior del predio de La Africana.

b. Geomorfología

El área que comprende el relave la Africana posee un corredor y ecotono entre el cerro lo Aguirre y el río Mapocho. El lecho del río Mapocho es contenido por los faldeos del cerro Lo Aguirre, área que alcanza las 1700 hectáreas de territorio natural perteneciente la Cordillera de la Costa. Pese a lo anterior, su relación con el río se ha limitado producto de la agricultura y la urbanización, lo que ha resultado en una separación casi completa de ambos ecosistemas. Pese a lo anterior, se establecen dos corredores verdes que permiten el intercambio entre ecosistemas. A su vez, dichos corredores se establecen como ecotonos, dado que es una zona de alto intercambio ecológico. En este contexto, en uno de los corredores y ecotonos que se establecen entre ambos ecosistemas, es donde se ubica el pasivo ambiental La Africana. Las 24 hectáreas de material infértil, constituyen un salto en el corredor del río Mapocho y ecotono ya que fracciona el encuentro entre los faldeos del Cerro Lo Aguirre y el río Mapocho, entorpeciendo el intercambio entre ecosistemas.

Los ecotonos dependen directamente de la vegetación, ya que son hábitat para determinadas especies como medio de interacción entre parches (Forman, 2008). Sus bordes se establecen bajo un sistema de servicios a escala y se conforman tanto como límites rectos para el transporte de especies como irregulares para el hábitat de la vida silvestre y el cruce entre hábitats (Barret & Cabañas, 2006). El ecotono es el medio natural de transición entre ecosistemas (Forman, 2008), transformándolo en la zona de mayor interacción y riqueza biológica, dado que la cantidad de especies se eleva en comparación a las regiones circundantes.



Fig 30. Relave La Africana entre cerro y río. Elaboración propia.

c. Geología Estructural y Orden del Suelo

La Región Metropolitana cuenta en casi toda su extensión, con excelentes recursos naturales y de infraestructura para el desarrollo de la industria minera. Los minerales metálicos predominantes en esta zona son el cobre, oro y plata. Por su parte, los minerales no metálicos predominantes son: calizas, yeso, caolines y arcillas, áridos y puzolanas (SERPLAC, 1980). Los depósitos minerales metálicos de la Región Metropolitana corresponden a diversos tipos morfológicos, ubicados en rocas metamórficas ígneas y sedimentarias, de edades comprendidas, en conjunto, entre el Paleozoico y el Reciente (SERPLAC, 1980).

En relación al orden del suelo, según el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), predominan los inceptisoles. Estos se caracterizan por presentar rasgos menos expresados que los suelos maduros ya que aún guardan una estrecha relación con la naturaleza de los materiales ígneos originales del área, es decir, son suelos altamente mineralizados y poseen bajo material orgánico (CIREN). A su vez, la sustracción de toneladas de material ígneo altamente mineralizado con adhesión de sulfuros, dejó en superficie grandes volúmenes de material con nulo material orgánico. Como consecuencia, el nivel de suelo original puede tornarse altamente ácido producto de la lixiviación, donde se filtran materiales solubles y óxido a las capas inferiores, napas subterráneas y finalmente al río Mapocho.

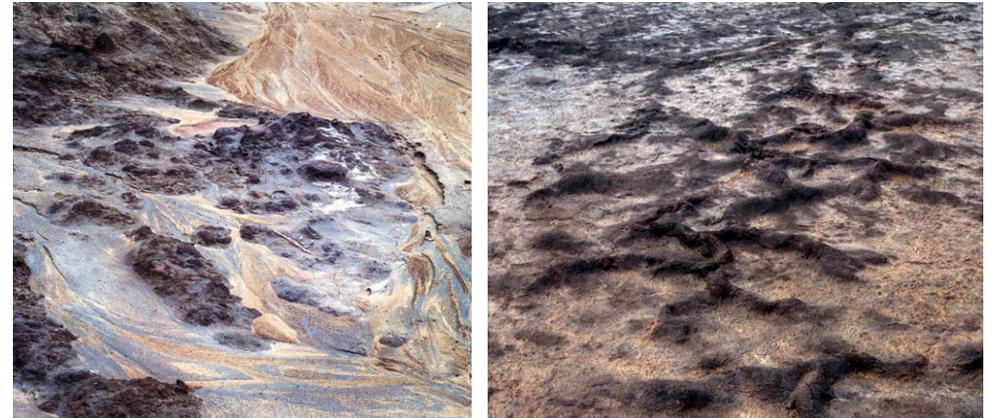


Fig 31 y 32. Efectos de la lluvia sobre relave La Africana. Foto: Javier Aravena.

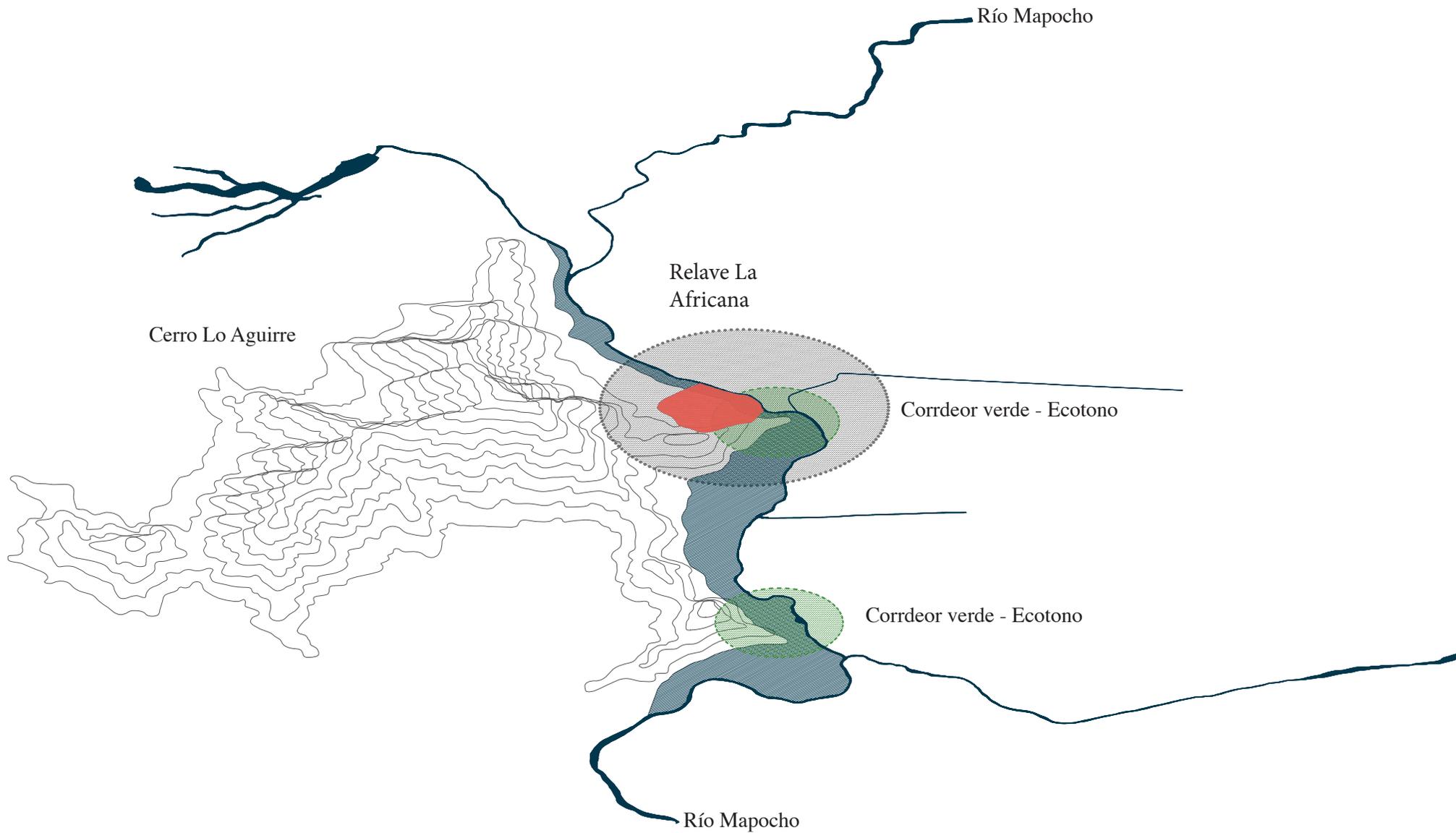


Fig 33. Geomorfología y corredores verdes entre cerro Lo Aguirre y río Mapocho

d. Meteorología

El clima del área de estudio de acuerdo a la clasificación climática de Köppen está dentro de la zona o división climática denominada como clima templado cálido con estación seca prolongada (7 - 8 meses) y gran nubosidad (Csb). La precipitación estacional tiene sus máximas en invierno, aunque la estación lluviosa propiamente tal se inicia a fines de otoño y se extiende hasta el mes de Agosto. Las precipitaciones fluctúan alrededor de los 300 mm en un año normal, donde se presentan acumuladas en los meses de invierno, la cuales bordean los 60 - 85 mm mensuales.

La Región Metropolitana posee una temperatura media anual de 13,9°C, en tanto que el mes más cálido corresponde al mes de enero, alcanzando una temperatura de 22.1°C, y el mes más frío corresponde al mes de julio con 7,7°C. El área de estudio tiene como barrera natural la Cordillera de la Costa, la que impide la influencia del océano. La inversión térmica que se produce en este sector hace disminuir las cantidades de precipitaciones en los sectores aledaños a su ladera oriental debido al efecto Foehn, esto hace que el vapor de agua se enfríe y sufra un proceso de condensación o sublimación inversa precipitándose en las laderas de barlovento donde se forman nubes y lluvias orográficas.

El viento predominante en la zona es el Sur-Este (SW). De acuerdo a los datos recopilados en la Estación Meteorológica de Pudahuel, se muestra que en general los vientos en la mañana son calmos, en tanto que durante la tarde y la noche fluctúan entre velocidades promedio de 6 y 10 nudos, respectivamente. Las épocas de viento se concentran principalmente en los meses de verano, exponiendo radicalmente la zona circundante al área del relave a la contaminación por material particulado (MP). En los meses de invierno los datos tomados por la Estación Pudahuel a cargo del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA) muestran el índice de contaminación por material contaminado MP10 Y MP2,5 de la zona de Pudahuel y Maipú, corresponden a los peores índices de contaminación de la región metropolitana (SINCA, 2019). Esto supone, por lo tanto, la existencia de lluvias ácidas, fenómeno que afecta de forma directa aguas superficiales, suelos y vegetación. Sumado a lo anterior, el área de estudio se encuentra dentro de zona de protección Zona c y e del Aeropuerto Arturo Merino Benítez. Estas corresponden a los terrenos comprendidos bajo las trayectorias de aproximación y despegue del aeropuerto, lo que implica además una fuerte contaminación acústica (PRCP).

iii. Factores Bióticos:

a. Flora

Producto de los fuertes contrastes en la geografía del sitio de La Africana, se produce una gran variabilidad de flora (CIREN). El área del relave La Africana corresponde principalmente a una zona de solana de fuertes pendientes que van del 67,51% al 100% pasando a una casi horizontal que va del 0% - 4,5%. En su mayoría la vegetación se caracteriza por el Bosque Esclerófilo de la Región Central de las partes altas de la Cordillera de la Costa, la que se distribuye en forma de matorrales abiertos a matorrales arborescentes semi-densos.

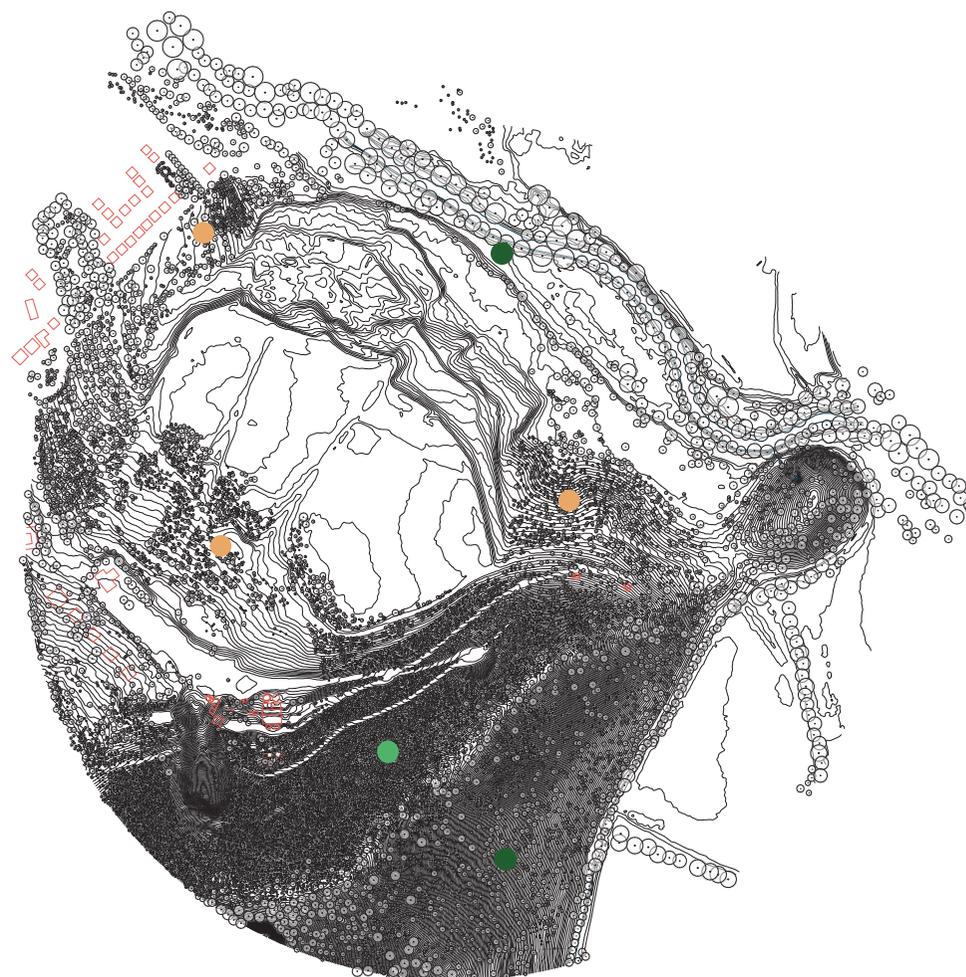
En laderas altas es posible observar matorral espinoso con suculentas, donde resaltan colonias de Colliguay (Colliguaja Odorifera), Chagual (Puya Chilensis), Quisco (Echinopsis chiloensis), Espino (Acacia Caven), Quintral (Tristerix corymbosus) y Chilca (Baccharis salicifolia). Mas efusivamente se pueden observar Tevos (Trevoa Trinervis Miers), Litres (Lithraea caustica) y Algarrobos (Prosopis chilensis). En la zona intermedia se observa principalmente Espino (Acacia Caven), Litres (Lithraea caustica) y Quiscos (Echinopsis chiloensis).

Hacia la parte baja, el desarrollo de la vegetación ha tenido una reducción y variación paulatina producto de la acción antrópica. El principal efecto lo ha sufrido la vegetación perteneciente a la ribera poniente del río Mapocho producto del desplazamiento del relave. Sumado a lo anterior, la agricultura, la industria y el desarrollo de vivienda generan una alta presión antrópica sobre la flora. En la declaración de impacto ambiental realizada por NUEVA PUDAHUEL S.A, se realizó un estudio en el área que comprende el relaveducto y la zona de descarga de material de relave. El estudio reveló una alta variedad de especies introducidas, detectando un total de 32 especies de flora vascular, de las cuales 5 (15,6 %) correspondieron a especies nativas-endémicas, 13 (40,6 %) a especies nativas y 14 (43,8 %) a especies introducidas. A continuación, en la tabla número 1 se muestran los resultados del estudio.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Origen	Forma
Anacardiaceae	<i>Lithraea caustica</i> Mol.	Litre	E	A
	<i>Shinus molles</i> L.	Pimiento	N	A
Apiaceae	<i>oeniculum vulgare</i> Mill.	Hinojo	I	H
Asteraceae	<i>Cyanara cardunculus</i> L.	Cardo penquero	I	H
	<i>Baccharis linearis</i> R. et P.	Romerillo	N	Ar
	<i>Proustia cuneifolia</i> D. Don	Huañil	N	Ar
	<i>Silybum marianum</i> L.	Cardo Mariano	I	Ar
Brassicaceae	<i>Brassica campestris</i> L.	Yuyo	I	H
Celastraceae	<i>Maytenus boaria</i> Mol.	Maitén	N	A
Ephedraceae	<i>Ephedra chilensis</i> K. Presl	Pingo-pingo	N	Ar
Lamiaceae	<i>Teucrium bicolor</i> J. E.	Oreganillo	E	Ar
Loasaceae	<i>Loasa</i> sp.	Ortiga	N	H
Loranthaceae	<i>Trixteris corymbosus</i> L.	Quintral	N	Ar
Mimosaceae	<i>Acacia caven</i> Mol.	Espino	N	A
	<i>Acacia farnesiana</i> L.	Aromo	I	A
Myrtaceae	<i>Eucalyptus camandulensis</i>	Eucalipto colorado	I	A
	<i>Eucalyptus globulus labill</i>	Eucaliptus	I	A
Papaveraceae	<i>Eschscholtzia californica</i>	Dedal de oro	I	H
Pinaceae	<i>Pinus radiata</i> D. Don.	Pino insignne	I	A
Polygonaceae	<i>Muehlenbeckia hastulata</i> Jhonst.	Quilo	N	Ar
Rosaceae	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	Zarzamora	I	Ar
	<i>Quillaja saponaria</i> Mol.	Quillay	E	A
Salicaceae	<i>Pouulus nigra</i> var. <i>Italica</i> L.	Álamo	I	A
	<i>Salix babylonica</i> L.	Sauce Llorón	I	A
	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce chileno	N	A
	<i>Calceolaria corymbosa</i> R. et P.	Calceolaria	E	H
Scrophulariaceae	<i>Verbascum virgatum</i> Stokes	Mitrún	I	H
	<i>Cestrum parqui</i> L. Hérit	Palqui	N	Ar
Solanaceae	<i>Lycium chilense</i> Miers ex DC.	Coralito	N	Ar
	<i>Nicotiana glauca</i> L.	Palqui inglés	I	Ar
	<i>Solanum ligustrinum</i> Lodd.	Natre	E	Ar

I: Introducida N: Nativa E: Endémica
A: Arbórea Ar: Arbustiva H: Herbácea

Tabla 1. Flora del contexto ribereño de La Africana . Obtenida de DIA Proyecto Congo



- Matorral espinoso denso
- Matorral disperso
- Vegetación ribereña - esclerófila

Fig 34. Masas de vegetación existentes

b. Fauna

Aún bajo fuerte presión antrópica, es posible encontrar especies resilientes al avance de la urbanización y la presencia del relave producto de la activa relación con otros ecosistemas. La asociación por el corredor del río Mapocho y el estero Colina con la Laguna Carén, permite el contacto con reservas de agua y la cordillera de la costa. A su vez, el cerro Lo Aguirre corresponde al cordón montañoso de la cordillera de la costa, el que alberga diversos ecosistemas y se asocia a otros de gran riqueza ecológica. Lo anterior, permite inferir la presencia y movimiento de diversas especies. Su asociación mas cercana es la Quebrada de la Plata (1110,7 ha.), santuario de la naturaleza inaugurado en 2017. Este alberga a 113 especies de fauna vertebrada y 408 especies de fauna invertebrada donde es posible encontrar 14 especies nativas de mamíferos, 59 especies nativas de aves, 9 especies de reptiles y 2 de anfibios.

En el caso del río Mapocho, el estudio del Centro de Ecología Aplicada (CEA) demostró considerables mejoras en los parámetros fisicoquímicos y bióticos en el eje longitudinal del río en el poniente de Santiago. Lo que más destacó por sobre todo fue el hallazgo de tres tipos de peces: Dos nativas: *Basilichthys australis* (Pejerrey) y *Trichomycterus areolatus* (Bagrecillo) y una especie introducida: *Gambusia affinis* (Pez Mosquito), nativa de México (CEA, 2017). Otras investigaciones lideradas por emprendimientos inmobiliarios vecinos en el área geográfica del Proyecto, han realizado estudios donde se analizan principalmente la fauna de vertebrados terrestres a lo largo del corredor. En la tabla 2 se observa la fauna detectada:

Clase	Orden	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	
Anfibios	Anuros	Bufonidae	<i>Bufo Arunco</i>	Sapo de rulo	
		Colubridae	<i>Philodryas chamissonis</i>	Culebra de cola larga	
			<i>Liolaemus lemniscatus</i>	L. lemniscata	
Reptiles	Squamata	Tropiduridae	<i>Liolaemus tenuis</i>	L. tenue	
			<i>Nothoprocta perdicaria</i>	Perdíz chilena	
Aves	Tinamiformes	Tinamidae	<i>Buteo polyosoma</i>	Aguilucho	
		Accipitridae	<i>Milvago chimango</i>	Tiuque	
			<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo	
	Falconiforme	Phasianidae	<i>Callipepla californica</i>	Codorniz	
			Charadriidae	<i>Vallenus chilensis</i>	Queltehue
	Galliformes	Charadriidae	<i>Zenadia auriculata</i>	Tórtola	
			Columbidae	<i>Tyto alba</i>	Lechuza
				<i>Glaucidium nanum</i>	Chuncho
	Strigiformes	Tytonidae	<i>Caprimulgus longirostris</i>	Gallina ciega	
			<i>Sephanoides galeritus</i>	Picaflo	
			<i>Leptasthenura aegithaloides</i>	Tijeral	
			<i>Xolmis pyrope</i>	Diucón	
			<i>Anairetes parulus</i>	Cachudito	
			Phytotomidae	<i>Phytotoma rara</i>	Rara
				<i>Tachycineta meyeni</i>	Golondrina chilena
				<i>Troglodytes aedon</i>	Chercán
				<i>Turdus falcklandii</i>	Zorzal
Muscicapidae			<i>Mimus thenca</i>	Tenca	
	<i>Sicalis luteiventris</i>	Chirihue			
Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Chincol			
	<i>Curacus curaeus</i>	Tordo			
Mamíferos	Rodentia	<i>Sturnella loyca</i>	Loica		
		<i>Phrygilus fruticeti</i>	Yal		
		<i>Diuca diuca</i>	Diuca		
		<i>Passer domesticus</i>	Gorrión		
		<i>Abrothrix olivaceus</i>	Laucha olivácea		
	Lagomorpha	Leporidae	<i>Phyllotis darwini</i>	Ratón orejudo de Darwin	
			<i>Rattus norvegicus</i>	Guarén	
			<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Conejo	

Tabla 2. Fauna detectada en el contexto ribereño de La A fricana . DIA Proyecto Congo

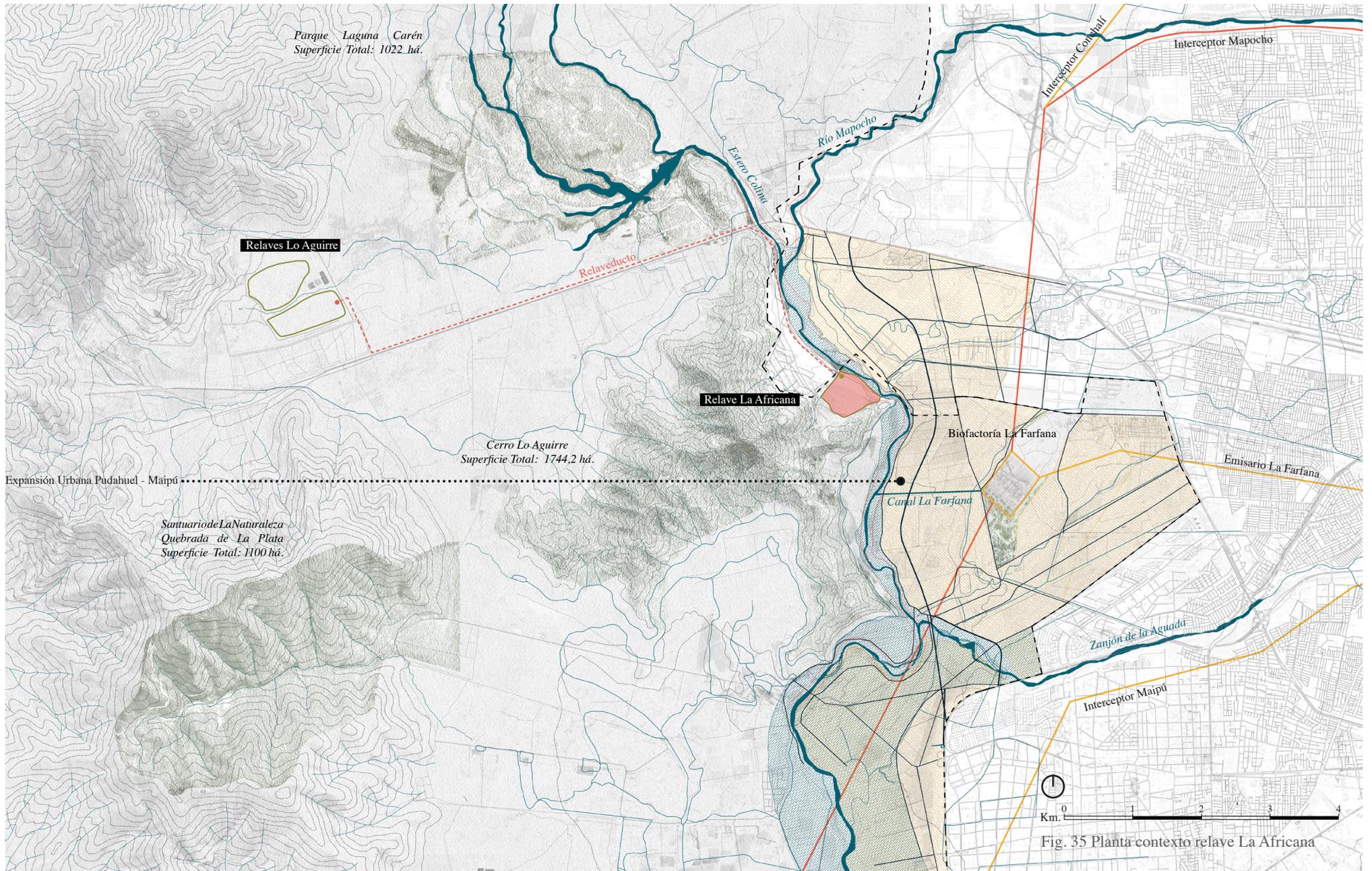


Fig. 35 Planta contexto relave La Africana



Fig. 36. Imagen tomada desde Quebrada de la Plata. Se logra apreciar en segundo plano el cerro Lo Aguirre y en tercer plano la Cordillera de los Andes. Fuente: www.fotonaturaleza.cl



Fig. 37. Imagen tomada desde ribera oriente del río Mapocho en Maipú. en segundo y tercer plano se aprecia la cara oriente del cerro Lo Aguirre. Foto: Elaboración propia.

4

Operación

4. Operación: La Huella del Relave

El Parque de remediación del relave La Africana será construido en base a las obras ingenieriles necesarias para la remoción y estabilización de los suelos del predio. Estas obras, se llevarán a cabo de tal manera que contribuyan al desarrollo de un espacio libre y sostenible, resignificando las obras y entregándoles un valor ecológico y social adicional.

Considerando los 11 años que tardarán las obras para la apertura del parque, se buscará la apropiación del espacio por parte de la ciudadanía. Esto se logrará a través de su participación, mejorando la relación con el espacio degradado y las obras de reprocesamiento y reforestación. Dentro de este proceso se buscará involucrar a la comunidad informando sobre las obras necesarias para la recuperación del paisaje degradado y también en la toma de decisiones sobre el futuro del parque. Llevar a cabo una consulta, un proceso de transparencia y un registro de las percepciones de las personas al comienzo de un proyecto, puede ayudar a aumentar la apropiación mediante la construcción de relaciones, pequeños éxitos y confianza (Perry, 2009). De este proceso, se espera convertir al relave La Africana en un espacio de la ciudadanía, donde serán ellos los que guíen el diseño y moldeen el futuro de los espacios recuperados.

Las obras que darán forma al parque constituirán una base sólida pero a la vez flexible que se pueda modificar en el tiempo. Estas se presentarán añadiéndoles una nueva perspectiva, sobre las que otros puedan seguir construyendo (Corner, 1999). Dichas obras se organizarán en etapas, las que a su vez se ordenarán dentro de dos grandes fases: 1) Fase extractiva; 2) Fase de acondicionamiento. Ambas estarán dispuestas en una escala de 0 a 11 años, tiempo que tomará la construcción y apertura del parque a la ciudadanía. Dentro de la fase extractiva se encontrarán las siguientes etapas: a) Canal de contorno; b) Obras preliminares; c) Reprocesamiento, remediación y reforestación. Posterior al término de la fase extractiva, comenzará la fase de acondicionamiento donde se dará a paso a la construcción de los programas que permitirán el uso del parque. Dentro de esta fase se encuentran las siguientes etapas: a) Circulaciones; b) Miradores y servicios; c) Accesos; d) Edificio patrimonial.

a) Caracterización del usuario

Un estudio del perfilamiento de los usuarios de parques urbanos de Chile, halló que los usuarios corresponden mayoritariamente a jóvenes y adultos jóvenes (Madrid, 2010). En su mayoría, los usuarios son hombres y mujeres con una edad promedio de 32,7 años. Durante la semana, predominan los usuarios solteros, mientras que los fines de semana aumenta la presencia de usuarios casados, con hijos y trabajos remunerados semanales. Según el mismo estudio, casi tres cuartos de los usuarios de parques provienen de la misma comuna donde se insertan, mientras que los fines de semana las visitas adquieren un carácter intercomunal. Los usuarios provienen de menos de diez cuadras de distancia y se desplazan caminando, demorando menos de quince minutos. Además, se constató que las visitas iban acompañadas de amigos, percibían a la recreación como el principal beneficio y realizaban de mayor forma actividades pasivas tales como tomar aire fresco, descansar y observar la naturaleza.

En el caso de La Africana, la población está mayormente compuesta por los habitantes de las Lomas de Lo Aguirre, sin embargo, se prevé la llegada de 20.000 nuevos habitantes. Las Lomas de lo Aguirre posee una población actual cercana a los 2.000 habitantes y se compone mayoritariamente de familias de clase media alta y alta con hijos y parejas de adultos. Sumado a esto, en el área de expansión de Pudahuel, llegarán principalmente familias nuevas de diversos estratos socio económicos. La expansión urbana no sólo contempla la llegada de proyectos inmobiliarios en concepto de casas, sino que también vivienda en altura y viviendas sociales.

Dado los antecedentes expuestos es posible inferir una alta diversidad de posibles usuarios del parque, donde confluirán tanto jóvenes como adultos y en menor medida, adultos mayores. Además, la presencia de familias jóvenes probablemente sea un catalizador para la presencia de niños durante los fines de semana. Por esta razón, el diseño deberá incorporar actividades pasivas y activas adaptadas a las necesidades de estos grupos las que se identificarán en conjunto con los habitantes de los barrios.

b). Participación Ciudadana (Año 0)

Dentro de esta fase, se llevarán a cabo una serie de reuniones y talleres en los que los habitantes de Pudahuel podrán comunicar su visión del futuro del Relave La Africana. A su vez, se comunicará sobre las obras necesarias tanto para el comienzo de la faena como para su construcción, clarificando las fases de proyecto y los plazos para su apertura. Del proceso se espera una serie de principios rectores que se utilizarán para llevar a cabo la fase extractiva y de acondicionamiento del futuro parque.

Dado su carácter metropolitano, además de las reuniones públicas, el proceso de planificación podrá ser guiado por un grupo asesor comunitario. Este estará compuesto por partes interesadas que representen a organizaciones locales y regionales de recreación, medio ambiente, cultura y juventud. De dicha participación, se espera el levantamiento de iniciativas educativas en torno a la ecología, abriendo la oportunidad, por ejemplo, para una reforestación participativa, permitiendo el uso del parque antes de su apertura oficial. De esta manera, se buscará la integración de adultos y niños en la planificación del parque, donde se ha estudiado ampliamente que se debe lograr a través de su participación directa en el territorio, permitiendo la apropiación del espacio diseñado (Meyer, 2011).

c) Fase Extractiva (Años 0 a 9)

i) Canal de Contorno (Año 0-1).

La primera etapa constructiva del proyecto corresponde a la construcción del canal de contorno. Estos se encuentran definidos y exigidos según estima la ley N°20.551, la que modifica la legislación que regula el cierre de faenas e instalaciones mineras.

El canal de contorno, consiste en una infraestructura primaria para la protección del entorno y la seguridad en la acumulación de material de relave. Su principal función es impedir el ingreso de aguas provenientes de escorrentías superficiales conducidas desde cotas superiores. Esto se hace con el fin de reducir la lixiviación y evitar posibles desastres producto de la inestabilidad del depósito. El paso de escorrentías puede generar remoción en masa y erosión tanto del depósito de relaves como de los suelos en proceso de remediación y potencialmente perjudicando a la obra en

tres aspectos: 1) Seguridad de trabajadores; 2) destrucción de infraestructuras; 3) Daño de obras de remediación. El canal de contorno se ubicará bordeando la zona del relave, aprovechando la infraestructura de caminos preexistentes.

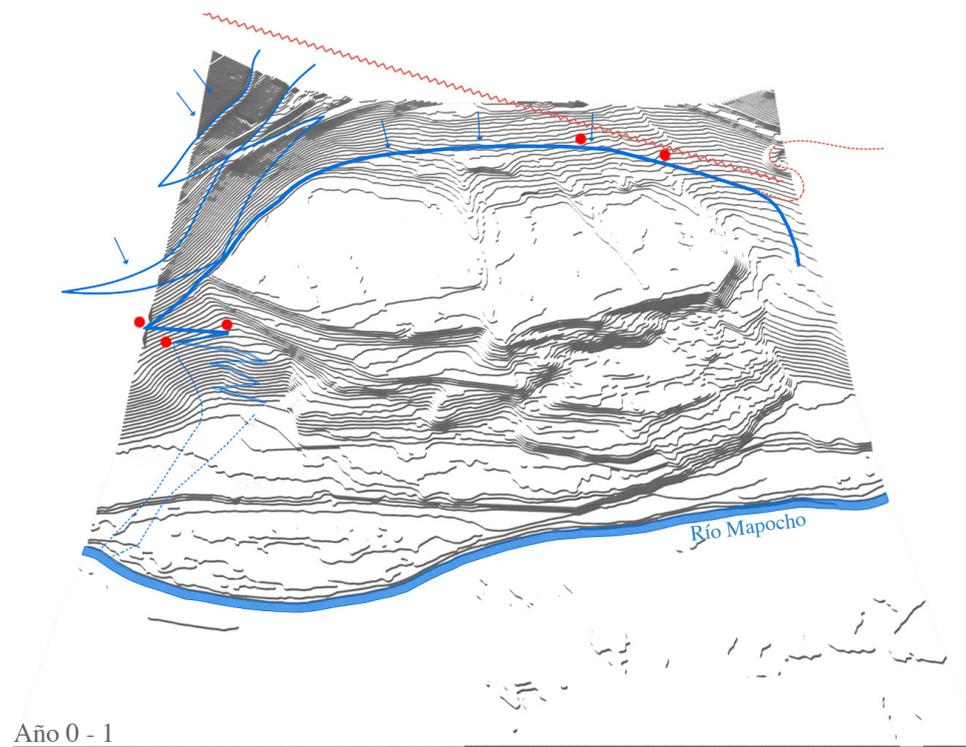


Fig. 38. En azul, se marcan los canales de recolección de aguas superficiales, en rojo los estanques de recolección de agua.

- Canal de contorno
- Estanques de recolección
- ~ Mina Subterránea - zona restringida al paso
- Acceso vehicular

a) Servicios Ecosistémicos: Recolección de agua.

La construcción del canal de contorno permitiría la retención de aguas para el futuro riego del Parque. Para lo anterior, se dispondrá de 5 estanques de recolección distribuidos a lo largo del canal de contorno, con el objetivo de maximizar la recolección de aguas lluvia y asegurar el riego por gravedad de todas las cotas del parque. Esto se hará para asegurar el establecimiento de las especies nativas en sus primeros años, acercándose lo más posible a los 300 mm de agua requerido por el bosque esclerófilo. Los estanques funcionarán como piscinas de infiltración pasando el agua por un sistema mixto en base a piedras y una membrana geotextil. Aparte de la construcción de un sistema pasivo de riego, el canal de contorno se alimentará de un sistema activo, aprovechando la infraestructura hídrica construida para el traslado del material de relave.

b) Aproximación arquitectónica:

La construcción de esta infraestructura presenta una oportunidad para el desarrollo de espacios y programas. El canal que acompaña la circulación estructurante del parque, aparte de recolectar las aguas lluvia, constituye un límite en la parte alta, a lo largo de la zona restringida correspondiente a la mina subterránea. En las áreas que está permitido el paso, se generan cruces con circulaciones que conectan con cotas superiores. Dichas circulaciones a su vez aportan al canal de contorno con aguas recolectadas por un sistema de tuberías subterráneas.

A parte de constituir un límite, la presencia del canal de contorno le otorga valores agregados a la circulación principal. Por un lado, el canal permite que el camino principal sea reconocido como “El Camino del Canal” al entregarle la función de la recolección de agua. Dentro del camino, las piscinas de infiltración se establecen como espacios, permitiendo a los usuarios del parque áreas de contemplación del curso acuático y la flora nativa que este potencia. Por otro lado, el sistema de recolección de agua entrega un valor educativo al parque a través de la contemplación y el contacto con el agua, la que varía su caudal y presencia de forma estacional y espontánea. Este cambio reconoce al parque como un sistema vivo, haciendo diversas las apariencias y percepciones según la época y presentando una oportunidad para una labor educacional.

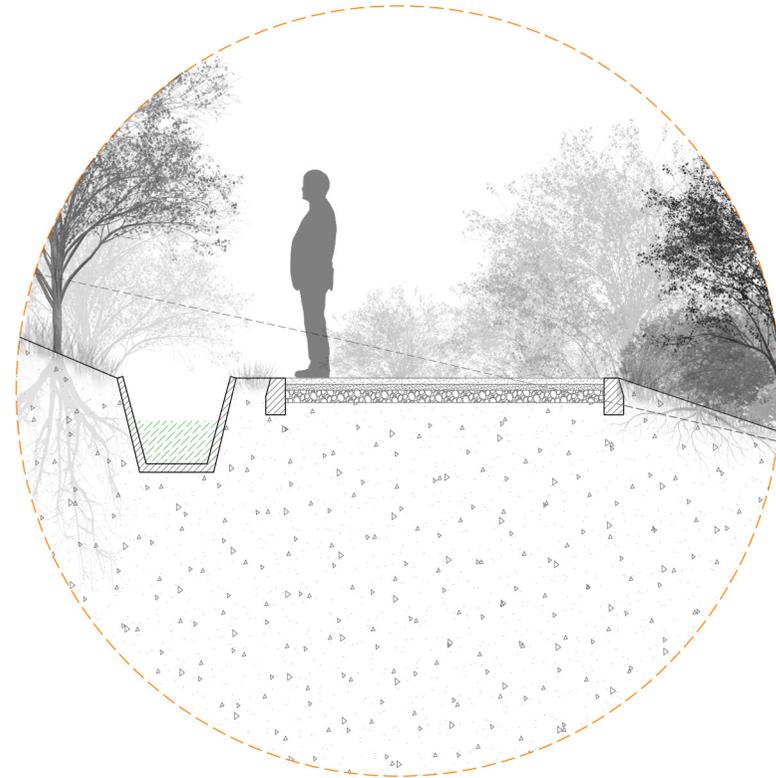


Fig. 39. Corte tipo Canal de Contorno

ii) Obras Preliminares

Las obras preliminares del proyecto están compuestas por aquellas necesarias para el comienzo de la extracción del material de relave. Estas son: a) Área de maquinarias para extracción; b) Patio de maniobras e instalación de faenas. Para llevar a cabo estas obras se deberá construir infraestructura de caminos, la que permitirá llevar la maquinaria necesaria desde el acceso vehicular superior del predio hasta el área de instalación de maquinarias y patio de maniobras.

La maquinaria necesaria para la extracción del material de relave se instalará en la zona baja. Esto se hará formando una meseta en la cota 456, un metro más alta que la cota de inundación histórica (455), la que contendrá el sistema mecánico encargado de procesar el material (a). El sistema consiste en una tolva de recepción de capacidad entre 8 y 10 m³, el que a través de una cinta transportadora descargará el material en un equipo mezclador. Este equipo corresponde a un estanque semienterrado de 50 m³ de capacidad, provisto de un mecanismo de agitación responsable de generar una pulpa a base de agua permitiendo el transporte del material.

El sistema será alimentado por equipos con cargador frontal. Para esto, se construirá un patio de maniobras (b) ubicado en la cota 460 según estima la DIA, desde donde será alimentado el sistema de transporte de material. Para lo anterior se contemplan las siguientes áreas: b1) Circulación vehicular para el traslado de maquinarias y personal encargado de la obra; b2) Estacionamientos para maquinaria y personal encargado de la obra; b3) Área para desarrollo de construcciones ligeras temporales. A su vez, el patio de maniobras estará provisto de un sistema de recolección de aguas responsable de recolectar aquellas escorrentías superiores provenientes del área del relave.

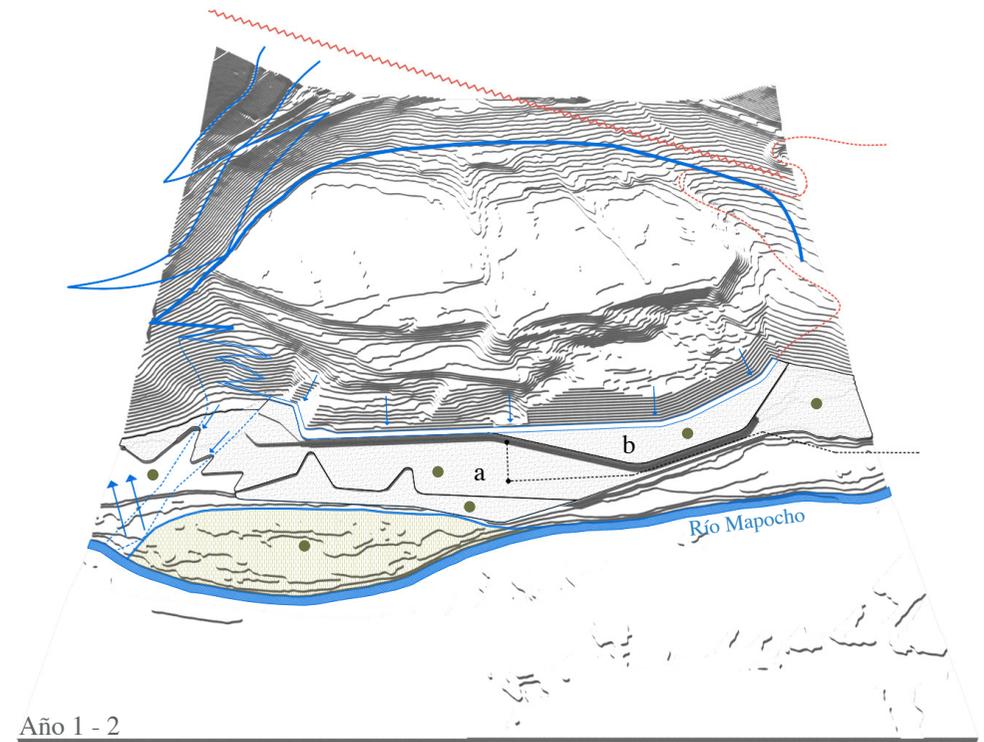


Fig. 40. En la imagen se aprecian las áreas para la instalación de la maquinaria y el funcionamiento de la obra. A su vez, se muestran las áreas de recuperación, conservación y restauración ecológica.

- Aguas
- ~ Mina Subterránea - zona restringida al paso
- Acceso vehicular
- Maquinaria de extracción
- Recuperación - Restauración - Conservación

a) Servicios Ecosistémicos: Restauración ribera poniente del río Mapocho

La construcción de estas áreas permitiría brindar a la ribera poniente del río Mapocho condiciones propicias para la instalación de vegetación riparia. Dicho proceso comenzará por el área donde se instalará la maquinaria para la extracción del material seguida por el patio de maniobras. Para lo anterior se determinan tres objetivos: 1) Recuperación de ecosistemas pertenecientes a formaciones de islas dentro del río Mapocho: Esto se logrará a través de la rehabilitación de un brazo de río eliminado por acción del desprendimiento del relave. 2) Remoción de relaves para la formación de humedales de ribera: Al representar una rinconada, la parte baja del relave la africana potencialmente representa un humedal de ribera. Para su formación, será necesario devolver el nivel original de tierra para buscar mayor humedad y a su vez dirigir escorrentías superficiales hacia el área de humedales. 3) Forestación de meseta que contiene maquinaria: El área que contiene la maquinaria deberá comenzar su remediación y forestación en cuanto termine la construcción. 4) Remediación paralela a la construcción de las instalaciones de faena.

Para el comienzo de la remediación será necesaria la previa investigación por parte de instituciones dado que las zonas planas de terreno son las más susceptibles a la lixiviación. Para esto, se pondrá a disposición la tierra para la realización de experimentos químicos donde según la experiencia, se muestran dos soluciones posibles: a) Relleno de mínimo 50 cm. de tierra por sobre nivel natural de suelo con previa instalación de geotextil para evitar paso de aguas a tierra dañada b) Mejoramiento de la tierra mediante procesos químicos con posterior relleno de mínimo 50 cm. de tierra por sobre nivel natural de suelo. Estos escenarios dependen del nivel de daño de la tierra donde la opción más favorable es la estabilización del suelo mediante procesos químicos, dado que no se necesita instalación y mantención del geotextil.

b) Aproximación arquitectónica

La construcción de las mesetas presentan una oportunidad para el desarrollo de espacios y programas. En primer lugar, junto al brazo de río recuperado se habilitará un espacio para la observación. Se podrá observar tanto el brazo de río como la isla que esta operación busca recuperar, habilitando el área como un paseo de ribera y a

su vez como un límite del Parque hacia el río Mapocho. En el caso de los humedales de ribera, se habilitará un sendero que recorrerá el área, donde se podrá observar aves y vegetación propia de este ecosistema.

Los espacios donde se realiza la faena minera absorberán diversas funciones. En primer lugar la meseta que contiene a la maquinaria se transformará en una zona de observación, permanencia y conservación del bosque esclerófilo donde habrán espacios de pic-nic y espacios para concesiones de cafetería y/o restaurantes. A su vez, el sistema de agua provisto para la extracción de relaves será resignificado constituyendo un canal que servirá para el riego del parque y juegos acuáticos. En el caso del patio de maniobras, tras el término de la obra asumirá un carácter de plaza dura con áreas de sombra, donde se podrán instalar juegos de niños y áreas deportivas.

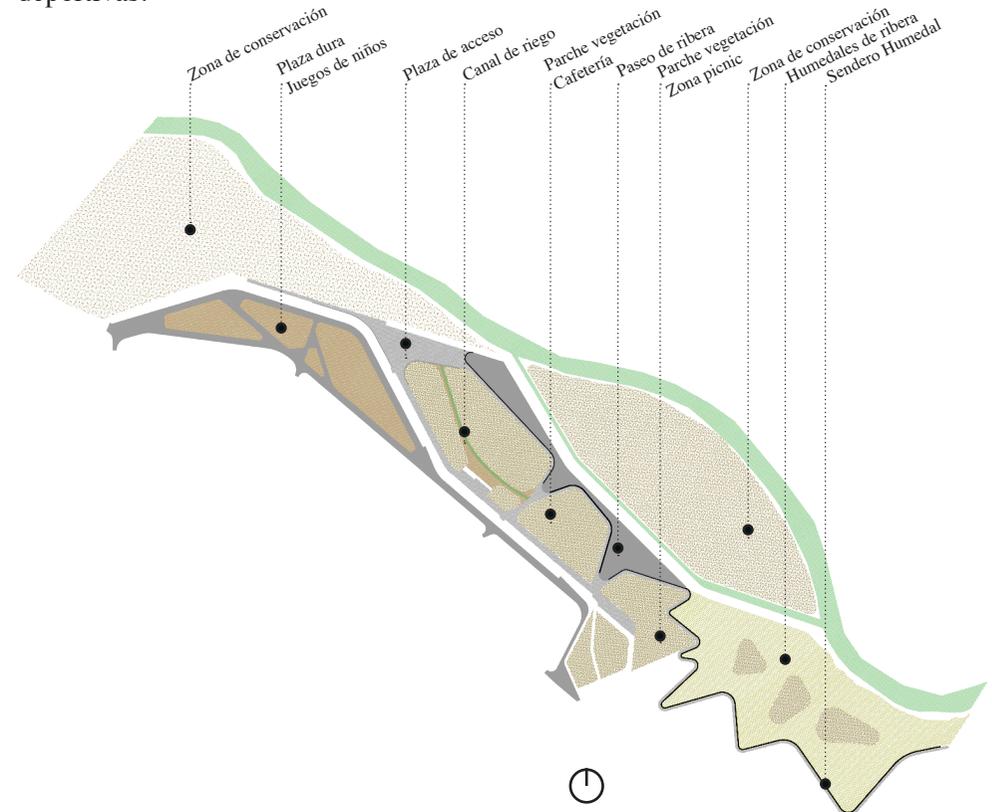


Fig. 41. Planta general esquemática año 3



Fig. 42. Imagen Objetivo a futuro Canal de Riego

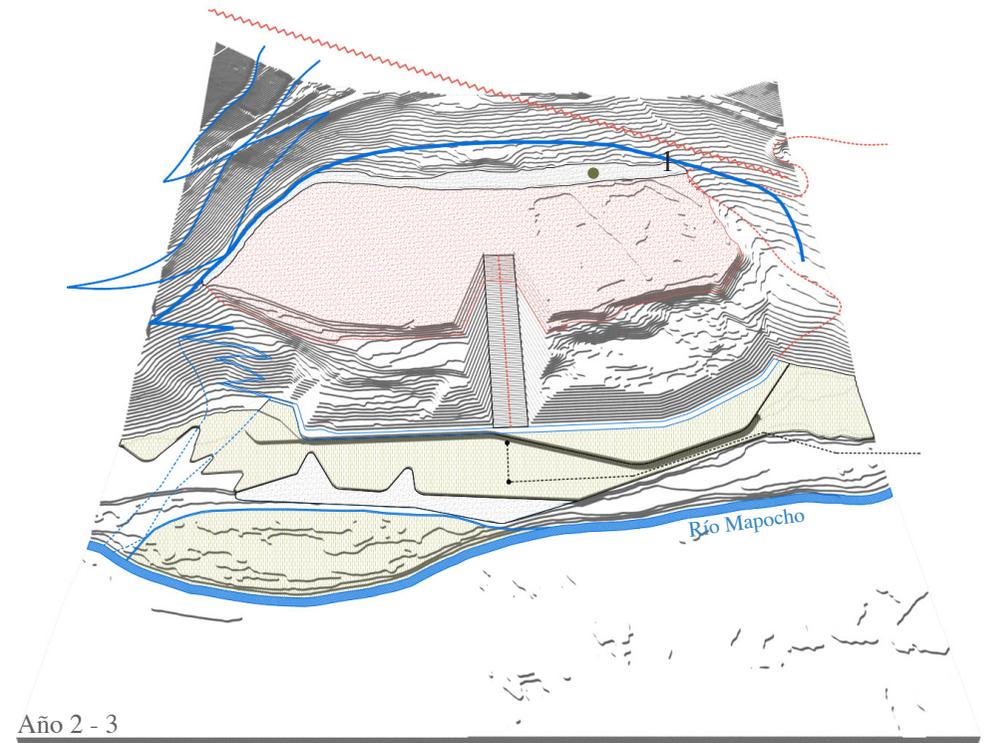
iii. Reprocesamiento, remediación y reforestación.

Una vez finalizadas las obras preliminares, se dará paso a la remoción del material de relave. El proceso durará 6 años, donde se retirará el material en capas de 5 metros (DIA).

a) Servicios Ecosistémicos: Remediación del cerro Lo Aguirre

A medida que la topografía original se muestre producto de la extracción del material, comenzará la reforestación del territorio. El retiro de las capas constituidas por alturas de 5 metros, revelarán fracciones de terreno, las que comenzarán su reforestación una vez finalizado el retiro del material. Según la experiencia, en laderas la lixiviación es mínima, por lo que el proceso consiste en rellenar las áreas con tierra nueva. La tierra será aportada por el desarrollo de viviendas del área de expansión, la que será dispuesta en forma de terrazas. Para su construcción se elaborarán caminos en el límite superior de las áreas descubiertas y servirán tanto para el traslado de la tierra como de las especies arbóreas necesarias para la reforestación.

Para la reforestación se utilizará una grilla de 5x5 compuesta por espinos en zonas planas y de 10x10 en taludes compuesta por colliguay. Esto se hará con el fin de asegurar una base resistente a la radiación y además aportar a la tierra con hidrógeno, permitiendo el crecimiento de herbáceas bajo su sombra. Junto con ello, se moldeará el territorio a reforestar con el fin de demarcar las zonas donde posteriormente se construirán los ascensos y descensos que vincularán este sistema de caminos. Los caminos, a su vez serán responsables de recolectar aguas lluvia para evitar la remoción en masa dentro de las zonas de reforestación, donde serán conducidas por un sistema de tuberías que las guiará a los estanques de recolección.



Año 2 - 3

Fig. 43. Para el traslado del material es necesaria la construcción de una rampa central, la que ira desapareciendo en la medida que el relave es retirado. En la imagen se aprecia la primera área de terreno natural descubierta, la que comenzará con el relleno y reforestación una vez finalizado el proceso de extracción.

- Aguas
- ~ Mina Subterránea - zona restringida al paso
- - Acceso vehicular
- - Maquinaria de extracción
- Recuperación - Restauración - Conservación
- Siguiendo volumen a retirar

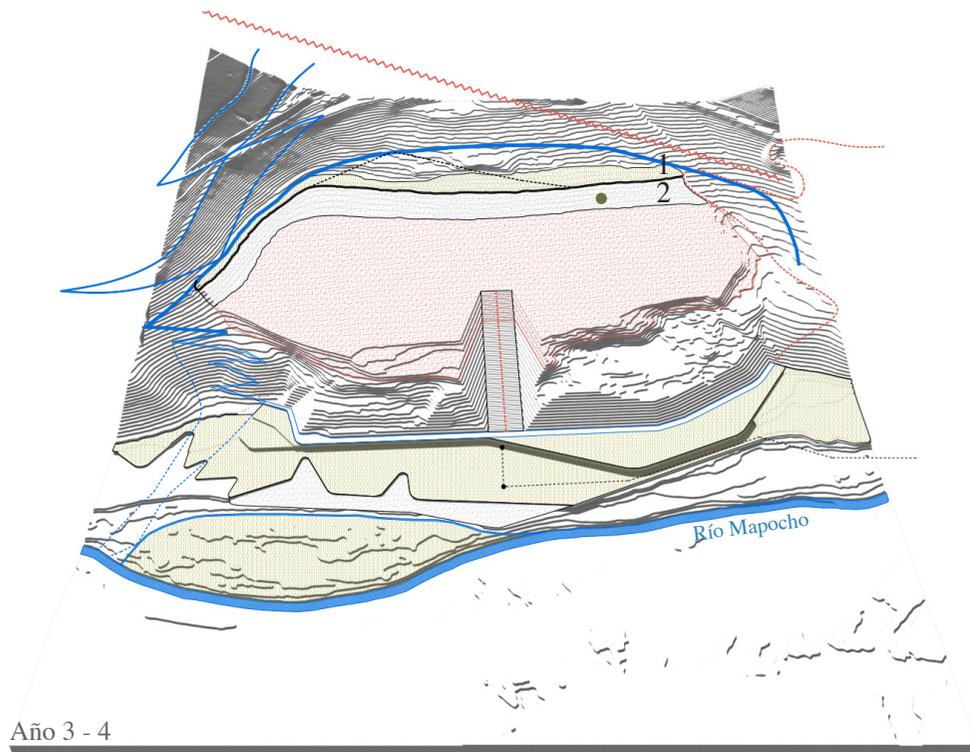


Fig. 44. Pasado un año, el área 1 se habrá cubierto con tierra en forma de terrazas y estas plantadas con con espinos y colliguay. En simultáneo a esta labor, comenzará el tratamiento de la segunda área y se demarcarán las zonas por donde pasarán las circulaciones verticales.

- Aguas
- ~ Mina subterránea - Zona restringida al paso
- - Acceso vehicular
- - Maquinaria de extracción
- Recuperación - Restauración - Conservación
- Siguiente volumen a retirar

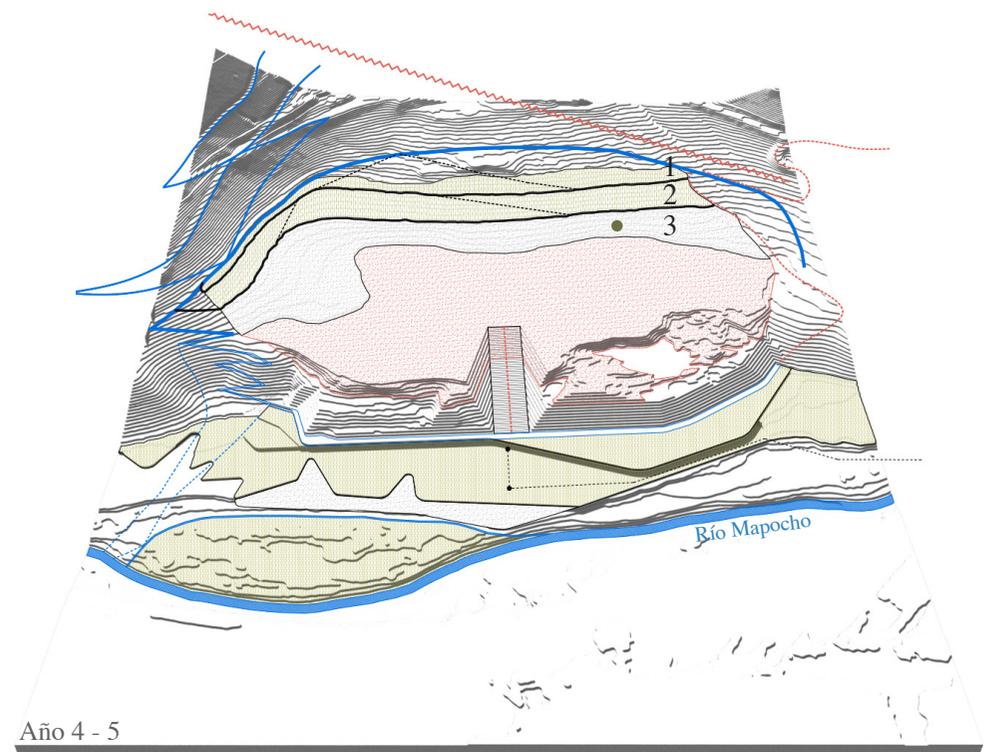


Fig. 45. El proceso de remediación se repetirá para todas las áreas en la medida que el terreno natural se va descubriendo.

- Aguas
- ~ Mina Subterránea - zona restringida al paso
- - Acceso vehicular
- - Maquinaria de extracción
- Recuperación - Restauración - Conservación
- Siguiente volumen a retirar

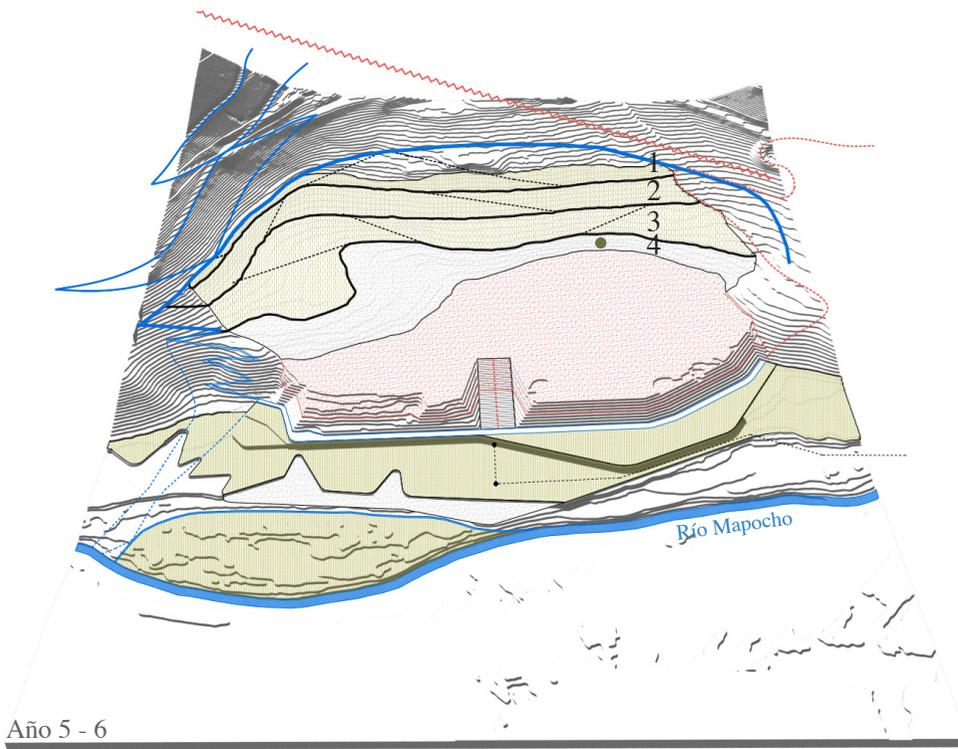


Fig. 46. El proceso de remediación se repetirá para todas las áreas en la medida que el terreno natural se vaya descubriendo.

- Aguas
- ~ Mina Subterránea - zona restringida al paso
- Acceso vehicular
- Maquinaria de extracción
- Recuperación - Restauración - Conservación
- Siguiete volumen a retirar

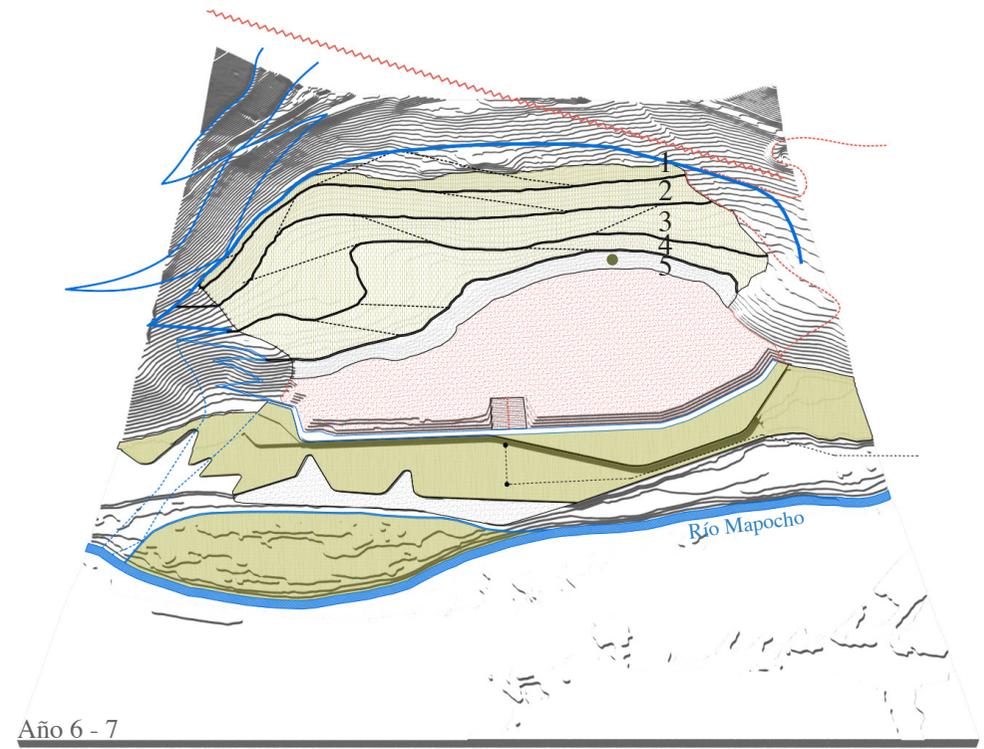


Fig. 47. El proceso de remediación se repetirá para todas las áreas en la medida que el terreno natural se vaya descubriendo.

- Aguas
- ~ Mina Subterránea - zona restringida al paso
- Acceso vehicular
- Maquinaria de extracción
- Recuperación - Restauración - Conservación
- Siguiete volumen a retirar

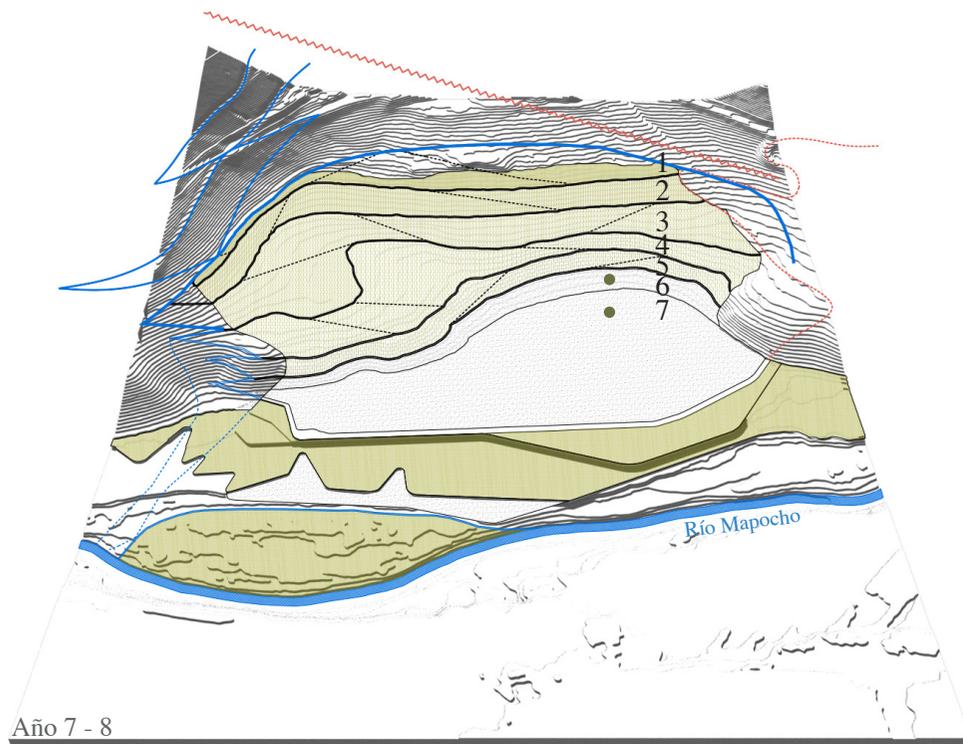


Fig. 48 Una vez extraída la última capa de relave, resultará un área plana en el área inferior del predio (7) compuesta por este material. En esta zona se repetirá el proceso de remediación diseñado para las mesetas inferiores, es decir, se rellenará el área con tierra aportada por la construcción de viviendas y se demarcarán las área de circulación.

- Aguas
- ~ Mina Subterránea - zona restringida al paso
- - Acceso vehicular
- - Maquinaria de extracción
- Recuperación - Restauración - Conservación

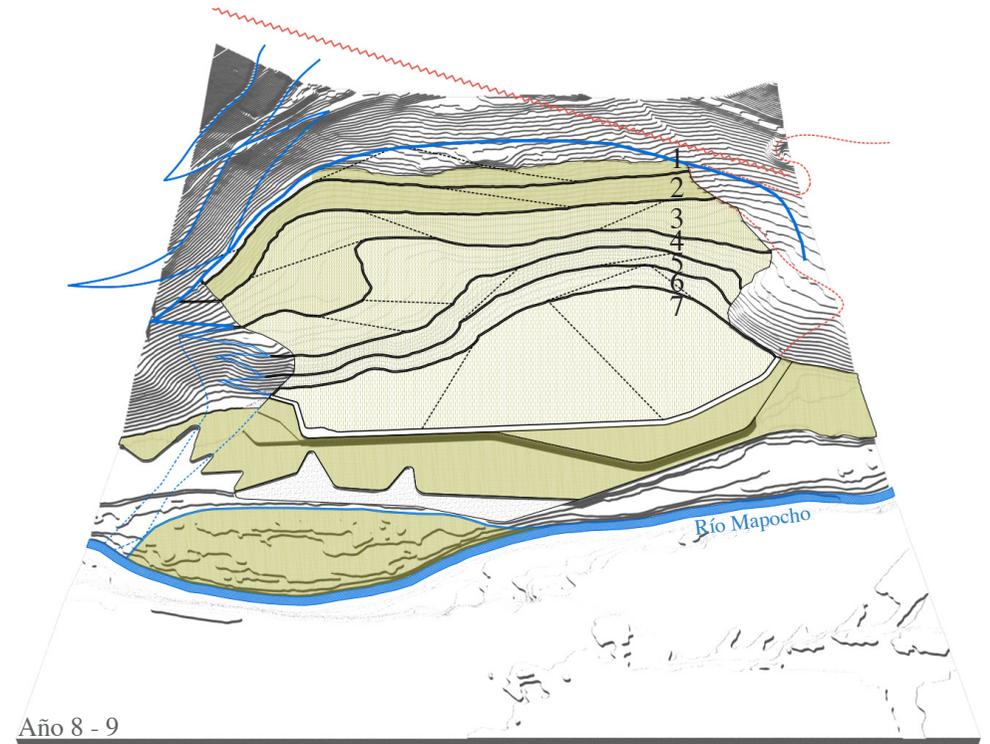


Fig. 49. Para el año 10, todas las áreas estarán remediadas.

- Aguas
- ~ Mina Subterránea - zona restringida al paso
- - Acceso vehicular

b) Aproximación arquitectónica

Los caminos resultantes de la remediación de las áreas de terreno se utilizarán como las circulaciones estructurantes del parque. Éstas permitirán recorrer las diferentes áreas de remediación y a su vez conectarán horizontalmente ambos extremos del parque.

Los caminos se caracterizarán según el área que acompañan. En este sentido, cada uno de los caminos tomará el carácter de la vegetación o característica que acoge cada área: 1) Los Espinos; 2) Los Chaguales; 3) Los Quiscos; 4) Los Guayacanes; 5) Los Algarrobos; 6) Los Litres. La caracterización de dichos caminos, permitirá acoger la vocación educativa del parque, donde se enseñará sobre las especies que componen el matorral espinoso de la zona central. Al interior de los caminos, ciertas áreas de reforestación se pondrán a disposición de la ciudadanía para que tras su recuperación, sean habilitados con rutas de senderismo y/o descenso.

El área plana resultante de la última capa de extracción será reforestada con vegetación del matorral disperso a matorral denso. Esta área se organizará en torno a un centro, el que funcionará como explanada multiuso donde será posible alojar actividades masivas de diverso índole.

Los caminos estarán compuestos de maicillo contenido por soleras en todo su largo. Dichos caminos tendrán una dimensión de 3 mt. permitiendo un libre flujo de usuarios y a su vez el paso de vehículos de emergencia y mantenimiento. Los caminos funcionarán como ejes articuladores del parque al contener diversos programas como zonas de sombra, bancas y reposeras.

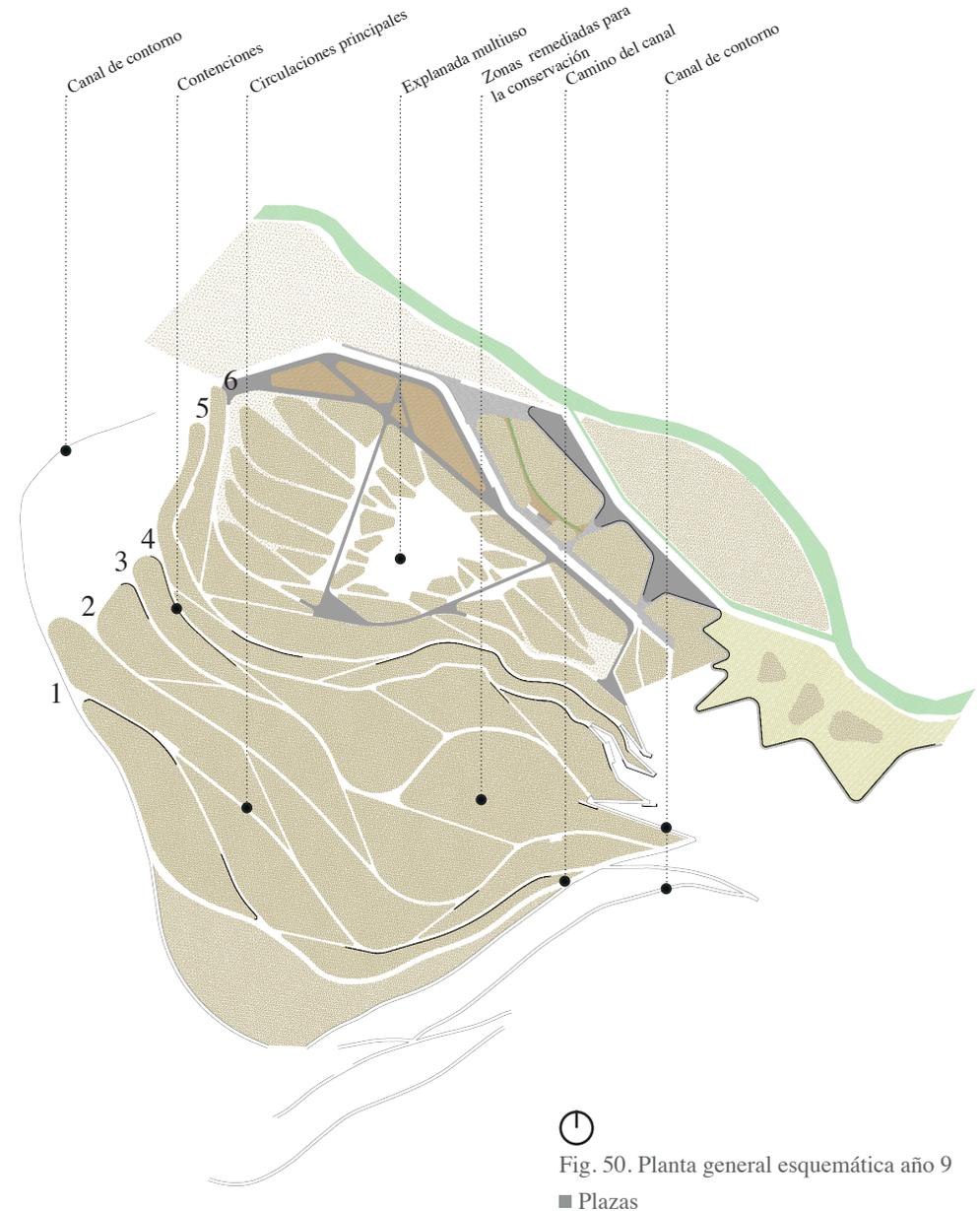




Fig. 51. Imagen Proceso de Remediación

d) Fase de Acondicionamiento (Años 9- 11)

i) Circulaciones

El proceso de acondicionamiento del parque comenzará con la construcción de los elementos que permitirán su funcionamiento. Estos deberán partir de forma paralela a la reclamación del sitio, optimizando los tiempos de apertura de este a la ciudadanía. Dicho proceso, comenzará con el desarrollo de la infraestructura necesaria para la circulación, es decir rampas y escaleras que permitirán el tránsito entre los caminos de reforestación. A su vez, dichas circulaciones permitirán el tránsito entre los futuros programas que se instalarán en el parque.

a) Servicios Ecosistémicos

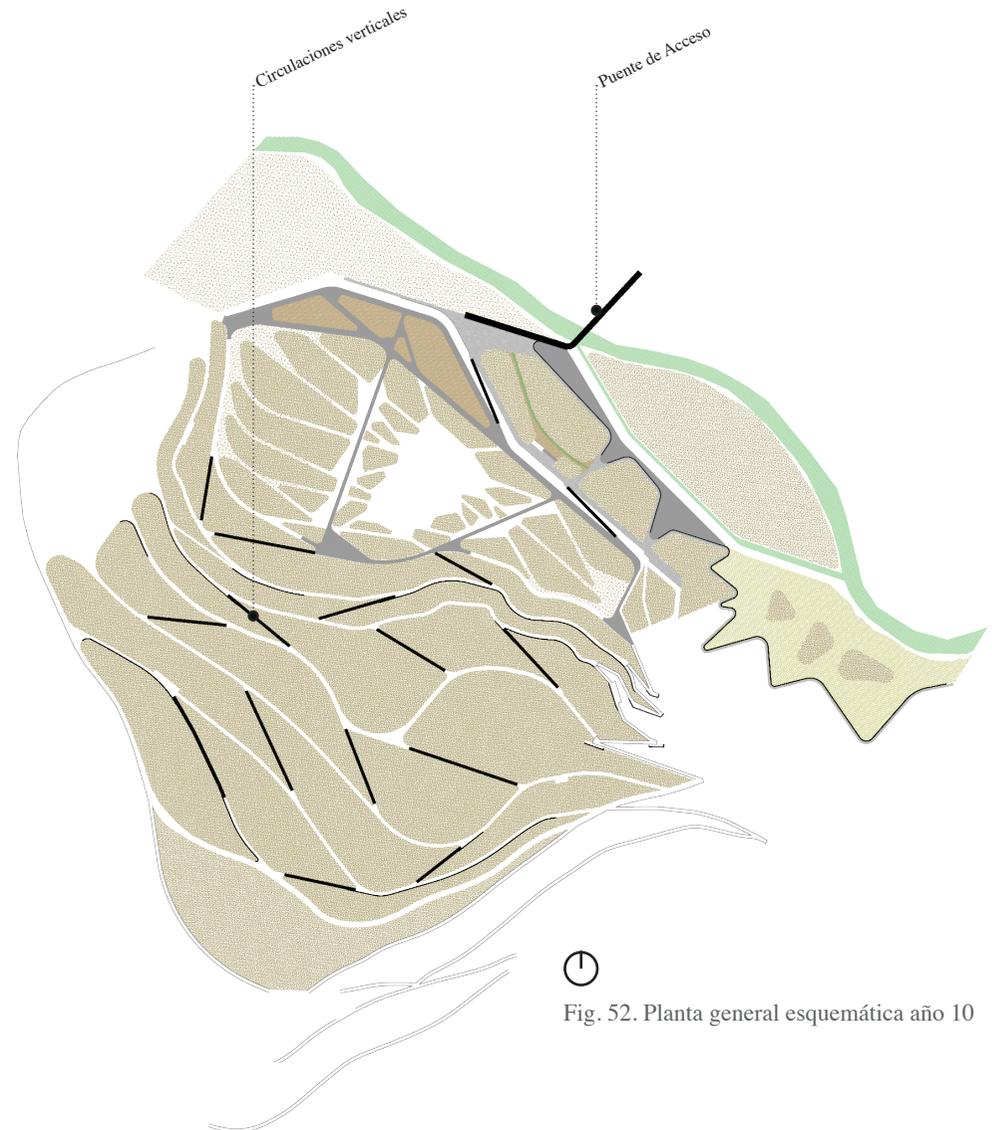
Las rampas y escaleras del parque, se ejecutarán como pasarelas elevadas. Esta decisión, permitirá generar parches de vegetación continuos, asegurando el éxito de ellos en el tiempo sin entorpecer el movimiento de especies. A su vez, tanto su condición elevada como su disposición en el territorio, permitirá a estas infraestructuras generar una condición de semisombra en el territorio. Dicha condición, disminuirá la radiación y junto con ello permitirá mayor humedad, condición favorable para algunas especies animales y vegetales.

b) Aproximación Arquitectónica

Las circulaciones verticales permitirán a los usuarios del parque circular entre los caminos principales. Esta situación, ofrecerá circulaciones entremedio de los parches de vegetación, permitiendo recorrer el matorral denso que se busca instigar en dichas áreas. Además, la condición contrastante del elemento construido con su entorno natural, permitirá a dichos elementos transformarse en un programa en si mismo, adquiriendo una dualidad en su función. Estas ya no solo se encargarán de vincular las diferentes cotas del Parque sino que serán hitos en el paisaje que permitirán la observación de escenarios que no son posibles de ver desde las circulaciones principales.

Para dichos fines, las rampas se construirán en base a una estructura metálica. Esto, permitirá una estructura con suficiente rigidez para soportar la carga ocupacional

de parque urbano y a su vez permitirá salvar grandes luces con mínimos apoyos, elemento esencial para el movimiento de especies dentro del parche de vegetación. Tanto el piso como barandas serán revestidas con metal desplegado permitiendo la condición de semisombra en el terreno y otorgando transparencia al elemento.



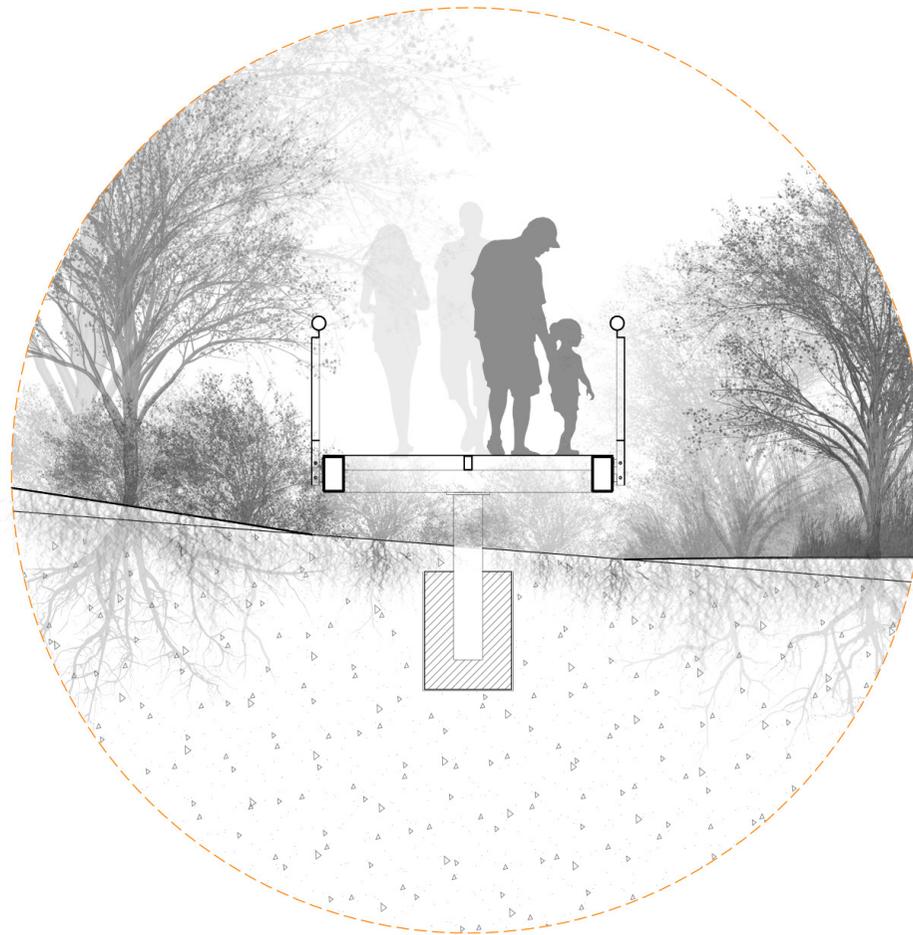


Fig. 53. Corte tipo circulaciones verticales

ii. Miradores y servicios

Tras la construcción de las circulaciones se dará paso al desarrollo de miradores y servicios sanitarios. Estos se desarrollarán en un módulo que se repetirá en toda el área del parque, acompañando áreas de permanencia y entregando zonas de sombra a lo largo del recorrido.

a) Servicios ecológicos

Los módulos de miradores acompañarán las circulaciones entregando áreas de sombra. Esto aportará a disminuir la temperatura y evitar el impacto directo del sol sobre ciertas áreas. Estos espacios servirán como puntos de propagación de especies dado que en ellos se instalarán las especies que caracterizarán cada recorrido y permitirán su dispersión en lo ancho y largo del parque.

b) Aproximación Arquitectónica

Los miradores permitirán a los usuarios del parque un punto de descanso, vistas y la posibilidad de observar la vegetación propia del matorral espinoso. Los miradores estarán dispuestos sobre plazas pavimentadas en todas las alturas del parque y en ellas se mostrará infografía que permitirá aprender y conocer sobre las áreas de recuperación y la vegetación que las acompaña.

Los miradores estarán compuestos por un marco metálico apoyados sobre una fundación corrida. Los marcos sostendrán un techo compuesto por vigas de madera con el propósito de proyectar sombra y de marcar un lugar en el territorio.



Fig. 54. Planta general esquemática año 11

- Miradores
- Miradores con baño
- Accesos
- Plazas



Fig. 55. Imagen Objetivo miradores, baños y accesos

iii) Accesos

El parque estará dotado por dos accesos peatonales, uno por Las Lomas de lo Aguirre y otro que atravesará el Río Mapocho. A través del acceso por Las Lomas de lo Aguirre, se vinculará el parque con las áreas verdes que este desarrollo de viviendas posee, mientras que el del río Mapocho será parte del desarrollo de áreas verdes correspondiente a la expansión condicionada que tendrá lugar en el área de Pudahuel.

a) Servicios Ecológicos

El acceso oriente corresponde a un desarrollo de la ribera oriente del Río Mapocho, el que poseerá parches de vegetación enfrentando la zona de ribera. El acceso se desarrollará tras la línea oficial de inundación, dejando las riberas del Río para la recuperación ecológica. En el caso del acceso por Las Lomas de lo Aguirre, se buscará generar una continuidad entre el área verde existente perteneciente a estas viviendas y la proyectada.

b) Aproximación Arquitectónica

El acceso por el río Mapocho corresponde a un desarrollo de borde costero que se dejará planteado en lineamientos generales. En esta área se proyectan los servicios deportivos asociados al parque tales como multicanchas, skatepark, explanadas y estacionamientos. Tras este desarrollo, el acceso se realizará a través de un puente que unirá ambas riberas, el que unirá dos plazas de acceso, una a cada lado, y permitirá caminar entre la vegetación de ribera, teniendo vistas al interior de la cuenca del río. En el caso del acceso por las Lomas de lo Aguirre, el acceso se concederá como una continuación de la plaza principal del complejo de viviendas. Dicho acceso estará compuesto por una confluencia de circulaciones, ofreciendo diversas posibilidades para recorrer el parque.

Ambos accesos estarán dotados por el mismo módulo de mirador, responsable de marcar la entrada y salida al parque junto a porterías y servicios sanitarios.

iv) Edificio Patrimonial

En el caso del edificio correspondiente al chancado del material, se propone la realización de un centro de interpretación. En este complejo, se contempla la construcción de accesos vehiculares así como plazas de acceso al edificio.

a) Aproximación Arquitectónica

Si bien el proyecto de restauración no se llevará a cabo, si se propone una transformación del edificio en infraestructura patrimonial. Esto busca desarrollar y mantener el pasado minero en el parque, por lo que se deberá considerar tanto la estructura patrimonial como la actividad que ahí se desarrollaba. En este sentido, el edificio deberá absorber un carácter de museo de sitio, rescatando los elementos vinculados a la extracción y las vistas y espacios que este ofrece. A su vez, el edificio configura un acceso al cerro Lo Aguirre por lo que junto a la actividad minera, deberá adquirir un carácter de centro de interpretación. En este se instará la investigación, la conservación, divulgación y puesta en valor de los objetos y el paisaje que constituyen la memoria del lugar.

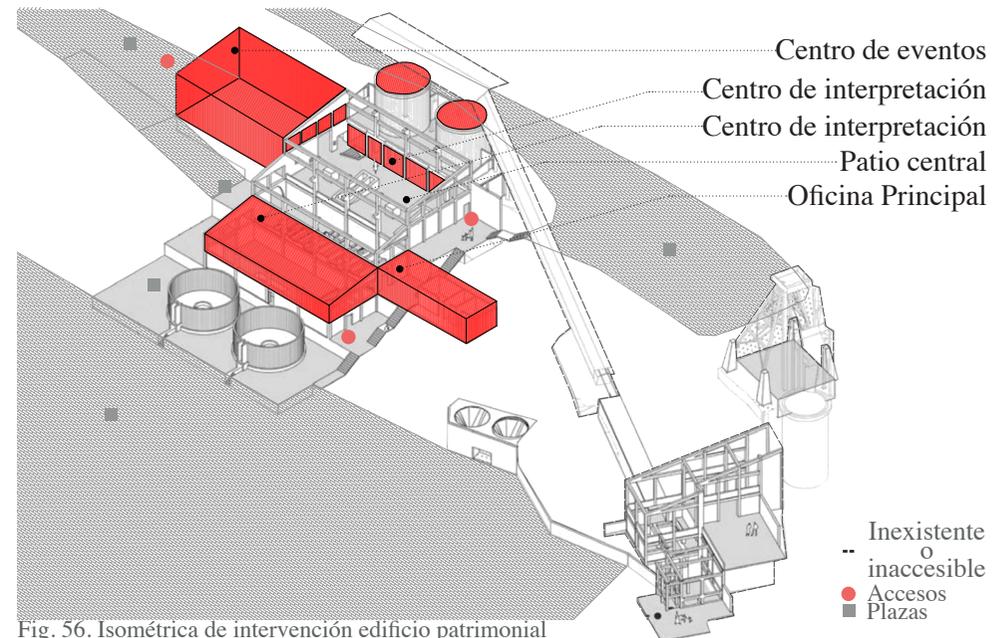
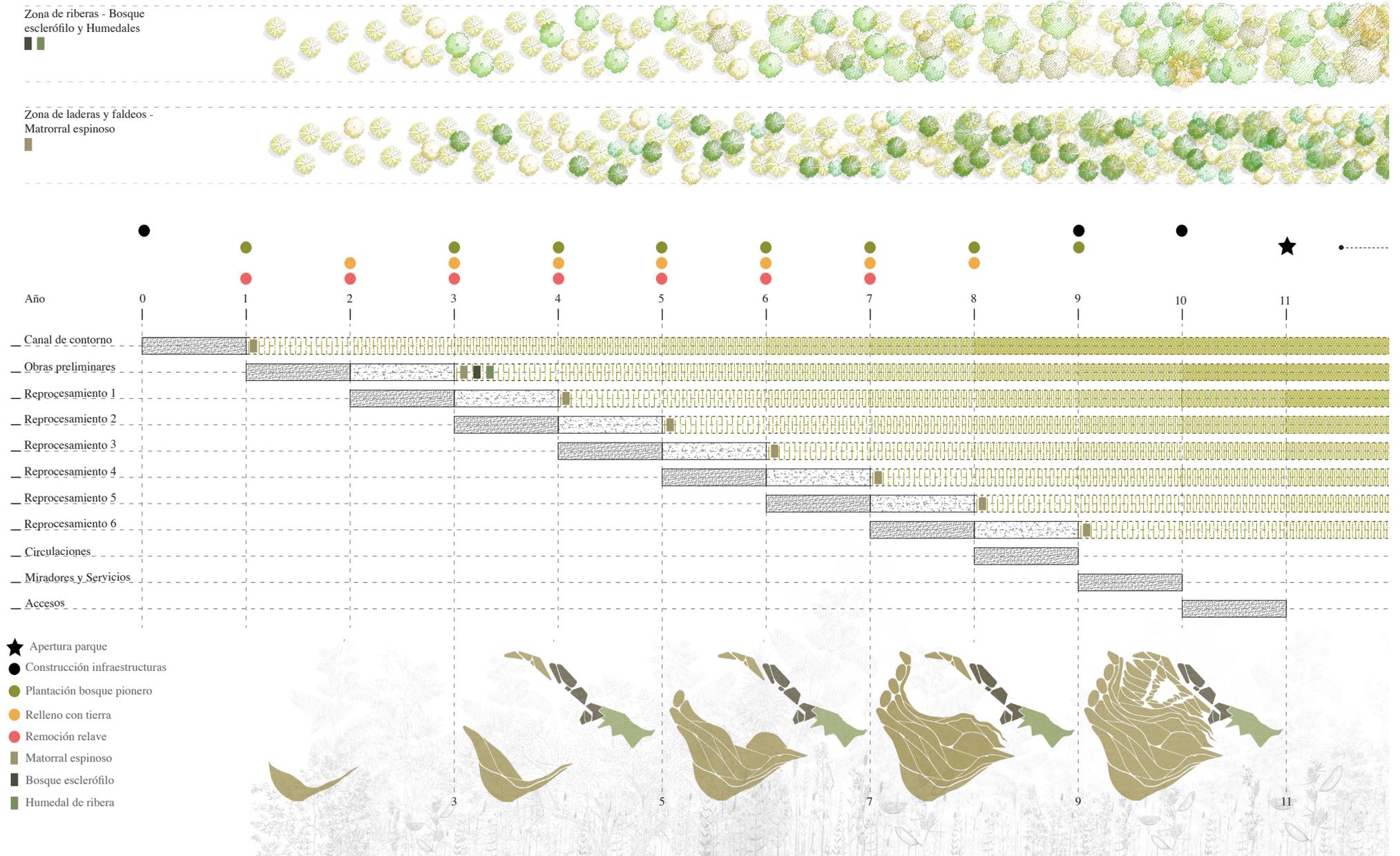
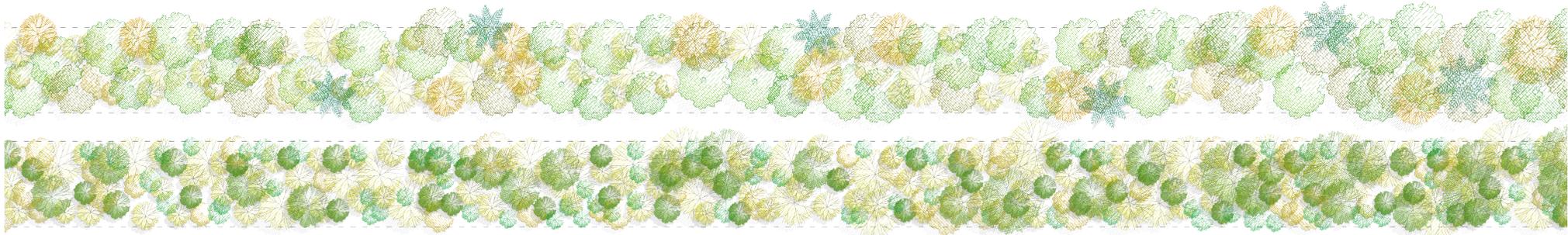


Fig. 56. Isométrica de intervención edificio patrimonial

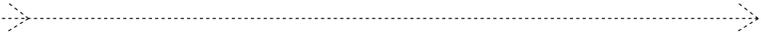


e) Línea de tiempo





Maduración, Diversificación y Mantenimiento del nuevo ecosistema



12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

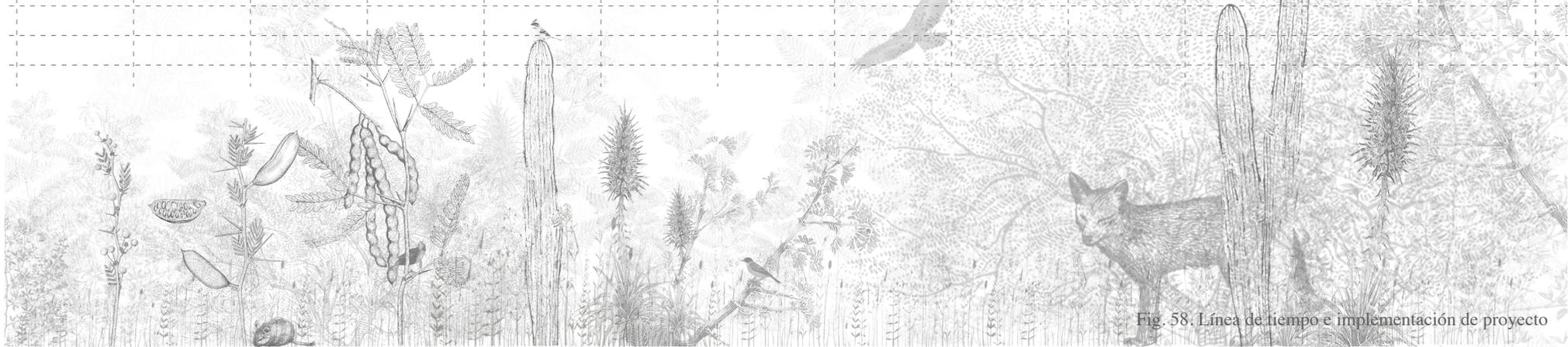
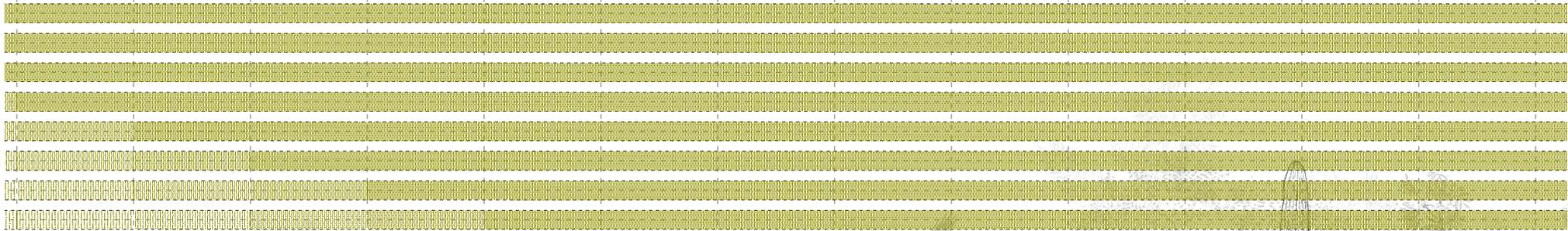


Fig. 58. Línea de tiempo e implementación de proyecto

5

Modelo de Gestión

5. Modelo de gestión.

Producto de que es un ejercicio académico, el análisis de superficies y precios se realizó con el propósito de obtener números generales y de referencia. El parque tiene un carácter intersectorial, por lo que fue necesario recabar parámetros generales para definir posibilidades de financiamiento tanto del mundo público como del privado. A su vez, del análisis de superficies y presupuestos se permite establecer una relación entre UF y m², obteniendo una idea general del costo de este tipo de infraestructuras vs. los beneficios que proveen.

a) Superficies

Para el cálculo del área del parque, se consideró solamente el área que corresponde a los terrenos de la mina La Africana, dado que los accesos a este se encuentran en terrenos correspondientes a otros usos. A su vez, no se consideró el edificio patrimonial dado que este se propone como posibilidad de inversión futura.

El Parque de remediación del relave La Africana posee un área total de 55 hectáreas aproximadamente donde la mayor cantidad de terreno corresponde a áreas de manejo. Estas alcanzan las 45 hectáreas y corresponden a zonas de plantación y/o protección. Dentro de ellas se contemplan laderas de cerro y sus faldeos como también riberas y humedales. En el caso del área total proyectada se consideran 10 hectáreas aproximadamente y se constituyen por los elementos nombrados anteriormente. A continuación, en la tabla 3 se muestra el detalle de las superficies:

Superficie	Área	m ²	SubTotal m ²	Total m ²
Manejo	Ladera	140.455	451.805	
	Faldeo de Cerro	256.172		
	Ribera	38.649		
	Humedal	16.529		
Proyectada	Ladera	10.133	95.684	547.489
	Faldeo de Cerro	49.700		
	Ribera	34.738		
	Humedal	1.113		
				54.7489 ha.

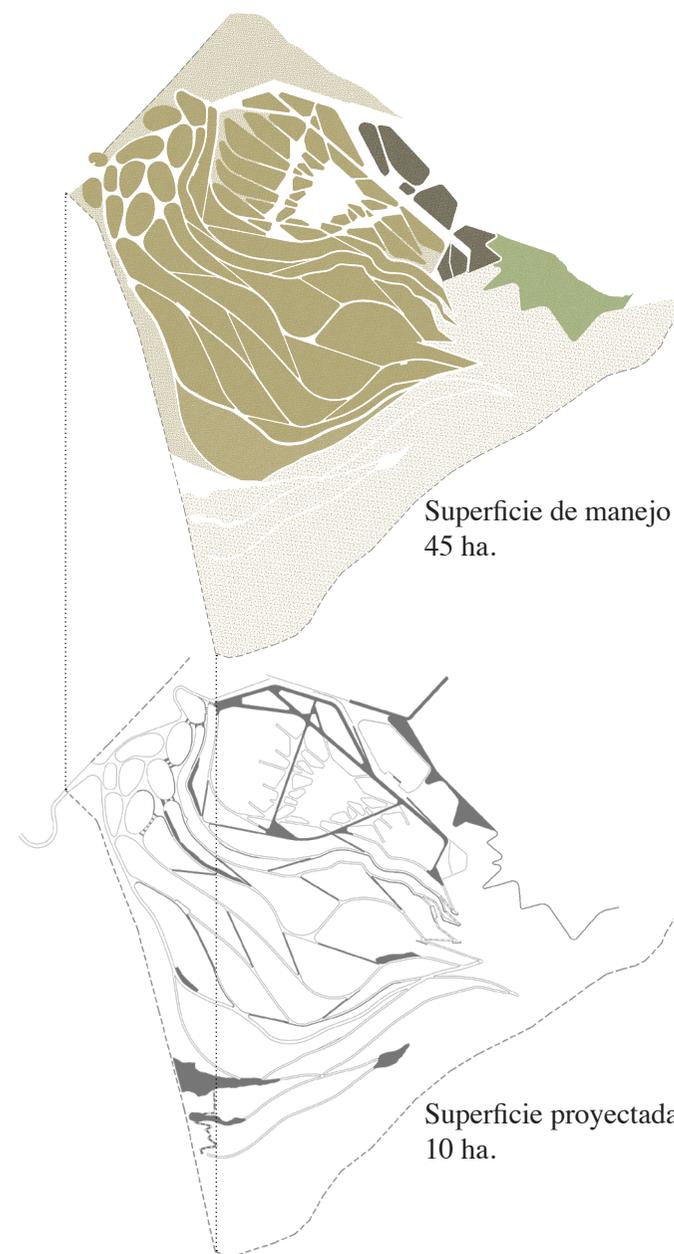


Fig. 59. Esquema de superficies

b) Presupuesto

PRESUPUESTO PARQUE DE
REMEDIACIÓN DEL RELAVE LA
AFRICANA - LA HUELLA DEL
RELAVE

	UNIDAD	PU (PESOS)	CANTIDAD	SUBTOTAL
OBRAS PREVIAS				
CANAL DE CONTORNO	M³	360.000	228	82.080.000
INSTALACIÓN DE FAENAS	Gl	3.200.000	1	3.200.000
CONSTRUCCIONES PROVISORIAS	Un	4.100.000	1	4.100.000
LETRERO DE OBRA	Un	600.000	1	600.000
				89.980.000
MOVIMIENTOS DE TIERRA				
REMOCIÓN RELAVE	M³	3.500	1.100.000	3.850.000.000
RELLENO	M³	20.000	99.545,15	1.990.903.000
				5.840.903.000
CONTENCIONES				
ENROCADO	M³	300.000	251	75.300.000
GAVIÓN	2 x 1 x 1 MT.	47.602	1.246	59.312.092
MURO HORMIGÓN ARMADO 1	M³	360.200	260	93.652.000
MURO HORMIGÓN ARMADO 2	M³	360.200	296	106.619.200
				334.883.292

CIRCULACIONES				
MOVIMIENTOS DE TIERRA	M³	3.500	13.409	46.931.500
MAICILLO	M³	12.900	1.018	13.132.200
PAVIMENTO HORMIGÓN LAVADO	M²	14.081	8.864	124.813.984
RIPIO	M²	1.593	31.109	49.556.637
SOLERAS	UN	9.327	16.060	149.791.620
TUBERÍA	6 MT	6.670	1.412	9.418.040
				393.643.981
PLAZAS / ÁREAS				
MAICILLO	M³	12.900	665	8.578.500
TIERRA COMPACTADA	M²	1200	5798	6.957.600
PAVIMENTOS PIEDRA	M²	37.422	9835	368.045.370
RIPIO	M²	1.593	15.633	24.903.369
SOLERAS	UN	9.327	1.825	17.021.775
				425.506.614
ACCESO ORIENTE (RÍO MAPOCHO)				
MOVIMIENTOS DE TIERRA	M³	3.500	1.851	6.478.500
PAVIMENTO HORMIGÓN LAVADO	M²	14.081	3.000	42.243.000
MURO HORMIGÓN ARMADO 2	M³	360.000	120	43.200.000
PAVIMENTOS PIEDRA	M²	37.422	3.702	138.536.244
MULTICANCHA C/ILUMINACIÓN Y CIERRE PERIMETRAL	UN	29.000.000	4	116.000.000
SKATEPARK	UN	80.000.000	1	80.000.000

SOLERAS	MT	9.327	2.746	25.611.942
PAVIMENTO HORMIGÓN LAVADO (ESTACIONAMIENTOS)	M²	14.081	4.128	58.126.368
LUMINARIA POSTE	ÚN	3.500.000	40	140.000.000
				510.196.054
MÓDULOS DE ARQUITECTURA				
MÓDULO MIRADOR	ÚN	8.000.000	7	56.000.000
MÓDULO ACCESO (CON BAÑO)	ÚN	30.000.000	2	60.000.000
MODULO MIRADOR CON BAÑO	ÚN	22.000.000	2	44.000.000
RAMPAS	ML	400.000	1.259	503.600.000
BARANDAS	ML	120.000	574	68.880.000
PUENTE (ESTRUCTURA SUPERIOR)	ML	900.000	189	170.100.000
APOYOS PUENTE	M3	360.000	500	180.000.000
				1.082.580.000
MOBILIARIO				
LUMINARIA POSTE	ÚN	3.500.000	70	245.000.000
LUMINARIA POSTE BAJO	ÚN	250.000	490	122.500.000
BASUREROS	ÚN	265.000	40	10.600.000
BANCAS	ÚN	400.000	300	120.000.000
BANCA Z	ÚN	300.000	750	225.000.000
SEÑALETICA EXTERIOR	ÚN	320.000	40	12.800.000
				735.900.000

VEGETACIÓN				
ACACIA CAVEN	ÚN: 1,50 - 1,80	20.000	5.000	100.000.000
PROSOPIS CHILENSIS	ÚN: 1,70 - 2,0	20.500	1.000	20.500.000
LITHRAEA CAUSTICA	ÚN: 1,70 - 2,0	20.000	600	12.000.000
COLIGUAJA ODORIFERA	ÚN: 1,0 - 1,30	15.500	3.000	46.500.000
BACCHARIS LINEARIS	ÚN: 0,40 - 0,50	13.000	2.000	26.000.000
KAGENECKIA OBLONGA	ÚN: 1,40 - 1,70	17.000	500	8.500.000
PUYA CHILENSIS	ÚN: 0,30 - 0,40	16.000	300	4.800.000
SCHINUS MOLLE	ÚN: 2,00 - 2,30	20.000	200	4.000.000
QUILLAJA SAPONARIA	ÚN: 2,30 - 3,00	40.000	100	4.000.000
PEUMUS BOLDUS	ÚN: 0,80 - 1,20	25.000	100	2.500.000
CRYPTOCARIA ALBA	ÚN: 1,80 - 2,00	27.500	100	2.750.000
JUBEA CHILENSIS	ÚN: -	200.000	8	1.600.000
MAYTENUS BOARIA	ÚN: 2,50 - 2,90	25.000	40	1.000.000
CRINODENDRON PATAGUA	ÚN: 1,80 - 2,00	25.000	40	1.000.000
CORTADERA RUDIUSCULA	ÚN: -	12.800	400	5.120.000
			13.388	240.270.000

TOTAL PARCIAL	9.653.862.941
TOTAL PARCIAL 110%	10.619.249.235
TOTAL + IVA (19%)	12.636.906.590
TOTAL ÚF	458.427
* ÚF / HA	7.938
* ÚF / M²	0,8

* No se consideran m2 ni monto de inversión correspondientes al acceso orientado dado que se encuentra fuera del predio de La Africana.

Tabla 3. Presupuesto estimado

c) Estrategias de financiamiento

El parque de remediación del relave La Africana es una infraestructura de carácter intersectorial, por lo que su financiamiento dependerá de más de una institución. Se presenta como una infraestructura multipropósito por lo tanto se propone una estrategia de financiamiento intersectorial y de índole mixto con aportes tanto del mundo público como del privado.

1. Obras previas: \$89.980.000

Financiamiento privado - Desarrollo faena minera

2. Movimientos de tierra: \$5.840.903.000

- a. Remoción relave: Financiamiento privado - Desarrollo faena minera
- b. Relleno tierra: Financiamiento privado - Aporte empresas inmobiliarias

3. Contenciones: \$334.883.292

- a. Enrocado: Financiamiento público - DOH
- b. Contención de hormigón 1: Financiamiento público - DOH
- c. Contención de hormigón 2: Financiamiento público - MINVU
- d. Gavión: Financiamiento público - MINVU

4. Circulaciones: \$393.643.981

- a. Movimientos de tierra: Financiamiento privado - Desarrollo faena minera
- b. Terminación: Financiamiento público - MINVU

5. Plazas / Áreas: \$425.506.614

Financiamiento público: PMU

6. Acceso Oriente: \$510.196.054

Financiamiento privado - Empresas inmobiliarias por expansión condicionada.

7. Módulos de Arquitectura: \$1.082.580.000

- a. Acceso 1: Financiamiento público - FNDR
- b. Miradores: Financiamiento público - FNDR
- c. Rampas: Financiamiento público - MOP
- d. Puente: Financiamiento público - MOP

8. Mobiliario: \$735.900.000

- a. Luminarias: Financiamiento público - FRIL
- b. Bancas, Basureros y señalética: Financiamiento público - FRIL

8. Vegetación: \$240.270.000

Financiamiento privado - Aportes por compensación ambiental.
Financiamiento privado - Obras de remediación

- **Porcentaje inversión privada:** 70%

- **Porcentaje inversión pública:** 30%

Una vez finalizadas las obras de construcción, la administración del parque quedará en manos de la empresa responsable del reprocesamiento del relave. Estos deberán asegurar el éxito de la vegetación del parque como también el de las estructuras planteadas.

6

Impacto Esperado del Parque

6. Impacto esperado del parque

Desde la inauguración, los elementos completados del proyecto impactarán en tres niveles: comunal, metropolitano y nacional.

A nivel comunal, el parque aportaría a la consolidación y desarrollo de los barrios circundantes. El proyecto mejora el acceso de la población a actividades recreativas al poner a disposición de los residentes el río Mapocho y una variedad de áreas verdes y miradores. Además, el parque permitiría la inclusión de zonas deportivas, proyectos culturales y educativos entre otras actividades de esparcimiento en general.

En cuanto a m² de área verde por habitante, la construcción del parque aportaría sustancialmente a este índice. Actualmente la comuna de Pudahuel posee 1,9 m² por habitante, una de las comunas con menos infraestructura de este tipo en su área urbana junto con La Cisterna, Independencia y El Bosque. Con la construcción de 55 ha. de área de parque, este número se incrementaría a 4,3 m² por habitante, llegando hasta 7 m² con la construcción del parque enfrente proyectado en el PRMS100.

En su conjunto, estas mejoras en accesibilidad aportarían a mejorar la calidad de vida y bienestar de los habitantes de estas comunas. La presencia del parque permitiría espacios interacción social entre los actuales y futuros habitantes de Pudahuel y Maipú reforzando el apego hacia la comunidad y la generación de lazos entre la población. Una mayor proporción de áreas verdes y de espacio público también permitiría la inclusión de diversos grupos entre ellos niños, adultos y adultos mayores a largo plazo. La utilización distinta de los espacios favorecería la interacción entre estos grupos y la integración social en la escala del barrio. En esta misma dimensión, también adquieren relevancia las ventajas a nivel de salud pública ya que este parque ofrecería oportunidades de actividad física, conexión con la naturaleza y reducción de estrés. Además, considerando los altos índices de contaminación de la comuna de Pudahuel, los parches con abundante vegetación reducirían la contaminación visual y del aire con mejoras sustanciales al bienestar de los vecinos del sector.

En esta línea, el parque tendría un impacto en diversos servicios ecológicos. En

primer lugar, la recuperación de las riberas del río Mapocho contribuiría a la diversificación y conservación de especies propias de los ecosistemas de ribera. Esto impactaría directamente en el control de inundaciones, la limpieza del agua y la creación de un corredor de viento, beneficiando tanto a la población local como la que se encuentra río abajo. Al mismo tiempo, la reforestación del sitio de La Africana daría lugar a diversas especies vegetales y animales, suprimiendo la generación de material particulado y generando un beneficio directo sobre la salud de los habitantes de Pudahuel. A su vez, la propuesta compromete un acceso al cerro Lo Aguirre, oportunidad para su valoración y desarrollo como cerro isla. Esto, presenta una oportunidad para aumentar de 80 ha. actuales a 1700 ha. de parque, incentivando la transformación del cerro Lo Aguirre en un área verde protegida, limitando la explotación y la construcción de viviendas en sus faldeos.

En el ámbito económico, el proyecto también aportaría a la consolidación y plusvalía de las comunas periféricas del poniente de Santiago. La generación de un hito urbano permitiría la activación del barrio en torno a este potencial motor económico y turístico. A su vez, el parque contribuiría a la generación de empleos y servicios combatiendo la segregación y pobreza existentes en estas comunas. Todo esto, potenciaría el desarrollo, fortalecería la economía local y atraería usuarios de otras zonas y lugares.

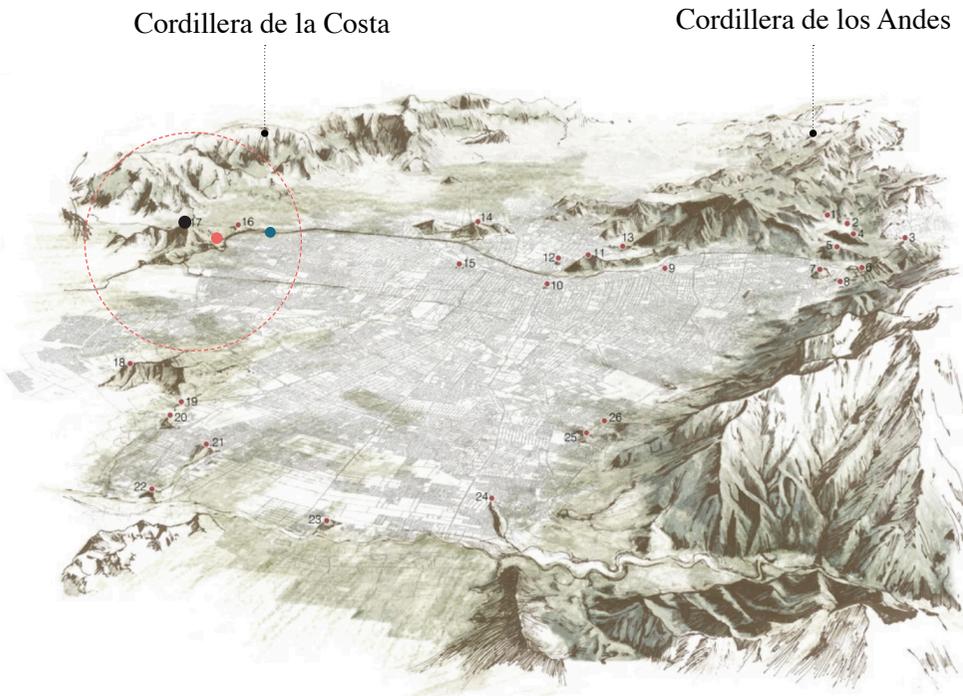
La interacción social y el fortalecimiento de la identidad local también contribuye a la equidad territorial de la Región Metropolitana. Este parque podría ser una continuidad del desarrollo de áreas verdes en las riberas del río Mapocho, al configurar un parque en todo su largo. Esta conectividad geográfica y social se materializa a través de la conformación de un corredor verde, el que aporta en la equidad territorial de la ciudad de Santiago y disminuye los estigmas hacia las comunas de la periferia.



● La Huella del Relave

Fig. 60. Proyecto Mapocho 42k

De esta forma, el parque potenciaría el desarrollo de los ecosistemas locales de la ciudad de Santiago en su conjunto. Es decir, el parque ya no solo se integraría a la idea de un corredor verde a lo largo del río Mapocho, sino que materializaría una conjunción única entre dos ecosistemas e ideas de planificación para la ciudad de Santiago: Mapocho corredor verde (42k) y Santiago cerros Isla. Dicho esto, el parque ampliaría su impacto al tratarse de un acceso al cerro Lo Aguirre a través del río Mapocho, potenciándose el uno al otro a través de un ecotono. Esta conjunción a su vez tendría un impacto a nivel de cuenca, ya que potenciaría al mosaico de ecosistemas, al permitir la vinculación y el intercambio natural entre la cordillera de los Andes y la cordillera de la Costa.



- La Huella del Relave
- Cerro Lo Aguirre
- Río Mapocho

Fig. 61. Santiago Cerros Isla

El parque también podría convertirse en un ejemplo de manejo de relaves y de forma de hacer parques a nivel nacional. Las operaciones del paisaje tienen el potencial de replicarse en otros proyectos de recuperación de relaves que permitirán ir refinando y distinguiendo las dimensiones estáticas y dinámicas de cada proyecto en particular. Lo anterior sería un ejemplo para considerar en diversos proyectos mineros desde el inicio de su faena minera, cuantificando los beneficios sociales y económicos asociados a la obra. Como se dijo anteriormente, la generación de beneficios sociales incentiva a la competitividad, podría mejorar la imagen de las empresas mineras y permitirían un acceso más fácil a recursos que finalmente asegurasen la sostenibilidad de la actividad minera en el tiempo. Esto tiene especialmente relevancia considerando el alto volumen de relaves mineros en el país.

Finalmente, este proyecto ofrece una forma pionera de hacer parques utilizando la vegetación y geografía circundante propia del lugar como principal valor de identidad urbana. La utilización de especies nativas también desafía el diseño y cuestiona los modelos de prácticas culturales enraizadas al concepto tradicional de parque. A su vez, la incorporación de las actividades que degradaron el lugar es un método para la incorporación de un nuevo concepto de parque, el que prioriza los conceptos restaurativos por sobre los tradicionales que definen un parque. Si bien este cuestionamiento conlleva retos en la aceptación y adopción del proyecto también permite que se refinan y creen nuevas prácticas en torno a los parques, los que estén en línea con las necesidades ecológicas y económicas de la realidad nacional.

7

Conclusiones

7. Conclusiones

El presente proyecto se construyó con el objetivo de obtener operaciones de proyecto de arquitectura del paisaje a partir del reprocesamiento del relave La Africana. Las operaciones para dar forma y uso al parque fueron organizadas en torno a las obras ingenieriles necesarias para la remoción y estabilización de los suelos del predio. Dichas obras se perfilaron bajo la idea de transformar el residuo en un bien de uso público, que a su vez generara beneficios ecosistémicos, sociales y económicos a futuro. Para lograr estos objetivos, se sumaron 4 etapas a las 7 ya planificadas por la empresa minera, que tardarían un total de 11 años hasta llegar a término.

Este proyecto posee diversas fortalezas que permiten considerarlo como una buena alternativa para infraestructura de parque.

Primero, la evidente carencia de áreas verdes convierte a Pudahuel en una de las comunas con más bajo acceso a estos bienes, insertándose en un paisaje urbano de fuerte acción antrópica, marcado por la industria, la agricultura y la extracción minera. En este sentido, la restauración del paisaje del relave La Africana se adscribe bajo un enfoque de restauración de tierras degradadas centrada explícitamente en la restauración de servicios ecosistémicos cruciales que los bosques entregan. Dentro de los tipos de beneficios que dichas áreas devuelven a la sociedad, se incluye el secuestro de carbono, la obtención de recursos madereros, la filtración de agua potable, la conservación del suelo y del agua, la mejora de la productividad del suelo, el control de la erosión y la mejora de la conservación de la biodiversidad, entre muchos otros (Verdone, 2015).

Segundo, el parque no sólo genera beneficios ecosistémicos sino que estos a su vez desencadena beneficios sociales. En esta línea, el enfoque restaurativo no sólo aporta positivamente a las condiciones del medio ambiente sino que también beneficia la salud y calidad de vida de los habitantes de Pudahuel. Esto es especialmente relevante si se consideran los altos índices de contaminación atmosférica de la comuna. Dentro de dichos beneficios se puede encontrar la mejora del estado de ánimo y la actitud general, reducción de stress, mejora de la salud mental, atención, creatividad y aporte en la construcción de capital social (Wolf, 2017).

Tercero, en la dimensión económica, el parque aprovecha los flujos económicos pertenecientes al mundo privado. Esta infraestructura se adscribe dentro de la economía circular en la medida que convierte en recurso el residuo, obteniendo ganancias del material reprocesado. Dicho aprovechamiento se desarrolla a partir de la actividad minera, aprovechando las partidas de reprocesamiento para la construcción de gran parte del parque, disminuyendo la necesidad de inversión pública y mejorando sustancialmente la relación costo – beneficio.

Pese a que se presente como una buena opción de construcción de parque, se debe reconocer la presencia ciertas debilidades y limitantes.

En primer lugar, el parque podría no justificarse en términos ecológicos debido a la alta variabilidad en torno a fuentes de emisiones. Por un lado, la distancia del parque respecto de otras comunas y centros urbanos podría invertir el secuestro de carbono producto de la necesidad de movilización mediante vehículos. Por otro, las altas tasas de contaminación del poniente de Santiago no dependen necesariamente de las comunas ubicadas en dicho sector sino que de las comunas acomodadas del oriente. El 40% de la contaminación en la Región Metropolitana proviene de estufas a leña, donde un 90% de estas funcionan en el sector oriente (Las Condes, Vitacura, Lo Barnechea) (CIPER). En este sentido, el alto costo de inversión para la construcción de un parque no se justificaría en comparación a una política pública de reducción de emisiones de los barrios acomodados. Pese a lo anterior, esas son variables que no dependen de la construcción de este tipo de infraestructuras sino que de una planificación ecosistémica integral, donde estén incorporadas variables como el cambio de la matriz energética y un transporte público eficiente. Sumado a esto, está ampliamente demostrado que la presencia de un parque reduce sustancialmente las tasas de contaminación tanto atmosférica como visual, sobre todo considerando la alta intervención antrópica en los ecosistemas de la región (Verdone, 2015; Corner, 2010).

Además, la construcción y administración de esta infraestructura por parte de una empresa minera puede ser un desincentivo para la inversión en el reprocesamiento del relave. Pese a lo anterior, dicha inversión puede significar un pie para empresas dedicadas a la recuperación de paisajes degradados. Un nuevo sistema económico, podría funcionar bajo una nueva política de recuperación de suelos en base a la economía circular, transformando la fuente de ingreso en

un manejo sustentable de la tierra. De dicho manejo se podrían obtener recursos madereros para desarrollar a mediano y largo plazo una industria forestal amplia, abarcando, por ejemplo, la producción de pulpa de papel, madera para carpintería y ebanistería, compost, chips y productos maderables industrializados. A su vez, el carácter de parque urbano permitiría obtener recursos en torno a un sistema de arriendo para eventos masivos, potenciando la actividad cultural y aportando al desarrollo local de las comunas.

Por último, el caso del relave La Africana es un caso muy particular en Chile lo que dificulta replicar el modelo en otras ciudades. El crecimiento exponencial de la ciudad de Santiago producto de la centralización, hacen que este tipo de problemas sean exclusivos de las metrópolis. Sin embargo, existe una amplia diversidad de casos a lo largo de Chile, los que con un modelo eficiente podrían funcionar como sistema integrado de parques. Además, existen diversas políticas de descentralización que podrían, al largo plazo, causar efectos similares en otras ciudades de Chile.

Finalmente, como sugerencias viables de implementar en el futuro, se recomienda la realización de estudios de impacto ambiental más acabados sobre el reprocesamiento del relave La Africana. Estos estudios podrían, por ejemplo, evitar la construcción de viviendas en el terreno del relave y contribuir a la valorización del potencial natural de este lugar. Además, en un escenario hipotético de implementación del actual proyecto, sería conveniente realizar estudios de costo-efectividad que integren múltiples dimensiones para así incentivar y justificar la inversión para la construcción del parque.

8

Referencias Bibliográficas

8. Referencias Bibliográficas

- **Aznar-Sánchez, J. A., García-Gómez, J. J., Velasco-Muñoz, J. F., & Carretero-Gómez, A.** (2018). Mining waste and its sustainable management: advances in worldwide research. *Minerals*, 8(7), 284.
- **Aguas Andinas.** (2018). <https://sustentabilidad.aguasandinas.cl/>
- **Barret, G., & Cabañas, R.** (2006). *Fundamentos de Ecología* (5ta edición). Thomson Learning .
- **Battle, E.** (2011). El Jardín de la Metrópoli: Del paisaje romántico al espacio libre para una ciudad sostenible. Barcelona: Gustavo Gili.
- **Centro de Ecología Aplicada (CEA)** (2017). Recuperado en: <https://www.soychile.cl/Santiago/Sociedad/2018/02/05/515235/Encontraron-tres-tipos-de-peces-en-el-Mapocho.aspx>
- **Coelho, P., Silva, S., Roma-Torres, J., Costa, C., Henriques, A., Teixeira, J., ... & Mayan, O.** (2007). Health impact of living near an abandoned mine—case study: Jales mines. *International journal of hygiene and environmental health*, 210(3-4), 399-402.
- **Corner, J.** (2014). The landscape imagination [electronic resource]: *collected essays of James Corner*, 1990-2010. Princeton Architectural Press, New York.
- **Corner, J.** (2007). Foreword. En: Czerniak, J., Hargreaves, G., & Beardsley, J. (2007). *Large parks*. New York: Princeton Architectural Press.
- **Corner, J.** (1999). Recovering landscape: *Essays in contemporary landscape theory*. Princeton Architectural Press.
- **Cortés, S.** (2016). Diagnóstico preliminar/ Adaptación ambiental y salud pública post aluvión : Chañaral y Atacama. Recuperado en: https://politicaspUBLICAS.uc.cl/wp-content/uploads/2015/11/Diagn%C3%B3stico_Preliminar_Chanaral_UC_021115.pdf
- **Declaración de impacto Ambiental (DIA):** remediación ambiental depósito de relaves La Africana, Proyecto Congo.
- **Evans, J., & Jones, P.** (2008). Rethinking sustainable urban regeneration: ambiguity, creativity, and the shared territory. *Environment and Planning A*, 40(6), 1416-1434.
- **Ferrando, F.** (2008). Santiago de Chile: antecedentes demográficos, expansión urbana y conflictos. *Revista de Urbanismo* 18.
- **Forman, R.** (2008). Urban Regions.
- **Kattan, G. H.** (2002). Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. Páginas 561-590 en M.R Guariguata y G.H. Kattan, editores. Ecología y conservación de bosques neotropicales. Libro Universitario Regional, Cartago, Costa Rica.
- **Klein, J. T.** (2004). Prospects for transdisciplinarity. *Futures*, 36(4), 515-526.
- **SERPLAC.** (1980). La Minería en la Región Metropolitana.
- **Lacey, J., Malakar, Y., McCrea, R., & Moffat, K.** (2019). Public perceptions of established and emerging mining technologies in Australia. *Resources Policy*, 62, 125-135.
- **Lapalme, L. A.** (2003). The social dimension of sustainable development and the mining industry. Natural Resources Canada, Ottawa.

- **Madrid, A.** (2010). Perfil, actividades y grado de satisfacción de los usuarios en Parques Urbanos. Estudio en tres parques urbanos, Santiago, Chile. Magíster en Gestión y Planificación Ambiental. Santiago: *Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile*. 104h.
 - **Mason, C. M., Paxton, G., Parsons, R., Parr, J. M., & Moffat, K.** (2014). “For the benefit of Australians”: Exploring national expectations of the mining industry. *Resources Policy*, 41, 1-8.
 - **McHarg, Ian L.**, and Lewis Mumford (1969). Design with nature. *New York: American Museum of Natural History*.
 - **Meyer, J.** (2011). Participation in the planning and design of public open space.
 - **Miller, V.** (2011). Architecture Informed by Social Identity, Meaning and Memory: A Provincial Legislature for Pietermaritzburg, Kwazulu-Natal (Doctoral dissertation, University of KwaZulu-Natal, Durban).
 - **Moffat, K., Lacey, J., Boughen, N., Carr-Cornish, S., & Rodriguez, M.** (2018). Understanding the social acceptance of mining. In *Mining and Sustainable Development* (pp. 27-43). Routledge.
 - **Perry, S.** (2009). More than one river: local, place-based knowledge and the political ecology of restoration and remediation along the lower Neponset river, Massachusetts. PhD diss., University of Massachusetts.
 - **Plan Regulador Comunal de Pudahuel (PRCP)** (2019). Recuperado en: <https://www.mpudahuel.cl/sitio/index.php/municipalidad/estudio-plan-regulador/estudio-plan-regulador>
 - **PRMS100.**
 - **Snyder, G.** (2009). Back on the fire: Essays. *Counterpoint*.
 - **Stahel, W. R.** (2016). The circular economy. *Nature News*, 531(7595), 435.
 - **Thayer, Robert.** 1989. The experience of sustainable landscapes. *Landscape Journal* 8, no 2. 101-110.
 - **Van der Plank, S., Walsh, B., & Behrens, P.** (2016). The expected impacts of mining: Stakeholder perceptions of a proposed mineral sands mine in rural Australia. *Resources Policy*, 48, 129-136.
 - **Verdone, M.** (2015). A Cost-Benefit Framework for Analyzing Forest Landscape Restoration Decisions. Gland, Switzerland: IUCN.
 - **Wolf, K.** (2017). The health benefits of small parks and green spaces. *Parks & Recreation*. 52 (4): 28-29., 52(4), 28-29.
- a) Correcciones externas:
- Conversación y corrección con claudia Ortiz Calderón. Bioquímica y Dra. en Ciencias Biológicas. jefa de unidad del Laboratorio de Bioquímica Vegetal y Fitorremediación de la Universidad de Santiago de Chile. Actualmente se encuentra realizando experimentos de remediación sobre el relave La Africana, por lo que en la presente memoria se usaron sus recomendaciones y observaciones para llevar cabo las secciones relacionadas a dicha actividad.

