

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Arquitectura y Diseño Interior

**Cuenca Arreica Cognitiva: infraestructura para el Plan Machay
Ally Yaku 2125**

Rafael André Oyarte Muschett

Arquitectura

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Arquitecto

Quito, 09 de Mayo de 2025

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Arquitectura y Diseño Interior

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Cuenca Arreica Cognitiva: infraestructura para el Plan Machay Ally Yaku
2125**

Rafael André Oyarte Muschett

Nombre del profesor, Título académico

Arq. Jaime López Andrade, PhD

Quito, 09 de Mayo de 2025

DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Nombres y apellidos: Rafael André Oyarte Muschett

Código: 00216770

Cédula de identidad: 1720409851

Lugar y fecha: Quito, 09 de mayo de 2025

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

RESUMEN

La degradación del río Machángara representa un desafío en la búsqueda de un equilibrio sostenible para Quito y su red hídrica. Este proyecto de fin de carrera propone una solución innovadora mediante el diseño de una cuenca arreica cognitiva en el parque Julio Andrade, implantada con estrategias del Plan Maestro Machay Ally Yaku. El enfoque principal es integrar soluciones basadas en la naturaleza (biomimética) con la teoría constructivista de Piaget, con el objetivo de crear una infraestructura que no solo acelere el proceso del ciclo hidrológico mediante la infiltración y recarga del acuífero centro-norte de Quito, sino que también funcione como un medio para fortalecer la comprensión comunitaria del ciclo hidrológico al que pertenece. En el contexto ecuatoriano, el proyecto responde al mandato constitucional que exige la recuperación del río Machángara y aborda problemáticas críticas que enfrenta la ciudad, como las inundaciones y la pérdida de biodiversidad. El proyecto explora la integración de infraestructura para resolver problemas ambientales, destacando el rol de la arquitectura en la restauración del río. La investigación evidencia la importancia de las intervenciones arquitectónicas orientadas a restaurar el Machángara e integrarlo en la ciudad, enmarcadas dentro del Plan Machay Ally Yaku. Se sugiere que futuras investigaciones profundicen y mantengan las propuestas del plan maestro para la recuperación del Machángara.

Palabras clave: Río Machángara, cuenca arreica cognitiva, infraestructura sostenible, Plan Machay Ally Yaku, conocimiento, Quito, biomimética.

ABSTRACT

The degradation of the Machángara River represents a challenge in the search for a sustainable balance for Quito and its water network. This final degree project proposes an innovative solution through the design of a cognitive endorheic basin in the Julio Andrade Park, implemented with strategies from the Machay Ally Yaku Master Plan. The main focus is to integrate nature-based solutions (biomimicry) with Piaget's constructivist theory, with the objective of creating an infrastructure that not only accelerates the hydrological cycle process through infiltration and recharge of the north-central aquifer of Quito, but also functions as a means to strengthen community understanding of the hydrological cycle to which it belongs. In the Ecuadorian context, the project responds to the constitutional mandate that demands the recovery of the Machángara River and addresses critical problems facing the city, such as floods and biodiversity loss. The project explores the integration of infrastructure to solve environmental problems, highlighting the role of architecture in the restoration of the river. The research evidences the importance of architectural interventions aimed at restoring the Machángara and integrating it into the city, framed within the Machay Ally Yaku Master Plan. It is suggested that future research deepen and maintain the proposals of the master plan for the recovery of the Machángara.

Keywords: Machángara River, cognitive endorheic basin, sustainable infrastructure, Machay Ally Yaku Master Plan, knowledge, Quito, biomimicry.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
DESARROLLO DEL TEMA	11
EL RÍO MACHÁNGARA	11
Geografía y ubicación.....	11
Estado actual.....	14
PLAN MAESTRO PARA LA REGENERACIÓN DEL RÍO.....	15
Marco general.....	15
Sistemas.....	16
Comunidades hídricas.....	18
INFRAESTRUCTURA HABITABLE: AGUA + CONOCIMIENTO	21
Concepto.....	21
Realización de la forma.....	24
Otros componentes del diseño.....	26
CONCLUSIONES.....	29
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
ANEXO 1 : PLANIMETRÍA.....	32
ANEXO 2: MAQUETAS.....	44
ANEXO 3 : PROCESO DE DISEÑO.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zonas de estudio en el Plan Machay.	11
Figura 2. <i>Expansión urbana zona A Villaflora y Solanda 1956-1987</i>	12
Figura 3. <i>Expansión urbana zona B 1956-1987</i>	12
Figura 4. <i>Expansión urbana zona C 1951-1975-1994</i>	12
Figura 5. <i>Trama urbana sectores de Quito</i>	13
Figura 6. <i>Zonas industriales alrededor del río Machángara</i>	14
Figura 7. <i>Quebradas rellenas y zonas de inundación</i>	15
Figura 8. <i>Marcos de acción</i>	15
Figura 9. <i>Regla del río, Marcos geográficos y cortes transversales como metodología para el Plan Machay</i>	16
Figura 10. <i>Plan maestro Machay Ally Yaku 2125</i>	17
Figura 11. <i>Elementos de una comunidad hídrica</i>	18
Figura 12. <i>Hidrología de La Mariscal</i>	19
Figura 13. <i>Quebradas rellenas y espacios verdes en la Mariscal</i>	20
Figura 14. <i>Sistemas verde, azul y gris comunidad Hídrica La Mariscal</i>	21
Figura 15. <i>Diagrama zonas hidrológicas homogéneas en La Mariscal</i>	21
Figura 16. <i>Diagrama esquema de acción y etapas del proceso cognitivo</i>	22
Figura 17. <i>Diagrama de las etapas del proceso cognitivo en el Plan Machay 2125</i>	23
Figura 18. <i>Comunidades autosuficientes con sus recursos</i>	23
Figura 19. <i>Fotografía de maqueta del concepto macro del sistema de comunidades autosuficientes</i>	24
Figura 20. <i>Balance hídrico La Mariscal 2125 / Diagrama ilustrativo de aceleración de proceso de filtración</i>	24
Figura 21. <i>Diagrama cuenca arreica/ Primer diagrama de evolución de la forma</i>	25

Figura 22. Diagramas de evolución de la forma. Elaboración propia.....	25
Figura 23. Permeabilidad de las capas geológicas de la Mariscal	25
Figura 24. Infiltración directa de agua lluvia hacia capas geológicas profundas mediante columnas huecas.....	26
Figura 25. Estructura mixta de hormigón poroso y acero.....	26
Figura 26. Diagramas programa arquitectónico.....	27
Figura 27. Vista interna zona de acomodación y producción.....	27
Figura 28. Diagrama circulación del proyecto.....	28
Figura 29. Sistema de tratamiento aguas grises y pluviales en base al modelo EcoMachine..	28

INTRODUCCIÓN

La contaminación del río Machángara compromete la salud de la población de la ciudad de Quito, transformando un eje de desarrollo histórico en un foco de contaminación y desconexión con la ciudad, debido a la deficiente gestión hídrica. Ante este diagnóstico, el presente proyecto de fin de carrera propone reconvertir el río en una oportunidad para la sostenibilidad urbana mediante el diseño de una cuenca arreica cognitiva en el Parque Julio Andrade. Inspirada en la biomimética de cuencas arreicas que son un área para la filtración y evaporación del agua (Araque Arellano et al., 2019) y la teoría constructivista de Piaget, esta infraestructura acelerará la recarga hídrica en La Mariscal y educará a la comunidad sobre el ciclo del agua, buscando darle un valor.

En el contexto ecuatoriano, este proyecto, derivado de las estrategias hídricas del Plan Maestro Machay Ally Yaku, atiende el mandato de la Corte Constitucional para la descontaminación del río. Además, aborda problemas críticos como inundaciones y pérdida de biodiversidad causados por la alteración de cauces.

Dentro de la arquitectura, la investigación explora la integración de infraestructuras sostenibles con el aprendizaje comunitario, proponiendo una tipología centrada en la gestión y educación sobre una fase del ciclo hídrico. Se formula así una solución innovadora para ciudades más sostenibles y en armonía con su entorno.

A continuación, se analizará el contexto geográfico, histórico y morfológico del río Machángara, se examinará el Plan Maestro Machay Ally Yaku y se detallarán los componentes conceptuales y técnicos de la cuenca arreica cognitiva, culminando con su implementación y evaluación.

DESARROLLO DEL TEMA

El río Machángara

Geografía y ubicación.

El río Machángara nace en las estribaciones del cerro Atacazo y recoge aguas provenientes de las laderas orientales del volcán Pichincha. Su curso recorre aproximadamente 24 kilómetros en dirección sur-norte, cruzando gran parte de la ciudad de Quito y atravesando alrededor de 33 barrios.

Historia del río.

El río Machángara ha sido clave en la historia de Quito, marcando la relación entre la ciudad y su entorno fluvial. En la época colonial, fue un eje estratégico para actividades industriales y defensa, aunque su geografía luego se convirtió en un obstáculo para el crecimiento urbano (Altamirano Terán, 2022). Para analizar esta evolución, se definieron tres zonas de estudio (fig.1) en torno al río.



Figura 1. Zonas de estudio en el Plan Machay. De López et al., (en prensa). *Machay Ally Yaku, Plan Maestro para la recuperación del río Machángara*. Elaborado a partir de datos de geoportalquito.gob.ec (2024).

La zona A (fig.2), que abarca Villaflores y Solanda, fue clave en el desarrollo urbano con la llegada del ferrocarril en 1908 y el Plan Regulador Odriozola, que entubó gran parte del río. Esto impulsó la industrialización y el asentamiento obrero, convirtiéndola en una de las primeras fuentes de contaminación del río Machángara.

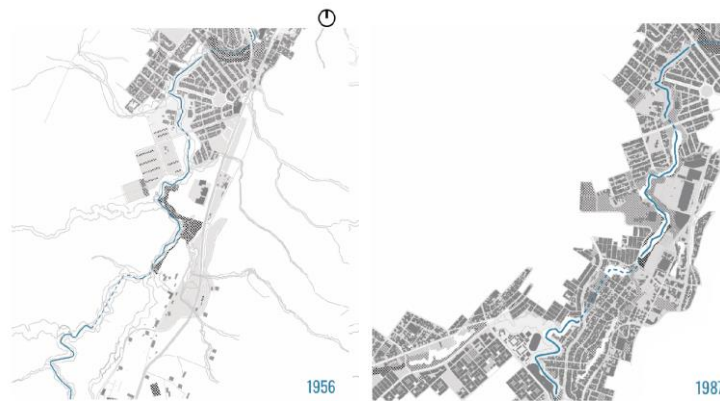


Figura 2. *Expansión urbana zona A Villaflora y Solanda 1956-1987.* De López et al., (en prensa). *Machay Ally Yaku, Plan Maestro para la recuperación del río Machángara.* Elaborado a partir de datos de Plandistritometropolitano de Quito (1922).

La zona B (fig.3), que incluye el Centro y El Trébol, fue el lugar al que se trasladó la élite debido a las dificultades topográficas del sur (Ponce, 2012). El crecimiento urbano trajo consigo problemas de movilidad, lo que motivó la construcción de vías sobre el río.

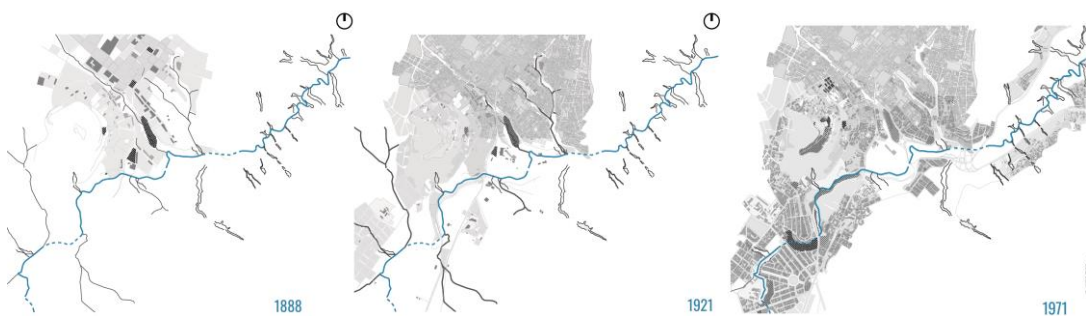


Figura 3. *Expansión urbana zona B 1956-1987.* De López et al., (en prensa). *Machay Ally Yaku, Plan Maestro para la recuperación del río Machángara.* Elaborado a partir de datos de Plandistritometropolitano de Quito (1922).

La zona C (fig.4), tuvo un crecimiento urbano acelerado desde los años 80 por el auge petrolero y la mejora en la conectividad. Este desarrollo sin una planificación adecuada ignoró elementos naturales como las quebradas y el río. (López Veintimilla, 2017).

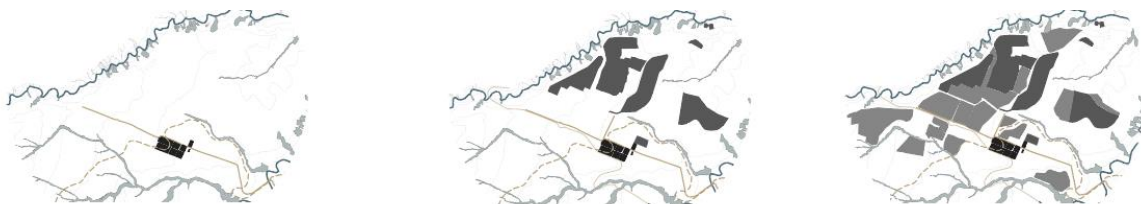


Figura 4. *Expansión urbana zona C 1951-1975-1994.* De López et al., (en prensa). *Machay Ally Yaku, Plan Maestro para la recuperación del río Machángara.* Elaborado a partir de datos de Rodas Zambrano (2012).

Componentes geográficos del río.

El río Machángara forma parte de la cuenca hidrográfica del Guayllabamba; es uno de sus principales afluentes y sus aguas desembocan en la cuenca hidrográfica del río Esmeraldas, la cual finalmente vierte en el océano Pacífico. En la ciudad de Quito, el río recibe aportes de caudal provenientes del río Grande, así como de las quebradas Ortega y Rumipamba (Aguilar Alegría, 2010). Por lo tanto, el agua del río Machángara forma parte de un sistema amplio; por tal motivo su contaminación afecta a todos los ecosistemas a los que está conectado.

Interacción actual con la morfología de Quito.

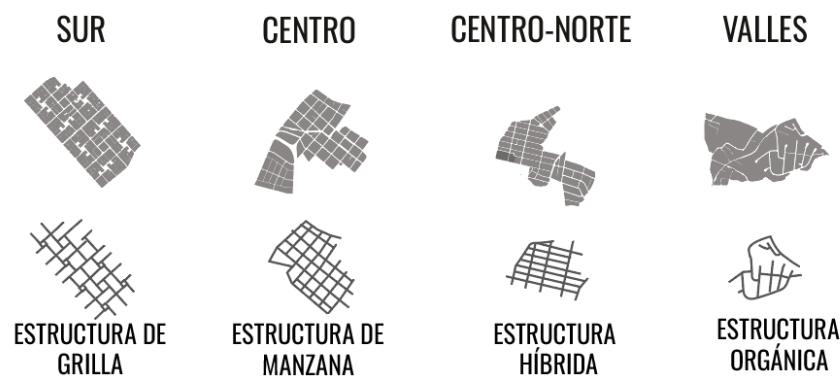


Figura 5. *Trama urbana sectores de Quito.* Elaboración: Pamela Chamorro (2024), a partir de datos de *Una línea en los Andes* (2012).

La morfología de Quito presenta una desconexión general con el río, esto se evidencia claramente, sobre todo, en las zonas A y B (fig.5). Para expandir la ciudad, no se tomó en cuenta el cauce natural del río, que fue entubado y canalizado para extender avenidas, evitando así su relación con la trama urbana. Como se observa en la (fig.5), sus tramas son en su mayoría ortogonales, desapareciendo el cauce natural del río. En la zona C, la trama orgánica reconoce la presencia del río, pero las avenidas construidas al borde del río lo convirtieron a este en un límite que fragmenta zonas de Quito a través de su recorrido.

Estado actual.

Contaminación.

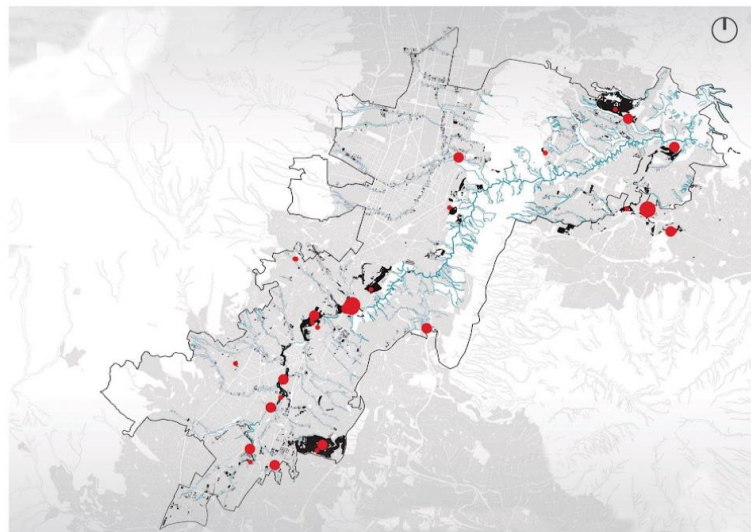


Figura 6. Zonas industriales alrededor del río Machángara. De López et al., (en prensa). *Machay Ally Yaku, Plan Maestro para la recuperación del río Machángara*. Elaborado a partir de datos de geoportalquito.gob.ec (2024).

La contaminación y el deterioro del río Machángara se deben a la inadecuada gestión de las aguas residuales en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). Este cuerpo hídrico recibe aproximadamente el 75 % de las aguas residuales de la ciudad, debido a la inexistencia de sistemas separados para el manejo del agua lluvia y el agua gris; ambas desembocan directamente en el río Machángara (Chuqui Lema & Manzaba Jiménez, 2021). Además, diversas industrias se encuentran ubicadas a lo largo de su borde (fig.6) lo que agrava aún más el nivel de contaminación del afluente.

Quebradas e inundaciones.

Las quebradas que fueron rellenadas a lo largo de los años, lo que ha provocado la inexistencia de afluentes naturales para evacuar la escorrentía superficial generada por la lluvia. Por esta razón, se identifican zonas de alto riesgo de inundaciones (fig.7), debido al colapso del sistema de alcantarillado, el cual no es suficiente para drenar toda el agua. Como consecuencia, pueden ocurrir eventos como el aluvión en la Gasca.

A lo largo de los 24 km del río Machángara se identificaron y agruparon zonas con similitudes geográficas (fig.8), con el fin de facilitar la formulación de estrategias para su recuperación.

Precedentes.

El Plan Machay 2125 se inspira en precedentes como el Yamuna River Project, que aborda la problemática ambiental de Nueva Delhi desde enfoques históricos y sociales para reintegrar el río en la vida urbana, y el Plan Urbano de Los Ángeles, que propone estrategias como marcos geográficos y la "regla del río" para reconectar a las personas, la cultura y la naturaleza con su cauce (Alday & Gupta, 2018; Los Angeles County Public Works, 2022).

Metodologías.



Figura 9. Regla del río, Marcos geográficos y cortes transversales como metodología para el Plan Machay. De López et al., (en prensa). *Machay Ally Yaku, Plan Maestro para la recuperación del río Machángara*. Elaborado a partir de datos de geoportalquito.gob.ec (2024).

Con base en los precedentes mencionados anteriormente, se plantearon las metodologías para el desarrollo del plan maestro. La regla del río (fig.9) nos permite establecer objetivos e identificar problemáticas en cada uno de los 24 kilómetros. El marco geográfico sirve para organizar y clasificar zonas clave según la topografía. Por último, los cortes transversales nos ayudan a entender las variaciones en la topografía de cada kilómetro del río, lo cual permite plantear estrategias según la relación entre el río y la ciudad.

Sistemas.

El plan maestro consta de cuatro enfoques: verde, azul, verde-azul y gris-verde-azul, orientados al desarrollo de metas respaldadas por estrategias que se implementan mediante acciones dentro de un marco temporal definido.

Sistemas verde, azul, verde-azul y gris-verde-azul.

El Plan Machay Ally Yaku articula los enfoques verde, azul y gris verde azul para restaurar el ecosistema del río Machángara y mejorar la calidad de vida urbana. El enfoque verde propone corredores ecológicos conectados con parques y zonas recreativas para mitigar las islas de calor. El enfoque verde-azul incorpora infraestructura sostenible como pavimentos permeables, jardines de lluvia y humedales artificiales, inspirada en el modelo de ciudades esponja, con el fin de gestionar el agua pluvial. El enfoque azul concibe el agua como un servicio esencial y promueve una gestión hídrica integral. Finalmente, el enfoque gris verde azul combina estas estrategias a través de infraestructura resiliente.

Plan Maestro.

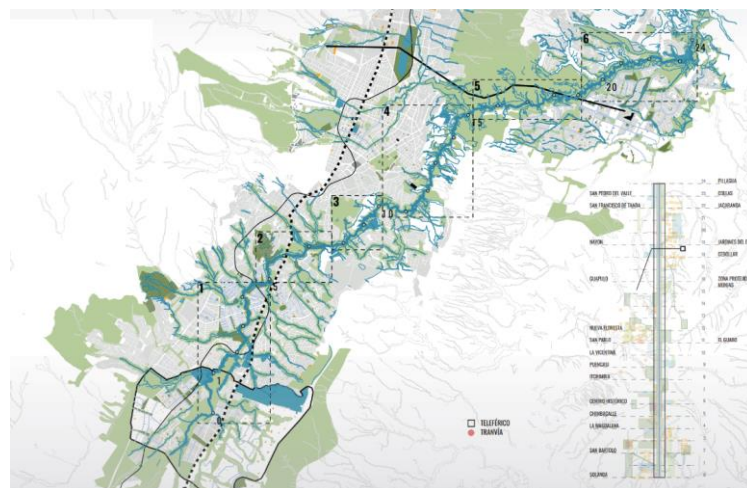


Figura 10. *Plan maestro Machay Ally Yaku 2125*. De López et al., (en prensa). *Machay Ally Yaku, Plan Maestro para la recuperación del río Machángara*. Elaborado a partir de datos de geoportalquito.gob.ec (2024).

El Plan Maestro Machay Ally Yaku propone recuperar la vegetación ribereña mediante franjas de protección libres de construcciones y reubicar a personas en zonas de

riesgo hacia barrios de baja densidad, fomentando la densificación urbana. Además, plantea conectar el río Machángara con la ciudad a través de proyectos activadores, transformándolo en un eje verde con humedales para gestionar el agua lluvia, zonas de mitigación de riesgos y plantas de tratamiento biodigestoras que integren la red hídrica en el desarrollo urbano de Quito.

Comunidades hídricas.

Concepto general.

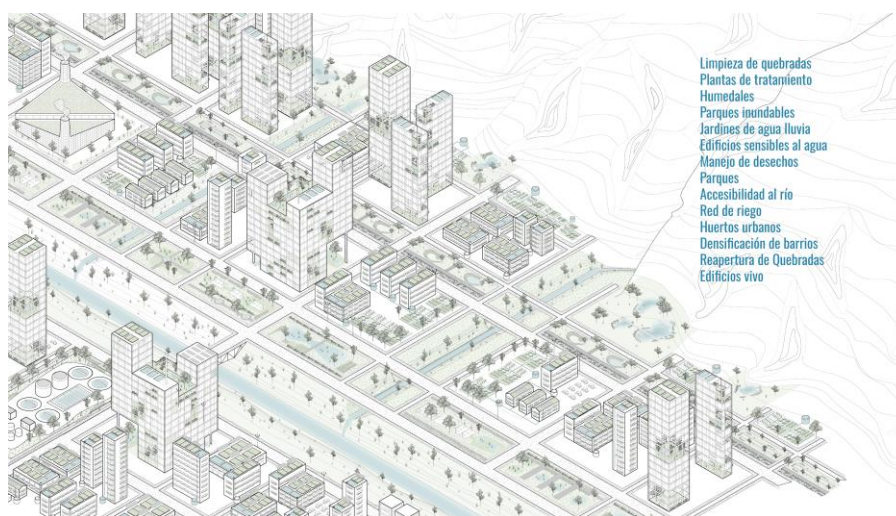


Figura 11. *Elementos de una comunidad hídrica.* Adaptado de *Guía para la implementación de soluciones basadas en la naturaleza en Quito* (2023); elaboración propia de López et al., (en prensa). *Machay Ally Yaku, Plan Maestro para la recuperación del río Machángara.*

Las comunidades hídricas son una estrategia para afrontar los desafíos ambientales y urbanos en Quito, con el objetivo de reintegrarla a su red hídrica. Se conforman por elementos interconectados (fig.11) que permiten gestionar la contaminación y afrontar eventos climáticos en la ciudad. Su implementación se basa en componentes clave que pueden desarrollarse según el contexto y a diferentes escalas, pero con un objetivo común: generar comunidades integradas con su entorno hídrico, capaces de establecer conexiones sostenibles y de reconectar a las personas con su contexto ambiental, fortaleciendo así su vínculo con el agua.

Comunidad hídrica La Mariscal.

Datos del Barrio

La Mariscal surgió como una zona residencial de élite tras el Plan Regulador de Odriozola, que desplazó a la clase trabajadora al sur. En las décadas de 1960 y 1970, nuevas infraestructuras impulsaron su transformación en un barrio turístico y comercial, proceso que se intensificó en los años 80 con la sustitución de viviendas por bares y hoteles (Bolick Cevallos, 2018). Hoy en día, La Mariscal enfrenta baja densidad e inseguridad.

Hidrología.



Figura 12. *Hidrología de La Mariscal*. Fuente: geoportalquito.gob.ec (2024) ; elaboración propia.

La Mariscal se ubica en la microcuenca Ingapirca (fig. 12). El agua de esta cuenca fluye hacia el océano Pacífico a través de la subcuenca Guayllabamba, donde se encuentra el río Machángara, y continúa por la cuenca del río Esmeraldas. Esto evidencia la importancia de una gestión adecuada de los recursos hídricos en la zona, ya que cualquier impacto local puede afectar negativamente los ecosistemas aguas abajo y comprometer la calidad del agua en otras zonas.

Estado actual.

La Mariscal no cuenta con cuerpos de agua visibles, pero varios drenajes subterráneos la atraviesan. Las quebradas y cauces naturales fueron rellenados a lo largo de los años (fig.13), alterando el ciclo hidrológico de la zona. Como resultado, las inundaciones en el área urbana se han incrementado debido a la escorrentía superficial, ocasionada por la falta de superficies permeables. Esto ha reducido la recarga del acuífero centro-norte de Quito, el cual alimenta al río Machángara.



Figura 13. Quebradas rellenas y espacios verdes en la Mariscal. De López et al., (en prensa). *Machay Ally Yaku, Plan Maestro para la recuperación del río Machángara*. Elaborado a partir de datos de geoportalquito.gob.ec (2024).

Propuesta de la comunidad hídrica.

La Mariscal se transforma en una comunidad hídrica mediante tres estrategias principales. La primera consiste en la recuperación de quebradas para mejorar el drenaje y prevenir inundaciones (fig.13). También se implementarán jardines de lluvia, parques inundables y humedales que favorezcan la filtración del agua y la recarga del acuífero centro-norte de Quito. Además, se habilitarán áreas verdes accesibles mediante la apertura de lotes vacantes y franjas de protección (fig.13), con quebradas abiertas que funcionarán como ejes integradores del espacio urbano. Finalmente, se proyectan “edificios vivos” que se integren al sistema hídrico y contribuyan a su sostenibilidad a largo plazo.

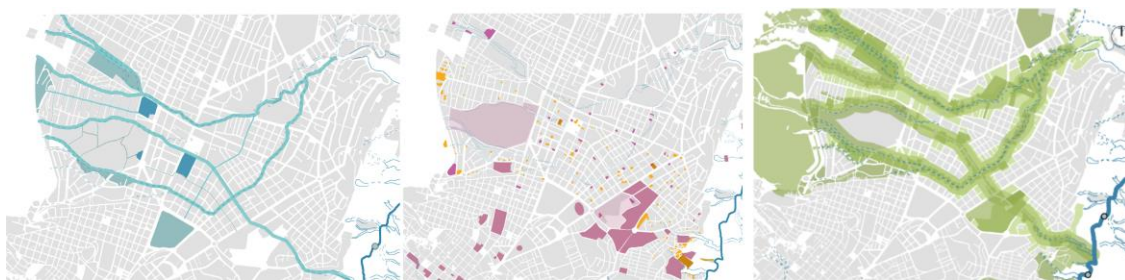


Figura 14. Sistemas verde, azul y gris comunidad Hídrica La Mariscal. De López et al., (en prensa). *Machay Ally Yaku, Plan Maestro para la recuperación del río Machángara*. Elaborado a partir de datos de geoportalquito.gob.ec (2024).

Infraestructura habitable: Agua + conocimiento

Concepto.

Agua + conocimiento.

Agua.

El agua es una sustancia que cambia de estado y lo hace a través del ciclo hidrológico de la Mariscal. Al analizar esto, se definieron cuatro zonas hidrológicamente homogéneas, determinadas en función de factores como la precipitación media anual, el tipo de suelo (permeable, semipermeable o poco permeable), el relieve (pendiente del terreno) y la altitud media sobre el nivel del mar.

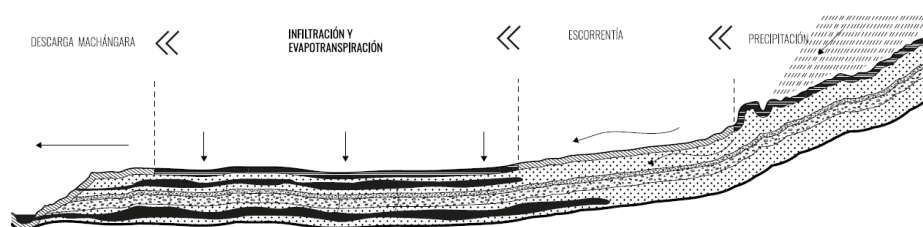


Figura 15. Diagrama zonas hidrológicas homogéneas en La Mariscal. Elaboración propia a partir de datos de geoportalquito.gob.ec (2024).

El barrio La Mariscal se ubica en una zona propicia para la infiltración y recarga del acuífero centro-norte de Quito (fig.15), gracias a su suelo altamente permeable y a la escasa pendiente del terreno. En contraste, las laderas del Pichincha conforman la zona de precipitación, mientras que el sector de la Universidad Central con una pendiente moderada favorece la escorrentía superficial que alimenta la zona de filtración.

Conocimiento.

El concepto de conocimiento ha experimentado una evolución significativa a lo largo del tiempo, pasando del cristianismo, donde la teología era la única fuente de verdad, al empirismo de Kant, que sostenía que todo conocimiento se adquiere mediante la observación y la experimentación (García, 2000). Aunque muchas de estas teorías han sido refutadas, surgió una de las más influyentes: la teoría constructivista del conocimiento, desarrollada por Jean Piaget. Según Piaget (como se citó en García, 2006), el conocimiento es una construcción organizada que se desarrolla mediante esquemas de acción (fig.16), que son estructuras mentales formadas por acciones no aleatorias que le dan significado a los objetos. Estos esquemas permiten generar hipótesis y constataciones. El proceso de adquirir conocimiento se produce mediante dos mecanismos: la asimilación, que integra nueva información en esquemas existentes, y la acomodación, que implica modifica los esquemas para incorporar nueva información.

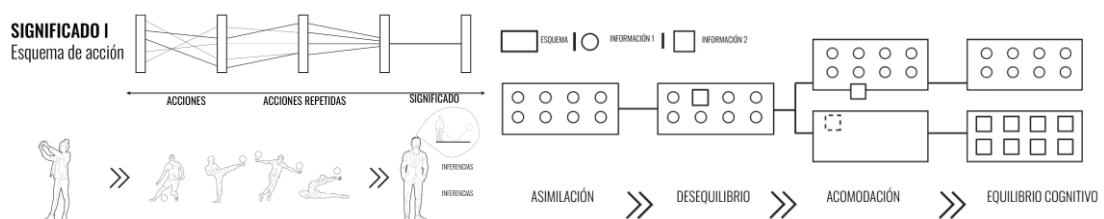


Figura 16. Diagrama esquema de acción y etapas del proceso cognitivo. Elaboración propia, basado en la teoría de Jean Piaget

Agua + Conocimiento.

En el esquema mental de las personas que viven en la Mariscal, existe una desconexión con el ciclo hidrológico del que forman parte, es decir, ven separada a la ciudad de este ciclo. El plan maestro desencadenará un proceso cognitivo (fig.17), en el cual, al abrir las quebradas, habilitar lotes vacantes, entre otros elementos, las personas integrarán al ciclo hidrológico en sus esquemas mentales como parte de su vida cotidiana.

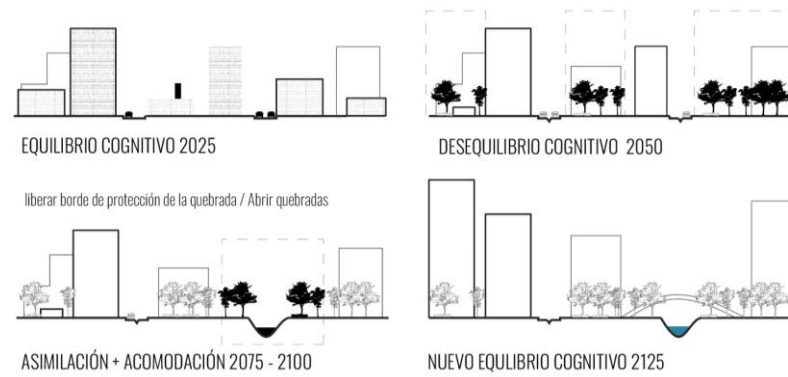


Figura 17. Diagrama de las etapas del proceso cognitivo en el Plan Machay 2125. Elaboración propia.

¿Cómo contribuir a que las personas asignen un significado de comprensión y respeto al ciclo hidrológico en este proceso? A través de acciones repetidas en su vida cotidiana. Según la teoría constructivista del conocimiento, las personas otorgan significado a aquello que experimentan de manera reiterada. Esto puede lograrse mediante la creación de comunidades autosuficientes, capaces de gestionar sus propios recursos y, por ende, directamente dependientes del ciclo hidrológico para su sustento (fig.18). Esta relación fortalece su comprensión del ciclo del agua, ya que les exige desarrollar un conocimiento más profundo y significativo sobre este proceso natural.

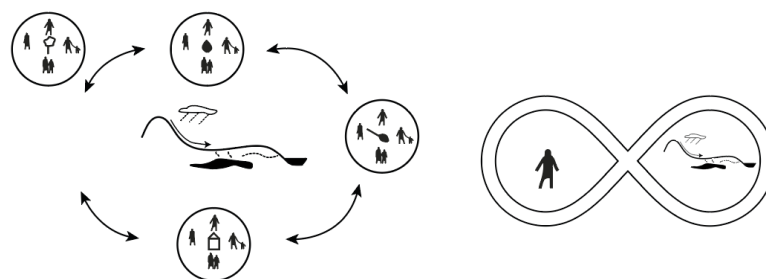


Figura 18. Comunidades autosuficientes con sus recursos. Elaboración propia.

El concepto macro consiste en implementar comunidades autosuficientes con sus propios recursos, mediante una red de infraestructura que gestione la zona hidrológica correspondiente. Este sistema busca satisfacer las necesidades humanas mediante la extracción eficiente de recursos.

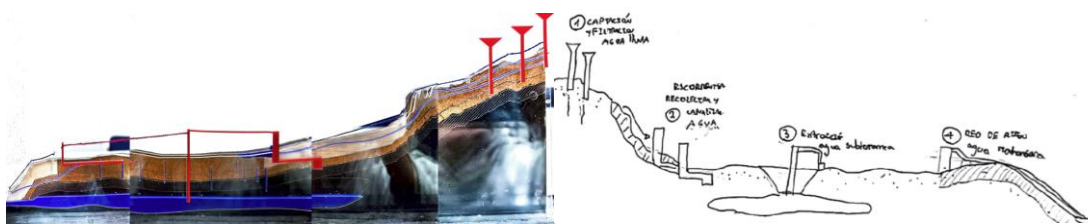


Figura 19. Fotografía de maqueta del concepto macro del sistema de comunidades autosuficientes, con representación gráfica de su distribución según ubicación geográfica. Elaboración propia.

Proceso que se quiere acelerar.

Para determinar el proceso que se desea acelerar, se realizó el balance hídrico de la microcuenca Ingapirca, utilizando datos del INEC. Este balance se obtuvo a partir de la diferencia entre los datos de precipitaciones mensuales y evapotranspiración. Como resultado, se concluyó que existe un superávit hídrico, ya que, según Armenta, Villa y Jácome (2016), se prevé un aumento del 11 % en las precipitaciones en la región interandina en los próximos cien años. Por esta razón, se busca acelerar el proceso de infiltración.

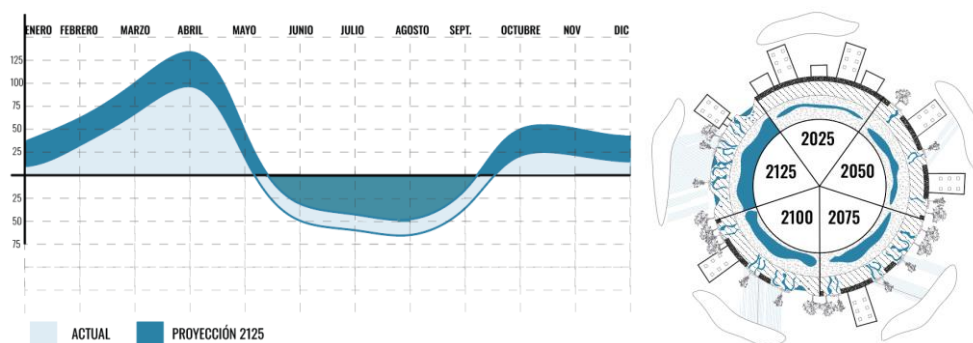


Figura 20. Balance hídrico La Mariscal 2125 / Diagrama ilustrativo de aceleración de proceso de filtración. Elaboración propia, en base a datos de Armenta, G., Villa, J., & Jácome, P. (2016)

Realización de la forma.

Justificación de la forma.

El proyecto se ubica en el parque Julio Andrade, donde se ha proyectado un humedal que filtrará agua proveniente de los jardines de agua lluvia y zanjas de canalización planteados en el plan maestro. El proyecto funcionará como una cuenca arreica (fig.21), que es un área donde el agua se filtra o evapora, según Araque Arellano et al. (2019).

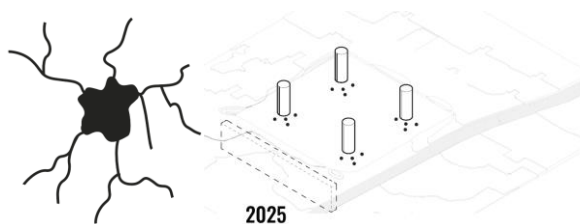


Figura 21. *Diagrama cuenca arreica/ Primer diagrama de evolución de la forma.* Elaboración propia.

El proyecto al iniciar en el 2025 enfrenta la contaminación del suelo debido a talleres y concesionarias en la zona. Para ello, se utilizará la bioaumentación, inyectando microbios en el suelo para descontaminarlo y, posteriormente, filtrar el agua, tal como se propone en el estudio de Koushal et al. (2025).

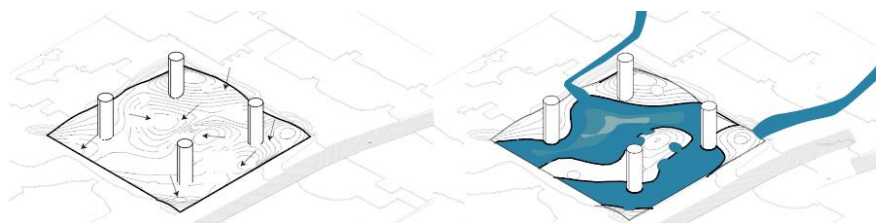


Figura 22. *Diagramas de evolución de la forma.* Elaboración propia.

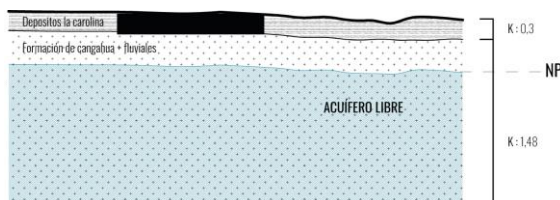


Figura 23. *Permeabilidad de las capas geológicas de la Mariscal.* Fuente: Elaboración propia basada en datos de Galeano Ponce, J. S. (2016). *Perímetros de protección para las captaciones de agua subterránea influenciadas por la futura línea del metro de Quito.*

Para la creación de la cuenca de infiltración, se modelará el terreno (fig.22) con el fin de establecer zonas de descarga para las zanjas y jardines de aguas lluvias. Asimismo, se proyectarán áreas que no se inundan, permitiendo su aprovechamiento con fines recreativos.

Al realizar un análisis más detallado del suelo en La Mariscal nos podemos dar cuenta que la primera capa (fig. 23) presenta una baja permeabilidad en comparación con las capas inferiores. Este aspecto representa un punto clave de intervención, ya que, si en esta zona se

capta un flujo constante de agua, el suelo podría alcanzar un punto de saturación, provocando el desbordamiento del agua superficial. Por esta razón, se propone que el agua lluvia se infiltre de manera directa hacia la segunda capa geológica, que posee una permeabilidad hasta cuatro veces mayor. Esta infiltración se facilitaría a través de columnas huecas (fig. 24).

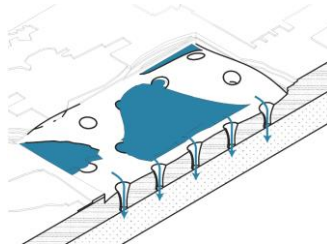


Figura 24. Infiltración *directa de agua lluvia hacia capas geológicas profundas mediante columnas huecas*. Elaboración propia.

Otros componentes del diseño.

Materiales.

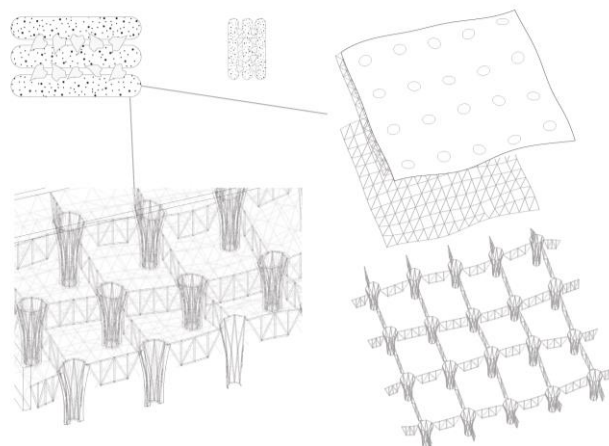


Figura 25. *Estructura mixta de hormigón poroso y acero*. Elaboración propia.

La estructura del proyecto nace del concepto de *cuenca arreica cognitiva*, utilizando hormigón poroso impreso en 3D como material principal y una subestructura de acero dado que los paneles no son autoportantes (fig.25). El hormigón poroso estructurado en forma de "sándwich", fabricado mediante extrusión de mortero e impresión sobre lecho de áridos, ofrece mayor resistencia mecánica comparado a otros materiales similares, este se presenta como una alternativa viable para aplicaciones en entornos urbanos sostenibles, según (Lyu,

Dai, & Chen, 2023). Este material permite la filtración del agua en zonas estratégicas del edificio, generando espacios que evocan la acomodación cognitiva, convirtiendo al proyecto en un medio de aprendizaje tangible.

Programa y circulación.

Programa.

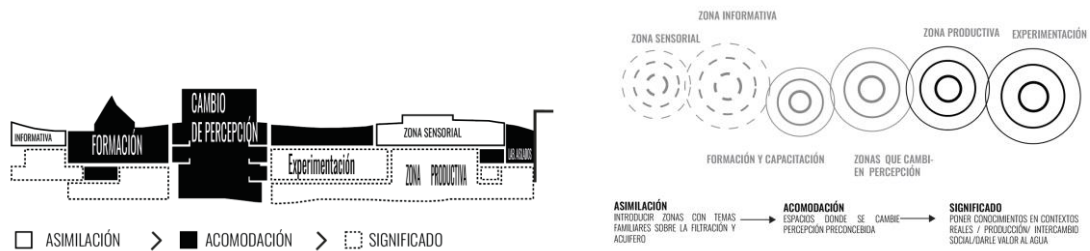


Figura 26. Diagramas programa arquitectónico. Elaboración propia.

El programa del edificio se estructura siguiendo las etapas del proceso cognitivo de Jean Piaget (fig. 26). Al ingresar al proyecto, los usuarios son introducidos a contenidos relacionados con la filtración del agua y los acuíferos, en una fase correspondiente a la asimilación, donde se presentan temas familiares que conectan con conocimientos previos.

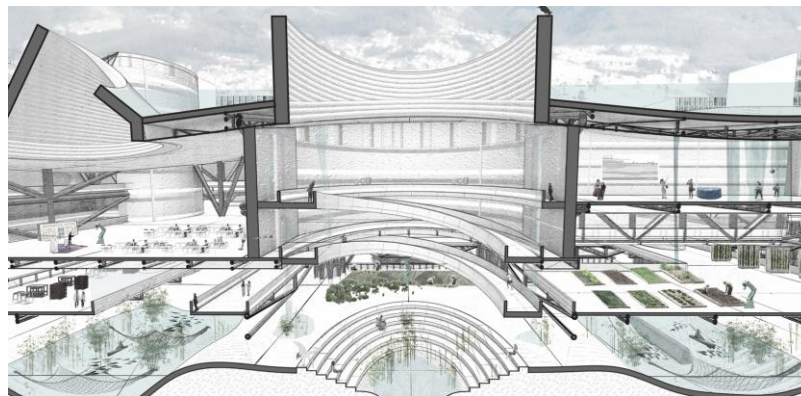


Figura 27. Vista interna zona de acomodación y producción. Elaboración propia.

El recorrido del edificio guía a los visitantes a través de espacios de aprendizaje progresivo: desde auditorios, laboratorios demostrativos que profundizan la comprensión sobre la filtración del agua mediante experiencias sensoriales (fig. 27), hasta áreas de

producción donde aplican sus conocimientos y dan nuevo valor al agua, consolidando así el aprendizaje práctico.

Circulación.

La circulación del proyecto es perimetral, lo que facilita su accesibilidad. Los servicios se ubican en los bordes, permitiendo el funcionamiento eficiente de los espacios planteados.

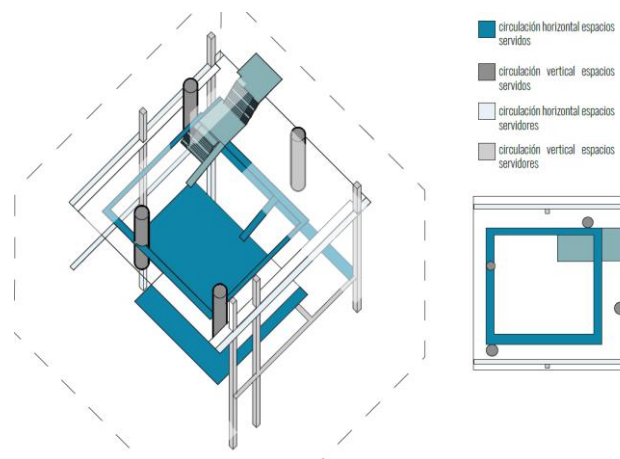


Figura 28. Diagrama circulación del proyecto. Elaboración propia.

Living Building.

El proyecto adopta un sistema cerrado basado en el modelo *Eco Machine*, donde las aguas grises se tratan mediante tanques de sedimentación y tanques anóxicos (Padget, 2013). Luego, el agua tratada y la pluvial atraviesan humedales artificiales con grava y base impermeable, ubicados en el nivel inferior. Finalmente, pasan por lagunas aireadas antes de infiltrarse en el acuífero a través de un campo de dispersión.

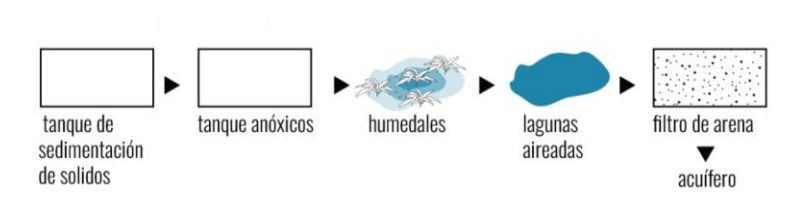


Figura 29. Sistema de tratamiento aguas grises y pluviales basado en el modelo EcoMachine de Omega. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Este proyecto de fin de carrera presenta una propuesta innovadora para abordar la problemática de la contaminación y desconexión del río Machángara en Quito. Este diseño se fundamenta en estrategias del Plan Machay Ally Yaku 2125, desarrollado por nuestro equipo con el fin de salvar el río. El aporte principal radica en integrar soluciones basadas en la naturaleza (biomimética) y la teoría constructivista de Piaget en una infraestructura que busca el equilibrio hídrico mediante la infiltración para recargar el acuífero centro-norte y ser un medio para la educación ambiental comunitaria.

En el contexto ecuatoriano, este proyecto, que surge de las estrategias planteadas en el Plan Maestro Machay Ally Yaku, responde al mandato constitucional de recuperación del río Machángara. Además, aborda problemas críticos como las inundaciones y la pérdida de biodiversidad causadas por la alteración del cauce natural, aspectos clave para nuestro Plan Maestro.

La realización de este proyecto fin de carrera consolidó la urgencia de abordar la contaminación del Machángara, donde la arquitectura puede jugar un rol importante buscando materializar y plantear propuestas realizables que aspiren a la descontaminación y reinserción del río en la ciudad, todo dentro del marco del Plan Machay Ally Yaku. Se sugiere que estudios futuros mantengan y profundicen las propuestas del Plan Maestro como referente realizable para la recuperación del río.

Finalmente, aprender y profundizar sobre temas que no son familiares fue un desafío, pero fue un punto clave para poder realizar una propuesta que tenga lógica en varios campos ajenos a la arquitectura. Así se consolida una propuesta fuerte que me permitió expandir la idea de lo que hace un arquitecto.

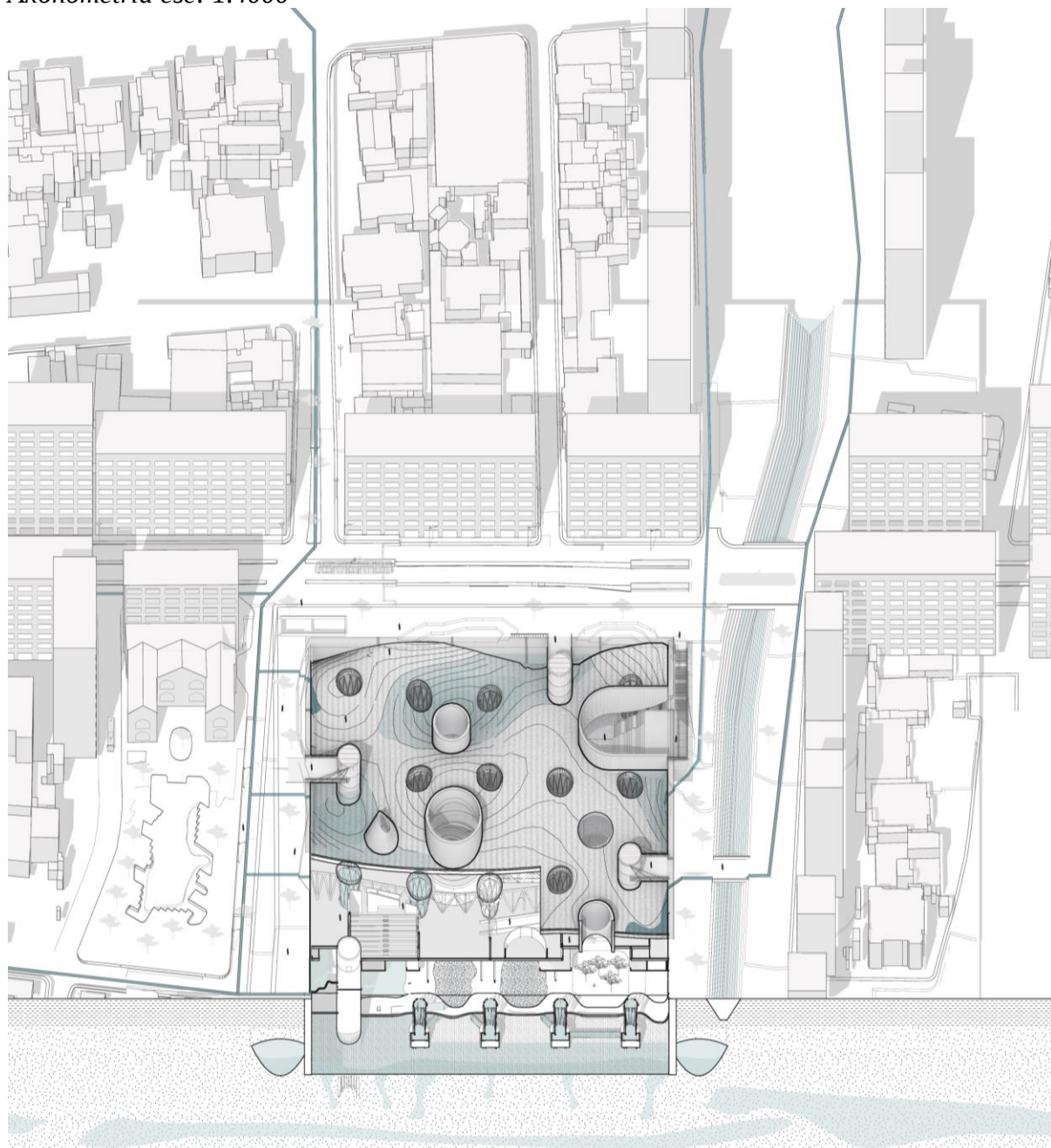
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Alegría, A. G. (2010). *Modelación hidrológica de crecidas en la cuenca del río Machángara en la ciudad de Quito* (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2010).
- Alday, I., & Gupta, P. V. (2018). *Yamuna River Project : New Delhi urban ecology* (First edition.). Actar.
- Altamirano Terán, E. J. (2022). *De borde, a eje vertebrador: reinserción urbana de la quebrada El Censo y zona central del río Machángara en la ciudad de Quito* (Tesis de maestría). Universitat Politècnica de Catalunya.
- Araque Arellano, M., Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). *Cuencas Hidrográficas*.
- Armenta, G., Villa, J., & Jácome, P. (2016). Proyecciones climáticas de precipitación y temperatura para Ecuador bajo distintos escenarios climáticos. *Revista Geográfica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia*, (155), 55-74
- Bolick Cevallos, J. T. (2018). Vivienda de alta densidad en el subcircuito Nro. 1 del barrio "La Mariscal" [Tesis de grado, Universidad Internacional SEK]. Repositorio UISek. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/3052>
- Chuqui Lema, A. M., & Manzaba Jiménez, R. C. (2021). *Determinación de calidad de agua por bioindicadores (macroinvertebrados) del río Machángara, del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital UCE. <https://repositorio.uce.edu.ec/handle/25000/26032>
- Galeano Ponce, J. S. (2016). Perímetros de protección para las captaciones de agua subterránea influenciadas por la futura línea del metro de Quito.
- García, R. (2000). El conocimiento en construcción: de las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de sistemas complejos. Gedisa.
- García, R. (2006). Epistemología y teoría del conocimiento. *Salud colectiva*, 2, 109-122.
- Kitu Kara v. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Acción de Protección, Corte de Quito, 5 de julio de 2024. <https://ecojurisprudence.org/wp-content/uploads/2024/07/MACHANGARA-RIVER-JUDGEMENT-FIRST-INSTANCE.pdf>
- Koushal, S., Kanagalabavi, A. C., Kumar, A., Arya, D., Nehul, J. N., Panigrahi, C. K., ... & Chauhan, N. (2025). Bioremediation of Soil Pollution: An Effective Approach for Sustainable Agriculture. *International Journal of Plant & Soil Science*, 37(1), 400-410.

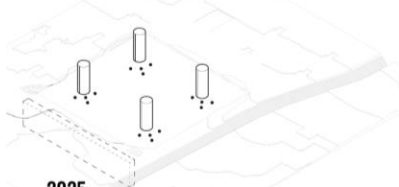
- López, J., Cabrera, L., Cárdenas, M. J., Chamorro, P., Garófalo, D., Montenegro, V., Moya, M., Oyarte, R., Puga, D., Romo, J., Silva, M., Sinchiguano, S., Tamayo, M., Troya, P., & Villacís, M. (2024). Machay Ally Yaku, Plan Maestro para la recuperación del río Machángara. Trabajo de titulación de estudiantes de arquitectura. Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador. En prensa.
- López Veintimilla, C. A. (2017). *Movilidad residencial de la élite. Pasado y presente de la élite quiteña, Urbanización Jacarandá 1970-2016* (Tesis de maestría). Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO). <https://www.flacsoandes.edu.ec>
- Lyu, Q., Dai, P., & Chen, A. (2023). Sandwich-structured porous concrete manufactured by mortar-extrusion and aggregate-bed 3D printing. *Construction and Building Materials*, 392, 131909.
- Padget, S. (2013). 3.1 The Building as a Species. *THE VISIBILITY OF RESEARCH*, 539
- Ponce, A. (2012). *La Mariscal: historia de un barrio moderno en Quito en el S. XX*. Instituto Metropolitano de Patrimonio.
- Rodas Zambrano, S. E. (2012). *Estación de ferrocarril cultural en Cumbayá* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito. (2023). Guía para la implementación de soluciones basadas en la naturaleza en Quito. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.
- Una línea en los Andes. (2012). *Una línea en los Andes: Taller de la cátedra de proyectos de arquitectura y urbanismo, GSD, Harvard University y Pontificia Universidad Católica del Ecuador PUCE*.

ANEXO 1 : PLANIMETRÍA

Axonometría esc: 1.4000

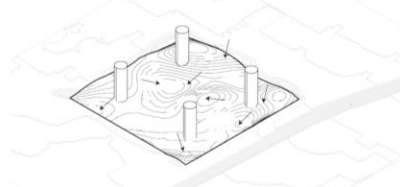


En el área del proyecto hay talleres automotrices y concesionarios, lo que requiere un proceso de biorremediación del suelo. Se utilizará bioestimulación, introduciendo microorganismos y oxígeno en pozos de inyección para degradar contaminantes antes de filtrar agua en la zona.

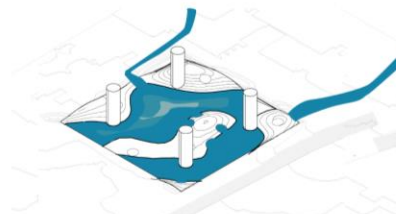


2025

Para crear la cuenca de infiltración, se modelará el terreno para establecer zonas de descarga de las zonas con agua. También se diseñarán áreas que no se inunden, permitiendo su uso.

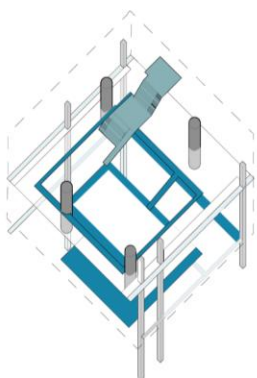


Se instalarán barreras reactivas permeables (PRB), para remediar aguas subterráneas contaminadas por diversos contaminantes.



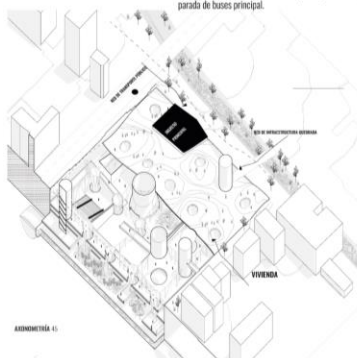
CIRCULACIÓN

circulación perimetral espacios servidos



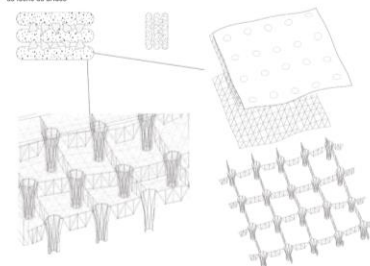
Relación con el contexto

El proyecto se sitúa en un parque transformado en cuenca urbana. Tiene acceso a viviendas cercanas y se conecta a la red de infraestructura en la quebrada. Su entrada principal se ubica junto a una parada de buses principal.

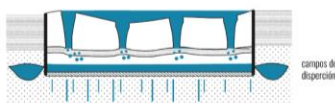


Paneles se apoyan en un sistema estructural de acero que cubre una luz de 30 metros, además las columnas huecas permiten revestir con vidrio para ver el flujo de agua que va al acuífero libre o revestidas de hormigón poroso para filtrar agua de las columnas a determinados espacios.

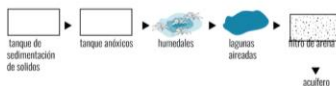
Paneles de hormigón poroso estructurados en sandwich fabricados por extrusión de mortero e impresión de lecho de áridos.



La infraestructura incluye un filtro de descarga de agua al acuífero para evitar el sobrepaso del nivel freático. Cuando este nivel aumenta, la infraestructura almacena y distribuye agua a las comunidades cercanas para diversas actividades, como consumo y riego.



El agua proveniente de la infraestructura pasa por un tanque de sedimentación de sólidos, tanques anaerobios, humedales, lagunas aerobias, filtro de arena y campos de dispersión.



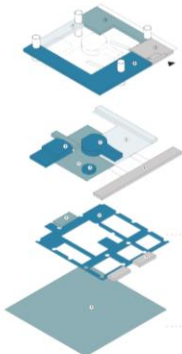
PROGRAMA

El programa del edificio sigue tres etapas: asimilación de información, transformación de percepciones (acomodación) y aplicación significativa del conocimiento en contextos reales, promoviendo el intercambio social y el valor del agua.



PROGRAMA

circulación perimetral espacios servidos



ASIMILACIÓN

programa que incorpora nueva información dentro de sus estructuras mentales ya existentes.

1. Hall de ingresos
2. Galería y exhibiciones
3. Biblioteca temática
4. Coworking / coworking y espacios de intercambio información con otros usuarios.

ACOMODACIÓN

espacios donde se cambia percepción preconcebida. Aprender nueva información.

1. Galería de infiltración y recarga de acuíferos
2. Laboratorio de demostración
3. Auditorio de capacitación y formación
4. Taller sobre temática plantada
5. Sala de estudio grupales e individuales
6. laboratorios abiertos

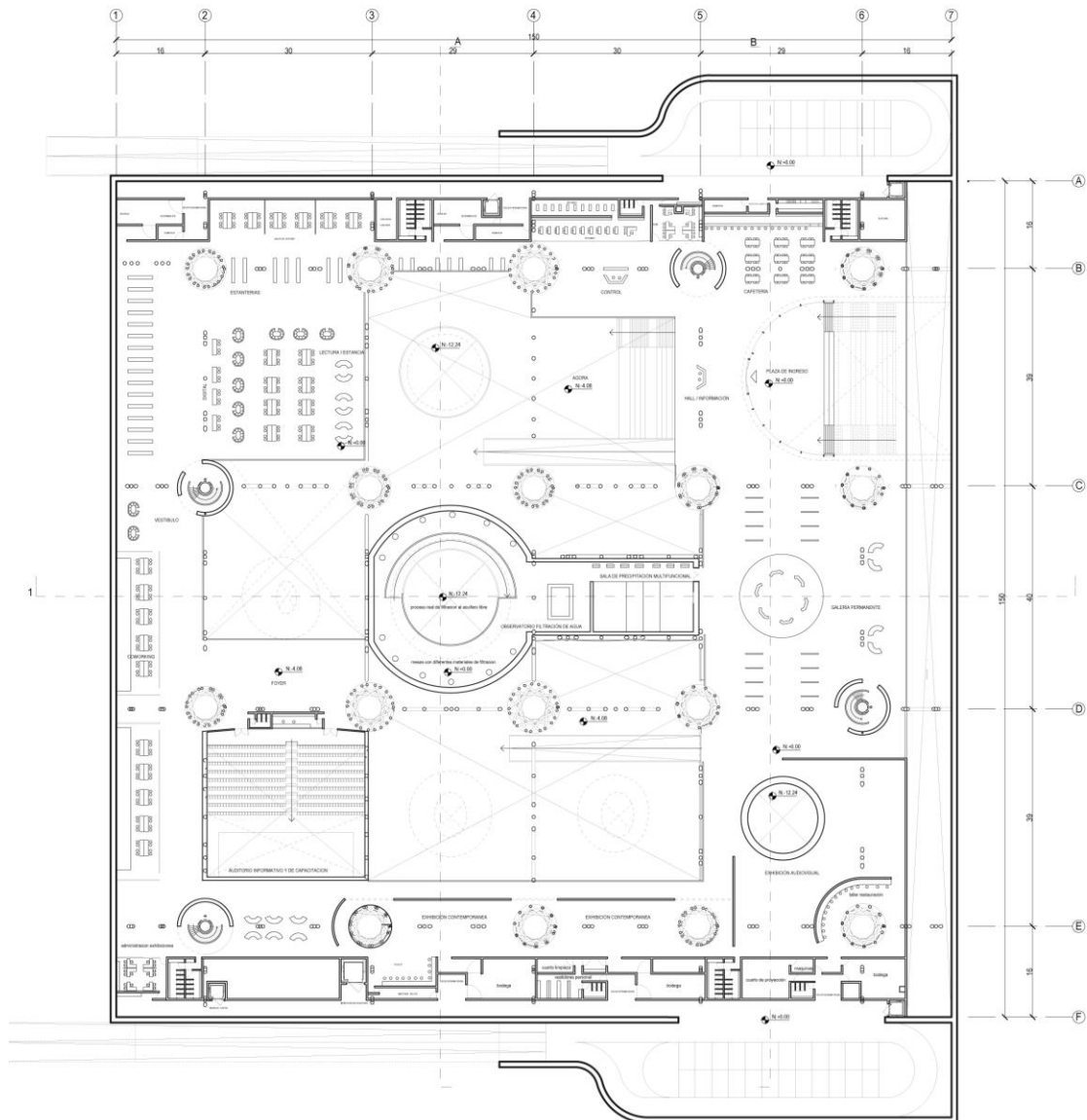
SIGNIFICADO

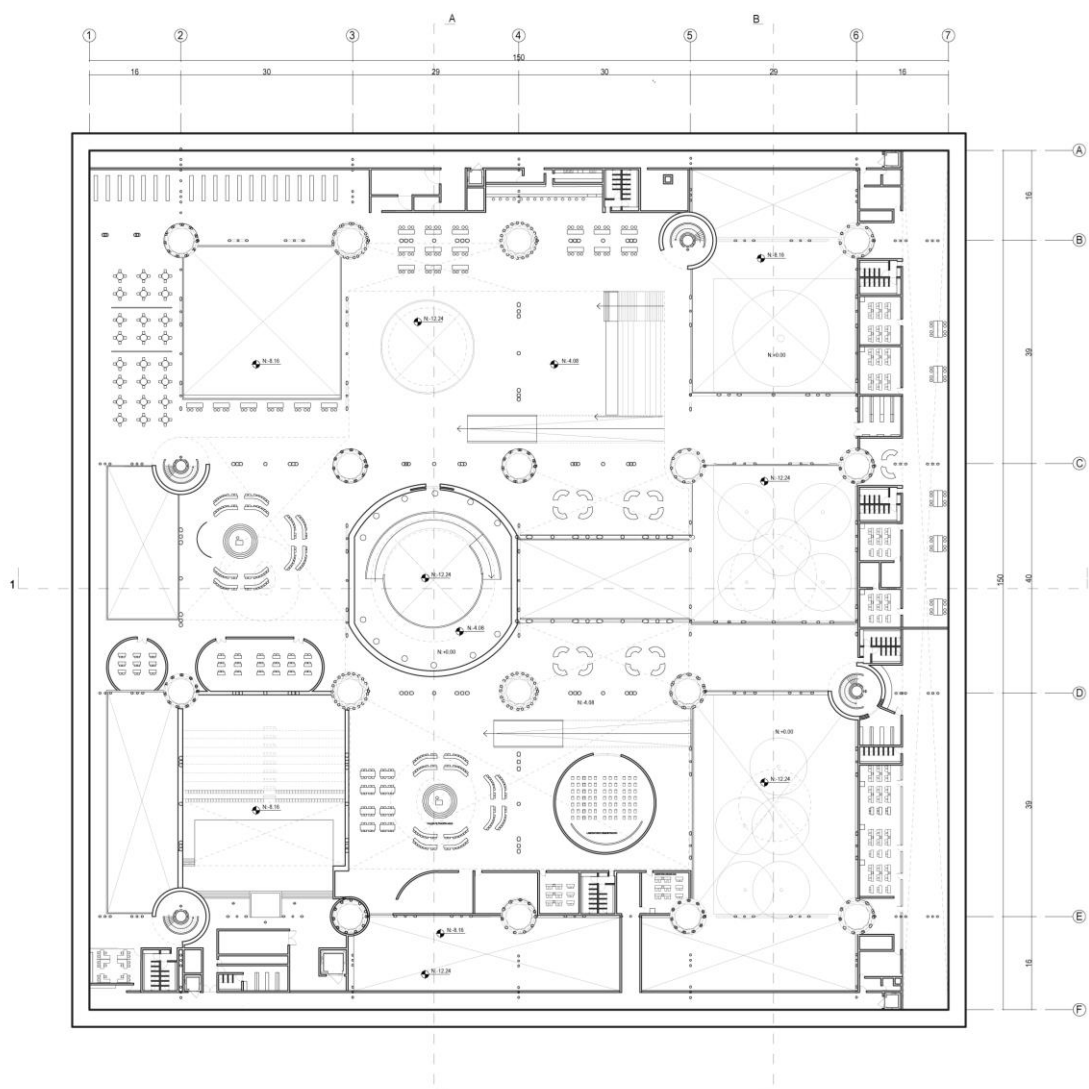
poner conocimientos en contextos reales / producción, intercambio social, crear valor al agua.

1. Zona productiva con agua del acuífero libre
2. Sala de reuniones, almacenamiento
3. granja vertical
4. Agricultura / ocupación / lagunas aerobias

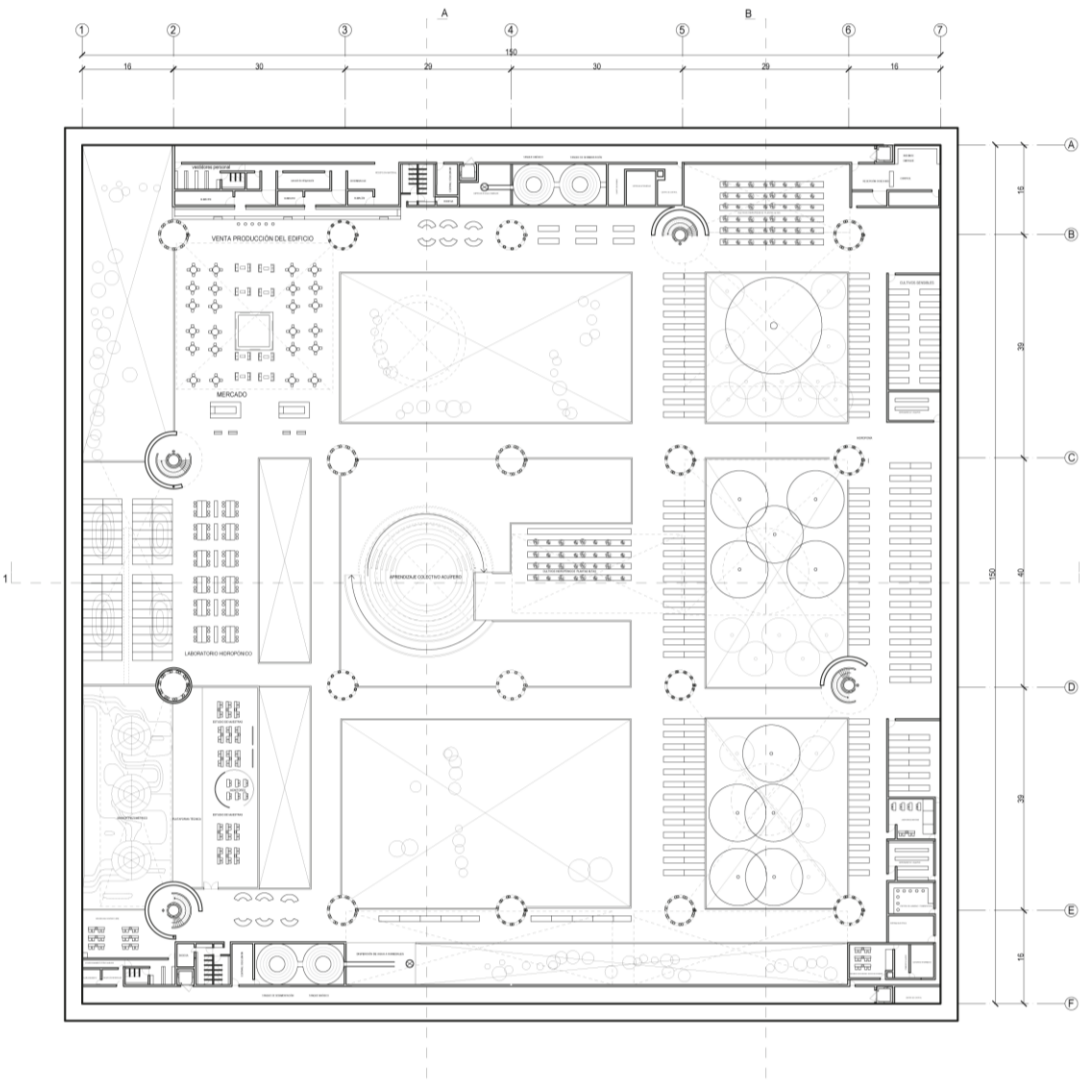
INTERCAMBIO Y APLICACIÓN

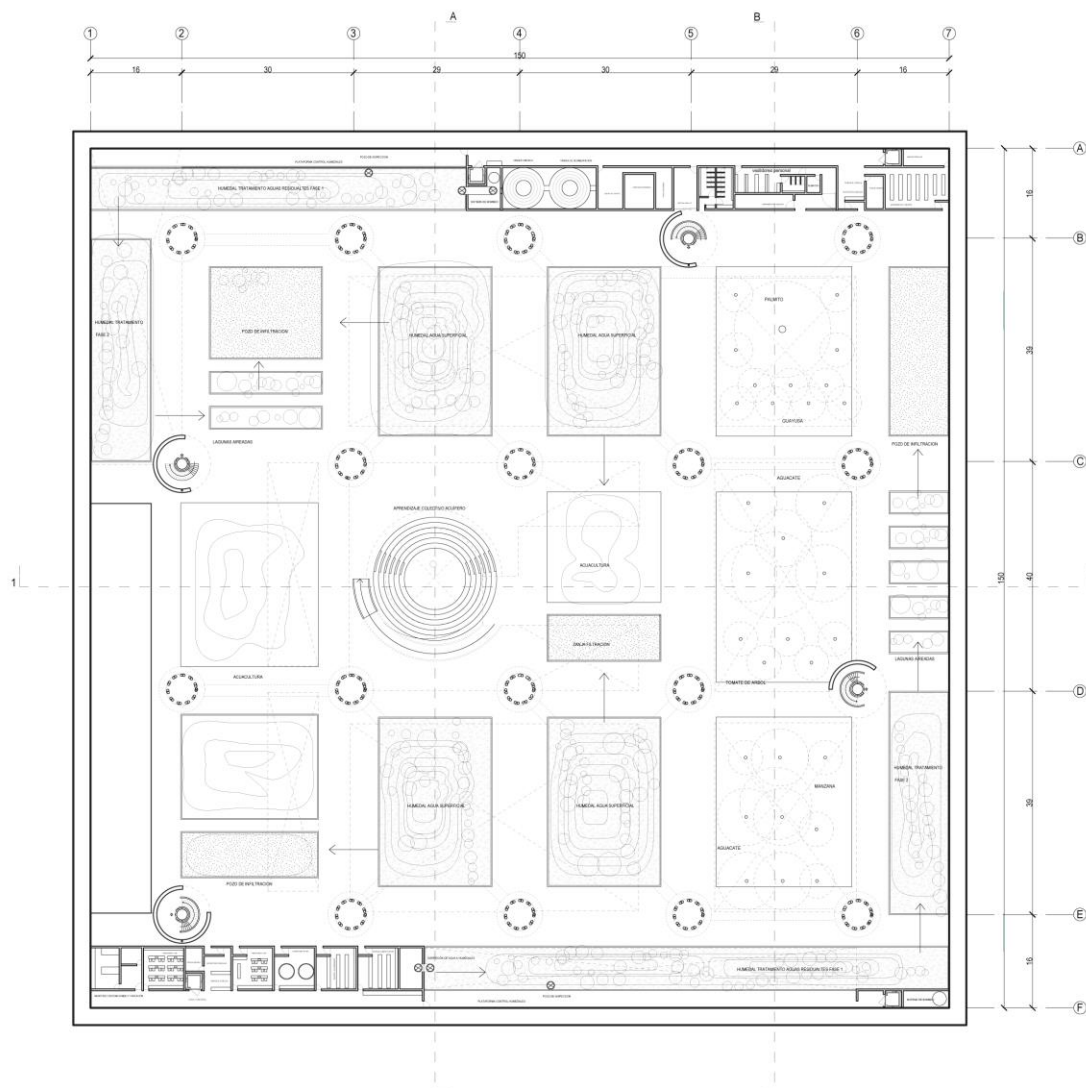
Subsuelo 1 esc: 1.1000



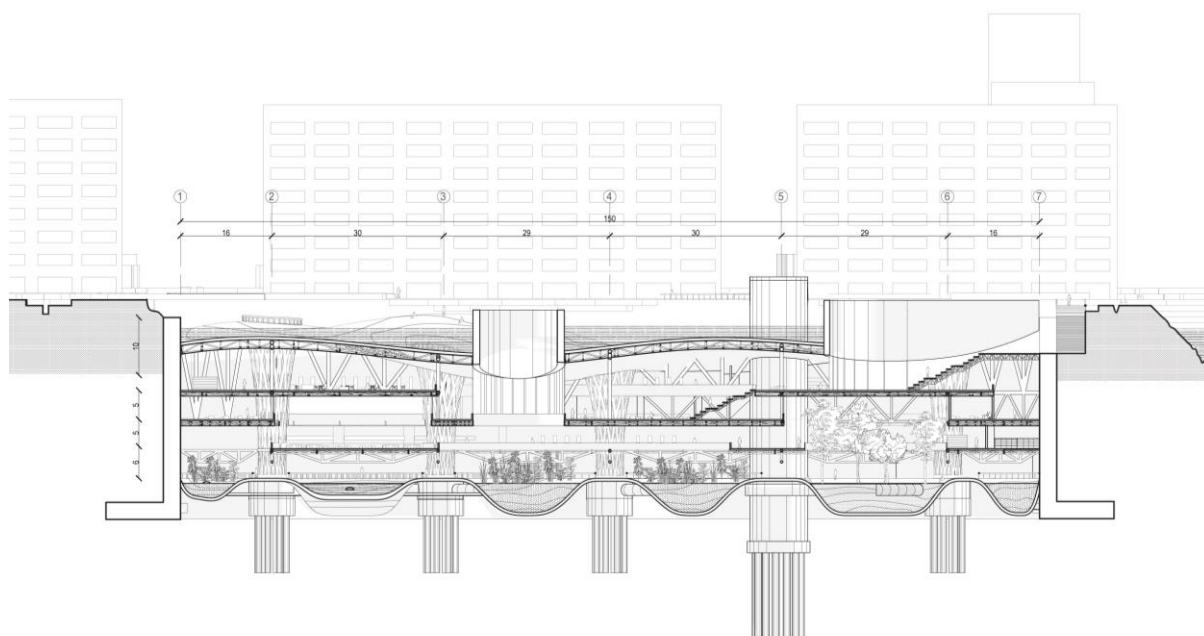
Subsuelo 2 esc: 1.1000

Subsuelo 3 esc: 1.1000

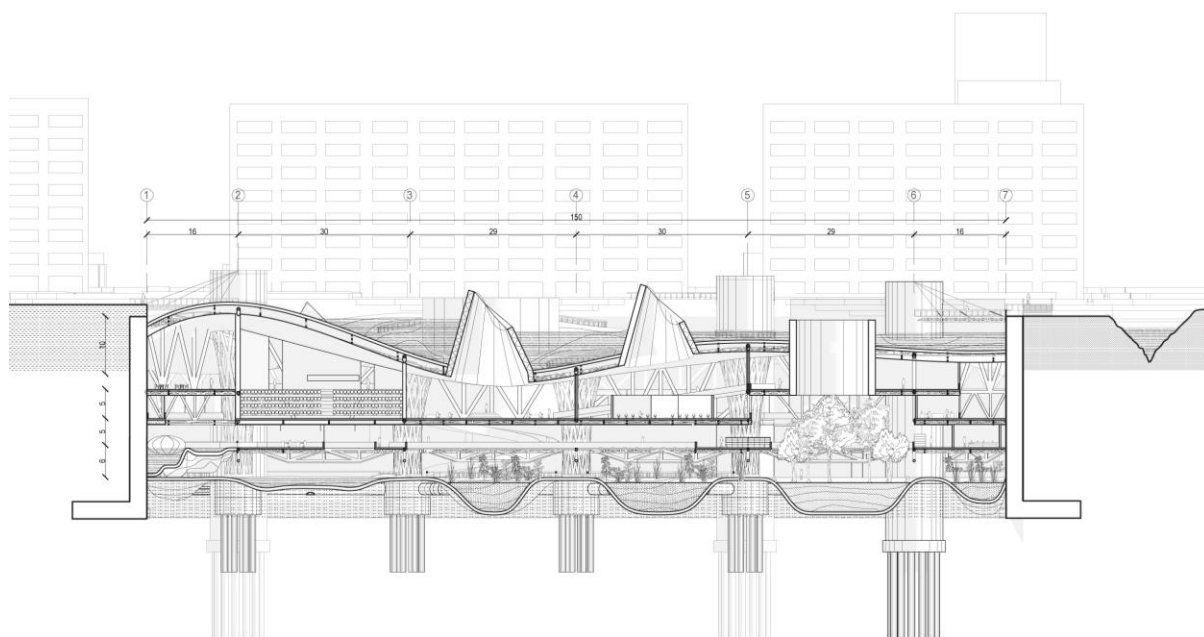




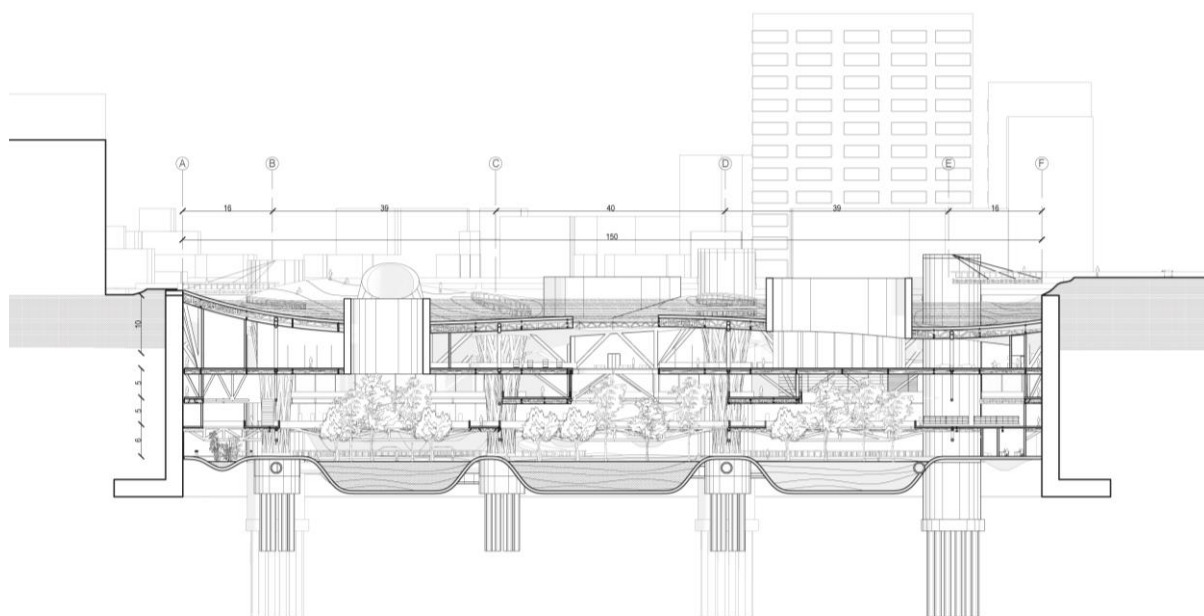
Corte transversal ingreso esc: 1.1000



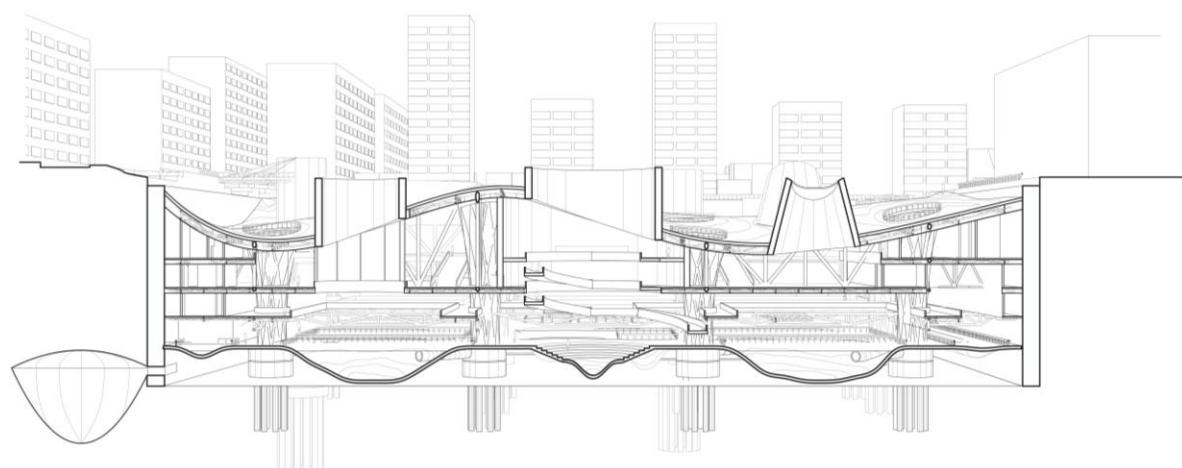
Corte transversal zonas de aprendizaje esc: 1.1000



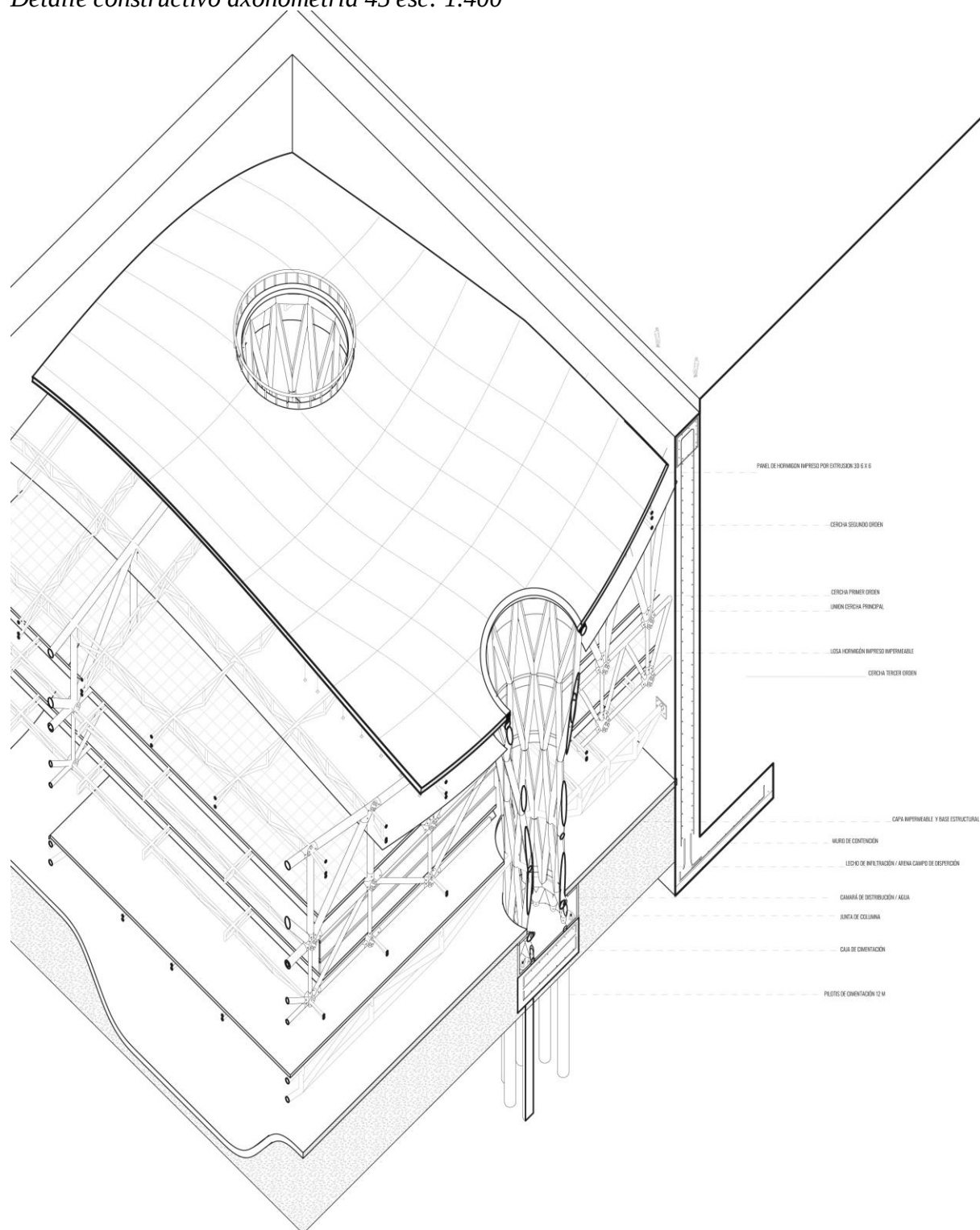
Corte fachada interna esc: 1.1000

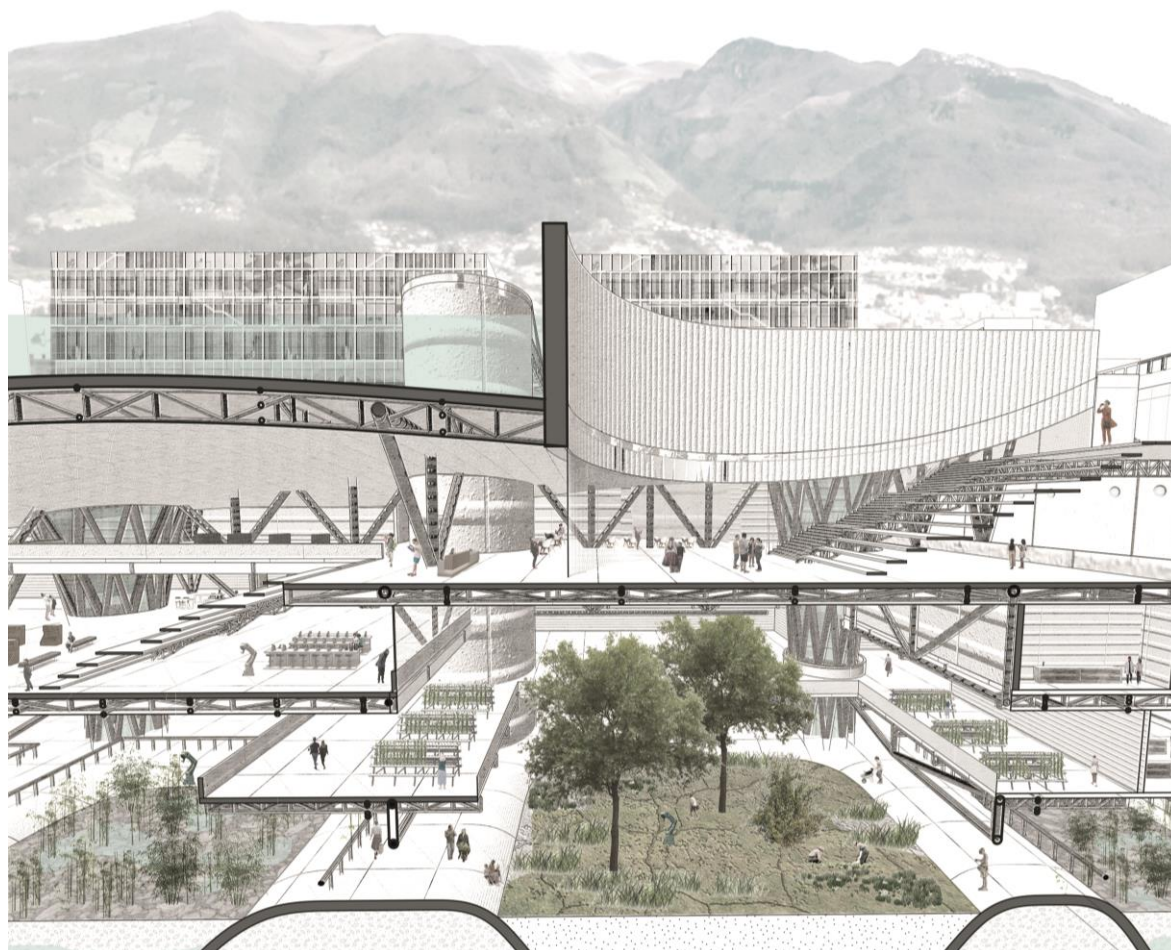


Corte longitudinal fugado

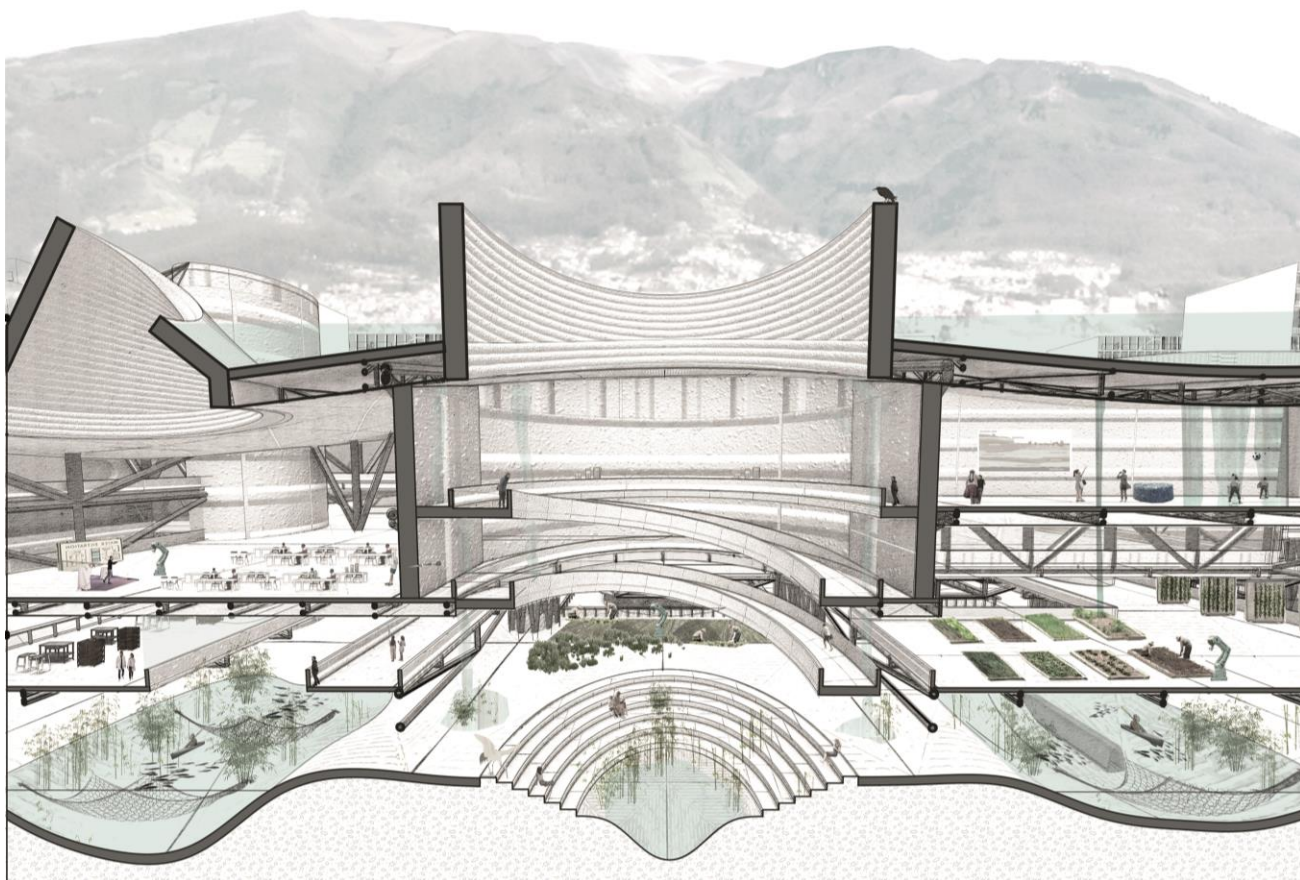


Detalle constructivo axonometría 45 esc: 1.400





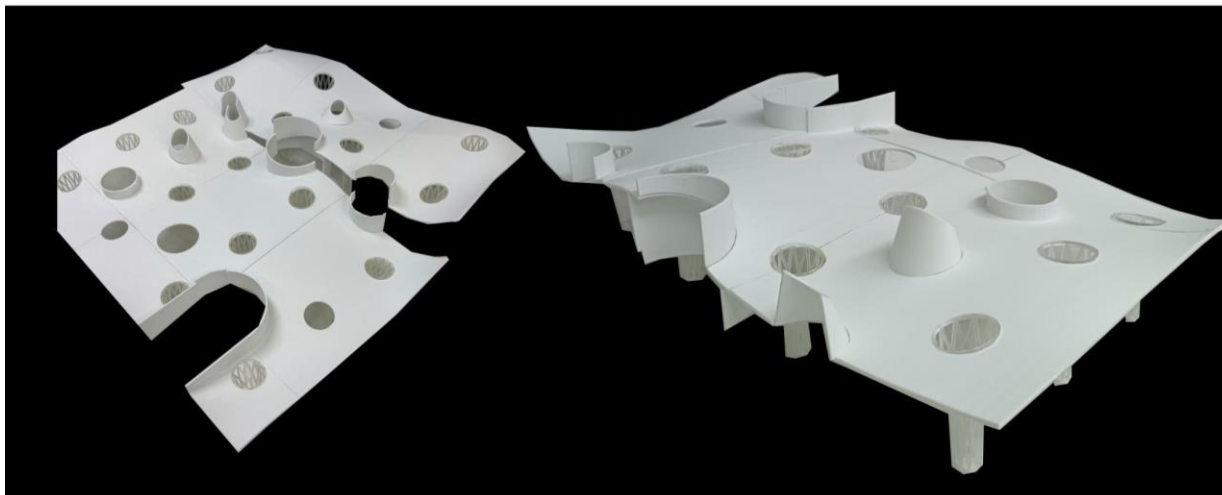
Vista interna 1



Vista interna 2

ANEXO 2: MAQUETAS

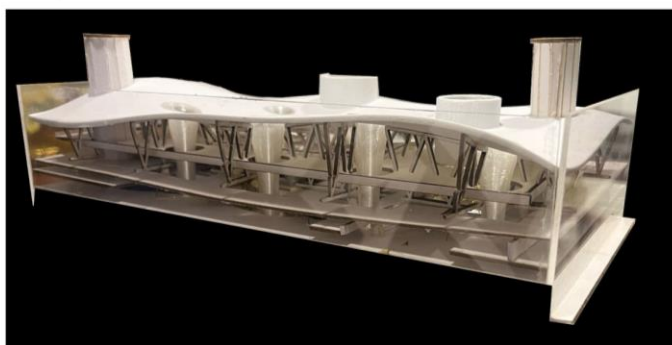
MODELO 3D ESC 1.250



MODELO 3D ESC 1.100



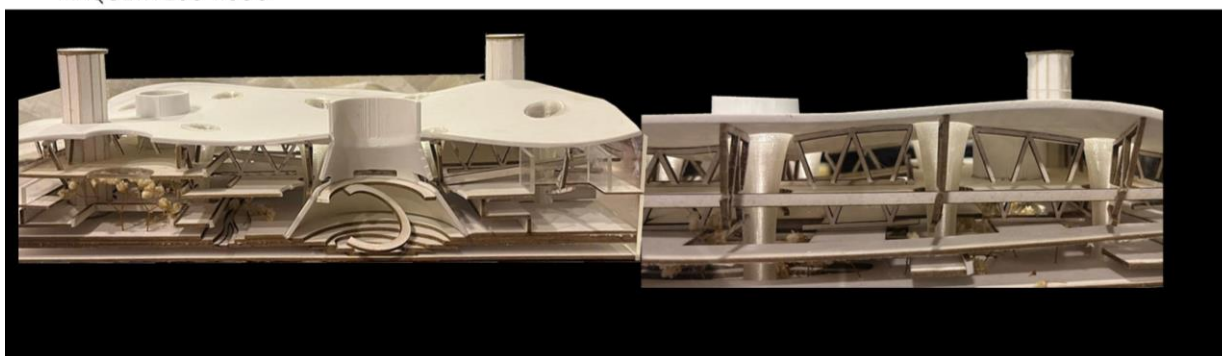
MAQUETA ESC 1.500



MAQUETA ESC 1.500

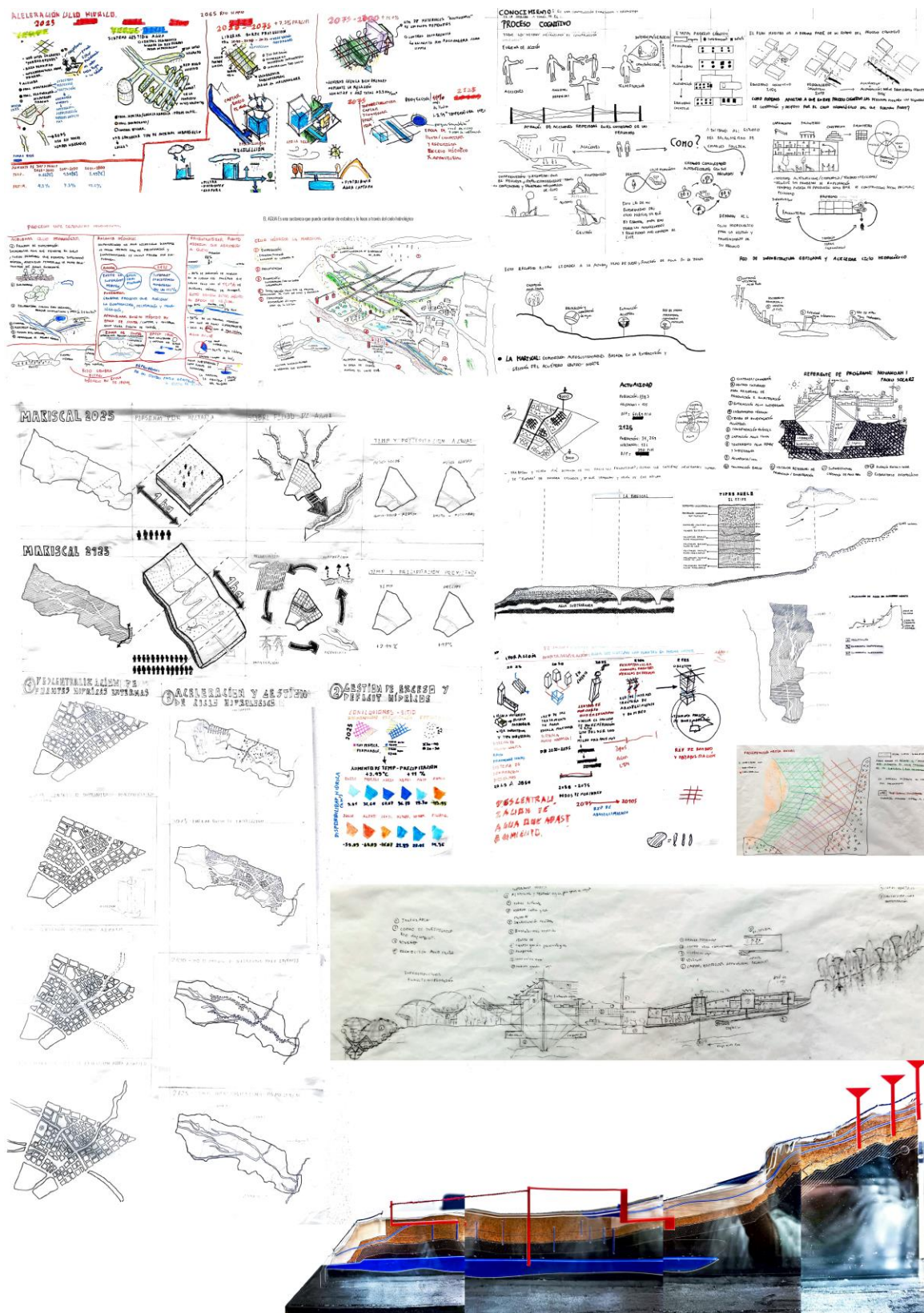


MAQUETA ESC 1.500

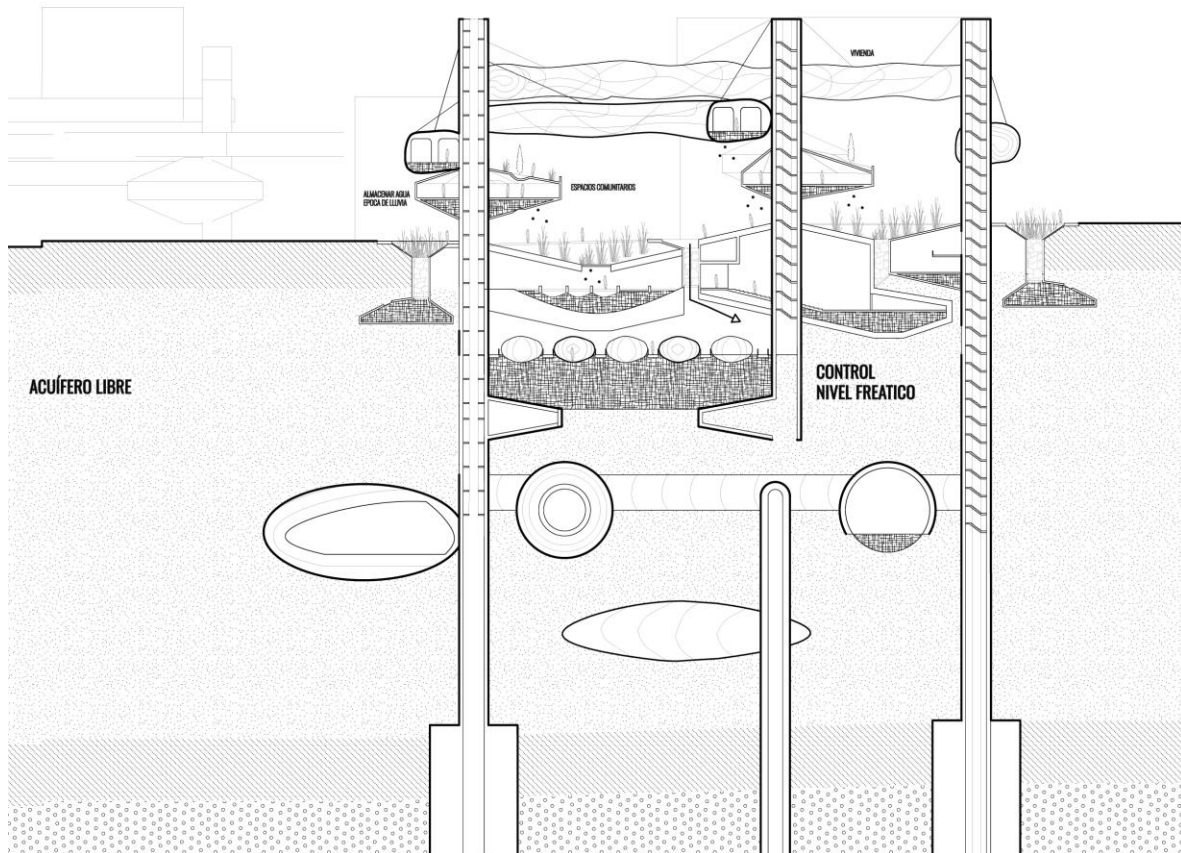
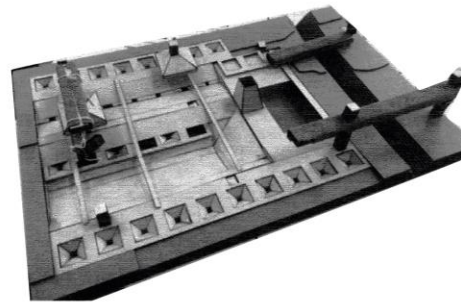
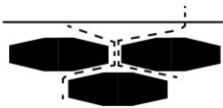
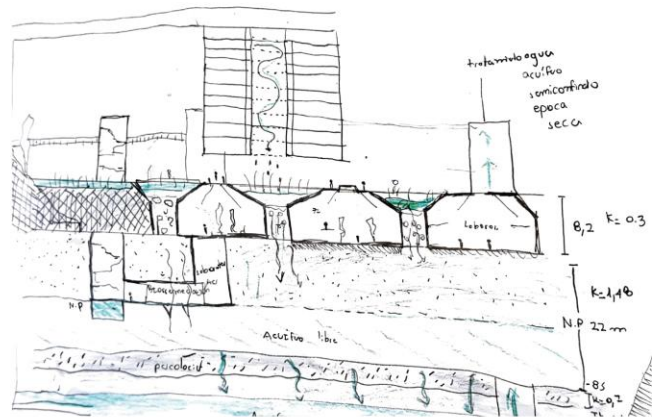


ANEXO 3 : PROCESO DE DISEÑO

Desarrollo de concepto junto a David Garófalo.



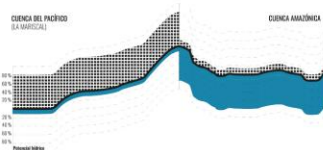
Primeras propuestas de diseño.



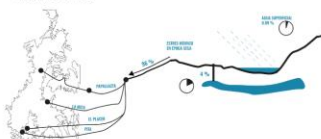
Anteproyecto 1

DESCENTRALIZAR FUENTES HÍDRICAS QUE ABASTECEN A QUITO

En Ecuador los ríos se dividen en aquellos que fluyen al océano pacífico o al río amazónico. El 88% de la población se asienta en la cuenca del pacífico que solo cuenta con un potencial hídrico del 11.5%, esto genera estrés hídrico en época de sequía. El 90% de recursos hídricos provienen de aguas superficiales (precipitación).



En Quito, el 90 % del agua potable proviene de cuatro fuentes hídricas superficiales (Pipilacta, La Mica, El Júcar y Píjar). La dependencia de varias del sistema de abastecimiento, sugiere que el agua subterránea podría ser una nueva fuente de suministro.



BENEFICIOS DEL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO PROVENIENTE DEL ACUÍFERO CENTRO-NORTE:
Disminución de los niveles freáticos, eliminación de afectaciones a subsuelos de edificios.
Alternativa al abasto de agua.

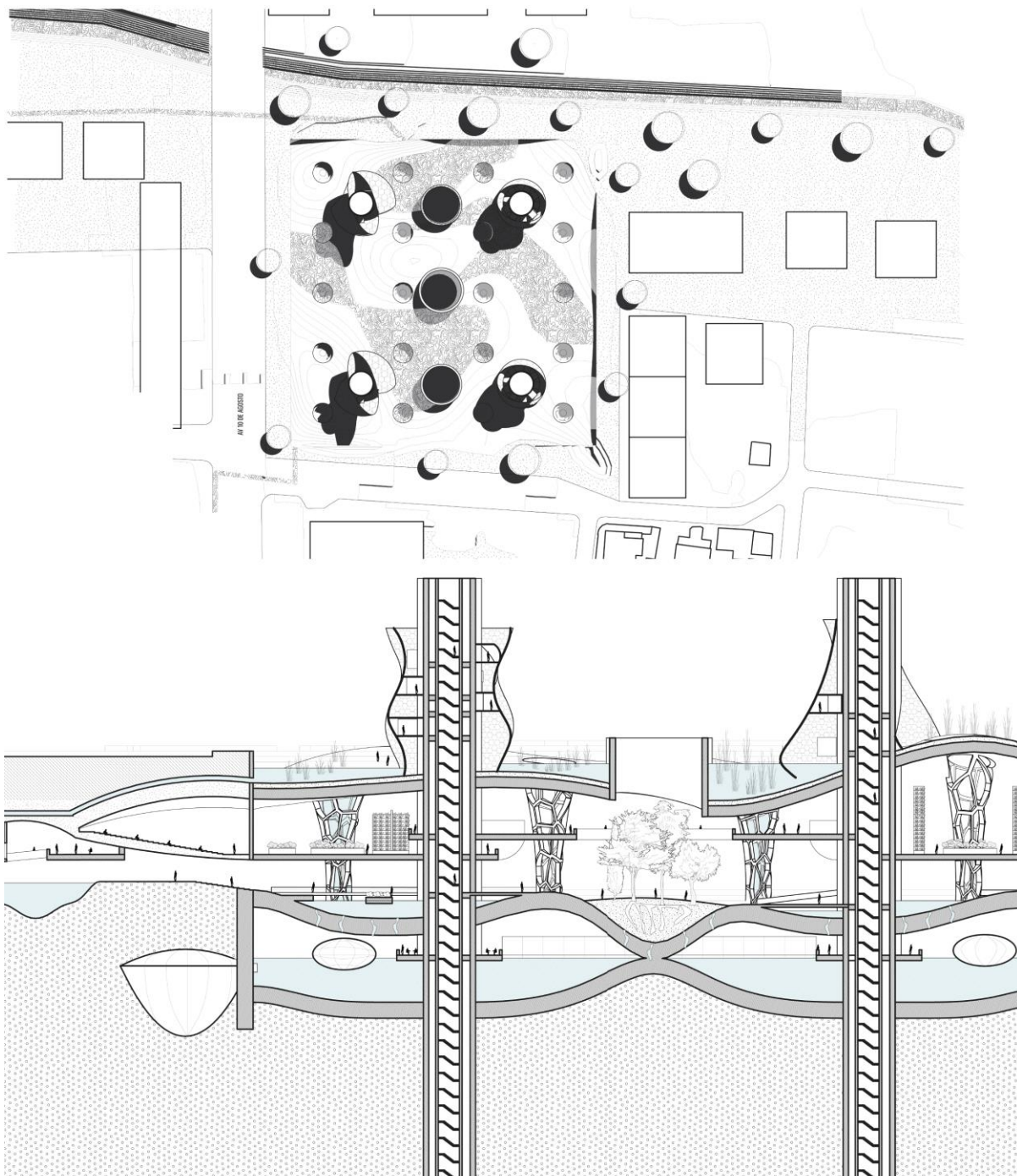
APROVECHAR EXCESO HÍDRICO

La infraestructura en época de lluvia (especialmente en los meses de Abril, Marzo, Febrero y Mayo) debería captar y acumular suficiente agua para los meses secos (de Junio a Septiembre). La infraestructura debe aprovechar al máximo el recurso y reducir el volumen del acuífero para diversas actividades así el nivel freático de montaña.

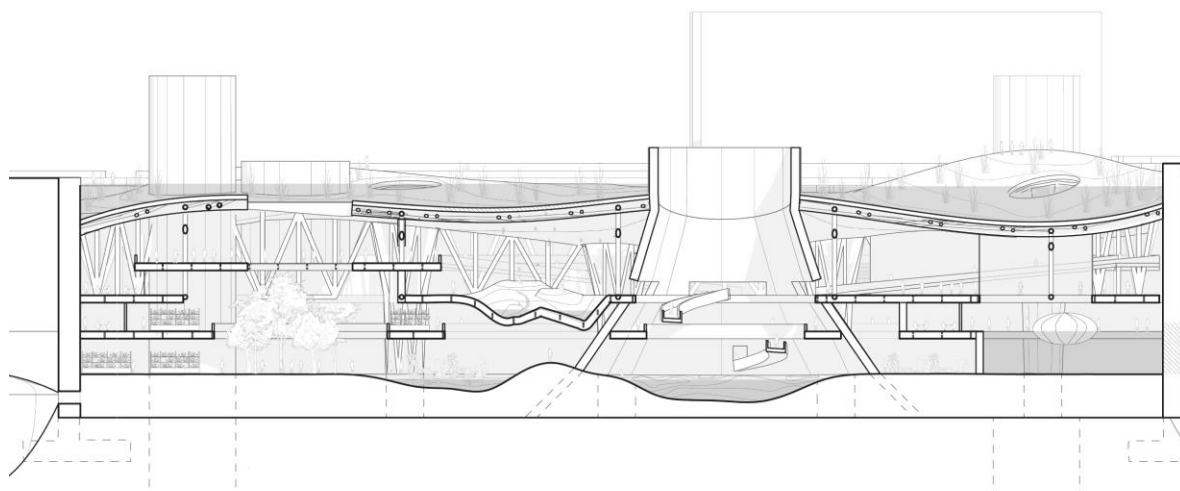
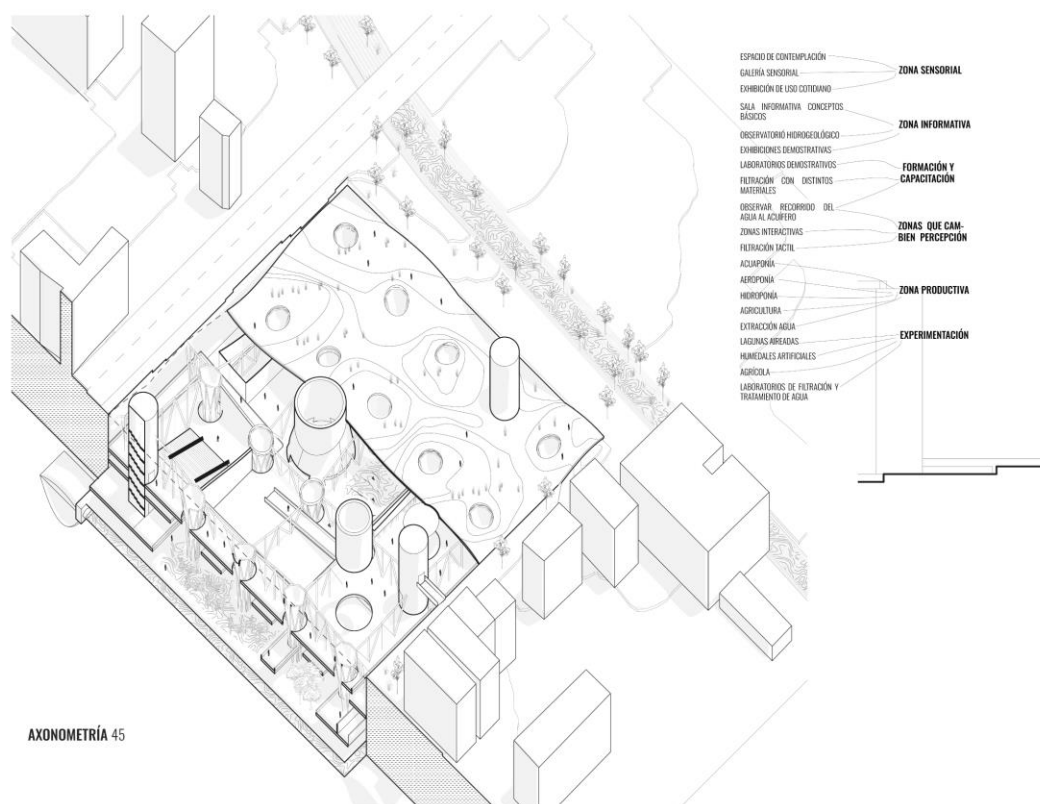


ÉPOCA DE LUBIA

ÉPOCA SECA



Anteproyecto 2



Anteproyecto 3

