

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO



**EL OASIS DEL DIABLO: Parque hídrico mitigador en la
Quebrada del Diablo, Tacna**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
ARQUITECTO**

AUTOR

Max Sebastián Vidal Ríos

CÓDIGO

20160614

ASESOR:

Augusto Juan Francisco Román Moncagatta

César Omar Tarazona Huamán

Susana López Varela

Lima, octubre, 2024



PUCP

Facultad de Arquitectura
y Urbanismo

INFORME DE SIMILITUD

Yo AUGUSTO JUAN FRANCISCO ROMAN MONCAGATTA, docente de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulado: EL OASIS DEL DIABLO: PARQUE HÍDRICO MITIGADOR EN LA QUEBRADA DEL DIABLO, TACNA.


Del/de la autor(a)/ de los(as) autores(as)

VIDAL RIOS, MAX SEBASTIAN

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 10%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 24/09/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio alguno.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 24 de setiembre de 2024.

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: ROMAN MONCAGATTA ,AUGUSTO JUAN FRANCISCO	
DNI: 10265085	Firma 
ORCID: 0000-0003-1069-1119	

RESUMEN

La ciudad de Tacna se ubica en el sur del Perú, en una zona desértica aledaña al desierto de Atacama, por lo que la presencia de precipitaciones durante el año es mínima y genera un estrés hídrico extremadamente alto. Sin embargo, en los últimos años se han registrado periodos cortos e inusuales de lluvias intensas que tuvieron como consecuencia la activación de quebradas y posteriores huaicos o aluviones dentro de la región, situación para la cual la ciudad no está preparada. El presente proyecto toma como referencia la más reciente activación de la Quebrada del Diablo, el 21 de febrero del 2020. Bajo este contexto, el proyecto se desarrolla con dos objetivos principales: mitigar el riesgo frente a huaicos y deslizamientos, y generar agua en una zona desértica. Para ello, se plantean estrategias e intervenciones a dos escalas: una a nivel de quebrada abarcando su tramo crítico, y otra más concisa en el abanico aluvial, ya que es la zona con mayor riesgo y urgencia de intervención al presentar una mayor consolidación urbana. Se busca implementar un parque como infraestructura del paisaje, frente a una infraestructura gris, ya que permite controlar ambos extremos hídricos ofreciendo también espacios públicos que reúnan los requerimientos que uno busca en medio de un desierto: agua y sombra. La presencia de neblina localmente conocida como “camanchaca” permite desarrollar dispositivos para su captación que también puedan complementar y potenciar las actividades dentro del parque. De este modo, se aprovecha la necesidad de una infraestructura de mitigación para generar una oportunidad de implementar nuevos espacios y equipamientos públicos inexistentes actualmente, que pueden ser replicados posteriormente en diferentes sectores y finalmente se revalore al Diablo, su quebrada y su nuevo oasis.

ÍNDICE

1. Introducción
2. Seminario PFC1
3. Planimetría del proyecto
4. Conclusiones
5. Referencias bibliográficas



INTRODUCCIÓN

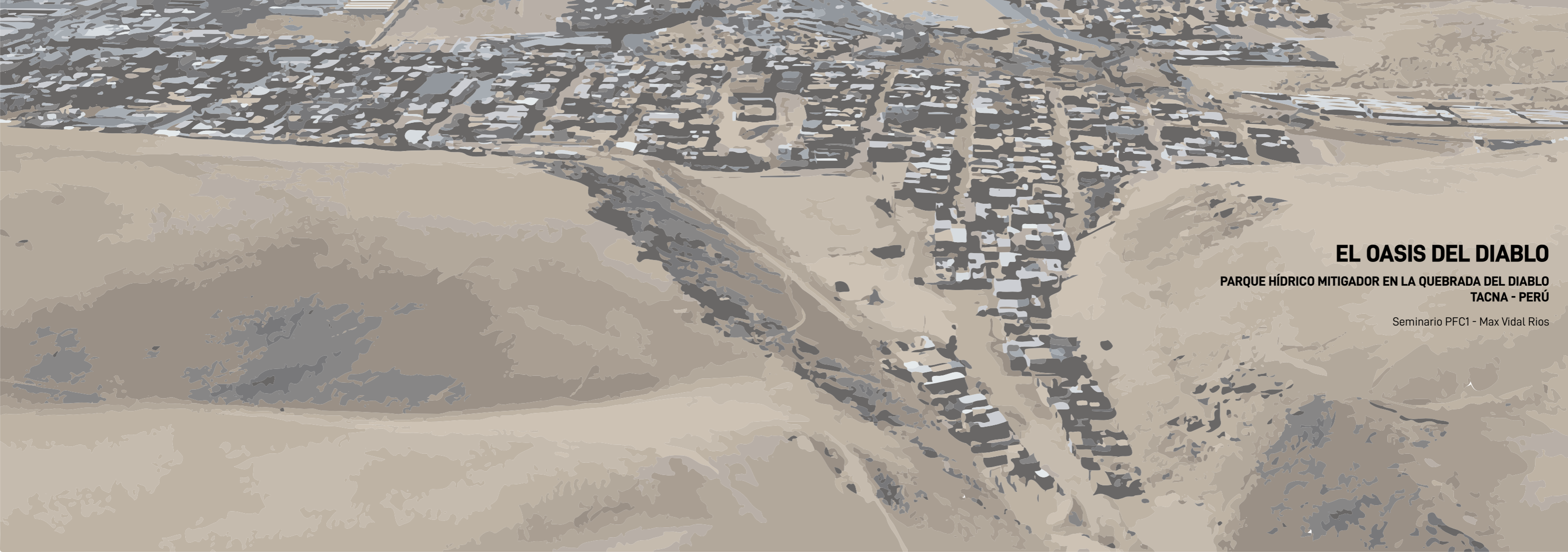
El desierto de Atacama es denominado el lugar no polar más árido del planeta debido a su ubicación geográfica y a la casi nula presencia de lluvias. En la zona norte aledaña a este desierto se ubica la ciudad de Tacna, considerada con un estrés hídrico extremadamente alto ya que la demanda de agua excede en gran cantidad a su capacidad de suministro. Esta situación se genera principalmente por las mínimas precipitaciones que se registran durante el año. Sin embargo, factores asociados al cambio climático han provocado anomalías y alteraciones en el clima de esta región. Durante los últimos años, se han presentado eventos esporádicos de precipitaciones intensas que han tenido como principales consecuencias el desborde de ríos, activaciones de quebradas e inundaciones pluviales.

El 21 de febrero del 2020, una ligera garúa en Tacna se transformó en una lluvia intensa durante el día. En las primeras horas ya se lograban apreciar algunos efectos en la ciudad como calles semi inundadas, casas con filtraciones de agua, cortes de luz, etc. Se mostraba en evidencia que la ciudad no está preparada para este tipo de fenómenos. La principal consecuencia tomó lugar en la noche, cuando las autoridades emitieron una alerta de activación de la Quebrada del Diablo tras destruir un tramo de la carretera Tacna-Tarata. Al llegar a la ciudad, el huaico que arrastraba lodo, sedimentos, basura y pedazos de asfalto dejó 3 fallecidos. También afectó diferentes equipamientos públicos importantes, 259 viviendas y 1674 personas quedaron damnificadas, ya que el abanico aluvial de la quebrada coincide con la vía principal de acceso mediante la carretera Panamericana Sur, afectando el movimiento económico de la ciudad en general.

Por lo tanto, se obtienen dos situaciones extremas y opuestas entre sí en la quebrada. Por un lado, la extrema aridez dificulta el acceso a recursos hídricos y complica el crecimiento de vegetación durante casi todo el año. Por otro, existen eventos puntuales que originan un riesgo de activación generando huaicos y deslizamientos. Frente a ello, el proyecto surge como una alternativa que critica la pobre gestión territorial que ha tenido Tacna hasta el momento, planteando una infraestructura verde o “del paisaje” que permita controlar ambas situaciones. Es decir, se aprovecha la necesidad de una infraestructura de mitigación para generar una oportunidad de implementar nuevos espacios y equipamientos públicos, que potencie oportunidades actuales como la consideración de iniciativas vecinales y la captación de la “camanchaca” y, finalmente, cuyas intervenciones sean a diferentes escalas que puedan derivar en más de un beneficio para la ciudad y su población.



SEMINARIO PFC1



EL OASIS DEL DIABLO

**PARQUE HÍDRICO MITIGADOR EN LA QUEBRADA DEL DIABLO
TACNA - PERÚ**

Seminario PFC1 - Max Vidal Rios

EL OASIS DEL DIABLO
Parque Hídrico Mitigador en la Quebrada del Diablo
Tacna-Perú

Autor
Max Sebastián Vidal Ríos

Asesores - Seminario PFC1
Augusto Juan Francisco Román Moncagatta
Susana López Varela
César Omar Tarazona Huamán
Gary Leggett Cahuas

Proyecto de Fin de Carrera
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Pontificia Universidad Católica del Perú
Lima, 2024



Desembocadura de la Quebrada del Diablo e ingreso a la ciudad de Tacna
Fuente: Imagen propia, 2022

Introducción

Viernes 21 de febrero del año 2020. En la ciudad de Tacna parecía transcurrir un día típico de verano. Sin embargo, a partir del mediodía el cielo comenzó a nublarse y la presencia de nubes iba aumentando con el pasar de los minutos. Lo que inició como una ligera garúa terminó siendo un desastre. Tras varias horas de lluvia ininterrumpida, ya se lograban apreciar algunas consecuencias en la ciudad: calles semi inundadas, casas con filtraciones de agua, cortes de luz en diferentes sectores, etc. Era evidente que la ciudad no estaba preparada para este tipo de fenómenos puesto que es un evento atípico para el tipo de clima de la zona. No obstante, la mayor secuela aún no tomaba lugar.

Aproximadamente a las 7 de la noche, las autoridades emitieron una alarma señalando que la Quebrada del Diablo se había activado y destruido una parte de la carretera que comunica a Tacna con Tarata, ciudad ubicada en la sierra de la región. Las personas que se encontraban en el abanico aluvial de la quebrada tenían que evacuar, la llegada del huaico era inminente, pero la advertencia llegó demasiado tarde. El saldo: 3 personas muertas, un señor de 48 años, su hijo de 18 y una señora de 57 años; 1674 personas damnificadas; 259 viviendas afectadas; equipamientos públicos inundados y el colapso del sistema de desagüe.

No se sabe exactamente cuándo puede volver a ocurrir este tipo de eventos, la última vez fue en el año 1927. Tampoco se han realizado mayores esfuerzos en beneficio de la ciudad. El presente proyecto plantea criticar la pobre gestión territorial que ha tenido Tacna e intentar generar un cambio mediante diversos tipos de intervenciones a diferentes escalas que puedan derivar en más de un beneficio para la ciudad y su población.



Quebrada del Diablo en situación normal
Fuente: Imagen propia, 2022



Quebrada del Diablo tras su activación
Fuente: ANDINA, 2020

EL OASIS DEL DIABLO

PARQUE HÍDRICO MITIGADOR EN LA QUEBRADA DEL DIABLO
TACNA-PERÚ

ÍNDICE

1 Don Diablo se ha escapado

- 02 Tacna, el averno del desierto costero
- 04 La Quebrada del Diablo

2 No juegues con el Diablo

- 10 El Diablo se ha activado
- 12 El retorno del Diablo
- 14 Factores de vulnerabilidad
- 24 La expansión hacia el infierno
- 30 Los condenados, poblaciones vulnerables

3 El Diablo come candela

- 34 Camanchaca, la niebla del Atacama
- 38 La amenaza como oportunidad
- 42 En busca de la redención

4 Más sabe el Diablo...

- 46 Sagrada mitigación
- 48 Dominando al Diablo
- 54 Referentes de estrategias
- 58 Protagonistas de la salvación
- 60 La concepción de un proyecto
- 66 Referentes de programa
- 70 El Oasis del Diablo

5 Consolidación del oasis

- E1_Tipologías
- E2_Tectónica

1

Don Diablo se ha escapado

02 Tacna, el averno del desierto costero

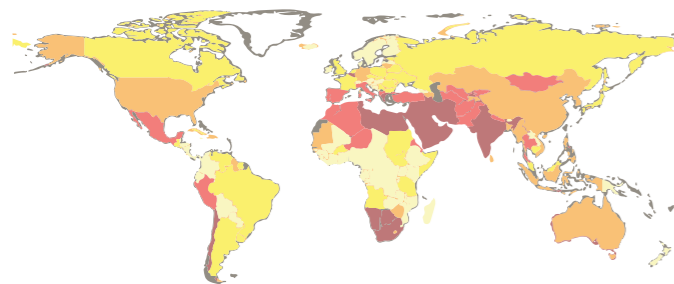
04 La Quebrada del Diablo



Tacna, el averno del desierto costero

La ciudad de Tacna está ubicada en el sur del Perú, cercana a la frontera con Chile. Se encuentra a una altitud de 562 m.s.n.m., por lo que está considerada dentro de la región geográfica Yunga marítima. Además, debido a su proximidad al desierto de Atacama, posee un clima desértico templado. Esto genera que las precipitaciones sean escasas con un registro de 26.2 mm como promedio anual y que la dotación de agua para la población sea una de las principales dificultades en la ciudad.

Actualmente, existe una preocupación a nivel mundial con respecto al uso y disponibilidad del agua. El Perú posee una situación de estrés hídrico alto ya que, a nivel general, utiliza al menos el 40% de su suministro de agua renovable disponible. Esto implica que la demanda de agua del país está siendo cada vez mayor frente a su capacidad de suministro.



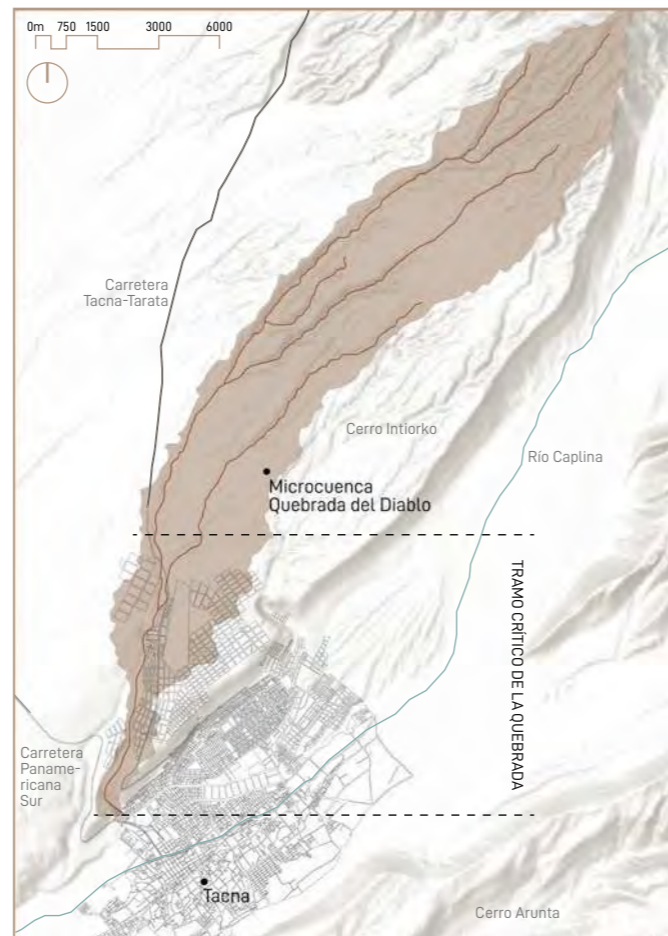
Extremadamente alto (>80%) Medio-alto (20-40%) Bajo
Alto (40-80%) Bajo-medio (10-20%)



Abanico aluvial de la Quebrada del Diablo y ciudad de Tacna
Fuente: Imagen propia, 2022

La Quebrada del Diablo

Tacna es una ciudad establecida en el valle enmarcado por el cerro Arunta, al sur, y por el cerro Intiorko, hacia el norte. El río Caplina atraviesa la ciudad mediante un canal subterráneo y no llega a desembocar en el mar debido a su caudal reducido. Dentro de su cuenca se encuentra la microcuenca de la Quebrada del Diablo, una quebrada seca y sinuosa cuya desembocadura coincide con el ingreso principal a la ciudad a través de la carretera Panamericana Sur y con una zona consolidada con actividades importantes para la ciudad. Pese al característico clima desértico y a sus escasas precipitaciones, la ciudad presenta episodios de riesgo como resultado de la activación de la quebrada. Este evento se produce por distintos factores con variables que aumentan la vulnerabilidad de la población a lo largo de un tramo crítico determinado.



Desembocadura de la Quebrada del Diablo
Fuente: Imagen propia, 2022



La zona baja es la parte final de la Quebrada del Diablo y es la más próxima a la ciudad consolidada. Se caracteriza por coincidir con el principal acceso de Tacna a través de la carretera Panamericana Sur. Por tal motivo, además de identificar una gran variedad de viviendas y comercios locales, esta zona alberga equipamientos importantes para el funcionamiento de la ciudad y su movimiento económico.

En la zona media se distinguen 2 tipos de ocupaciones a cada lado de la quebrada. Se aprecia una mayor concentración en el lado ubicado entre la carretera Tacna - Tarata y la quebrada, con una preocupante aproximación paulatina hacia la ladera de esta. Mientras que en el otro lado se ubican ocupaciones aisladas, dispersas y desordenadas en el territorio.

Por otra parte, en esta zona existe un cambio brusco en la pendiente de la quebrada acompañado de grandes manchas oscuras. Estas son manchas de cenizas ya que, en el siglo XX, en este sector se ubicaba un botadero en donde se incineraba basura.

La zona alta del tramo crítico de la Quebrada del Diablo tiene como particularidad la intersección de la carretera Tacna-Tarata con el trayecto de la quebrada, la construcción de cruces improvisados, la unión de vertientes y la presencia del Botadero Municipal.

También se logran apreciar tillandsiales y su paulatina deprecación debido a su cercanía a elementos contaminantes y por ser utilizados como demarcación de lotes.



ZONA BAJA



ZONA MEDIA



ZONA ALTA



Fuente: Imágenes propias, 2022

2

No juegues con el Diablo

10 El Diablo se ha activado

12 El retorno del Diablo

14 Factores de vulnerabilidad

24 La expansión hacia el infierno

30 Los condenados, poblaciones vulnerables





El Diablo se ha activado

Debido al cambio climático y a diferentes fenómenos del Niño, durante los últimos años se han registrado periodos de precipitaciones cortos pero intensos, especialmente en el mes de febrero. En el año 2020, la Quebrada del Diablo se activó y afectó a las viviendas y equipamientos que se encuentran en el abanico aluvial correspondiente, en la zona baja de la quebrada. Aquí se identifican también áreas de caída de rocas propensas a derrumbes y suelos inestables contaminados.

Por otro lado, se registraron diferentes embalsamientos de flujo desde la zona alta y media debido a la construcción de cruces a través de la quebrada, ya sea de manera formal (como la carretera Tacna-Tarata) o informalmente.



Fuente: INGEMMET

Vulnerabilidad frente a activación de la quebrada

- Embalsamiento de flujo
- Flujo de lodo y detritos
- Área de caída de rocas y derrumbes
- Antiguo botadero municipal
- Abanico aluvial



Situación de calles y avenidas tras la activación de la quebrada
Fuente: YouTube - @ALEX EL LEON, 2020

El retorno del Diablo

Según el periodista e historiador Fortunato Zora Carvajal, la Quebrada del Diablo se activó el 27 de febrero de 1927 tras registrarse precipitaciones intensas durante el día. Las condiciones que provocaron el desastre del 21 de febrero de 2020 fueron muy similares a las que se presentaron 93 años antes, sin embargo, las consecuencias resultaron ser más graves debido a diversos factores.

Según los reportes del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), entre ambos eventos extremos, la ciudad de Tacna ha registrado determinadas precipitaciones significativas que, si bien se aproximan a la cantidad de mm del último evento (25,9mm), no desencadenaron una activación de la quebrada. Pese a ello, se las debe tomar en consideración al propiciar el riesgo por huaicos o deslizamientos en las zonas vulnerables e incluso, llegando a activar otras quebradas dentro de la región.

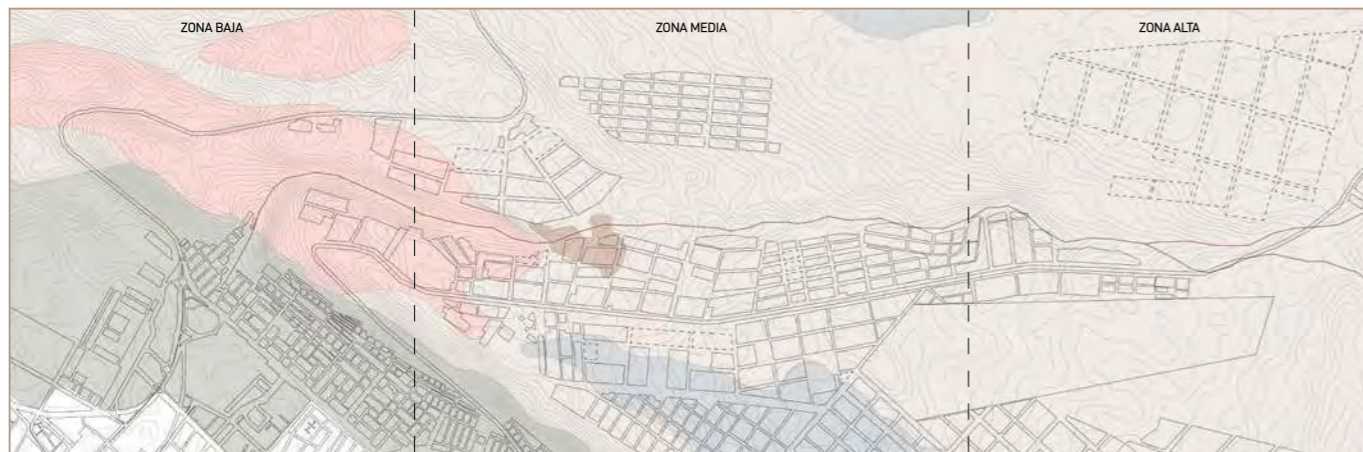
PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
1972	1,0	0,1	0,1	0,1	1,6	0,3	16,0	7,7	11,7	1,1	9,2	2,6	51,5
1976	2,9	2,2	0,1	0,0	0,1	9,1	3,6	16,7	8,1	1,0	0,0	3,2	47,0
1983	52,7	35,0	0,4	0,5	19,1	7,4	14,2	18,1	1,8	0,9	2,8	2,3	155,2
1997	4,6	3,5	0,8	0,0	6,1	1,7	6,0	8,4	21,0	5,6	8,7	14,9	81,3
1998	33,6	1,9	0,0	1,1	0,2	0,8	1,5	5,0	2,1	1,3	0,0	1,4	48,9
2020	10,1	25,9	0,0	0,2	0,4	1,1	0,0	2,5	0,6	2,2	0,6	10,1	53,7

Fuente: SENAMHI

En los últimos años dentro de la región, más no dentro de la ciudad, también se han reportado huaicos o activaciones de quebradas que han afectado centros poblados como Mirave el 8 de febrero del 2019, la activación de la quebrada Caramolle en el mismo año y la activación de la quebrada Higuera en el distrito de Ilabaya el 21 de febrero del 2024.



Nivel de inundación de la I.E. Modesto Basadre tras el huaico
Fuente: Radio Uno, 2020



Factores de vulnerabilidad

El suelo de la Quebrada del Diablo está conformado principalmente por tobas volcánicas y conglomerados poco consolidados, característica que facilita el desprendimiento y deslizamiento de detritos, especialmente en la zona baja de la quebrada. Por ende, es probable que los huaicos aumenten considerablemente su masa y velocidad al atravesar esta zona.



Fuente: INGEMMET

Vulnerabilidad según tipos de suelo

- Conglomerados poco consolidados ■
- Depósitos antropogénicos de basura ■
- Tobas volcánicas ■
- Depósitos fluviales re trabajados ■
- Gravas y arenas mal seleccionadas ■



Características del suelo en la Quebrada del Diablo
Fuente: Imagen propia, 2022



0 125 250 500 1000 m

Fuente: INDECI

Vulnerabilidad frente a peligros geológicos

- Vulnerabilidad muy alta ■
- Vulnerabilidad media ■

A través de diferentes estudios, se han identificado variables que resultan peligros independientes entre sí pero, al concentrarse en una misma zona, agravan las consecuencias tras una activación de la Quebrada del Diablo.

Uno de ellos son los peligros geológicos acontecidos en la ciudad de Tacna. Según el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), las mayores ocurrencias involucran flujo de detritos, derrumbes, erosión de laderas, erosión fluvial, etc. Asimismo, el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) categoriza con una vulnerabilidad muy alta a todo el sector de la ciudad próximo al cerro Intiorko, incluyendo también el abanico aluvial de la Quebrada del Diablo.



Giro de la carretera Tacna-Tarata en el cerro Intiorko
Fuente: Imagen propia, 2023



Fuente: INDECI

Vulnerabilidad frente a peligros climáticos y antrópicos

- Vulnerabilidad muy alta ■
- Vulnerabilidad alta ■
- Vulnerabilidad media ■
- Vulnerabilidad baja ■

Según el INDECI, "los peligros antrópicos de impacto negativo constituyen agresiones contra el hábitat. Son generados por el hombre como consecuencia directa de actividades que realiza y tienen como marco factores políticos, técnicos, económicos y sociales". Sumado a ello, el abanico aluvial de la Quebrada del Diablo también se encuentra dentro del área que presenta una vulnerabilidad muy alta frente a peligros climáticos, es decir, fenómenos naturales como los huaycos y pluviosidad.



Asentamiento Humando El Mirador, ubicado dentro del abanico aluvial
Fuente: Imagen propia, 2022



Fuente: Elaboración propia

Vulnerabilidad total

- Vulnerabilidad crítica
- Vulnerabilidad muy alta
- Vulnerabilidad alta
- Vulnerabilidad media
- Sin datos

Al considerar todos los tipos de vulnerabilidad (frente a peligros geológicos, climáticos y antrópicos), se obtiene como resultado un área de "vulnerabilidad crítica" que coincide con el abanico aluvial de la Quebrada del Diablo en la zona baja. Corresponde una evidente preocupación ya que esta situación crítica, sumada a las consecuencias que trae consigo la activación de la quebrada, tiene como resultado un desastre de mayores proporciones con una necesidad urgente de intervención para prevenir que otros eventos de similares magnitudes ocurran nuevamente.

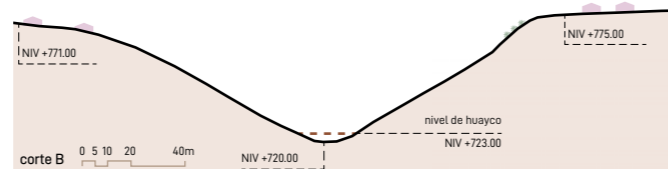
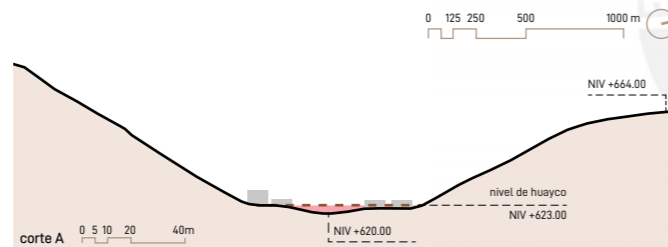
Sin embargo, también existen otros factores presentes a lo largo de la quebrada (zona alta y media) que tienen influencia directa en las consecuencias que se perciben en esta área de vulnerabilidad crítica en la zona baja.



Situación de calles y avenidas tras la activación de la quebrada
Fuente: YouTube - @Frase Corta, 2020



Se puede comenzar a identificar el punto de intervención en esta zona baja ya que, a lo largo de la quebrada, es la única en donde las personas que la habitan son perjudicadas, como se aprecia en el corte A. En la zona media y alta, las ocupaciones se ubican en la parte alta relativamente segura de la quebrada y no en su cauce.



Zona baja de la Quebrada del Diablo
Fuente: Imagen propia, 2022



La expansión hacia el infierno

En los últimos 20 años, la ciudad ha tenido una expansión urbana descontrolada y sin planificación. En el año 2003, la mancha urbana se limitaba a ocupar la zona baja de la quebrada. Sin embargo, debido a diversos factores como el tráfico de terrenos, se comienzan a registrar unas primeras lotizaciones cercanas a la carretera Tacna-Tarata y a la Quebrada del Diablo.

Para el año 2013, se intensifica la tendencia de expansión hacia el norte llegando a ocupar gran parte del cerro Intiorko. Además, cabe resaltar la construcción del muro perimetral del Botadero Municipal en la zona alta de la quebrada. Finalmente, en el año 2023, existen construcciones aisladas que rodean la zona media de la quebrada y continúa la consolidación en la zona baja de la Quebrada del Diablo.





Las viviendas ubicadas en la zona media de la Quebrada del Diablo son ocupaciones relativamente recientes, informales y que presentan condiciones precarias en sus construcciones. Emplean principalmente bloquetas de concreto y calaminas, mientras que delimitan sus terrenos con mallas, esteras o incluso con ejemplares de tillandsias depreddadas, reflejando un nivel de ingresos bajo.

Por otro lado, en el abanico aluvial se puede identificar un nivel mayor de consolidación mediante el uso de material noble como ladrillo y concreto. Esto probablemente se debe a que poseen un mayor tiempo de ocupación que les ha permitido consolidarse poco a poco a través de los años.



Fuente: INEI

Ingresos per cápita del hogar

- Ingresos altos
- Ingresos medio altos
- Ingresos medios
- Ingresos medio bajos
- Ingresos bajos
- Sin datos



Calles y viviendas en la zona baja



Viviendas en la desembocadura de la quebrada



Ocupaciones en la zona media



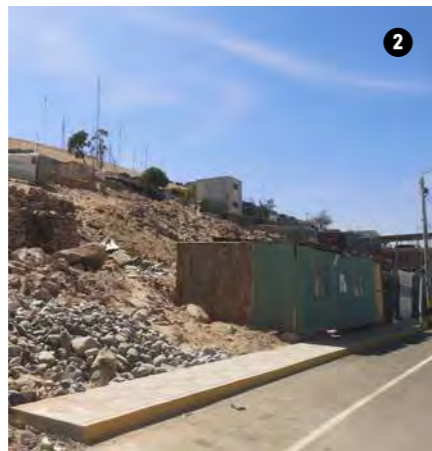
Criaderos en la zona alta
Fuente: Imágenes propias, 2022



Al realizar un acercamiento a la zona baja de la Quebrada del Diablo se puede notar que, en el año 2003, el abanico aluvial ya estaba habitado. Este sector de la ciudad continuó su proceso de consolidación de tal manera que, para el 2009, solo se registran áreas libres destinadas a espacios de recreación. Sin embargo, en el año 2016 se puede apreciar que las ocupaciones no solo se adentraron en la desembocadura de la quebrada, sino también tomaron lugar en la parte superior y en las faldas del cerro Intiorko, proceso que continúa hasta el año 2023.

Tras el huayco del 2020, las ocupaciones más recientes que se encontraban en la desembocadura de la quebrada terminaron destruidas, mientras que los lotes ubicados en el abanico aluvial resultaron inundados con diferentes grados de intensidad.

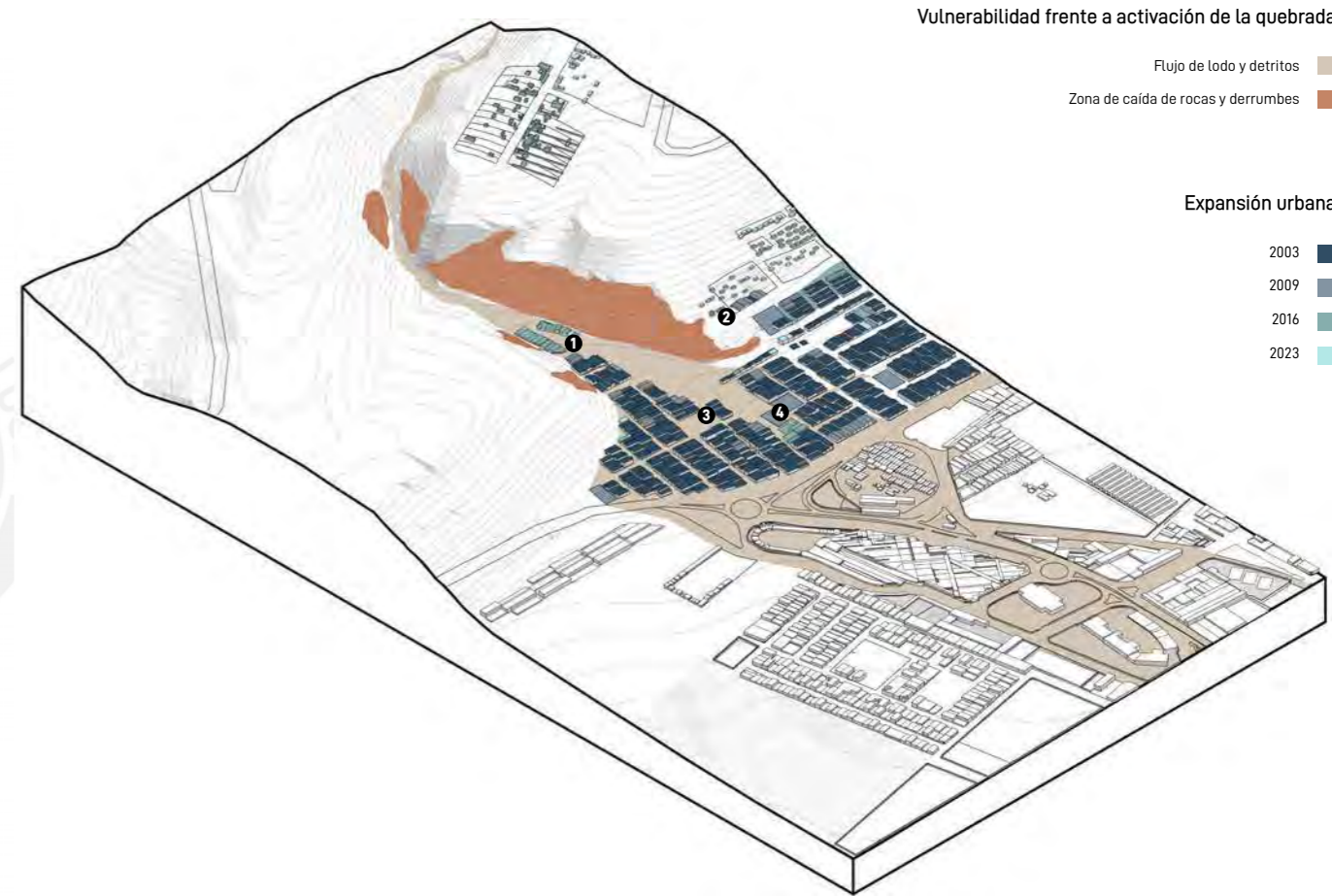




Fuente: Imágenes propias, 2022

Los condenados, poblaciones vulnerables

Se puede establecer una relación directa entre el año de ocupación con la calidad de construcción que esta posee. Mientras más reciente sea la construcción, menos consolidada estará y probablemente los materiales que emplee sean de menor calidad. Es así que aquellas construcciones ya existentes en el año 2003 presentan un nivel de consolidación mayor al poseer 2 o más pisos, a diferencia de las que tomaron lugar en los años posteriores. Estas últimas son más cercanas a áreas de caída de rocas y deslizamientos e incluso algunas llegaron a ser destruidas tras la activación de la Quebrada del Diablo.





Interior del Mercado Mayorista Grau
Fuente: Radio Uno, 2020

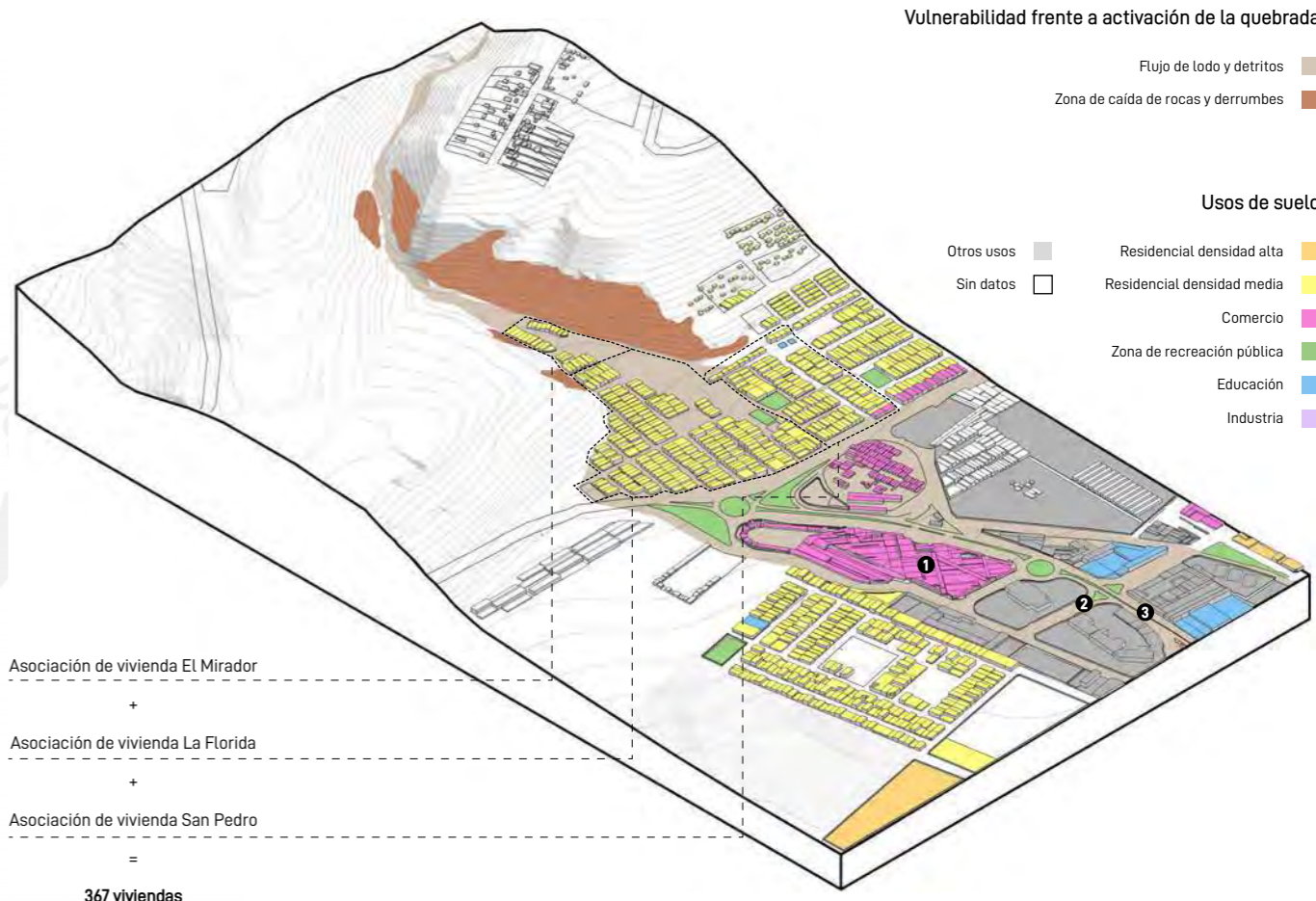


Ingreso al Terminal Terrestre de Tacna
Fuente: Diario Correo, 2015



Vista panorámica del abanico aluvial
Fuente: Imagen propia, 2022

Los usos de suelo evidencian la necesidad de intervenir la zona baja de la Quebrada del Diablo ya que comprende vidas humanas y uno de los principales movimientos económicos de la ciudad. En el abanico aluvial se encuentran 367 viviendas (organizadas en 3 asociaciones) y equipamientos públicos importantes como el mercado mayorista con 1500 comerciantes y el terminal terrestre de la ciudad.



Asociación de vivienda El Mirador
+
Asociación de vivienda La Florida
+
Asociación de vivienda San Pedro
=
367 viviendas

3

El Diablo come candela

34 Camanchaca, la niebla del Atacama

38 La amenaza como oportunidad

42 En busca de la redención



Camanchaca, la niebla del Atacama

Si bien es cierto que durante el año las precipitaciones en la ciudad son mínimas, el Desierto de Atacama posee como característica la presencia de una niebla densa denominada "camanchaca" (*del aimara kamanchaka: oscuridad*). Este fenómeno se produce ya que la evaporación del mar durante el día no logra ascender lo suficiente debido al Anticiclón del Pacífico Sur, por lo que se condensa durante la noche y forma la niebla.

Tacna cumple con los requisitos técnicos e hidrometeorológicos para que la posibilidad de captar estas nieblas sea viable, tales como:



610 msnm

altitud entre 600-1000 msnm*



temperatura ambiente
entre 10°-20°C



humedad relativa
promedio mínimo de 80%



En el cerro Intiorko y en las zonas media y alta de la Quebrada del Diablo predomina el crecimiento de tillandsias, plantas aéreas (sin raíz) que aprovechan la humedad del ambiente y la neblina para sobrevivir. Esta vegetación se encuentra bajo protección ya que, en la zona baja de la quebrada, fue depredada debido a la expansión urbana informal.

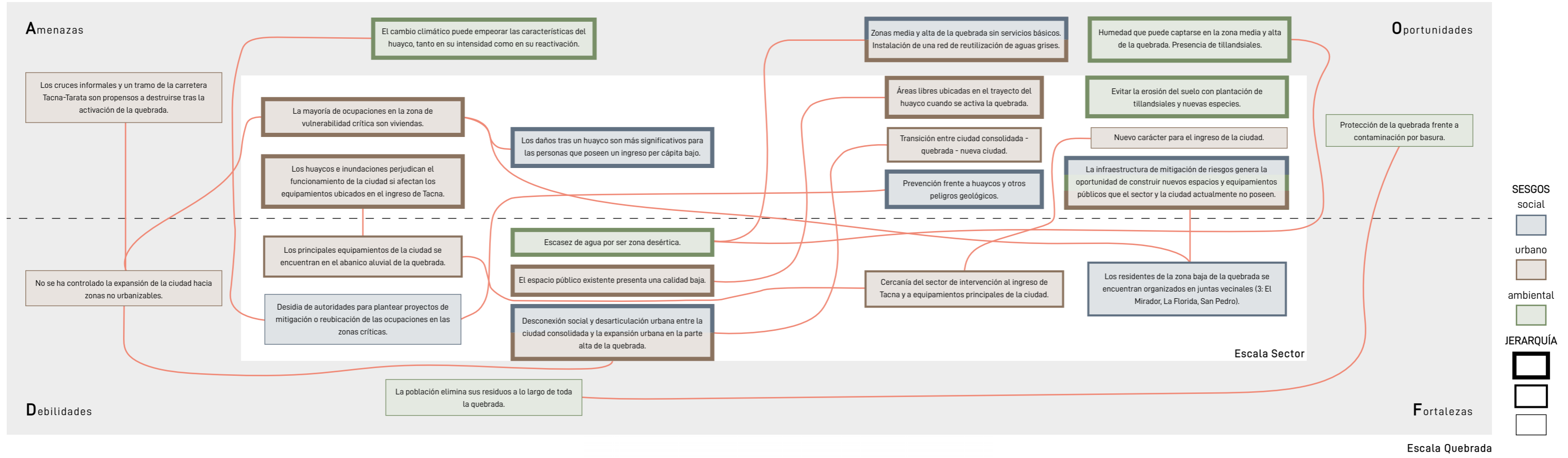


Fuente: SERFOR, 2017



Fuente: Diario Correo, 2015

La amenaza como oportunidad





Enfocándose principalmente en las amenazas, el diagnóstico agrupa sus variables en 3 sesgos: el social, el urbano y el ambiental; y en 2 escalas, una para el tramo crítico de la quebrada y otra más específica que abarca el sector de intervención en el abanico aluvial.

El objetivo es transformar la amenaza del huaico, la suma de debilidades como la escasez de agua, espacio público precario y desconexión de la ciudad, con apoyo de las fortalezas, en oportunidades. Aprovechar la necesidad de una infraestructura de mitigación que genera la oportunidad de brindar espacios y equipamientos públicos que este sector necesita.



En busca de la redención

¿Cómo implementar un sistema de **regulación** frente a los extremos hídricos en la Quebrada del Diablo que permita generar una **red de espacios públicos** en su abanico aluvial y **beneficie** de diferentes maneras a la **población tacneña**?



Estado de la desembocadura de la Quebrada del Diablo tras su activación
Fuente: ANDINA

4 Más sabe el Diablo...

46 Sagrada mitigación

48 Dominando al Diablo

54 Referentes de estrategias

58 Protagonistas de la salvación

60 La concepción de un proyecto

66 Referentes de programa

70 El Oasis del Diablo



Sagrada mitigación

Resulta completamente necesario implementar diferentes estructuras que ayuden a mitigar los efectos de un huaico tras la activación de la Quebrada del Diablo. Sin embargo, tras el respectivo análisis, podemos afirmar que hay factores negativos a lo largo de la quebrada que contribuyen a que las secuelas sean mucho más graves de lo que podrían ser. Estos factores sociales, urbanos, territoriales y ambientales también deben ser involucrados dentro de la intervención. De tal manera, se logrará que el proyecto no se enfoque solo en las consecuencias del desastre sino también en sus causas. Esta suma de acciones de solución a problemas encontrados y mitigación a lo largo del tramo crítico, permitirán una amortiguación total para una futura activación de la Quebrada del Diablo.

Asimismo, ya que estos eventos tienen un carácter esporádico, es posible aprovechar la infraestructura de mitigación para complementarla mediante la generación de espacios y equipamientos públicos que sean de utilidad para las diferentes poblaciones que se encuentran alrededor de la quebrada. Entre ellas se puede distinguir principalmente a la "ciudad consolidada" en la zona baja de la quebrada y a la nueva expansión urbana informal en la zona media. Además de conectar ambas "ciudades" y cambiar la percepción de una ciudad dividida y olvidada, estos espacios reunirán las principales necesidades que uno busca en un desierto: **agua y sombra**.

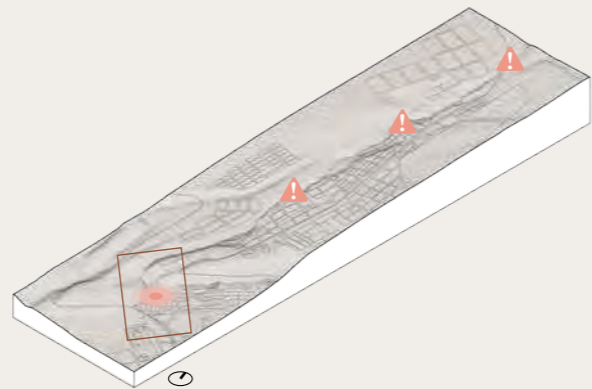
En conclusión, toda la intervención se rige bajo una lectura y respeto por el territorio. Todo lo que se plantee debe adaptarse a sus particularidades y no las considera como limitantes, sino más bien como una oportunidad para potenciarlas. Se abarca la totalidad del tramo crítico de la quebrada al ser imprescindible para conseguir el funcionamiento de los sectores más específicos y, finalmente, lograr la realización de un parque hídrico mitigador, **El Oasis del Diablo**.



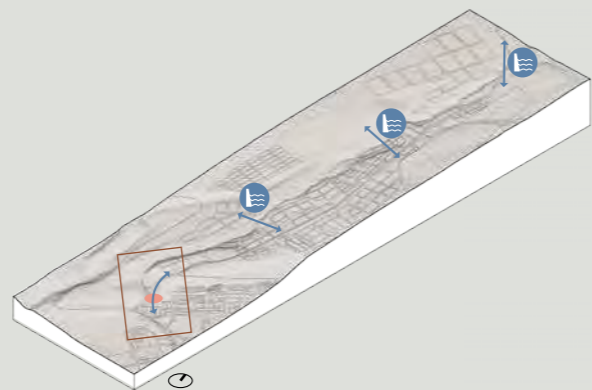
Dominando al Diablo

ESTRATEGIAS PROYECTUALES ESCALA QUEBRADA

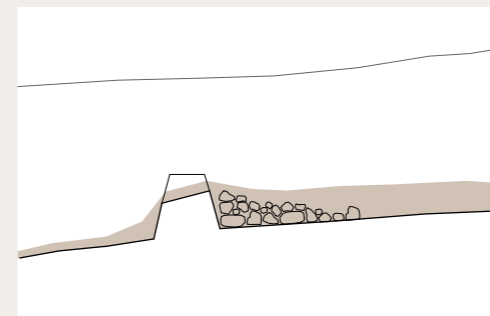
REDUCIR
riesgos con infraestructura en
sectores estratégicos



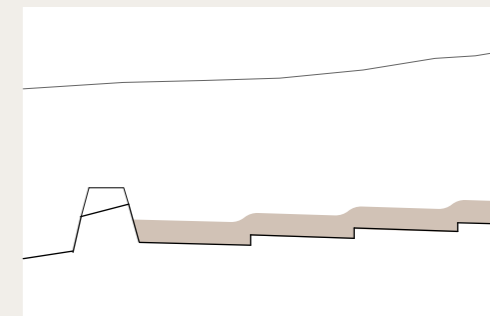
COMPLEMENTAR
a la infraestructura con más de una función



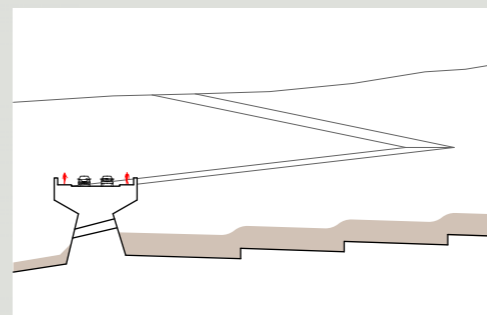
ACCIONES



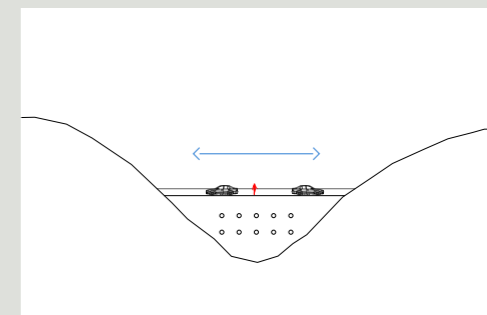
RETENER
sedimentos con diques en la zona alta de la quebrada



RALENTIZAR
flujo en la zona media de la quebrada

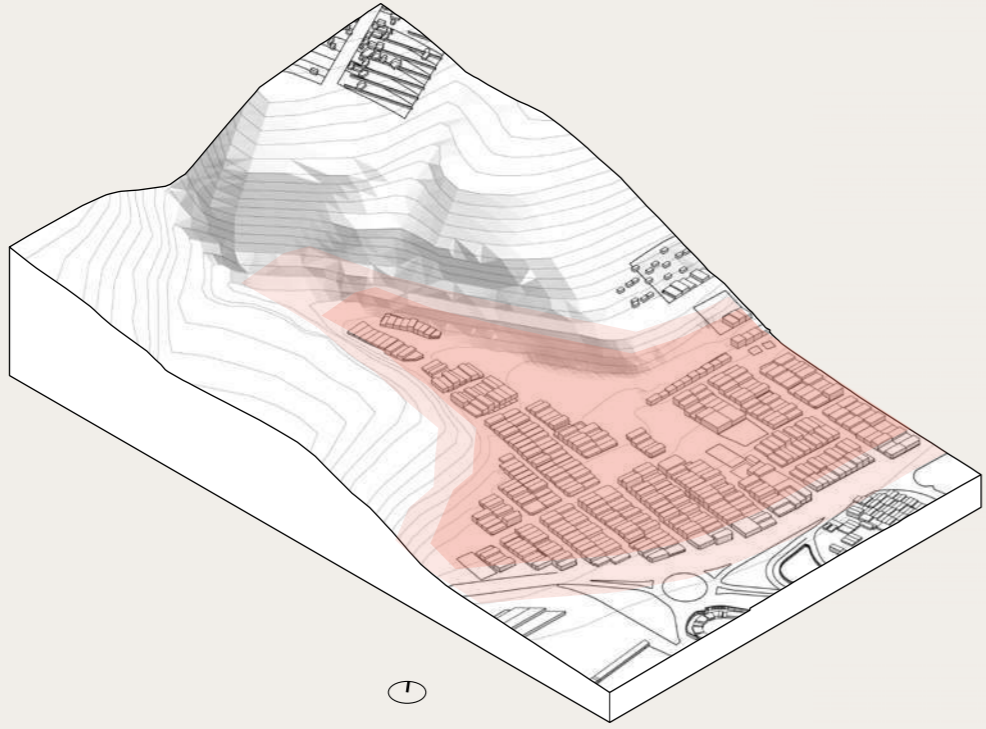


APROVECHAR
la infraestructura para generar cruces a través de la quebrada



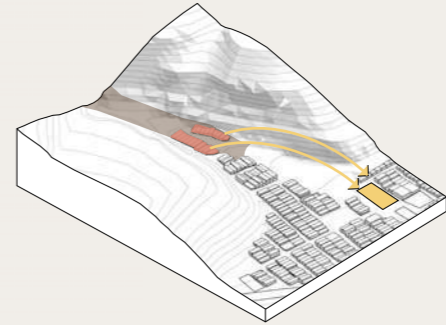
**ESTRATEGIAS PROYECTUALES
ESCALA PARQUE**

PROTEGER
área urbana ubicada
en el abanico aluvial



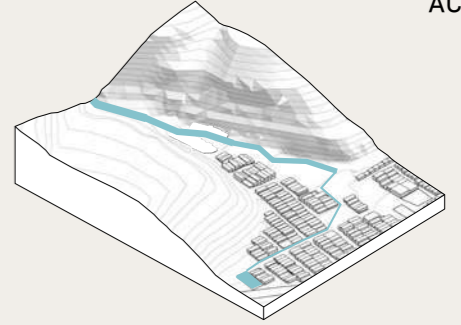
ACCIONES

fase 1



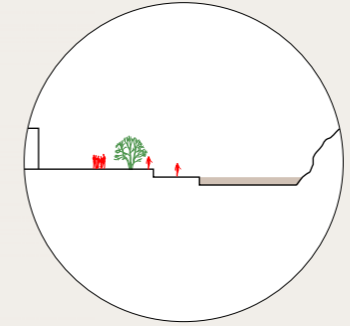
REUBICAR
ocupaciones que se encuentren en
áreas vulnerables

fase 2



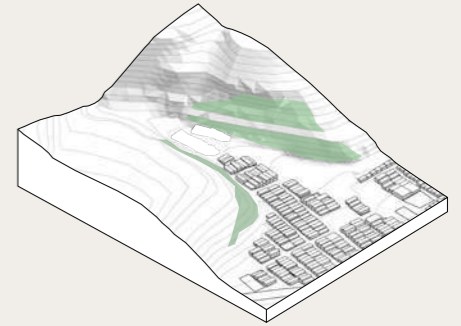
REDIRIGIR
un excedente de agua mediante
un canal secundario

fase 2



ENCAUZAR
el huaico con aterrazamientos a
diferentes niveles

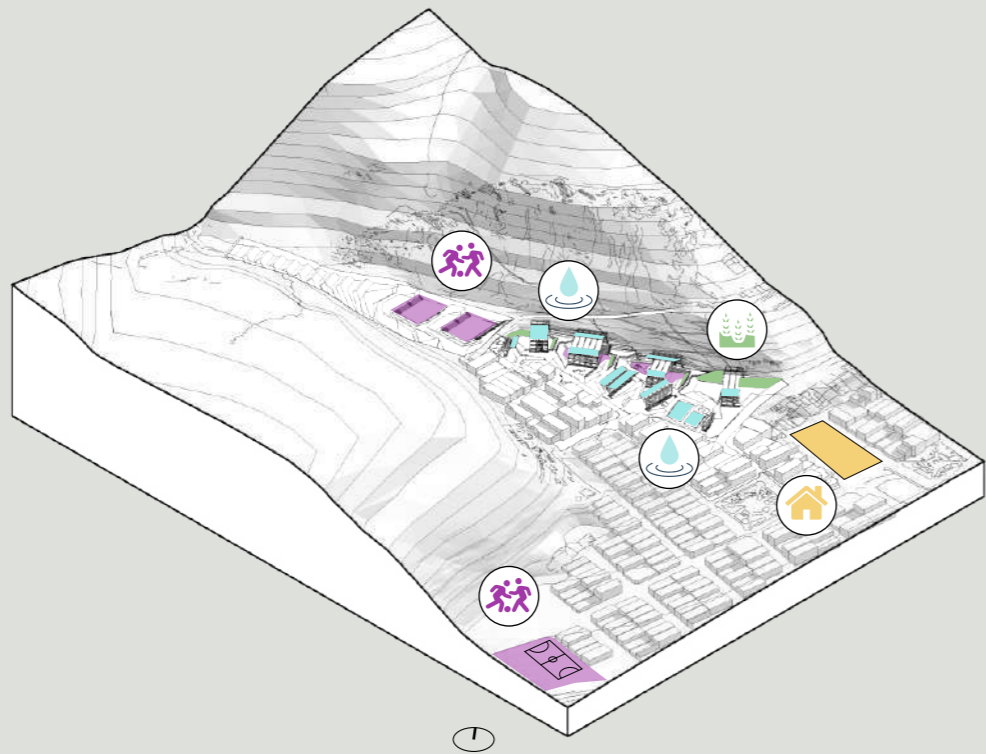
fase 2



ADECUAR
la ladera con intervenciones
para fortalecerla

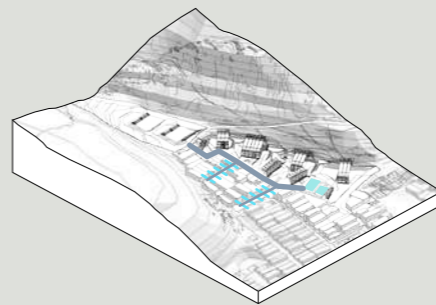
ESTRATEGIAS PROYECTUALES
ESCALA PARQUE

EQUIPAR
la intervención con
diferentes programas



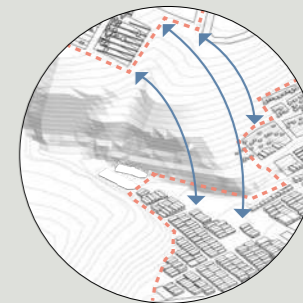
ACCIONES

fase 2



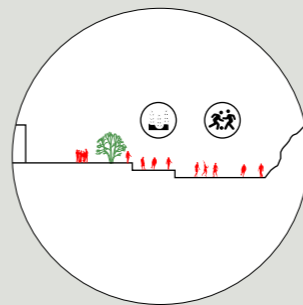
DOTAR
de una nueva red de tratamiento
de aguas negras

fase 3



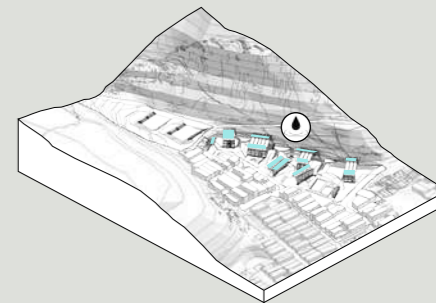
INTEGRAR
la expansión urbana con la
ciudad consolidada

fase 3



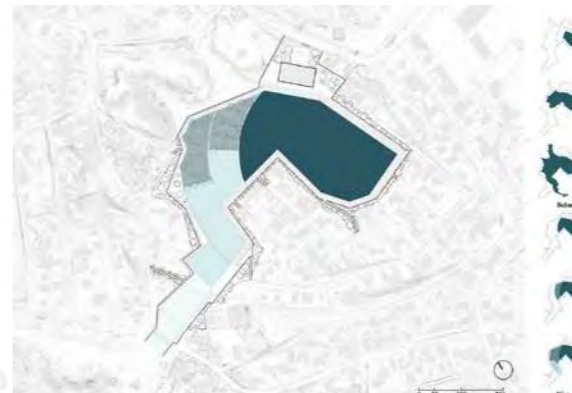
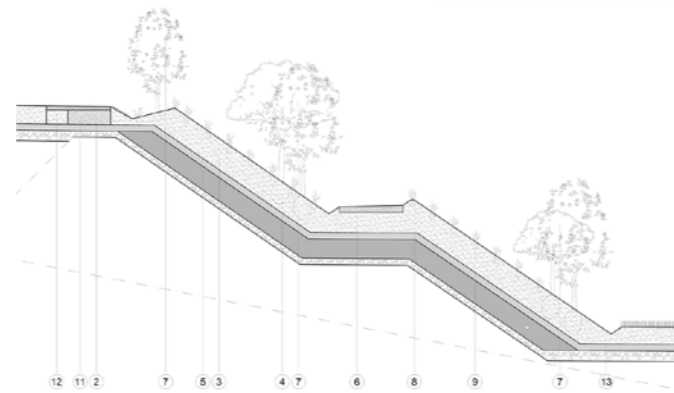
ALBERGAR
actividades culturales y recreativas
en las diferentes terrazas

fase 3



IMPLEMENTAR
una red de dispositivos
atrapanieblas

Referentes de estrategias



Restauración paisajística del Depósito Controlado El Garraf

Arquitectos: Batlle i Roig

Ciudad: Barcelona, España

Año: 2010

El proyecto plantea la clausura y recuperación de un antiguo depósito como una oportunidad para brindar un nuevo espacio público natural y agrícola. Se generan terrazas y desniveles que componen un sistema de control y direccionamiento de aguas pluviales con senderos peatonales y vehiculares seguros.



Fuente de imágenes: Batlle i Roig

Parque en el Represo Colosio

Arquitectos: Taller Capital

Ciudad: Heroica Nogales, México

Año: 2019

El enfoque principal del proyecto es brindar protección frente a inundaciones y gestionar eficientemente el agua en la región. La presa utiliza un sistema de terraplenes para contener el agua durante crecidas, salvaguardando a la población cercana y fortaleciendo la resiliencia frente a desastres tras un fenómeno natural. Esta iniciativa busca proporcionar seguridad y contribuir al desarrollo sostenible de la zona, ofreciendo soluciones efectivas para mitigar los impactos de las inundaciones.



Fuente de imágenes: ArchDaily, Taller Capital



Parque Urbano Kaukari

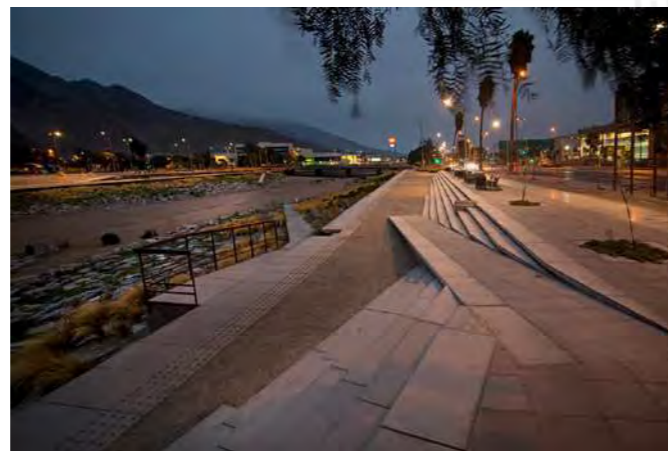
Arquitectos: Teodoro Fernández Arquitectos

Ciudad: Copiapó, Chile

Año: 2014

El parque se sitúa junto al río Copiapó y busca preservar y mejorar su estado. El diseño incluye una serie de intervenciones arquitectónicas que sirven como barreras naturales para evitar la erosión del río y proteger sus orillas. Además, se implementan técnicas de paisajismo sostenible y se promueve la educación ambiental para concientizar sobre la importancia de la conservación del río y su entorno.

Fuente de imágenes: ArchDaily



Estrategias de ocupación urbana para (re) habitar las laderas

Arquitectos: Djanira A. Jaramillo Quispe, Jean Paul Sihuenta Otiniano

Ciudad: Ventanilla, Callao, Perú

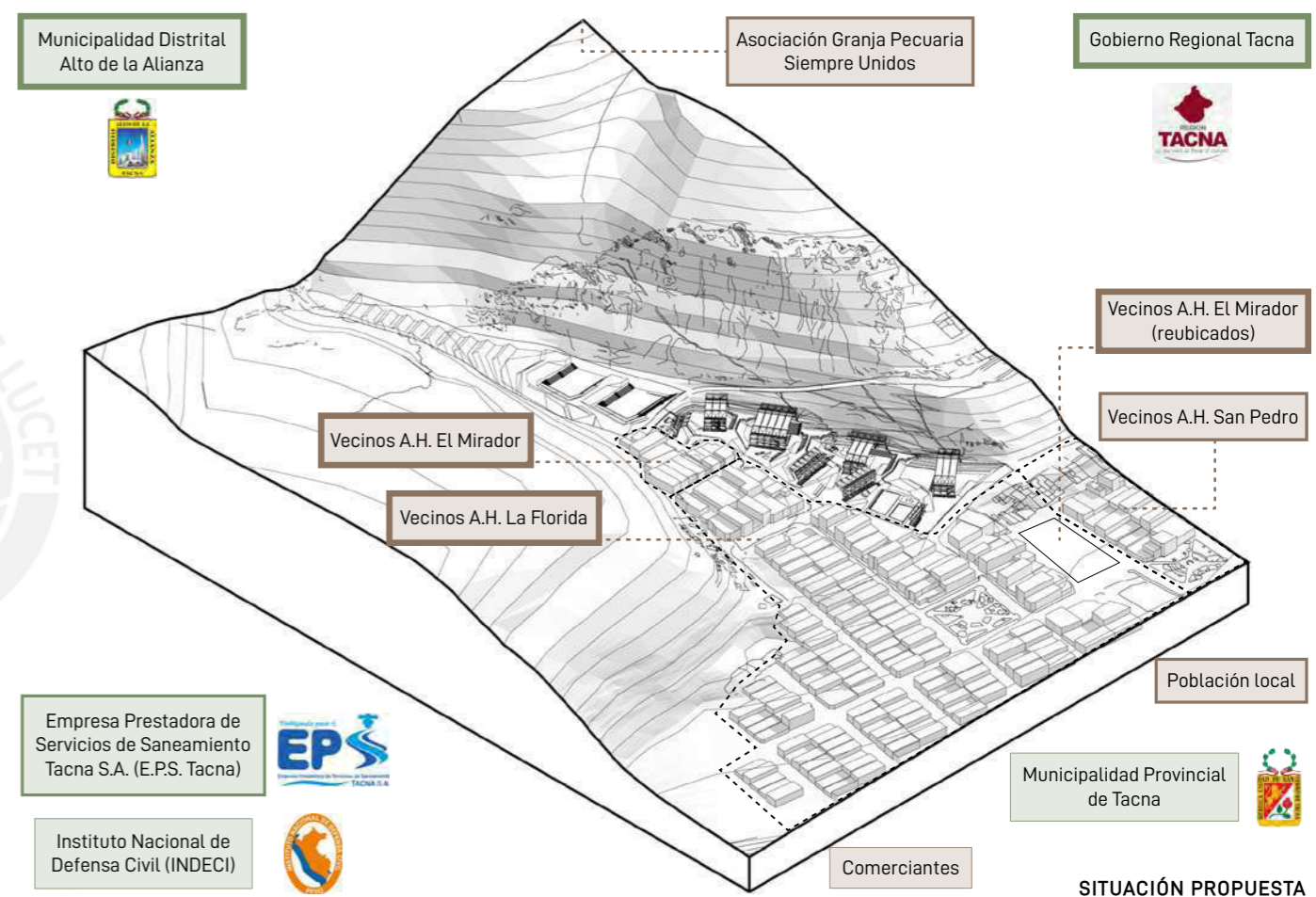
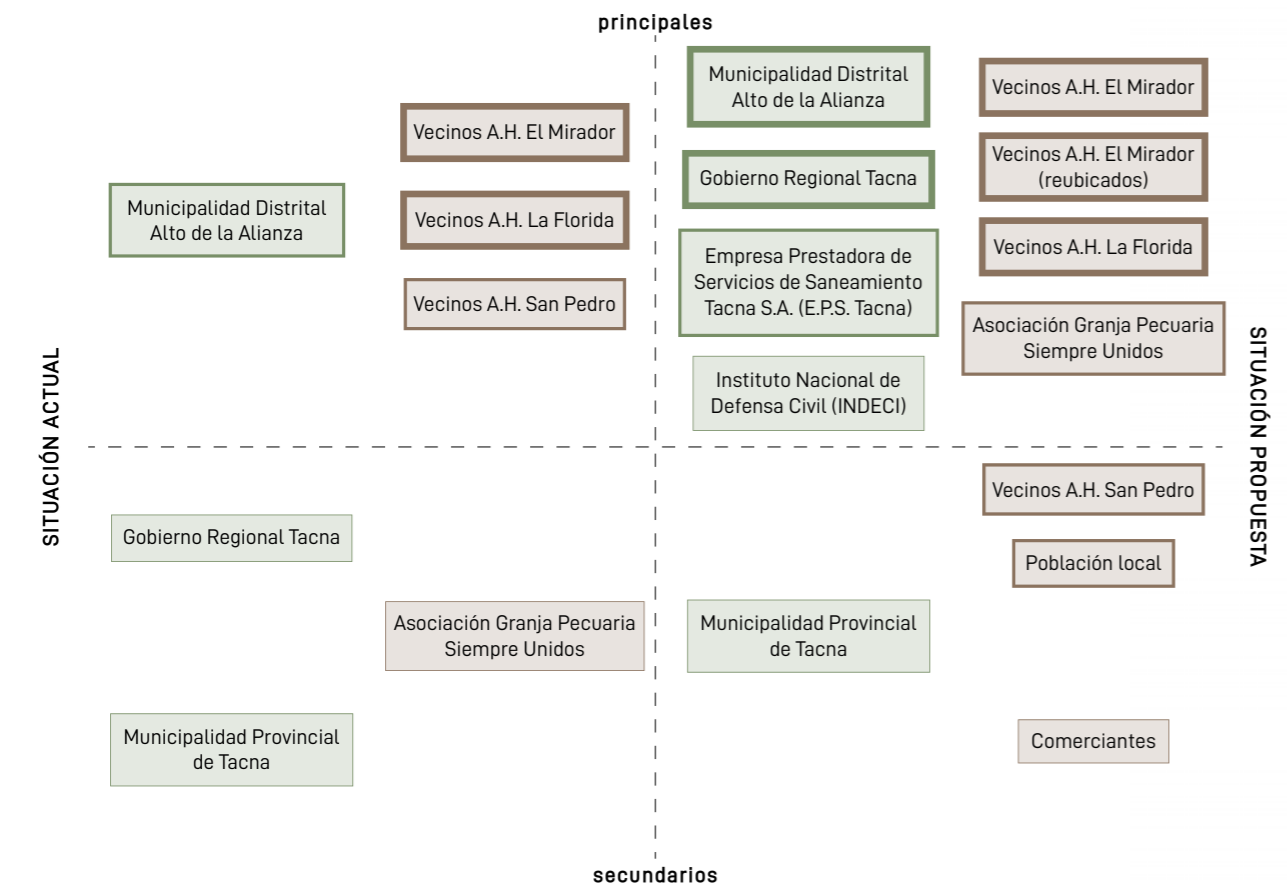
Año: 2018

Se resalta la importancia de encontrar soluciones habitacionales inclusivas y sostenibles en terrenos empinados. Se mencionan diversas estrategias, como la construcción de viviendas escalonadas, el uso de materiales ligeros y resistentes, la integración de espacios comunitarios y la implementación de infraestructuras adecuadas. Estas estrategias buscan ofrecer viviendas accesibles y seguras, y fomentar la cohesión social en comunidades que históricamente han sido desfavorecidas.

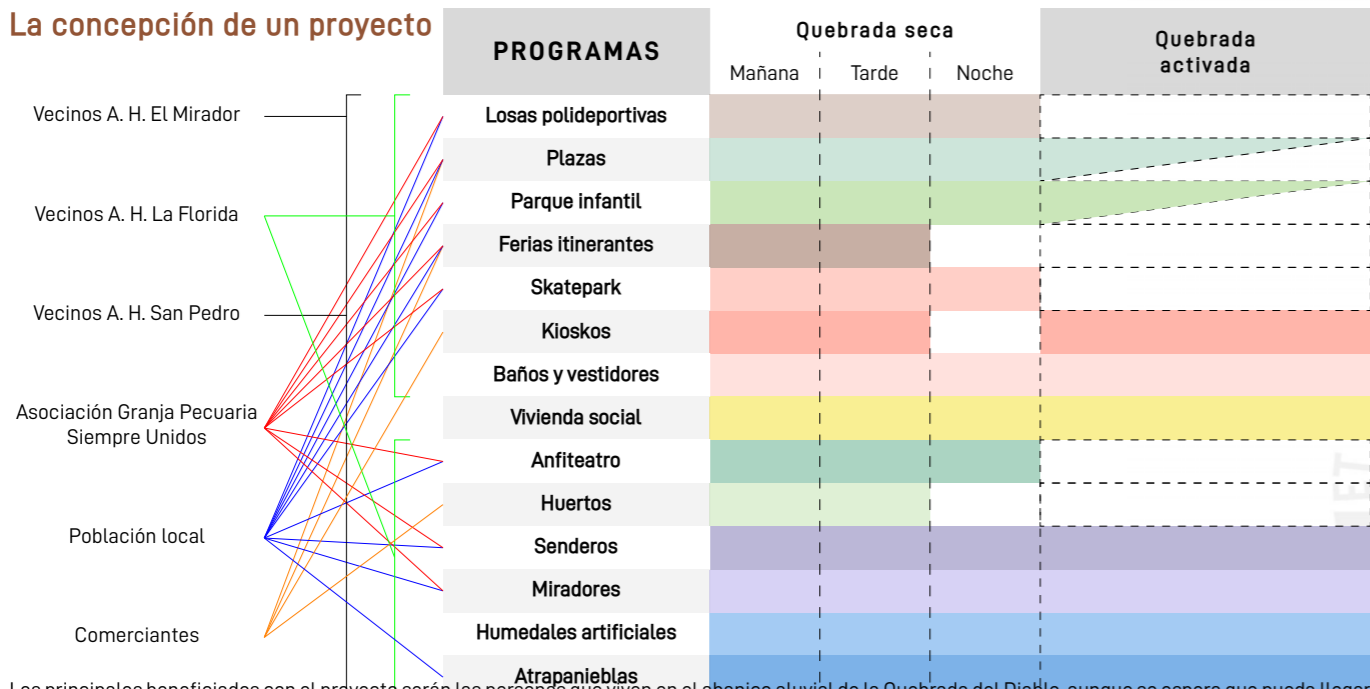
Fuente de imágenes: ArchDaily



Protagonistas de la salvación



La concepción de un proyecto



Los principales beneficiados con el proyecto serán las personas que viven en el abanico aluvial de la Quebrada del Diablo, aunque se espera que pueda llegar a favorecer a toda la población tacña en general. Para que el proyecto sea posible, es necesaria una reubicación total de los vecinos del Asentamiento Humando El Mirador y una parcial de los vecinos del A. H. San Pedro. Es por ello que resultan beneficiados con todos los programas propuestos, mientras que los vecinos del A.H. La Florida solamente no están destinados a la vivienda social ya que no presentan un riesgo extremo que requiera una reubicación.

Por otro lado, el proyecto también considera la temporalidad de la quebrada. Todos los programas se mantienen activos cuando la quebrada está seca, dependiendo del horario para el cual estén dedicados. Cuando la quebrada se active excepcionalmente de manera extrema, se tiene previsto que se inunde el espacio destinado a actividades como losas polideportivas, ferias itinerantes y anfiteatros. Las plazas y parques infantiles se distribuyen tanto en espacios inundables como en espacios secos a lo largo del Oasis del Diablo.



losas polideportivas



plazas



parque infantil



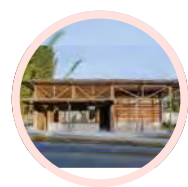
ferias itinerantes



skatepark



kioskos



baños y vestidores



vivienda social



anfiteatro



huertos



senderos



miradores

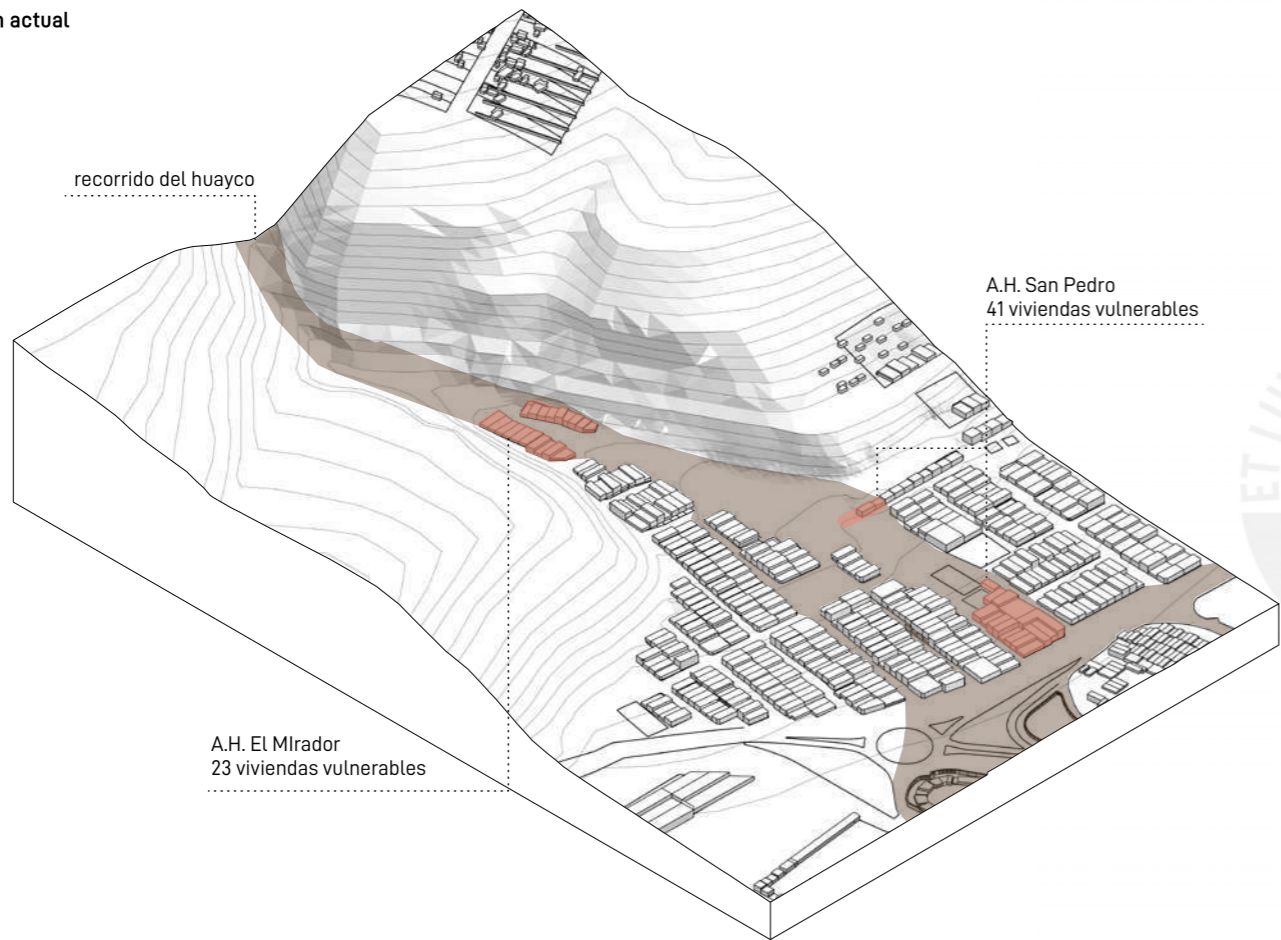


humedales artificiales

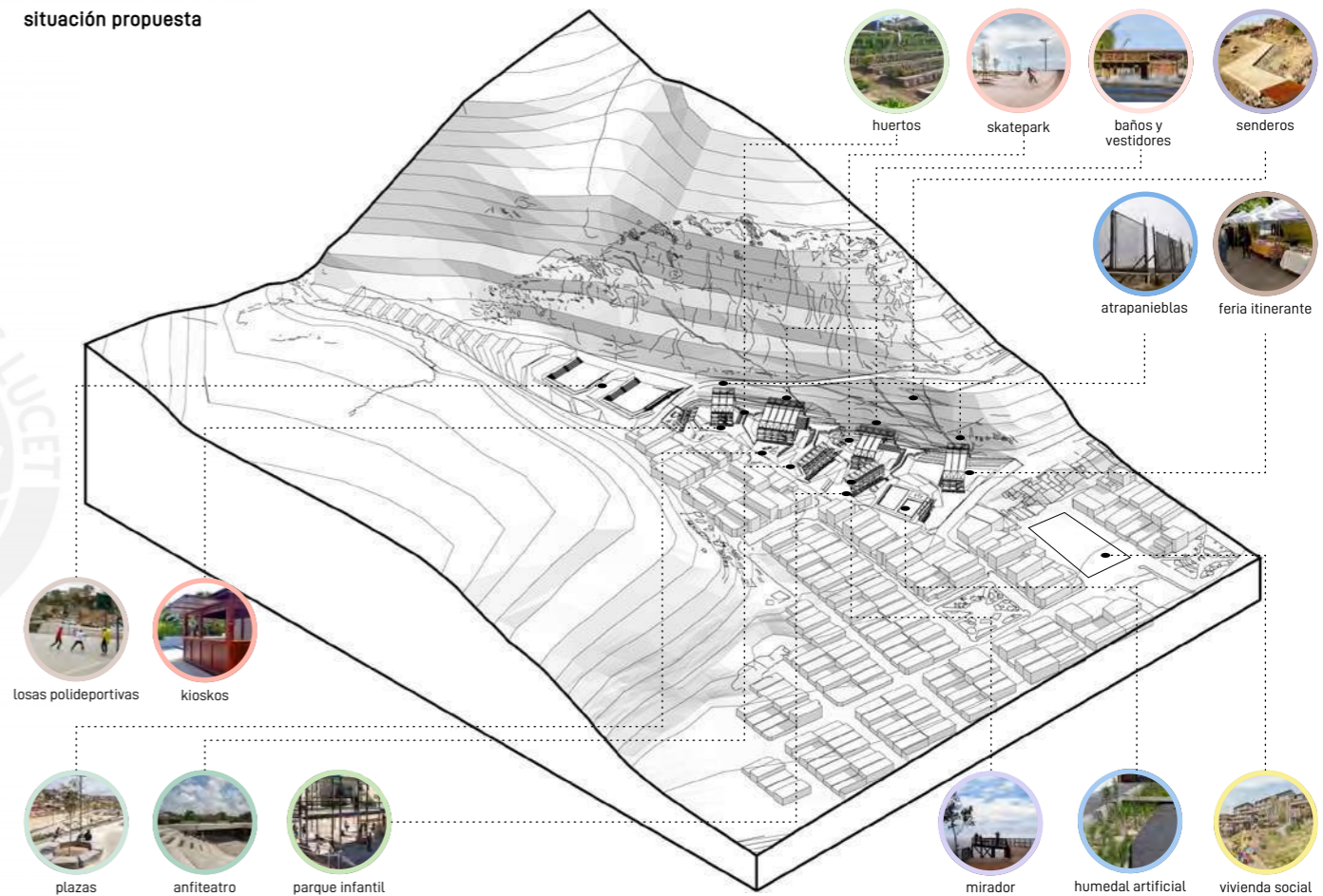


atrapanieblas

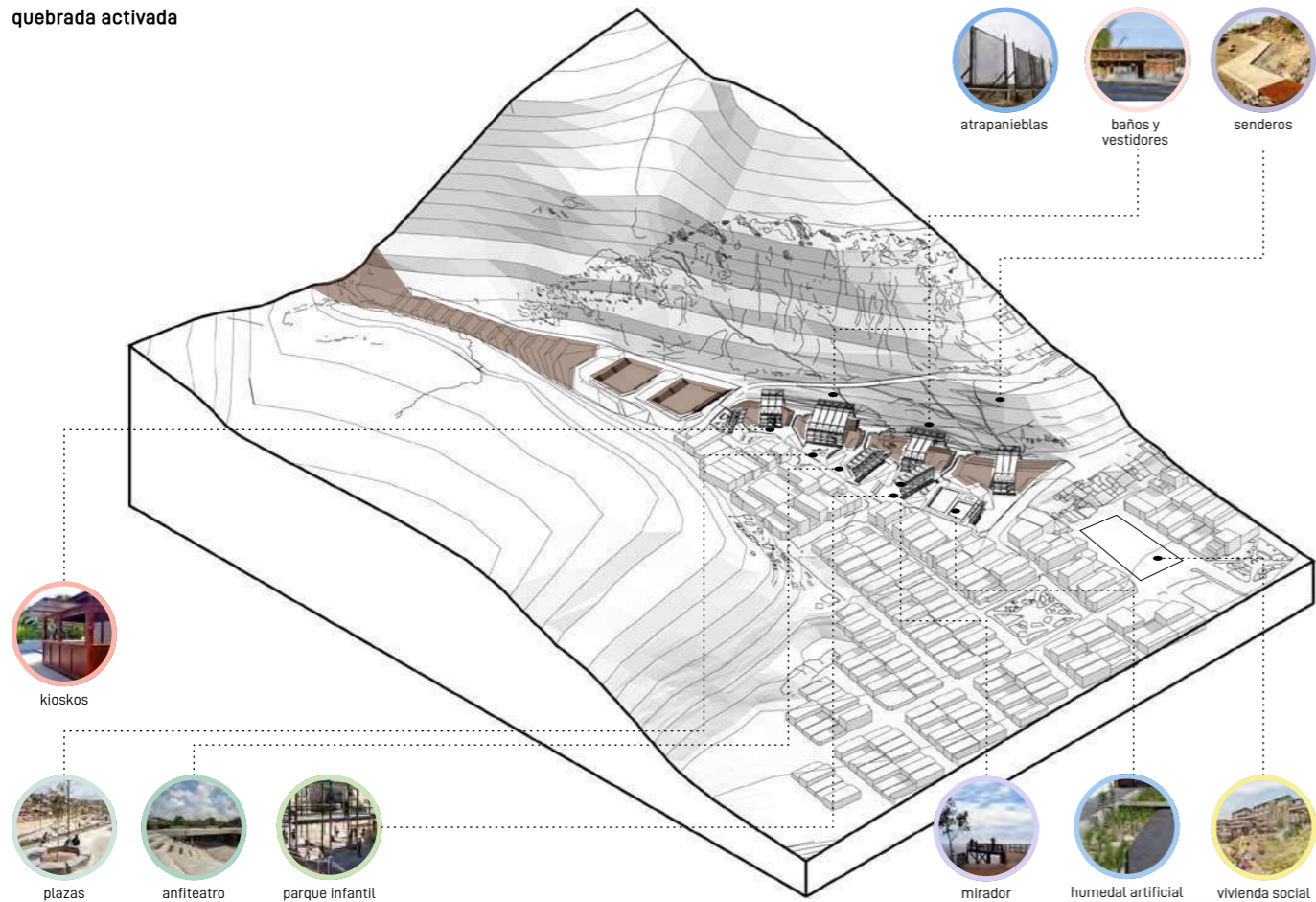
situación actual



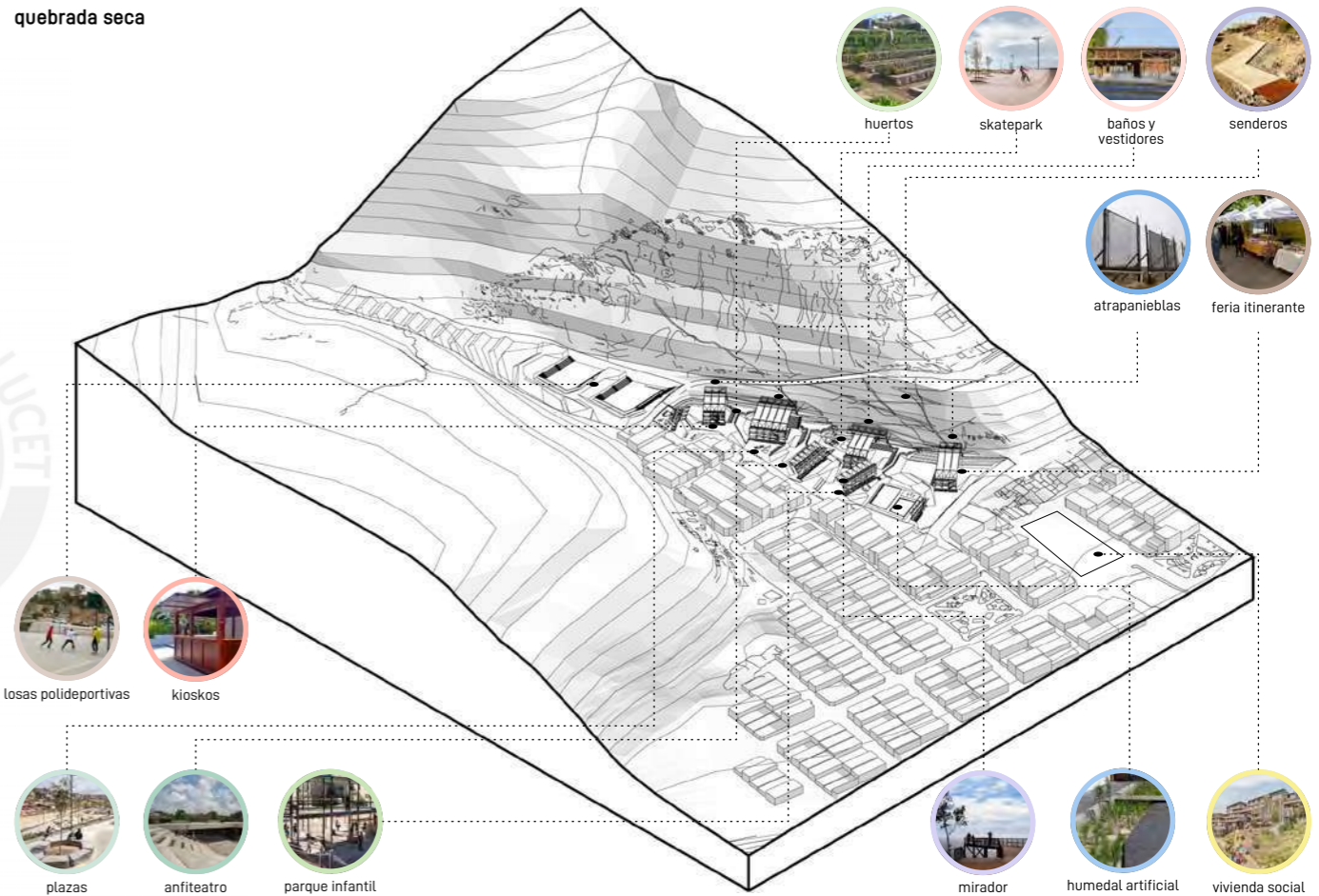
situación propuesta



quebrada activada



quebrada seca



Referentes de programa



Rescate integral de cauce de arroyos en la Colonia Xinantecat

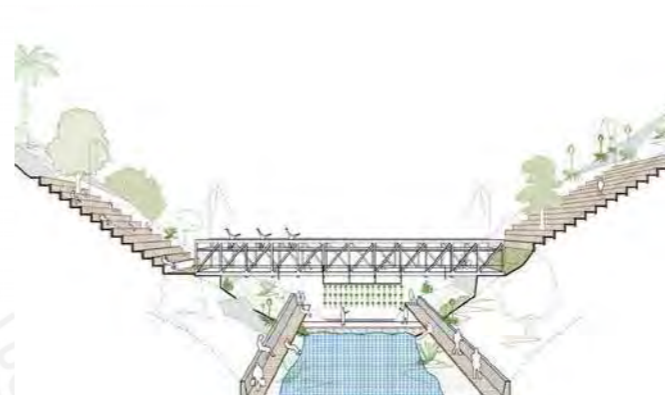
Arquitectos: Taller Capital

Ciudad: Tijuana, México

Año: 2019

El diseño del parque se basa en un enfoque participativo, donde se involucra a la comunidad en el proceso de toma de decisiones. Además, se implementa un sistema de gestión del agua que incluye la captación y filtración de agua de lluvia. El espacio público se configura de manera flexible, fomentando diversas actividades recreativas y culturales. En resumen, el proyecto busca mejorar la calidad de vida de la comunidad a través de la creación de un parque inclusivo y sostenible.

Fuente de imágenes: Taller Capital



Regeneración del paisaje de las quebradas de Valparaíso

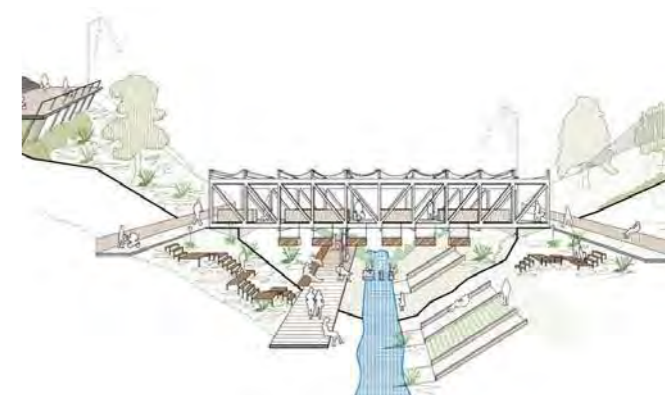
Arquitectos: Rafaela Olivares

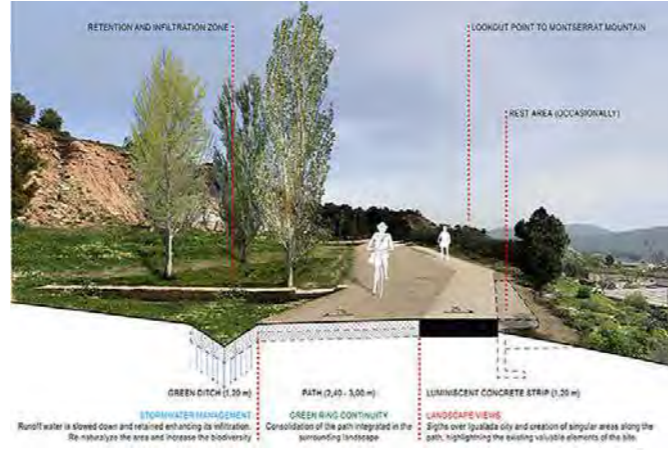
Ciudad: Valparaíso, Chile

Año: 2016

El proyecto propone transformar las quebradas en espacios públicos activos, integrando caminos peatonales, ciclovías, miradores y áreas verdes. Además, se promueve la realización de actividades culturales, deportivas y recreativas en estas zonas, como conciertos al aire libre, exhibiciones artísticas y eventos comunitarios. El objetivo es revitalizar y potenciar el uso de las quebradas como lugares de encuentro y disfrute para la comunidad.

Fuente de imágenes: ArchDaily





Camino Mirador en las Antiguas Minas de Yeso

Arquitectos: Batlle i Roig

Ciudad: Igualada, España

Año: 2018

El proyecto consiste en la creación de un camino peatonal y ciclistico que permite a los visitantes recorrer y explorar las antiguas minas de yeso. Se diseñaron senderos y plataformas de observación estratégicamente ubicados para ofrecer vistas panorámicas del entorno. Además, se crearon espacios públicos como áreas de descanso y puntos de información, que brindan comodidad y facilitan la interacción con el entorno natural.

Fuente de imágenes: ArchDaily



Plaza de la cubierta de la "Máquina de batre"

Arquitectos: Batlle i Roig

Ciudad: Barcelona, España

La plaza se concibe como un espacio dinámico y versátil, diseñado para fomentar la interacción y el disfrute de la comunidad. Se incluyen áreas verdes, zonas de juegos, espacios para eventos y actividades culturales, así como un anfiteatro al aire libre. Los diferentes materiales utilizados facilitan la infiltración del agua producto de lluvias. El objetivo es crear un lugar multifuncional que promueva la participación ciudadana y propicie el encuentro social.

Fuente de imágenes: Batlle i Roig



El Oasis del Diablo

El Oasis del Diablo consta de un espacio público diseñado para mitigar los riesgos frente a inundaciones extremas producidas por huacos y controlar las aguas pluviales en eventos moderados, mientras sigue funcionando en años secos. Incluye losas polideportivas, un skatepark, juegos para niños y ferias itinerantes.

Para poder mantener la vegetación y los huertos del parque, se implementará un sistema de tratamiento de aguas negras junto a un sistema de dispositivos atrapanieblas que capten la "camanchaca". Estos dispositivos también funcionarán como sombreaderos y albergarán otras actividades como miradores, kioskos, depósitos, baños y vestidores.



5

Consolidación del oasis

E1_Tipologías

E2_Tectónica



E1_Tipología

1 La característica que comparten estos proyectos mantiene como prioridad una interacción y relación armoniosa entre arquitectura, paisaje y entorno. La tipología en la que se inscriben se podría definir como "paisaje laberíntico", en la cual, el término "laberinto" no responde a algo confuso o enredado que lleva a la desorientación y desorden sin razón aparente; sino más bien, a la libre experiencia que se le ofrece al usuario para recorrer determinado paisaje, ya sea mediante senderos o parques con caminos sinuosos vinculados a la topografía del lugar correspondiente. Además, se ubican actividades o elementos arquitectónicos en diferentes sectores del recorrido para activarlo y complementar la experiencia mencionada.

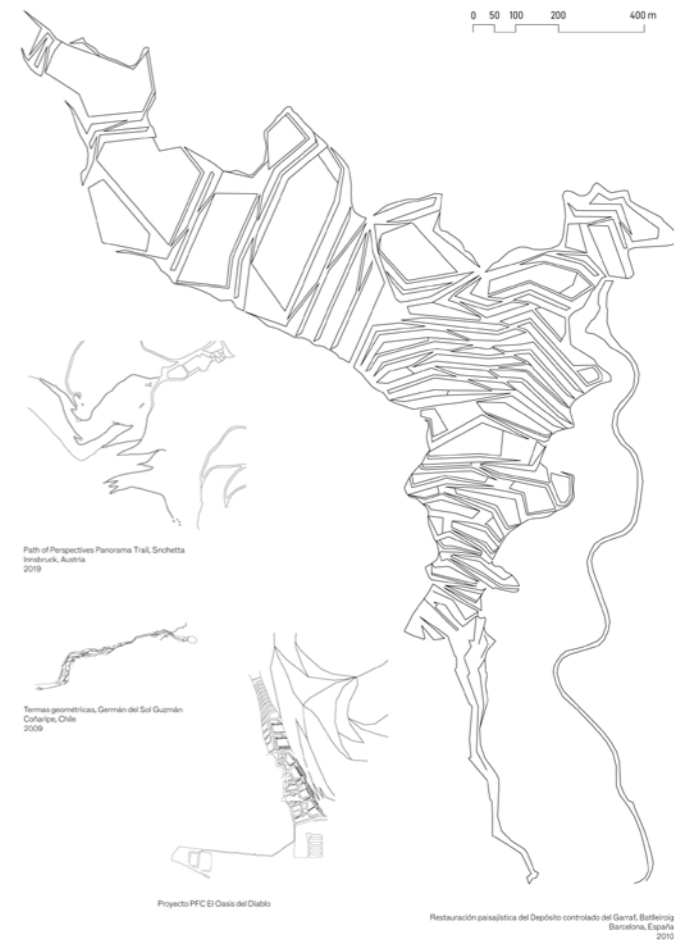
Material: Piedra de cantera, madera pino, malla raschel

Concepto: En febrero de 2020, la ciudad de Tacna, que posee un clima desértico templado, experimentó lluvias intensas inusuales que generaron un huaico en la Quebrada del Diablo. Este evento afectó viviendas, calles y negocios en su abanico aluvial que coincide con la entrada de la ciudad. La falta de infraestructura preventiva, las viviendas en áreas de alto riesgo y la expansión urbana informal contribuyeron al desastre. Además, el abanico aluvial también sufre problemas como espacios públicos abandonados, ausencia de equipamientos para los residentes y un déficit hídrico que genera aridez.

Frente a ello, el proyecto plantea mitigar los riesgos producidos por los huaicos y aprovechar esta oportunidad para generar espacios y equipamientos públicos que beneficien de diferentes maneras a la población tacneña.

La **piedra de cantera** local será fundamental para el refuerzo

de taludes y así poder generar un espacio público inundable que encauzará el huaico, plazas, anfiteatros urbanos, losas polideportivas y espacios de sombra. En las laderas se plantean senderos peatonales y huertos para fortalecerlas. Además, para hacer frente a la escasez de agua y poder darle mantenimiento al parque, se instalan humedales artificiales como tratamiento de aguas negras y grises, y dispositivos atrapanieblas de **madera pino** y **malla raschel** para aprovechar la neblina camanchaca característica de la región.



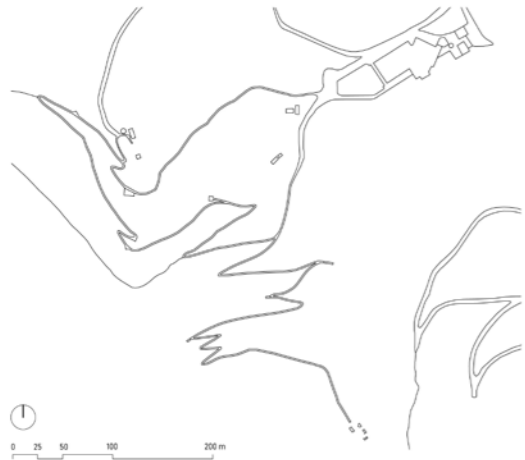


2 Restauración paisajística del depósito controlado El Garraf. Fuente: Batlle i Roig



3 El proyecto plantea la clausura y recuperación de un antiguo depósito como una oportunidad para brindar un nuevo espacio público natural yagrícola. Se generan terrazas y desniveles que componen un sistema de control y direccionamiento de aguas pluviales con senderos peatonales y vehiculares seguros.

3 Restauración paisajística del depósito controlado El Garraf. Planta redibujada.



4

El proyecto fusiona arquitectura y entorno natural en un recorrido de 1.5 km. Permite a los visitantes experimentar una simbiosis entre hombre y naturaleza, ofreciendo vistas panorámicas que resaltan la belleza del paisaje, alentando una conexión profunda con la naturaleza y el entorno circundante con senderos y pequeños espacios de descanso.

4 Path of Perspectives Panorama Trail. Planta redibujada.



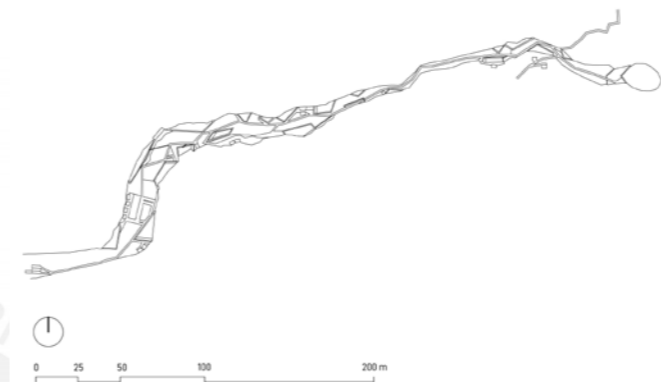
5

5 Path of Perspectives Panorama Trail.
Fuente: Archdaily



6

6 Termas geométricas.
Fuente: Archdaily.



7

El complejo termal utiliza geometría para integrarse en el entorno. Las piscinas termales siguen una disposición geométrica precisa, lo que crea un contraste con el bosque circundante. El diseño proporciona a los visitantes una experiencia de relajación termal, mediante un recorrido que resalta la interacción entre la arquitectura y el paisaje.

7 Termas geométricas. Planta redibujada.

E2_Tectónica

TIPOS DE ATRAPANIEBLAS				
Tipo captador	Materiales	Rendimiento	Año creación	Observaciones
Macrodiamante				
Primer diseño en Chile, presentado por la Unesco	Tubos con revestimiento de malla tipo Raschel	3.9 l/día/m2	1958	Alta eficiencia de la captación y mayor autoresistencia de la estructura frente a las ráfagas de viento.
Cilíndrico				
Desarrollado por Pilar Cerceda con un grupo de alumnos de la Universidad Católica	Hilos verticales de polietileno y un bidón de metal	El primer día de aplicación obtuvo 4.75 litros de agua.	1980	Tiene una gran eficacia. Debido a su altura de 2 metros, no logra ser dañado por los vientos.
Bidimensional				
Realizado en Chile. Pueden ser simples de 48 m2, dobles de 96 m2 o triples de 120 m2.	Un par de pilares distanciados a 12 m, entre los cuales va una malla tipo Raschell de 4 m de altura, unos tensores y una canaleta horizontal.	Cerca de 3 l/día/m2	1980 1984	Instalación sencilla, económico, autogestión y sin fuente de energía. Elevadas exigencias geográficas, reducción del rendimiento según la velocidad del viento.

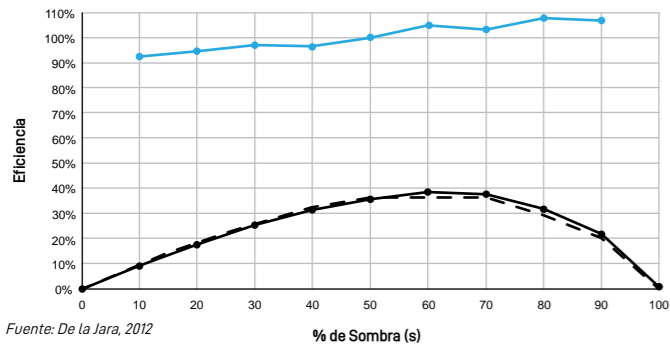
Fuente: Pascual et al., 2011

Para la captación de la humedad proveniente de las neblinas se utilizan dispositivos denominados "atrapanieblas". Estos basan su funcionamiento en condensar las pequeñas gotas de la niebla al atravesar un plano poroso que en mucos casos es de malla raschel. Existen 3 principales tipos de atrapanieblas pero se decide implementar el **bidimensional** ya que combina sencillez con efectividad sin sacrificar el factor económico. Estas características permiten que los vecinos organizados puedan participar en su construcción, instalación y mantenimiento .

Para el caso específico de Tacna, el uso de atrapanieblas bidimensionales tuvo un rendimiento de 3.30 litros por metro cuadrado de malla raschel al día.

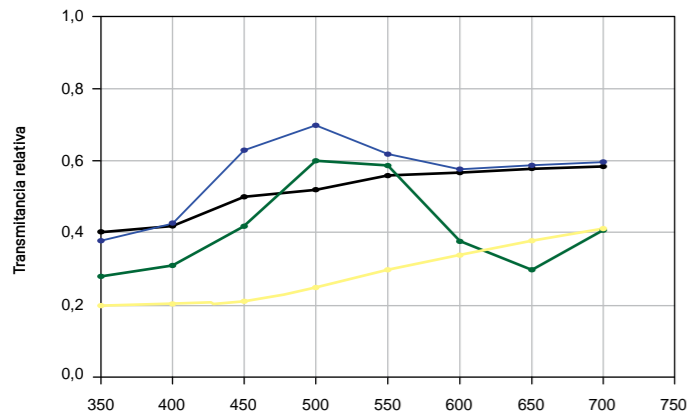
Lugar	Altitud (msnm)	Período	Rendimiento (L/m2/día)
Lomas de Pasamayo	450	Abril a octubre 1984	7,83
Lomas de Lachay	350	Junio a octubre 1984	12,90
Lomas de Atiquipa	650	Mayo a agosto 1988	1,72
Cerro Campana	530	Enero 1988 a enero 1989	8,46
Cerro Orara	435	Julio a diciembre 1990	7,57
Cerro La Molina	790	Noviembre 1990	3,60
Lomas de Marcona	920	Noviembre 1991	4,40
Lomas de Tacna	765	Noviembre a diciembre 1992	3,30
Lomas de Atocongo	535	Noviembre 1992 a mayo 1993	5,57

Fuente: López, 2021



Fuente: De la Jara, 2012

--- Eficiencia Aerodinámica ● Eficiencia de Impactos ■ Eficiencia Global



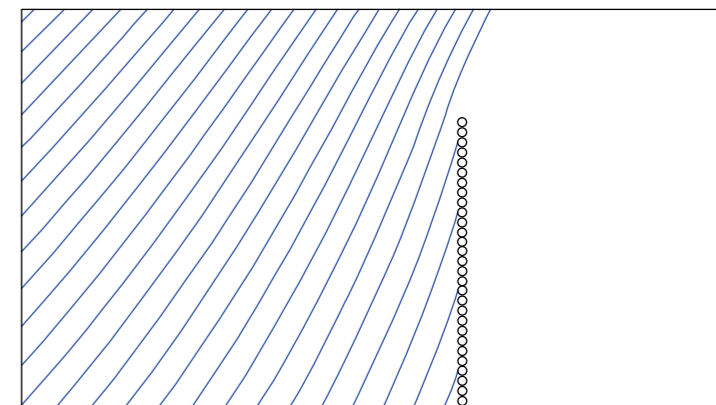
Fuente: Bustos & Zúñiga, 2019

● Malla negra ● Malla blanca ● Malla verde ● Malla azul

Debido a que la neblina debe atravesar la malla raschel, se puede notar que se tiene una mayor eficiencia de impactos cuando la malla posee un mayor porcentaje de sombra, es decir, mientras más tupida sea y presente más fibras. Sin embargo, su eficiencia aerodinámica disminuye ya que presenta una mayor resistencia y una mayor dificultad para que las gotas atraviesen la malla. Por tal motivo, se escogen mallas raschel con un porcentaje de sombra del 60% al tener la mejor eficiencia global.

Con respecto al color de la malla raschel, las negras y las azules son aquellas que aportan mayor sombra al atenuar entre el 70 y 60% de la luz, respectivamente. Sin embargo, la malla raschel azul ofrece una mejor calidad lumínica para las plantas que puedan estar debajo de esta.

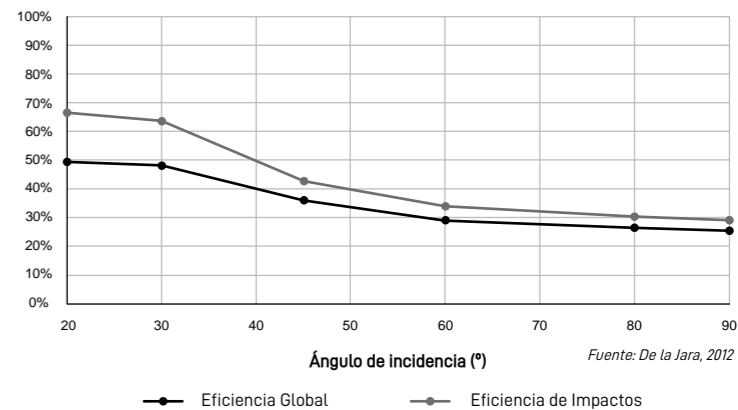
Tras simulaciones y estudios del comportamiento de las mallas y la trayectoria que las gotas realizan, se evidenció que no impactan de manera perpendicular, sino más bien en diagonal, aspecto que podría afectar en su eficiencia.



Fuente: De la Jara, 2012

Para contrarrestar este comportamiento, una experimentación con mallas dispuestas en diferentes ángulos tuvo como resultado una mayor eficiencia global con ángulos de incidencia entre 20 y 30%.

Vale la pena precisar que, al ser simulaciones computacionales, estos resultados merecen una mayor profundización con diferentes estudios de carácter práctico. Sin embargo, plantean una nueva posibilidad para el desarrollo de la morfología y estructura de los atrapanieblas.



Fuente: De la Jara, 2012

● Eficiencia Global ● Eficiencia de Impactos



8

8 Pruebas de material y forma de la estructura para el dispositivo

El objetivo es aprovechar la malla raschel no solo para captar neblina, sino también para generar sombra. Para ello, se toma en consideración sus medidas disponibles en el mercado y grados de inclinación que puedan aumentar su eficiencia. Los elementos que la rigidicen serán de madera pino y la base de piedra de cantera, materiales fácilmente accesibles en la ciudad.



9 Estructura final del dispositivo atrapaniebla, conformada por una base de piedra (asiento y almacenamiento de agua), vigas y columna de madera pino, cables tensores y malla raschel de 60%.

9



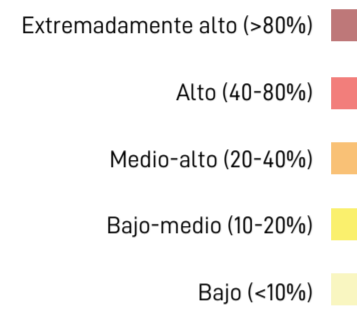


PLANIMETRÍA

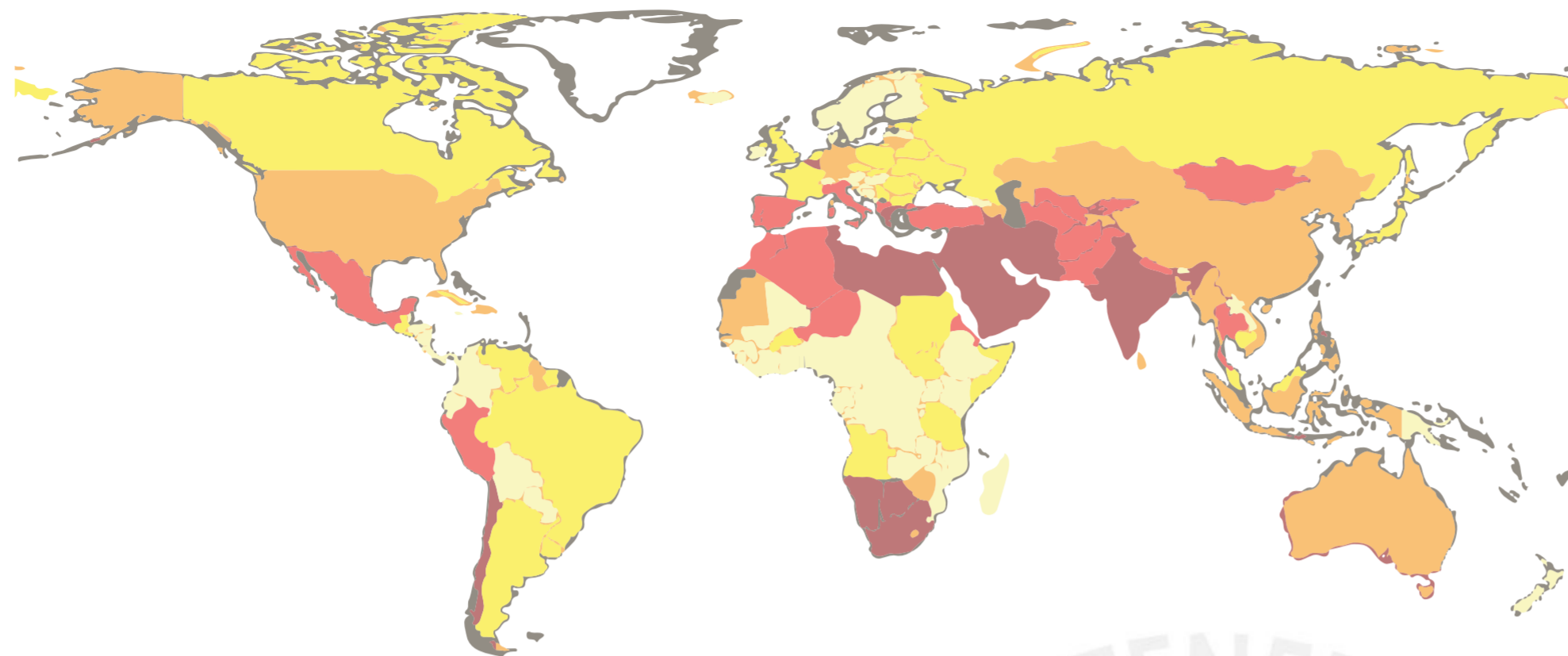
TACNA, ENTRE DOS EXTREMOS HÍDRICOS

ESTRÉS HÍDRICO EN LA REGIÓN

Actualmente, existe una preocupación a nivel mundial con respecto al uso y disponibilidad del agua. El Perú posee una situación de **estrés hídrico alto** ya que, a nivel general, utiliza al menos el 40% de su suministro de agua renovable disponible. Esto implica que la demanda de agua del país está siendo cada vez mayor frente a su capacidad de suministro.

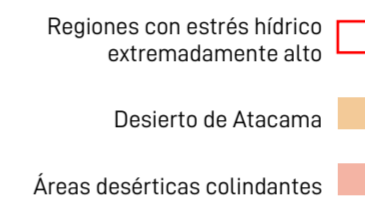


Fuente: World Resources Institute, 2023



Tacna enfrenta una situación más grave ya que se encuentra considerada dentro de las regiones con un nivel de **estrés hídrico extremadamente alto**, tomando en cuenta la demanda de agua por uso doméstico, industrial, agrícola y ganadero.

Además, Tacna se ubica en una un área desértica hiperárida aledaña al Desierto de Atacama con precipitaciones escasas, gran oscilación térmica entre el día y la noche, suelo con poca materia orgánica y plantas y animales adaptados a las sequías.

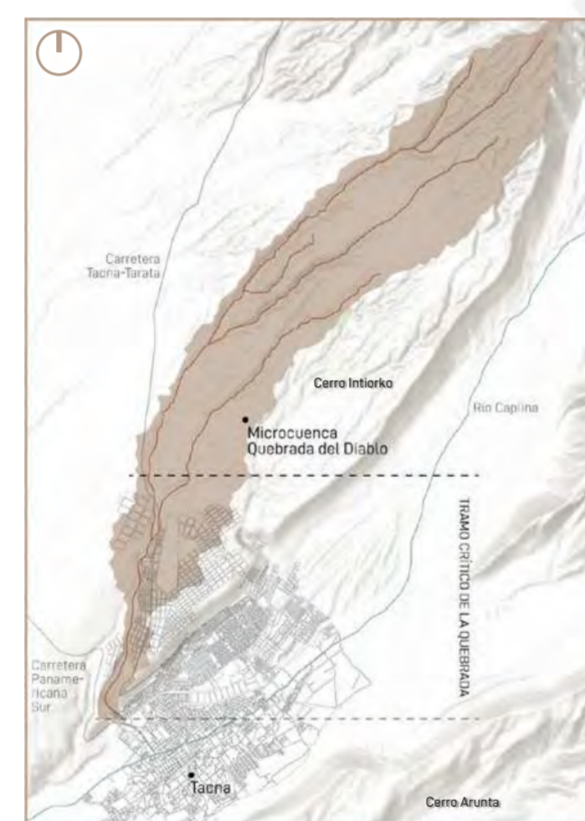


Fuente: Aqueduct Water Risk Atlas, 2023



LA QUEBRADA DEL DIABLO

La ciudad se enmarca entre los cerros Arunta e Intiorko. En este último, se encuentra la Quebrada del Diablo que, pese a las características desérticas, puede llegar a activarse en **eventos esporádicos**. Los mayores daños se pueden identificar en el denominado "tramo crítico", cuya zona alta y media se caracterizan por incrementar el volumen del huaco o aluvión, mientras que el desastre ocurre en la zona baja dentro de la ciudad.



SITUACIÓN DE LA ZONA BAJA

Acceso al agua y saneamiento

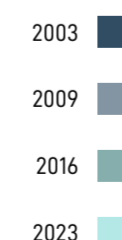
Debido al escaso suministro de agua potable que tiene la ciudad, aquellas viviendas que se encuentran en la zona baja de la Quebrada del Diablo tienen un acceso limitado a una cierta cantidad de horas solo por las mañanas.

Las expansiones urbanas informales más recientes no poseen ni instalación de agua potable ni alcantarillado para desagüe.



Expansión urbana

Se puede notar que, en el año 2003, el abanico aluvial ya estaba habitado. Este sector de la ciudad continuó su proceso de consolidación y las ocupaciones no solo se adentraron en la desembocadura de la quebrada, sino también tomaron lugar en la parte superior y en las faldas del cerro Intiorko, proceso que continúa hasta el año 2023.



PRECIPITACIÓN MENSUAL PROMEDIO

Enero	1.7mm	Julio	0.8mm
Febrero	1.9mm	Agosto	0.7mm
Marzo	1.7mm	Septiembre	0.6mm
Abril	0.2mm	Octubre	0.1mm
Mayo	0.1mm	Noviembre	0.2mm
Junio	0.8mm	Diciembre	0.6mm

21 Febrero 2020 23mm

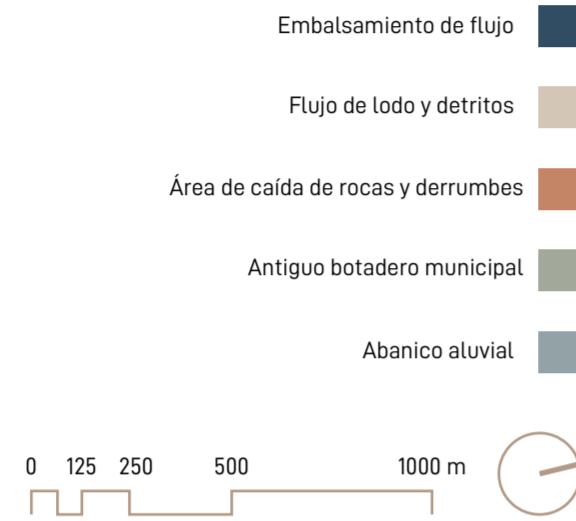
Durante un año promedio, las precipitaciones captadas en Tacna son mínimas, llegando a un máximo de 1.9mm en el mes de Febrero. Sin embargo, en el año 2020, las precipitaciones durante ese mes incrementaron considerablemente.

El 21 de febrero se logró registrar la mayor cantidad de lluvia (23mm) que desencadenó la activación de la Quebrada del Diablo y reflejó la vulnerabilidad que tiene la ciudad frente a este evento.

EL DIABLO SE HA ACTIVADO

VULNERABILIDAD FRENTE A LA ACTIVACIÓN DE LA QUEBRADA

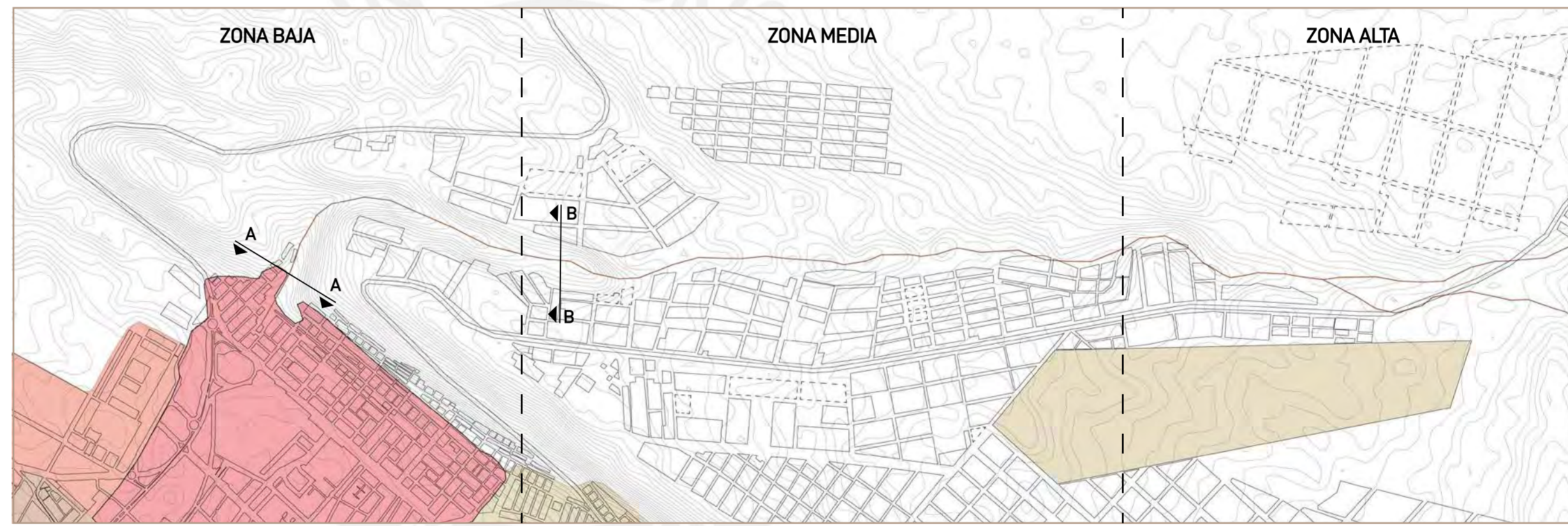
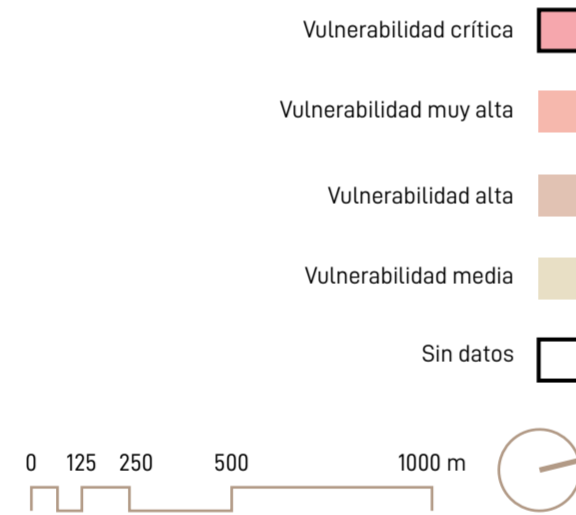
En el año 2020, la Quebrada del Diablo se activó y afectó a las viviendas y equipamientos que se encuentran en su abanico aluvial. Aquí se identifican también áreas de caída de rocas propensas a derrumbes y suelos inestables contaminados. Por otro lado, se registraron diferentes embalsamientos de flujo desde la zona alta y media debido a la construcción de cruces a través de la quebrada, ya sea de manera formal (como la carretera Tacna-Tarata) o informalmente.



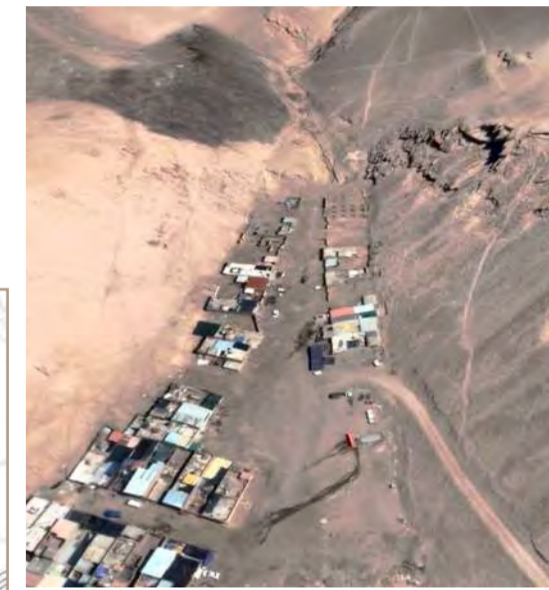
Fuente: INGEMMET

VULNERABILIDAD TOTAL

Al considerar todos los tipos de vulnerabilidad (frente a peligros geológicos, climáticos y antrópicos), se obtiene como resultado un área de "vulnerabilidad crítica" que coincide con el abanico aluvial de la Quebrada del Diablo. Esta situación crítica, sumada a las consecuencias que trae consigo la activación de la quebrada, tiene como resultado un desastre de mayores proporciones con una necesidad urgente de intervención para prevenir que otros eventos de similares magnitudes ocurran nuevamente.



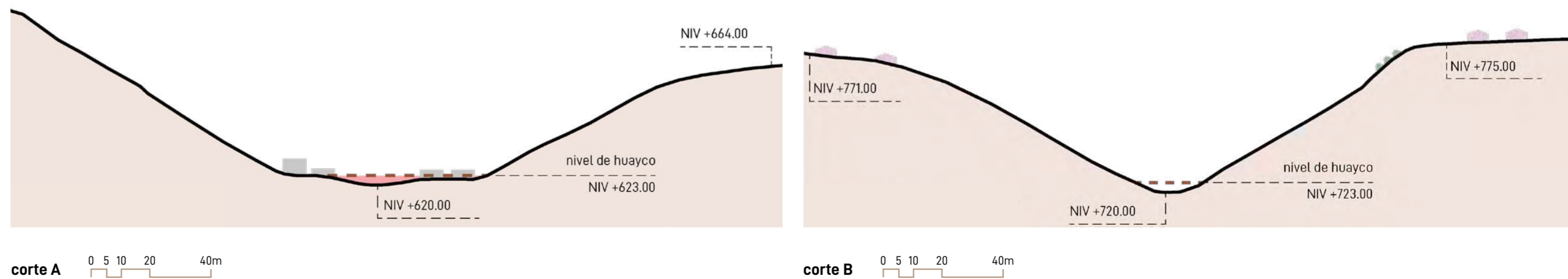
enero 2020



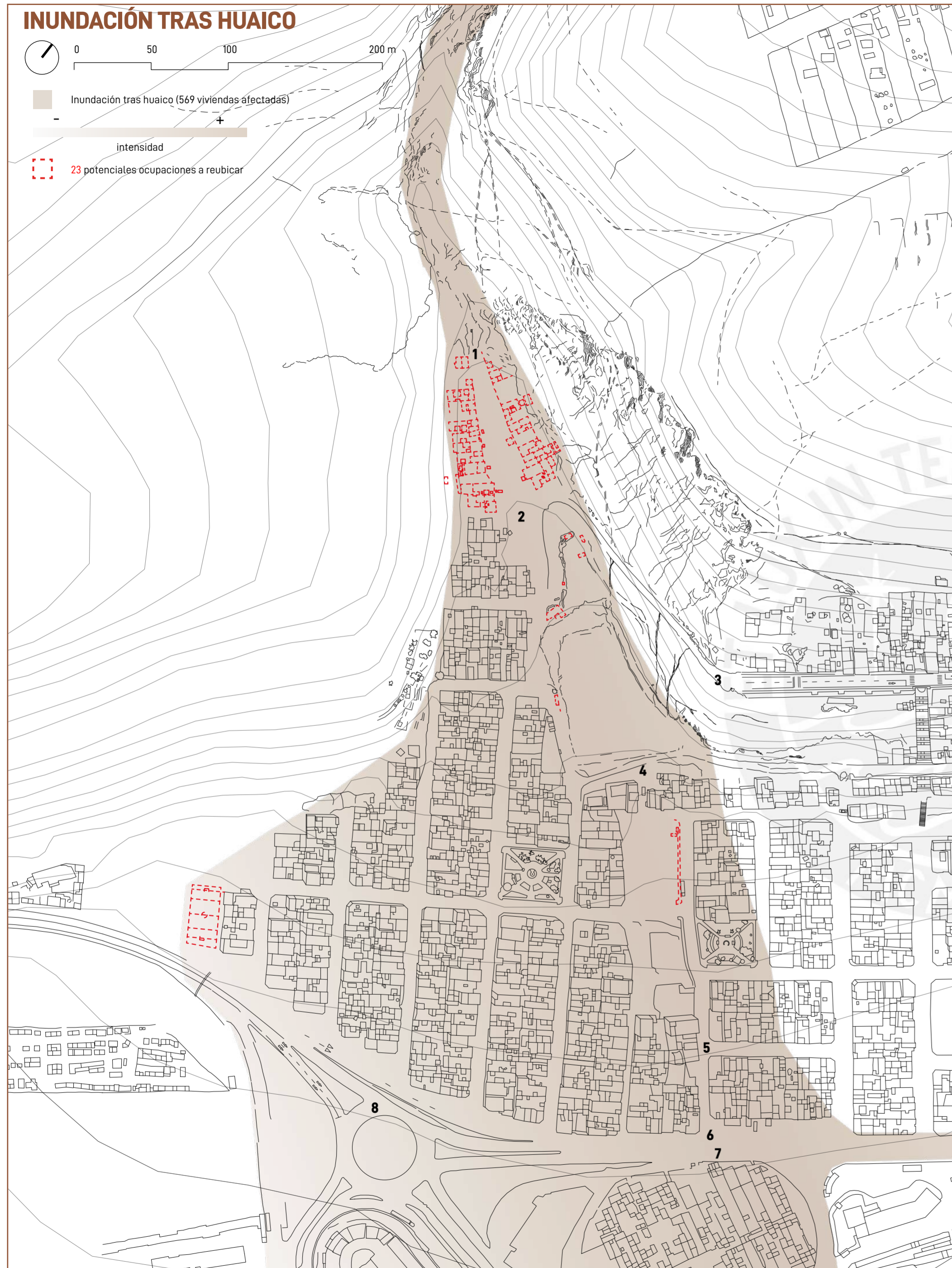
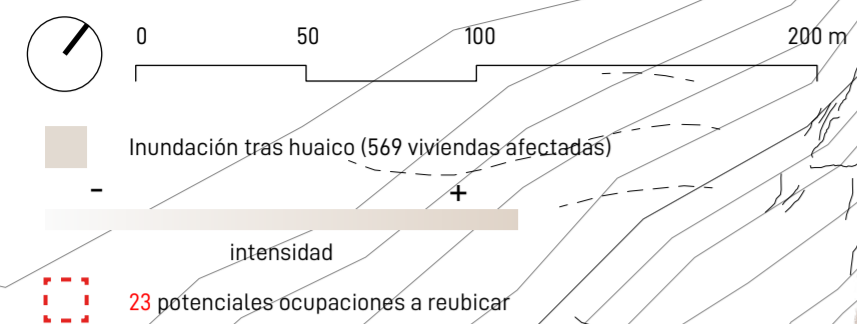
marzo 2020

Las viviendas ubicadas en la desembocadura de la quebrada quedaron totalmente sepultadas. Las que recibieron el primer impacto fueron las más perjudicadas.

Se puede identificar el punto de intervención en esta **zona baja** ya que, a lo largo de la quebrada, es la única en donde las personas que la habitan son perjudicadas, como se aprecia en el corte A. En la zona media y alta, las ocupaciones se ubican en la parte alta relativamente segura de la quebrada y no en su cauce.

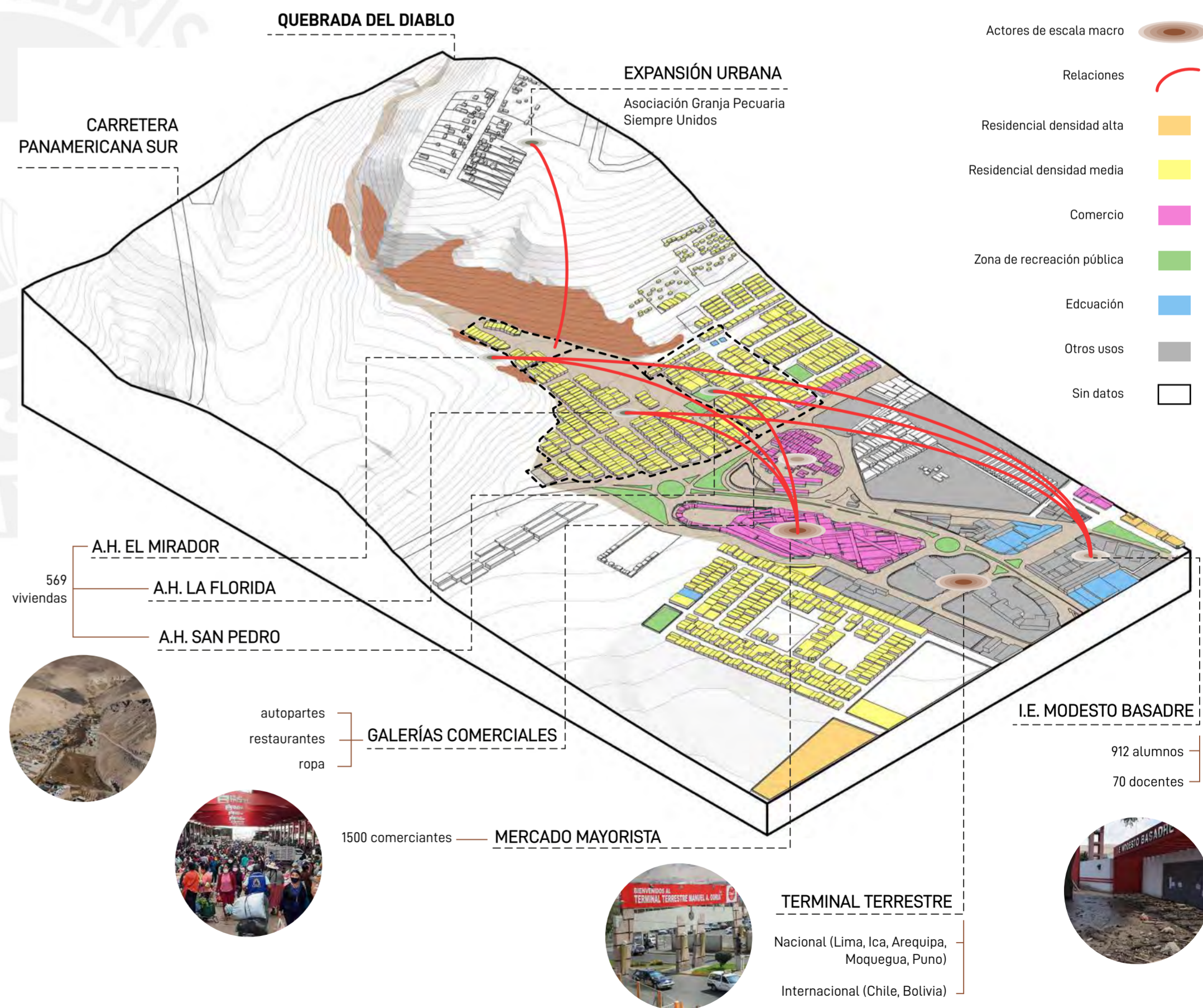
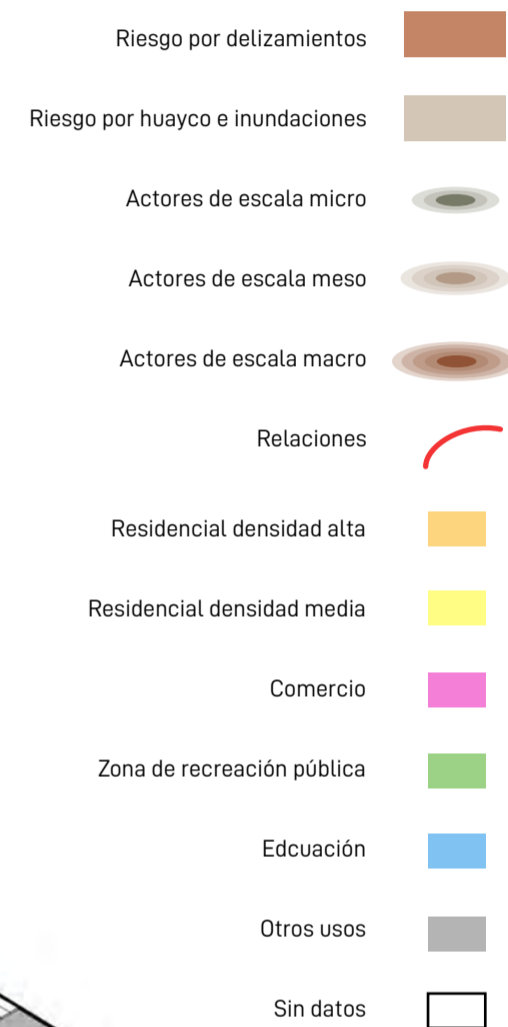


INUNDACIÓN TRAS HUAICO



La activación de la Quebrada del Diablo movilizó aproximadamente un volumen de 2 000 000 m³ de sedimentos (INGEMMET, 2020). Este evento afectó principalmente a su abanico aluvial que alberga viviendas agrupadas en 3 asentamientos humanos (El Mirador, La Florida y San Pedro), galerías comerciales y equipamientos públicos importantes de la ciudad como el Mercado Mayorista y el Terminal Terrestre.

Debido a sus características, su ubicación y su vulnerabilidad extremadamente alta frente a huaicos y deslizamientos, 23 viviendas del asentamiento humano El Mirador son consideradas potencialmente reubicables.



DESIERTO DE OPORTUNIDADES

CAMANCHACA, LA NIEBLA DEL ATACAMA

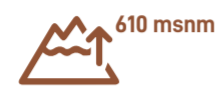
Si bien es cierto que durante el año las precipitaciones en la ciudad son mínimas, el Desierto de Atacama posee como característica la presencia de una niebla densa denominada "**camanchaca**". La evaporación del mar durante el día no logra ascender lo suficiente debido al Anticiclón del Pacífico Sur por lo que se condensa durante la noche.

... del aimara kamanchaka: oscuridad

Humedad relativa



Tacna cumple con los requisitos técnicos e hidrometeorológicos para que la posibilidad de captar estas nieblas sea viable, tales como:



610 msnm
altitud entre 600-1000 msnm*



temperatura ambiente entre 10°-20°C



humedad relativa promedio mínimo de 80%

*: la eficiencia es mayor con una altitud por debajo de los 800 msnm (capa de inversión térmica)



VEGETACIÓN EN EL DESIERTO

En el cerro Intiorko y en las zonas media y alta de la Quebrada del Diablo predomina el crecimiento de **tillandsias**, plantas aéreas (sin raíz) que aprovechan la humedad del ambiente y la neblina para sobrevivir. Esta vegetación se encuentra bajo protección ya que, en la zona baja de la quebrada, fue depredada debido a la expansión urbana informal.



INICIATIVAS VECINALES

Pese al limitado acceso al agua, existen iniciativas impulsadas por los vecinos de la zona baja de la Quebrada del Diablo para mejorar la calidad de sus espacios públicos, "**enverdecer**" su barrio e incluso abastecerse a pequeña escala con cultivos de pequeña demanda de agua como tunas, cebollas, orégano, ají, etc.



EL OASIS DEL DIABLO

¿Cómo implementar un sistema de **regulación** frente a los extremos hídricos en la Quebrada del Diablo que permita generar una **red de espacios públicos** en su abanico aluvial y **beneficie** de diferentes maneras a la **población tacneña**?

Es necesario implementar estructuras para mitigar los efectos de un huaico en la Quebrada del Diablo, considerando factores sociales, urbanos, territoriales y ambientales a lo largo de su recorrido. Esto permitirá abordar tanto las consecuencias como las causas del desastre.

Además, se puede aprovechar esta infraestructura para crear espacios y equipamientos públicos útiles para las poblaciones cercanas, como la "ciudad consolidada" y la expansión urbana informal. Estos espacios reunirán las principales necesidades que uno busca en un desierto: **agua y sombra**. La intervención se basa en una lectura y respeto por el territorio, aprovechando sus particularidades como oportunidades para potenciarlas. Se abarca todo el tramo crítico de la quebrada, esencial para el funcionamiento de los sectores específicos y para la realización de un parque hídrico mitigador, El Oasis del Diablo.



Frente a ambos extremos hídricos, los objetivos principales del proyecto son:

1
MITIGAR EL RIESGO FRENTE A HUAICOS Y DESLIZAMIENTOS

2
GENERAR AGUA EN UNA ZONA DESÉRTICA

Además, el proyecto se puede enmarcar dentro de determinados objetivos de desarrollo sostenible:



FASE 0: ESCALA QUEBRADA

MASTERPLAN QUEBRADA DEL DIABLO

Para lograr que el proyecto cumpla con sus objetivos, se deben realizar intervenciones en una fase previa a lo largo de la quebrada. Tras analizar el recorrido el huaico, sus causas y sus consecuencias, se determinan 4 sectores estratégicos para desarrollar las estrategias proyectuales.

Sector de intervención

Las viviendas ubicadas en la desembocadura de la quebrada quedaron totalmente sepultadas. Un campo deportivo ubicado en el Asentamiento Humano La Florida permitió retener una mínima cantidad de sedimentos. Sin embargo, al no existir una infraestructura previa, el huaico resultó prácticamente imparable.



Sector 3

Se pueden identificar cruces informales de diferentes tipologías a lo largo de la quebrada. Debido a la carencia de estudios para su construcción, ninguno de ellos quedó en pie tras el paso del huaico.



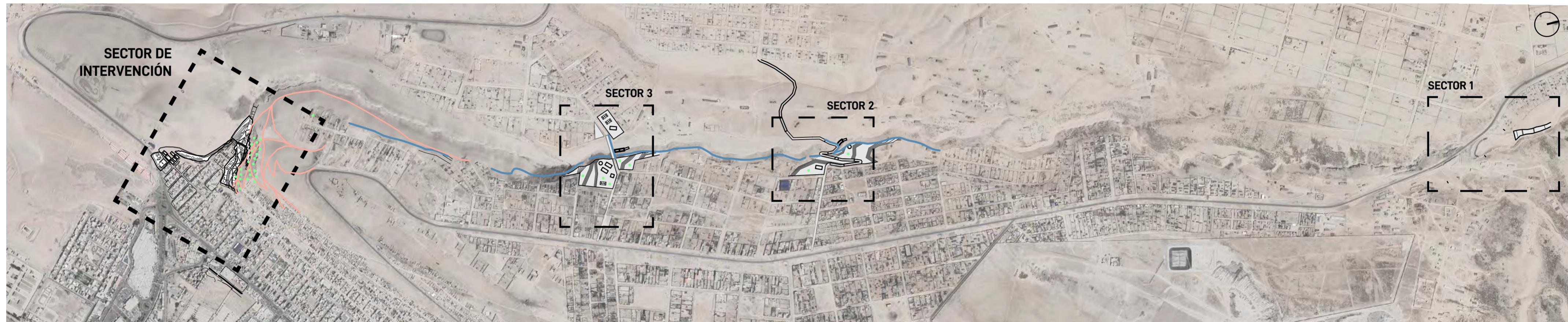
Sector 2

Este sector presenta no solo un cruce informal destruido, sino también criaderos ubicados en zonas vulnerables que poco a poco están siendo abandonados.



Sector 1

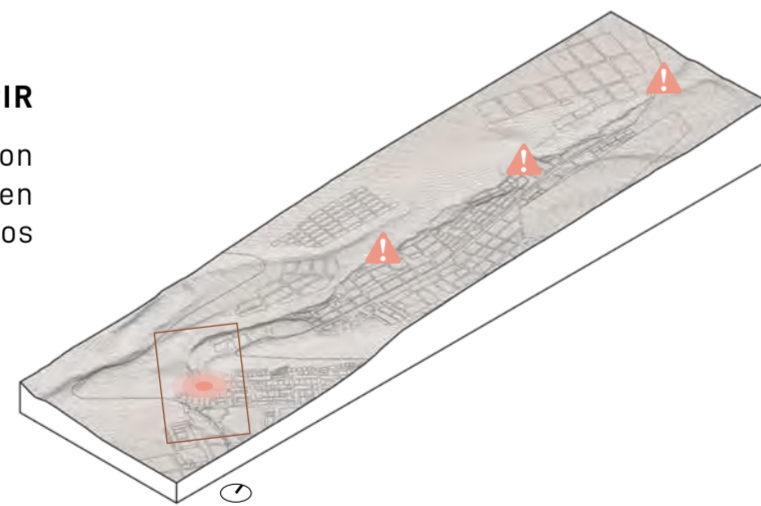
Tras el paso del huaico, la carretera Tacna - Tarata perdió uno de sus dos carriles. Pese a que en este sector la quebrada presenta un ensanchamiento natural de su cauce, la velocidad y el volumen de la masa arrastrada no se redujo.



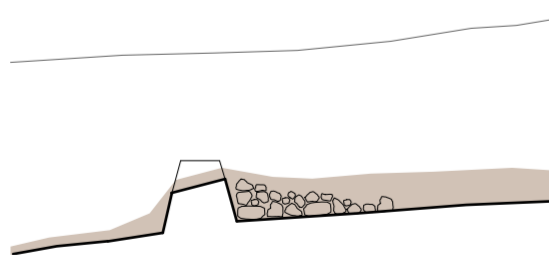
ESTRATEGIAS PROYECTUALES

REDUCIR

riesgos con infraestructura en sectores estratégicos



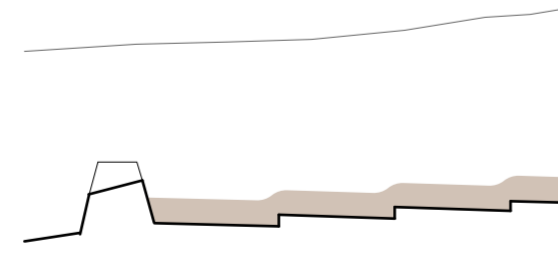
ACCIONES



RETENER

sedimentos con diques en la zona alta de la quebrada

fase previa



RALENTIZAR

flujo en la zona media de la quebrada

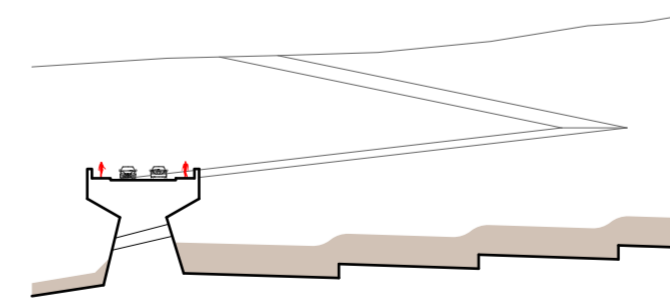
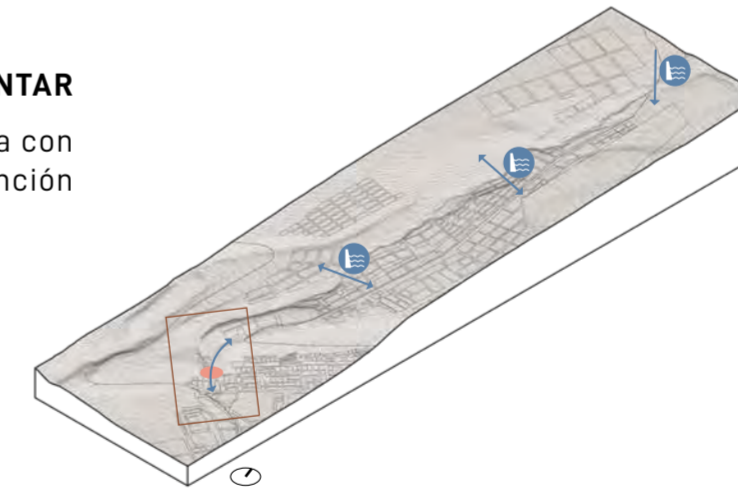
fase previa

Una vez definidos los sectores estratégicos, se debe **reducir** los riesgos frente a un huaico mediante infraestructuras pertinentes: **Retener** la mayor cantidad de sedimentos en la zona alta de la quebrada para luego poder **ralentizar** el flujo cuando llegue a la zona media.

En base al volumen del último huaico del 2020, la infraestructura debe ser capaz de retener 2 000 000m³ de sedimentos.

COMPLEMENTAR

a la infraestructura con más de una función

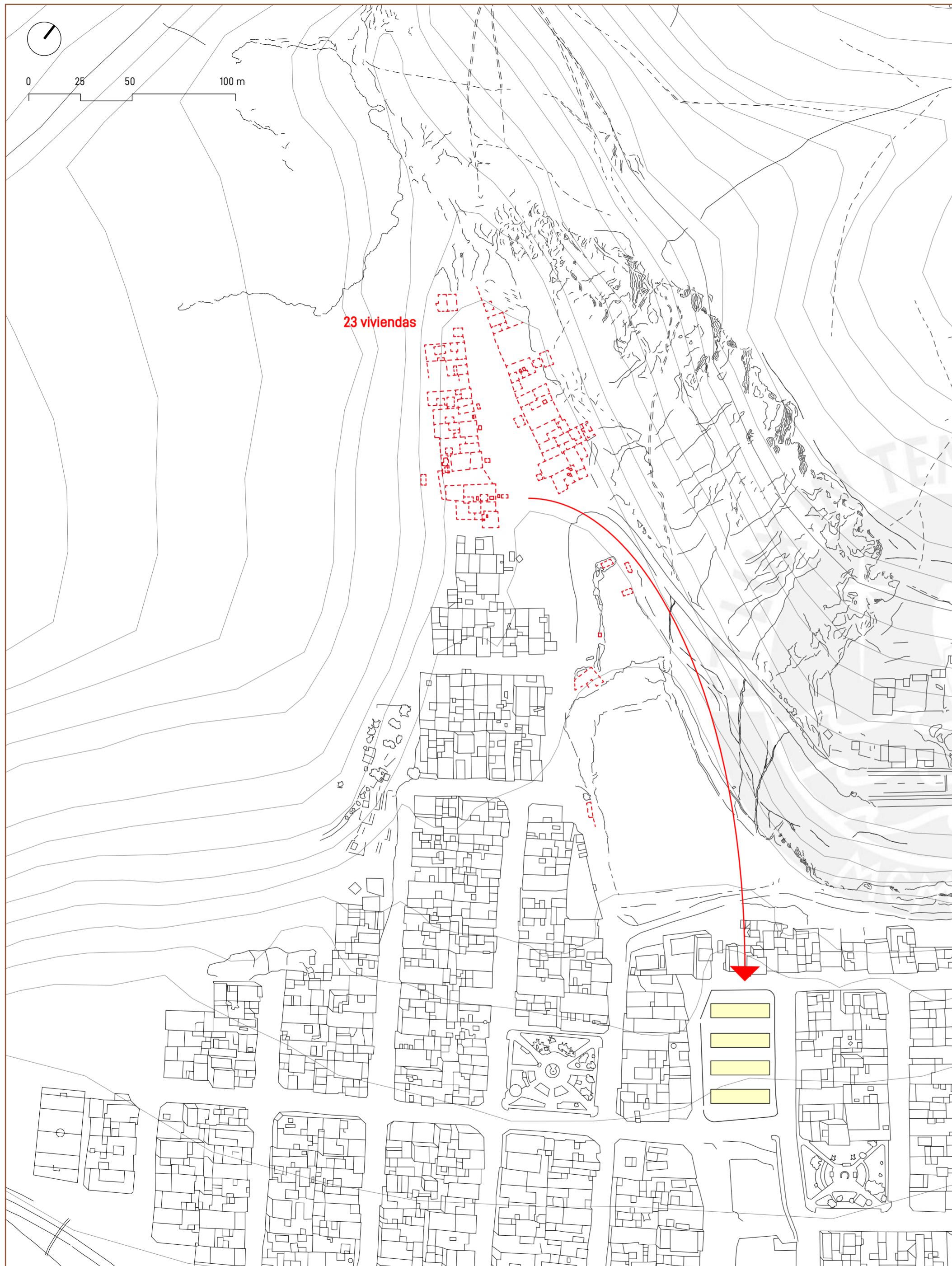


APROVECHAR

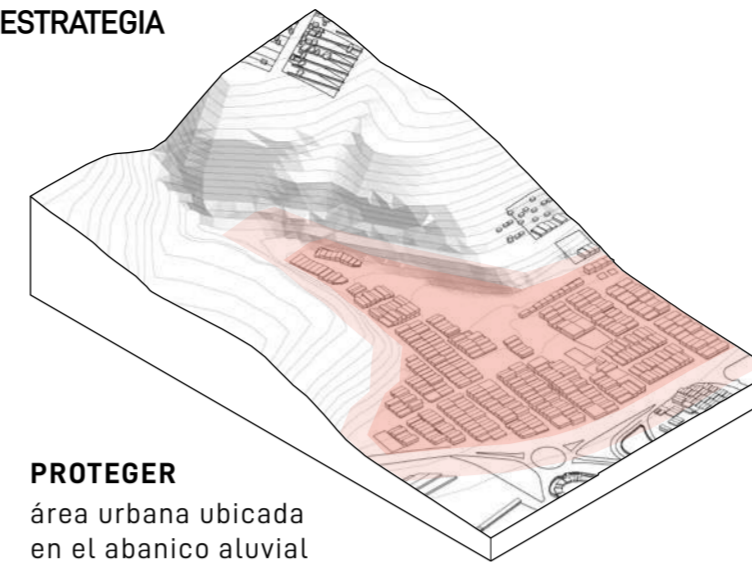
la infraestructura para generar cruces a través de la quebrada

fase previa

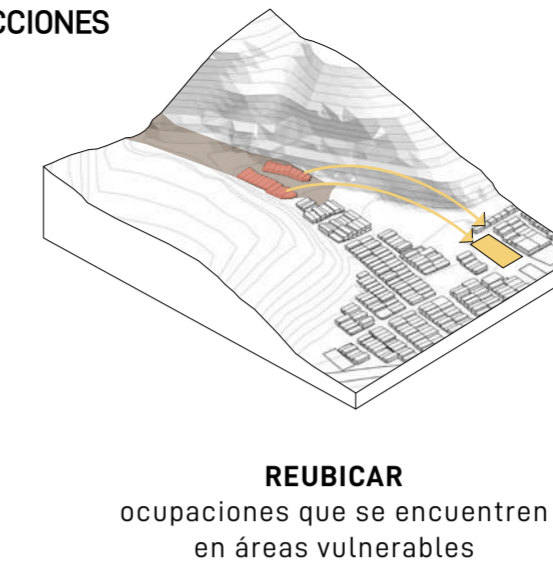
Además de actuar frente al huaico, existe la oportunidad de **complementar** estas infraestructuras con más de una función. Tras el análisis, se revela una necesidad real de conectar ambos lados de la quebrada por parte de los habitantes locales, por lo que se puede **aprovechar** la infraestructura para generar cruces seguros e incluso evitar futuros deslizamientos o derrumbes.



ESTRATEGIA



ACCIONES



Fuente: Imagen propia, 2022

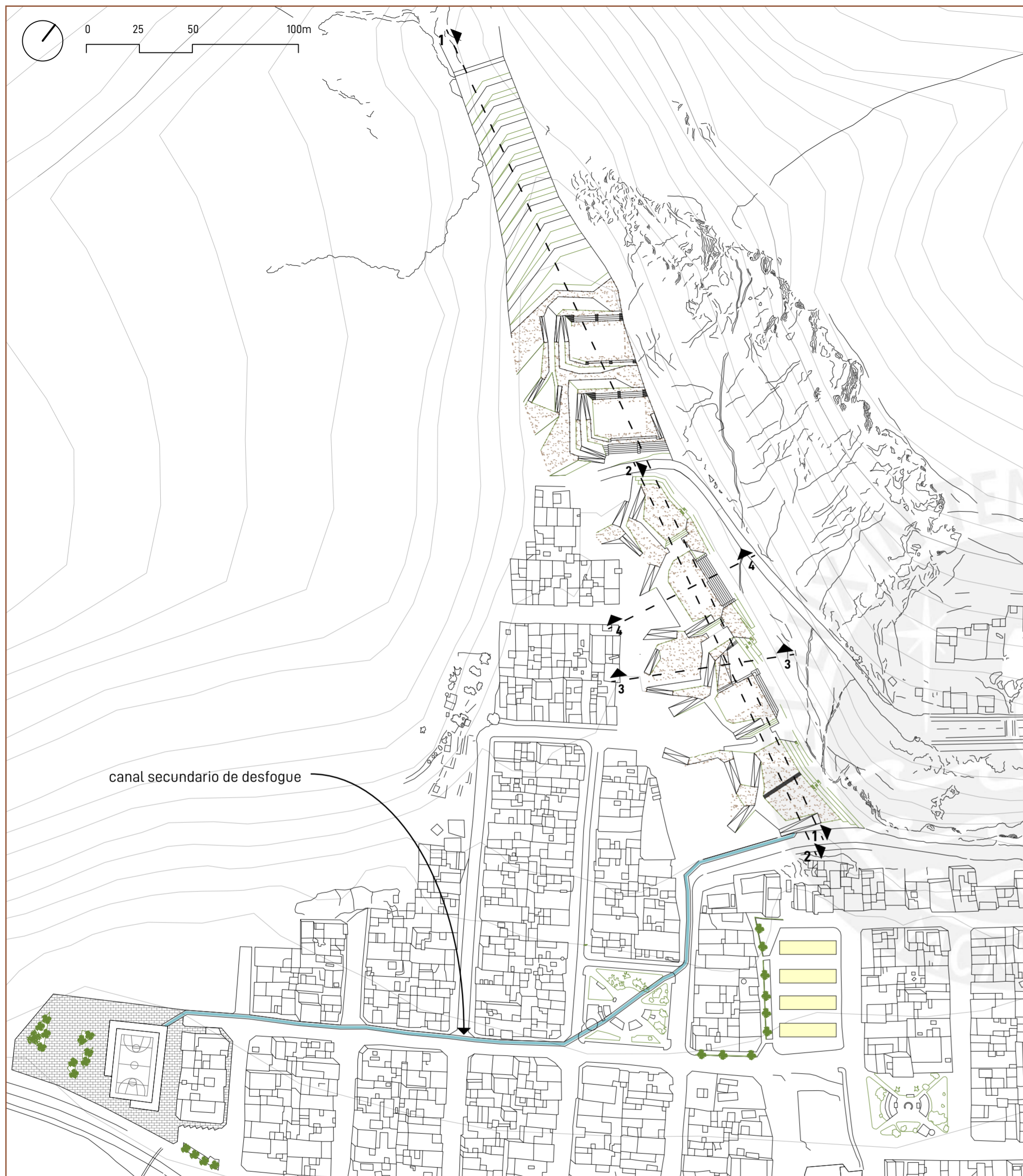
23 viviendas del Asentamiento Humano El Mirador tendrán que ser reubicadas debido a su vulnerabilidad extrema frente a un huaco. Fueron las que más daños registraron tras la activación de la Quebrada del Diablo.



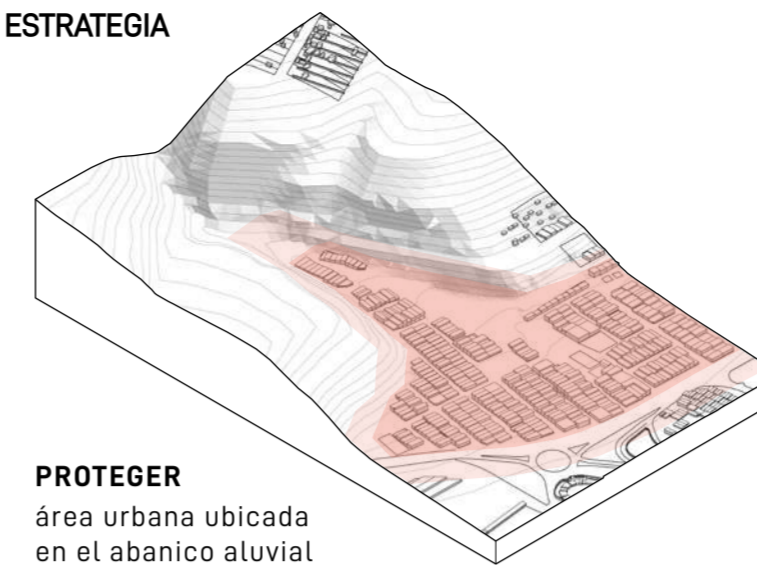
Fuente: Imagen propia, 2022

Se utiliza un espacio abandonado actualmente, zonificado como Zona de Recreación Pública (ZRP) que se compensará con la creación del parque.

Se obtendrán 48 departamentos en total, distribuidos en 4 bloques de 4 pisos cada uno, con los que además, se cubrirá cierta demanda actual de viviendas en la zona que genera una expansión urbana informal en el cerro Intiorko.

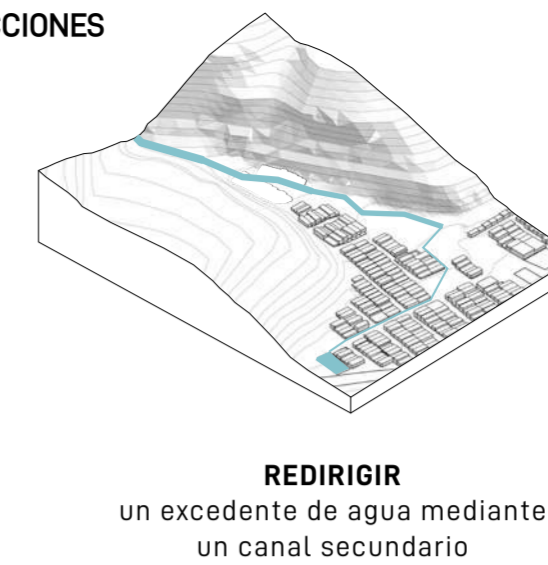


ESTRATEGIA

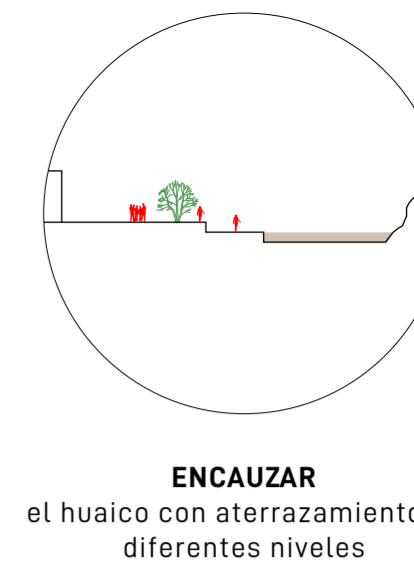


PROTEGER
 área urbana ubicada
 en el abanico aluvial

ACCIONES

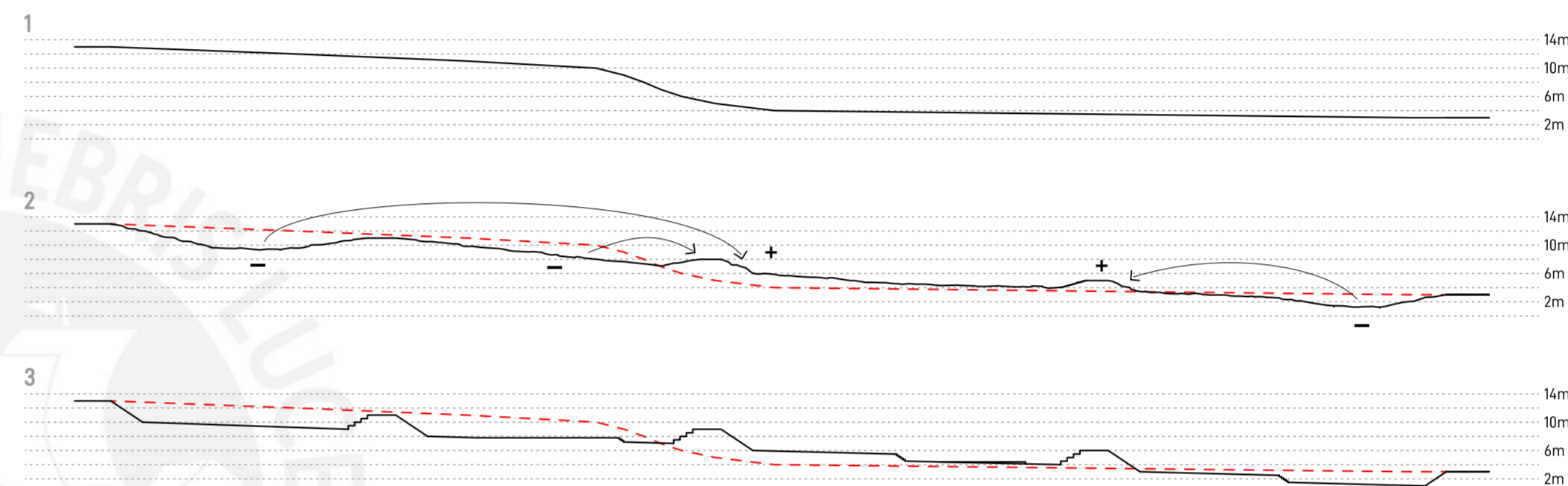


REDIRIGIR
 un excedente de agua mediante
 un canal secundario

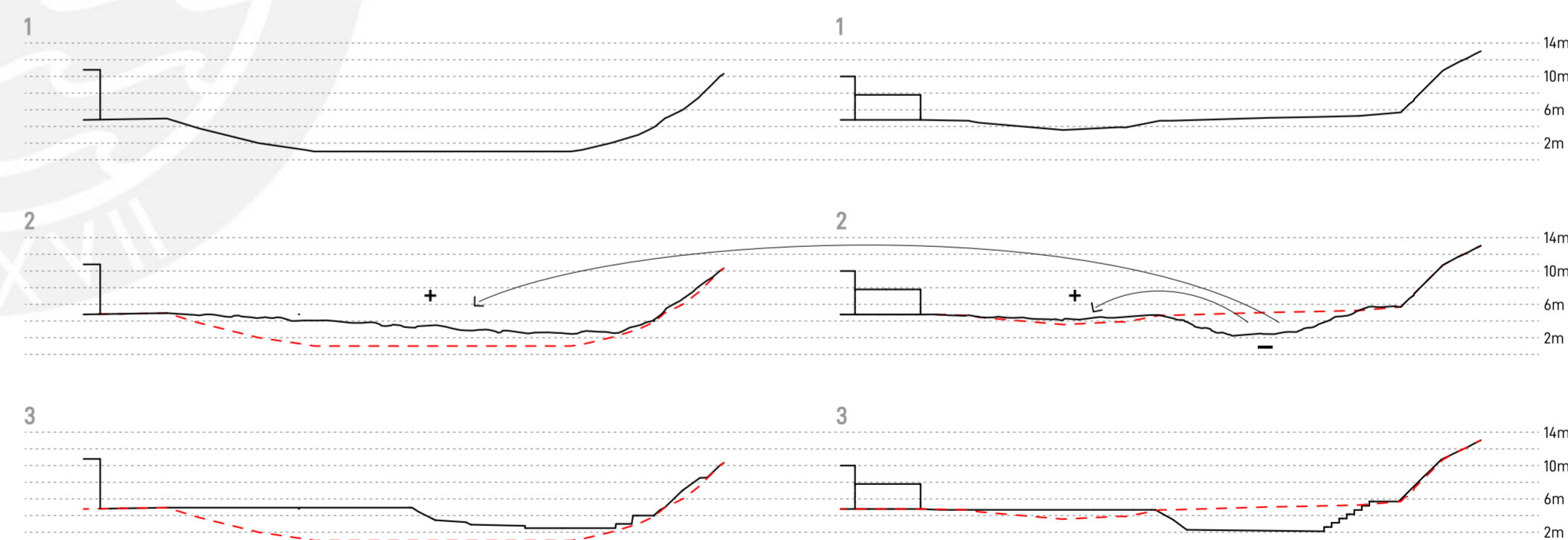


ENCAUZAR
 el huaico con aterrazamientos a
 diferentes niveles

FORMACIÓN DE ATERRAZAMIENTOS

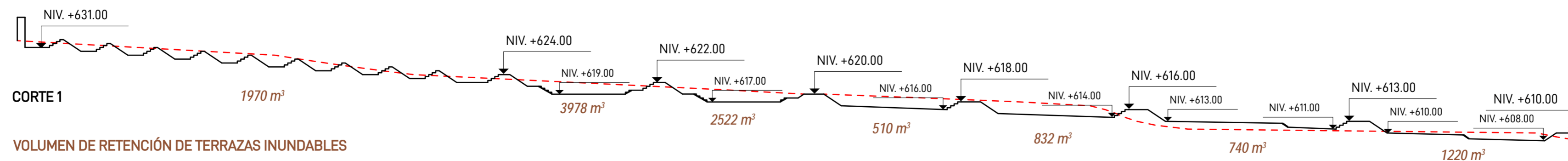


CORTE 2 - LONGITUDINAL

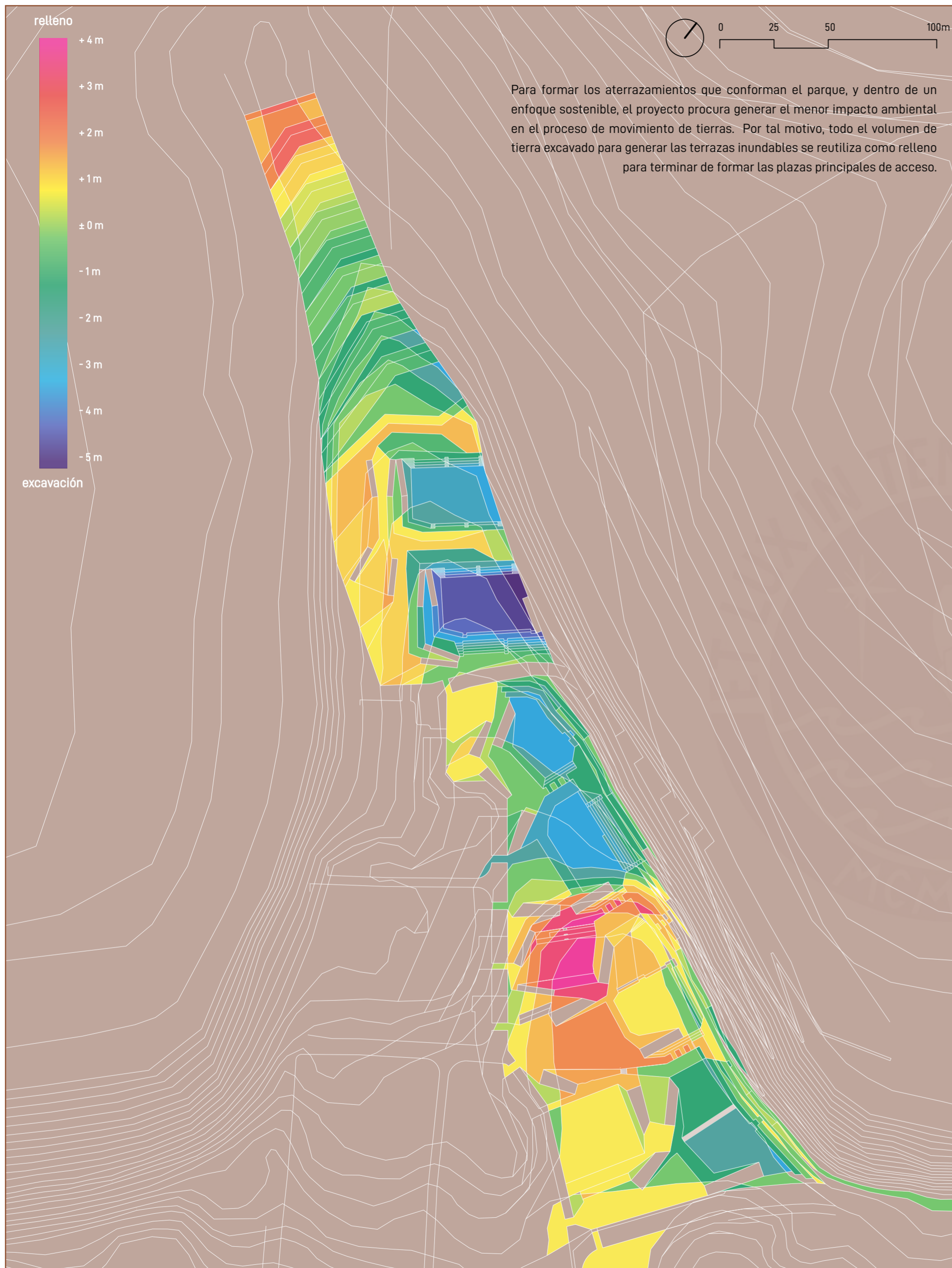


CORTE 3 - TRANSVERSAL

CORTE 4 - TRANSVERSAL



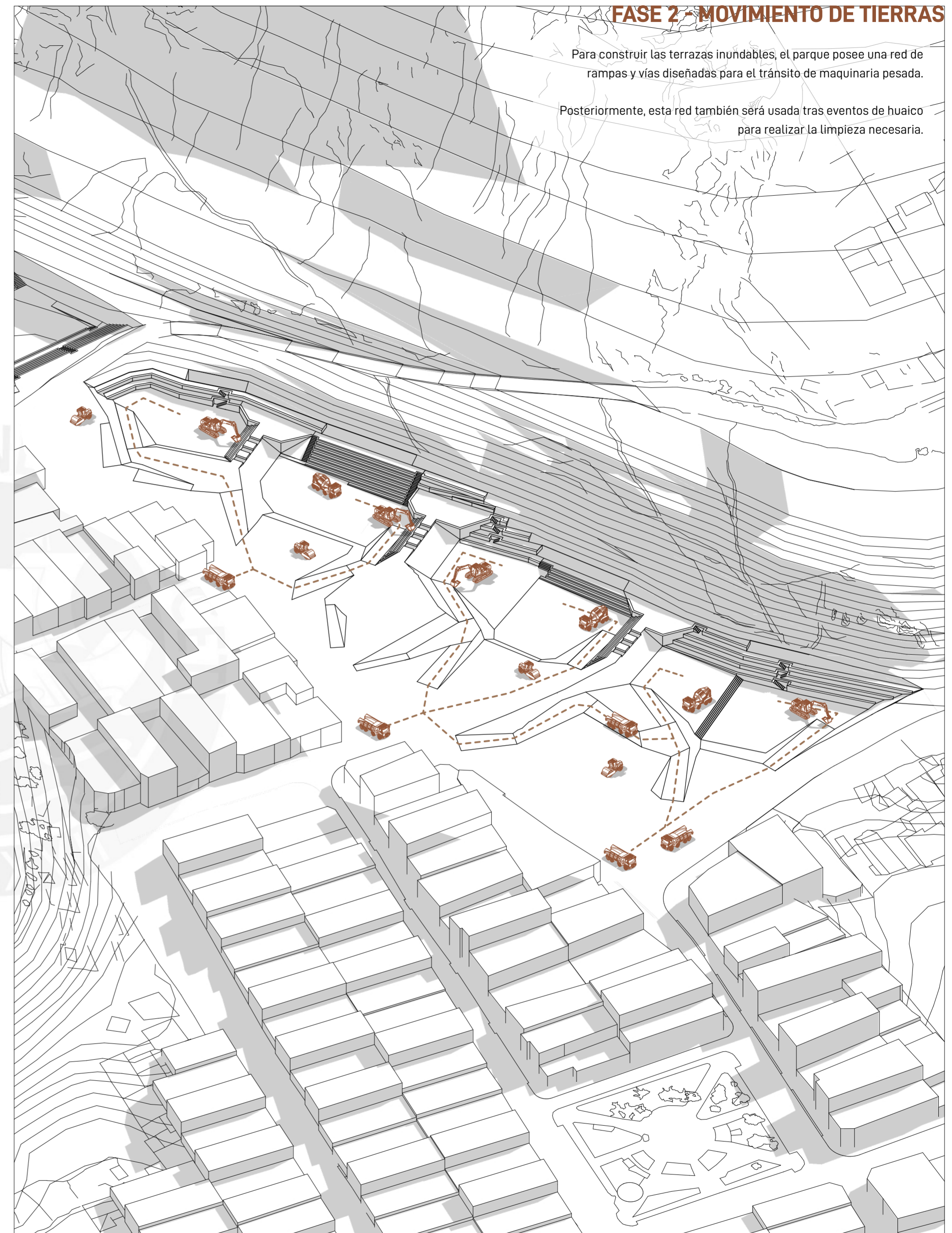
Las terrazas inundables serán capaces de ralentizar y retener un total de 11 772 m³ de sedimentos.

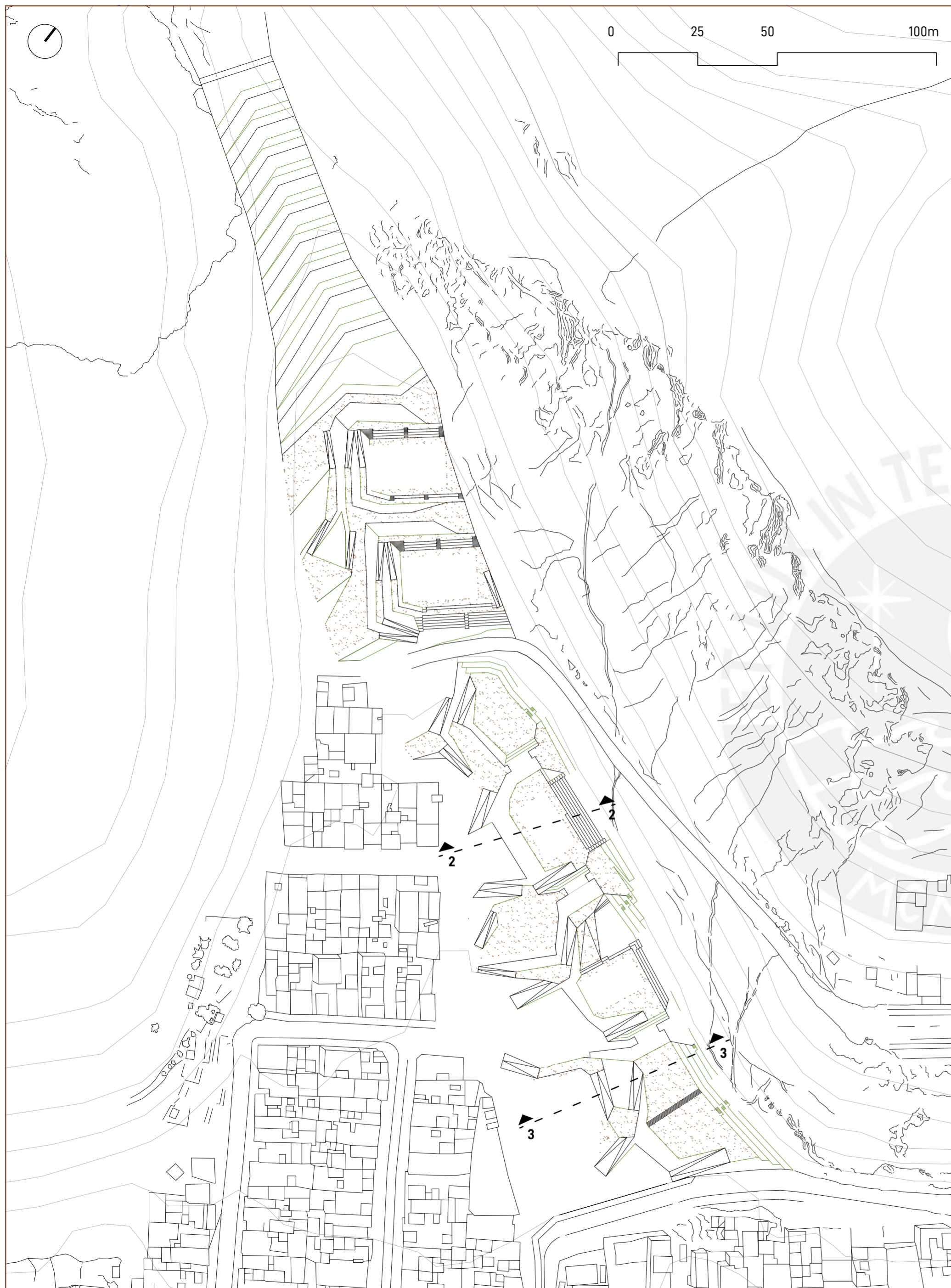


FASE 2 - MOVIMIENTO DE TIERRAS

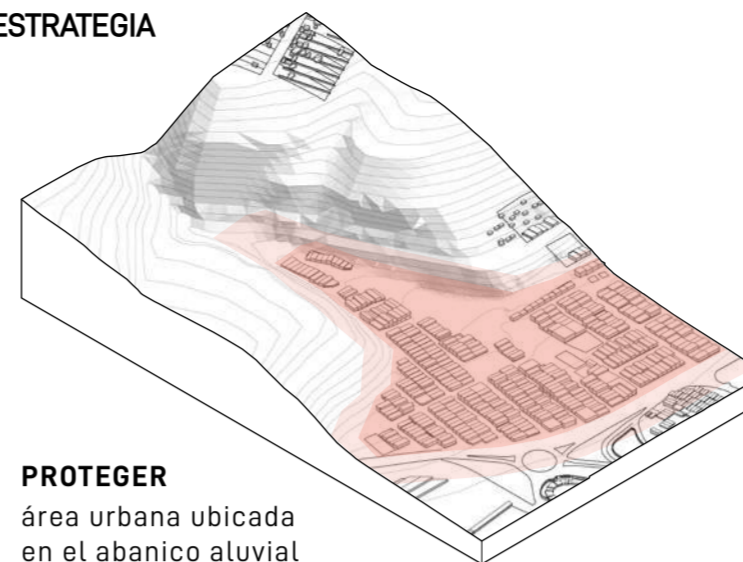
Para construir las terrazas inundables, el parque posee una red de rampas y vías diseñadas para el tránsito de maquinaria pesada.

Posteriormente, esta red también será usada tras eventos de huaco para realizar la limpieza necesaria.





ESTRATEGIA



PROTEGER
 área urbana ubicada
 en el abanico aluvial

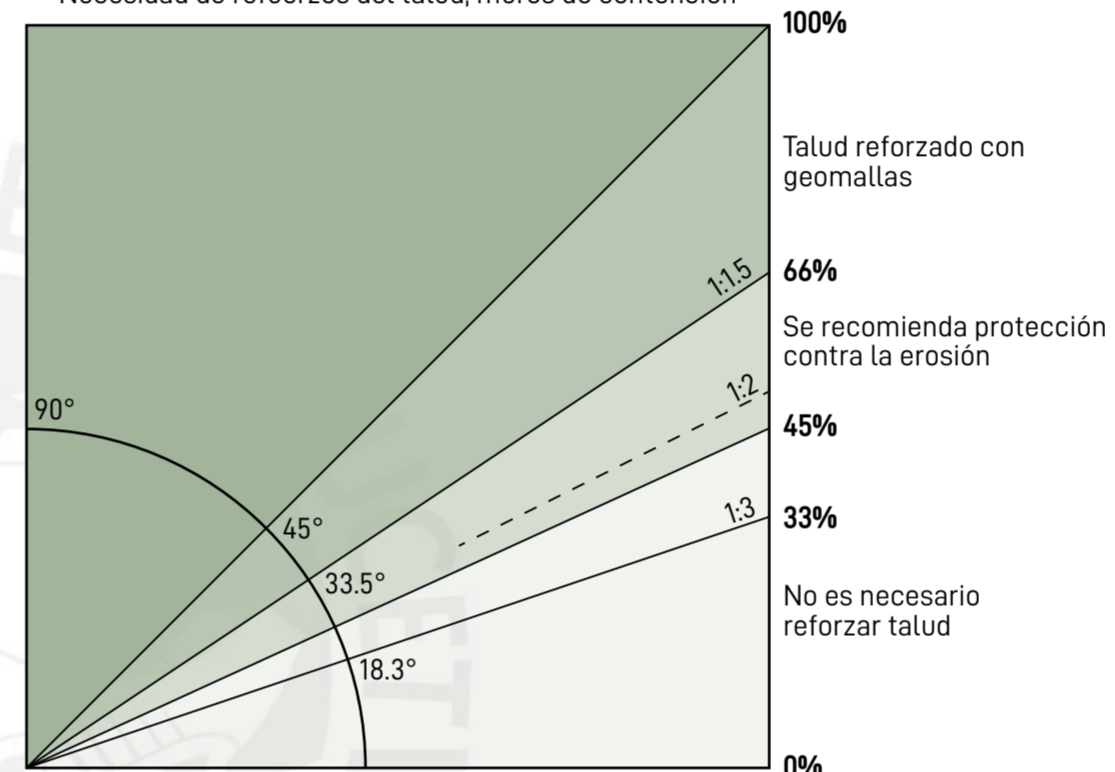
ACCIONES



ADECUAR
 la ladera con intervenciones
 para fortalecerla

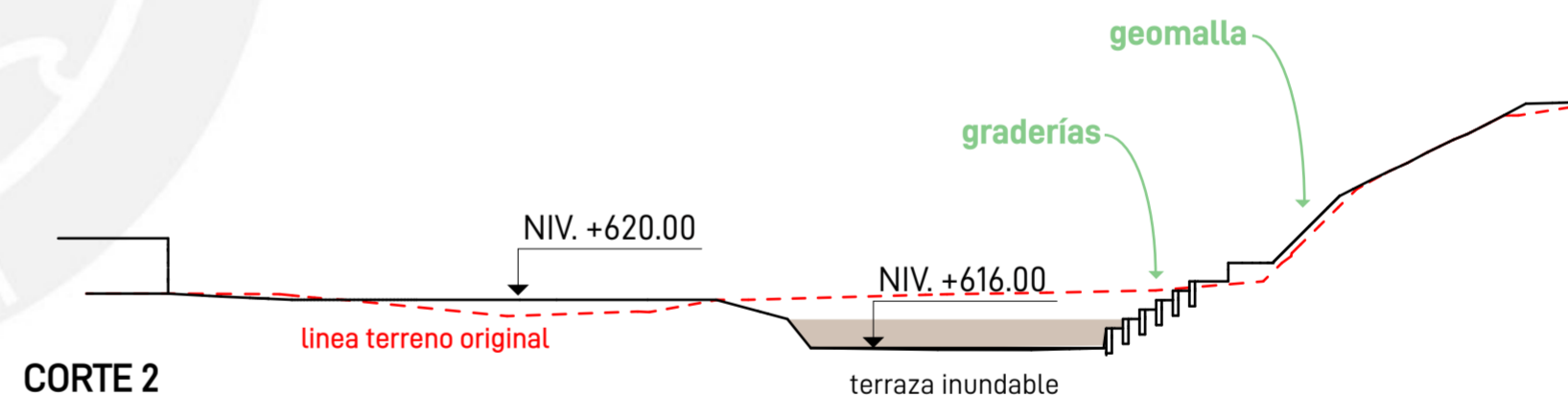
ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

Necesidad de refuerzos del talud, muros de contención

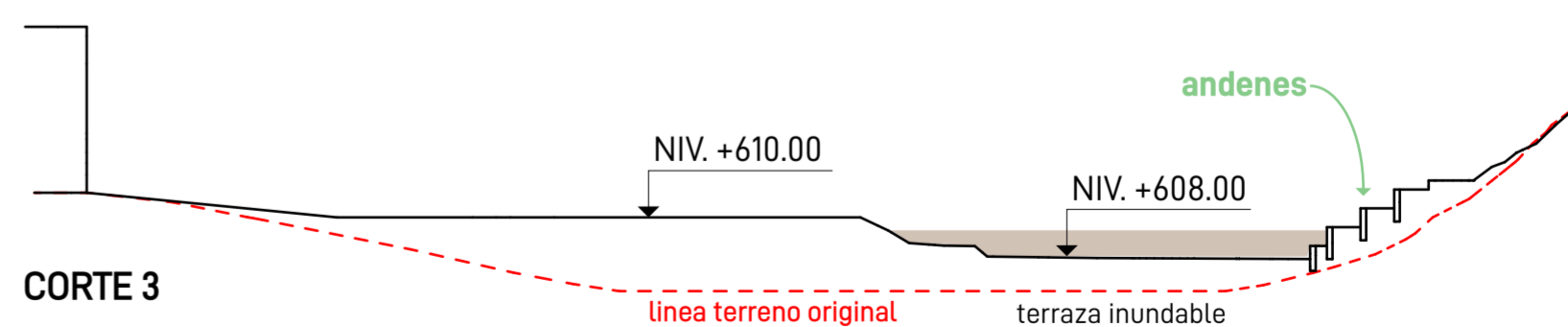


Al realizar las excavaciones, se refuerza el talud mediante andenes o graderías dependiendo del futuro espacio público que albergue.

Se emplean geomallas para estabilizar el talud del cerro existente (cuando su pendiente no excede los 45°).



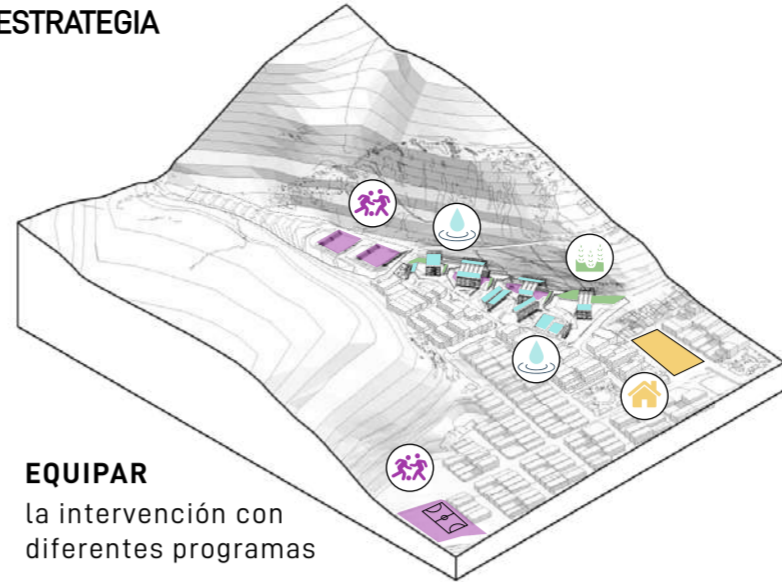
CORTE 2



CORTE 3

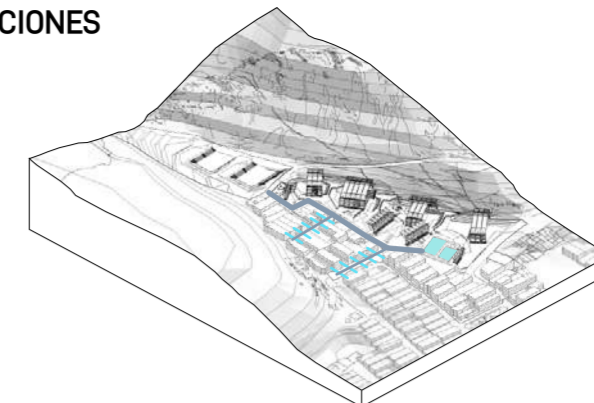


ESTRATEGIA



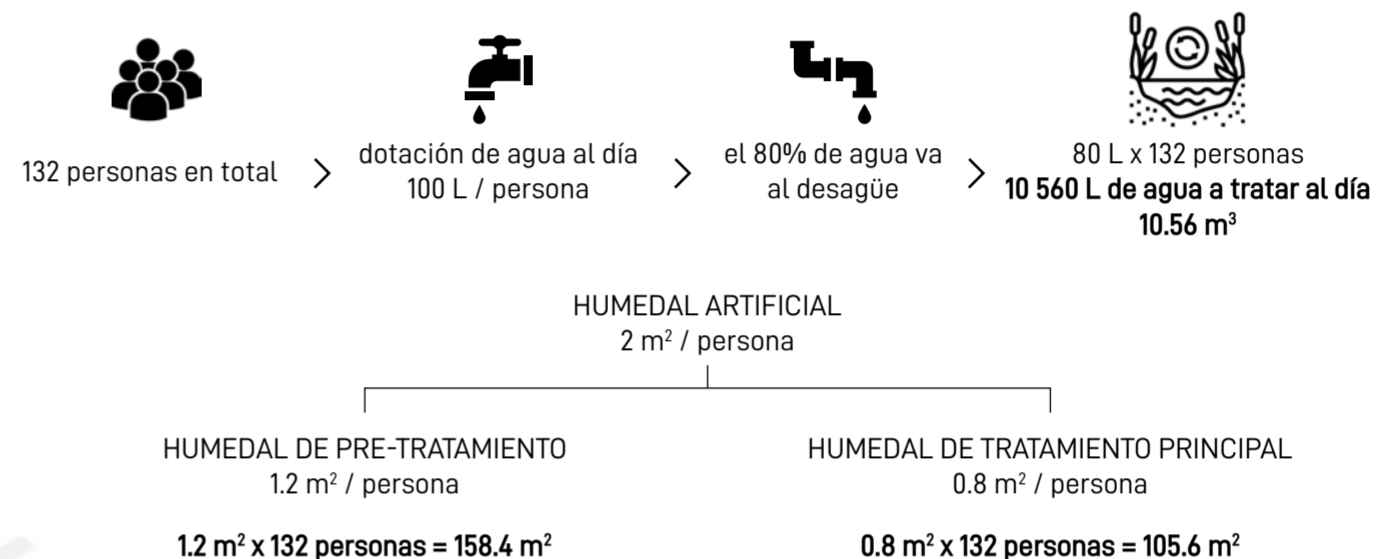
EQUIPAR
la intervención con diferentes programas

ACCIONES



DOTAR
de una nueva red de tratamiento de aguas negras y grises

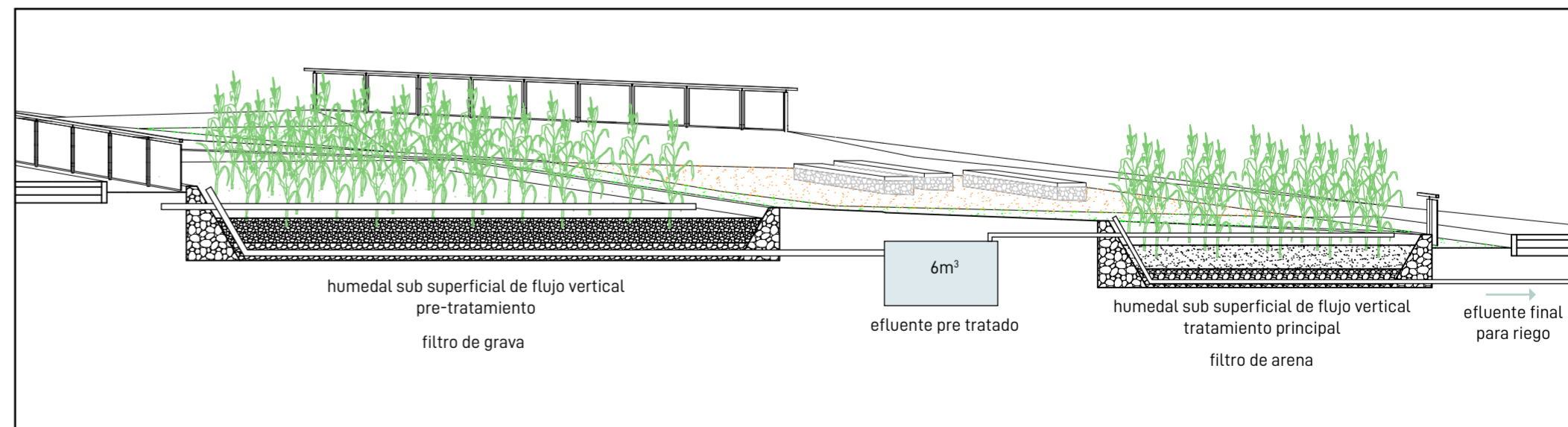
SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES



Con el PRE-TRATAMIENTO, el agua será apta para riego. Los lodos se estabilizan y posteriormente se usan como abono. El proceso no emite malos olores.
Con el TRATAMIENTO PRINCIPAL, el agua será apta para riego tecnificado con una efectividad del 99% de depuración.

Debido a la presencia de la neblina "camanchaca", solo es necesaria una lámina de riego de 2mm.

10 560 L de agua tratada al día
10.56 m³ / 0.002m = 5 280 m² de nuevas áreas verdes posibles



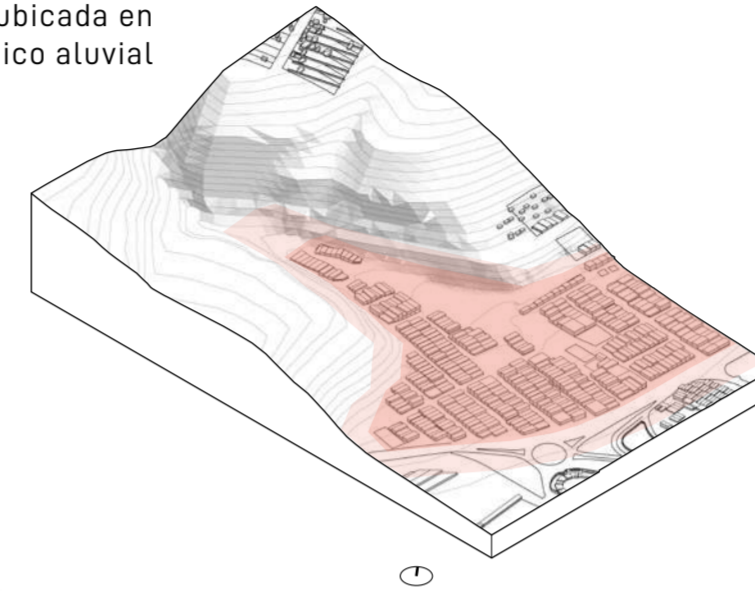
Se decide desarrollar la intervención en la zona baja de la quebrada cuya situación frente a ambos extremos hídricos es de mayor preocupación.
Se aplicarán estrategias replicables en los otros sectores con acciones particulares que responden al contexto inmediato.

ESTRATEGIAS PROYECTUALES



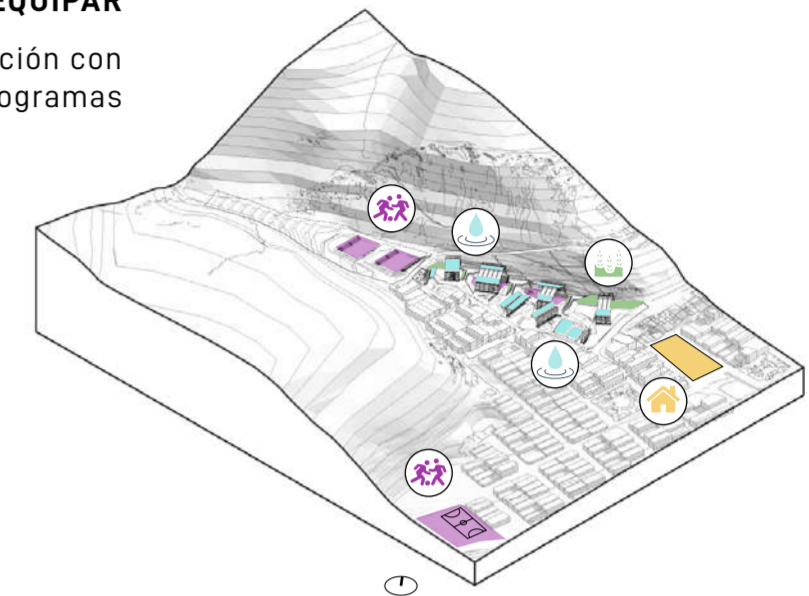
PROTEGER

área urbana ubicada en el abanico aluvial



EQUIPAR

la intervención con diferentes programas

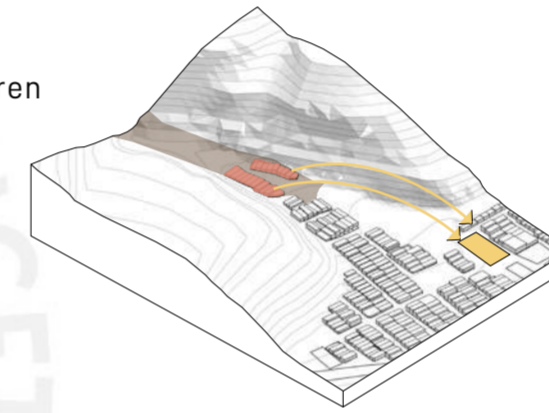


ACCIONES

REUBICAR

ocupaciones que se encuentren en áreas vulnerables

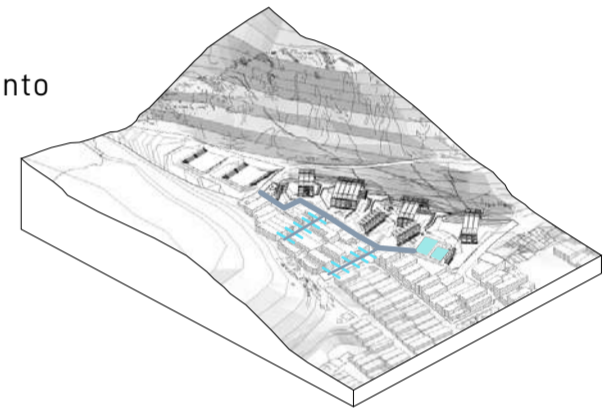
fase 1



DOTAR

de una nueva red de tratamiento de aguas negras

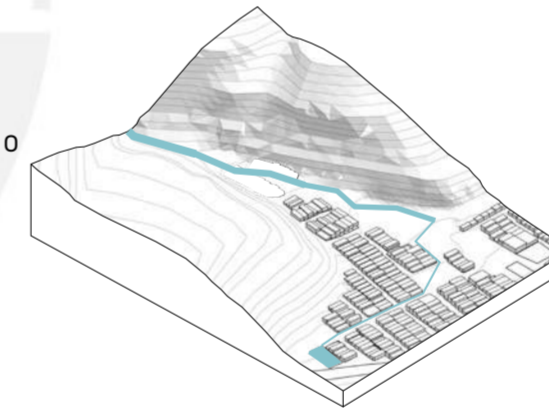
fase 2



REDIRIGIR

un excedente de agua mediante un canal secundario

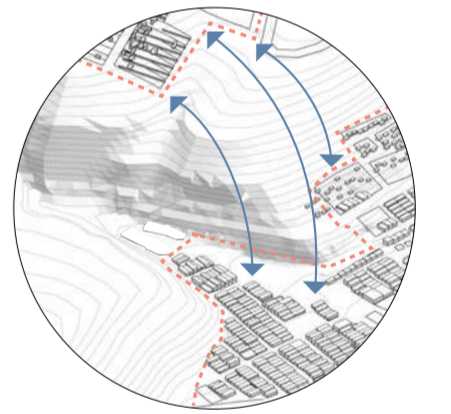
fase 2



INTEGRAR

la expansión urbana con la ciudad consolidada

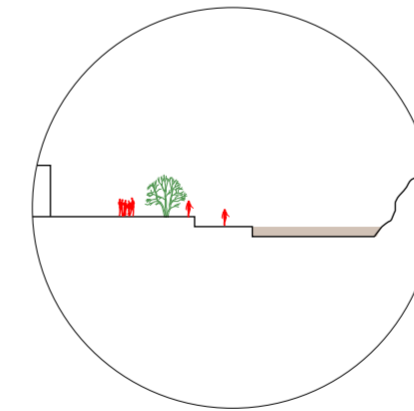
fase 3



ENCAUZAR

el huaico con aterrazamientos a diferentes niveles

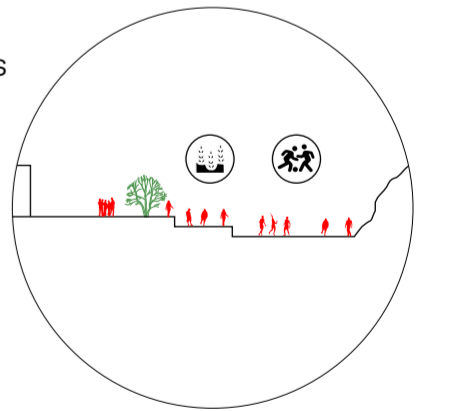
fase 2



ALBERGAR

actividades culturales y recreativas en las diferentes terrazas

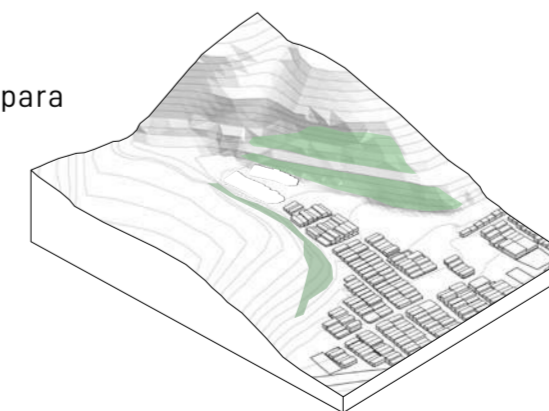
fase 3



ADECUAR

la ladera con intervenciones para fortalecerla

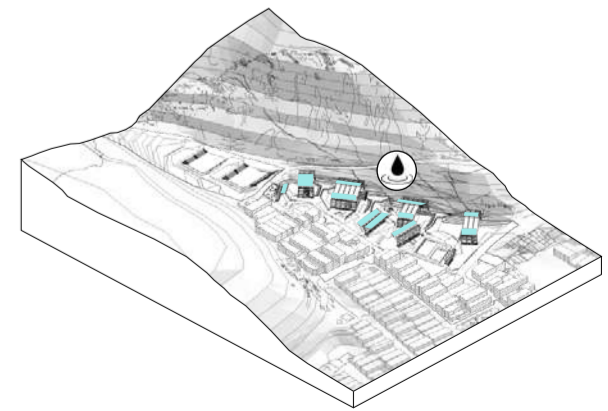
fase 2

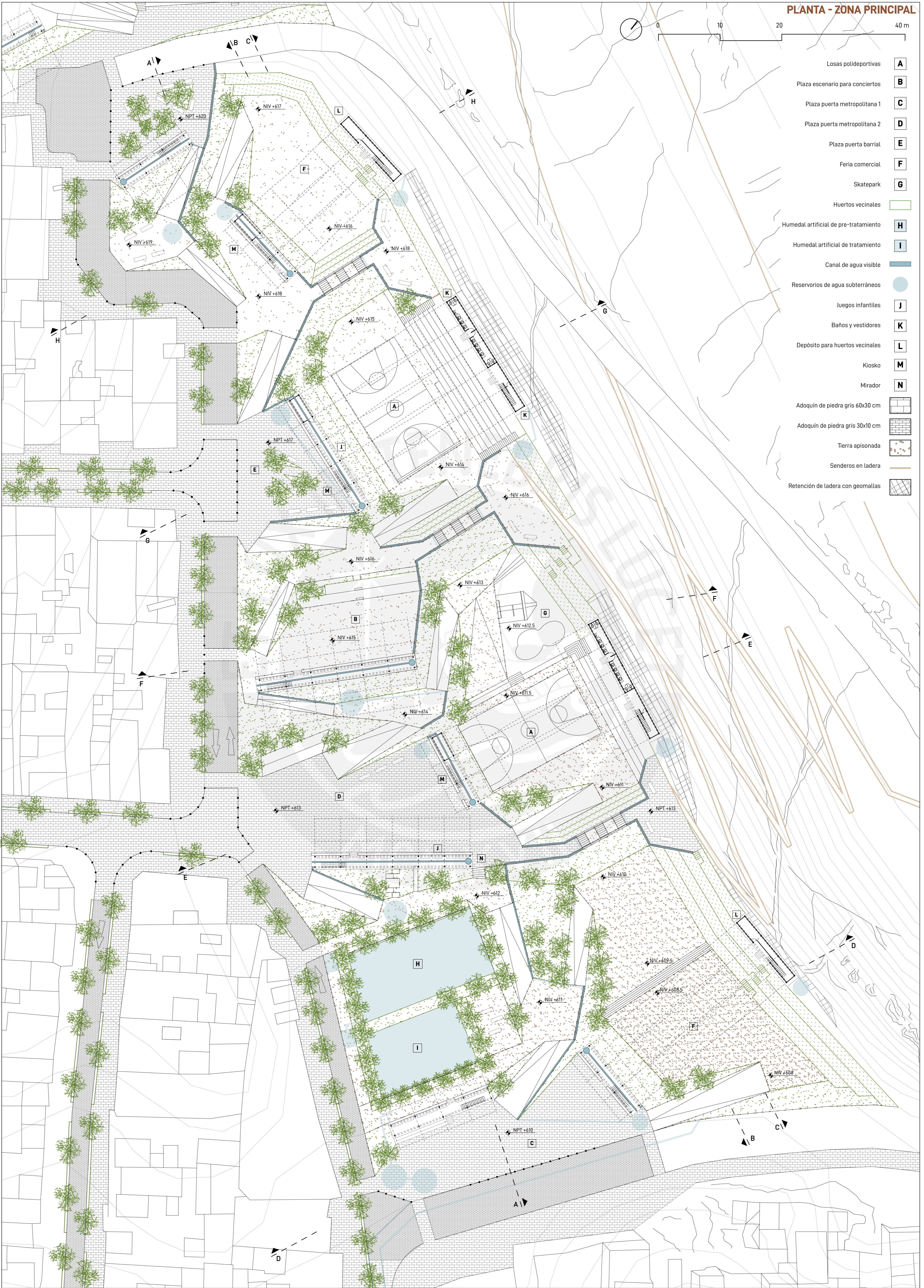


IMPLEMENTAR

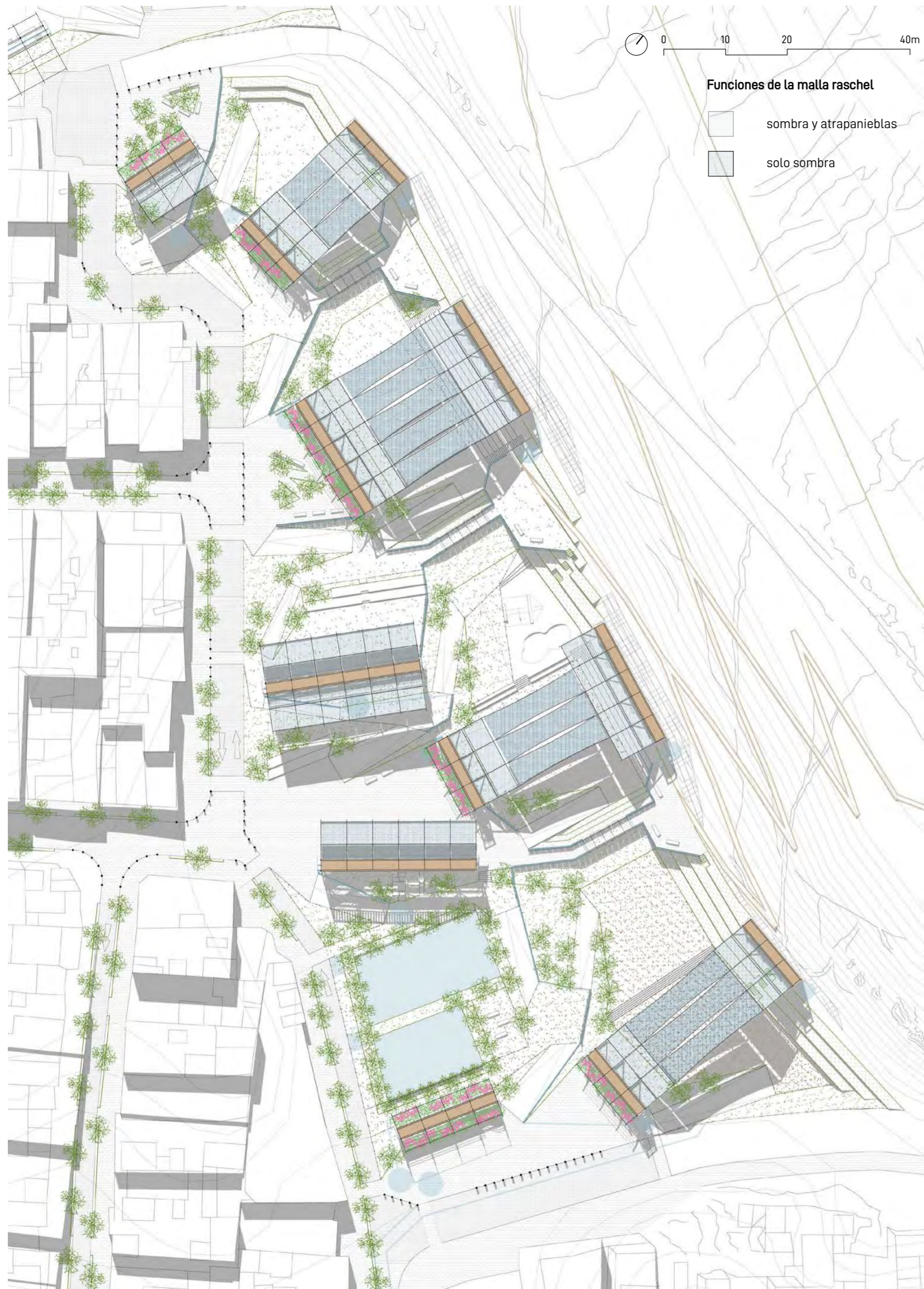
una red de dispositivos atrapanieblas

fase 3



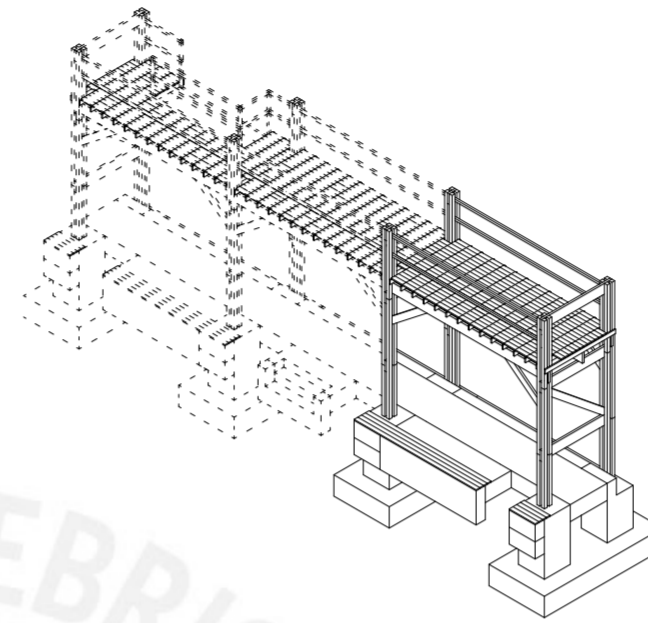


- Losas polideportivas **A**
- Plaza escenario para conciertos **B**
- Plaza puerta metropolitana 1 **C**
- Plaza puerta metropolitana 2 **D**
- Plaza puerta barrial **E**
- Feria comercial **F**
- Skatepark **G**
- Huertos vecinales **L**
- Humedal artificial de pre-tratamiento **H**
- Humedal artificial de tratamiento **I**
- Canal de agua visible **M**
- Reservorios de agua subterráneos **J**
- Juegos infantiles **K**
- Baños y vestidores **L**
- Depósito para huertos vecinales **M**
- Kiosko **N**
- Mirador **N**
- Adoquín de piedra gris 60x30 cm
- Adoquín de piedra gris 30x10 cm
- Tierra apisonada
- Senderos en ladera
- Retención de ladera con geomallas

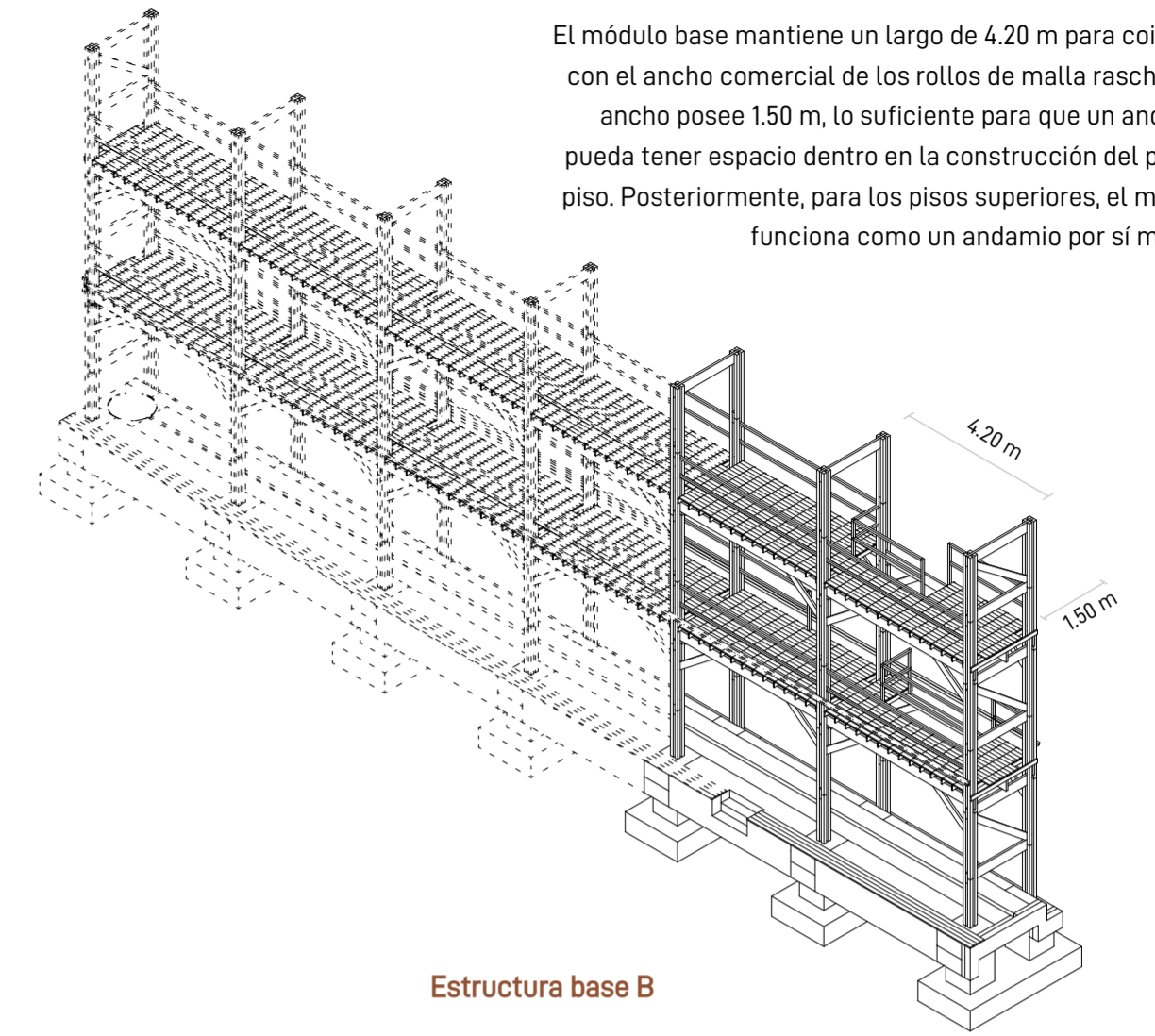


ESTRUCTURAS BASE

Para complementar y potenciar los usos del parque, se instalan dispositivos modulares que tendrán diferentes funciones. Los dos tipos de estructuras básicas permiten repetir el módulo dependiendo del contexto que lo rodea. Además, se pueden emplear los elementos complementarios para conseguir diferentes variaciones.



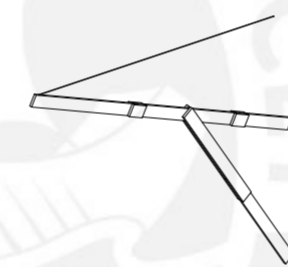
Estructura base A



Estructura base B

El módulo base mantiene un largo de 4.20 m para coincidir con el ancho comercial de los rollos de malla raschel. De ancho posee 1.50 m, lo suficiente para que un andamio pueda tener espacio dentro en la construcción del primer piso. Posteriormente, para los pisos superiores, el módulo funciona como un andamio por sí mismo.

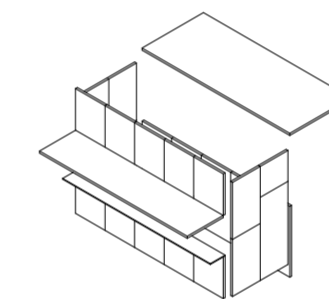
ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS



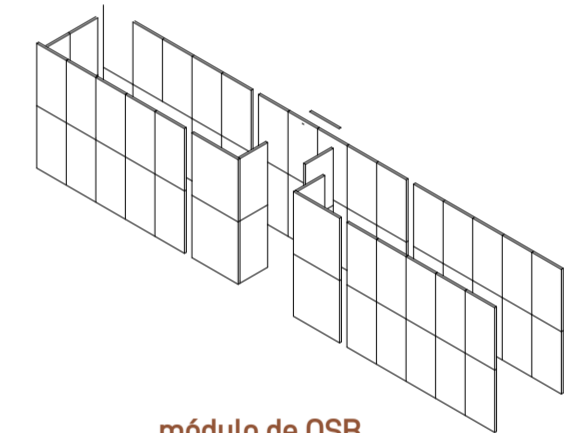
soporte malla raschel



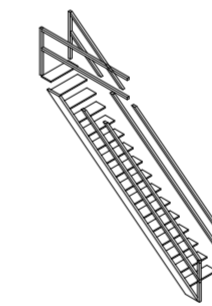
soporte planta trepadora



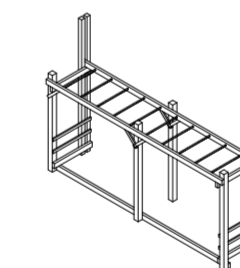
módulo plegable (kiosko)



módulo de OSB (depósitos y baños)



escalera

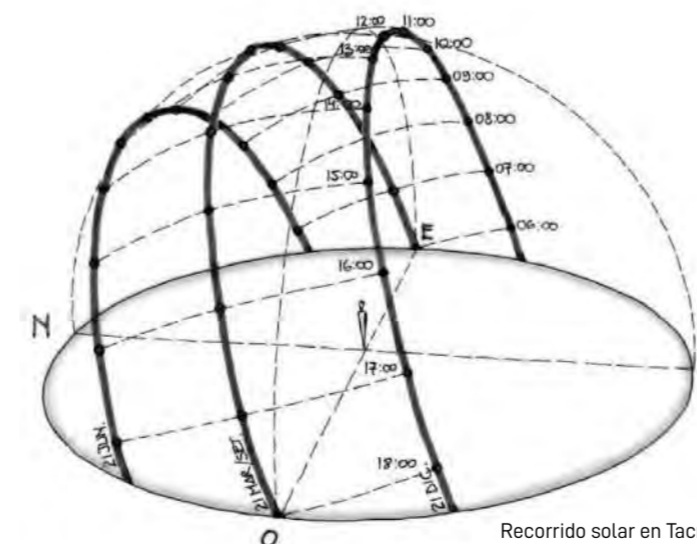


pasamanos



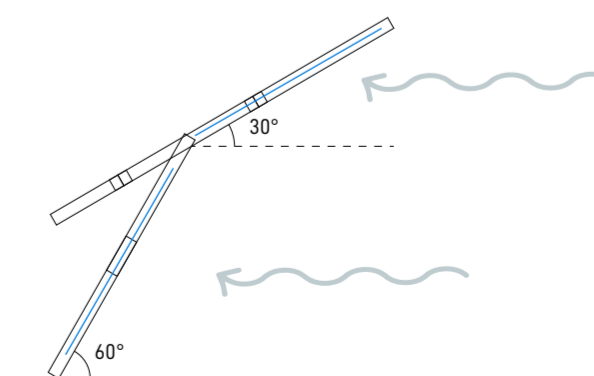
columnpios

AGUA Y SOMBRA



Debido a su latitud (-18°), Tacna es la ciudad peruana cuyo recorrido solar se acerca más al cenit. Esta particularidad se da a partir del solsticio de verano e implica una mayor incidencia de rayos solares y niveles de radiación UV extremadamente altos.

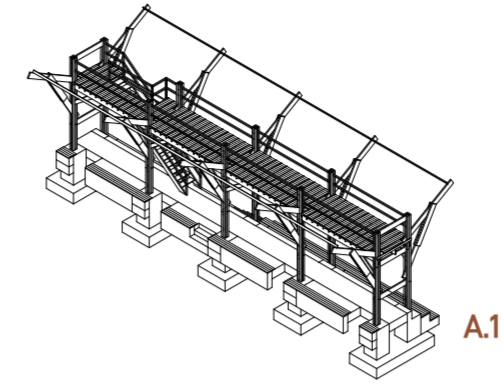
Frente a la necesidad de proporcionar grandes áreas de sombra, y a comparación de los atrapanieblas tradicionales, un grado de inclinación en la malla raschel podría incrementar su eficiencia de captación de nieblas al tomar en cuenta factores aerodinámicos y la resistencia del material.



Se utiliza malla raschel de color azul ya que ofrece un mayor porcentaje de sombra sin afectar la calidad lumínica que debe recibir la vegetación.

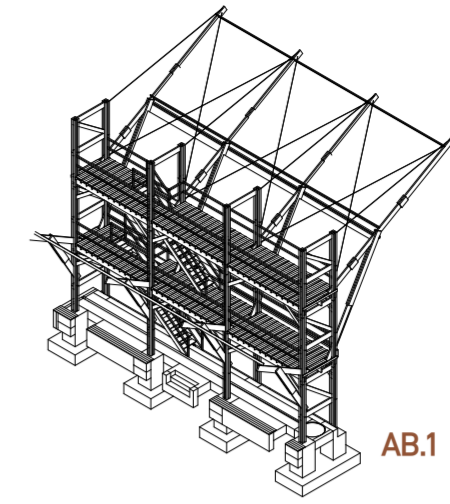


CATÁLOGO DE DISPOSITIVOS



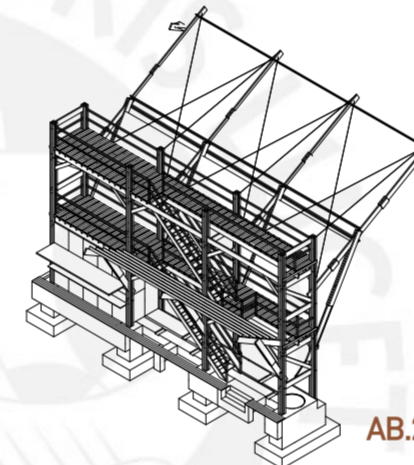
Sombreadero doble de bugambillas

Ubicado en la puerta metropolitana 1, define el inicio del parque y enmarca los límites entre la plaza y el área de humedales artificiales. Para generar sombra, se utilizan plantas trepadoras comunes en la región como las bugambillas. Se prefiere mantener los dispositivos atrapanieblas en cotas más altas del cerro.

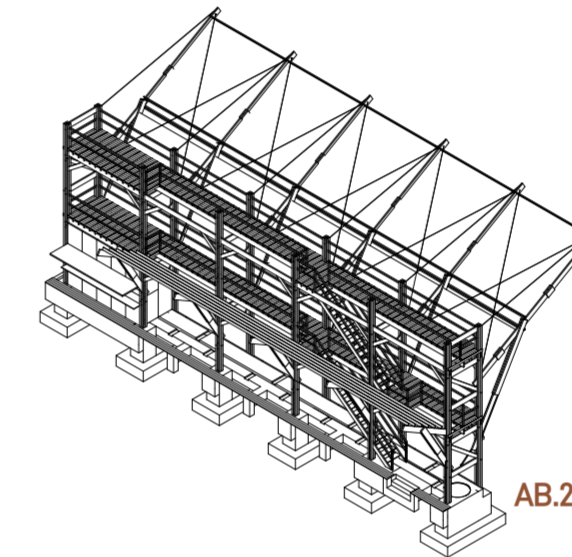


Sombreadero atrapaniebla

Ubicados en puertas de carácter barrial. Por un lado, ofrece sombra a una escala menor mediante bugambillas y por el otro, aprovecha la malla raschel para captar nieblas y generar sombra en espacios más amplios.



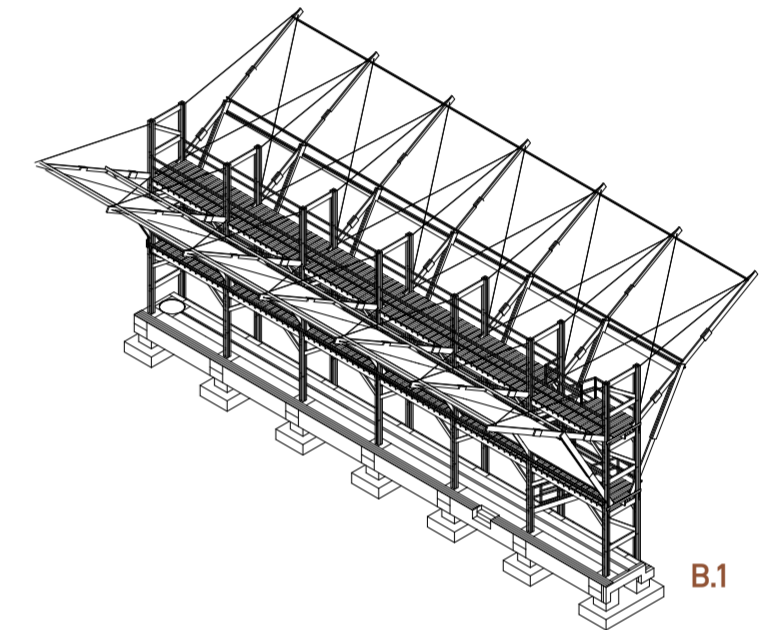
AB.2



AB.2

Kioskos

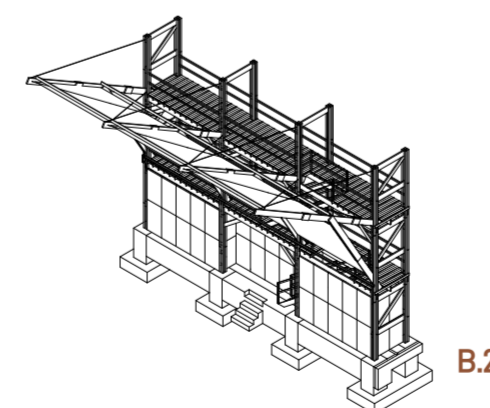
Ubicados en las puertas del parque, albergan kioscos en el primer piso ya que están próximos a las áreas deportivas y a los accesos desde la ciudad. Son los soportes para poder extender la sombra a las losas deportivas. Su longitud varía dependiendo de su ubicación dentro del parque y de su entorno inmediato.



B.1

Atrapaniebla doble

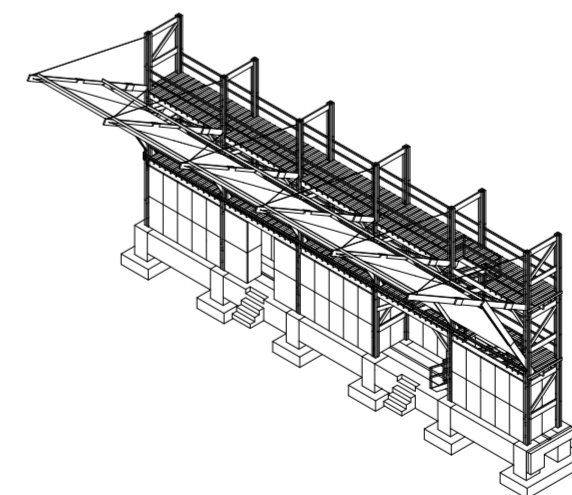
Debido a su ubicación central, se aprovecha el dispositivo para captar nieblas tanto en la brisa diurna (de valle) como en la nocturna (de montaña). Además, establece el límite entre el anfiteatro urbano y la puerta metropolitana 2.



B.2

Depósito para huertos vecinales

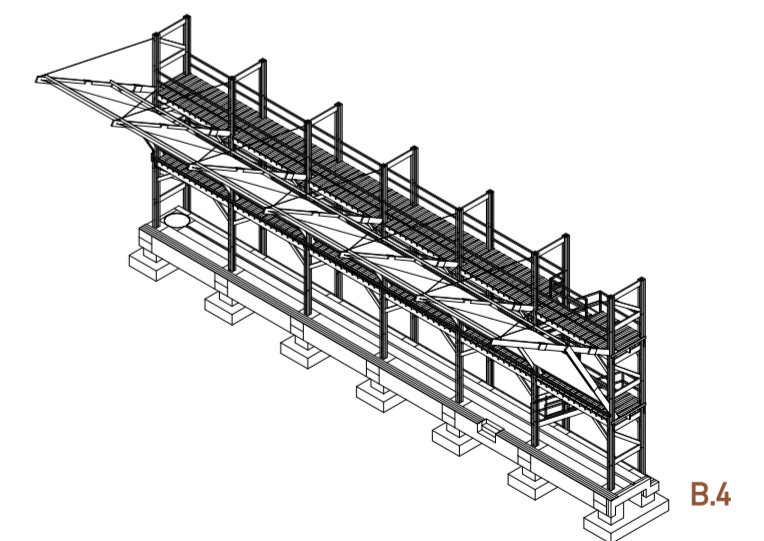
Ubicados en las zonas de huertos vecinales en andenería. Contienen depósitos para almacenar semillas, herramientas, cosechas, etc.



B.3

Baños y vestidores

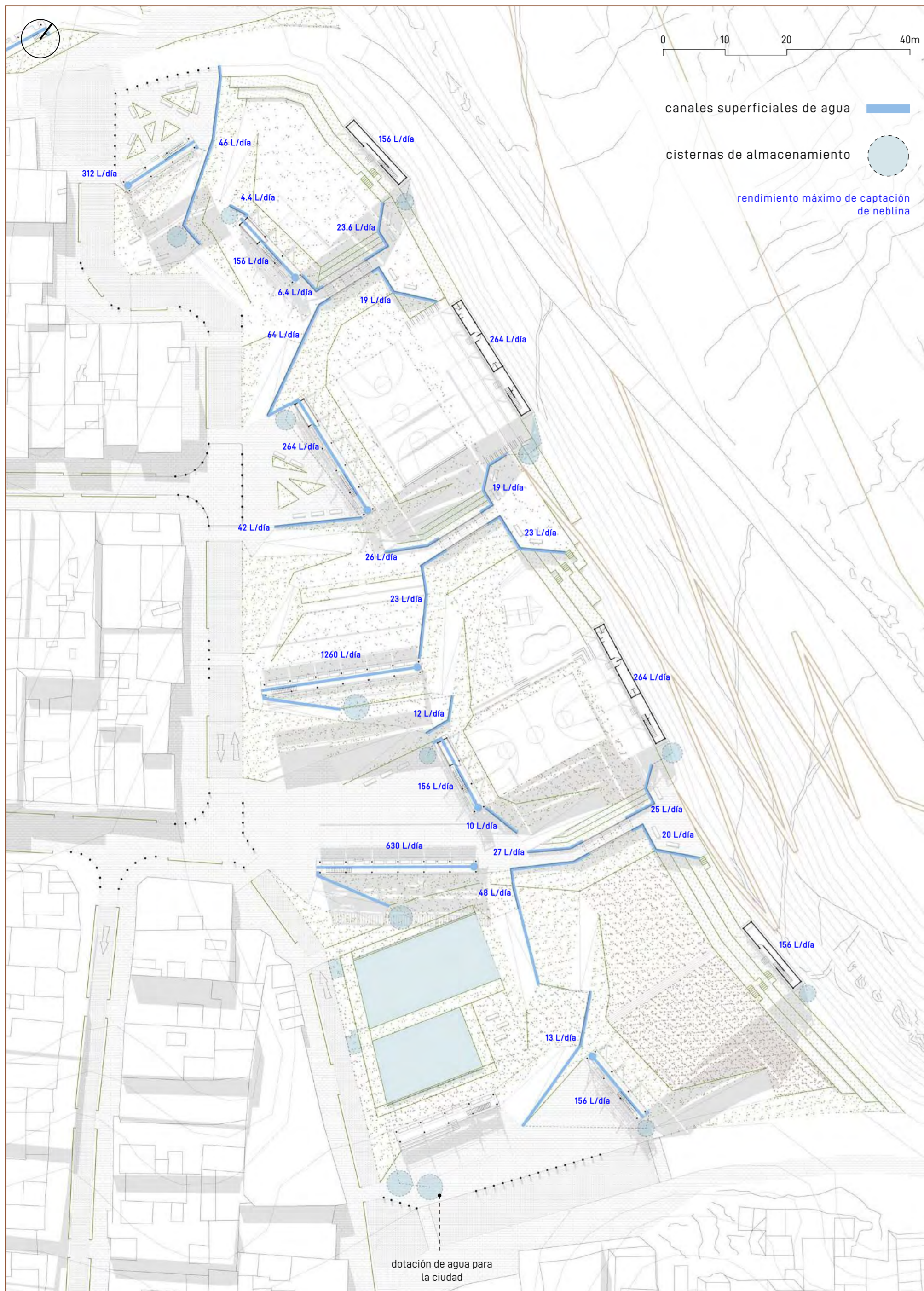
Ubicados en las losas deportivas, ofrecen sombra a las graderías y contienen baños, vestidores y un depósito.



B.4

Juegos infantiles, Mirador

Ubicado en la plaza metropolitana 2, la complementa y la potencia ofreciendo juegos infantiles en el primer nivel como pasamanos, columpios y toboganes. Además, se aprovecha su altura para generar un mirador hacia la ciudad en el tercer nivel.

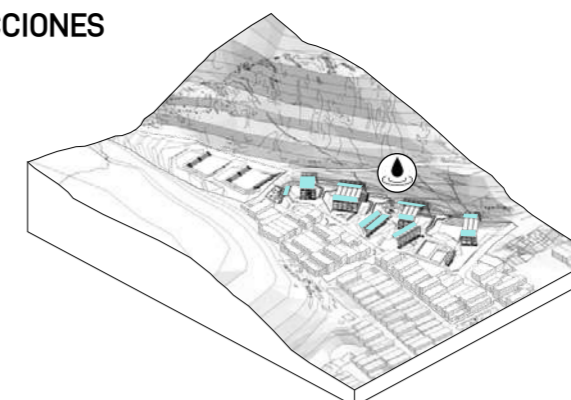


ESTRATEGIA

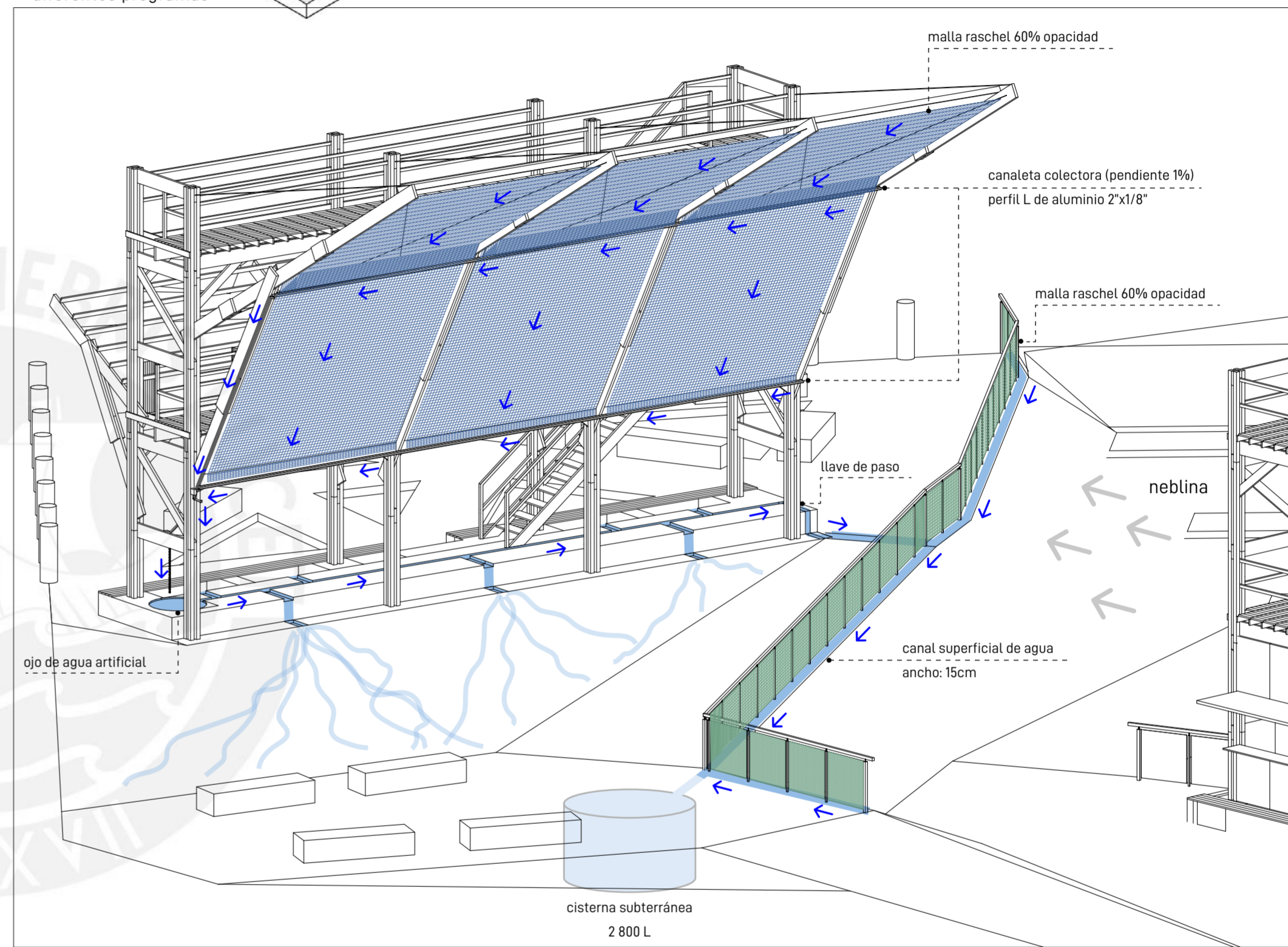


EQUIPAR
la intervención con diferentes programas

ACCIONES



IMPLEMENTAR
una red de dispositivos atrapanieblas



El sistema de atrapanieblas del consiste en los dispositivos sombreaderos y en las barandas que se distribuyen a lo largo del parque. Se busca generar una experiencia mediante el recorrido del agua captada. Primero, la neblina camanchaca impactará contra las mallas raschel de los dispositivos sombreaderos. Dos canaleta de aluminio permitirán recolectar las gotas condensadas y las dirigirán hacia un extremo del dispositivo. En la base, el agua será recibida por un ojo de agua artificial mediante una cadena metálica para luego el agua transitar a lo largo del dispositivo. Si se desea regar las áreas verdes colindantes, se podrá activar la llave de paso para retener el agua. Posteriormente, el recorrido se une a los canales superficiales que distribuyen en el agua captada por las barandas para, finalmente, llegar a una cisterna subterránea.

El sistema posee un rendimiento máximo de captación de 3 litros por metro cuadrado de malla raschel al día. En total, los atrapanieblas podrán generar un máximo de 4225.4 L/día.

SISTEMAS ALTERNATIVOS DE SUMINISTRO DE AGUA

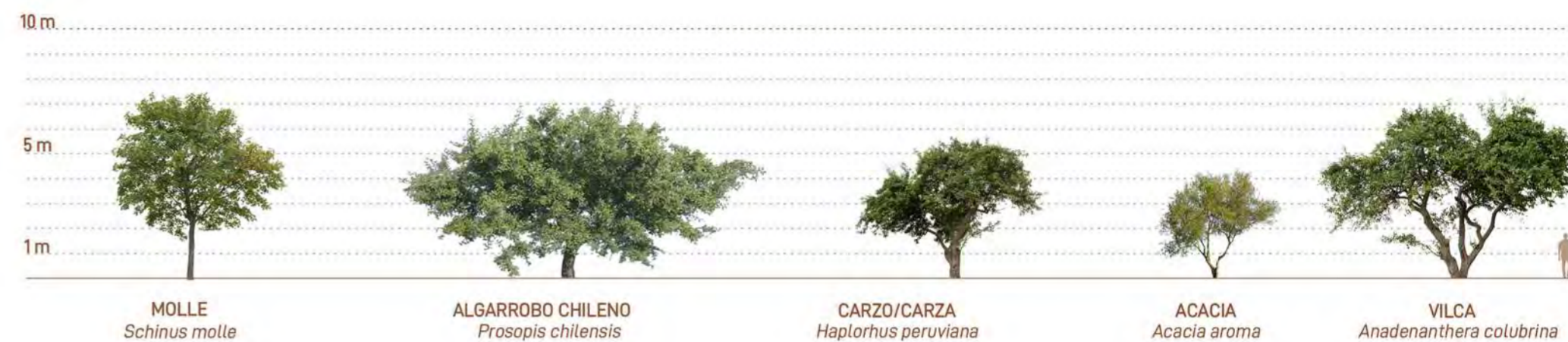
atrapanieblas	humedales artificiales
0 a 4225.4 L/día	132 personas = 10 560 L/día
TOTAL = 10 560 a 14 785.4 L/día	

El parque posee 3013 m² de áreas verdes. Considerando una lámina de riego de 2mm para su adecuada conservación y mantenimiento, se necesitan 6 026 L de agua.

Al tener la capacidad de producir más agua de la mínima requerida, nace la oportunidad de extender el beneficio hacia otras áreas verdes cercanas en la ciudad.



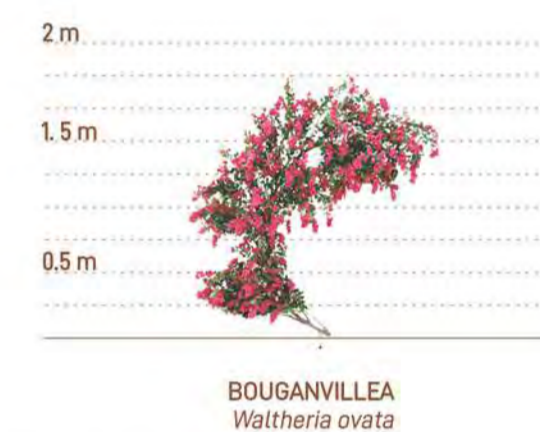
ARBÓREAS



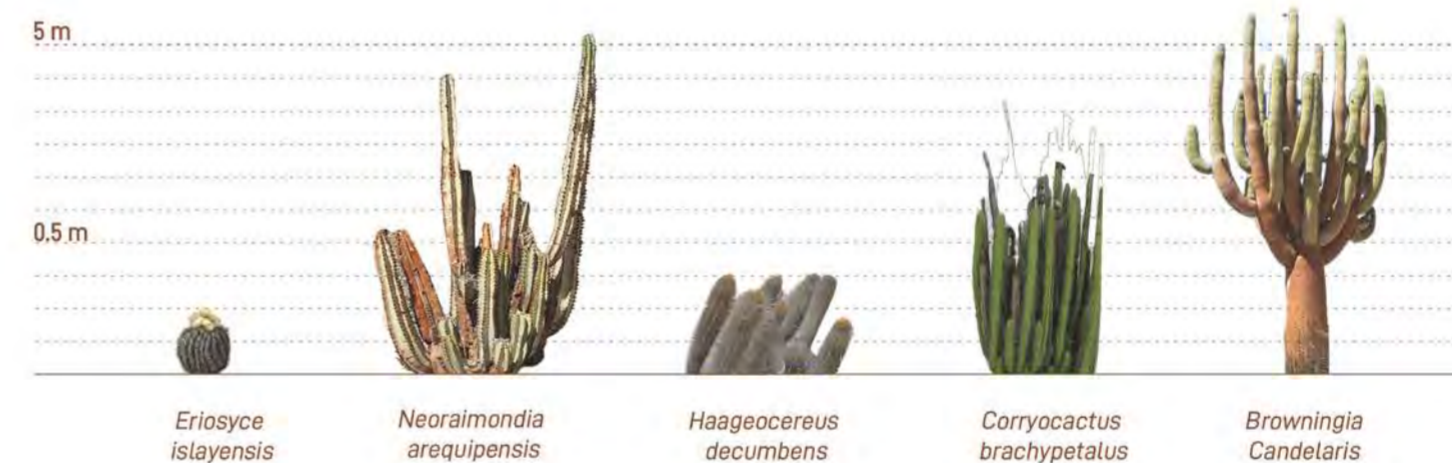
ARBUSTIVAS



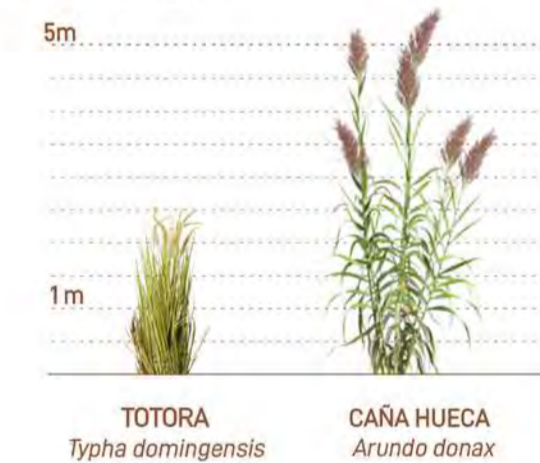
TREPADORA



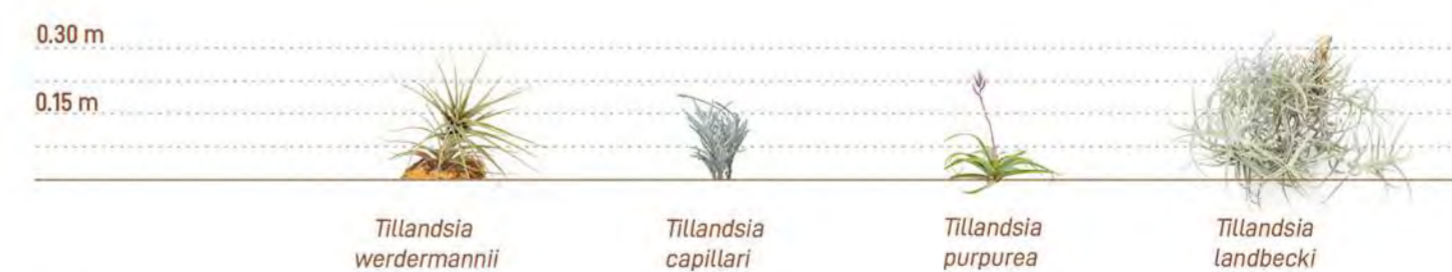
CACTÁCEAS



HUMEDALES ARTIFICIALES

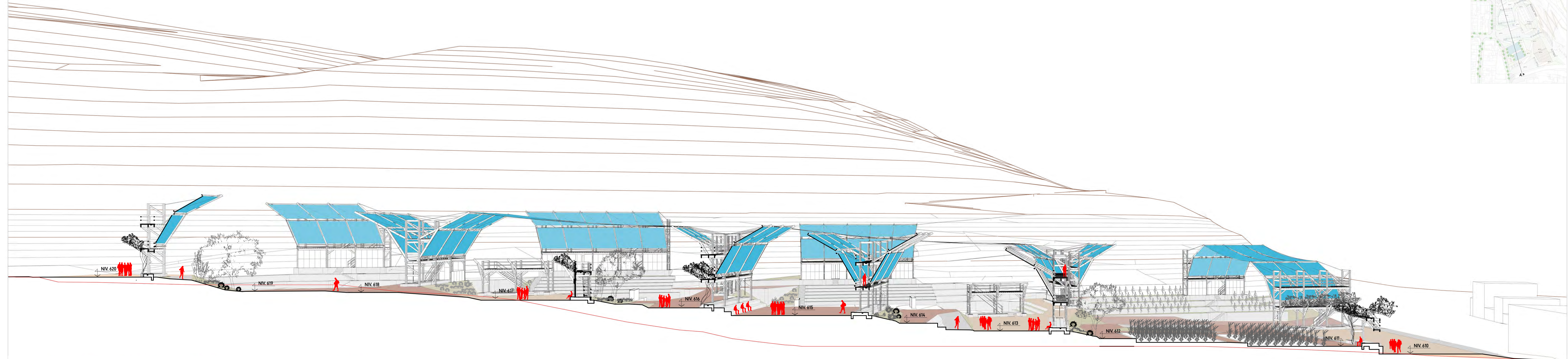


BROMELIÁCEAS



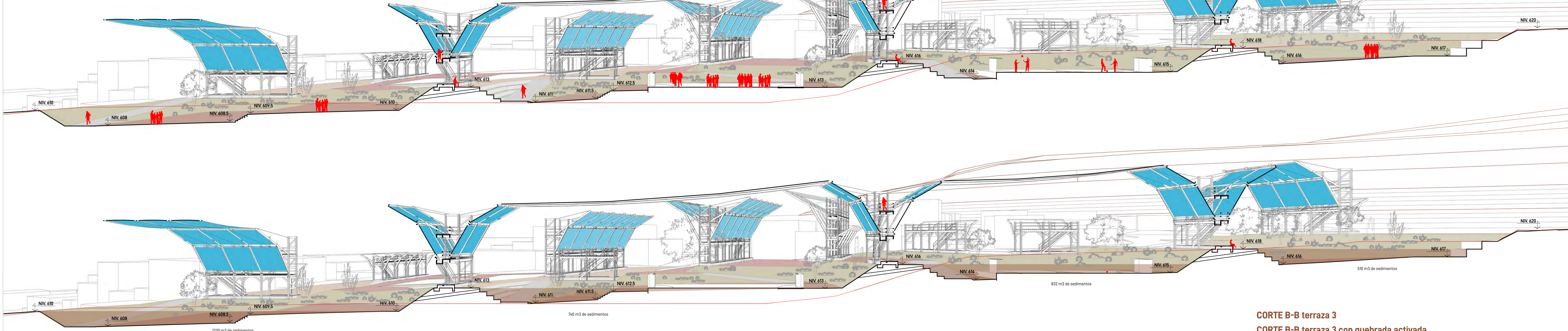
CULTIVOS



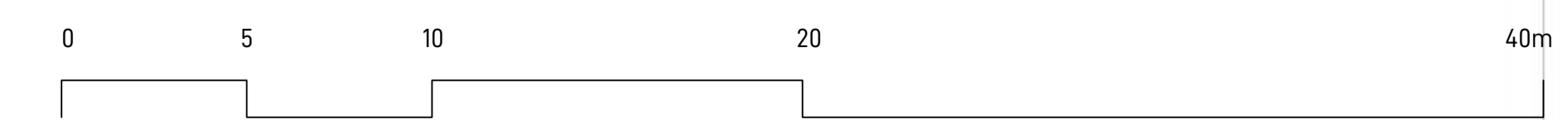


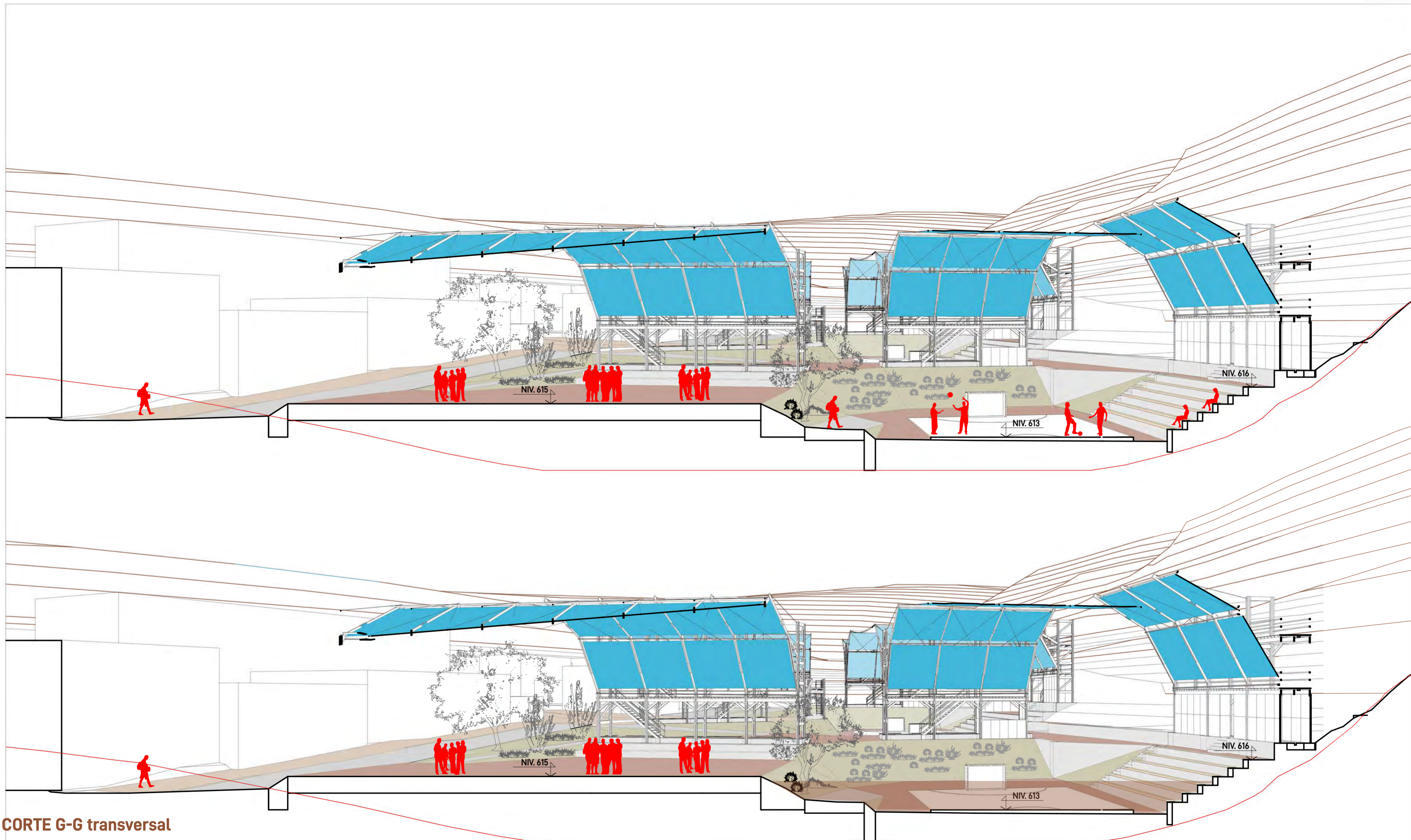
CORTE A-A terraza 1

0 5 10 20 40m

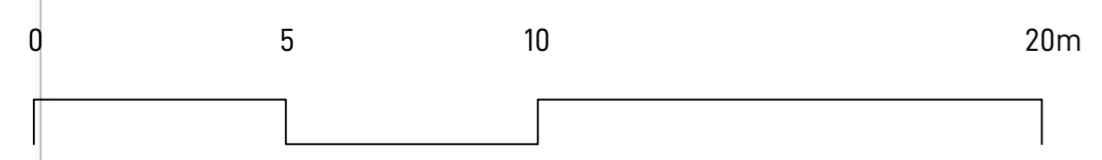


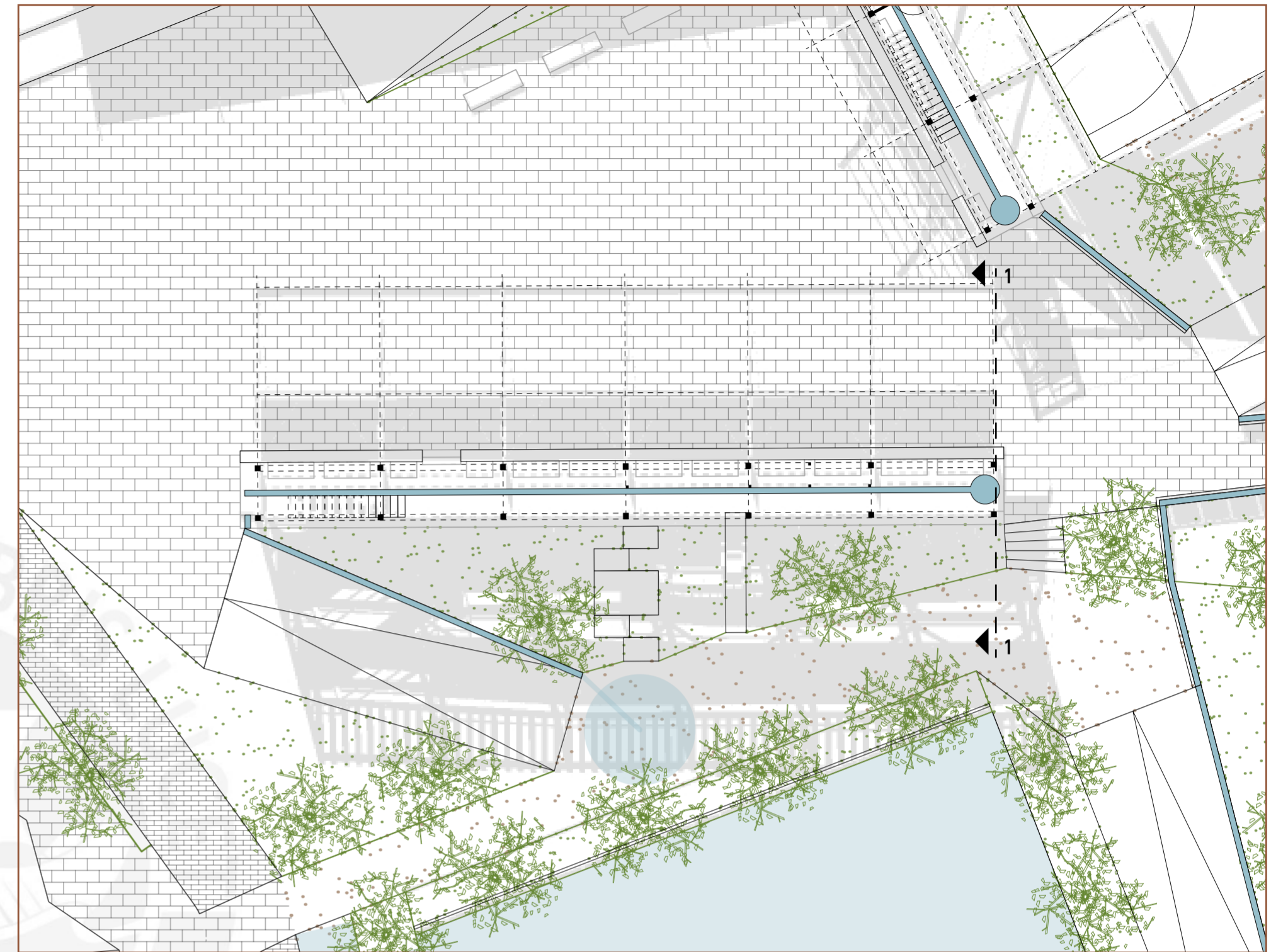
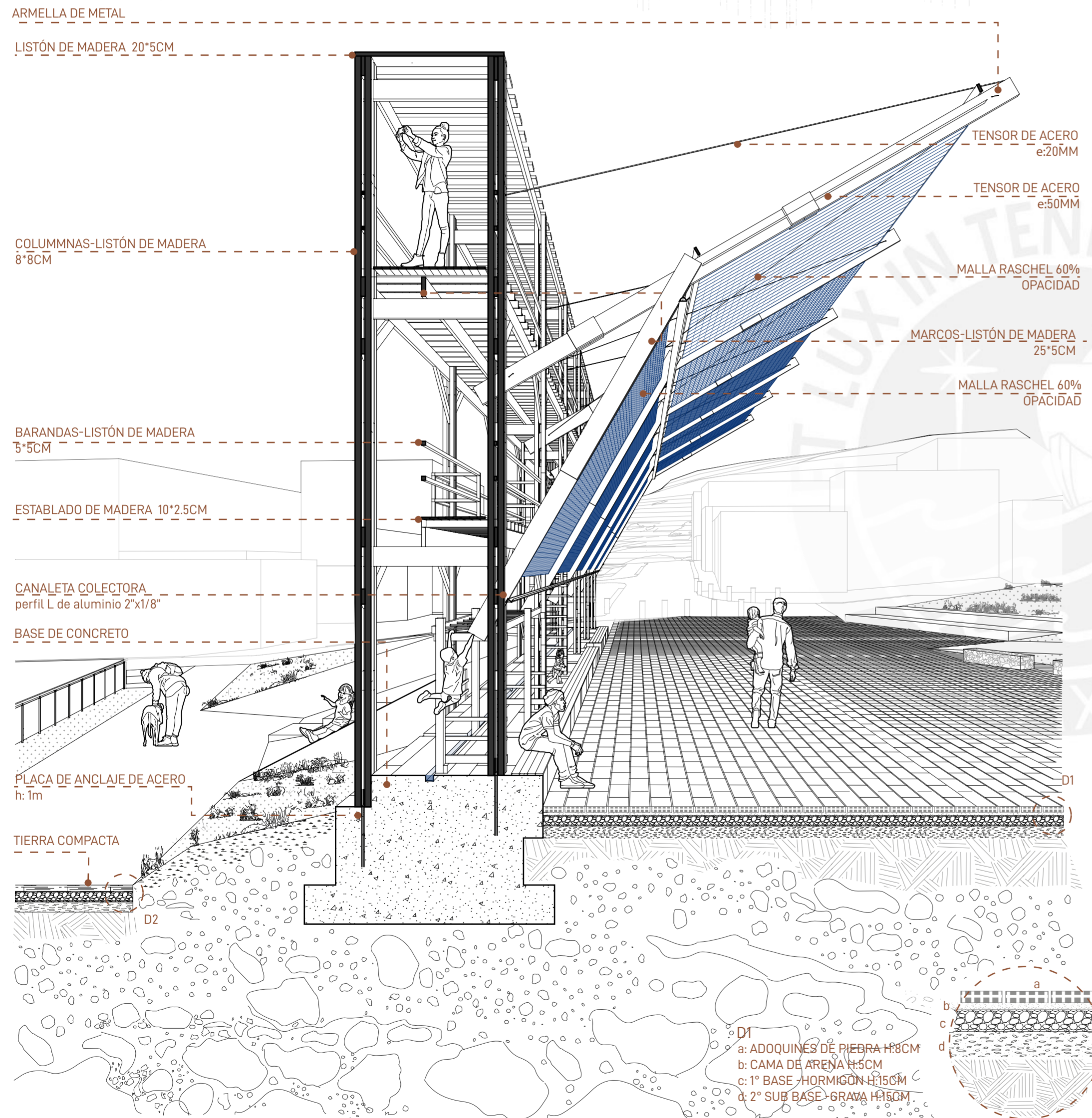
CORTE B-B terraza 3
CORTE B-B terraza 3 con quebrada activada



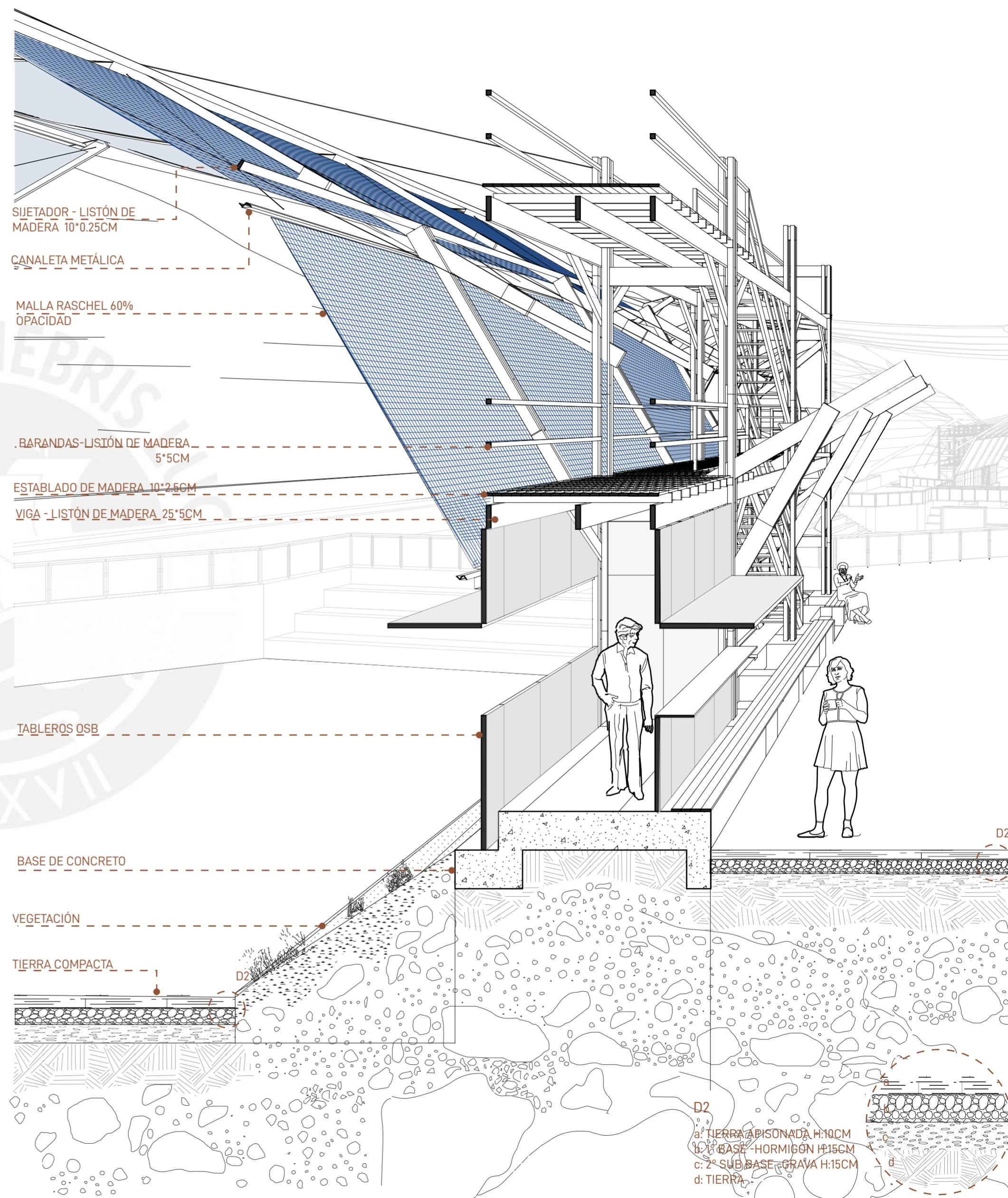
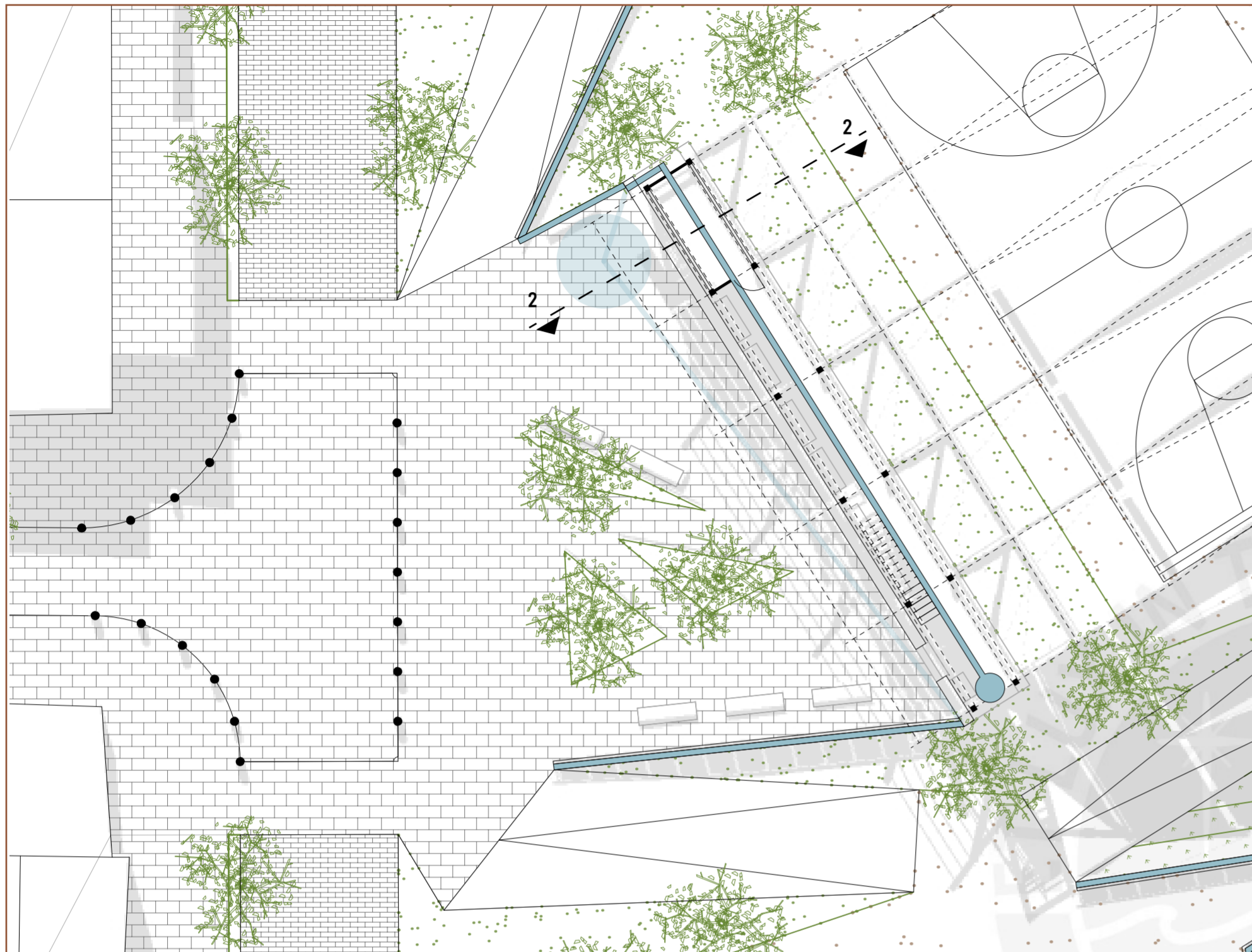


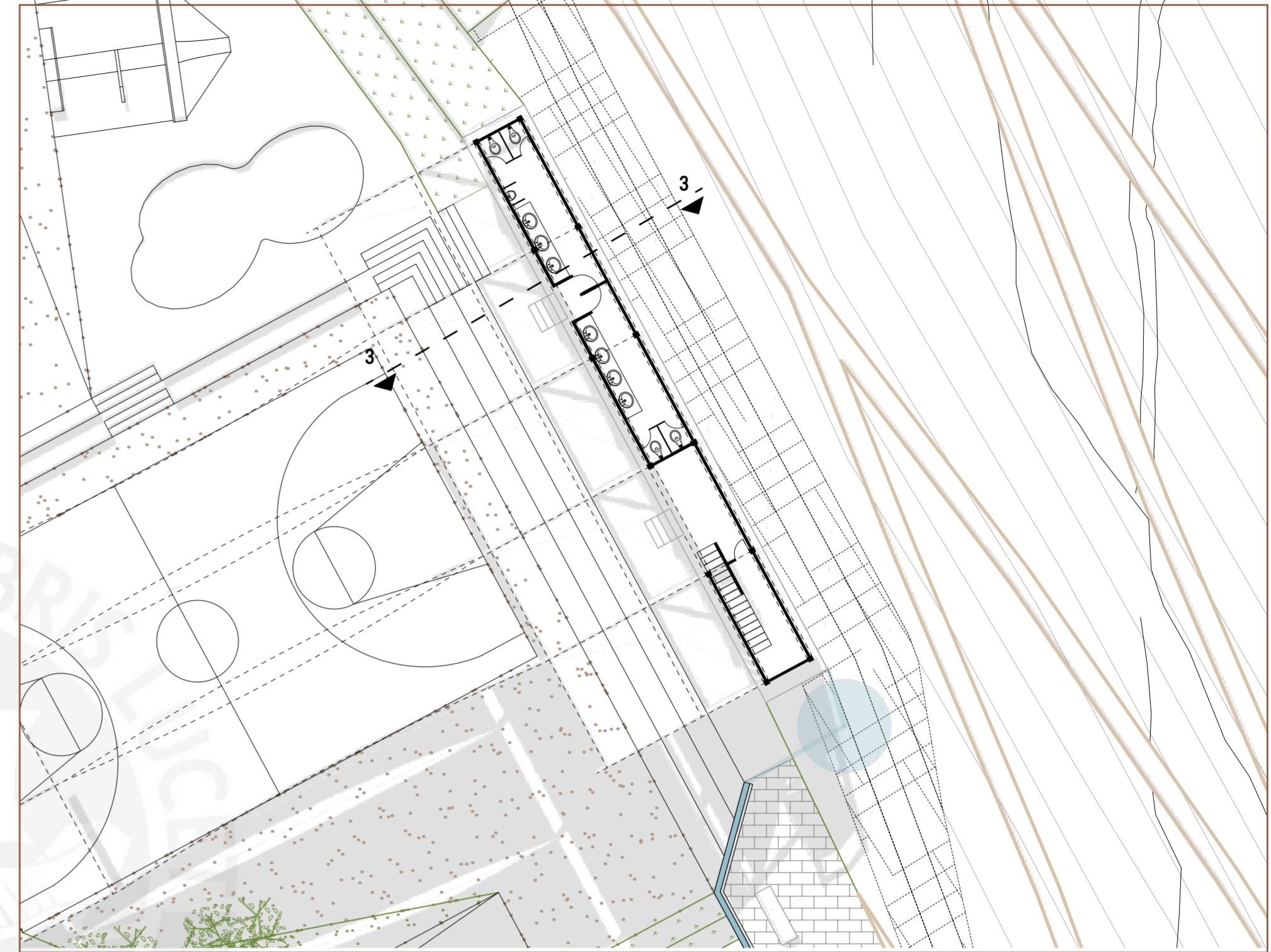
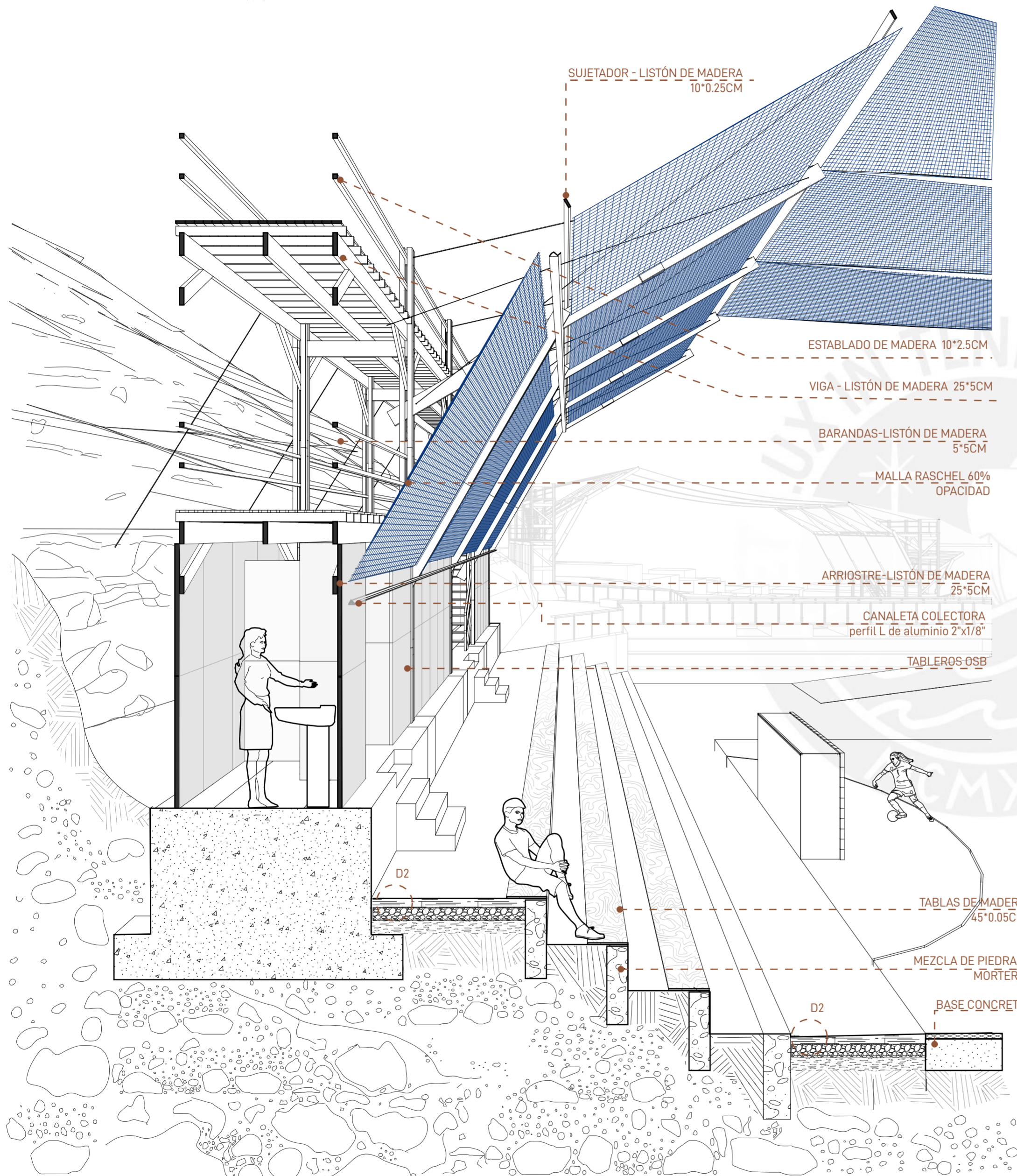
CORTE G-G transversal





CORTE DETALLE 2 - DISPOSITIVO KIOSKO







EL OASIS DEL DIABLO

CONCLUSIONES

El lamentable estado actual de la Quebrada del Diablo es el claro reflejo de una ineficiente gestión territorial y urbana que ha tenido la ciudad de Tacna, hasta el momento en el que este proyecto es presentado. La desidia de las diferentes autoridades de turno, junto a la limitada información que posee la población, dejan como resultado una quebrada en las mismas, o peores, condiciones que hace 4 años: una quebrada percibida como botadero informal de basura a lo largo de su trayecto, soluciones provisionales sin mayor proyección a futuro, una expansión urbana informal en zonas de vulnerabilidad extrema, etc. Situaciones que no tienen un freno aparente y muestra de que tampoco se han realizado mayores esfuerzos en beneficio de la ciudad.

El Oasis del Diablo nace tras una lectura y respeto por el territorio, en este caso, el desierto tacneño. Todo lo que se plantee debe adaptarse a sus particularidades y no considerarlas como limitantes, sino más bien como una oportunidad para potenciarlas. Existen factores negativos a lo largo de la quebrada que contribuyen a que las secuelas tras un huaico sean mucho más graves de lo que podrían ser. Estos factores sociales, urbanos, territoriales y ambientales también son involucrados dentro de la intervención. De esta manera, el proyecto no se enfoca solo en las consecuencias del fenómeno sino también en las causas del desastre.

Asimismo, ya que estos eventos tienen un carácter esporádico, es posible aprovechar la infraestructura de mitigación para complementarla mediante la generación de espacios y equipamientos públicos que sean de utilidad para las diferentes poblaciones que se encuentran alrededor de la quebrada. Entre ellas se puede distinguir principalmente a la “ciudad consolidada” en la zona baja de la quebrada y a la nueva expansión urbana informal en la zona media. Además de conectar ambas “ciudades” y cambiar la percepción de una ciudad dividida y olvidada, estos espacios reunirán las principales necesidades que uno busca en un desierto: agua y sombra.

Finalmente, el proyecto se convierte en un hito como espacio público único a nivel metropolitano: capaz de mitigar y controlar los riesgos de un huaico; capaz de ofrecer espacios que albergan actividades sociales, culturales y recreativas; capaz de generar su propia agua para el mantenimiento de su vegetación mediante atrapanieblas de la “camanchaca” y un sistema de humedales artificiales para el tratamiento de aguas negras, e incluso, aportar al riego de otras áreas verdes dentro de la ciudad; y por último, con la posibilidad y proyección de que sus estrategias e intervenciones puedan ser replicadas adaptándose al entorno inmediato correspondiente, primero a lo largo de la Quebrada del Diablo y posteriormente, en otras quebradas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alanoca, R. (2020). Tacna y su relación histórica con la caña hueca. *La Vida y la Historia*, 7(2), 43–60.
- Asociación Zabalketa. (2013). *Captación de agua de niebla para reforestación en Perú y Bolivia*.
- Borujerdi, E., & Zegarra, R. (2004). Evaluación de la variabilidad morfológica de prosopis chilensis en la región de Tacna y su relación con los factores ecológicos del medio desértico. *Ciencia y Desarrollo*, 8, 107–115.
- Bustos, Á., & Zúñiga, A. (2019). Efecto de mallas raschel de colores en el crecimiento de plántulas de Eucalyptus globulus, Eucalyptus nitens y Pinus radiata en condiciones de vivero. *Bosque*, 40(3).
- De la Jara, E. (2012). *Modelación computacional del impacto de gotas de niebla en fibras cilíndricas paralelas*. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Ferreyra, R. (1961). Las lomas costeras del extremo sur del Perú. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 9, 87–120.
- Huanacuni, C. (2019). *Capacidad de depuración de aguas residuales domésticas con aplicación de diferentes tecnologías de tratamiento sostenibles con costos de operación y mantenimiento económicos para pequeñas comunidades descentralizadas en Tacna (Cono Sur) - Perú*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Instituto Geofísico del Perú. (2021). *Análisis y evaluación histórica de lluvias en la región Tacna.*

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. (2016a). *Evaluación geológica - geodinámica en la Quebrada del Diablo.*

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. (2016b). *Zonas críticas por peligros geológicos en la región Tacna.*

Instituto Nacional de Defensa Civil. (2004). *Mapa de peligros de la ciudad de Tacna.*

Instituto Nacional de Defensa Civil. (2007). *Programa de Prevención y Medidas de Mitigación Ante Desastres de la Ciudad de Tacna.*

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). *Planos Estratificados por ingreso a nivel de manzanas de las Grandes Ciudades 2020.*

Kuzma, S., Saccoccia, L., & Chertok, M. (2023). *25 países, una cuarta parte de la población mundial, enfrentan un estrés hídrico extremadamente alto.* World Resources Institute. <https://es.wri.org/insights/25-paises-una-cuarta-parte-de-la-poblacion-mundial-enfrentan-un-estres-hidrico>

Leiva, J. A., Hernández, P., Cereceda, P., & Rivera, J. D. (2014). *Agua de Niebla. Nuevas Tecnologías para el desarrollo sustentable en zonas áridas y semiáridas.* CORFO.

López, J., & Meneses, R. (1989). *Uso de la camanchaca. Investigación y Progreso Agropecuario La Platina, 54, 3–11.*

- Lopez, V. (2021). *Tecnologías de captación de agua de niebla para el desarrollo sostenible en la loma de Tacahuay, Tacna*. Universidad Continental.
- Minero y Metalúrgico, I. G. (2020). *Evaluación de los peligros geológicos en las quebradas del Diablo y Caramolle en Tacna*.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2014). *Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Tacna 2015 – 2025*.
- Molina, L. (1999). Aridez y niebla en la costa de Tacna. *Ciencia y Desarrollo*, 6, 138–145.
- Pascual, J. A., Naranjo, M. F., Payano, R., & Medrano, O. (2011). *Tecnología para la recolección de agua de niebla*.
- Pino, E., & Chávarri, E. (2022). Evidencias de cambio climático en la región hiperárida de la costa sur de Perú, cabecera del desierto de Atacama. *Tecnología y Ciencias del agua*, 13(1), 333–376.
- Pizarro, J. (2014). *Cactáceas de Tacna*.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2013). *Evaluación de los modelos CMIP5 del IPCC en el Perú: Proyecciones al año 2030 en la Región Tacna*.
- Yrivarren, J. (2017). Ingenio e innovación. Los atrapanieblas como objetos-fluidos. *Revista de Sociología*, 25, 129–145.

Zegarra, R. (2003). Vegetación desértica del Valle de Cinto. *Ciencia y Desarrollo*, 7, 13–19.

Zegarra, R. (2011). Las Especies Madereras del Departamento de Tacna. Su Impacto Ecológico. *Ciencia y Desarrollo*, 13, 36–42.

Zora, F. (1954). *Tacna: historia y folklore*. Editorial Santa María.

