



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y ESTUDIOS URBANOS

**EL PATIO DE LUZ
COMO ESTRATEGIA DE REHABILITACIÓN**
RECONFIGURACIÓN DEL TALUD VEGETAL
DEL PARQUE O'HIGGINS

POR

Gonzalo Pimentel Ascui

*Reactivación de un parque Metropolitano.
Infraestructura Sostenible desde el diseño arquitectónico*

Taller de Investigación y Proyecto
Magíster en Arquitectura Sustentable y Energía

Profesores Guía:

Inés Macarena Burdiles
Mauricio Lama Kuncar

Enero, 2019
Santiago de Chile

© 2018, *Gonzalo Pimentel Ascui*

ÍNDICE

0	RESUMEN	7
I	INTRODUCCIÓN	9
1.	<i>Origen de la investigación:</i> PARQUE O’HIGGINS: ESPACIO PÚBLICO FRAGMENTADO	11
2.	<i>Caso de estudio:</i> LAS BODEGAS ENTERRADAS BAJO EL TALUD VEGETAL	15
3.	<i>Formulación de la investigación:</i> EL PATIO DE LUZ COMO ESTRATEGIA DE REHABILITACIÓN	21
	a) Preguntas de investigación	
	b) Hipótesis	
	c) Objetivos	
	d) Metodología	
II	REHABILITACIÓN DE LAS BODEGAS ENTERRADAS	25
1.	<i>El talud vegetal del parque O’Higgins:</i> LEVANTAMIENTO DEL CASO DE ESTUDIO	27
2.	<i>Campaña de mediciones:</i> TEMPERATURA, HUMEDAD Y LUZ NATURAL EN LAS BODEGAS ENTERRADAS	35

3.	<i>Programa propuesto:</i> REHABILITACIÓN DEL TALUD COMO ACUARIO METROPOLITANO	41
III	MARCO TEÓRICO: El patio de luz como estrategia bioclimática	59
IV	EL PATIO DE LUZ COMO ESTRATEGIA DE REHABILITACIÓN	77
1.	<i>Primera serie de simulaciones digitales:</i> Estudio sobre parámetros de diseño para un patio de luz propuesto	79
2.	<i>Segunda serie de simulaciones digitales:</i> Patios luz para la rehabilitación del talud como acuario metropolitano	91
V	CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN	105
VI	PROPUESTA FINAL: PLANIMETRÍA E IMÁGENES	115
VI	BIBLIOGRAFÍA	137

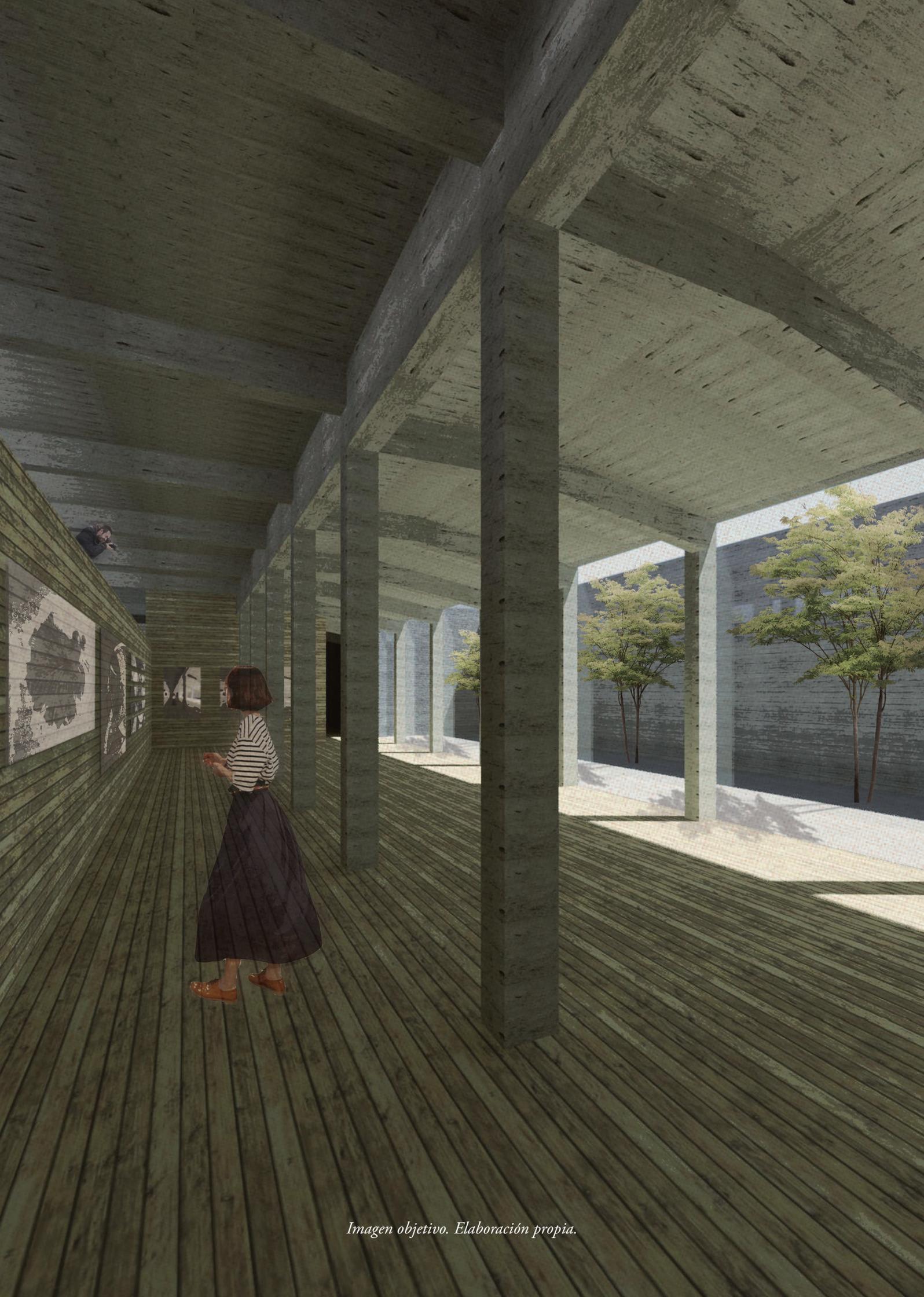


Imagen objetivo. Elaboración propia.

0. Resumen

EL PATIO DE LUZ COMO ESTRATEGIA DE REHABILITACIÓN

RECONFIGURACIÓN DEL TALUD VEGETAL DEL PARQUE O'HIGGINS

El talud vegetal del Parque O'Higgins se ha convertido en un límite más dentro este espacio público tan importante para Santiago. En su interior se encuentra una serie de bodegas municipales de una extensión de más de 4000m², las cuales son consideradas un espacio subutilizado dado su uso y tamaño en un contexto de carácter metropolitano.

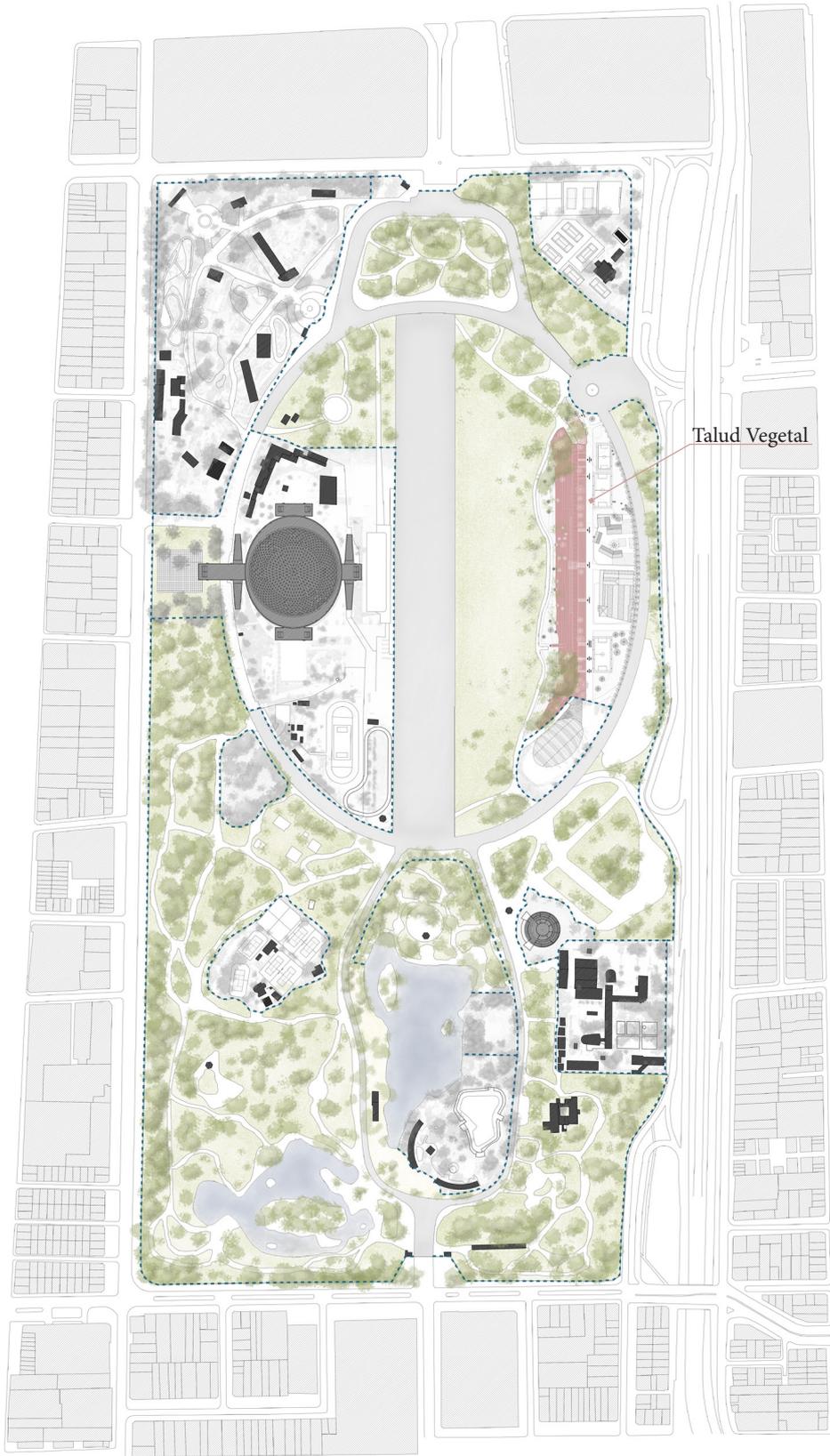
La presente tesis cuestiona el rol del talud en el parque, preguntándose cómo se puede convertir en un elemento detonante para la integración y reactivación del lugar. Se propone que mediante la rehabilitación de sus bodegas subterráneas como un acuario metropolitano se puede transformar su condición de límite generando nuevas interacciones con el parque y sus usuarios, aprovechando la estructura existente y conservando la dimensión pública de la cubierta vegetal.

Para mejorar las condiciones de habitabilidad de las actuales bodegas, se propone el patio de luz como estrategia de rehabilitación. Mediante éste se busca iluminar de manera natural los distintos recintos propuestos según sus necesidades ambientales específicas, al mismo tiempo que se expanden los límites del interior del talud y se generan nuevas relaciones con el exterior. A través simulaciones digitales de iluminancia y radiación, ésta investigación busca medir el desempeño de los patios de luz analizando el impacto que tienen en la distribución de la luz natural y en el control de la radiación solar, poniendo a prueba su capacidad de generar distintas atmósferas dentro del recorrido del acuario.

PALABRAS CLAVE: *iluminación natural, patios de luz, rehabilitación arquitectónica, arquitectura enterrada, talud vegetal, acuario.*

PRIMERA PARTE:
INTRODUCCIÓN

Fragmentación interna del Parque O'Higgins.



1. Origen de la investigación

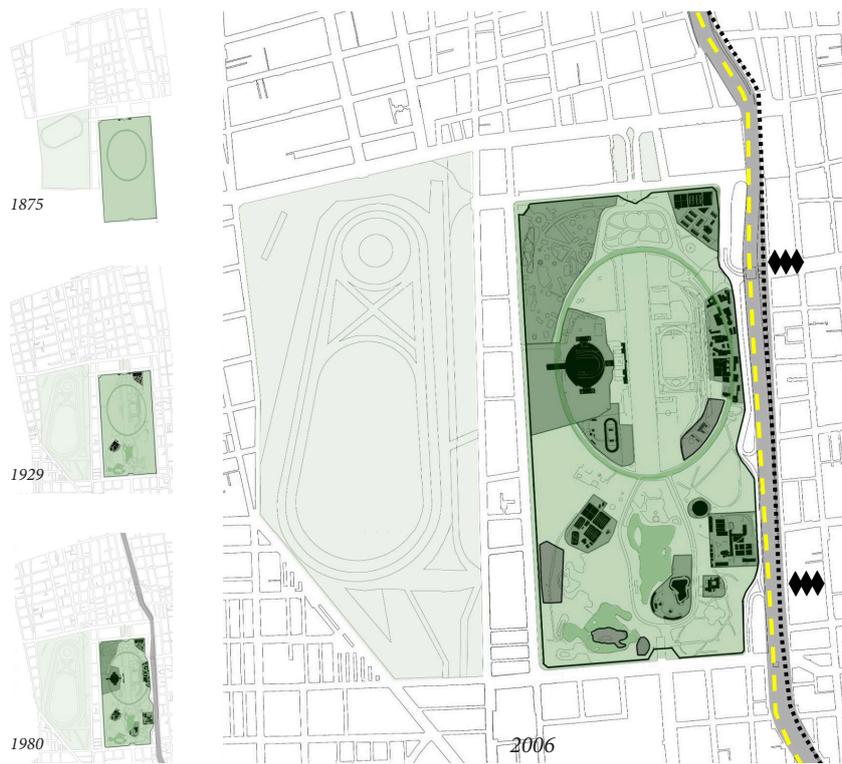
PARQUE O'HIGGINS: ESPACIO PÚBLICO FRAGMENTADO

El Parque O'Higgins es uno de los espacios públicos más importantes a nivel metropolitano. En la actualidad, sus 91 hectáreas abastecen a Santiago con áreas verdes, infraestructuras deportivas y programas culturales, convirtiéndose en un área de equipamiento vital para la ciudad¹. Además, se ha consolidado como el escenario de múltiples eventos masivos que congregan a miles de personas en torno a conciertos, fondas, actividades deportivas y ferias. Sin embargo, su rol dentro de la ciudad ha variado desde sus inicios en 1873, así como también ha cambiado su configuración espacial.

En las últimas décadas el parque ha sufrido una fragmentación interna debido a la consolidación de recintos privados como Fantasilandia, el Movistar Arena, la Universidad Bernardo O'Higgins, el Club de Tenis de Santiago, la zona administrativa, el Centro Educativo Ambiental, la piscina temperada y el jardín infantil. La presencia de estas construcciones ha significado añadir una gran cantidad de límites internos y rejas, fraccionando el espacio público y disminuyendo el patrimonio vegetal en un 16%¹. Ahora bien, entendiendo que éstos son un aporte programático para el uso cotidiano del parque y que la solución no radica en expulsar estas actividades dado el esfuerzo político y económico que involucra reubicarlos en otros sectores de la ciudad, surge la pregunta ¿cómo construir los límites y relaciones del parque de manera que su aporte programático no vaya en desmedro de la fluidez e integración del espacio público?

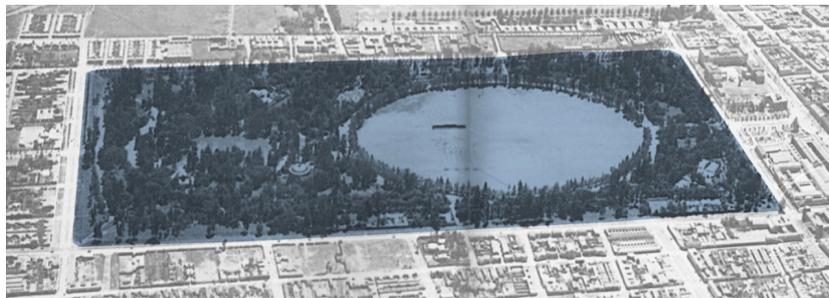
Uno de los principales lugares de conflicto en el marco de esta división interna es el núcleo del parque (zona interna de la elipse), donde se encuentran el Movistar Arena, Campos de Marte (superficie que da cabida

¹ Domínguez, Martín (2000). «Parque Cousiño y Parque O'Higgins: Imagen pasada, presente y futura de un espacio verde en la metrópoli de Santiago». *Revista de Urbanismo* N°3 de agosto de 2000.



*Evolución del Parque O'Higgins y privatización del espacio público.
Fuente: Polis (2006). «Estudio plan maestro Parque O'Higgins»*

Estudio plan maestro Parque O'Higgins realizado por la oficina de arquitectura POLIS.



*Arriba.: Parque Cousiño en 1931. Abajo.: Parque O'Higgins en 2018.
Elaboración propia a partir de Polis (2006). «Estudio plan maestro Parque O'Higgins»*

a la Parada Militar), la explanada de pasto y el Pueblito de Artesanos². Todas estos son programas de distinta naturaleza que conviven en el centro del parque, pero que no constituyen un único espacio público.

La imposibilidad de recorrer el núcleo de manera fluida se debe principalmente a la presencia de un elemento construido en los años 70³ llamado “talud vegetal”, el cual consiste en una superficie de pasto inclinada que sirve de gradería informal en el lado oriente de la elipse³. Esta barrera ha irrumpido en la configuración de un espacio central unificado dado que en sus 300 metros de extensión no existen conexiones o situaciones que establezcan relaciones espaciales entre los elementos que lo rodean. Esta fragmentación ha significado que el sector del “pueblito” se convierta en el “patio trasero” de la elipse, siendo un área con un gran potencial dada su cercanía al acceso oriente y conexión con la estación de metro Parque O’Higgins. En las últimas décadas el pueblito fue perdiendo protagonismo y concurrencia, lo que se tradujo en el desmantelamiento de gran parte de los elementos que lo constituyeron en su origen.

A pesar de su condición de límite, el talud vegetal presenta cualidades únicas dentro del parque, siendo el recorrido superior el punto más alto con vistas inéditas hacia la cordillera y sus alrededores. Además, su superficie inclinada es utilizada por muchas personas para descansar o pasar el día en familia. Éstas cualidades hacen que éste sea el único límite “habitable”, con un uso recurrente por los usuarios del parque. Tanto sus aspectos positivos como negativos exigen darle al talud vegetal una oportunidad de consolidarse como un elemento importante dentro un Parque O’Higgins que necesita unificar sus espacios y replantear sus límites internos para así darle fluidez y sentido de unidad a los distintos recorridos y programas que lo componen.

² El pueblito, construido a principio de los 70³ como parte del proyecto de renovación del parque impulsado por la CORMU, consistía en un sector que imitaba un pueblo rural de Chile con construcciones de estilo neoclásico, las cuales incluían la implementación de 15 restaurantes típicos, una Ramada Oficial (para 2500 personas) y una “Plaza de Artesanos” en el centro, con sala de exposición y talleres.³

³ Montealegre, Pía (2010). «Jardín para el pueblo. El imaginario de la Unidad Popular en el Parque O’Higgins».

Caso de estudio



El talud vegetal del Parque O'Higgins (Izq.: cara oriente. Der.: cara poniente)



Estadio techado



Jardín del Tibet



Cúpula multiespacio



Pista de patinaje



Club de tenis



Piscina temperada

El talud vegetal como un límite interno más dentro del Parque O'Higgins. Elaboración propia.

2. Caso de estudio:

LAS BODEGAS ENTERRADAS BAJO EL TALUD VEGETAL

El “talud vegetal” no solamente fue contruido como gradería para los eventos que ocurrieran en el núcleo del parque, sino que además se aprovechó de edificar en su interior un conjunto de bodegas subterráneas pertenecientes a la municipalidad de Santiago. El objetivo principal de éstos recintos era que sirvieran como área de baños, bodegas y servicios propios del parque.

“(…) se construye un talud empastado —“tribuna popular”—, en el contorno oriente. Sólo considerando éste último, se calcula una capacidad para 25.000 espectadores. El talud sería una gradería natural que mirara sobre el espacio de los desfiles y bajo él, se ubicarían las cocinas, camarines y muchas bodegas necesarias para el funcionamiento del parque. (...) El propio Ejército ejecuta las obra del talud, mediante el Cuerpo de Trabajo Militar proveyendo maquinaria y mano de obra para los movimientos de tierra.”

“Entre el talud y la pista de desfiles, se sitúan seis canchas de fútbol con pasto, y ocho multicanchas asfaltadas. Bajo el talud se equipan camarines para 850 personas.”

(Montealegre, Pía. 2010).

⁴ Cálculo de superficies realizado en base a planimetría obtenida de la empresa Aguas Andinas S.A. de las bodegas subterráneas (ver anexos) y levantamiento en terreno. Existen algunas bodegas en el sector norte y poniente que están clausuradas, pertenecientes a las direcciones de Obras Municipales y Deportes, respectivamente. La superficie estimada de éstas corresponde a un total de 400m² aproximadamente.

⁵ “El Pueblito que finalmente se construye consiste en una serie bastante más acotada de edificaciones que las planteadas en el anteproyecto y de proporciones considerablemente mayores. En estas se albergarían 15 restaurantes típicos, una Ramada Oficial con capacidad para 2.500 personas con escenario y bodega de vinos (CORMU, 1973; Cousin, 1974) y una discoteque ubicada en un enorme molino con ventanas. El corazón del conjunto estaba compuesto por la denominada “Plaza de Artesanos” que contaba con una sala de exposición y talleres “donde se exponen trabajos típicos (terminados y en ejecución)” (CORMU, 1973)” - (Montealegre, Pía. 2010).

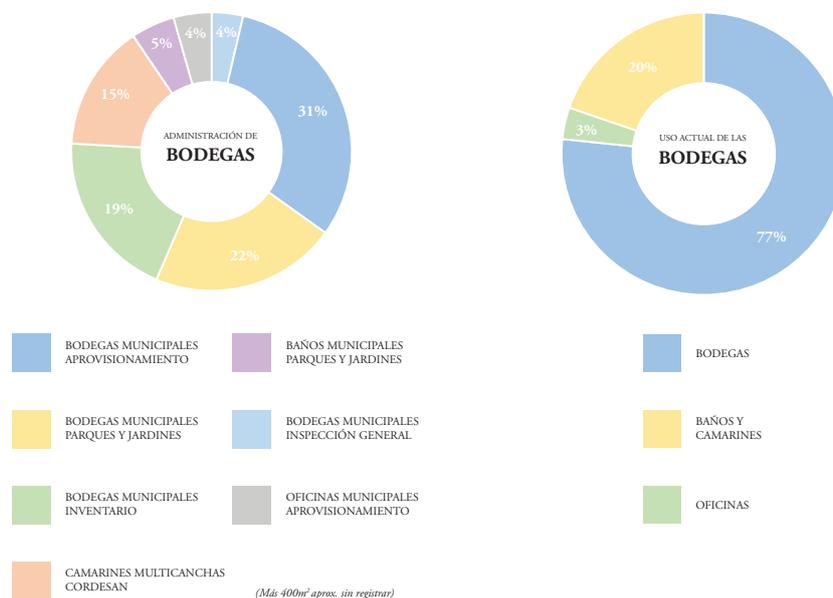


Plan original del núcleo del parque.
Fuente: Fuente: AUCA no 21, 1971.



El “pueblito de artesanos” en sus orígenes.
*Fuente: Geochile, La regionalización en 14 fascículos, No6, Editorial Lord
Cochrane, 1976, Santiago.*

Esta infraestructura además serviría de apoyo para la Ramada Oficial y los restaurantes del pueblito. En la actualidad, estos recintos son ocupados principalmente como bodegas, además de algunos camarines y oficinas para la administración del parque en una extensión de 4.270m² bajo el talud⁴⁵. Son espacios de gran envergadura (5 metros de alto y entre 10 y 20 metros de ancho) en los que en gran medida se guardan materiales, herramientas y decomisos fiscales de la comuna. Del área total bajo el talud, un 77% es usado como bodegas para distintas direcciones municipales, mientras que un 20% es utilizado como baños y camarines, los cuales abastecen a las nuevas multicanchas que reemplazaron a algunas de las antiguas construcciones del pueblito. La superficie restante (3%) corresponde a oficinas del área de Aprovisionamiento de la Municipalidad de Santiago. Todos los accesos a estas dependencias están orientados al oriente (hacia el pueblito), a excepción de una entrada por el lado de la explanada (poniente) la cual actualmente se encuentra en desuso. En total existen 11 accesos, de los cuales solo 8 están en funcionamiento.



Si bien la presencia de los recintos subterráneos resulta útil para la municipalidad dada la amplitud de las bodegas, éstas no tienen ninguna relación ni con los usuarios ni con la escala metropolitana del parque. Dado ese contexto, la presente tesis se pregunta por el rol de



*Recorrido superior del talud.
Punto más alto del parque.*

Imágenes del talud vegetal y las bodegas enterradas.



*Bodegas municipales pertenecientes
al área de Aprovisionamiento.*

este talud en el parque, cuestionando tanto su configuración espacial, que lo convierte en un límite más dentro de la fragmentación del parque, como su uso. Ésta investigación comienza bajo la observación de que las bodegas son un espacio subutilizado para el parque y la ciudad de Santiago, dado el potencial de su tamaño y ubicación en el centro de uno de los parques urbanos más importantes del país. Sobre la idea de que una infraestructura de esta envergadura puede convertirse en un elemento detonante para la reactivación del Parque O'Higgins en su uso cotidiano, principalmente en la zona del núcleo y el pueblito, surge el desafío arquitectónico de cómo transformar este límite en un elemento articulador y atractivo para el parque y la ciudad. Desde ésta perspectiva, la reconfiguración del talud puede mejorar la conectividad interna del núcleo del parque y contribuir a la reactivación del lugar mediante la rehabilitación de las bodegas como un programa detonante. Por otro lado, la transformación de las bodegas permite enfrentar la agotada ocupación de suelo que hay en el parque⁶, abriendo la posibilidad de albergar en ellas programas ya existentes que estén entorpeciendo la fluidez del parque para liberar área útil y destinarla a zonas de recreación o área verdes.

⁶ Información obtenida a través del «Estudio plan maestro Parque O'Higgins» realizado por la oficina de arquitectura POLIS (2006). «La ITP restringen ocupación suelo: PRMS 5% (regulación metropolitana) y PRC 1% (regulación comunal). Máximo Permitido: 7.400 m². Ocupación actual: 37.400 m² (Estadio Techado: 15:000m²)».

3. Formulación de la investigación

EL PATIO DE LUZ COMO ESTRATEGIA DE REHABILITACIÓN

El talud vegetal es un espacio que tiene el potencial de convertirse en un elemento detonante para la integración del núcleo del Parque O'Higgins. Su condición de límite puede ser modificada y sus bodegas interiores pueden ser transformadas para que, a diferencia de los otros programas del parque, éste sea un ejemplo de edificación que aporte programáticamente, al mismo tiempo que promueve la fluidez del espacio público en un parque metropolitano que hoy se encuentra atestado de límites internos. Las bodegas que se encuentran en su interior son una superficie de gran tamaño que está siendo utilizada como zona de servicios, cuando su ubicación y magnitud la llaman a convertirse en espacios a disposición de los usuarios del parque y de la ciudad.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Qué rol debe cumplir el talud vegetal en el Parque O'Higgins, dada su condición de espacio público fragmentado?

¿Mediante qué operaciones las bodegas enterradas pueden convertirse en recintos que puedan ser aprovechados por los usuarios del parque?

HIPÓTESIS

A través de nuevas relaciones tanto físicas como visuales y un cambio de uso de sus recintos enterrados se puede transformar la condición de límite del talud vegetal y convertirlo en un elemento detonante para la activación e integración del núcleo del parque O'Higgins, aprovechando sus espacios existentes para albergar un nuevo programa abierto a los usuarios del parque. Mediante el uso de patios de luz como estrategia de rehabilitación de las bodegas se puede iluminar los espacios enterrados aprovechando la estructura existente, ampliando así los límites y usos de los recintos y generando distintas atmósferas y relaciones con el exterior.

OBJETIVOS

1. Entender los distintos criterios de intervención del talud vegetal en relación a su entorno inmediato y contexto de parque metropolitano
2. Comprender los problemas y oportunidades asociados a la intervención de una estructura existente y a los requerimientos de un programa propuesto.
3. Plantear un cambio de uso para las bodegas enterradas bajo el talud vegetal a través de un nuevo programa para el Parque O'Higgins.
4. Entender los conceptos asociados a la estrategia de rehabilitación desde una revisión bibliográfica y discusión de autores relevantes.
5. Proponer distintos tipos de patios de luz como estrategia de iluminación natural para cada tipología de recinto que requiera el proyecto.
6. Analizar cómo los patios de luz son capaces de iluminar adecuadamente los distintos tipos de espacios propuestos, generando a su vez distintas atmósferas dentro de la rehabilitación.
7. Desarrollar un proyecto de arquitectura de reconfiguración del talud vegetal utilizando el patio de luz como estrategia de rehabilitación.

METODOLOGÍA

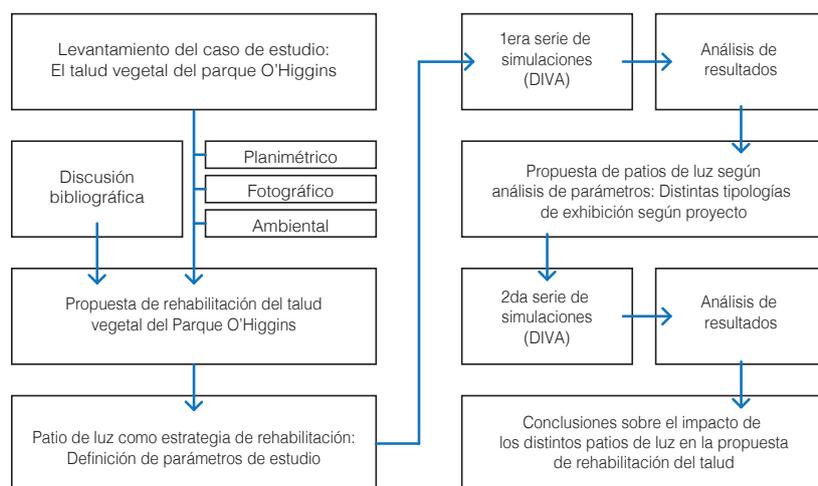
Para lograr los objetivos propuestos, ésta investigación se desarrollará en tres partes:

- 1.- Levantamiento planimétrico, fotográfico y de las condiciones ambientales del talud y sus bodegas. De esta manera se busca determinar criterios de intervención, para luego proponer un nuevo programa que se adapte a las necesidades del parque y el contexto del talud.
- 2.- Discusión bibliográfica en torno al patio de luz como estrategia bioclimática de rehabilitación. Se busca entender los conceptos relacionados al patio y la iluminación desde autores relevantes para la disciplina.
- 3.- Series experimentales en base a simulaciones para determinar el impacto de los patios de luz en la distribución de la luz y el ingreso de radiación directa a los distintos espacios propuestos. Las simulaciones se realizarán en

el software DIVA (Data-Interpolating Variational Analysis), el cual permite comparar las distintas situaciones lumínicas de manera gráfica en planta y en corte, analizando los niveles de iluminación y radiación en distintas épocas del año y horas del día a partir de datos climáticos reales.

El objetivo final de la investigación es determinar estrategias de intervención del talud a partir de diferentes patios de luz que se adapten a las necesidades ambientales específicas de un nuevo programa. De ésta manera, se busca complementar los patios con una propuesta de rehabilitación arquitectónica que permita transformar el talud y sus bodegas en un nuevo hito dentro del parque, dejándo atrás su condición de límite para dar paso a una edificación integrada con el parque y sus usuarios. El motivo del uso de patios de luz como estrategia de rehabilitación será entendido de mejor manera en los siguientes capítulos de la investigación.

Dado que ésta tesis va acompañada de una propuesta arquitectónica, los objetivos serán tratados tanto a nivel de proyecto como a nivel de investigación, siendo esta última enfocada principalmente a los patios de luz como herramienta de diseño. Sin embargo, se espera que tanto la investigación como el proyecto se realicen de manera conjunta, para así lograr una propuesta arquitectónica sustentada por las actividades de investigación.



Esquema de la metodología propuesta para la investigación.

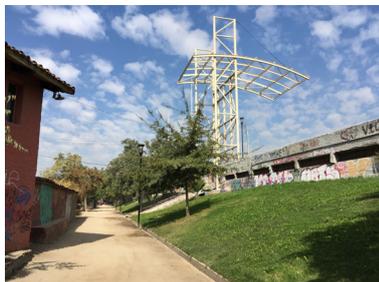
SEGUNDA PARTE:
**REHABILITACIÓN DE LAS
BODEGAS ENTERRADAS**



Uno de los 8 accesos a las bodegas subterráneas.



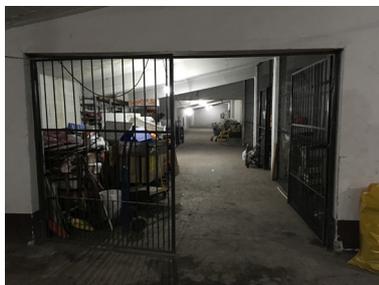
Vista desde el recorrido superior hacia uno de los edificios del pueblito.



Cara oriente del talud. A la izquierda, el pueblito.



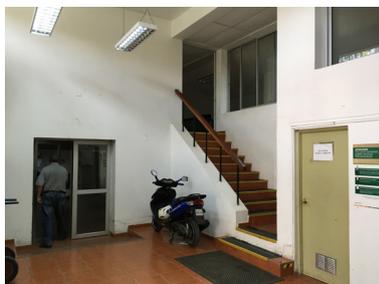
Acceso a oficinas subterráneas en la cara oriente del talud.



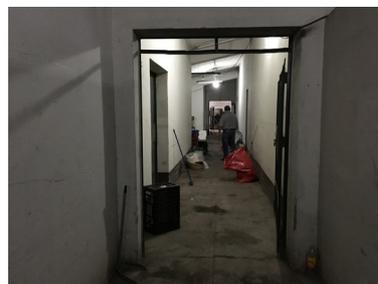
Bodegas ubicadas en la parte más profunda del área subterránea.



Bodegas municipales pertenecientes a Parques y Jardines.



Oficinas municipales ubicadas bajo el talud.



Circulaciones internas.

Imágenes exteriores e interiores del talud. Elaboración propia.

1. El talud vegetal del Parque O'Higgins

LEVANTAMIENTO DEL CASO DE ESTUDIO

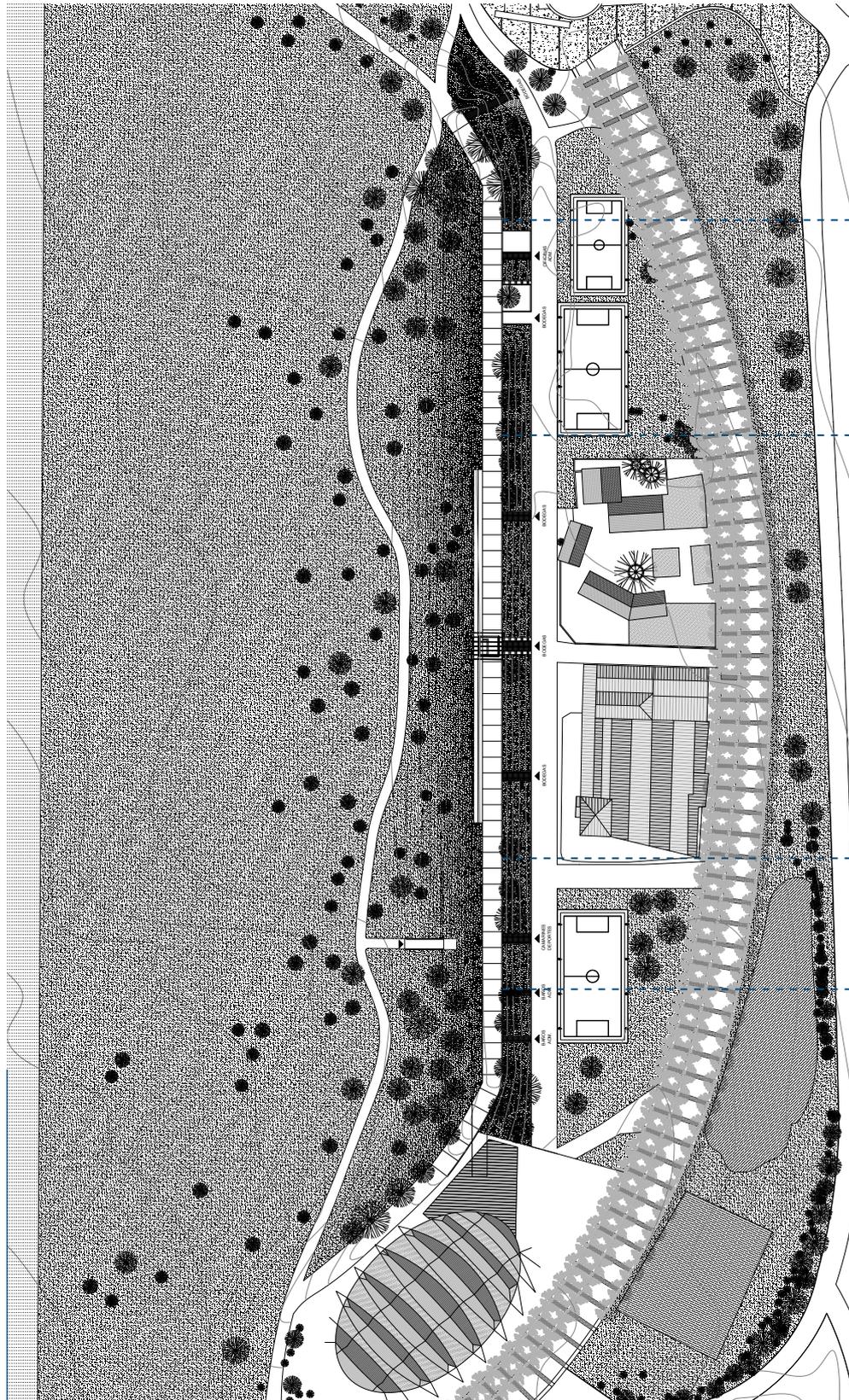
En el capítulo anterior se caracteriza el talud y sus recintos enterrados describiendo su origen, uso actual y problemáticas asociadas al núcleo del parque. A continuación se muestra el levantamiento detallado de la estructura que sostiene la cubierta vegetal, dado que su organización y geometría van a condicionar fuertemente la rehabilitación propuesta y los patios de luz para iluminar los diferentes recintos.

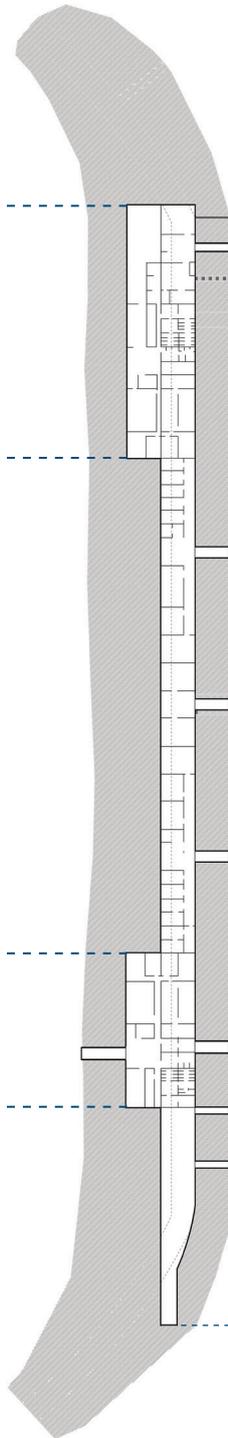
La geometría alargada de las bodegas esta formada por un sistema de pilares y vigas contenidos por un perímetro de muros de 30 centímetros de espesor. Toda la estructura está realizada en hormigón armado, la cual está en contacto directo con la tierra dado que ha sido cubierta en todas sus caras con una capa vegetal. Las únicas partes en que la estructura queda expuesta es en la cara oriente, en la cual se han dispuesto pequeños vanos alargados para iluminar y ventilar las bodegas, además de un tramo de la cubierta, la cual sirve como plataforma para el recorrido superior del talud, desde el cual se pueden apreciar vistas a la cordillera y al parque.

El hecho de que las cuatro caras de las bodegas estén en contacto directo con la tierra hace que esta edificación no tenga fachada. Sólo se puede entender su sistema estructural y fisionomía desde adentro, en la cual aparecen los pilares y las vigas que sostienen todo el conjunto.

Además de la estructura principal, las bodegas tienen una serie de subdivisiones o tabiques, los cuales en su mayoría son de ladrillo o bien de hormigón armado en el caso de las zonas que tienen instalaciones sanitarias. Para efectos de ésta investigación, solo se considerará dentro del levantamiento los elementos constructivos estructurales, asumiendo que la rehabilitación comenzará con un proceso de vaciado de todas las divisiones internas que responden a los programas originales destinados al talud: bodegas, camarines, baños, cocinas, etc.

Estado actual del actual. Planta esc. 1:2000.



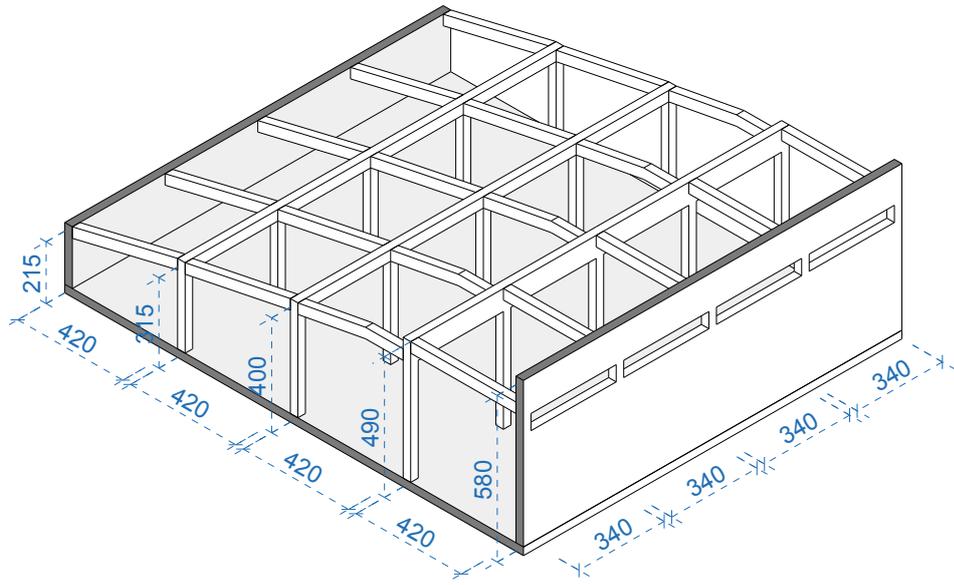


Planta de las bodegas subterráneas bajo el talud vegetal. Esc. 1:2000

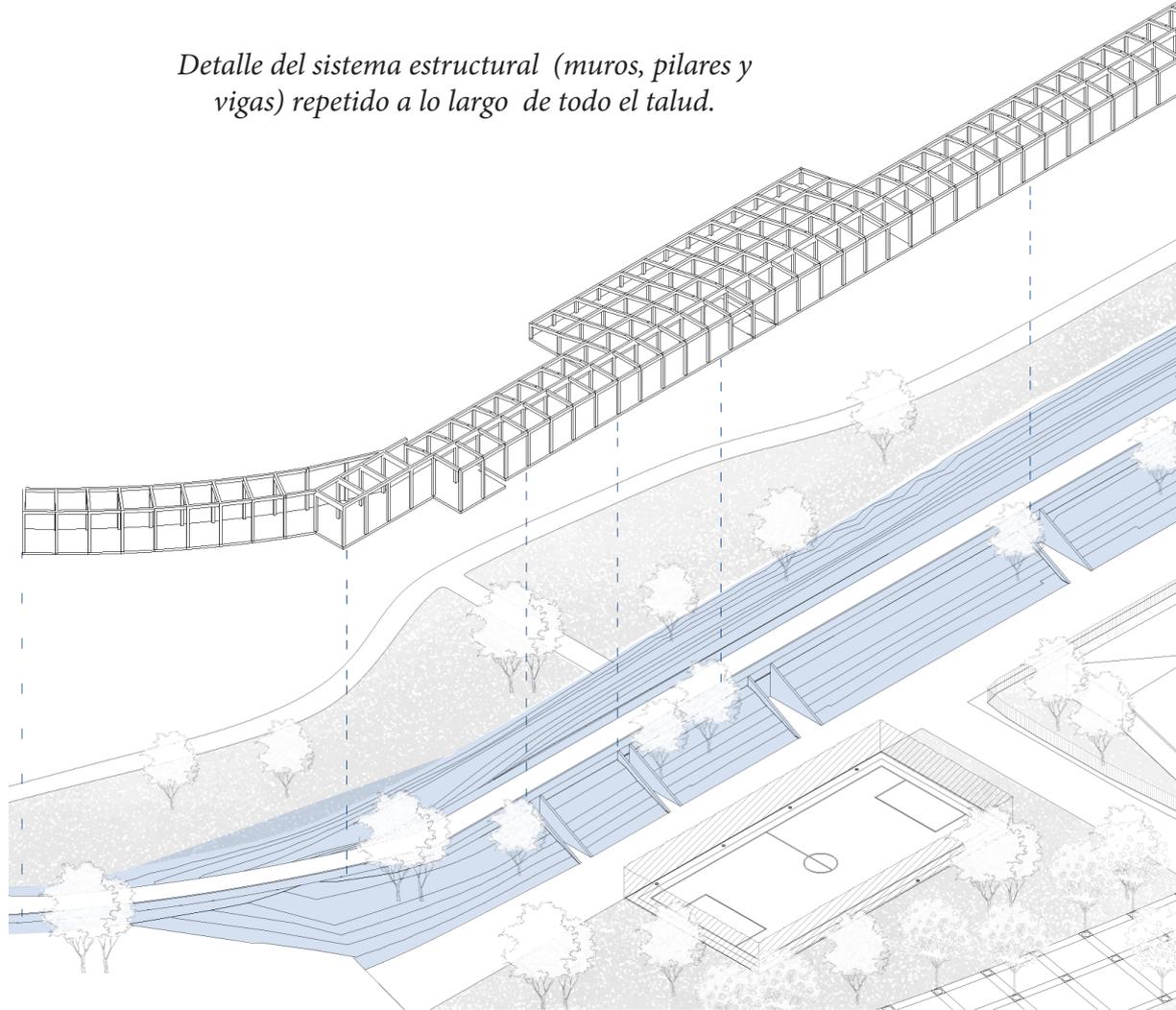
Todas las divisiones internas corresponden a las distintas bodegas y dependencias de la municipalidad, las cuales poseen accesos diferenciados desde el lado oriente.

En ésta investigación se propone trabajar sólo con los elementos constructivos estructurales. Esto significa derribar todas las divisiones internas y tabiquerías para dar espacio a la rehabilitación.

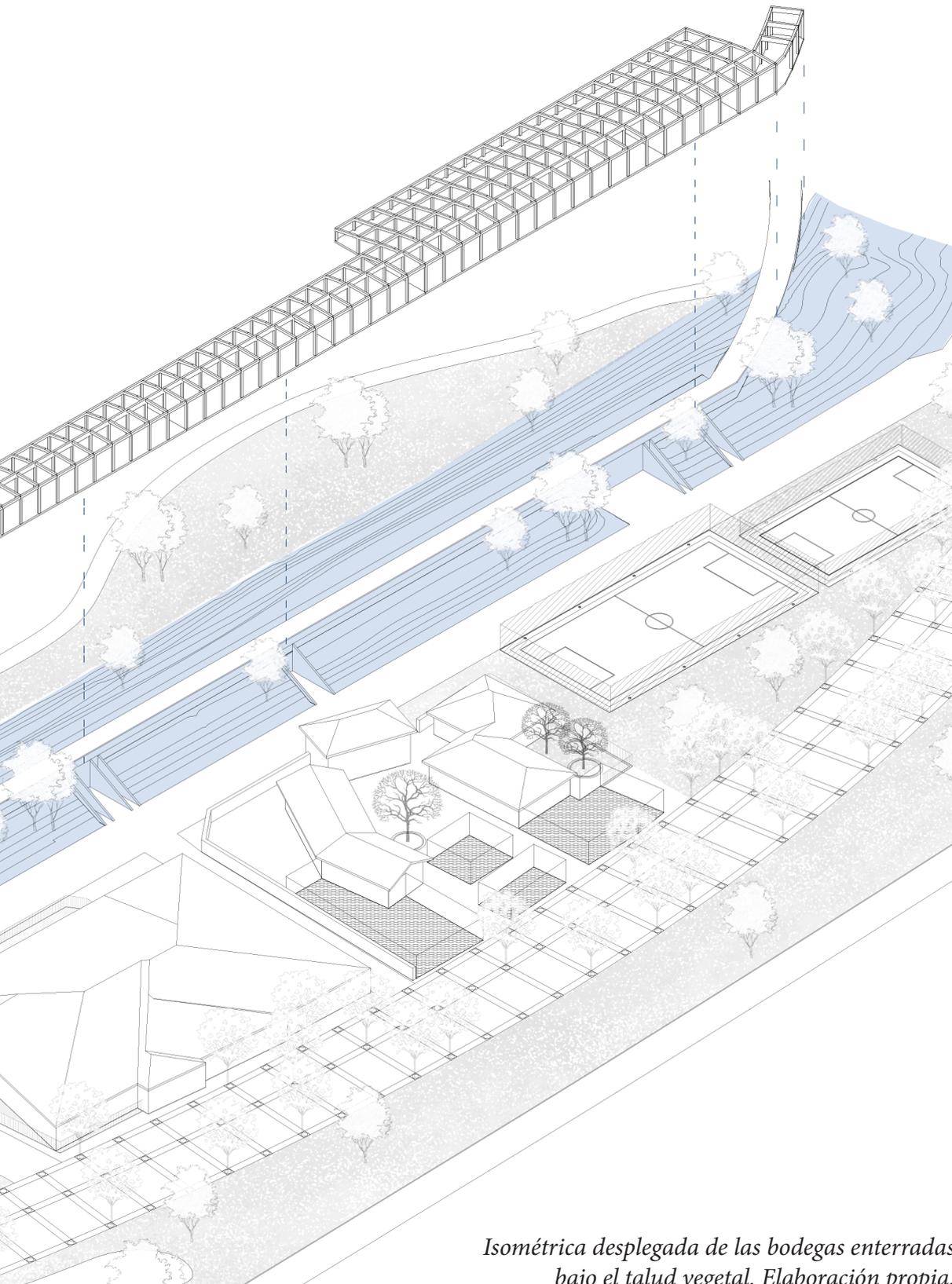
→ El último tramo inferior no será considerado dentro de la investigación y propuesta, debido a la irregularidad de su geometría y estructura (es el tramo en que el talud comienza a descender). Se propone mantener éstos espacios como bodegas y servicios para la mantención del parque.



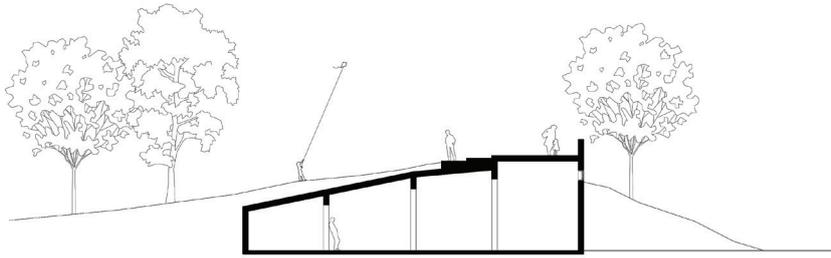
Detalle del sistema estructural (muros, pilares y vigas) repetido a lo largo de todo el talud.



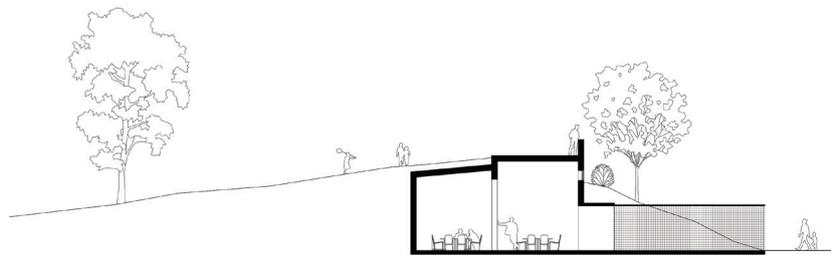
Levantamiento del estado actual del talud.



*Isométrica desplegada de las bodegas enterradas
bajo el talud vegetal. Elaboración propia.*



*Sección ancha de las actuales bodegas enterradas bajo el talud.
Ancho total de las bodegas: 18 metros. Elaboración propia.*



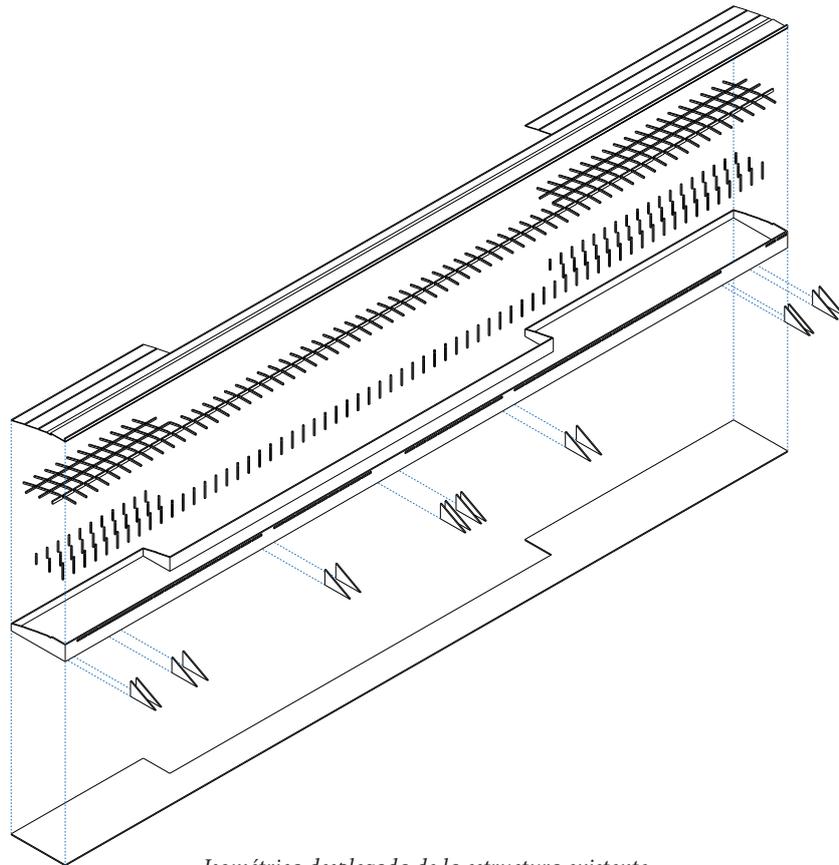
*Sección ancha de las actuales bodegas enterradas bajo el talud.
Ancho total de las bodegas: 9 metros. Elaboración propia.*



*Espacio interior a intervenir.
Simulación del vaciado de las actuales bodegas. Elaboración propia.*

Los elementos constructivos que componen el total de la estructura y sus dimensiones, en orden ascendente, son: losa (15cm aprox.), muros (30 cm), pilares (30x30 cm), vigas (40x30 cm), cubierta (15 cm aprox) y vanos en muro oriente (60 cm de altura). La grilla que organiza los pilares de la estructura es de 340 x 420 cm, y en su punto más alto (hacia el oriente) alcanza los 490 cm de altura, mientras que en su parte más baja (poniente) solo se alza 215 cm.

Es importante que todo este registro fue realizado para efectos de ésta investigación, dado que no existen planos de la estructura existente, por lo que la precisión está acotada a los recursos y tiempos disponibles. Algunos datos son estimativos, mientras que otros no fueron posibles de levantar, como por ejemplo, las fundaciones. Éstas se estiman que son del tipo corrida en los muros, mientras que en los pilares probablemente son fundaciones aisladas.



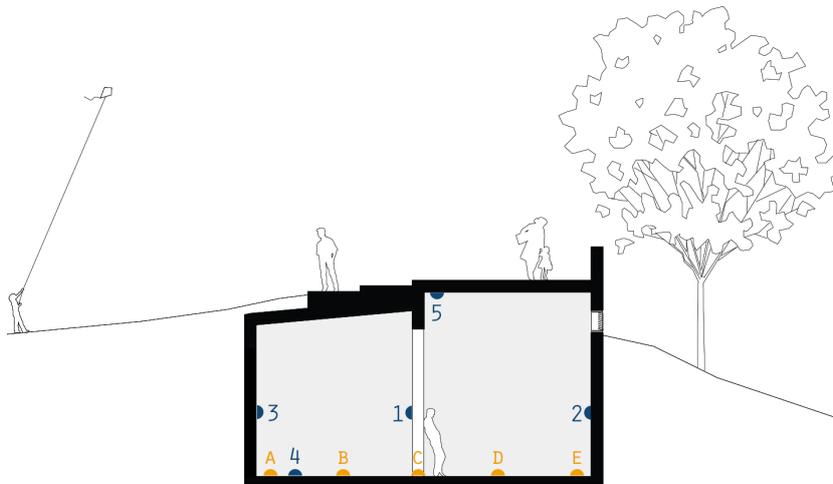
*Isométrica desplegada de la estructura existente.
Elaboración propia.*



a) Luxómetro: PCE - 174 DATALOGGING LIGHT METER



b) Data Logger de temperatura y humedad: VOLT CRAFT DL-121TH:



Leyenda:

1.- Registro de temperatura y humedad ambiental. 2.- Registro de temperatura superficial en muro oriente. 3.- Registro de temperatura y humedad en muro poniente. 4.- Registro de temperatura y humedad en el suelo. 5.- Registro de temperatura y humedad en la cubierta. A, B, C, D y E: Registros de intensidad luminica (LUX).



Fotografía de bodega sometida a mediciones.

2. Campaña de mediciones

Temperatura, humedad y luz natural en las bodegas enterradas.

La primera impresión que se tiene al entrar a las bodegas enterradas es que los recintos son oscuros y húmedos. A pesar de que no estamos hablando de arquitectura subterránea propiamente tal, ya que en realidad es un sistema de pilares y vigas con cubierta vegetal, aún así la sensación es la de espacios excavados en la tierra. Para cuantificar estas observaciones y analizar las condiciones ambientales del caso de estudio, se realizaron dos tipos de mediciones en dos momentos distintos durante el año. En una temporada fría y en otra cálida, se registraron mediante distintos sensores (ver página 34) la temperatura ambiental, superficial, la humedad relativa y distintos niveles de iluminación en una de las bodegas enterradas bajo el talud.

En cuanto a los registros de temperatura y humedad relativa, la primera medición se realizó durante una semana del mes de junio y la segunda durante una semana del mes de noviembre. La medición de los niveles de iluminación que entran por los vanos de la cara oriente se realizaron en 3 horarios distintos de un día despejado de verano. La posición de cada sensor está graficada en la imagen de la página adyacente.

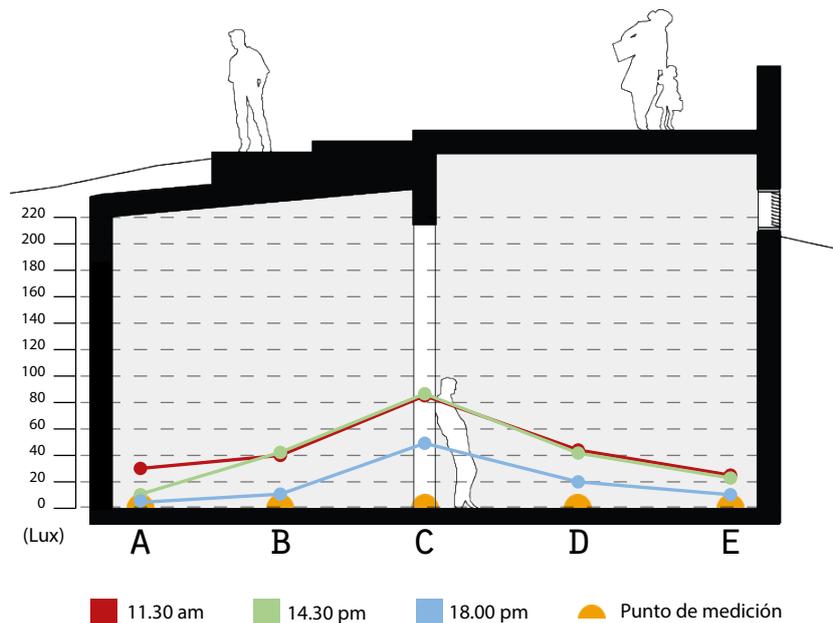
RESULTADOS DE LA CAMPAÑA DE MEDICIONES

Mediciones de temperatura: Los registros obtenidos muestran una alta estabilidad térmica si comparamos la temperatura ambiental interior con la del exterior. Mientras en la interperie existe una alta oscilación térmica entre el día y la noche, dentro del recinto de medición se mantuvo una temperatura constante tanto en invierno como en verano. Además de reducir la amplitud de las curvas, existe un desplazamiento temporal (horizontal en los gráficos) en la que se puede observar el retraso o demora en transferirse la temperatura del exterior al interior. Éstas características son propias de un recinto con alta inercia térmica, en este caso proporcionadas

por la cubierta vegetal que cubre casi todas las caras de la estructura. Las mediciones de temperatura superficial dan cuenta de que a mayor exposición al exterior (en el caso de las superficies no cubiertas por la tierra) mayor es la correlación con las condiciones ambientales exteriores. Esto significa que la losa y el muro poniente son las superficies que gozan en mayor medida de la inercia térmica provista por la superficie terrestre. En resumen, en invierno las condiciones ambientales están en promedio 10 grados por debajo de las condiciones óptimas de confort (definidas entre los 20 y los 26 grados para la ciudad de Santiago). En verano, la temperatura ambiental interior está justo por debajo del rango de confort a lo largo de todo el día y la noche. Durante el día los muros transfieren calor hacia la tierra, mientras que en la noche ésta le transfiere su energía a las bodegas, generando un ambiente constante a lo largo las distintas horas del día y estaciones del año.

Mediciones de humedad: Si bien se percibe en las bodegas un aire húmedo, las mediciones muestran niveles adecuados en comparación con el rango de confort establecido. Se puede apreciar que durante el día los niveles de humedad relativa son mayores que en el exterior, mientras que en la noche sucede el efecto inverso.

Mediciones de iluminación: Los tres registros realizados en diferentes momentos del día grafican la escasa luz natural que reciben los recintos a través de los vanos en a cara oriente, siendo en la mañana los momentos en que entra mayor radiación solar. Durante la medición, se pudo observar un alto contraste entre la situación exterior e interior, generando deslumbramiento en los momentos en que la radiación entraba de manera directa. Además, como se pudo constatar que existe una gran diferencia entre el fondo de las bodegas y las zonas cercanas a las aperturas. La iluminación en general es del tipo directa, dado que no existe ningún tipo de protección solar ni elementos en los cuales se produzcan reflejos desde el exterior. En algunas bodegas los vanos han sido sellados para proteger los objetos custodiados de la radiación directa o de posibles robos. Por último, la bodega analizada se ubica en la sección más angosta del talud,

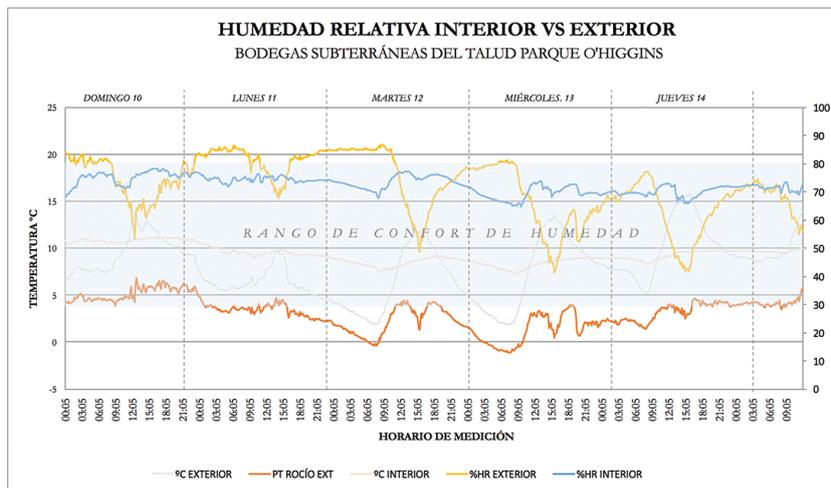
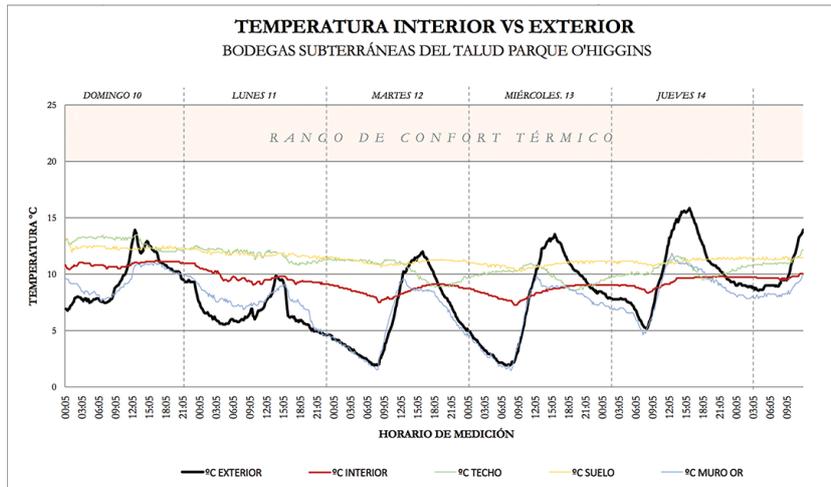


Mediciones de iluminancia en una de las bodegas del talud vegetal.

dada las facilidades que las autoridades municipales otorgaron para ésta investigación. Sin embargo, se puede asumir que en la sección más ancha los problemas de iluminación son aún mayores, ya que la apertura es la misma y la distancia que debe recorrer la luz es el doble.

CONCLUSIONES PRELIMINARES

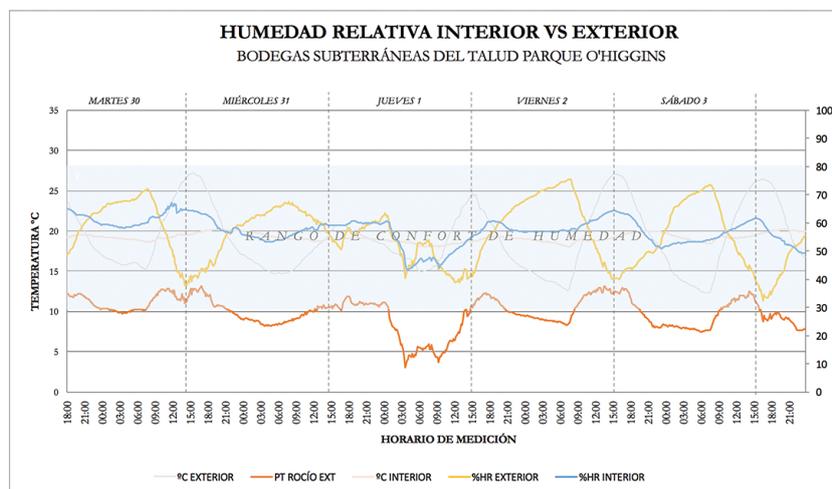
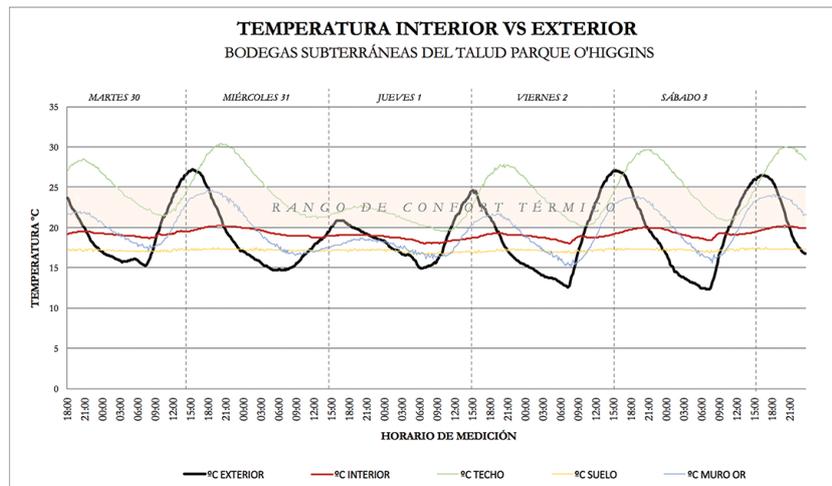
Las bodegas enterradas bajo el talud tienen una alta estabilidad en sus temperaturas comparado con la situación exterior del parque, tanto en invierno como en verano, dada la inercia térmica propia de la cubierta vegetal que cubre las caras laterales y superior de la estructura de hormigón. En verano las temperaturas se ubican justo debajo del rango de confort (20°C), mientras que en invierno están en promedio 10 grados por debajo de éste. Por otro lado la iluminancia que generan los vanos en el muro oriente logran bajos niveles de luz y ventilación. Dado que el uso actual de los recintos es de bodegaje y servicios, éstas condiciones no significan un problema para el funcionamiento del interior del talud, sin embargo, para un uso abierto al público de éste se necesita modificar la envolvente para alcanzar niveles de habitabilidad mínimos para los usuarios.



Junio

Las mediciones muestran una alta estabilidad de las temperaturas al interior del talud, debido a la inercia térmica asociada a la capa de tierra que cubre la estructura. Aún así, no se alcanzan los niveles adecuados para un uso abierto al público, existiendo un déficit aproximado de 10 a 15°C.

Las actuales bodegas subterráneas presentan porcentajes de humedad relativa en el límite superior del rango de confort.



Noviembre

En las temporadas más cálidas, cuando las temperaturas exteriores alcanzan los 28°C, las bodegas mantienen una temperatura interior de 19 °C, casi alcanzando el rango de confort.

Las fachadas que tienen menos contacto con la tierra son las que coinciden en mayor medida con la situación exterior, incluso existiendo un sobrecalentamiento en la cubierta, la cual al no tener aislación transmite calor hacia el interior durante la noche debido a la inercia térmica de la capa vegetal y el hormigón.

3. Programa propuesto:.....

REHABILITACIÓN DEL TALUD COMO ACUARIO METROPOLITANO

Habiendo entendido las problemáticas asociadas al talud vegetal y la geometría, estructura y condiciones ambientales de sus recintos enterrados, se propone una reestructuración del talud para generar nuevas relaciones con el parque y cambiar la condición de límite, transformando el uso actual en uno detonante para la reactivación e integración del núcleo del parque.

Dada las condiciones de temperatura e iluminación en el interior de las bodegas, es necesario realizar una intervención en la envolvente para alcanzar niveles deseados de iluminación.

Sin embargo, antes de la propuesta, es necesario entender por qué es importante trabajar sobre la estructura existente y qué significa una rehabilitación, dado que siempre existe la posibilidad de derribar el talud y construir una nueva edificación sin ninguna de las restricciones de la organización actual.

¿Por qué rehabilitar las bodegas enterradas bajo el talud vegetal?

Desde la arquitectura sustentable, recuperar edificios existentes y transformarlos mediante propuestas de rehabilitación conlleva a un ahorro energético y económico, además de poner en valor construcciones que ya tienen un valor por sí mismas.

En el caso del talud, si sumamos el volumen de todos los elementos que componen la estructura principal, es decir, losa, pilares, vigas, muros y cubierta, el volumen total corresponde a 1713 m³ de hormigón armado⁷, lo que equivale a 215 camiones con capacidad de 8 m³ cada uno. Desde un punto de vista económico esto se puede traducir en más de \$85.650.000 sólo en el costo del hormigón⁸, sin calcular el costo de construcción, enfierradura, mano de obra, faenas, etc. Si lo analizamos desde una perspectiva medioambiental, la fabricación de esta cantidad de hormigón

involucra la emisión directa e indirecta de gases de efecto invernadero equivalentes a 395.360 kg de CO₂E⁹. La reutilización de edificios existentes incluso es motivo puntuaciones positivas para la certificación de edificios sostenibles, como por ejemplo la reconocida certificación LEED (Leadership in Energy & Environmental Design).

¿En qué consiste una rehabilitación arquitectónica?

La rehabilitación como proceso de recuperación y conservación del patrimonio arquitectónico desde una visión dinámica de sus valores, entendiendo que “los elementos individuales de este patrimonio son portadores de muchos valores, los cuales pueden cambiar en el tiempo” (Conferencia Internacional sobre Conservación, 2000, p. 1), permite adaptar la obra existente a nuevos requerimientos de uso y con ello extender la vida útil del inmueble, incorporándolo a un nuevo ciclo de funcionalidad dentro del desarrollo social y cultural de una comunidad ¹⁰. En este caso del talud vegetal no se trata de un patrimonio arquitectónico reconocido como tal, pero si estamos hablando de una edificación de gran envergadura asociada a uno de los parques metropolitanos más importantes de Santiago, lo que trae consigo cierto recorrido en la historia y atmósfera del parque. Existen distintas maneras de aproximarse a la intervención de edificaciones existentes, ya sea según su valor patrimonial, grado de intervención, etc.

“Rehabilitaciones integrales: son aquellas actuaciones que suponen una intervención sobre todos los elementos del edificio que lo requieran, ya sean estructurales, constructivos o distributivos, produciéndose o no una

⁷ Cálculo estimativo obtenido a partir de la modelación 3D en el software Autodesk REVIT del talud y sus bodegas enterradas.

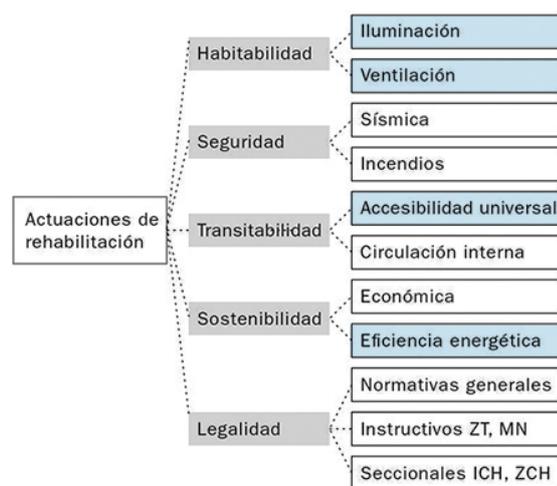
⁸ Valor por m³ de hormigón estimado en \$50.000, calculado tras la promediación del valor obtenido en la investigación referenciada en la nota al pie ⁸ con una cotización realizada en el sitio web de hormigones Melón (<https://tienda.melon.cl>), para un hormigón normal que posee resistencia 300 kg/cm², nivel de confianza 90, tamaño máximo 20 mm (gravilla) y cono 8 cm.

⁹ Cálculo según valores obtenidos en Albornoz, Juan. (2015). Cálculo de la huella de carbono asociada a la elaboración de hormigones geopoliméricos en Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Ingeniería Civil.

¹⁰Torres, Claudia. (2014). La rehabilitación arquitectónica planificada. ARQ (Santiago), (88), 30-35. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-69962014000300006>

alteración significativa de los espacios originales y su volumetría, mejorando sus condiciones funcionales o adaptándose a nuevos usos. En general, este tipo de intervenciones son ejecutadas en inmuebles de un único propietario o en inmuebles de propiedad vertical, ya que esto facilita las gestiones y la rapidez en la toma de decisiones. Normalmente las rehabilitaciones se realizan cuando la edificación presenta un cuadro patológico grave que afecta a la mayoría de la edificación –sobre todo cuando la estructura se encuentra comprometida–; cuando existe un interés inmobiliario por llevar a cabo una operación de densificación, cuando se quiere hacer una reconversión funcional de la edificación, o bien cuando existe una política pública interesada en rescatar ciertas edificaciones a modo de intervención ejemplar.” (Claudia Torres- La rehabilitación arquitectónica planificada).

Dado que el caso de estudio se trata de una edificación que presenta un “cuadro patológico” en cuanto a su uso y configuración espacial dentro del parque, la rehabilitación a proyectar se cataloga, según Torres (2014), como una rehabilitación integral. Esto involucra la intervención de sus elementos para mejorar sus condiciones funcionales y adaptarse a un nuevo uso. Éstas intervenciones presentan desafíos significativos para cumplir las normativas que los regulan. Estas dificultades se encuentran directamente relacionadas con los aspectos morfológicos y tipológicos de las edificación existente 9.



Distintas actuaciones de rehabilitación según Torres (2014). En el caso del talud, las más importantes a considerar son las de habitabilidad, sostenibilidad y transitabilidad.

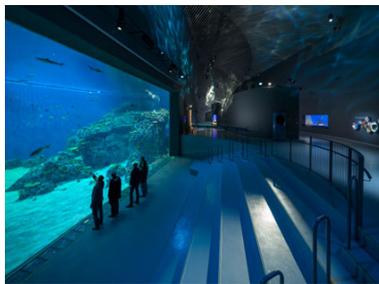
Fuente: La rehabilitación arquitectónica planificada. Claudia Torres (2014).



*Dubai Aquarium
Emiratos Árabes*



*Baltimore National Aquarium
Baltimore*



*Blueplanet Aquarium
Dinamarca*



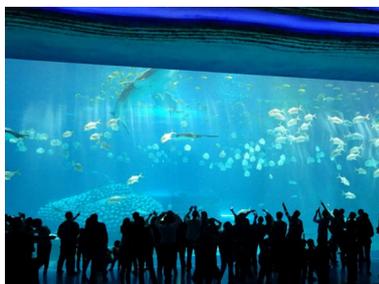
*Karlovac Aquarium
Croacia*



*L'Oceanografic
España*



*uShaka Marine World
Sudáfrica*



*Chimelong Ocean Kingdom
China*



*Acuario de Veracruz
México*

Acuarios de gran escala en distintas ciudades del mundo.

Rehabilitación del talud vegetal como acuario metropolitano

La reconfiguración del talud vegetal requiere en primer lugar un cambio en su programa, de manera que en vez de contener bodegas, sus recintos puedan ser aprovechados por los usuarios del parque.

En base al levantamiento del caso de estudio, la investigación propone la implementación de un “Acuario Metropolitano” en las bodegas del talud, programa de carácter público/cultural mediante el cual se busca consolidar un nuevo punto de atracción dentro del parque en torno a la exhibición de especies marinas y diferentes espacios de interacción y aprendizaje relacionados con la biodiversidad marina.

¿Por qué un acuario en el Parque O’Higgins?

La propuesta programática se fundamenta en base a distintos criterios, que responden a diferentes escalas y problemáticas:

a) **Escala metropolitana:** En nuestro país existe un déficit de plataformas culturales asociadas al entendimiento, cuidado y preservación del entorno marino, presentándose así un programa cultural atractivo para su capital dada la importancia que tiene el mar en un país con 6.435km de costa y una fauna marina altamente diversa^{11 12}. En la mayoría de las capitales del mundo existe por lo menos un acuario de gran escala, siendo edificios íconos del turismo y la cultura de cada nación. “En nuestro país, en tanto, desde hace más de veinte años que se discute y analiza la necesidad de construir e implementar un acuario nacional, que permita mostrar las particularidades del medio marino y costero de nuestro país y dar a conocer al público,

¹¹ Central Intelligence Agency (CIA) (2011). «Coastline». *The World Factbook*. Accedido en Octubre de 2018.

¹² “Chile está entre los países con la costa más larga del mundo, con aproximadamente 4.329 kilómetros de longitud (...), lo que da paso a una fauna marina altamente diversa y además, endémica.” - *Bío- Bío Chile*. <http://rbb.cl/g0lb> - Accedido en Julio de 2018.

¹³ “La inercia térmica o capacidad de almacenar energía de un material depende de su masa, su densidad y su calor específico. Edificios de gran inercia térmica tienen variaciones térmicas más estables ya que el calor acumulado durante el día se libera en el periodo nocturno, esto quiere decir que a mayor inercia térmica mayor estabilidad térmica.” - *Construpedia, Construible.es*. Accedido en Junio de 2018.

Acuario existente el parque O'Higgins (Aquamundo). Imágenes propias.



particularmente a niños y jóvenes, la biodiversidad y riquezas del territorio marítimo chileno, tan distinto al Caribe y otros ambientes representados en cientos de acuarios alrededor del mundo.” (Columna del Dr. Juan Manuel Estrada, en ese entonces, Director de Ingeniería en Acuicultura UNAB, Sede Viña del Mar, publicada en Marzo de 2015, en la plataforma AQUA - www.aqua.cl). La importancia del Parque O’Higgins en Santiago lo convierte en una alternativa óptima para albergar un programa que atienda a las necesidades de la Región Metropolitana.

b) **Escala de parque:** En el pueblito ya existe un acuario llamado “Aquamundo”, el cual fue parte de una iniciativa de la municipalidad en 1987. Éste es de los pocos programas que siguen vigentes del “pueblito de artesanos” original. Es uno de los acuarios más importantes del país, junto con que se encuentra dentro del Buin Zoo. Sin embargo, dado el tamaño del recinto (aprox. 300m²), la envergadura de su exhibición y la falta de espacios interactivos de aprendizaje e interacción, éste no alcanza una dimensión acorde a la escala metropolitana del parque. La posibilidad de reubicarlo dentro del talud significa además que se puede liberar espacio útil en la superficie para áreas verdes u otras actividades, contribuyendo además a la integración del parque al eliminar uno de los límites internos.

c) **Escala de edificio:** Las condiciones ambientales registradas en el levantamiento de las bodegas coinciden con los requerimientos de un acuario en cuanto a la importancia de un ambiente controlado. La alta inercia térmica asociada a las masas de tierra que cubren la estructura de hormigón se traducen en una temperatura estable durante el año¹³, además de presentar bajos niveles de iluminación, que evitarían el crecimiento descontrolado de algas dentro de las peceras. Además, la cubierta vegetal funciona como un gran aislante acústico capaz de proteger a las especies en exhibición sobretodo durante los recurrentes conciertos del Movistar Arena y eventos en la explanada central. La estabilidad térmica se traduce en un ahorro energético en cuanto a sistemas activos de climatización tanto para el público como para mantener la temperatura de los distintos estanques de exhibición.

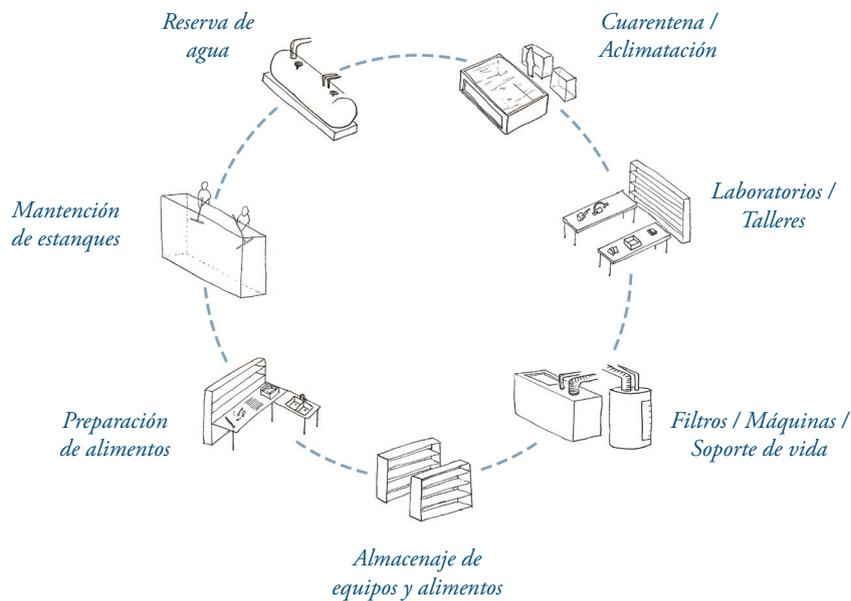
Programa propuesto:
Acuario metropolitano

REQUERIMIENTOS DEL PROGRAMA

Áreas Públicas

Áreas Técnico-Administrativas

Hall Acceso	Laboratorios / Talleres
Exhibiciones Permanentes	Preparación de alimentos
Exhibiciones Temporales	Recepción de organismos
Auditorio	Cuarentena
Zona de lectura / playground	Filtros / Máquinas / Soporte de vida
Boletería / Informaciones	Bodegas (alimentos, equipos, etc.)
Cafetería	Reserva de agua
Guardarropía	Oficinas Administrativas
Servicios Higiénicos	Servicios Higiénicos
Tienda / Souvenirs	



Caracterización del programa propuesto.

Elaboración propia a partir de múltiples fuentes, entre ellas entrevistas a: Juan Acosta Jimeno, Consultor Ambiental del acuario de Veracruz (Consultores Ambientales Asociados) Veracruz, México. Mario Alberto Mora Parra, Gerente General de Sociedad Comercial Aquamundo (Actual acuario del Parque O'Higgins). Anteproyecto "Centro de la Biodiversidad Marina Chilena", realizado por Aquamundo en conjunto con la Universidad de Valparaíso.

d) **Mercado activo:** Durante la presentación de ésta investigación a la Ilustre Municipalidad de Santiago (Agosto, 2017), Fernando Vallejo M., director de la Subdirección de Ornato, Parques y Jardines, reveló que hace aproximadamente 2 años una empresa privada de México propuso la construcción de un acuario en uno de los parques de la comuna de Santiago. Sin embargo, al no encontrar una superficie del tamaño requerido, el proyecto nunca se concretó. En este sentido, las bodegas del parque O'Higgins se convierten en un espacio idóneo ya que no perjudica el espacio público al no restar metros cuadrados de área verde útil.

e) **Programa original:** Por último, durante el proceso de construcción del talud original se consideró la alternativa de realizar un acuario, dentro del plan de apertura del Parque O'Higgins a la ciudadanía, impulsado bajo el gobierno de Salvador Allende. Sin embargo, la idea nunca se concretó.

“Según Beach, bajo el talud también se proyecta un acuario y sobre él un parrón que finalmente no se realiza. ” - *Montealegre, Pía (2010). «Jardín para el pueblo. El imaginario de la Unidad Popular en el Parque O'Higgins».*

¿Cuáles son los principales aspectos a considerar en el diseño de un acuario?

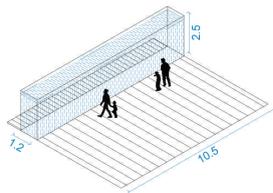
En la actualidad, los grandes acuarios cumplen principalmente tres funciones: conservación, investigación y educación. Esto significa que además de dar a conocer las curiosidades del mundo marino y concientizar acerca del cuidado del medio ambiente, la gran escala de las exhibiciones y numerosa cantidad de especies bajo el cuidado de especialistas convierte a los acuarios en plataformas de desarrollo científico y de conservación de la flora y fauna marina.

Un espacio de exhibición de este tipo requiere de un cuidadoso diseño que permita tanto el flujo de los visitantes como el correcto funcionamiento de los espacios técnicos, administrativos y de mantenimiento. Un acuario tiene requerimientos exigentes en cuanto a áreas de servicio, las cuales contienen diversas funciones tales como sala de filtros, máquinas,

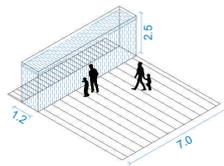
EXHIBICIÓN DE ESPECIES MARINAS PROPUESTA

**Dimensiones referenciales, ajustables al sitio de proyecto.*

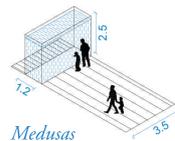
Elaboración propia a partir de referentes internacionales y el anteproyecto "Centro de la Biodiversidad Marina Chilena", realizado por Aquamundo en conjunto con la Universidad de Valparaíso. La propuesta, pensada en el borde costero cercano a Reñaca, nunca se ejecutó. Las dimensiones del proyecto son similares al área disponible bajo el talud.



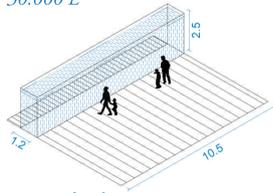
*Isla de Pascua
30.000 L*



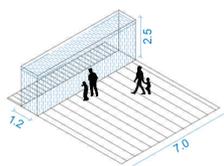
*Chile Norte
20.000 L*



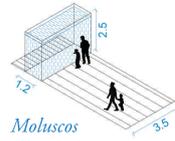
*Medusas
10.500 L*



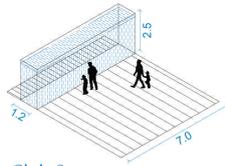
*Bosque de Algas
30.000 L*



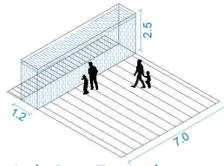
*Antártica
20.000 L*



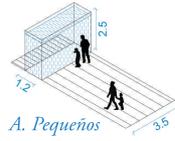
*Moluscos
10.500 L*



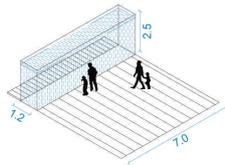
*Chile Sur
20.000 L*



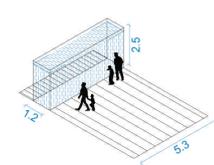
*Arch. Juan Fernández
20.000 L*



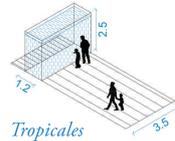
*A. Pequeños
10.500 L*



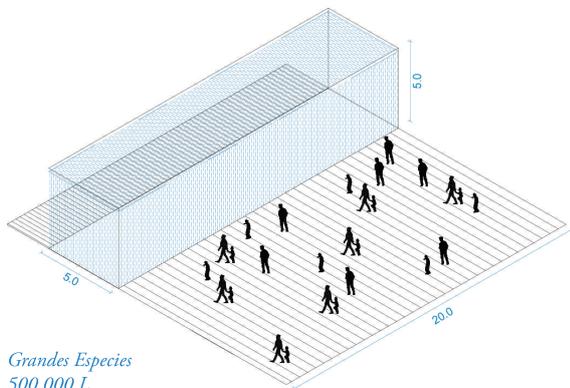
*Chile Centro
20.000 L*



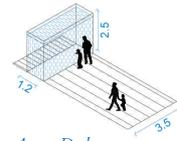
*Indopacífico
16.000 L*



*Tropicales
10.500 L*



*Grandes Especies
500.000 L*



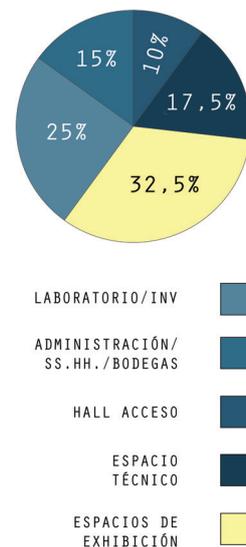
*Agua Dulce
10.500 L*

*Total: 728.500 Litros
Añadir 240.000 para
cuarentena + 240.000 para
estanque de reserva.*

Listado de estanques de exhibición propuestos.

preparación de alimentos, laboratorios, talleres, cuarentena, almacenaje, mantención, etc. Además, se necesita espacio para oficinas administrativas y áreas de descanso para los trabajadores. Por otro lado, la exhibición se nutre tanto de la contemplación de especies vivas (húmedas) como de exposiciones interactivas (secas), ya sean audiovisuales, animales petrificados, paneles informativos, etc. Esto significa que el recorrido de los visitantes es diverso y tiene múltiples posibilidades desde el punto de vista del diseño. La manera en que se organiza el acuario y sus distintas exhibiciones va a depender del lugar en el que se emplaza, de los recursos disponibles y del tamaño de la edificación.

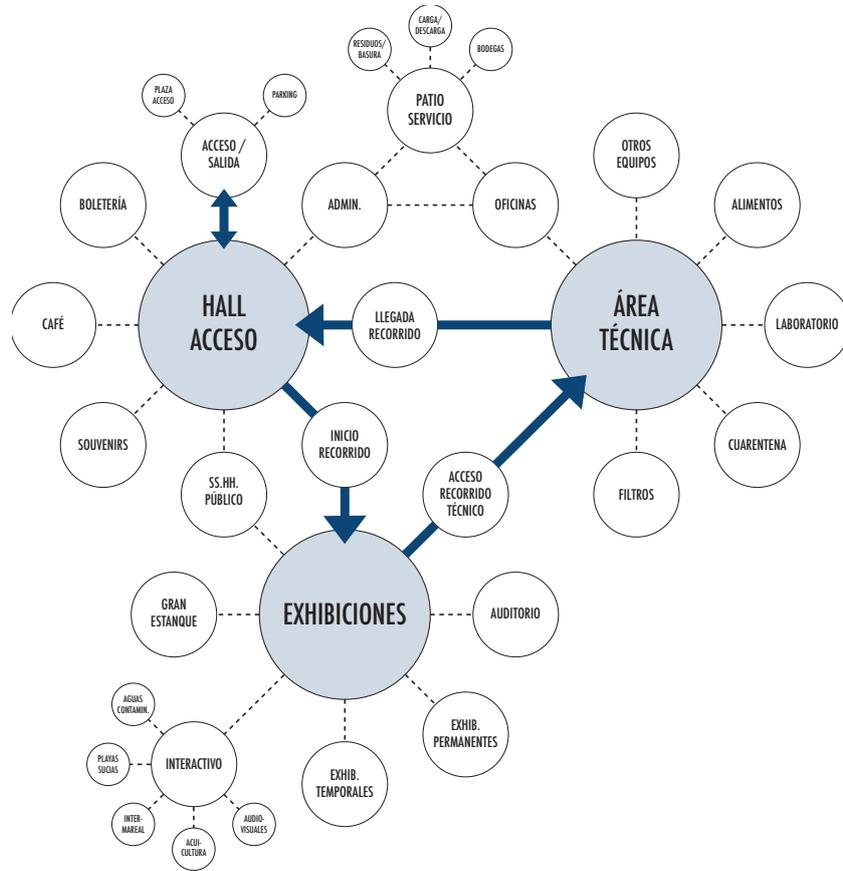
“Today, aquariums have become a new platform for cultural architecture and experimentation. Designers of late are exploring how this program can be realized in different forms and functionalities. The aquarium today has become a key cultural destination for visitors of large cities while simultaneously serving as a public icon to surrounding communities.”
 - NYC Aquarium & Public Waterfront (2015. International open ideas competition. www.archoutloud.com.)



*Distribución programática de un acuario público.
 Fuente: Concurso NYC Aquarium 2015.*

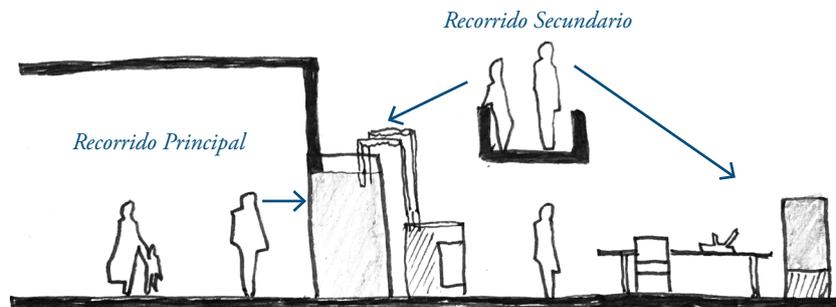
En el caso del talud vegetal, la implementación de un acuario presenta un desafío arquitectónico en diversos aspectos. El primero y el más importante tiene que ver con la habitabilidad de éstos espacios enterrados, puesto que la variedad tipologías de recintos y formas de exhibición involucran distintos niveles de iluminación, agrupaciones de persona, masas de agua y otras variables que afectan a su vez en la temperatura y confort de los espacios. Además, la forma alargada del talud, su altura, su crujía y contexto

Relaciones programáticas de un acuario. Elaboración propia.



En esta investigación y proyecto se propone un recorrido alternativo que revele los procedimientos y espacios técnicos del acuario, permitiendo al visitante aprender sobre cómo se mantienen las distintas exhibiciones en funcionamiento, mostrando los procesos de alimentación, cuidado, sistemas de filtros, laboratorios, etc. Este recorrido secundario (o técnico) debe permanecer separado del área de trabajo de los funcionarios.

Relaciones entre los distintos recintos del programa propuesto.



determinan la organización del acuario, puesto que la distribución del recorrido y los espacios técnicos queda restringida al espacio disponible de la rehabilitación. Por último, el diseño del acuario debe considerar las problemáticas asociadas al parque que dieron origen a la investigación: transformar la condición de límite del talud y generar nuevas relaciones con su entorno.

¿Cómo abordar la rehabilitación del talud? Un problema de contrastes.

Las condiciones actuales del talud y el programa propuesto traen consigo una serie de tensiones o dualidades tanto espaciales como programáticas, las cuales han despertado inquietudes para la propuesta de rehabilitación del talud.

Público / Privado

En primer lugar, la transformación del talud en un acuario metropolitano supone un cambio de uso que convierte a las bodegas en un nuevo recinto privado dentro del parque. ¿Cómo un programa privado debe dialogar con su entorno público en un parque metropolitano? ¿Qué cambios se deben realizar para que no se fortalezca la idea de talud como límite?

Interior / Exterior

Esta propuesta trae consigo el desafío de incidir en la totalidad del parque, o por lo menos en la zona interior de la elipse, desde la transformación de espacios que están enterrados bajo el talud vegetal. Entonces, ¿qué relación debe existir entre el interior y el exterior del acuario? La propuesta deberá mostrar en algún punto la existencia del nuevo programa para incentivar su uso, probablemente en el acceso, y generar una relación, o tensión, constante entre el interior del talud con lo que ocurre en el parque, ¿cuánto del interior se debe revelar y cuánto debe permanecer oculto bajo la superficie de pasto?

Espacio técnico / Recorrido público

Dada la forma alargada del talud y la altura disponible, la posibilidad de agrupar todo lo técnico y todo lo público por separado es limitada.

La estructura actual exige una relación estrecha entre ambos circuitos. Entonces, ¿cómo debe interactuar lo público del recorrido con los espacios técnicos propios del acuario?

Expositivo / Interactivo

En los acuarios de mayor envergadura existe una mixtura de tipologías de exhibición, en las cuales se varía entre la exposición de especies marinas con otro tipo de exhibiciones “interactivas”, las cuales permiten generar situaciones de concientización y aprendizaje en las que el usuario se relaciona de manera más directa. Éstas tipologías de exhibición tienen distintos requerimientos espaciales y ambientales que deben ser tratados de manera individual en la etapa de diseño.

Húmedo / Seco

Los espacios de exhibición que involucran especies vivas del mundo marino, o bien “exhibiciones húmedas”, además de contar con la presencia de grandes volúmenes de agua, necesitan un mayor espacio técnico para las instalaciones y manipulación de los acuarios. Por otro lado, las exhibiciones “secas”, asociadas en general a lo “interactivo”, tienen menos restricciones en cuanto a instalaciones y mantención.

Luz / Sombra

Por último, los espacios de exhibición “húmedos” tienen distintos requerimientos lumínicos que los espacios “secos” o “interactivos”. En los primeros, la luz natural directa sobre los acuarios provoca el crecimiento indeseado de algas dentro de los estanques, elevando los costos de mantención del acuario. Por otro lado, los espacios interactivos tienen mayor libertad en cuanto al tipo de iluminación, presentando una oportunidad para que los recintos subterráneos tengan mayores aperturas que permitan el ingreso de la luz natural una mayor relación entre el interior del talud con su contexto (exterior).

Dada las condiciones actuales de las bodegas subterráneas, la estructura a intervenir, el contexto talud y los requerimientos ambientales de cada tipología de exhibición, ésta investigación se centrará en el uso de

la luz como elemento de diseño para la mediación entre los contrastes mencionados y la conformación de los distintos espacios de exhibición.

El patio de luz como estrategia de rehabilitación

Dada las condiciones ambientales registradas en la campaña de mediciones de temperatura, humedad e iluminación de las bodegas existentes, se concluye que dentro de la propuesta de rehabilitación del talud, uno de los temas más relevantes es modificar las condiciones ambientales internas de las actuales bodegas para que puedan ser habitadas de manera confortable por los usuarios del acuario. Tomando en consideración las distintas variables analizadas hasta el momento (contexto, geometría, estructura, programa, etc.), la investigación se centrará en la iluminación como parámetro protagonista de la rehabilitación. Para lograr esto, se plantea el uso de patios de luz como estrategia pasiva de iluminación.

El patio de luz como herramienta de diseño permite, por un lado, iluminar de manera natural los recintos enterrados, al mismo tiempo que genera nuevas relaciones entre el interior del talud y el exterior, ampliando los límites de las bodegas y estrechando la relación del recorrido del acuario con el entorno natural propio del parque. Desde ésta perspectiva, la iluminación natural asociada a los patios de luz se convierte en el elemento de diseño clave para el proyecto, buscando generar distintas atmósferas y encontrar las condiciones de confort adecuadas para las distintas tipologías de exhibición presentes en un acuario.

“(...) daylighting is increasingly employed in modern buildings, underground spaces and tunnels to minimise energy consumption and release of harmful emissions to the environment”¹⁴.

“Increasing the use of natural daylight for lighting purposes in buildings may offer savings in total building energy consumption.”¹⁵

Por otro lado, el patio de luz es un regulador térmico capaz de refrigerar

los recintos adyacentes en verano y calentar en invierno, permitiendo el ingreso de la radiación solar. En el caso del talud del Parque O'Higgins, la necesidad de refrigerar no es necesaria dada la envolvente vegetal e inercia térmica asociada a ésta. Si se hace necesario permitir el ingreso controlado de radiación en invierno para aumentar la temperatura. Sin embargo, el problema se reduce a iluminar sin producir un sobrecalentamiento en el interior del acuario, entendiendo que además existirán nuevas cargas térmicas internas asociadas a las personas, equipos, etc.

Por último, el patio de luz permite ventilar naturalmente los recintos enterrados. En el caso de ésta investigación, esta cualidad será acogida en la parte proyectual, sin embargo se asume que dada la complejidad del programa y la envergadura del proyecto, probablemente sea necesario acudir a sistemas mecánicos de ventilación para lograr un ambiente estable para los usuarios y los distintos animales en exhibición, independiente de que el patio sea un aporte y signifique reducir los gastos energéticos y económicos asociados.

¹⁴ A.A. Elmualim, S. Smith, S.B. Riffat, L. Shao. (1999). *Evaluation of dichroic material for enhancing light pipenatural ventilation and daylighting in an integrated system.* Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0306-2619\(99\)00014-8](https://doi.org/10.1016/S0306-2619(99)00014-8).

¹⁵ Oakley, G & J. Smith, S & Shao, L & B. Riffat, S. (2002). *TripleSave - The Investigation and Monitoring of a Combined Natural Daylighting and Stack Ventilation System.*

TERCERA PARTE:
DISCUSIÓN BIBLIOGRÁFICA

El patio de luz como estrategia bioclimática

Antes de continuar con el capítulo final de la investigación, en que se estudian en profundidad los patios de luz y su capacidad para iluminar los distintos espacios de exhibición del acuario, ésta tesis realiza una discusión de autores en torno al patio de luz como herramienta bioclimática de iluminación natural, identificando y definiendo los conceptos claves en torno a la estrategia de rehabilitación propuesta.

El patio de luz como estrategia bioclimática

“La relación entre clima y arquitectura es un aspecto clave en el diseño arquitectónico, pues la obra de arquitectura se beneficia de los aspectos positivos del clima y busca protegerse de sus inclemencias. Siguiendo estos preceptos, es de vital importancia entender al objeto arquitectónico como un modificador del sistema natural, que es a su vez modificado por las características del medio ambiente en el que se inserta.”¹⁶

Esta comprensión de la naturaleza y traducción a una forma arquitectónica es el origen de la “arquitectura bioclimática”, la cual consiste en proyectar mediante estrategias de diseño pasivas para resguardarse del frío, del calor, de las fuertes lluvias, etc.¹⁷

Sin duda la radiación solar es uno de los elementos más determinantes en la geometría y materialidad de las construcciones bioclimáticas. Es así como en distintas culturas, con distintos contextos ambientales, se han dado desarrollado diferentes estrategias para bloquear, filtrar o aprovechar la radiación solar según corresponda.

¹⁶ *Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos. Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas*

¹⁷ Hassan, H., Sumiyoshi, D. *Earth-sheltered buildings in hot-arid climates: Design guidelines. Beni-Suef Univ. J. Basic Appl.Sci.* (2017), <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjbas.2017.05.005>

Uno de los componentes de la radiación es la luz proveniente del sol. Ésta ha sido un elemento altamente explorado en la arquitectura, dando origen a un sin-número de estrategias y dispositivos que permiten captarla y proyectarla en el espacio de manera directa, indirecta, tamizada, etc. Además, ha sido motivo de múltiples investigaciones y publicaciones que explican sus distintos componentes y efectos en la vida de las personas, los cuales explican cómo la luz natural es un elemento que promueve la salud, orientación espacial y temporal, el funcionamiento de los programas de los edificios, etc.^{18 19}

“La luz natural es uno de los elementos que en mayor medida contribuyen a la expresión arquitectónica. Puesto que varía de hora en hora y de día en día a lo largo del año, tanto en intensidad como en color, introduce una componente temporal en la arquitectura.”

“La luz natural, no sólo configura el espacio interno, sino que determina su visión plástica externa.” - Guillermo Yañez (1988). Arquitectura solar: Aspectos pasivos, bioclimatismo e iluminación natural.

¹⁸ “1. First there is the question of light for seeing in order to function within a space. This must vary according to the type of building, whether a residence, an office or a factory ... the need may be to read a book, operate a piece of machinery, or whatever. If it is possible for daylight to provide this, then we expect it to do so. 2. The natural appearance of a space, where the overall experience, the objects and surfaces, are modelled in daylight together with the addition of sunlight at certain times of day. 3. The cyclical change from morning to evening, changes which are varied still further with the weather and the season of the year. Man has an innate desire for variety and change in his environment, and changes in the appearance of a space from time to time provide this. 4. The orientation which comes with the knowledge of a person's whereabouts in relation to the outside world. In a totally artificial environment, a person has difficulty in finding his way inside a building, a problem which was evident in some of the early artificially lit shopping centres, where people became disoriented, having problems in finding their way around the building. 5. The experience of the world beyond the building, by the view to the outside, whilst this is associated with the factor of orientation, it has the added aspect of content . . . which can be of open countryside, trees and landscape, but more often than not of other buildings and street patterns. What is important is not only the content but also the experience of something at a distance as a rest centre for the eye. Daylight is clearly crucial. 6. The experience of natural colour; for whilst the physical colour of our world as experienced in daylight changes from morning to night, the changes are a part of our experience; we compensate automatically, a white wall appears a white wall even if in the evening it may be warmer, or is coloured by sunlight, or altered by cloud formations ... it is the colour we regard as natural. 7. Although perhaps not essential, it is a part of the experience of the natural world that we should be able to receive natural ventilation, by opening windows. This is a part of the human desire for control of his environment, whether this be the light on his work, or the air that he breathes.” - Derek Phillips. *Daylighting: Natural light in architecture*. 2004.

¹⁹ Guillermo Yañez. *Arquitectura solar: Aspectos pasivos, bioclimatismo e iluminación natural*. 1988.

Dentro de los factores que determinan cómo la luz natural incide en la arquitectura están la orientación de la fachada, nivel de iluminación exterior, tamaño y forma de las aperturas, espesor de los muros, tipo de acristalamiento y control solar, forma del recinto, color de las superficies y obstáculos exteriores como árboles, edificios o reflejos ¹⁹. Además, el efecto de la luz natural depende de cómo es percibida por las personas en el espacio. Este proceso de percepción está asociado a una infinidad de otras variables, que incluyen las transiciones lumínicas de un recinto a otro, experiencias personales previas, la asociación de los sentidos en cuánto a la temperatura, humedad, olor, tacto, etc.

“Seeing is not a passive response to patterns of light; rather, it is an active information-seeking process directed and interpreted by the brain. Visual sensory data are coordinated with incoming contextual information from the other senses related to past experiences of a comparable nature. (...) This in turn largely determines what we look at and what we perceive.” - William M.C. Lam (1977). Perception and lighting as formgivers for architecture.

Entonces, ¿cómo se define una “buena iluminación”? ¿de qué manera la arquitectura debe hacerse cargo de la luz natural en el proceso de diseño? Si bien existen distintas escalas que definen la cantidad de luz adecuada para ciertas actividades humanas, e incluso guías de iluminación para distintos programas o tipos de recintos, el fenómeno de la luz en la arquitectura es algo difícil de cuantificar dado que cada lugar, cada proyecto tiene sus propias restricciones y reglas de diseño. Ésta ambigüedad en cuánto a la definición de una correcta iluminación abre un sinnúmero de posibilidades de diseño y exploraciones en torno a la luz y su efecto en el espacio.

“I only wish that the first really worthwhile discovery of science would be that it recognized that the unmeasurable is what they're really fighting to understand, and that the measurable is only the servant of the unmeasurable; that everything that man makes must be fundamentally unmeasurable.” - Louis Kahn ²⁰

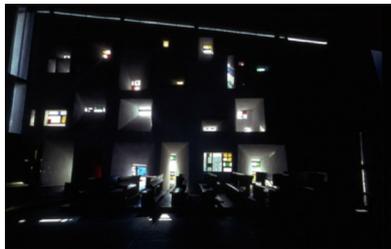
²⁰ Dean Hawkes. 2007. *The Environmental Imagination. Technics and poetics of the architectural environment.*



*Casa Koshino
Tadao Ando*



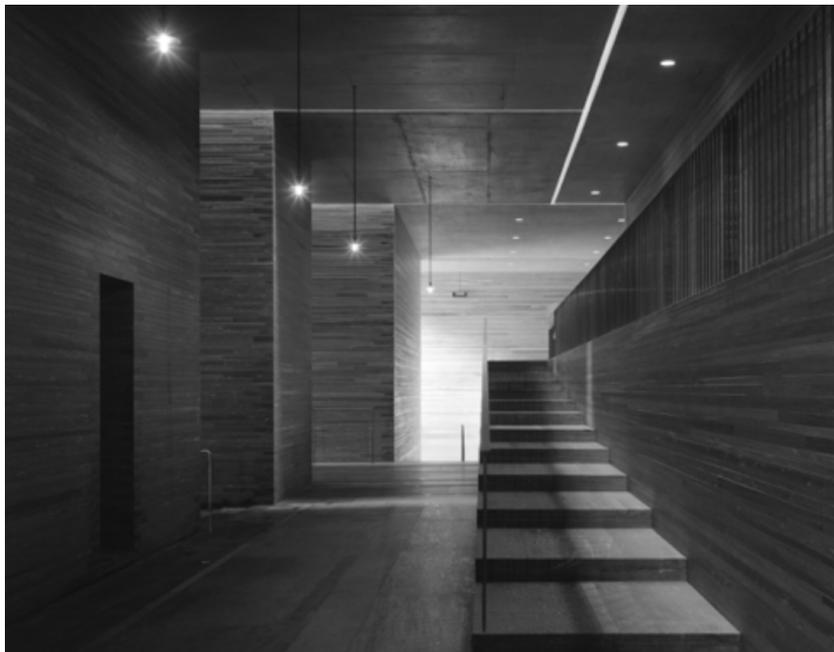
*Biblioteca de Viipuri
Alvar Aalto*



*Ronchamp
Le Corbusier*



*Yale Center for British Arts
Louis Khan*



Termas de Vals / Peter Zumthor

Distintos usos de la luz natural en la arquitectura.

En esa perspectiva, hay que entender la capacidad de la luz de incidir de distintas maneras en el espacio. Esto quiere decir que además de permitirnos ver, la luz es utilizada en arquitectura para cualificar la espacialidad de los recintos. A ésto Peter Zumthor le llama “atmósferas”.

One word for it is atmosphere. This is something we all know about. (...) I enter a building, see a room, and – in the fraction of a second – have this feeling about it. (...) We are capable of immediate appreciation, of a spontaneous emotional response, of rejecting things in a flash. This is very different from linear thought, which we are equally capable of, and which I love, too: thinking our way through things from A to B in a mentally organized fashion. (p 13)”
- Peter Zumthor. (2006) *Entorno arquitectónico: Las cosas a mi alrededor.*

La palabra atmósfera se refiere justamente al conjunto de variables que las personas son capaces de percibir e interpretar de manera conjunta. La luz, combinada con cierta temperatura, textura u olor genera una espacialidad difícilmente cuantificable. Es por ésto que muchas veces se estudian los fenómenos de manera aislada, para así poder medir el impacto de cada una de las variables. Esto no quiere decir que todo el desarrollo tecnológico en base a simulaciones digitales e investigaciones asociadas al confort lumínico no sean válidas. Por el contrario, son imprescindibles para un mejor entendimiento de la luz y arquitectura en general, de manera que cuantificar ciertos aspectos del fenómeno.

“The development of strategies for environmental management is paralleled by a process of codification of degrees of temperature, ventilation, illuminance, noise levels and so on, that have, in contemporary practice, rendered the environment within buildings as almost entirely a matter of calculation realized through the mechanisms of engineering. There is, however, a critical dimension of the experience of architecture that this approach fails to represent. The interaction of light and air and sound with the form and materiality of architectural space is of the very essence of the architectural imagination.”
Dean Hawkes (2007). *The enviromental imagination. Technics and poetics of the architectural enviroment.*

Las capacidad de crear distintas atmósferas mediante la luz natural abre muchas posibilidades de diseño según el tipo de actividad que se quiere realizar en el recinto, el contexto climático, la cultura en que la que se ve inmersa, etc.

“En Occidente, el más poderoso aliado de la belleza fue siempre la luz; en la estética tradicional japonesa lo esencial está en captar el enigma de la sombra. Lo bello no es una sustancia en sí sino un juego de claroscuros producido por la juxtaposición de las diferentes sustancias que va formando el juego sutil de las modulaciones de la sombra. (...) la belleza pierde toda su existencia si se suprimen los efectos de la sombra.” - Junichiro Tanizaki (1933). El elogio de la sombra.

Junichiro Tanizaki, en su libro “El elogio de a sombra” (1933) describe las diferencias notorias entre la cultura japonesa y la occidental, detallando cómo el concepto de “buena iluminación” es radicalmente distinto en cada hemisferio.

“Ahora bien, precisamente esa luz indirecta y difusa es el elemento esencial de la belleza de nuestras residencias. Y para que esta luz gastada, atenuada, precaria, impregne totalmente las paredes de la vivienda, pintamos a propósito con colores neutros esas paredes enlucidas. Aunque se utilizan pinturas brillantes para las cámaras de seguridad, las cocinas o los pasillos, las paredes de las habitaciones casi siempre se enlucen y muy pocas veces son brillantes. Porque si brillaran se desvanecerían todo el encanto sutil y discreto de esa escasa luz.”

“A nosotros nos gusta esa claridad tenue, hecha de luz exterior y de apariencia incierta, atrapada en la superficie de las paredes de color crepuscular y que conserva apneas un último resto de vida. Para nosotros, esa claridad sobre una pared, o más bien esa penumbra, vale por todos los adornos del mundo y su visión no nos cansa jamás.” - Junichiro Tanizaki (1933). El elogio de la sombra.

Tanizaki propone una nueva mirada sobre la luz y su contraparte. ¿Puede ser la sombra un elemento de diseño? ¿Que rol juega la sombra en la arquitectura? Claramente las investigaciones siempre buscan iluminar

adecuadamente los recintos para que se pueda realizar bien la actividad propuesta en ellos. Pero también existe la posibilidad de querer oscurecer un espacio (por ejemplo, en el caso de un acuario). Marcel Breuer, en su publicación “Sun and Shadow” (1956) rescata la riqueza del encuentro entre dos ideas contrapuestas, como la luz y la sombra. Para él, la arquitectura debe ser capaz de “unificar” los contrastes, y no “llegar a un acuerdo”.²¹

“The easy method of meeting contrasting problems is the feeble compromise. The solution for black and White is grey – that is the easy way. To me this is not satisfying. Sun and shadow does not mean a cloudy sky. The need for black and the need for white still exists. The Spanish sun is not diluted by the Spanish shadow. Both, in their undiluted clarity, are part of the same life, part of the same ideal.” - Marcel Breuer (1956). Sun and Shadow: The philosophy of an architect.

“Transparency is definitely one of our objectives. It is one of the most fascinating new technological possibilities. We can do it with the means we have, with our materials, with our heating systems, with everything, but transparency needs also solidity. And not only for aesthetic reasons – but also because total transparency leaves out such considerations as privacy, reflecting surfaces, transition from disorder to order, furnishings, a background for you, for your everyday life. Transparency becomes more so next to solidity – and solidity makes it work. Sun and shadow.” - Marcel Breuer (1956). Sun and Shadow: The philosophy of an architect.

En ese sentido, la luz y la sombra son ideas contrapuestas que al estar presentes en simultáneo pueden enriquecer el espacio arquitectónico. Este mismo concepto es acogido por Zumthor, quien sugiere el proceso de diseño arquitectónico como un proceso de vaciado de sombras:

²¹“El verdadero impacto de cualquier obra reside en su capacidad de unificar ideas contrapuestas, es decir, un punto de vista y su contrario. Y digo ‘unificar’ y no ‘llegar a un acuerdo.’ Esto es lo que los españoles dan a entender con una expresión procedente de las corridas de toros: Sol y sombra. La mitad de los asientos de los cosos taurinos están al sol, y la otra mitad a la sombra. Han hecho de ‘sol y sombra’ casi un proverbio, pero nunca dicen sol o sombra. Para ellos, toda la vida -con sus contrastes, sus tensiones, su agitación y su belleza- está contenida en ese proverbio: sol y sombra.” - Marcel Breuer (1956). Sun and Shadow: The philosophy of an architect.

*“La luz sobre las cosas: ... primero pensar el conjunto del edificio como una masa de sombras, para, a continuación – como en un proceso de vaciado –, hacer reservas para la instalación que permita las luces que queremos. (...) segundo, consiste en poner los materiales y las superficies bajo el efecto de la luz, para ver cómo las reflejan. Es decir, elegir los materiales con la plena conciencia de cómo reflejan la luz y hacer que todo concuerde.” - Peter Zumthor (2006). *Atmósferas. Entorno arquitectónico: Las cosas a mi alrededor.**

¿Que rol cumple la luz natural en el caso de estudio?

Existen múltiples maneras de iluminar las actuales bodegas para que sean rehabilitadas como un acuario público. Estas posibilidades varían según el tipo de recinto que se desea iluminar, o bien oscurecer. Lucarnas, aperturas laterales, ductos de luz, claraboyas, etc. En ésta investigación se centra en una de estas posibilidades: el patio de luz.

Se cree que mediante ésta estrategia se puede lograr una relación entre el interior de las bodegas y el exterior (el parque), ampliando los límites de los recintos y aprovechando la superficie de los patios para se utilizadas como parte del programa. Además, el patio de luz puede ser aplicado como una extensión de la estructura actual de las bodegas, aprovechando la preexistencia y su componente estructural.

En base a ésta suposición y a los conceptos acuñados desde distintos autores en torno a la luz natural, cabe preguntarse:

¿Qué impacto tiene el patio de luz en la iluminación de los recintos que lo rodean? ¿Cómo puedo generar distintas atmósferas mediante el patio de luz como herramienta de diseño?

Para responder a estas preguntas es importante entender en primer lugar en qué consiste un patio de luz y qué rol cumple en la arquitectura, desde un punto de vista bioclimático.

Estrategia de rehabilitación: El patio de luz

El patio de luz (o bien, el patio interior) consiste en un espacio vacío, abierto al cielo y generalmente delineado por las caras interiores de una edificación. Constituye un núcleo sobre el cual se organizan distintos espacios a su alrededor. Puede cumplir distintas funciones, pero generalmente se utiliza como dispositivo climático que mejora las condiciones ambientales de su espacio circundante en cuanto a la temperatura, iluminación, humedad y ventilación. Su origen proviene de las regiones con clima áridos, pero hoy su uso se ha extendido a diversas funciones, formas y tamaños.^{22 23}

“A courtyard house is characterised by its internal open space (courtyard) around which all the habitable spaces are clustered. This courtyard is a private and isolated space through which all living rooms grouped around it receive sunlight, natural ventilation and visual as well as physical communications”

Diversas investigaciones y discusiones se han realizado acerca de cómo el patio resuelve problemáticas térmicas y el impacto en el ahorro energético de edificios. Sin embargo, sus cualidades espaciales y ambientales tienen múltiples maneras de ser analizadas dependiendo del caso de estudio, del lugar de emplazamiento, del programa asociado y de la configuración de éste en el contexto de los edificios. Generalmente se ha investigado el uso del patio en edificios de escala doméstica, tales como vivienda u oficinas. Todavía es necesario estudiar su impacto en distintas situaciones y programas.²³ *¿Cómo se podría aplicar el concepto de patio de luz en un acuario?*

Además de las ventajas ambientales asociadas al patio, éste cumple la función de relacionar el ambiente interior de los edificios con elementos naturales tales como el cielo, árboles y fuentes de agua. Además, dado que

²² Juan M. Rojas (et al.) (2012). *Parametric Study of Thermodynamics in the Mediterranean Courtyard as a Tool for the Design of Eco-Efficient Buildings*.

²³ Abdulbasit Almhafdy (et al.) (2013) *Courtyard Design Variants and Microclimate Performance*, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 101, Pages 170-180.



Museo Hiroshi Senju / Ryue Nishizawa



Casa chilena 1 y 2 / Smiljan Radic



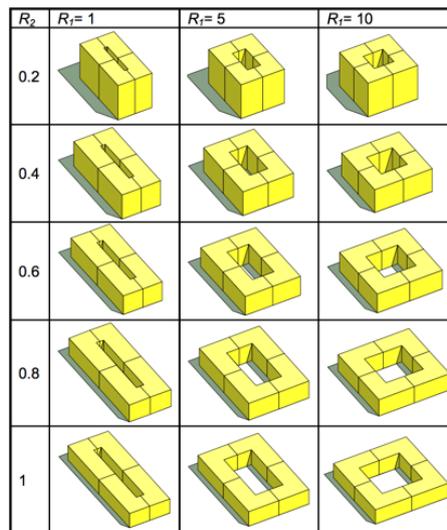
The wall house / Farm

Distintos usos de patios de luz en la arquitectura.

generalmente se asocia a un lugar de descanso y encuentro social, éste tiene efectos psicológicos positivos en las personas ²³. A esto, hay que sumarle las ventajas asociadas a la iluminación natural que provee el patio a los recintos de su alrededor, mejorando las condiciones ambientales de las edificaciones tanto térmica como lumínicamente.

¿Qué aspectos se deben considerar a la hora de diseñar un patio de luz?

Geometría: La forma del patio afecta de manera directa en su desempeño climático. Dentro de las múltiples variables que lo componen, se encuentran el tamaño, la profundidad, la materialidad, orientación, etc. Esto significa que la manera en que el patio se comporte como elemento bioclimático depende de la proporción alto-largo-ancho, en relación a su ubicación y materialidad, afectando a la manera en que se relaciona con la radiación solar en las distintas estaciones.



“Effect of courtyard proportions on solar heat gain and energy requirement in the temperate climate of Rome”

A.S. Muhaisen, M B Gadi. Building and Environment 41 (2006) 245 - 253

The study by Muhaisen and Gadi (2006b) concluded that deep and long courtyard forms results in less energy consumption due to the shading effect that

such configuration present. The shallow courtyard forms is thus better suited for cold climate as it will increase the solar gain and results with less heating loads in winter time.”²⁴

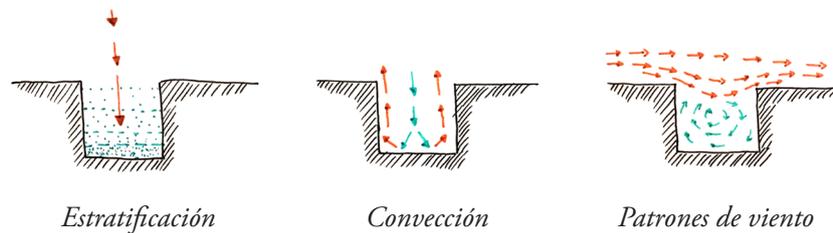
Radiación solar y temperatura: Sin duda el objetivo principal de los patios de luz es lograr condiciones adecuadas de iluminación, ventilación y confort térmico en las edificaciones, además de sus funciones sociales y programáticas. La mayor complejidad en el diseño de los patios de luz consiste en que éste sea capaz de bloquear la radiación directa en las temporadas de verano, para evitar el sobrecalentamiento al interior de los recintos adyacentes, y permitir el ingreso de la luz en invierno. Al igual que todas las estrategias de iluminación natural, esto significa un problema de diseño dado que un elemento construido estático debe hacer frente a condiciones climáticas que son dinámicas durante el día y el año. Ésta problemática generalmente tiene mayor fuerza en las medias estaciones (otoño - primavera), en la que el ángulo solar y la intensidad de la radiación genera conflictos en el confort térmico de las edificaciones.

“the thermal condition inside courtyards is highly dependent on the amount of solar radiation. Hence they deduced that the orientation, size of footprint and the height of walls that surrounding of the courtyard could have a significant effect on the thermal conditions inside the courtyard and the surrounding spaces (Al-Masri & Abu-Hijleh, 2012).”²⁴

Ventilación natural: Debido a que el patio de luz, por definición, es un espacio exterior (abierto al cielo), éste puede ser utilizado para ventilar de manera natural los recintos adyacentes. Al igual que con la iluminación y control de la radiación solar, su desempeño en cuánto a ventilación depende principalmente de su geometría, orientación y ubicación geográfica (contexto).

²⁴ A. Almhafdy, N. Ibrahim, S. Sh Ahmad, J. Yahya. (2013). *Courtyard Design Variants and Microclimate Performance, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 101, Pages 170-180.*

En general, pueden ocurrir 3 fenómenos: 1) Estratificación: cuando los muros del patio están fríos el aire disminuye su temperatura y al ser más denso que el aire exterior baja, generando estratos dentro del patio. 2) Convección: cuando los muros del patio están calientes, el aire aumenta su temperatura oriduciéndo un flujo ascendente en el interior del patio. 3) Patrones de viento: las corrientes externas generan flujos que afectan el comportamiento del patio. Todos éstos pueden ser aprovechados desde el diseño para generar flujos de aire que permitan la ventilación de recintos de manera pasiva, reduciendo los gastos asociados a sistemas mecánicos de ventilación



Elaboración propia a partir de:

“Parametric Study of Thermodynamics in the Mediterranean Courtyard as a Tool for the Design of Eco-Efficient Buildings ” - Juan M. Rojas (et al.) (2012)

Elementos naturales: Los patios de luz pueden contener distintos elementos naturales tales como árboles, plantas, estanques, agua en movimiento, etc., los cuales además de cumplir una función climática (sombreamiento, enfriamiento vaporativo, etc.), tienen efectos positivos en la salud de las personas y estrechan la relación entre elementos construidos y naturaleza.

“Besides the environmental advantages of a courtyard, the psychological potential has frequently been highlighted (Rust, 2010). Courtyard is said to be a place for quiet healing in contemporary hospitals that allow the mediation between the natural and the manmade environment. A lot of environmental and healing properties can be introduced to the courtyard in hospital such as shade, water, trees and flowers, sound of wind, pavement, colors and many more that stimulates the five senses on the human body (Abbas & Ghazali, 2010).”²⁴

Conclusiones a partir del marco teórico

En este capítulo se revisaron distintos conceptos asociados a la estrategia de rehabilitación propuesta. Desde la arquitectura bioclimática, pasando por la luz natural en la arquitectura, se dan a entender las principales temáticas que rodean al patio de luz como herramienta de diseño. Luego de situar a distintos autores en torno a una misma discusión, se puede concluir que:

- 1) La arquitectura puede beneficiarse de estrategias bioclimáticas para reducir el consumo energético en edificios, aprovechando las herramientas de diseño pasivo para interactuar alineadamente con las condiciones climáticas que lo rodean.
- 2) La luz natural es uno de los elementos más determinantes en la arquitectura bioclimática, afectando tanto la forma como el funcionamiento de las edificaciones. Además, trae consigo distintos tipos de beneficios que afectan tanto a las personas como al espacio interior.
- 3) Mediante la luz natural se pueden cualificar de distintas maneras el espacio, generando diferentes atmósferas dentro de una edificación. Éstas pueden ser percibidas de distinta manera según las condiciones ambientales o individuales de cada persona.
- 4) El fenómeno de la luz natural tiene aspectos medibles y otros inconmensurables. El cuerpo humano es capaz de asimilar todas las variables de manera simultánea, lo cual difícilmente puede ser representado o simulado de manera digital.
- 5) El patio de luz es una estrategia de iluminación natural que, además de llevar luz al interior de los recintos adyacentes, permite otro tipo de relaciones tales como ventilación natural, relación con el exterior, lugar de encuentro social, etc. El desempeño del patio como agente bioclimático depende de distintos factores tales como su geometría, tamaño, orientación, materialidad, presencia de elementos naturales, etc.

El patio de luz en el talud vegetal

Si recapitulamos todos los conceptos ya mencionados, y las condiciones actuales de las bodegas enterradas, podemos concluir que la luz natural adquiere un rol fundamental en la propuesta de reconfiguración del talud como acuario metropolitano.

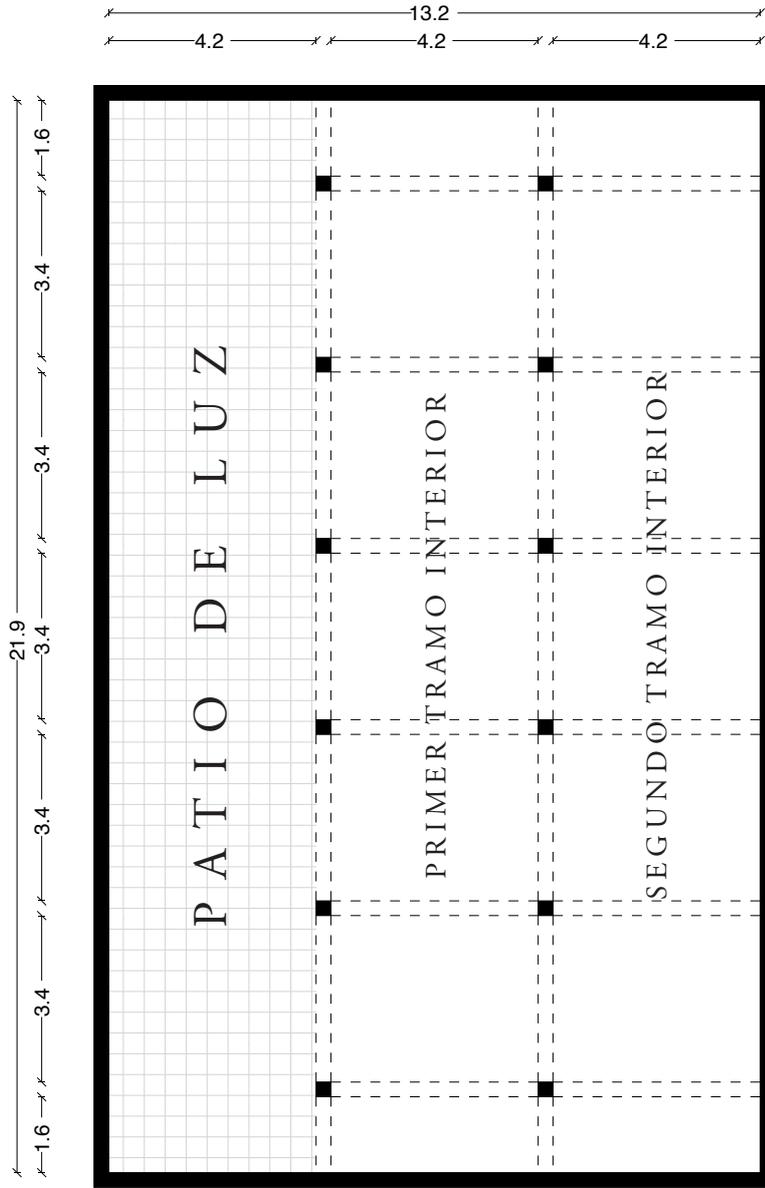
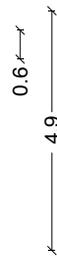
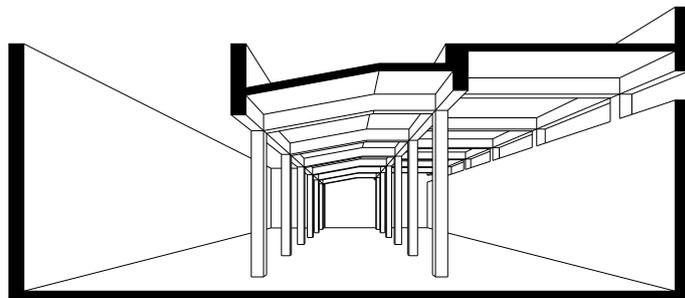
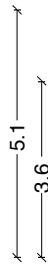
La necesidad de iluminar, ventilar y generar nuevas relaciones con su entorno hacen que el patio de luz cumpla una doble función, siendo una herramienta bioclimática y un espacio del proyecto donde se pueden dar diversas situaciones relacionadas con el programa y con el contexto del parque.

Por otro lado, mediante el diseño de los patios de luz se pueden explorar distintas situaciones tanto lumínicas como funcionales, las cuales se relacionan de manera directa con los distintos contrastes o dualidades que rodean el proyecto: Las aperturas que se generen establecen nuevas relaciones entre el interior y el exterior de las bodegas. También generan un diálogo entre lo público y lo privado del acuario, al establecer relaciones físicas y visuales con el parque. Por otro lado, se pueden asociar distintos niveles de iluminación natural para las distintas tipologías de espacios de exhibición del acuario, buscando la sombra para los recintos expositivos (húmedos) y la luz para los espacios interactivos (secos). De esta manera la propuesta asume una constante tensión entre la luz y la sombra, en la cual el contraste o bien la transición entre éstas puede convertirse en una herramienta de diseño.

La investigación continúa analizando mediante simulaciones digitales las distintas variables que afectan el desempeño de los patios de luz en el caso específico del talud y proponiendo una serie de patios que buscan cumplir con los requerimientos ambientales específicos del programa propuesto. Todo esto tomando en consideración los distintos aspectos que provienen tanto del levantamiento detallado del talud como de los conceptos provenientes del marco teórico.

CUARTA PARTE:
**EL PATIO DE LUZ COMO
ESTRATEGIA DE REHABILITACIÓN**

Definición geométrica del caso inicial.



1. Primera serie de simulaciones digitales

Estudio sobre parámetros de diseño para un patio de luz propuesto.

En la primera parte de este capítulo, se realiza un estudio sobre distintos parámetros de diseño que podrían afectar el desempeño del patio de luz como estrategia de rehabilitación para las bodegas enterradas bajo el talud, en cuánto a su efecto en la iluminación de los espacios en las distintas estaciones del año y horas del día.

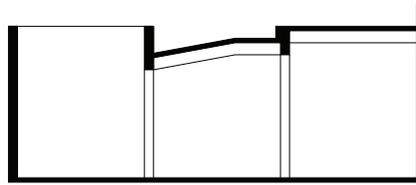
A partir de un patio de luz propuesto (caso inicial), se analizan tres transformaciones geométricas que alteran la forma en que el patio se relaciona con el interior. Éstas variables corresponden a la profundidad del patio (altura), la inclinación del muro y el tamaño de la apertura (ancho). El caso inicial representa una situación genérica que se puede dar dentro de la propuesta. Su geometría y dimensiones provienen del levantamiento de la estructura de las bodegas, sobre la que propone un primer patio que luego se debe adaptar a las distintas situaciones del programa propuesto según los requerimientos específicos de cada recinto de exhibición.

El recinto corresponde a una de las bodegas del tramo más largo y angosto del talud. Es un espacio de 9 m de ancho por 21,9 m de largo, al cual se le adosa en todo su largo un patio de luz de 4,2 m de ancho, ubicado en el muro poniente (el cual debe ser derribado). En su parte más alta, el recinto interior alcanza los 4,9 m de altura, mientras que en el otro extremo disminuye a 4 m de altura.

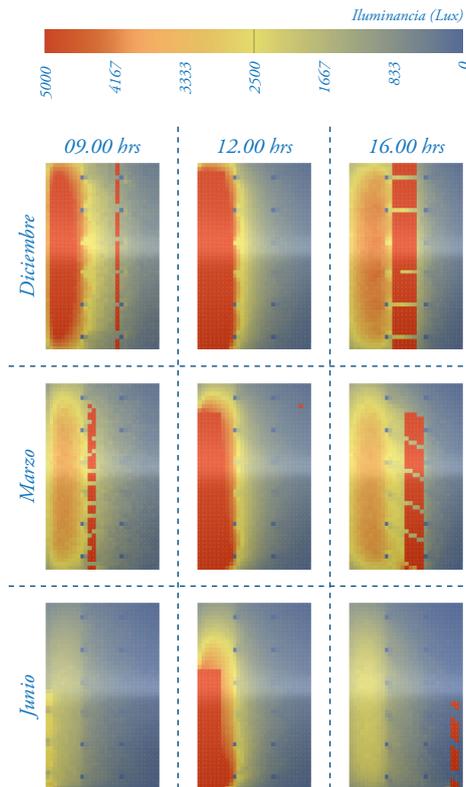
Las simulaciones se realizan en el software DIVA (Data-Interpolating Variational Analysis), el cual permite comparar las distintas situaciones lumínicas de manera gráfica, analizando los niveles puntuales de iluminación en una malla de puntos distribuida a nivel del suelo por todo el modelo. En total se realizaron más de 70 simulaciones, donde se registraron los niveles de iluminancia (lux) en tres horarios del día: 09.00 - 12.00 y 16.00 hrs, en tres fechas del año: 21 diciembre - 21 marzo y 21

La propuesta inicial (caso cero) modifica considerablemente las condiciones ambientales del recinto interior. Se alcanzan altos niveles de iluminación tanto en el primer como en el segundo tramo. La radiación directa presente en las tardes de diciembre y marzo pueden significar un sobrecalentamiento del espacio interior. En cuanto a la atmósfera producida, el recinto se convierte en un espacio muy iluminado con una estrecha relación hacia el exterior, dado el tamaño del patio y su apertura. Es necesario regular radiación directa y apuntar a un ambiente más estable durante el día.

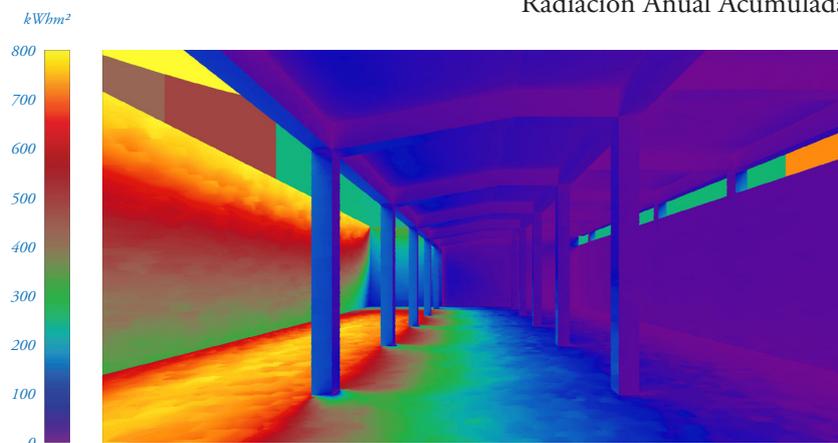
Caso cero (inicial)
Patio de luz genérico



Niveles de iluminación natural



Radiación Anual Acumulada



junio. Además, para graficar y resumir cada situación de manera que se puedan comprender y comparar rápidamente, se realizaron simulaciones de la “Radiación Anual Acumulada”, dato que grafica la suma de radiación (kWh-m²) que recibe cada superficie del recinto a lo largo de todo un año. El objetivo principal de ésta parte de la investigación es, en primer lugar, entender cómo afectan un patio de luz a las condiciones ambientales internas del talud, para luego analizar distintas variables geométricas y su efecto en la distribución de la luz natural e ingreso de radiación directa.

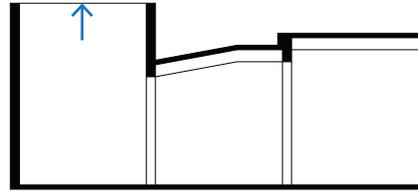
Dado que en el programa propuesto existen distintas tipologías de exhibición y espacios técnicos, en éstas simulaciones no se ha definido un rango de confort ni niveles de iluminación recomendados. Más bien, se busca generar distintas situaciones lumínicas para luego, a partir de las variables estudiadas, diseñar distintos tipos de patios de luz que respondan a los requerimientos de cada parte del proyecto.

Es importante tener en consideración el levantamiento de las condiciones ambientales actuales de las bodegas bajo el talud. Se puede decir que el caso inicial sobre el que se realizan las iteraciones ya genera un cambio radical en la atmósfera interior del recinto, aumentando considerablemente los niveles de iluminación y ampliando los límites espaciales, generando una nueva relación con el exterior. Sin embargo, el tamaño y geometría del caso inicial genera problemas de radiación solar directa en verano y otoño. Es por esto que es importante recordar el objetivo ambiental del patio de luz en la rehabilitación, según la campaña de mediciones realizada: Se busca generar distintas atmósferas lumínicas para los distintos espacios de exhibición sin perjudicar la estabilidad térmica propia del talud. Esto significa que se debe evitar la radiación directa hacia el interior, la cual podría provocar un sobrecalentamiento en las temporadas más cálidas del año. En cuanto a la temporada de invierno, se admite cierta radiación directa dado que existe una brecha entre la temperatura interior actual de las bodegas y la temperatura del rango de confort, pero es preferible que no suceda en exceso ya que se espera que las nuevas cargas internas, asociadas a los visitantes y equipos del acuario, aumenten las temperaturas interiores de todos los recintos.

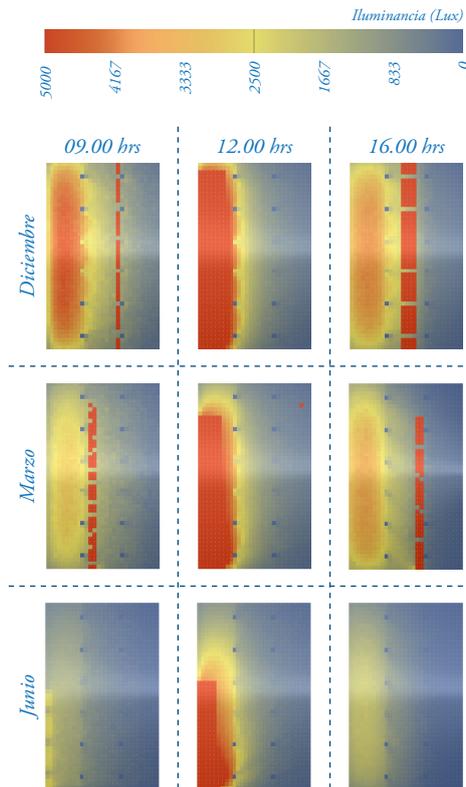
El aumento de la profundidad en 1 metro de altura se traduce en un mejor control de la radiación directa durante las tardes de diciembre y marzo, en comparación con el caso inicial, sin embargo todavía no es suficiente para bloquearla en su totalidad.

En junio, los niveles de iluminación son bajos en el segundo tramo, sobre todo en la mañana y en la tarde. Además, el patio de luz solo recibe radiación directa en la mitad sur, dada la altura del muro norte. Por último, la relación visual con el cielo disminuye desde el interior del recinto. Altura del muro poniente: 6,1 mts.

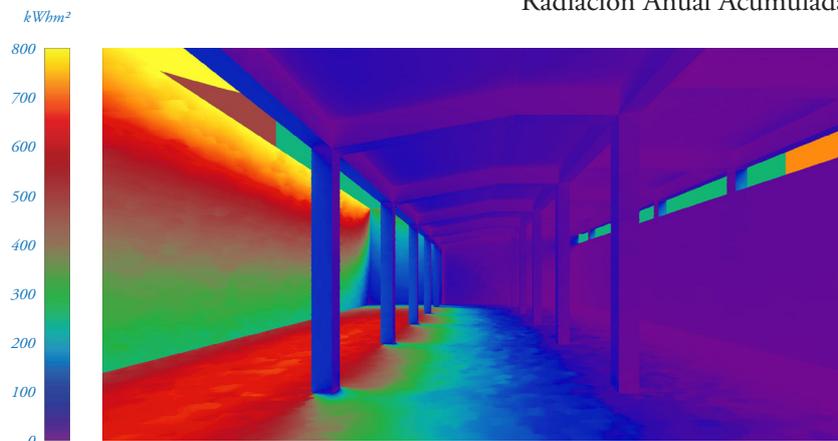
Caso: Profundidad #1
(+1 metro)



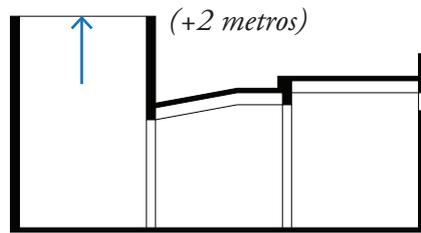
Niveles de iluminación natural



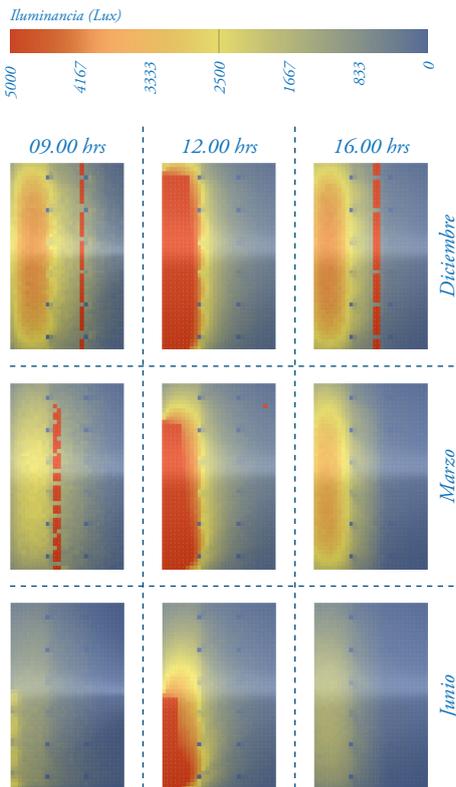
Radiación Anual Acumulada



Caso: Profundidad #2



Niveles de iluminación natural



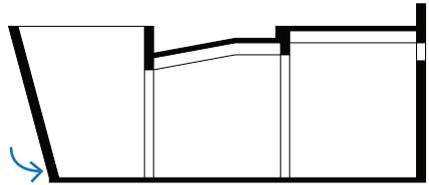
Al aumentar la altura del patio en 2 metros casi ya no existe radiación directa a través del patio de luz (excepto en diciembre a las 16.00hrs). Todavía existe radiación directa por medio de los vanos existentes del muro oriente. En comparación con las bodegas actuales, no se generan cambios sustanciales en la iluminación segundo tramo, sobre todo en el mes de junio. En general, la iluminancia disminuye en la mañana y en la tarde. Casi afecta en el mediodía. La gran altura de los muros puede generar problemas en la cubierta vegetal y su relación con el parque.

Radiación Anual Acumulada

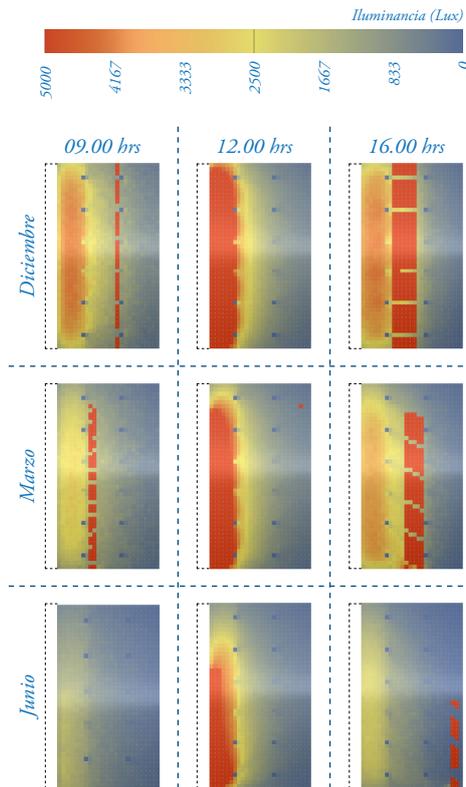


La inclinación de la base del muro en 15° (sentido horario) genera una mejor distribución del primer tramo del recinto, desplazando los niveles de luminancia hacia la derecha en la mañana y a mediodía. Éste efecto no ocurre a las 16.00hrs dado que el muro inclinado no recibe radiación directa. En el segundo tramo no existen mayores modificaciones de los niveles de iluminación. La inclinación no afecta en la incidencia de radiación directa. El muro inclinado recibe mayor radiación en la parte superior durante el año que el muro vertical. Por otro lado, disminuye la superficie habitable del patio.

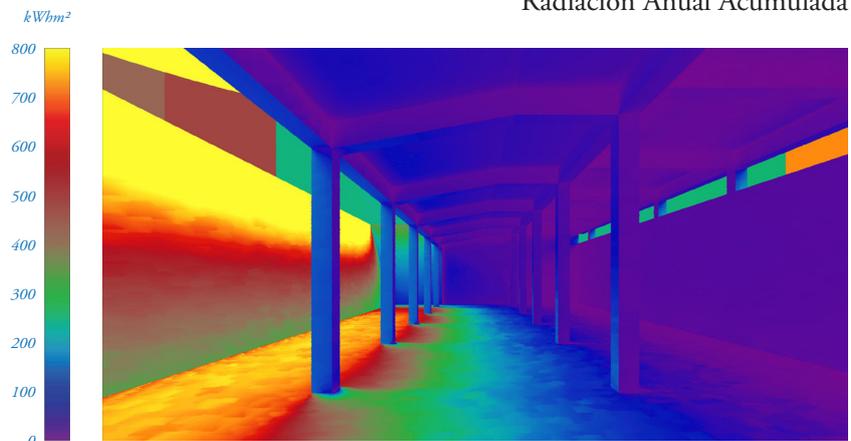
Caso: Inclinación #1
(15° sentido horario)



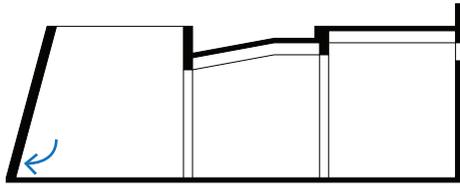
Niveles de iluminación natural



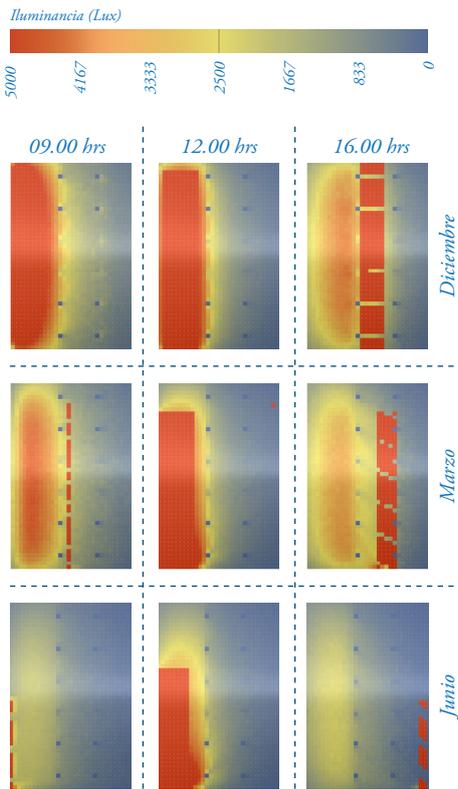
Radiación Anual Acumulada



Caso: Inclinación #2
(15° sentido anti-horario)



Niveles de iluminación natural



A diferencia del caso anterior (Inclinación #1), al rotar la base del muro en 15° en el sentido anti-horario se produce una disminución de todos los niveles de iluminancia en el interior, afectando principalmente el primer tramo en la mañana y a mediodía. La superficie en planta del patio crece, sin embargo no todo el crecimiento es habitable

Se produce una concentración de la radiación en el patio, sobre todo en el área de ensanche.

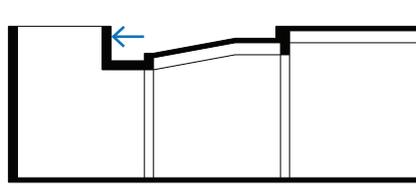
La inclinación no afecta la radiación directa hacia el interior del recinto (sigue existiendo ese problema).

Radiación Anual Acumulada

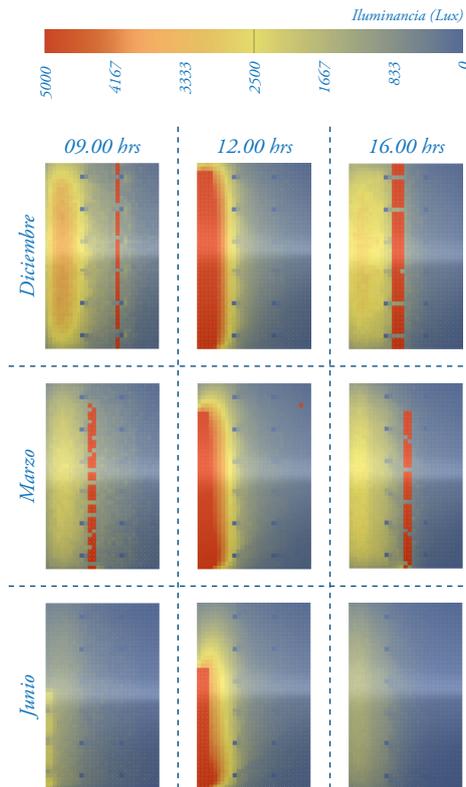


La disminución del ancho de apertura del patio de luz a 2/3 de su ancho original se traduce en una disminución de los niveles de iluminación en todos los momentos del año, afectando significativamente en los valores de todo el recinto. Al igual que todas las variables, afecta en mayor medida al tramo 1 que al tramo 2, dada la cercanía a la fuente de luz. Ésta es sin duda una de las variables que más afecta a la luminancia general del interior, sin embargo todavía existen problemas de radiación directa en las tardes de diciembre y marzo, a pesar de que se redujo el área afectada.

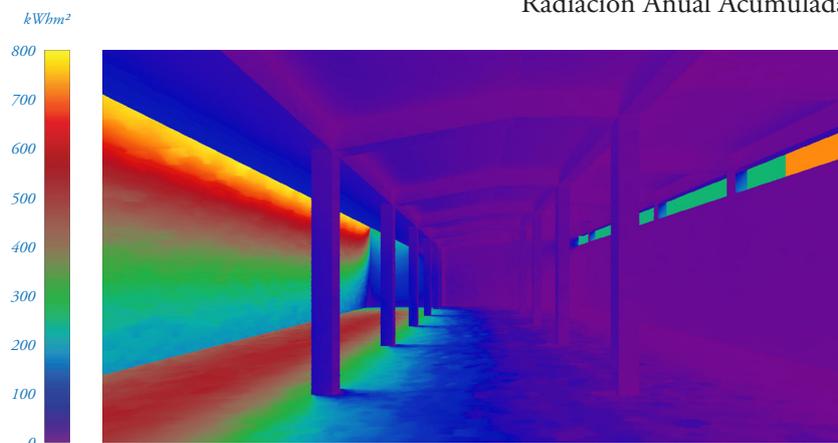
Caso: Ancho Apertura #1
(2/3 del ancho original)



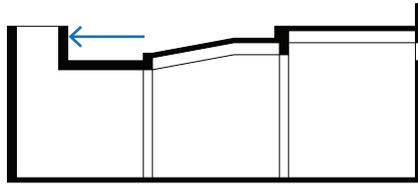
Niveles de iluminación natural



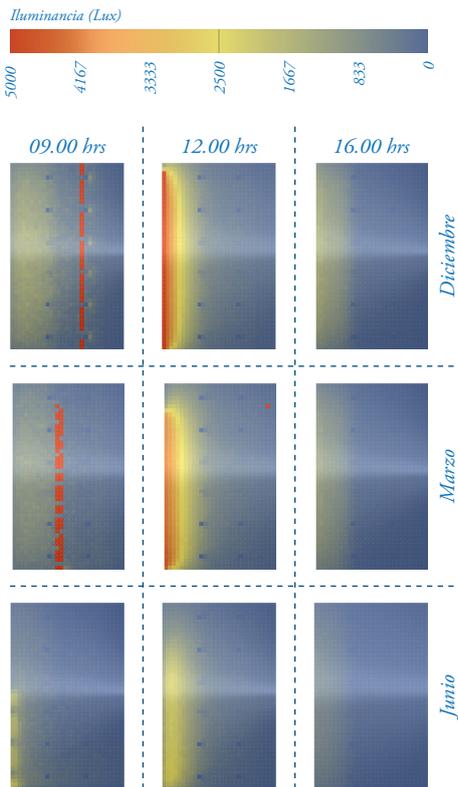
Radiación Anual Acumulada



Caso: Tamaño Apertura #2
(1/3 del ancho original)



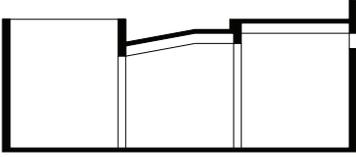
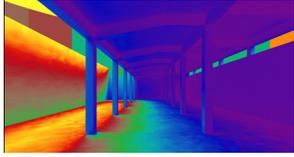
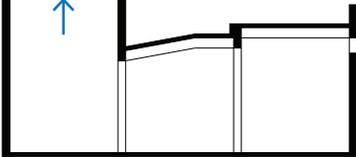
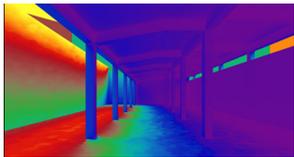
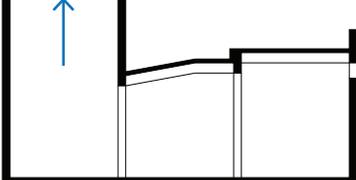
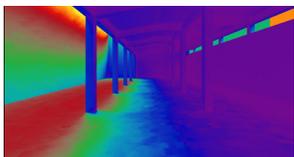
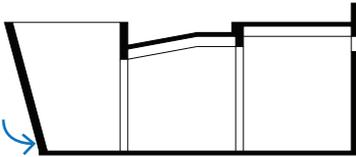
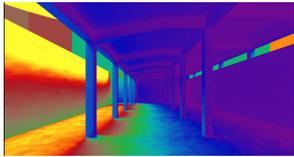
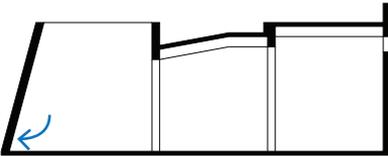
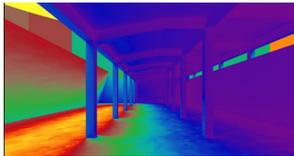
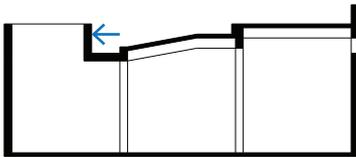
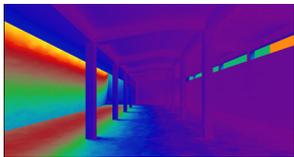
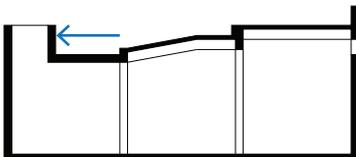
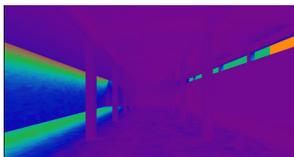
Niveles de iluminación natural



En este caso, la disminución del ancho de apertura a 1/3 del original provoca tal disminución de la luminancia en el recinto que muchos valores se acercan al caso actual de las bodegas, sobre todo en el tramo 2. Nunca entra radiación directa a través del patio de luz. De todas las variaciones, ésta es la que logra la mayor homogeneidad en el tramo 1 y 2, sin embargo los niveles de iluminación son muy bajos comparados con el caso inicial (1000 lux máx.). El patio de luz recibe radiación directa sólo a las 12.00hrs de diciembre y marzo, mientras que en los otros momentos sólo recibe radiación difusa.

Radiación Anual Acumulada



Caso cero		
Caso profundidad #1		
Caso profundidad #2		
Caso inclinación #1		
Caso inclinación #2		
Caso ancho #1		
Caso ancho #2		

CONCLUSIONES PRELIMINARES

Habiendo realizado más de setenta simulaciones en distintas estaciones y horarios del día, se analizaron tres variables de diseño con dos iteraciones cada una, intentando esclarecer de qué manera cada uno de éstos afectaba la iluminación interior del recinto base. Se concentró la atención en los momentos en que la radiación entraba al recinto de manera directa a través del patio de luz, situación que puede ser perjudicial para el confort térmico al interior del talud (sobrecalentamiento). Luego de revisar en detalle las cifras arrojadas por las simulaciones en cuánto a la situación específica de iluminancia (lux) y radiación (kWh-m²) en cada parte del recinto, se puede concluir que:

a) **Acerca de la profundidad (altura) del patio de luz:** El incremento de la profundidad permite evitar la radiación directa, siendo el segundo caso el más favorable. Aún así, existe una gran diferencia de en los niveles de iluminación entre el tramo 1 y el tramo 2. La modificación de ésta variable es útil para todos los tipos de exhibición, sin embargo el segundo caso, la altura puede afectar el uso de la cubierta vegetal a nivel del parque.

b) **Acerca de la inclinación del muro:** La inclinación del muro en sentido horario ayuda a homogeneizar la distribución de la luz en el interior del recinto, aumentando los niveles de iluminancia en el centro de este. Ésta modificación puede ser aplicada en los recintos de exhibición que requieran mayor luminosidad y una distribución más equitativa de la luz. En el segundo caso, la iluminancia del interior disminuye en todos sus niveles, concentrándose la mayor parte de la radiación anual en el patio.

c) **Acerca del ancho de la apertura del patio:** Ésta es la variable que afecta en mayor medida la iluminancia del recinto. En el primer caso, todavía existe radiación directa a las 16.00hrs, mientras que en el segundo caso ésta desaparece por completo. Los bajos niveles de iluminancia son propicios para los recintos de exhibición que requieren penumbra, como ocurre en el caso de la exhibición de la fauna marina (estanques).

Tipología de recintos

REQUERIMIENTOS LUMÍNICOS DEL PROGRAMA

	Tipología de espacios	Situación Lumínica
Espacios de penumbra	Exhibición de acuarios	Espacio sombrío donde resalten los estanques de agua. La luz directa sobre los acuarios genera reflejos y el crecimiento indeseado de algas. <i>Luminancia: 50-200 lux</i>
	Gran acuario (peces grandes)	
Espacios iluminados	Hall Acceso	Espacio iluminado que permita la realización de actividades interactivas y administrativas. Se admiten mayores niveles de iluminancia que en el resto de los recintos del acuario. <i>Luminancia: 500-800 lux</i>
	Exhibición interactiva	
	Laboratorios	
	Auditorio	
Espacios de luz tenue	Área de descanso	Espacios que permitan la transición paulatina entre los recintos en penumbra y los que están más iluminados (y vice-versa) <i>Luminancia: 200-500 lux</i>
	Circulaciones	
	Área administrativa	

Requerimientos ambientales del programa propuesto.

Elaboración propia a partir de múltiples fuentes. 1) Medición de los niveles de iluminación del acuario existente en el parque. 2) The IESNA Lighting Handbook: Reference & Application (2000). 3) Engineering ToolBox, (2004). Illuminance - Recommended Light Level. 4) Common and recommended light levels indoor - <http://www.illuminate.com/lightlevels.htm> 5) NCH Elec. 4 (2003).

2. Segunda serie de simulaciones digitales

Patios luz para la rehabilitación del talud como acuario metropolitano

En base a la primera serie de simulaciones digitales y tomando en consideración todas las temáticas planteadas durante la investigación en cuanto al talud, el programa y la discusión bibliográfica, se proponen cinco patios de luz asociados a cinco situaciones clave dentro de la rehabilitación de las bodegas. Se espera que en base a la repetición de estos cinco patios se pueda configurar una propuesta final de rehabilitación, adaptándose en caso de ser necesario a las distintas particularidades que presente el proyecto arquitectónico, pero manteniendo la lógica original de cada tipología analizada. Los cinco patios responden a tres categorías que resumen las cualidades y requerimientos de cada patio. Éstas categorías son: Espacios de penumbra, espacios iluminados y espacios de transición. Dentro de cada categoría se definieron requerimientos específicos en cuanto a iluminancia (ver página adyacente). Luego, dado que dentro de cada categoría se agrupan distintos tipos de recintos, se eligieron los cinco casos más representativos mediante los cuales se pueden resolver todas las situaciones del proyecto. Éstos cinco casos son:

Espacios de penumbra:

1) *Patio de los acuarios*

Espacios iluminados:

2) *Patio de acceso*

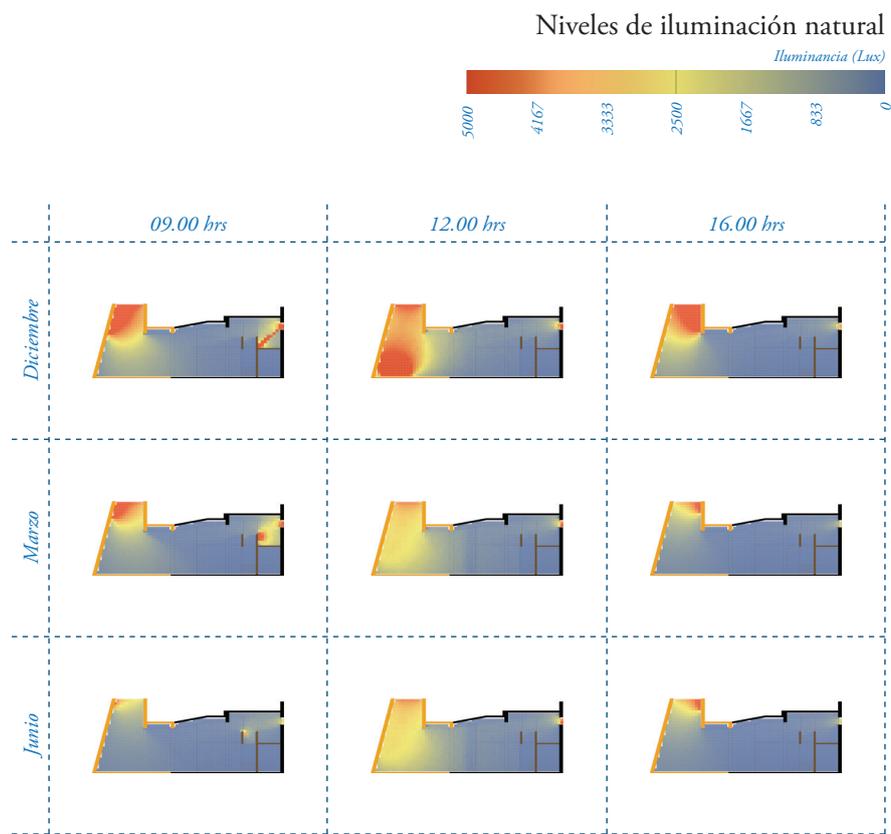
3) *Patio de exhibición interactiva*

4) *Patio de laboratorios*

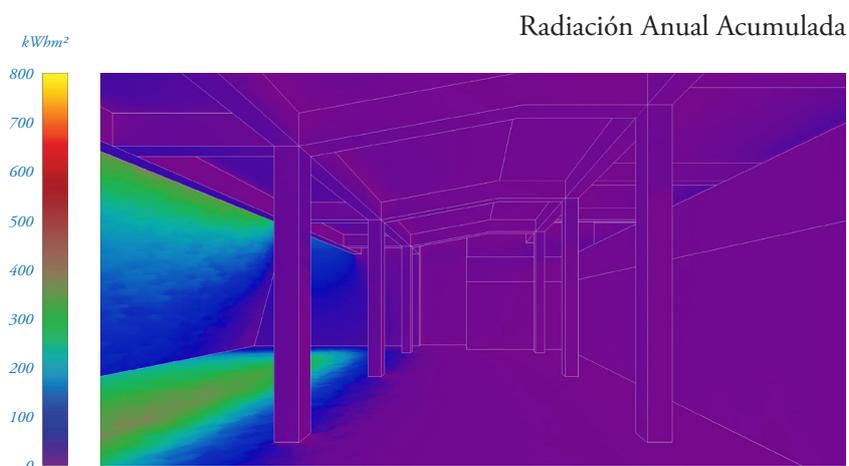
Espacios de luz tenue:

5) *Patio de transición*

A continuación se presenta cada situación con su respectivo análisis de luminancia, midiendo el desempeño de cada patio y comprobando que los resultados se acerquen a la situación lumínica requerida para cada caso.

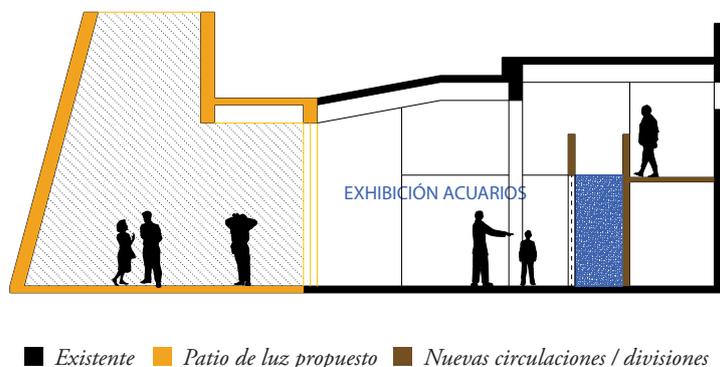


El patio de los acuarios muestra un buen comportamiento a lo largo del año. No existe radiación directa y los niveles de iluminancia se encuentran, en general, dentro del rango requerido. Además, la circulación propuesta ayuda a controlar la radiación directa desde los vanos existentes en la cara oriente.



PATIO DE LOS ACUARIOS

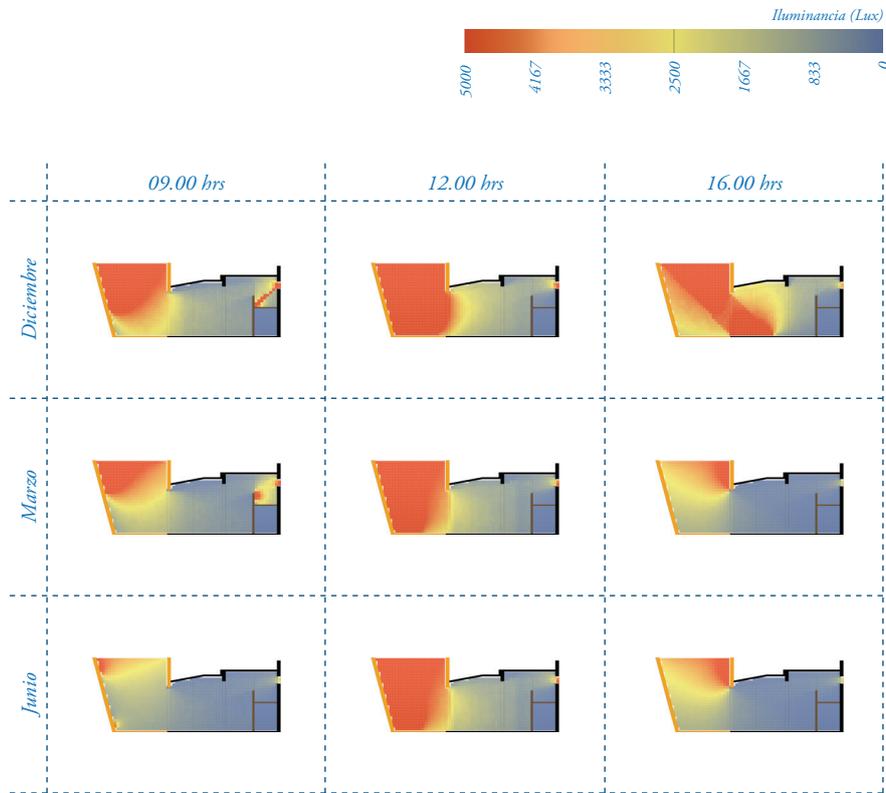
Espacios de penumbra



El primer patio propuesto corresponde al de los recintos de exhibición de especies vivas, los cuales contienen estanques con distintos tipos de flora y fauna marina. Dado que se requiere un recinto con poca luz para que resalten los estanques y no se produzca el crecimiento indeseado de algas (el cual aumenta los costos de mantención de los acuarios), se propone un patio con una abertura profunda, angosta y con el muro inclinado 15° en el sentido anti-horario. Con esta combinación, se busca un patio que extienda los límites del recinto, pero que sólo ilumine de manera indirecta el espacio interior, concentrando la iluminación en el patio de luz.

Los simulaciones muestran un buen comportamiento del patio en relación a la iluminancia interior en los distintos momentos del año. A pesar de que en ciertos momentos se sobrepasan levemente los niveles de iluminancia requeridos por ésta tipología de exhibición (entre 50 y 200 lux), en general se cumple el objetivo. La circulación propuesta en un segundo nivel (recorrido técnico) permite observar desde otra perspectiva los acuarios, abriendo la posibilidad de aprender sobre procesos de cuidado y alimentación de las distintas especies. Además, esta circulación bloquea la radiación directa que entra por las aperturas existentes en la cara oriente del talud, las cuales generan efectos indeseados, sobre todo en las mañanas.

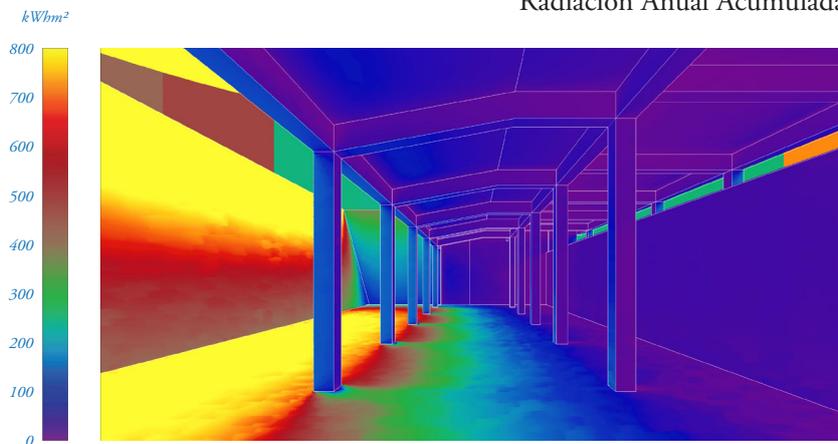
Niveles de iluminación natural



El patio de exhibición interactiva ilumina adecuadamente el recinto, excepto en las tardes de verano, en las cuales existe radiación directa hacia el interior.

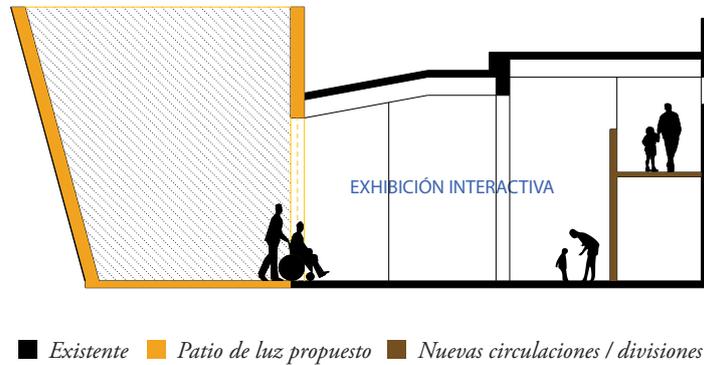
Ésto además de generar un exceso de iluminancia, puede significar un sobrecalentamiento indeseado dentro del talud.

Radiación Anual Acumulada



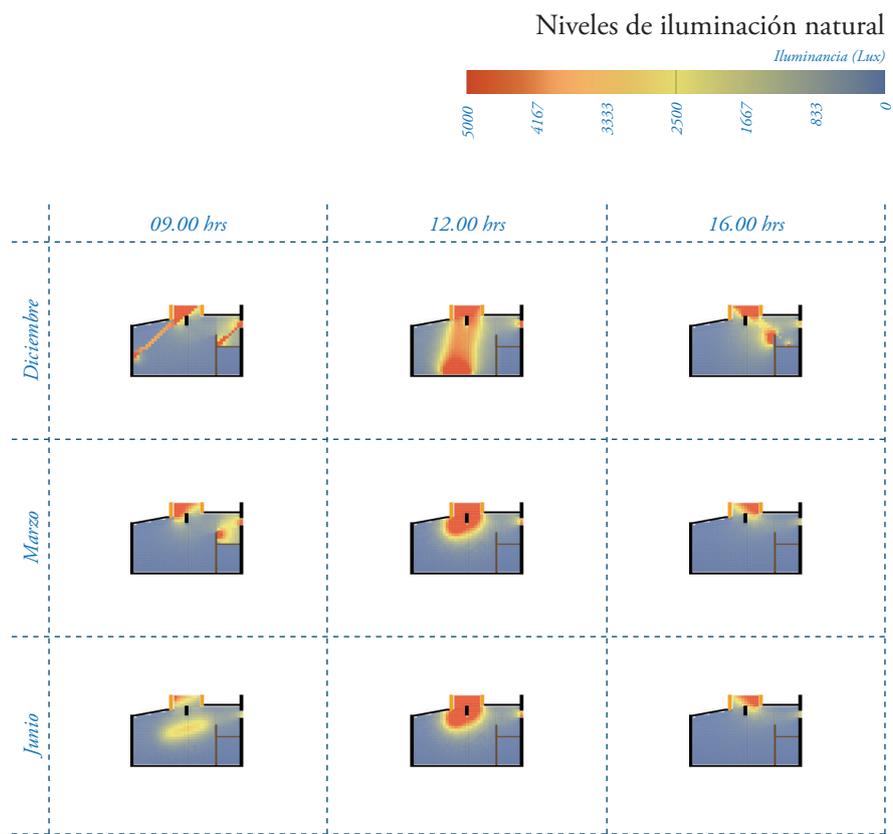
PATIO DE EXHIBICIÓN INTERACTIVA

Espacios iluminados

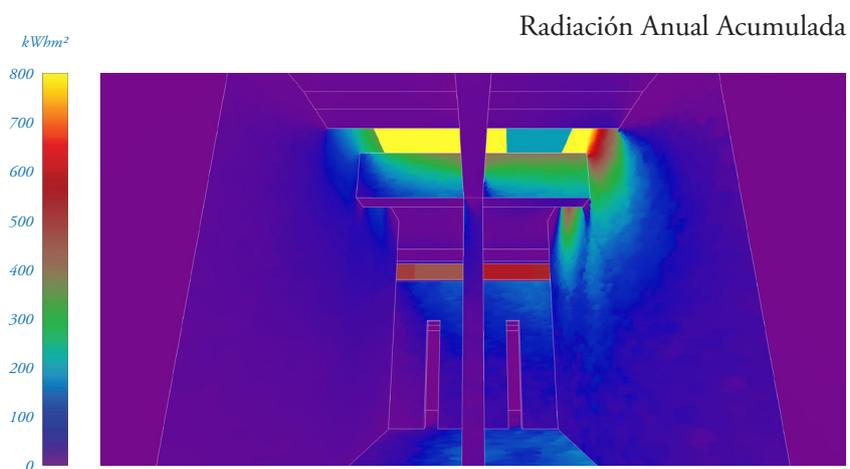


El segundo patio propuesto corresponde al de los recintos de exhibición interactivos, en un espacio libre que puede adaptarse a distintas exposiciones acerca del cuidado del entorno marino, contaminación mundial de las aguas, exhibición de restos arqueológicos, presentaciones didácticas de las mareas, etc. Se requiere un recinto amplio e iluminado, en el cual idealmente se evite la radiación directa sobre todo en los meses cálidos para evitar un sobrecalentamiento. El patio además puede servir como una extensión de la exhibición, además de un espacio de descanso e interacción con el exterior. Para lograr esto, se propone un patio ancho y con el muro inclinado 15° en sentido horario, para distribuir de manera más homogénea la luz hacia el interior.

Los simulaciones muestran que el patio permite el ingreso de grandes cantidades de luz al interior del recinto, lo cual es bueno para esta tipología de exhibición. Sin embargo, en las tardes de verano existe radiación directa en el interior del recinto, lo cual además de generar un exceso de luminancia, puede traducirse en un problema de sobrecalentamiento, perjudicando el confort térmico interior. Se propone corregir esta situación con la implementación de especies vegetales caducas, las cuales permitan controlar esa radiación en verano, pero permita el ingreso de luz natural en invierno.



En general, el patio cumple su función de transición lumínica entre el resto de las tipologías. Sin embargo, existen momentos de radiación directa y exceso de iluminancia, lo cual puede afectar a las circulaciones que se encuentran en el perímetro.



PATIO DE TRANSICIÓN

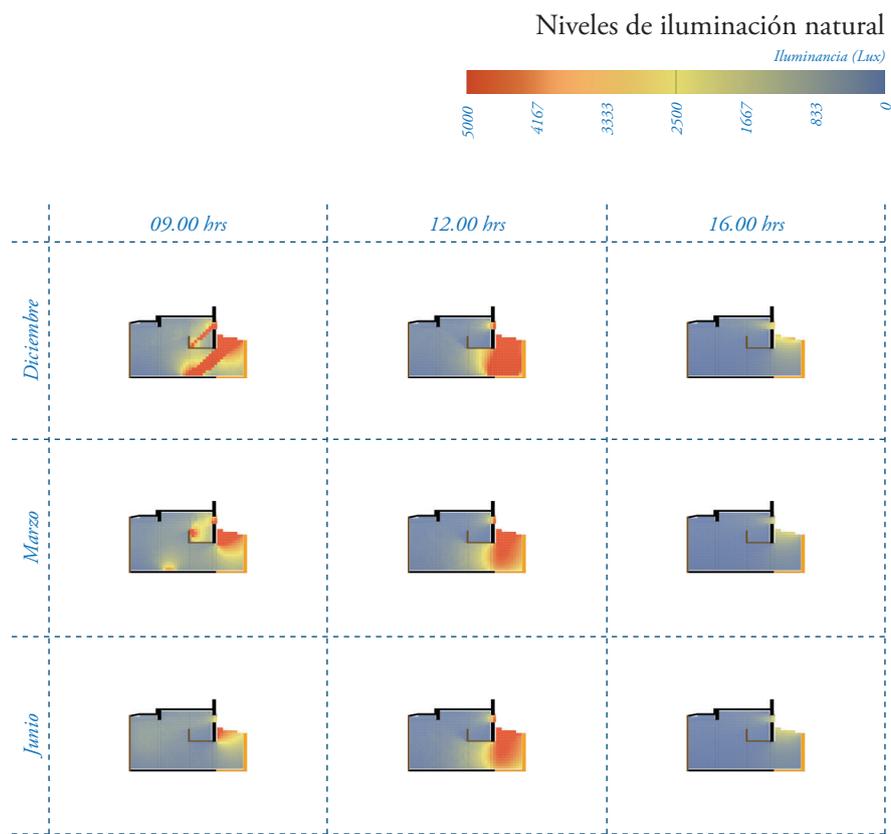
Espacios de luz tenue



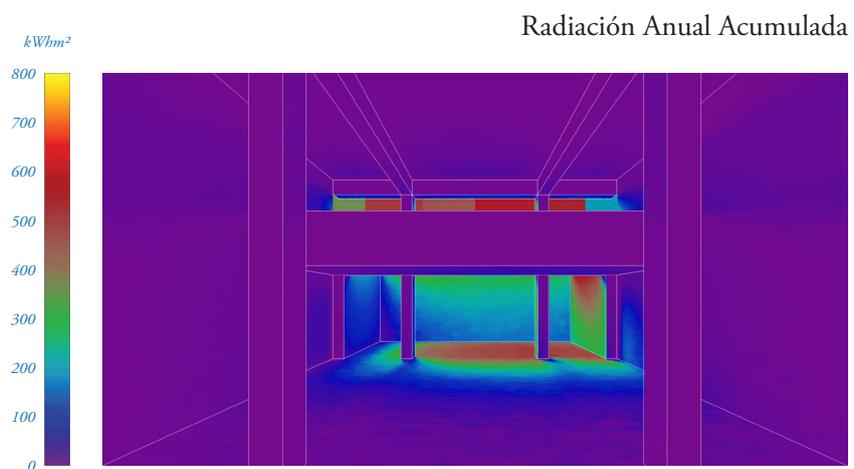
■ Existente ■ Patio de luz propuesto ■ Nuevas circulaciones / divisiones

El tercer patio propuesto corresponde al de los espacios de transición entre una categoría de luz y otra, es decir, entre los espacios de penumbra y los espacios iluminados. Ésta tipología de patio de luz es necesaria para evitar deslumbramientos y generar un traspaso paulatino entre dos ambientes luminosos en contraste. Además, se puede aprovechar este patio para generar lugares de descanso durante el recorrido. Se propone ubicar el patio en el medio de ambas circulaciones, con una abertura más pequeña que evite la radiación directa sobre los recorridos y genere una iluminancia intermedia entre las otras dos categorías (entre 200 y 500 lux).

A pesar que por el tamaño del patio y la forma de representar la simulación (plano vertical) es difícil medir el desempeño en todos los puntos del recinto, se estima que el patio de transición puede ser un aporte al recorrido del acuario. Dada la cercanía de los recorridos al patio, es difícil mantener una iluminancia estable durante los distintos días y horas del año, sin embargo esto puede ser algo positivo para generar distintas atmósferas dentro del talud. Por otro lado, es necesario ajustar su apertura para evitar la radiación directa en las mañanas y tardes de verano. Se propone hacer más profunda la apertura e implementar especies vegetales que eviten la radiación directa sobre los muros y suelos del acuario, además de generar distintas espacialidades durante el recorrido.

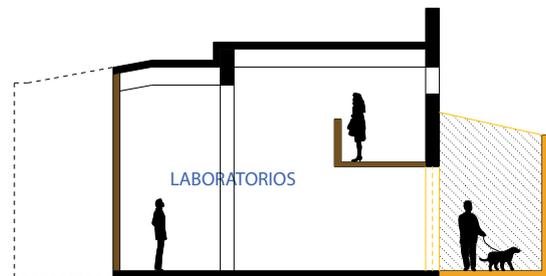


Esta tipología presenta problemas de radiación directa en las mañanas y escasa iluminancia en las tardes. Ésto ocurre debido a la orientación del patio, la cual hace que reciba la sombra del mismo talud en las tardes.



PATIO DE LABORATORIOS

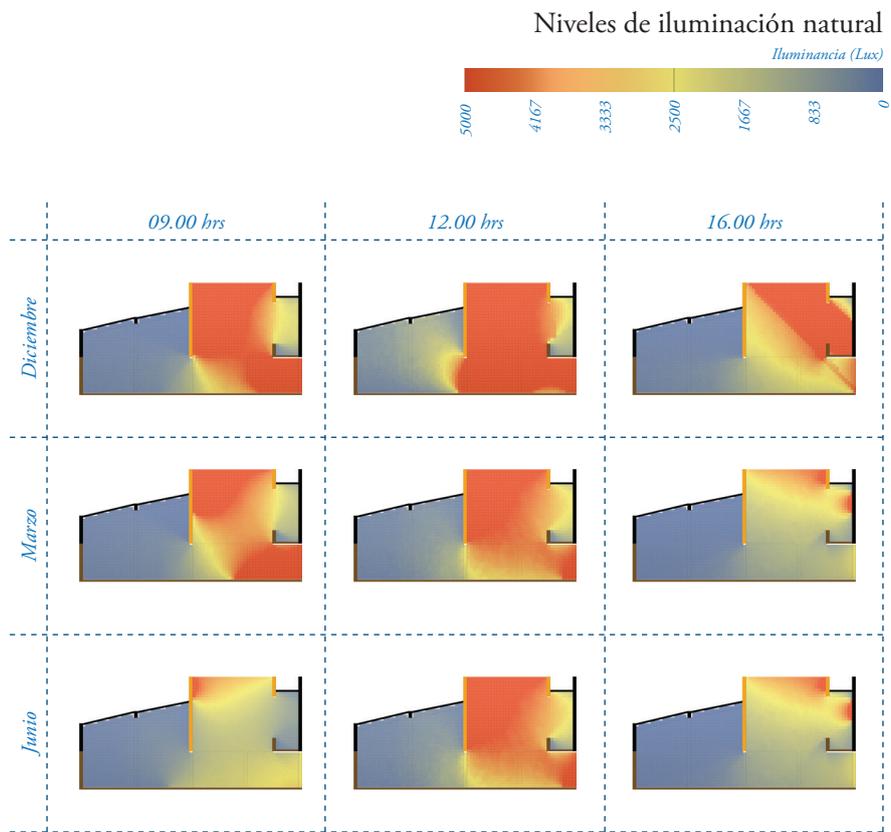
Espacios iluminados



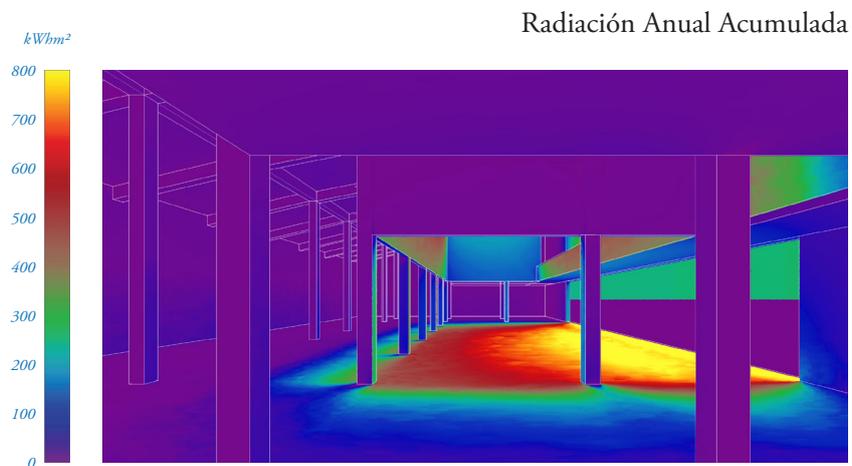
■ Existente ■ Patio de luz propuesto ■ Nuevas circulaciones / divisiones

El cuarto patio propuesto corresponde al de los laboratorios y espacios de trabajo de los funcionarios del acuario. Además de iluminar y servir como áreas de descanso, éstos patios pueden funcionar como accesos a las distintas zonas técnicas del acuario. Si bien su iluminancia es similar a la de los otros espacios iluminados del programa, probablemente se necesite el apoyo de iluminación artificial para el desarrollo de actividades de laboratorio.

Las simulaciones revelan que la propuesta tiene dos problemas: 1) radiación directa en las mañanas y 2) bajos niveles de iluminancia en las tardes. Al estar ubicado en la orientación opuesta del resto de los patios (oriente), el talud genera sombra sobre el patio en las tardes, impidiendo que éste ilumine el fondo del recinto. Para solucionar éstos problemas se propone, por un lado, implementar especies vegetales para impedir la radiación directa en las mañanas, al mismo tiempo que se generan nuevas aperturas en el interior del recinto para recibir iluminación en los horarios en que el patio alcanza los requerimientos ambientales de esta tipología de espacio. Éstas aperturas podrían comunicarse con otras tipologías de patios que alimenten los laboratorios desde otro ángulo y así gozar de luz natural en todos los momentos del día. Otra alternativa es hacer crecer las caras del patio hasta que logren captar la radiación solar de la tarde, pero esto puede generar problemas espaciales en el contexto del parque.

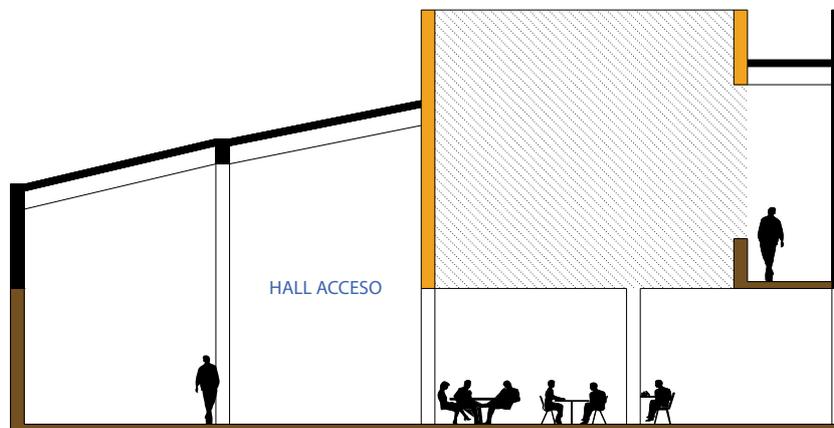


El patio tiene un buen desempeño en cuanto a la iluminancia y control de la radiación directa, excepto en las tardes, en que los niveles de luz en el sector poniente del recinto son bajos. Además, se necesita mejorar la habitabilidad del patio a través de sombras que permitan la estadia de grandes grupos de personas, ya que éste funciona como acceso al acuario



PATIO DE ACCESO

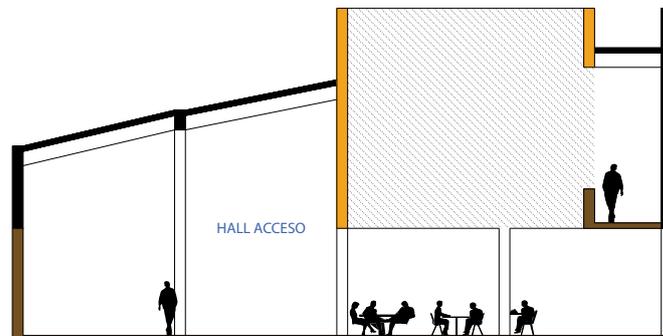
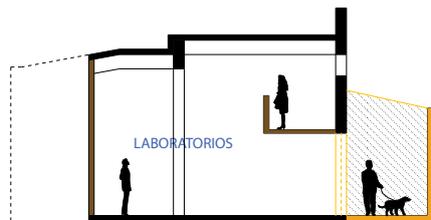
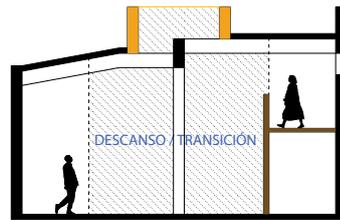
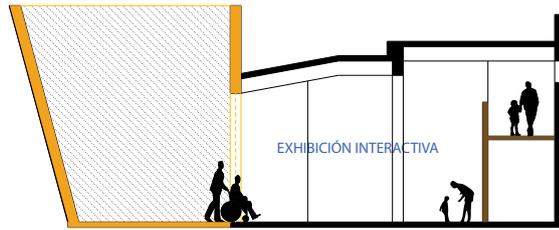
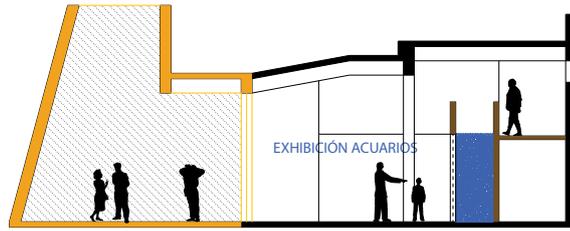
Espacios iluminados



■ Existente ■ Patio de luz propuesto ■ Nuevas circulaciones / divisiones

El quinto patio propuesto corresponde al del acceso al acuario. Ésta tipología es más grande que las anteriores, para permitir la estadía de grandes grupos de personas en la superficie del patio. Es importante aclarar que el recinto a iluminar es más profundo que el resto, puesto que para lograr las dimensiones adecuadas de un hall de acceso en un programa de este tipo se propone una ampliación de tres metros hacia abajo del suelo existente, para lograr una mayor altura del espacio interior.

Las simulaciones muestran que el patio logra un buen desempeño en cuánto a la iluminancia del interior a lo largo del año. Los niveles de luz son homogéneos y en general se encuentran dentro del rango requerido. Sin embargo, existen ciertos momentos en que la luminancia del fondo del recinto (cara poniente) son muy bajos, sobre todo en las tardes, pero son situaciones que se pueden permitir dado que difícilmente se puede lograr una iluminación homogénea en un espacio tan grande. Quizás si se disminuye la profundidad del patio o se generan ciertos vanos en la cara poniente del patio se podría mejorar esta situación, siempre y cuando eso no se traduzca en radiación directa. Por último, para mejorar la habitabilidad del patio y del acceso al acuario, se propone implementar especies vegetales caducas de gran tamaño que otorguen sombra al suelo del acceso.



CONCLUSIONES PRELIMINARES

Luego de realizar una segunda serie de más de cincuenta simulaciones en distintas estaciones y horarios del día, se analizaron cinco patios de luz propuestos para situaciones claves dentro de la rehabilitación, con el objetivo de utilizarlos como elementos que se pueden repetir a lo largo del recorrido del acuario. Luego de revisar en detalle las cifras arrojadas por las simulaciones en cuánto a la situación específica de iluminancia (lux) y radiación (kWh-m²) en cada parte del recinto, se puede concluir que:

a) **Acerca del desempeño de los patios de luz:** Se puede decir que en general todos los patios tienen un buen desempeño como estrategia de rehabilitación del talud, transformando la situación lumínica de cada recinto según sus necesidades específicas. A pesar de que existen ciertas situaciones indeseadas, sobre las cuales se pueden ajustar las variables para conseguir un desempeño óptimo, los distintos patios cumplen el objetivo de generar nuevas atmósferas, ampliando los límites de las actuales bodegas y generando nuevas relaciones con el entorno exterior del parque.

b) **Acerca de las modificaciones propuestas:** Dado los plazos y recursos de ésta investigación, no se realizarán nuevos análisis de las modificaciones propuestas para cada tipología. Sin embargo, luego de realizar más de 130 simulaciones, se asume una comprensión del problema y de las variables de diseño, por lo que todas estas recomendaciones serán tratadas a nivel proyectual en la propuesta final de rehabilitación del talud.

c) **Acerca de las especies vegetales:** Ésta variable no fue considerada dentro de las simulaciones debido a la dificultad de traducir las características físicas de especies vegetales a un modelo de simulación digital. La investigación intentó lograr las condiciones ambientales requeridas sólo mediante variaciones en la geometría de los patios de luz. En vista de que en ciertos momentos ésto no fue posible, se propuso acompañar la estrategia del patio con la implementación de árboles caducos que eviten la radiación directa en verano y permitan el ingreso de luz natural en invierno.

QUINTA PARTE:
CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN

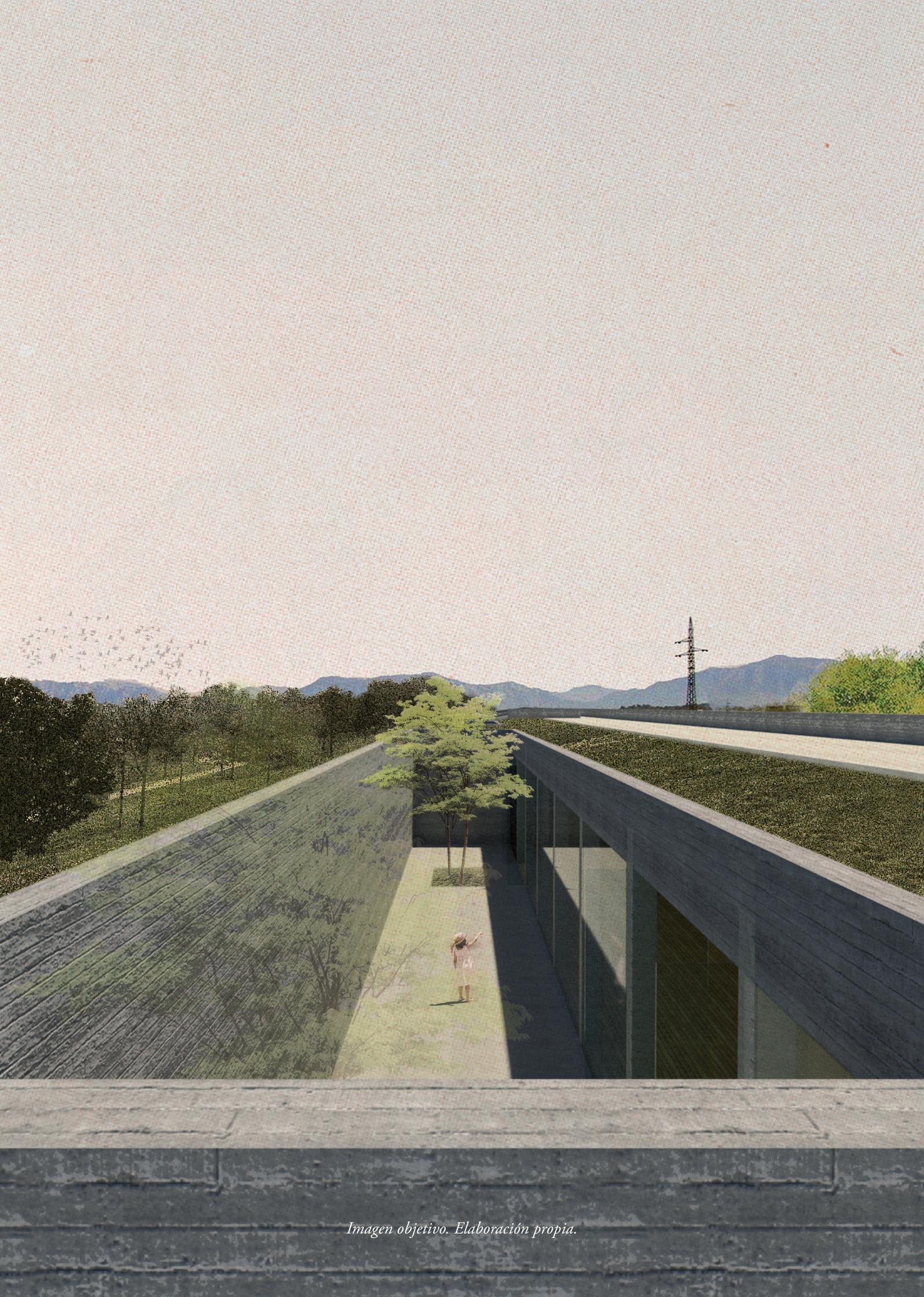


Imagen objetivo. Elaboración propia.

Reconfiguración del talud vegetal del Parque O'Higgins

Para concluir, se intentará reunir todos los conceptos tratados durante la investigación, respondiendo a los objetivos y preguntas planteadas en el inicio. Luego, se mostrarán las estrategias proyectuales formuladas a partir de las distintas actividades de investigación, sobre las cuales se desarrollará el proyecto arquitectónico de reconfiguración del talud vegetal.

El propósito de esta tesis es entender los distintos criterios de intervención del talud vegetal del Parque O'Higgins en relación a su situación actual, contexto de parque y un programa propuesto. Dada las observaciones realizadas acerca de su condición actual, se estima que el talud se ha convertido en un límite dentro del parque y que sus bodegas son un espacio subutilizado dado su tamaño y ubicación, puesto que no se relaciona ni con los usuarios ni con el contexto de un parque metropolitano de tal envergadura. En primer lugar, se buscó a través de un levantamiento riguroso de las condiciones actuales del talud comprender los problemas y oportunidades asociadas a la intervención de las bodegas enterradas. Luego se propuso un cambio de uso, transformando un espacio de servicio para el parque en un Acuario Metropolitano, con el objetivo de convertirse en un hito detonante para la reactivación del lugar. En base al levantamiento y el programa propuesto, se definió el tema de la iluminación natural como asunto de investigación, abordado específicamente desde el patio de luz como estrategia de rehabilitación de las bodegas enterradas. Mediante los patios de luz se espera iluminar de manera natural los distintos recintos de exhibición del acuario, además de ampliar sus límites físicos y generar relaciones con el entorno exterior (parque). Primero desde una discusión bibliográfica, y luego en base a simulaciones digitales de iluminancia y radiación (en el software DIVA), se analizaron distintas variables de diseño para culminar con la propuesta de cinco patios de luz, los cuales responden a los requerimientos ambientales específicos de los distintas tipologías de exhibición.

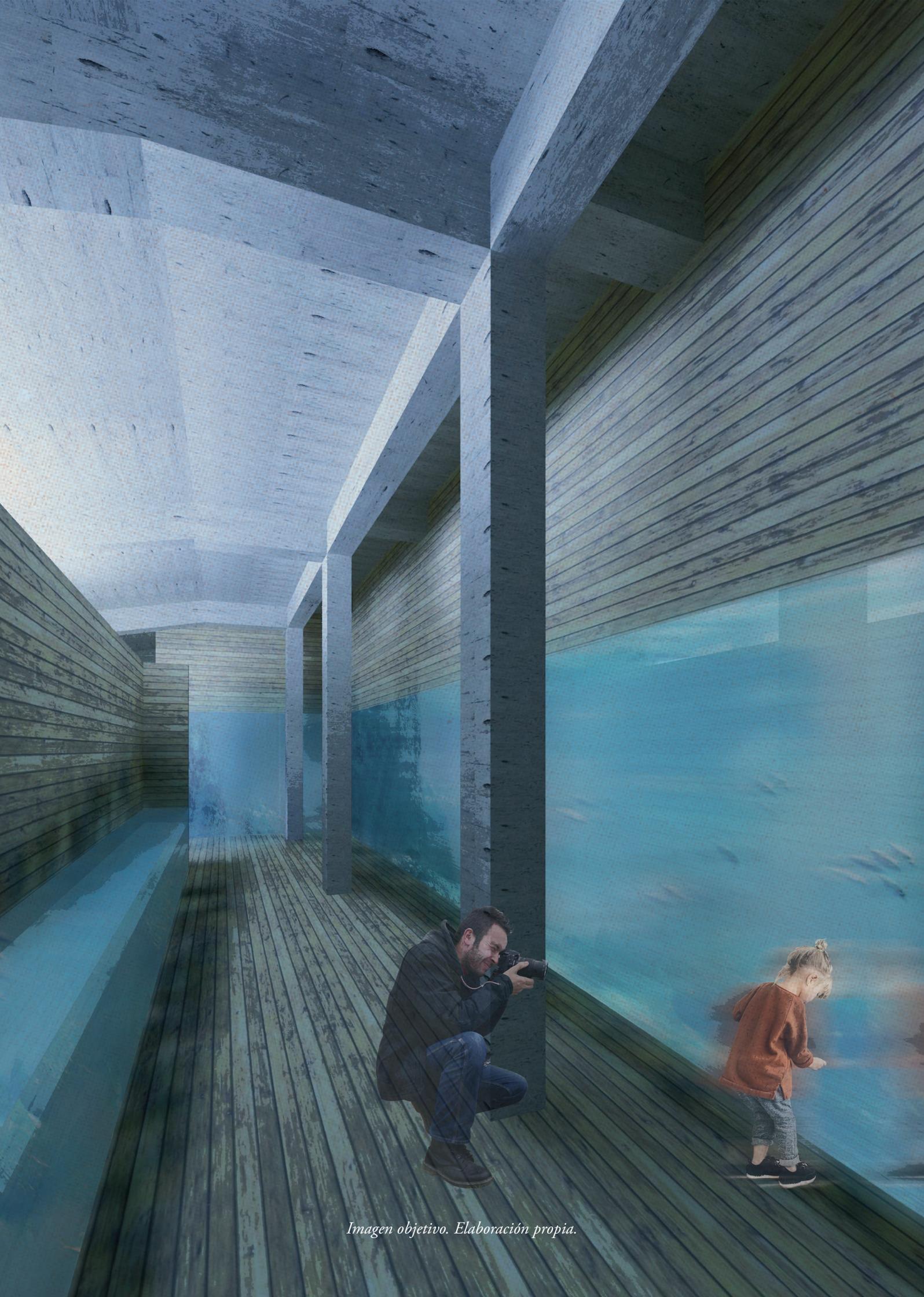


Imagen objetivo. Elaboración propia.

Teniendo en consideración las preguntas planteadas al inicio de la investigación, el resultado de ésta se traduce en ciertos lineamientos para la propuesta arquitectónica de reconfiguración del talud:

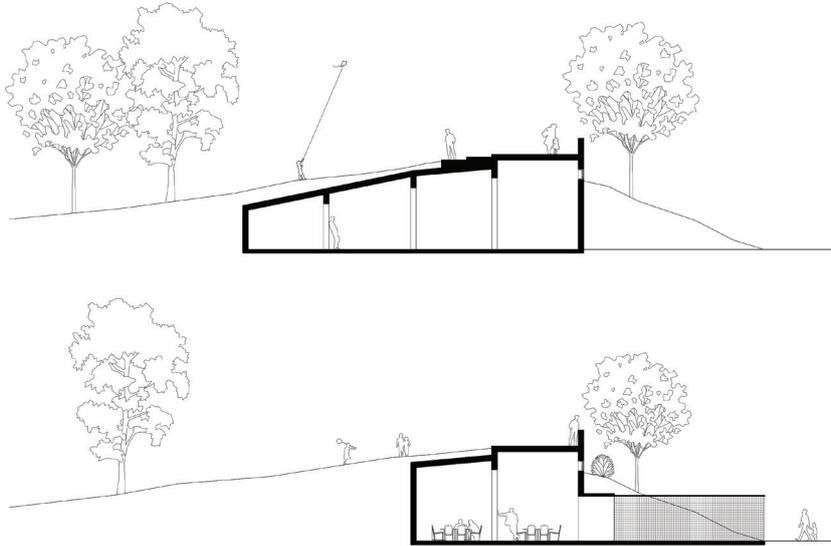
1) El talud vegetal necesita ser transformado de manera que deje de ser un límite y un espacio subutilizado dentro del parque. Dada su función y sus actuales condiciones ambientales, es necesario realizar un cambio de uso y una intervención para iluminar, ventilar y generar nuevas relaciones con su entorno.

2) En base al levantamiento del talud, las bodegas enterradas y su contexto, se propone cambiar la noción de límite generando nuevas conexiones entre los distintos frentes de talud. Se plantea generar dos atravesos a nivel de parque que comuniquen el acceso oriente, el pueblito y la explanada con el núcleo del parque. En uno de los atravesos (el más cercano al acceso del parque) se puede generar un nuevo acceso al acuario propuesto. Los antiguos accesos a las bodegas pueden ser utilizados como accesos privados a las áreas técnico/administrativas del proyecto.

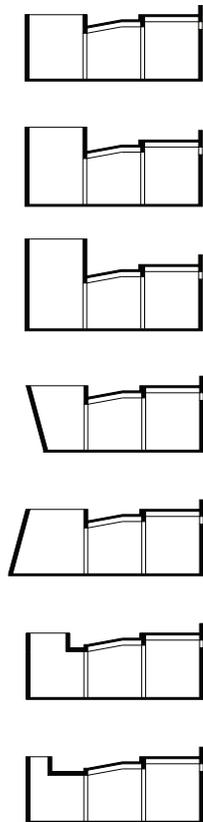
3) Luego de entender los distintos procesos y requerimientos programáticos del programa propuesto, se propone una distribución de los distintos recintos requeridos a lo largo del talud buscando relacionarse de la mejor manera posible con su contexto y permitir un buen funcionamiento de los procesos propios de un acuario. Dada las proporciones alargadas del talud, es necesario separar algunos programas para fortalecer los recorridos y nuevas conectividades a nivel de parque. El resultado final surgió luego de iterar distintas formas de implantación y relaciones tanto en planta como en corte.

4) Para enfrentar las dificultades que la forma y dimensiones del talud plantea en cuánto a la rehabilitación de su estructura como un acuario metropolitano, se propone realizar un recorrido lineal del tipo “circular”, en el que, en primer lugar se recorre el acuario de manera normal a través de las distintas exhibiciones, para luego regresar al hall de acceso

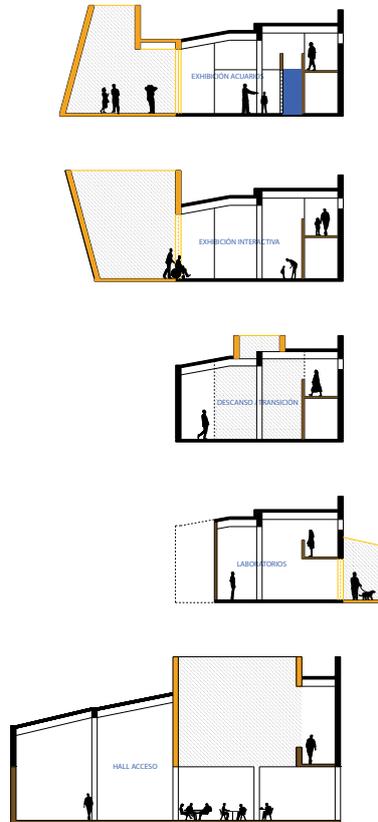
Secciones de la situación existente



Exploración de parámetros de diseño



Patios de luz propuestos

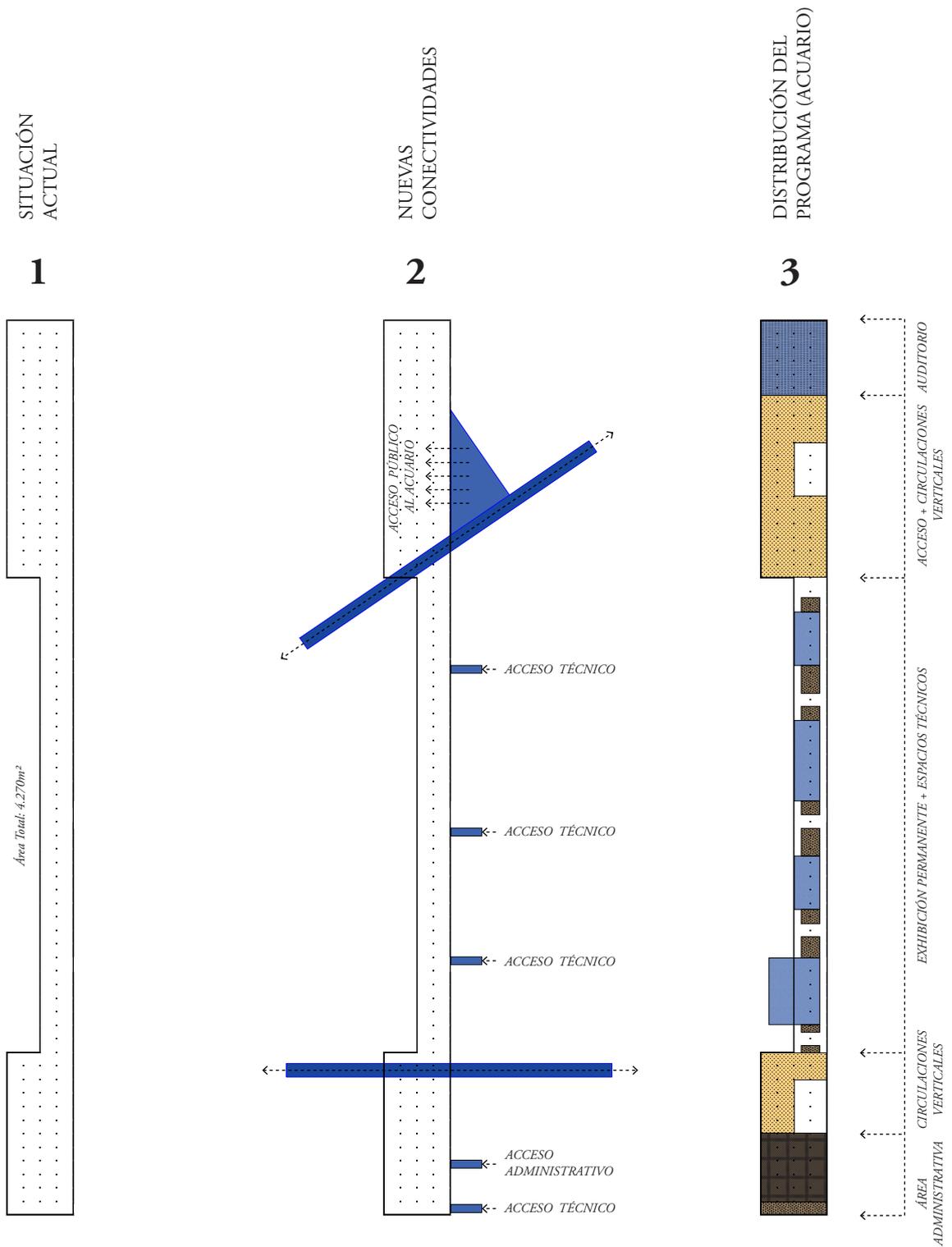


mediante un recorrido secundario, o técnico, en el que se exhiben todos los procesos que permiten mantener el acuario, tales como alimentación de peces, laboratorios, equipos técnicos, etc. Para optimizar el uso del espacio disponible, se plantea realizar este recorrido en un nivel superior, de manera que no entorpecer el funcionamiento normal de los espacios técnicos.

5) Evidentemente el aspecto que se abordó en mayor profundidad y el cuál se convirtió en el eje de la investigación fue el patio de luz como estrategia de rehabilitación. En base a las tres categorías propuestas (patios iluminados, en penumbra y tenues) se desarrollaron cinco patios de luz que responden a los requerimientos ambientales de las distintas tipologías de recintos dentro del programa. Finalmente, se realiza una repetición de éstos a lo largo del talud para iluminar, ventilar y generar distintas atmósferas en los distintos momentos del recorrido.

6) Por último, la reconfiguración del talud a través de patios de luz como estrategia principal de rehabilitación propone generar nuevas relaciones del talud con su entorno, conectando ambos frentes del talud y relacionando sus recintos interiores con el nivel del parque. Se espera que el recorrido sobre el talud sea activado mediante los distintos patios, en los que los usuarios del parque podrán relacionarse con lo que sucede dentro del acuario, así como los visitantes del acuario podrán relacionarse con lo que sucede en el exterior. Ésta nueva configuración del talud es realizada utilizando la estructura existente y manteniendo la condición pública de la cubierta vegetal, de manera que la nueva condición se integre al contexto, apareciendo de manera sutil en ciertos momentos dentro del largo total del talud.

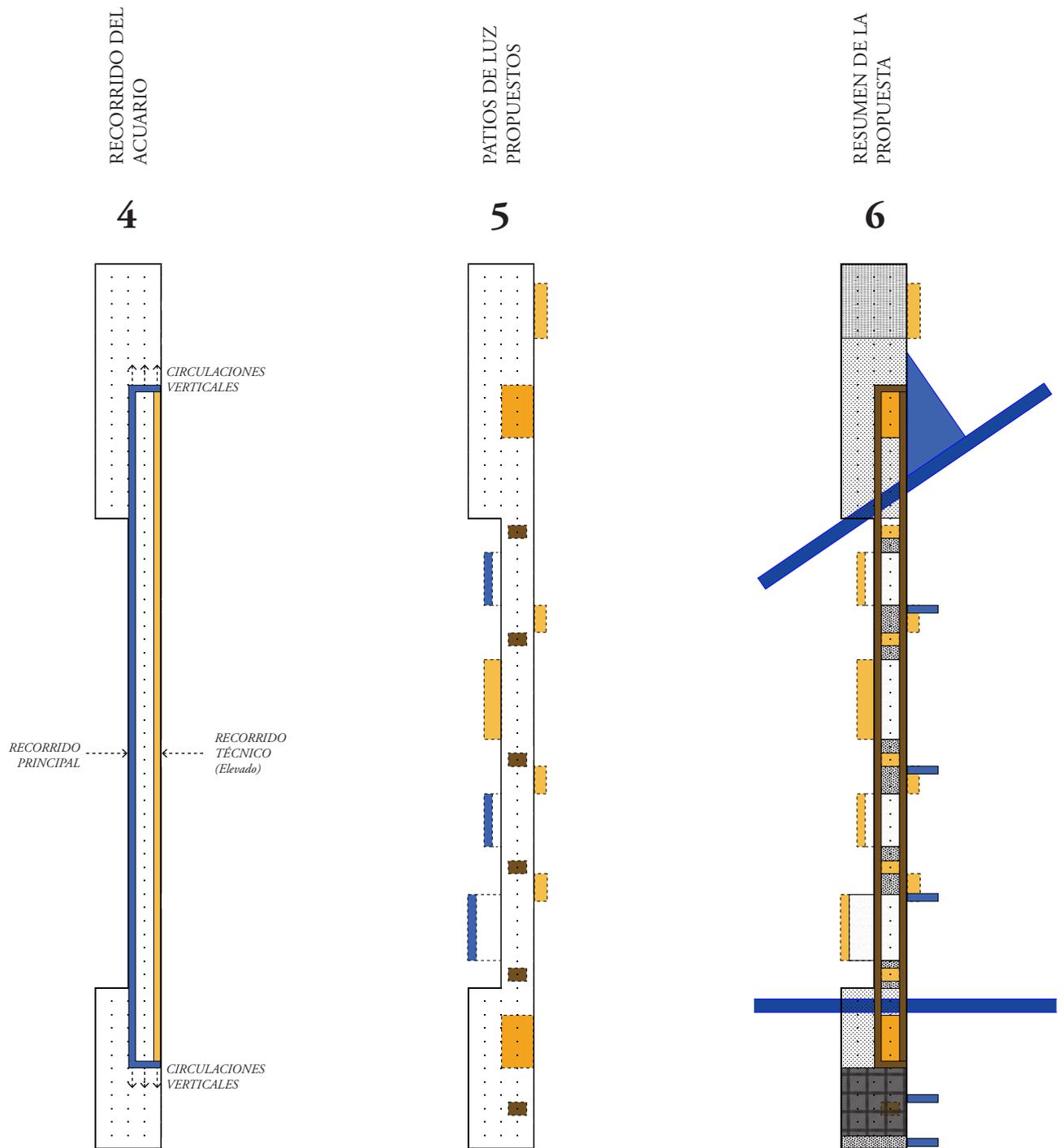
Por último, es importante declarar que existe la posibilidad de seguir explorando el patio de luz en base a otros usos y geometrías. De la misma manera, el talud vegetal puede convertirse en un objeto de estudio como forma de edificación en parques urbanos, integrando su función con la fluidez del espacio público a su alrededor.



Situación actual de las bodegas bajo el talud vegetal (se han derribado las divisiones interiores). El talud es considerado un límite y las bodegas necesitan un cambio de uso y mejorar sus condiciones de habitabilidad.

Nuevos atravesos que cambian la condición de límite del talud, conectando el pueblito con la explanada y generando un nuevo acceso al proyecto. Las entradas existentes a las bodegas se utilizan como accesos del área técnica.

Distribución del programa a lo largo del talud. En los extremos, dos cabezales con el acceso y las circulaciones verticales. En el centro, las exhibiciones permanentes con sus respectivas áreas técnicas adyacentes.



Un recorrido interior permite acceder de manera lineal a las distintas exhibiciones. El tramo amarillo se propone en un nivel superior, para observar los distintos espacios técnicos que permiten el funcionamiento del acuario.

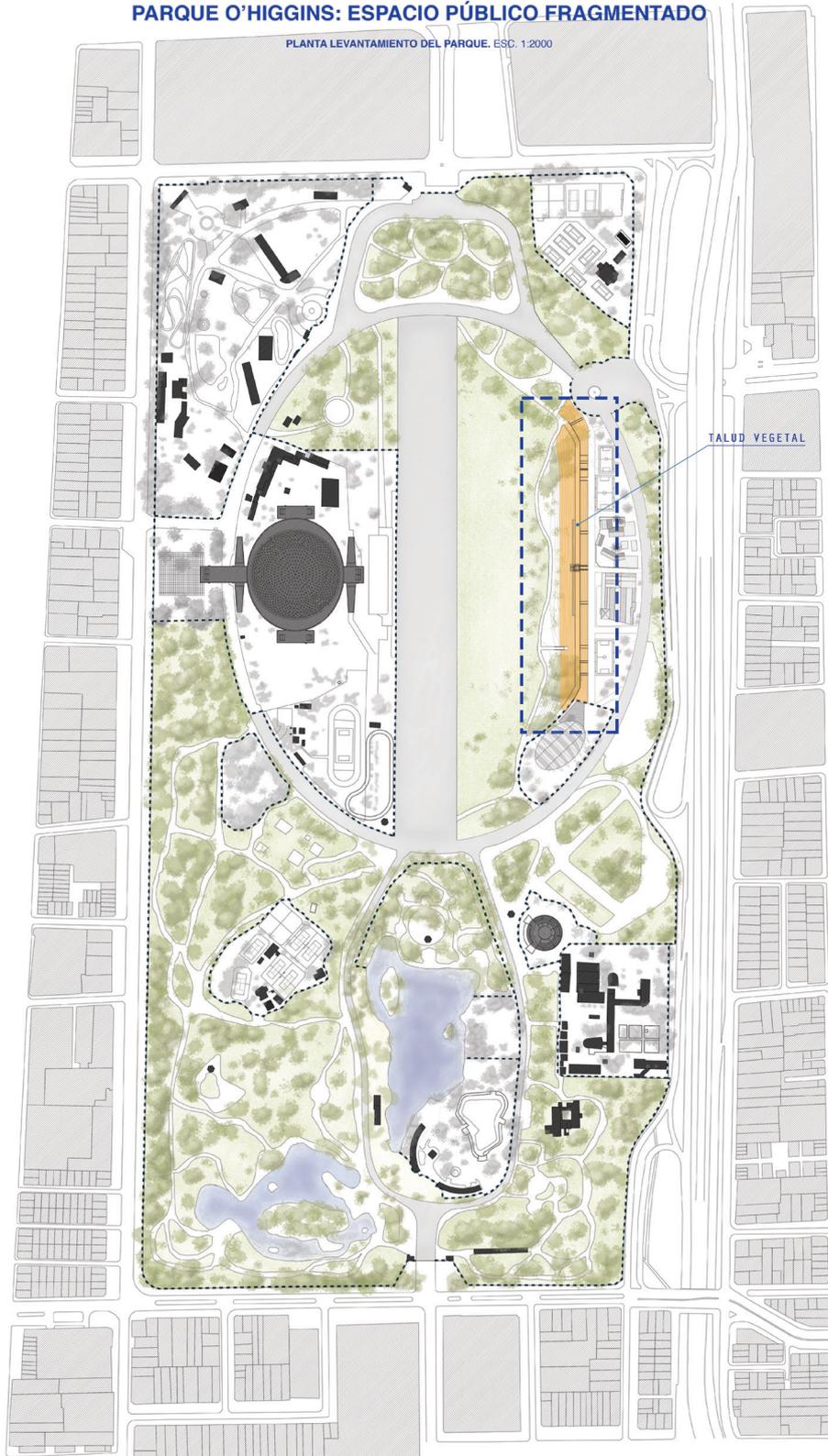
Los tres categorías de patios propuestos y analizados se ubican a lo largo del recorrido alimentando de luz natural y ventilación los respectivos recintos para los cuales fueron diseñados.

Esquema resumen de la propuesta. Se superponen las nuevas conectividades y circulaciones internas con los distintos recintos del acuario y sus respectivos patios de luz.

**PROPUESTA FINAL
PLANIMETRÍA E IMÁGENES**

PARQUE O'HIGGINS: ESPACIO PÚBLICO FRAGMENTADO

PLANTA LEVANTAMIENTO DEL PARQUE. ESC. 1:2000

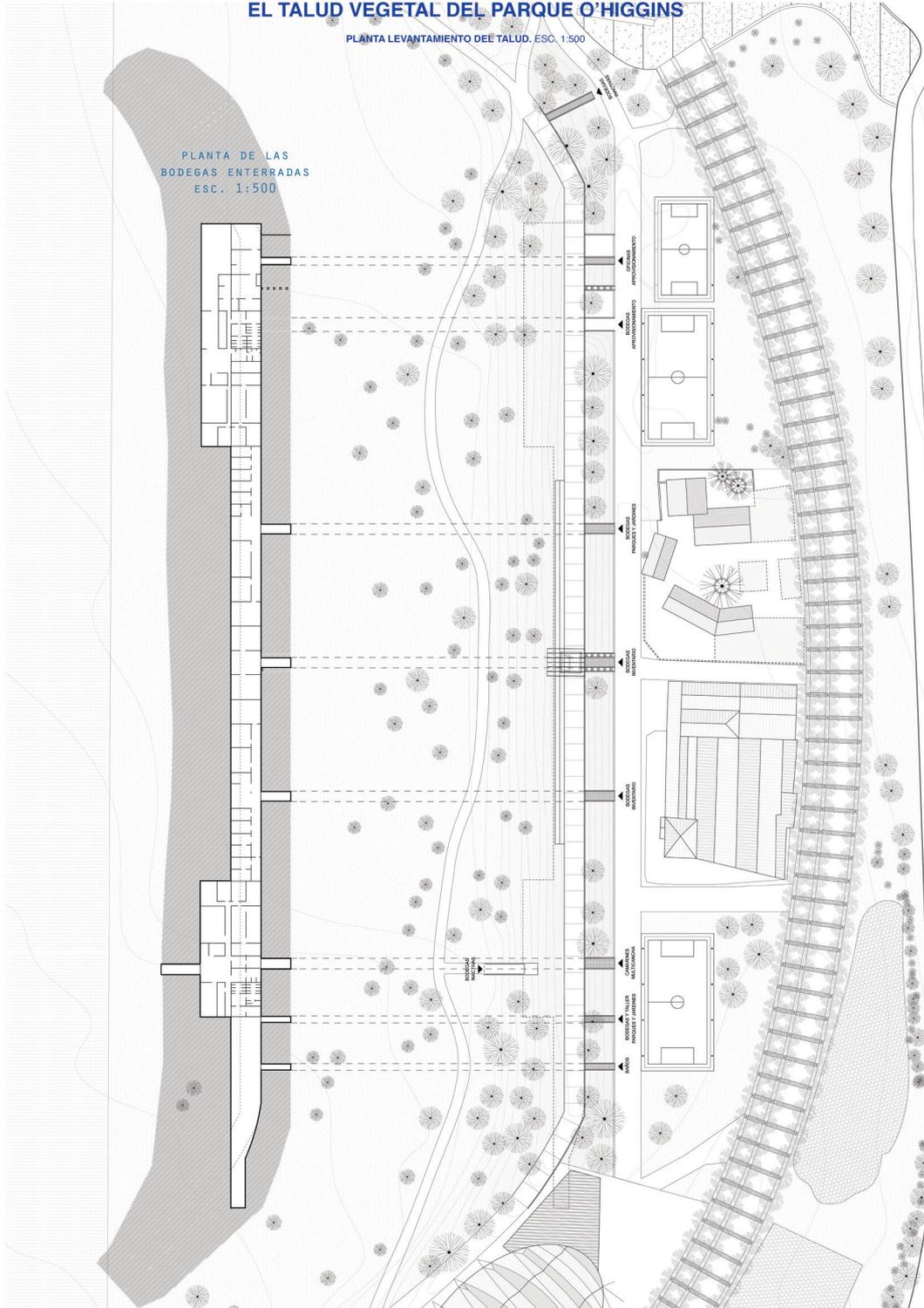


Levantamiento de la problemática y el caso de estudio en el Parque O'Higgins

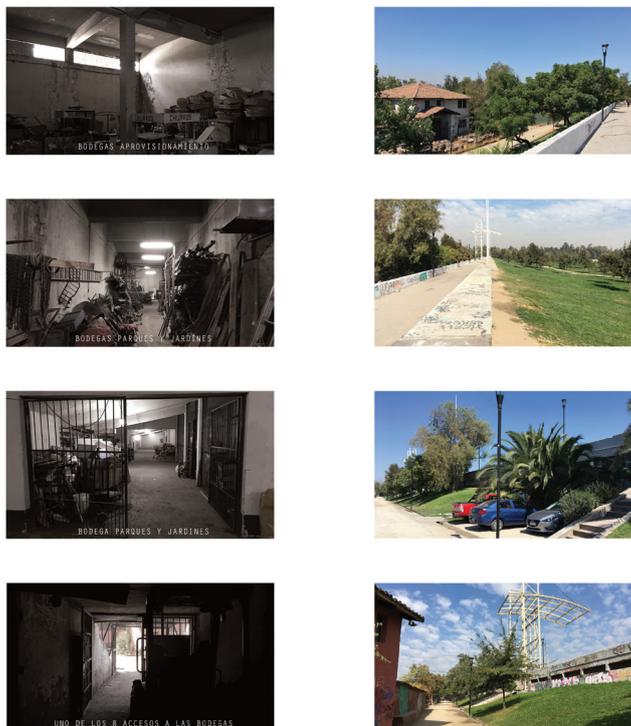
EL TALUD VEGETAL DEL PARQUE O'HIGGINS

PLANTA LEVANTAMIENTO DE TALUD. ESC. 1:500

PLANTA DE LAS
BODEGAS ENTERRADAS
ESC. 1:500



EXTERIOR VS INTERIOR

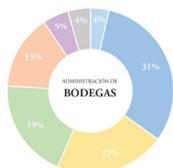


ESQUEMA DE USOS



- BODEGAS
- BAÑOS Y CAMAREÑAS
- OFICINAS

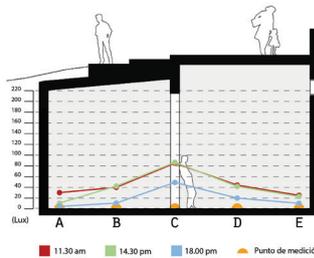
(Datos obtenidos según los registros)



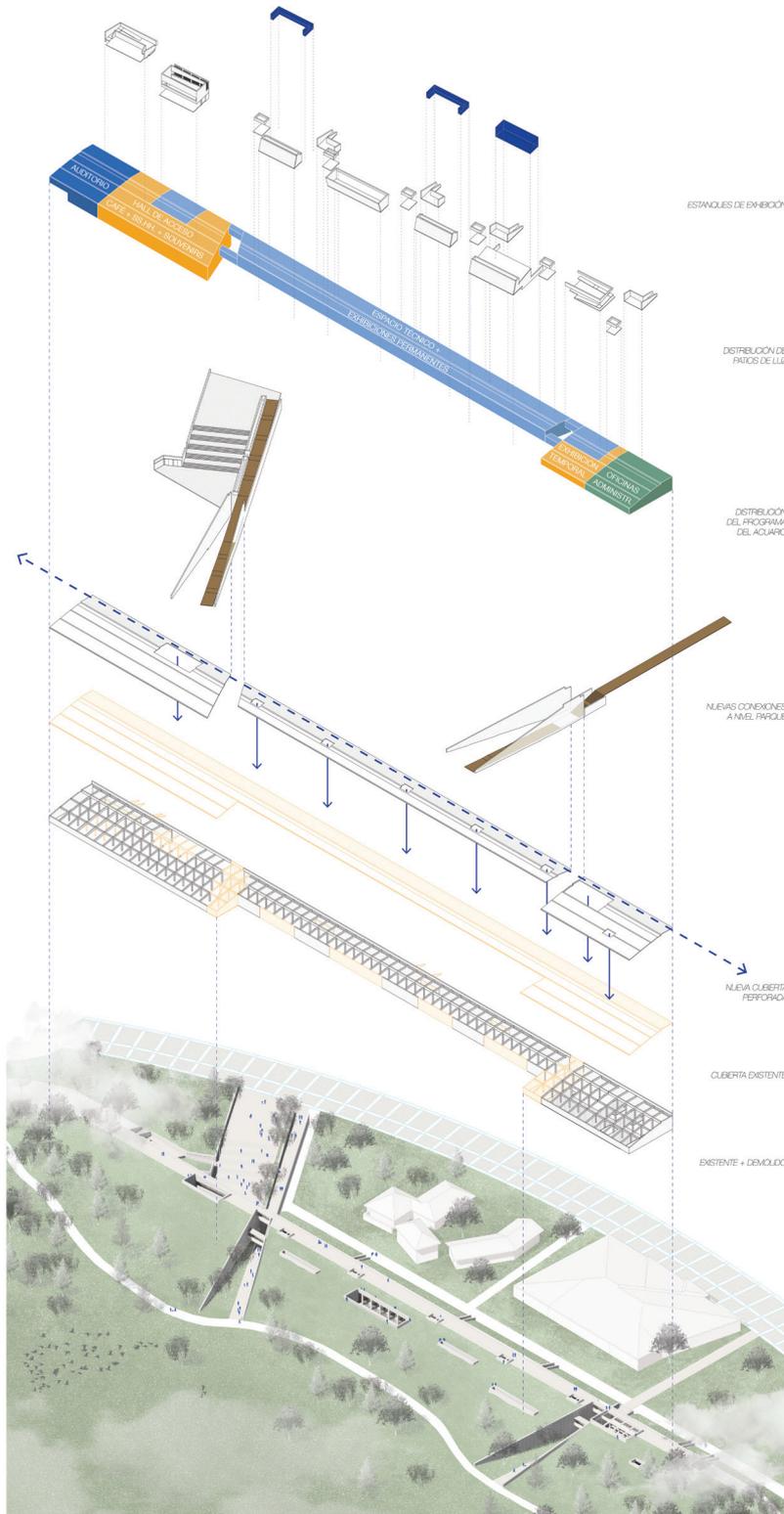
- BODEGAS MUNICIPALES APROVISIONAMIENTO
- BODEGAS MUNICIPALES PARQUES Y JARDINES
- BODEGAS MUNICIPALES INTERIORES
- CAMAREÑAS MULTICANCHAS CORDESAN
- BAÑOS MUNICIPALES PARQUES Y JARDINES
- BODEGAS MUNICIPALES INSPECCION GENERAL
- OFICINAS MUNICIPALES APROVISIONAMIENTO

(Datos obtenidos según los registros)

MEDICIONES



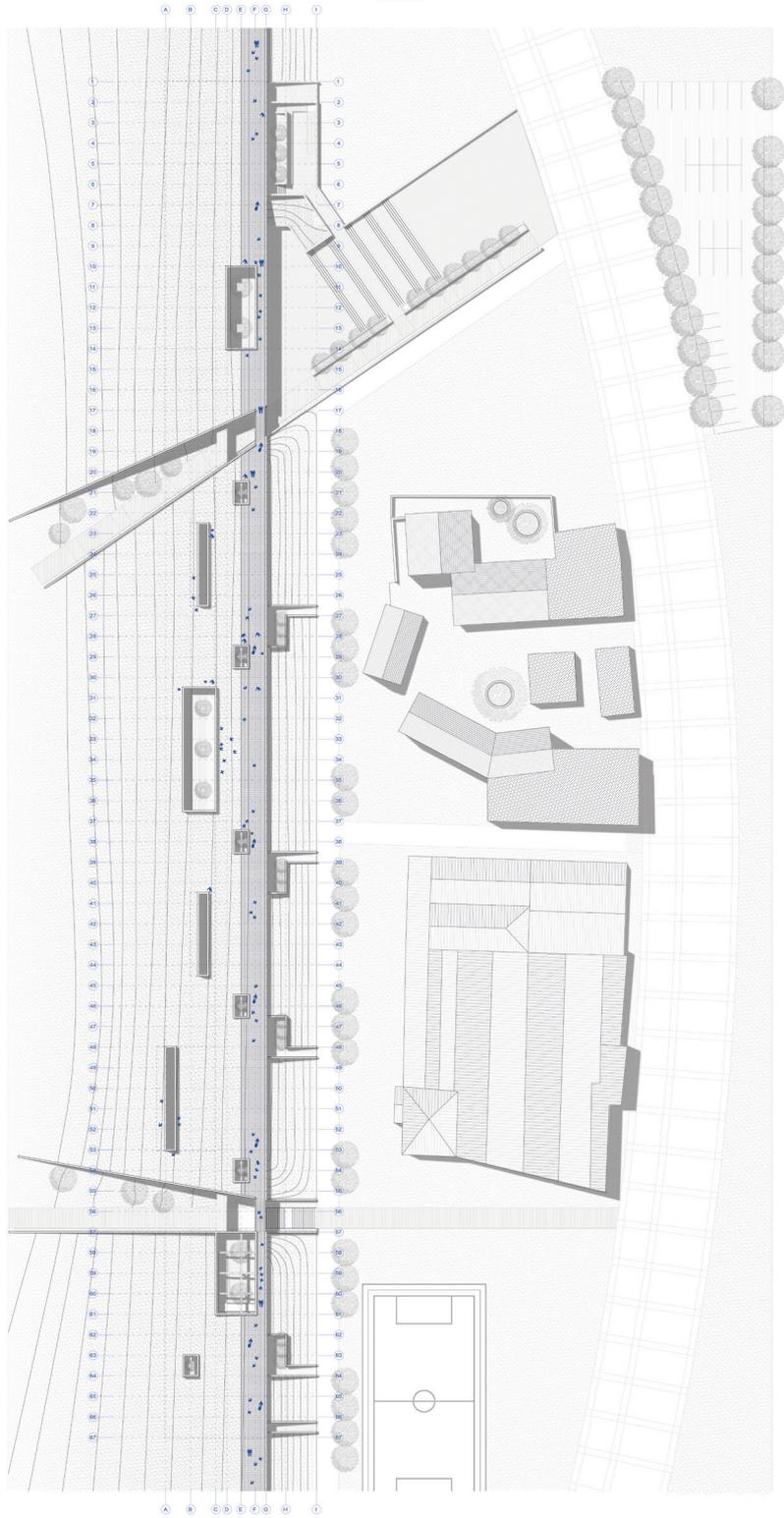
RECONFIGURACIÓN DEL TALUD VEGETAL DEL PARQUE O'HIGGINS



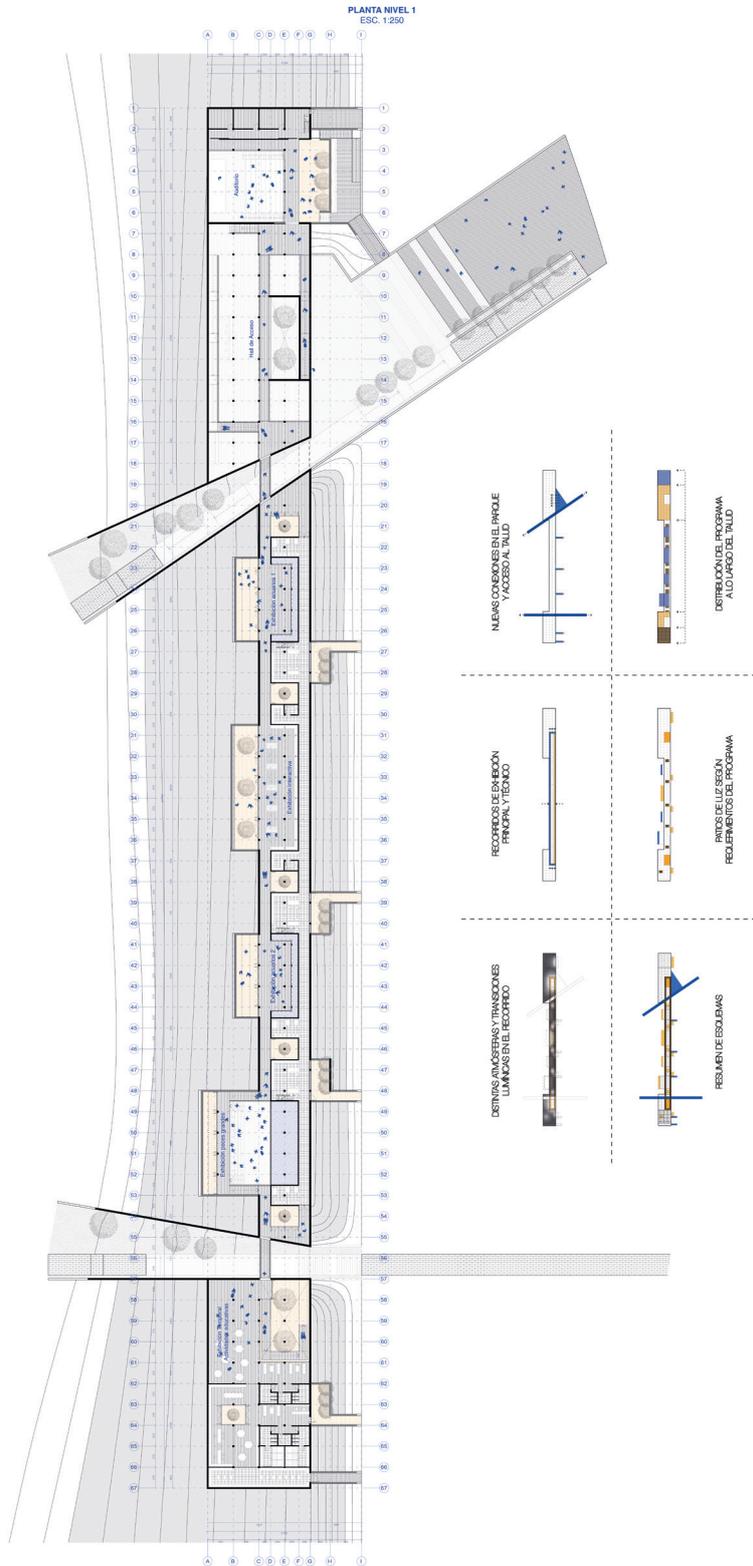
Reconfiguración del talud vegetal del Parque O'Higgins

RECONFIGURACIÓN DEL TALUD VEGETAL DEL PARQUE O'HIGGINS

PLANTA EMPLAZAMIENTO
ESC. 1:250

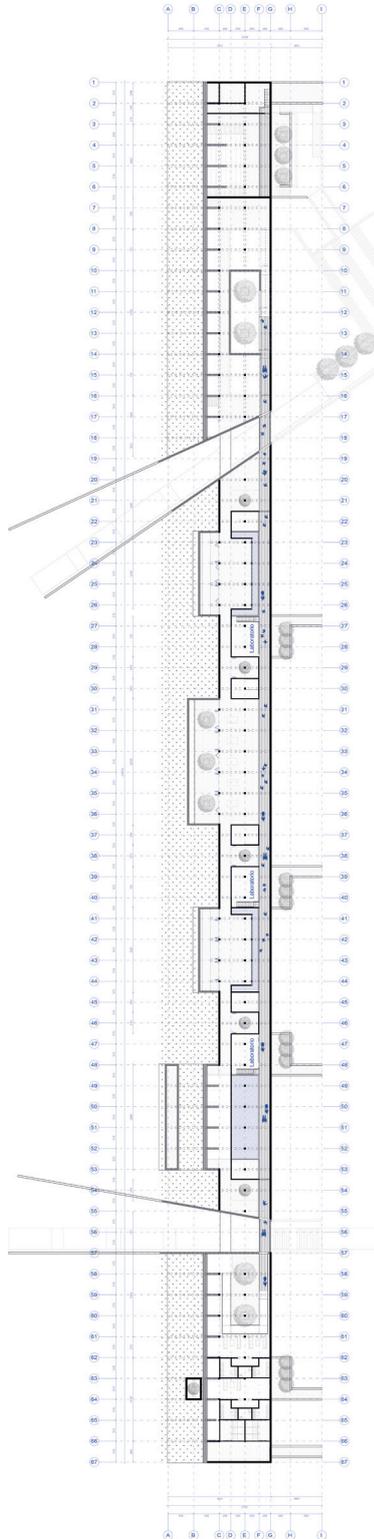


RECONFIGURACIÓN DEL TALUD VEGETAL DEL PARQUE O'HIGGINS

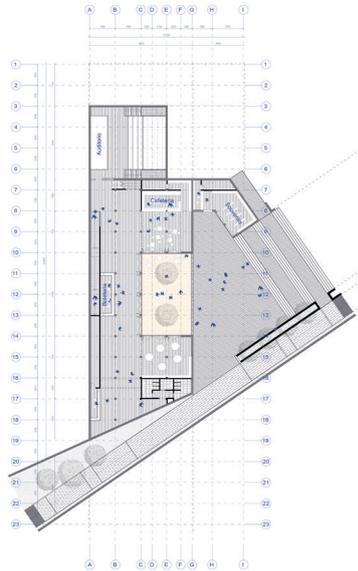


RECONFIGURACIÓN DEL TALUD VEGETAL DEL PARQUE O'HIGGINS

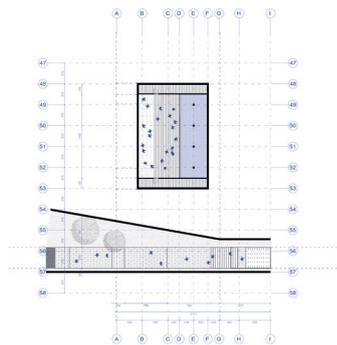
PLANTA NIVEL 2 (RECORRIDO SECUNDARIO)
ESC. 1:250



PLANTA NIVEL -1 (ACCESO Y ATRAVIESO)
ESC. 1:250

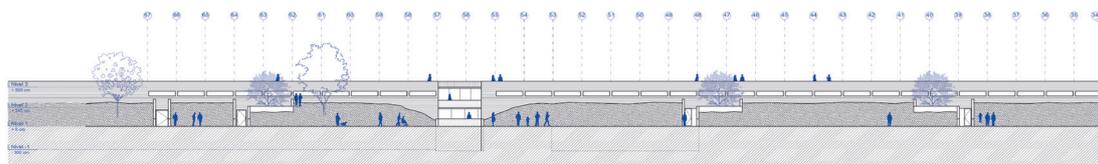
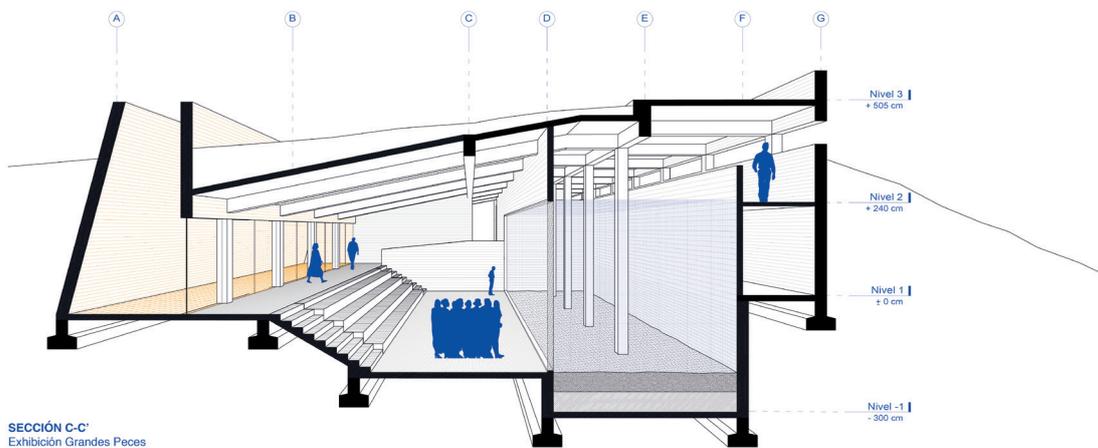
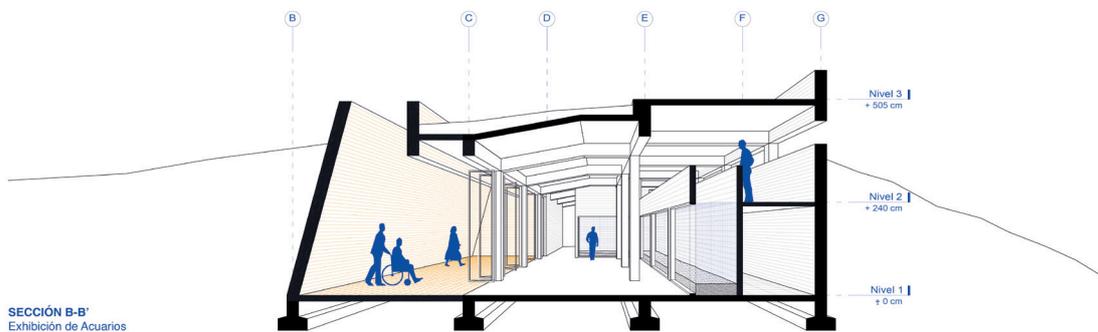
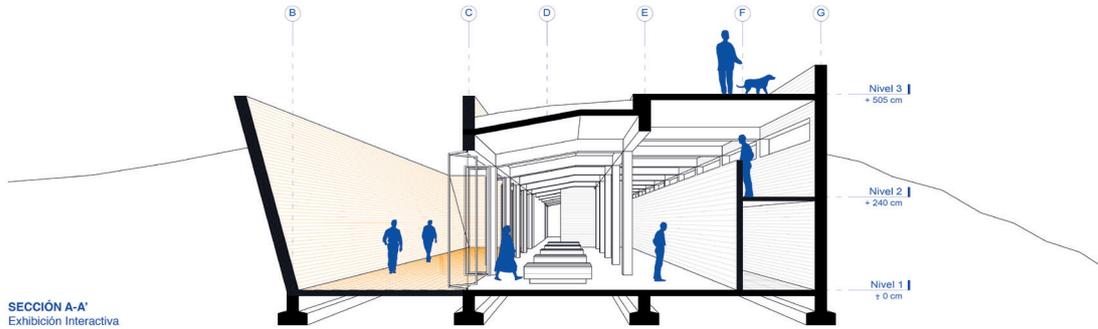


PLANTA NIVEL -1 (EXHIBICIÓN PECES
GRANDES Y ATRAVIESO) ESC. 1:250



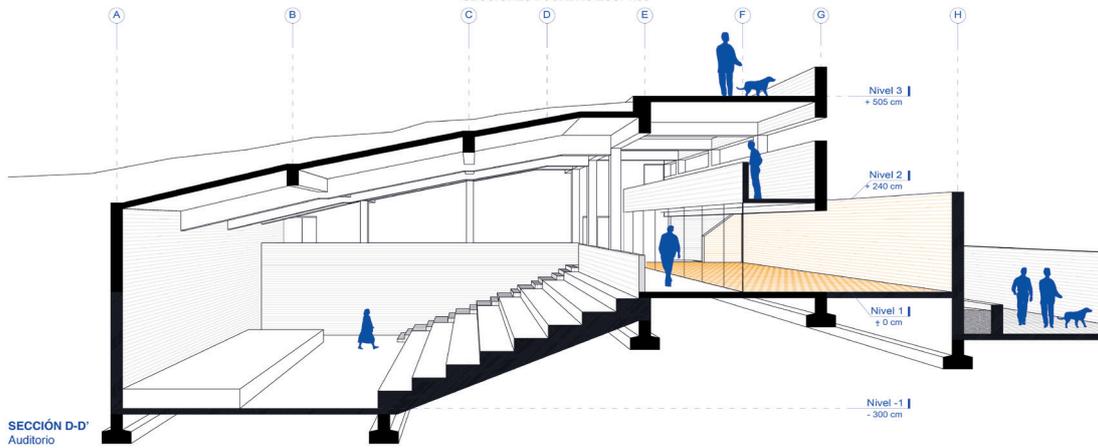
RECONFIGURACIÓN DEL TALUD VEGETAL DEL PARQUE O'HIGGINS

SECCIONES FUGADAS ESC. 1:50

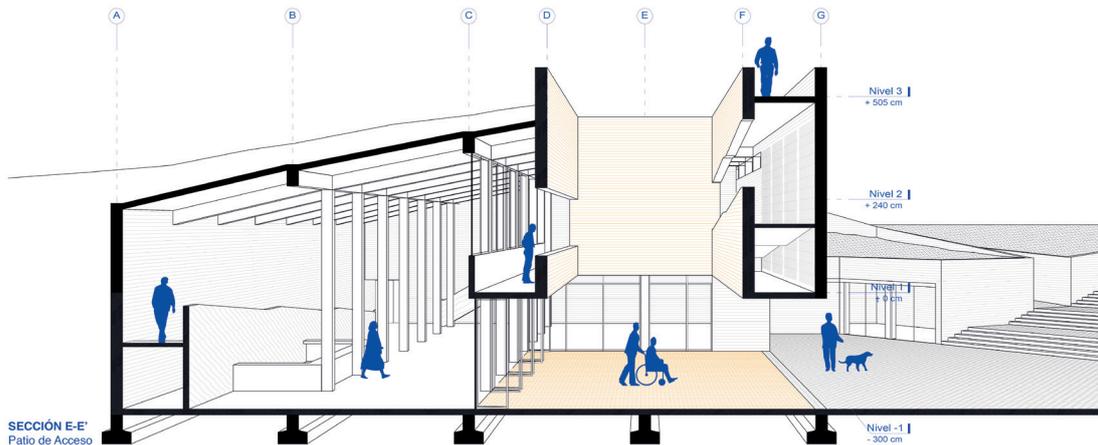


RECONFIGURACIÓN DEL TALUD VEGETAL DEL PARQUE O'HIGGINS

SECCIONES FUGADAS ESC. 1:50



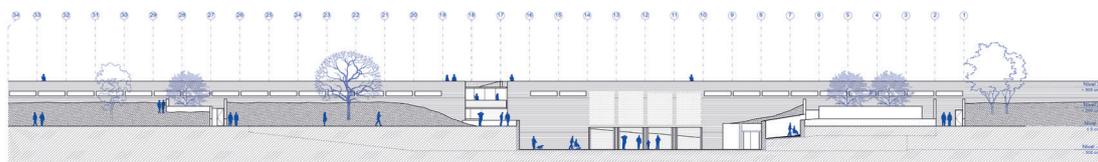
SECCIÓN D-D'
Auditorio



SECCIÓN E-E'
Patio de Acceso



SECCIÓN TRANSVERSAL F-F'
Atravieso Norte. Esc. 1:250

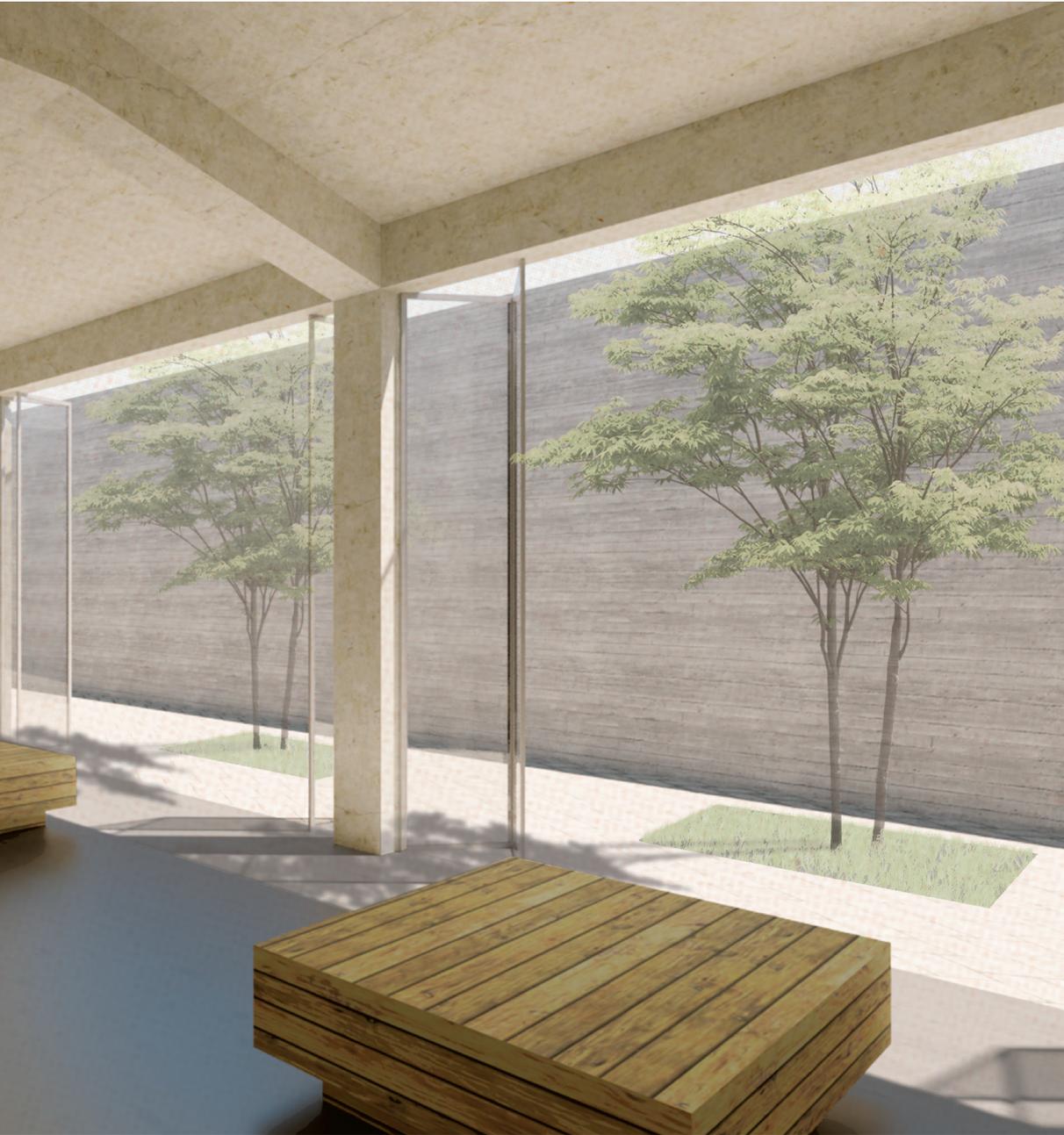


ELEVACIÓN ORIENTE
(Tramo Norte) Esc. 1:250







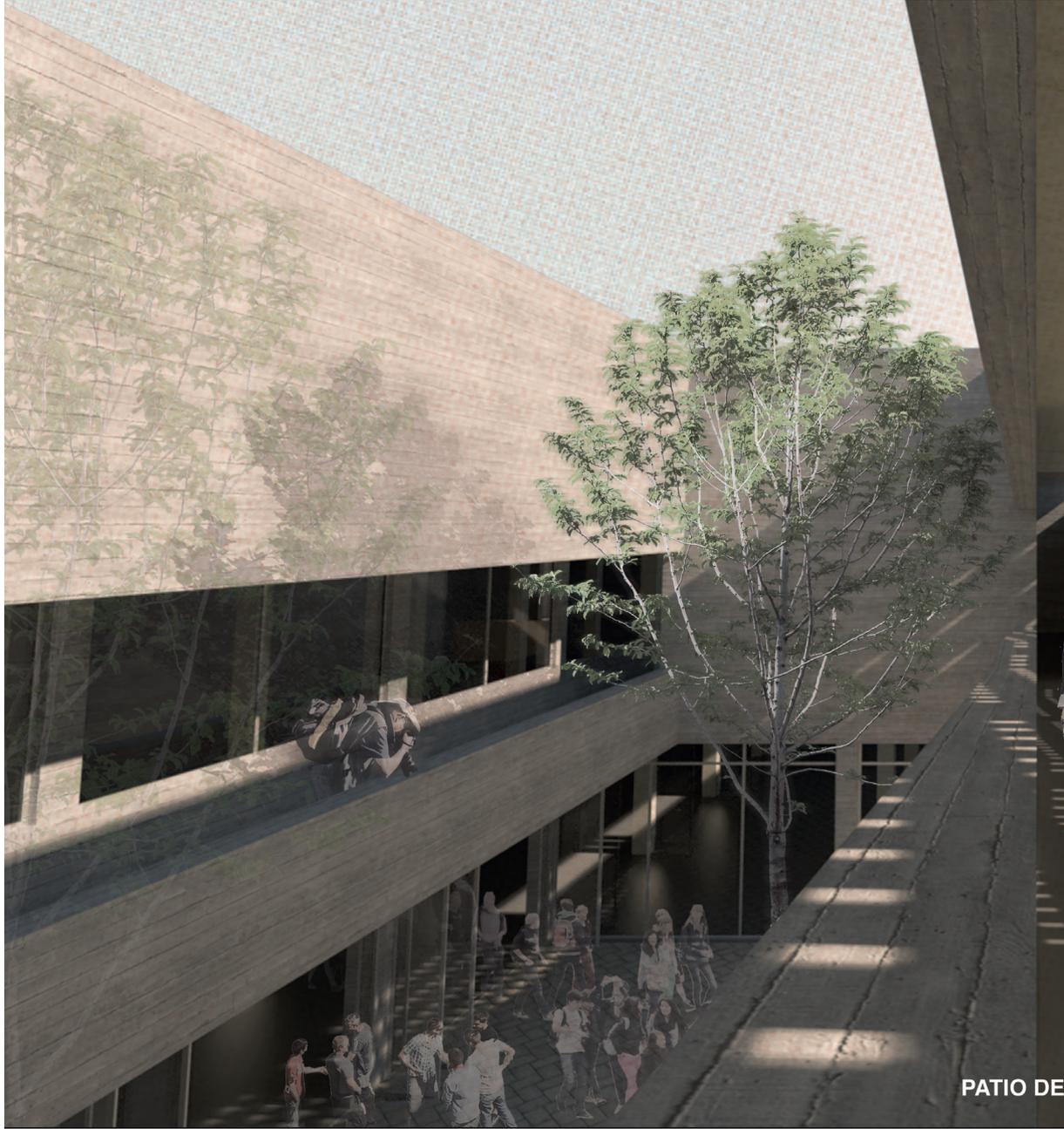


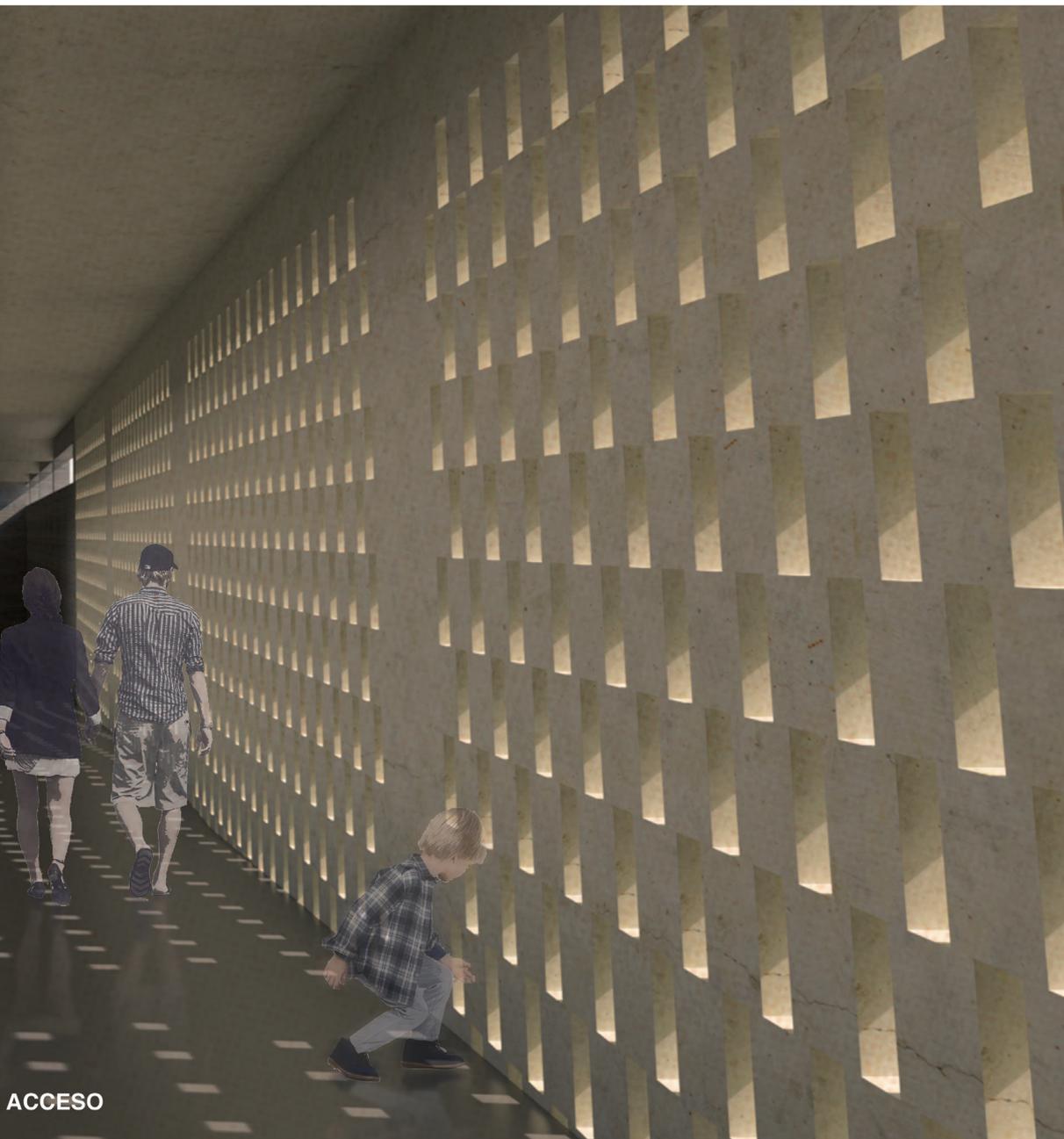


PATIO EXHIBICIÓN



N DE ACUARIOS



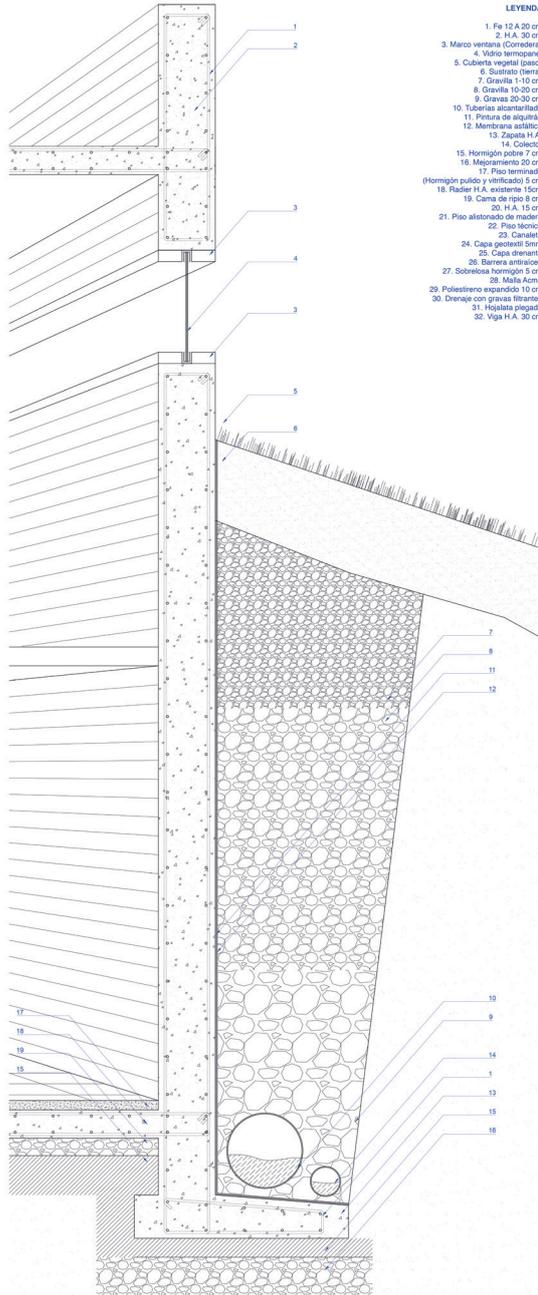


RECONFIGURACIÓN DEL TALUD VEGETAL DEL PARQUE O'HIGGINS

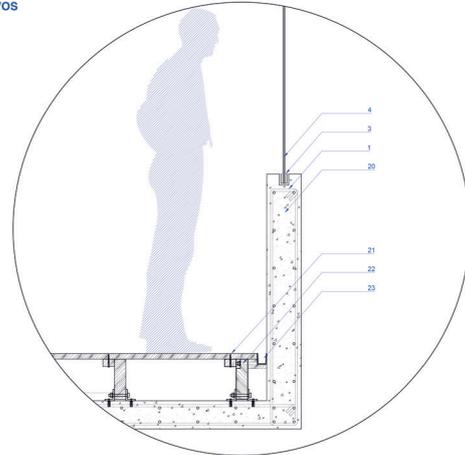
DETALLES CONSTRUCTIVOS
ESC. 1:10

LEYENDA

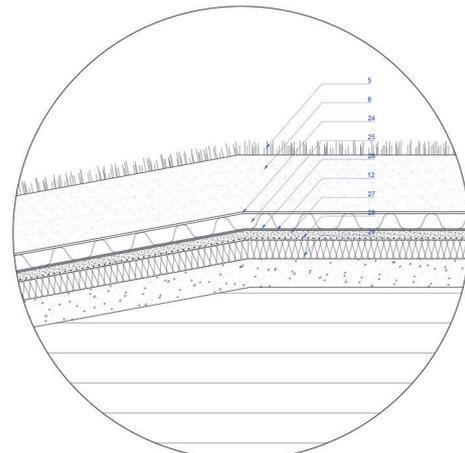
1. Fg 12 A 20 cm
2. H.A. 30 cm
3. Marco ventana (Corredera)
4. Vidrio templado
5. Cubierta vegetal (paso)
6. Suelito (terra)
7. Gravel 1-10 cm
8. Gravel 10-20 cm
9. Grava 20-30 cm
10. Tuberías alcantarillado
11. Pintura de alquilar
12. Membrana asfáltica
13. Zapata H.A.
14. Colector
15. Hormigón pobre 7 cm
16. Mejoramiento 20 cm
17. Piso terminado (Hormigón pulido y vitificado) 5 cm
18. Radier H.A. existente 15cm
19. Cama de piso 5 cm
20. H.A. 15 cm
21. Piso aislado de madera
22. Piso técnico
23. Canchales
24. Capa geotextil 5mm
25. Capa drenante
26. Barrera anti-raíces
27. Sobrolosa hormigón 5 cm
28. Malla Acma
29. Poliestireno expandido 10 cm
30. Drenaje con gravas filtrantes
31. Hojalata ondulada
32. Viga H.A. 30 cm



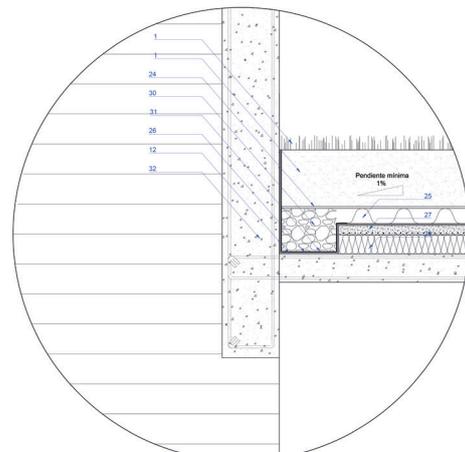
DETALLE MURO ORIENTE



DETALLE PUENTES



DETALLE CUBIERTA VEGETAL



DETALLE VIGA PATIOS



BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

Dominguez, Martín (2000). Parque Cousiño y Parque O'Higgins: Imagen pasada, presente y futura de un espacio verde en la metrópoli de Santiago. Revista de Urbanismo N°3.

Montealegre, Pía (2010). Jardín para el pueblo. El imaginario de la Unidad Popular en el Parque O'Higgins.

Estudio plan maestro Parque O'Higgins (2006). Realizado por la oficina de arquitectura POLIS.

Torres, Claudia. (2014). La rehabilitación arquitectónica planificada. ARQ (Santiago), (88), 30-35.

Anteproyecto "Centro de la Biodiversidad Marina Chilena". Realizado por Aquamundo en conjunto con la Universidad de Valparaíso.

A.A. Elmualim, S. Smith, S.B. Riffat, L. Shao. (1999). Evaluation of dichroic material for enhancing light pipe/natural ventilation and daylighting in an integrated system.

Oakley, G & J. Smith, S & Shao, L & B. Riffat, S. (2002). TripleSave - The Investigation and Monitoring of a Combined Natural Daylighting and Stack Ventilation System.

Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos (2012). Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas

Hassan, H., Sumiyoshi, D. (2017). Earth-sheltered buildings in hot-arid climates: Design guidelines. Beni-Suef Univ. J. Basic Appl.Sci.

Derek Phillips (2004). Daylighting: Natural light in architecture.

Guillermo Yáñez (1988). Arquitectura solar: Aspectos pasivos, bioclimatismo e iluminación natural.

Marcel Breuer (1956). Sun and Shadow: The philosophy of an architect.

Dean Hawkes (2007). The Environmental Imagination. Technics and poetics of the architectural environment.

William M.C. Lam (1977). Perception and lighting as formgivers for architecture.

Peter Zumthor (2006). *Atmósferas. Entorno arquitectónico: Las cosas a mi alrededor.*

Juan M. Rojas (et al.) (2012). Parametric Study of Thermodynamics in the Mediterranean Courtyard as a Tool for the Design of Eco-Efficient Buildings.

Abdulbasit Almhafdy (et al.) (2013). Courtyard Design Variants and Microclimate Performance, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 101, Pages 170-180.

Ahmed S. Muhaisen, Mohamed B Gadi (2006). Shading performance of polygonal courtyard forms, *Building and Environment*, Volume 41, Issue 8, Pages 1050-1059.

Junichiro Tanizaki (1933). *El elogio de la sombra.*

Alberto Campos Baeza (1996). *Cajas, cajitas, cajones. Sobre lo estereotómico y lo tectónico.*

A.S. Muhaisen, M B Gadi (2006). Effect of courtyard proportions on solar heat gain and energy requirement in the temperate climate of Rome. *Building and Environment* 41.

A. Almhafdy, N. Ibrahim, S. Sh Ahmad, J. Yahya. (2013). Courtyard Design Variants and Microclimate Performance, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 101, Pages 170-180.

