

ARQUITECTURA ANTÁRTICA



Unidad Medioambiental Antártica

construcción ecológica en Bahía Fildes

Mario Toledo Flores

Profesores:
Arturo Lyon
Tomás Tironi

Marzo 2021

Taller:
Arquitectura Antártica

Tesis presentada en la Escuela de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Chile, para optar al título profesional de Arquitecto y grado de Magister en Arquitectura

MARQ UC
P. Universidad Católica de Chile

TIA/ TPT - 2do Semestre 2020
ARQUITECTURA ANTÁRTICA
Arturo Lyon + Tomás Tironi

Aprovechando este pequeño espacio de agradecimiento me gustaría mencionar a quienes formaron parte fundamental dentro de este proceso; en primer lugar, mis padres Mario y Raquel, quienes antes que nada, me formaron como persona, y con esfuerzo, me han dado la posibilidad tener una formación profesional, además de siempre brindarme apoyo y sabios consejos en cada una de mis decisiones; En segundo lugar, mis abuelos, tíos, primas y hermana, que siempre han estado ahí de manera incondicional; Finalmente a mis buenos amig@s, siempre presentes.

I. RESUMEN/ ABSTRACT (11)	X. ESTRATÉGIAS DE PROYECTO (61)
	. Concentración del Programa
II. INTRODUCCIÓN (13)	. Autogestión
	. Calor Residual
III. PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN (17)	. Envolverte
IV. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN (21)	XI. OPERACIONES DE PROYECTO (67)
V. HIPÓTESIS (25)	. Retícula de madera con núcleos rígidos
VI. OBJETIVOS (29)	. Integración de maquinarias y sistemas de climatización
VII. MARCO TEÓRICO (33)	. Invernadero perimetral
. Proyecto como Organismo	. Reutilización de energía calórica
. Organismo Ecológico	. Envolverte textil
. Estación Antártica	XII. CONCLUSIONES (75)
VIII. CASO DE ESTUDIO (39)	XIII. ANEXOS (79)
IX. ESTUDIO DE REFERENTES (47)	
. Propuesta MOP Base Frei: <i>Concentración de Actividades</i>	
. Real Number State: <i>Verticalización de la Construcción</i>	
. Silodam: <i>Hibridación de Usos</i>	
. Phillippe Rahm: <i>Comportamientos Térmicos</i>	
. Urban Space Station: <i>Ciclos Cerrados Interiores</i>	
. Estación Princess Elisabeth: <i>Producción Energética y Carbononeutralidad</i>	
. Estación Polar Parodi: <i>Textiles en Climas Extremos</i>	

1 Hombres enfrentando las condiciones extremas que presenta el continente antártico.



1

I.RESUMEN/ ABSTRACT

2 Esponja Antártica: cumplen el papel de ingeniero ecosistémico. Filtran agua cargada de material orgánico (carbono particulado y microorganismos) son una especie de marcador de cambios ambientales, y cumplen roles como de ingeniero ecosistémico. (Trifault, 2020)



2

Resumen/ Abstract

El Continente Blanco cuenta con condiciones extremas; vientos que alcanzan 300 km/h; temperaturas que descienden los 90 °C; épocas del año casi en ausencia de luz solar, otras con abundancia de ésta. Sin dudas, Antártica conlleva un clima hostil para el habitar humano. Para enfrentar dichas condiciones, los combustibles fósiles – altamente tóxicos para el frágil ecosistema antártico– han sido el principal recurso de ingreso y permanencia en el continente.

La logística de suministro excesiva, el despliegue de infraestructura en acotados radios territoriales y el empleo de combustibles fósiles para el funcionamiento y mantención de las estaciones, hoy significan una constante amenaza para el ecosistema de Bahía Fildes. Los inminentes riesgos de derrame –propios de la manipulación de sustancias tóxicas– y la constante actividad de máquinas, vehículos y agentes externos al continente sobre el territorio –que conllevan las labores descritas anteriormente–, hoy comprometen la integridad del suelo antártico en esta zona.

Ante el riesgo de contaminación y perturbación ecológica que significa el despliegue de infraestructuras dentro de un territorio rico en recursos energéticos limpios, como actualmente son la energía eólica y solar. Sumado a la interpretación del “Continente para el Tercer Milenio”^{*}, como un campo de experimentación para prototipos arquitectónicos que respondan de manera limpia y eficiente en el contexto del calentamiento global –que actualmente afecta de manera directa a Antártica–, la presente investigación tomará como referencia el concepto de “Environmental Unit”^{**}, para abordar la propuesta de una estación transnacional para Bahía Fildes, que permita integrar las actividades tanto logísticas como científicas de las distintas estaciones que se emplazan en el territorio. Una especie de organismo arquitectónico susceptible al cambio meteorológico y otras eventualidades de su entorno, el cual se configure desde el clima (Rahm, 2006).

The White Continent has extreme conditions; winds reaching 300 km / h; temperatures that fall below 90 °C; times of the year almost in the absence of sunlight, others with abundance of it. Undoubtedly, Antarctica carries a hostile climate for human habitation. To face these conditions, fossil fuels - highly toxic to the fragile Antarctic ecosystem - have been the main source of income and permanence on the continent.

Excessive supply logistics, the deployment of infrastructure in limited territorial radii and the use of fossil fuels for operation and maintenance of the stations, today pose a constant threat to the ecosystem of Bahía Fildes. The imminent risks of spillage - typical of the handling of toxic substances - and the constant activity of machines, vehicles and agents external to the continent on the territory - that entail the tasks described above - today compromise the integrity of the Antarctic soil in this zone.

Given the risk of pollution and ecological disturbance that means the deployment of infrastructures within a territory rich in clean energy resources, such as wind and solar energy currently. In addition to the interpretation of the “Continent for the Third Millennium”, as a field of experimentation for architectural prototypes that respond cleanly and efficiently in the context of global warming - which currently directly affects Antarctica -, the present research will take as a reference the concept of “Environmental Unit”, to approach the proposal of a transnational station for Fildes Bay, which allows integrating both the logistical and scientific activities of the different stations that are located in the territory. A kind of architectural organism susceptible to meteorological change and other eventualities in its environment, which is configured from the climate (Rahm, 2006).

* Así llama Pinochet de la Barra a Antártica

** Así describe Atelier Bow-Wow un “edificio integrado e híbrido: un edificio que solo puede ser completado cuando se asimila dentro de su contexto estructural circundante- un segmento de urbanidad ecológica” (Atelier Bow-Wow, 2009, p. 32)



3

II. INTRODUCCIÓN



4

“Antarctica and the surrounding Southern Ocean remains one of the world’s last frontiers. Covering nearly 14 million km² (an area approximately 1.4 times the size of the United States), Antarctica is the coldest, driest, highest, and windiest continent on Earth. While it is challenging to live and work in this extreme environment, this region offers many opportunities for scientific research”. (National Research Council, 2011, p. 1)

Desde el siglo XVIII, cuando las incipientes expediciones arribaron al continente antártico y los primeros humanos grabaron sus huellas en el hielo, dicho territorio ha cobrado sustancial importancia a nivel internacional, tanto en materia científica, como política y económica. Su indefinida soberanía, establecida través del Tratado Antártico en Diciembre del año 1959, lo declaró como un territorio destinado al ejercicio de la paz y la ciencia. Esto último, permite la comprensión de dicho continente, como un enorme laboratorio, destinado a temas como la investigación científica, observación de astros, medición climática y estudio del medio ambiente, dentro de una extensa lista de otros propósitos que han aportado valiosa información sobre el pasado, presente y futuro de nuestro planeta.

Por otro lado, el desarrollo de las ya mencionadas actividades dentro de las extremas condiciones climáticas propias del entorno antártico, no ha estado exento de dificultades, pues ha requerido de un importante gasto de recursos para la instalación, funcionamiento y mantención de infraestructuras que proporcionen las condiciones mínimas de confortabilidad—calefacción, luz, agua potable—y seguridad a los habitantes, a las que además, se les sumó desde 1991 el cuidado del Medio Ambiente a través del Protocolo de Madrid. Al día de hoy, el principal problema de la logística y el funcionamiento de los asentamientos en antártica, ha sido dicho gasto, significando constantes

traslados de abastecimiento y mantención, derrame de combustibles, excesivo gasto energético y emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Sin embargo, en la actualidad, las nuevas soluciones que ha aportado la tecnología en materia de generación energética, optimización de procesos y otras estrategias enfocadas en la disminución de impactos ambientales, podrían significar un aporte la reducción de la contaminación y el costo dentro de un continente donde abundan los recursos naturales.

En relación con lo anterior, esta investigación propone el desarrollo y diseño de una nueva estación ecológica para el territorio antártico de Bahía Fildes, la cual utilice los recursos presentes en el clima y el entorno para autogestionarse, incluyendo además la optimización de sus procesos internos, de esta manera se buscará disminuir la contaminación que actualmente genera el habitar humano en el Continente Blanco. Finalmente cabe mencionar que la presencia humana en Antártica debe mantener su rol activo dentro de los ámbitos de la investigación e innovación, siendo pionera en temas de cuidado del medioambiente.

5 Huellas Vehiculares, pérdidas calóricas y tanques de combustible en Villa Las Estrellas.



5

III. PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

Problemática de Investigación

En el texto “Echo of Space/Space of Echo” del año 2009, Yoshiharu Tsukamoto, identifica el problema causado por el funcionalismo moderno en la construcción al interior de las ciudades, principalmente reconocido en la disociación entre los edificios y su entorno, así propone la aplicación del concepto de “Úmwelt” a la edificación, es decir, comprender el ecosistema como la extensión de los organismos que lo habitan. De esta forma, desarrolla la idea de “Environmental Unit” en la ciudad Tokio, un “edificio integrado e híbrido: que solo puede ser completado cuando se asimila dentro de su contexto estructural circundante—un segmento de urbanidad ecológica” (Tsukamoto, 2009, p. 32). En la misma línea, Huxley, en 1963 enunció que la “ecología humana” involucra identificar los recursos disponibles en el contexto próximo y utilizarlos de la mejor manera posible (como se citó en McHale, 1967). Tanto en Tsukamoto como Huxley, se promueve un fuerte vínculo entre un objeto y el medio en el que se encuentra, al punto de establecer una relación condicionante. Es decir, el edificio es inherente a su entorno.

Si bien la urbanidad y las características que informan un edificio en la ciudad de Tokio, distan diametralmente del entorno y las condiciones que Antártica impone, la disociación que hoy se identifica entre la construcción y el medio ambiente en Bahía Fildes, se traduce en la fuerte perturbación que conlleva el funcionamiento de las estaciones e instalaciones sobre el ecosistema de esta zona, las cuales, en su mayoría, operan en base a la combustión de recursos fósiles, que son altamente contaminantes para el medio ambiente, debido a los riesgos tóxicos propios de la manipulación y uso de dichas sustancias al interior de un ecosistema natural. Lo anterior, resulta paradójico en un contexto que se presenta como el continente más afectado por el calentamiento global y los daños colaterales provocados por la industrialización, sobre todo en vista de las grandes potencialidades que éste posee en materia

ecológica y científica. Hoy en día, las estaciones que operan en Antártica son dependientes del resto de los continentes, demandando grandes gastos en transporte, movilización, abastecimiento y calefacción, entre otras variables. La acumulación de estaciones dentro de pequeños radios territoriales, desencadena problemas de orden logístico en el abastecimiento y la gestión de residuos, además del peligro inminente que significa el actual estado de la infraestructura en cuanto a producción energética y contaminación.

Lo mencionado anteriormente, se aleja de las pretensiones del Tratado Antártico*, ya que por medio de éste y el Protocolo de Madrid** —de protección del medio ambiente— se incentiva la apertura de diálogo entre países, abriendo la posibilidad de situar instalaciones compartidas, con fines de investigación científica y bajo la premisa del cuidado del medioambiente. Por otro lado, ante el actual estado de las estaciones—el cual resulta perjudicial para el desarrollo ecosistémico debido a su constante perturbación sobre dicho habitat—y en vistas de la abundancia de recursos naturales propios de la Antártica—tales como agua, viento y abundante radiación solar durante épocas del año—este lugar podría ser considerado como un lugar propicio para la exploración de nuevos modelos de habitabilidad, que generen sus propios recursos a partir de la integración de las condiciones entregadas por el entorno y optimicen sus procesos mediante la aplicación de nuevas tecnologías constructivas. Lo anterior, podría contribuir al futuro del habitar antártico, reduciendo considerablemente la dependencia en los recursos del resto del planeta e instaurando una nueva estética aplicada al entorno extremo antártico. En relación con esto, se propondrá el diseño de un nuevo modelo alternativo de estación antártica en el territorio de Bahía Fildes, que se configure en virtud de las necesidades que hoy plantea el territorio antártico en materia ecológica, tomando como principal fuente de recursos, las propias condiciones que éste entrega.

* Tratado firmado en 1961, para decretar la Antártica como continente destinado al ejercicio de la paz y la ciencia

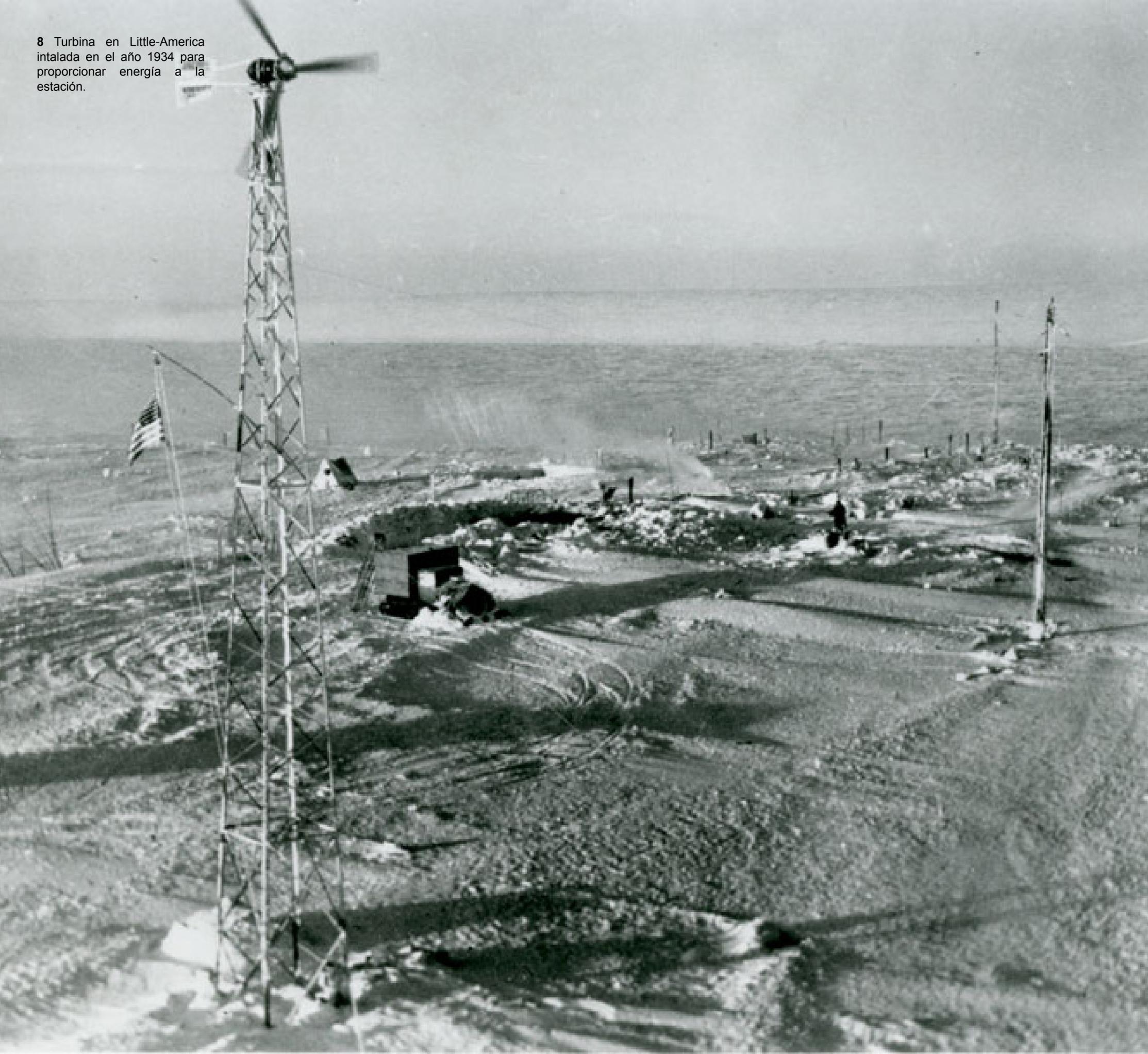
** Protocolo firmado en 1991 en Madrid, con el fin de proteger el medioambiente antártico.



7

IV. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

8 Turbina en Little-America instalada en el año 1934 para proporcionar energía a la estación.



Preguntas de Investigación

En base a la comprensión de la problemática sobre correlación ecológica de suministro, generación energética e integración entre construcción de las bases y el medioambiente en el Continente Blanco. Sumado a las potencialidades energéticas características del territorio y específicamente en Bahía Fildes, ubicada en la isla Rey Jorge. Se plantean las siguientes interrogantes:

1.- Teniendo en cuenta los potenciales energéticos presentes en Bahía Fildes ¿De qué manera éstos podrían ser empleados para la reducción de los impactos ambientales que conlleva el funcionamiento de sus estaciones?

2.- Considerando la ineficiencia que significa el funcionamiento de 5 estaciones antárticas en un acotado radio territorial ¿Qué formato de colaboración internacional se podría aplicar para el planteamiento de instalaciones comunes en Antártica?

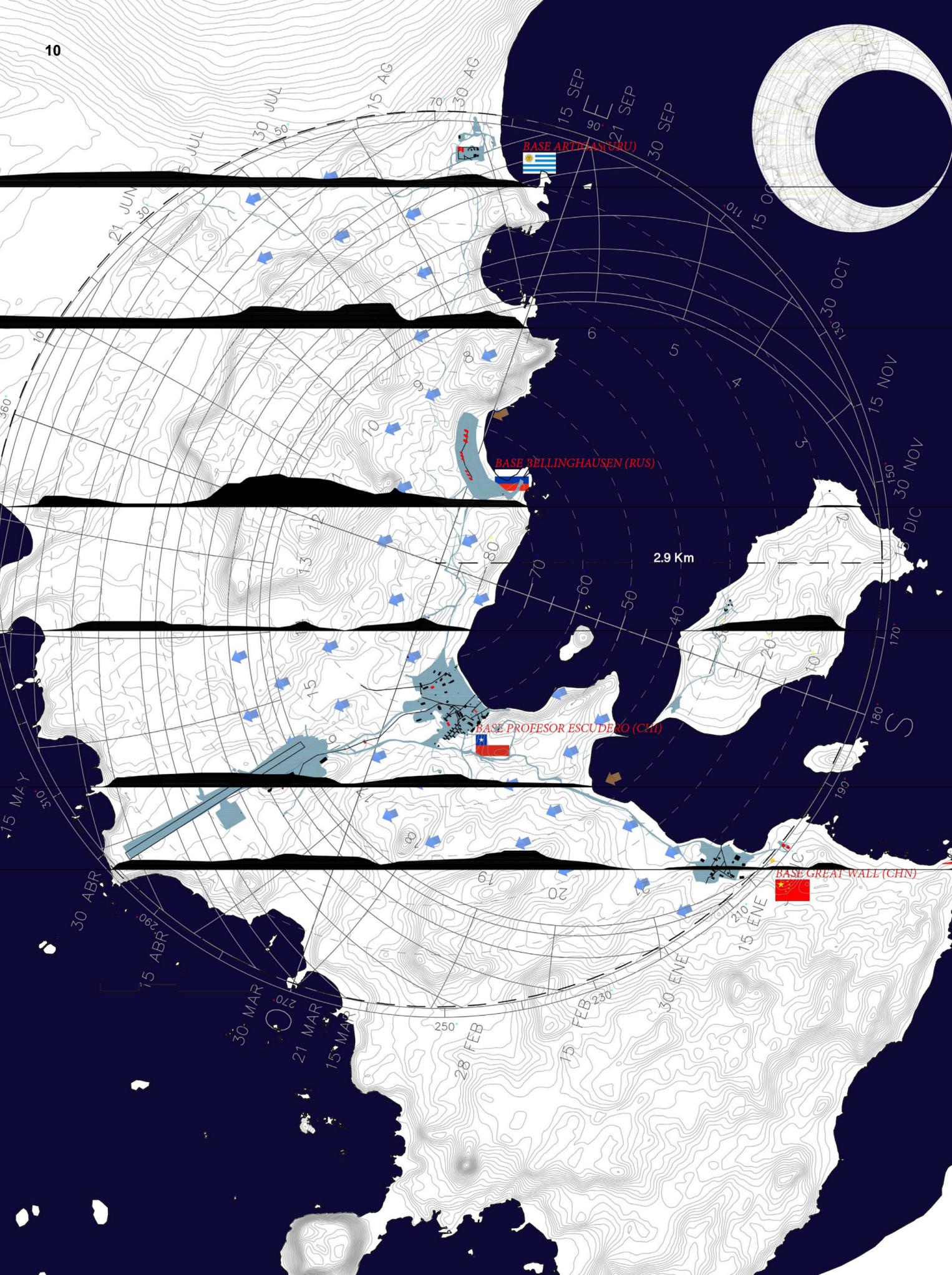
3.- ¿De qué manera la idea de “Environmental Unit” – planteada por Yoshijaru Tsukamoto– podría condicionar el diseño de nuevos modelos de estación antártica configurada desde el clima y la producción energética ecológica?

9 Estación Princess Elisabeth, perteneciente a Bélgica. Primera estación cero emisiones.



9

V. HIPÓTESIS

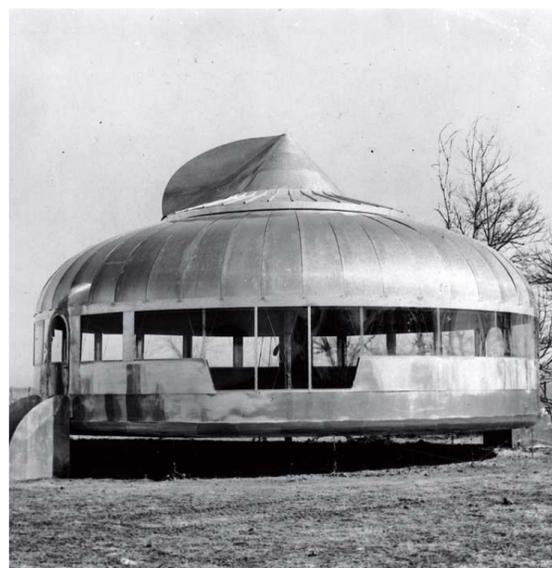


Los recursos necesarios para la configuración de una estación antártica, tanto en sus aspectos funcionales como formales, se encuentran en la estrecha relación de la arquitectura con su entorno próximo en Antártica. De esta forma, el actual impacto que causa el funcionamiento de las estaciones en el “Continente para el Tercer Milenio”, se podría ver disminuido a través de un modelo de estación que logre integrar las condiciones climáticas y que aplique técnicas y tecnologías que optimicen el gasto energético. En relación con esto último Taylor, Bernal y Serrano, dicen que las “tecnologías blandas tienen significativo impacto sobre la planificación logística y renegocian la ecuación energética. Que constituye la principal limitación para la práctica antártica.”(2000, p.58).

Para la reducción de los impactos ambientales que conlleva el funcionamiento de las estaciones en Antártica, la nueva propuesta debe integrar la generación de energía y extracción de recursos en base a las condiciones existentes en el entorno. La energía eólica, se hace presente de manera permanente a lo largo de las temporadas, a través de las condiciones climáticas propias del continente y las corrientes catabáticas, siendo una fuente de energía constante a la cual se puede recurrir durante todo el año. Por otro lado, la energía solar abunda en época estival y escasea en época de invierno, significando una buena fuente de energía alternativa, mediante la cual se pueden generar reservas para períodos de mayor demanda. Recursos como el agua también se pueden extraer del entorno, a través del deshielo de la nieve y la formación de múltiples lagunas ubicadas al interior de la bahía. Los tres elementos mencionados anteriormente, además de condicionar la generación directa de energía, en su interacción también permiten la producción de hidrógeno verde, un “tipo de energía que viene sonando fuerte en el último tiempo como la solución para un futuro sostenible” (Ovalle y Rivera, 2020) de cara a la carbononeutralidad a la que aspira Chile en 2050 y cuya única emisión, es vapor de agua.

La instalación de la nueva estación, debe plantearse desde la colaboración internacional en el contexto de la paz y la ciencia— que se declara como máxima para el Continente Blanco dentro del Tratado Antártico—y como se establece en el Artículo II y III, que permiten la libertad sobre la cooperación científica e investigación. La aplicación de un modelo colaborativo, podría ayudar también en la reducción de la huella que hoy genera el funcionamiento de 5 estaciones circunscritas en un radio de 3km, así también aportará a la reducción del consumo de las estaciones a través de la optimización en los procesos de distribución, logística y generación de recursos. Un formato posible de colaboración internacional, se identifica en el funcionamiento de la Estación Espacial Internacional (EEI), que corresponde a un proyecto colaborativo multinacional entre la NASA (EEUU), Roscosmos (Rusia), JAXA (Japón), ESA (Europa) y CSA (Canada), destinado a la investigación en diferentes materias—astronomía, astrobiología, meteorología, entre otros—. La estación se divide en dos segmentos uno operado por Roscosmos y el otro por el resto de los países, en el que van rotando equipos de astronautas e investigadores de siete países a través de cinco agencias.

La idea “Environmental Unit” se integrará a la estación mediante la utilización de los potenciales recursos de generación energética eólica y solar que entrega el entorno y la optimización de los procesos que esto conlleva, a través de la aplicación de tecnologías constructivas propositivas. En base a lo mencionado se condicionarán directamente el funcionamiento de la estación de manera independiente y limpia con el medio ambiente, dando origen a una relación de retroalimentación entre edificio, procesos y contexto, al reducir los viajes de mantenimiento y abastecimiento del resto del planeta hacia Antártica.



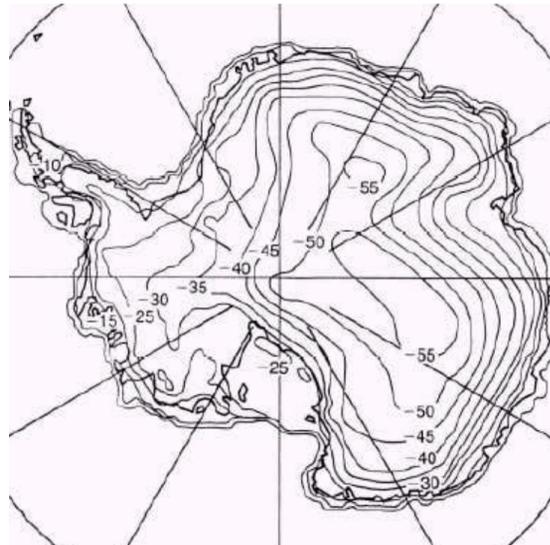
11

VI. OBJETIVOS

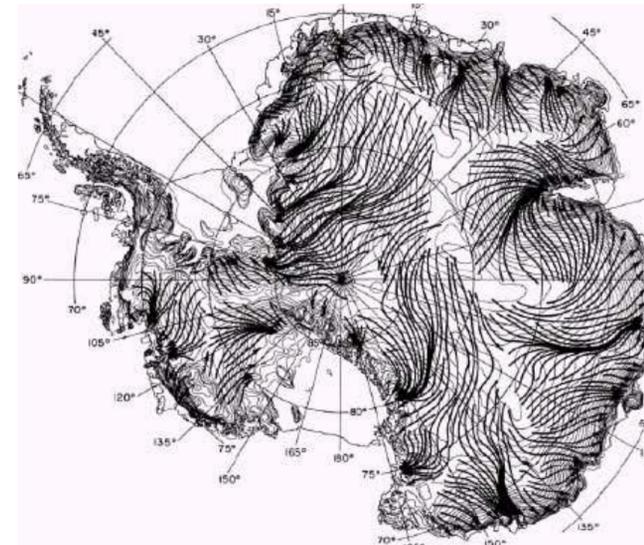
12 Temperaturas en Antártica

13 Corrientes de viento catabático en Antártica

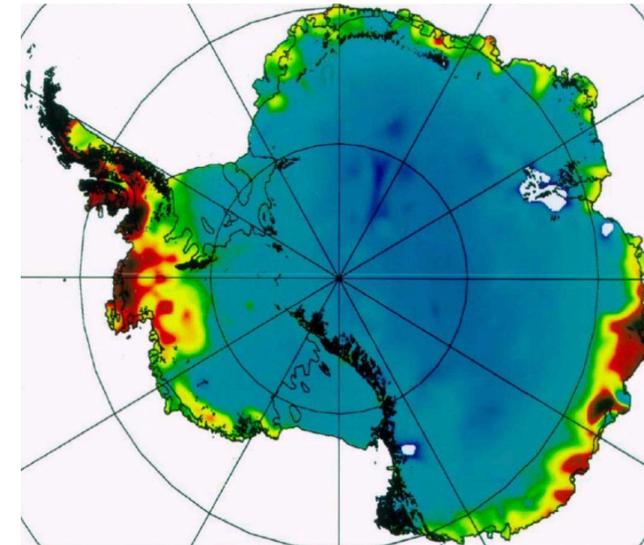
14 Precipitaciones en Antártica



12



13



14

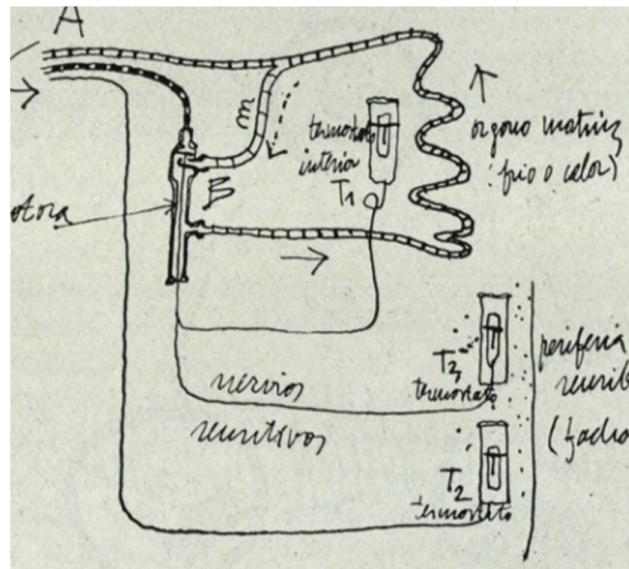
Los objetivos que persigue esta investigación, dicen relación con el actual estado del despliegue de infraestructura de las estaciones antárticas en Bahía Fildes, cuyo funcionamiento al día de hoy ha resultado altamente perjudicial para el ecosistema de dicho territorio.

Considerando lo anterior, se buscará comprender el entorno antártico y específicamente el de Bahía Fildes, como un territorio de abundantes recursos climáticos, los cuales podrían significar una fuente inagotable de energía, constituyendo de esta forma, un potencial lugar para la implementación de nuevos modelos de estación antártica que los integren para activar su funcionamiento.

En segundo lugar, se indagará en formatos arquitectónicos destinados a la labor y colaboración internacional que permitan argumentar la factibilidad y configuración de una infraestructura común.

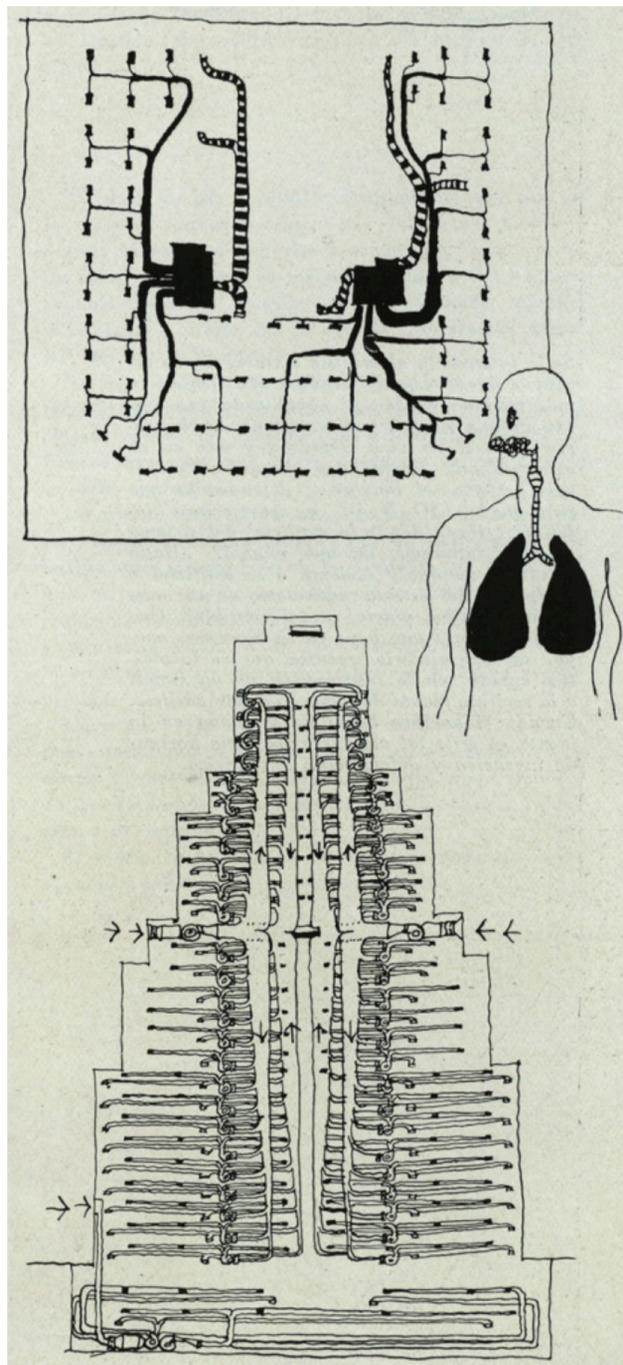
Finalmente, se desarrollará un modelo de estación antártica que interactúe de forma activa con el entorno a través de la generación de recursos para su funcionamiento y la optimización de sus procesos, en virtud de la disminución del impacto ambiental asociado al habitar humano en Antártica.

15 Esquema explicativo de la analogía entre sistema nervioso e instalaciones en un edificio. (Saenz Oiza, 1952)



15

VII. MARCO TEÓRICO



16

Proyecto como Organismo

“What fascinated us was the way in which different insects preferred unique environments, and each had a specific size and shape suitable to that particular environment; moreover, in that all those factors in totality coexisted in a tree, a grouping of trees, and the woods”

(Atelier Bow Wow, 2009, p.30)

Cuando Yoshiharu Tsukamoto* se refiere a los insectos, permite entenderlos como especies que poseen un fuerte arraigo al entorno en el que habitan, al punto de conformar parte de éste. De ésta manera, se logra comprender la concepción de un edificio al modo de una “Environmental Unit”, que luego describe como un “edificio integrado e híbrido: que solo puede ser completado cuando se asimila dentro de su contexto estructural circundante– un segmento de urbanidad ecológica” (Tsukamoto, 2009, p. 32). Es decir, se aplica el concepto de “Umwelt”** a la construcción de una edificación, el cual pretende comprender el ecosistema como la extensión de los organismos que lo habitan. Si bien la analogía de Atelier Bow-Wow sobre los insectos y su entorno, constituye el principal punto de partida para graficar la correlación que se busca proponer entre el proyecto y su contexto, es preciso también, ampliarlo al ámbito tecnológico que explica Jorge Gallego en su ensayo “Enriquecer la Arquitectura” publicado en 2010, donde se refiere al organismo arquitectónico, pero en su dimensión más constructiva y funcional, y propone que “los edificios obtienen información, toman decisiones automáticas, reciben suministros del exterior y del interior y los envían a los lugares donde se necesitan.” Resaltando también que se debe “incorporar el sistema nervioso, las vías respiratorias, el sistema digestivo y el sistema circulatorio a nuestra visión

anatómica de la arquitectura.” La cita anterior, da luces sobre lo que busca esta investigación en cuanto al vínculo que se pretende establecer entre proyecto y contexto, en el cual el principal sustrato que reciba el edificio provenga de su contexto inmediato y éste a su vez logre distribuir y optimizar dichos recursos a través de sus sistemas internos.

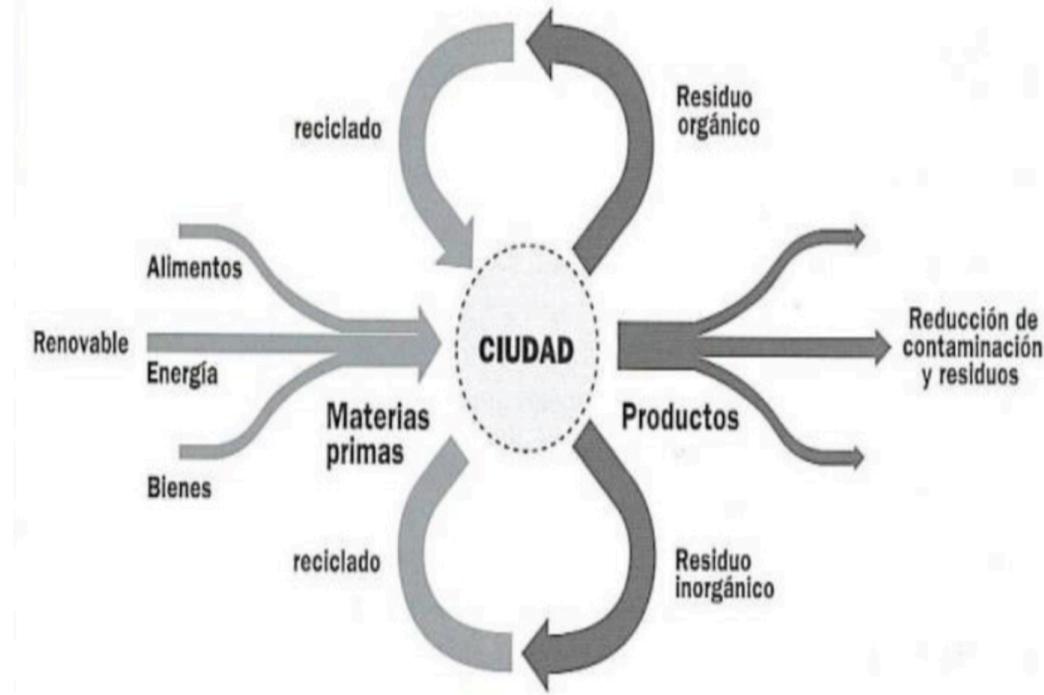
Organismo Ecológico

En este caso, se abordará y comprenderá el proyecto a modo de un organismo vivo en su funcionamiento, sin evitando predeterminaciones formales que puedan banalizar el concepto, para eso se empleará bibliografía propositiva sobre el desarrollo de la idea de organismo y ecología, y cómo éstas se materializan en la arquitectura.

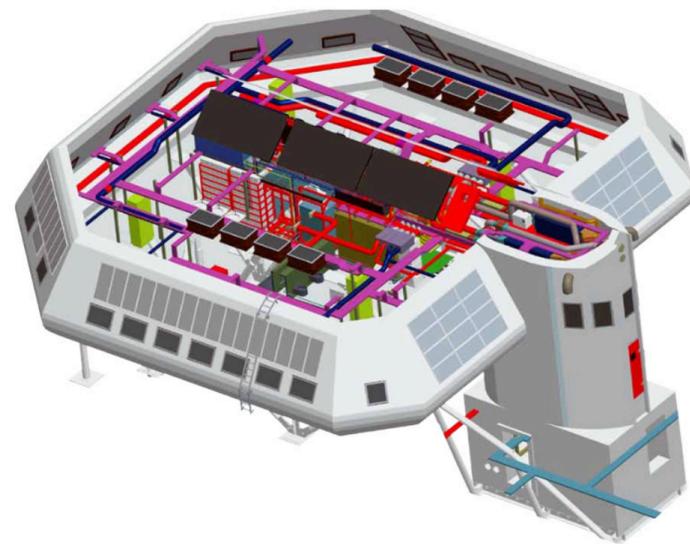
Cuando Saenz Oíza se refiere a la arquitectura y su contexto plantea que, si bien el medio natural no puede ser modificado por el ser humano, los avances de la ciencia y la tecnología corresponden a “alteraciones de los viejos organos de un ser, cuando no la aparición de otros nuevos que actúan en la valoración y apreciación por éste del ambiente en que se desenvuelve”(1952, p.19). Junto con la cita anterior, el autor muestra dos “esquemas idénticos” para mostrar la similitud entre las respuestas de un organismo vivo y un edificio frente un estímulo externo. La cita anterior, por un lado trae a la discusión la imposibilidad de modificar el medio en que se encuentra un proyecto, sin embargo pone en valor la capacidad de la arquitectura de elaborar respuestas a los diferentes entornos en que se localiza y así generar condiciones habitables. Lo anterior resulta esencial en el contexto antártico, ya que para poder habitarlo, se deben considerar las condiciones hostiles que presenta el territorio para el desarrollo de la vida humana.

* Fundador de Atelier Bow-Wow junto con Momoyo Kajima

** Originalmente acuñado por Jakob von Uexküll y asociado a la ecología, pretende comprender el ecosistema como la extensión de los organismos que lo habitan, sin embargo a lo largo de la historia se utilizó en distintas disciplinas como la filosofía, la música y la arquitectura, entre otros (Castro, 2009)



17



18

17 Esquema propuesto por Richard Rogers para el manejo de recursos renovables en la "Ciudad Sostenible"

18 Axonometría de instalaciones en Estación Princess Elisabeth

En la línea del párrafo anterior, McHale en el año 1967, citó a Huxley en el prefacio de "World Design Science Decade 1965-1975" para describir la "ecología humana" como un proceso que involucra identificar los recursos disponibles en el contexto próximo y utilizarlos de la mejor manera posible (como se citó en McHale, 1967). De acuerdo con esto último, esta tesis recurrirá a las teorías propuestas por William McDonough y Michael Braungart en "Cradle to Cradle" en 2005, teniendo en cuenta ideas desarrolladas en los capítulos "Eco-efectividad", "Respetemos la diversidad" y la "Eco-efectividad en la práctica". El análisis de los capítulos mencionados informará las estrategias de optimización, eficiencia y modos de habitar el Continente Blanco. Esto resulta esencial en el marco del desarrollo del habitar humano ecológico en el continente antártico, ya que el ecosistema ha tomado un rol imprescindible a la hora de entender la Antártica como un territorio transformado en un "nuevo modelo para la coexistencia medio-ambiental. Donde el desafío de diseñar instalaciones cero impacto que permitan la introducción controlada de actividad humana requiere de una aproximación integrada que combine dimensiones logísticas, medioambientales y programáticas, dentro de una estrategia que abarque holísticamente el tema de la energía" (Taylor, Bernal y Serrano, 2000, p. 58). De acuerdo con lo propuesto por la cita anterior, el equipo de International Polar Foundation (2011) explica que la genialidad presente en el funcionamiento de la Estación Princess Elisabeth, está en cómo las tecnologías de la construcción, en conjunto con las energías renovables y la tecnologías de tratamiento de agua, se integran en un edificio que recuerda a un organismo vivo.

Los párrafos desarrollados anteriormente buscan exponer ideas y conceptos que permitan dar contexto a la propuesta de una estación antártica en Bahía Fildes, que disminuya el impacto ambiental mediante la relación con su entorno y la optimización de sus procesos de funcionamiento.

Estación Antártica

Sir Crispin Tickell dice que "el primer y más obvio simil de las ciudades es que se trata de organismos que consumen recursos y producen residuos". (como se citó en Rogers & Gumuchdjian, 2000, p. 6)

De acuerdo con esto, se podría comprender la estación antártica en su condición urbana, como un organismo que responde de igual manera que una ciudad a los requerimientos de quienes la habitan, en virtud de esto se recurrirá a teorías y modelos expuestos por Richard Rogers en "Ciudades para un Pequeño Planeta", donde desarrolla capítulos sobre "Ciudades Sostenibles" y "Arquitectura Sostenible".

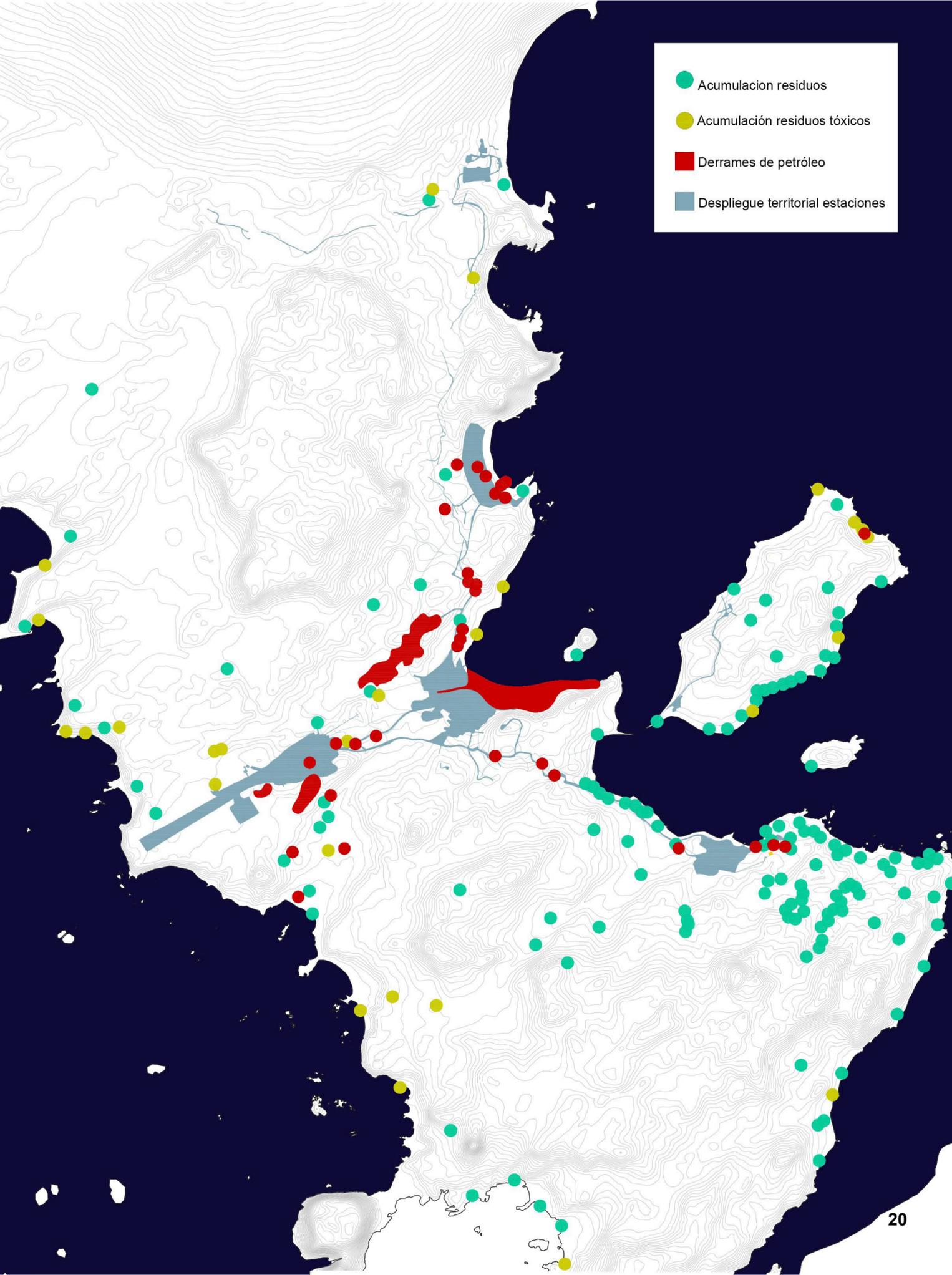
Para configurar la estación, se estudiarán las estaciones Artigas, Bellinghausen, Frei, Escudero y Great Wall, así se determinara el programa necesario para abarcar la infraestructura de las 5 estaciones, además se revisarán aspectos técnicos y dimensiones programáticas aplicadas en la Estación Princess Elisabeth*** (Bélgica), la cual se desarrolla bajo tres conceptos claves de ambición, ser pionera y cero emisiones. Como mecanismo de colaboración internacional se tomará la gestión aplicada en la Estación Espacial Internacional, mencionada anteriormente. Finalmente se contemplarán aspectos como la modularidad y conexión enunciados en el artículo "Antártica, Estación Polar Parodi: Tácticas Antárticas Infraestructura Desplegable", escrito por Taylor, Bernal y Serrano en el año 2000, donde se pone énfasis en las particularidades que convierten al territorio antártico en una zona extrema y las aristas a que se abordaron en la construcción de la Estación Polar Parodi. Además de conceptos desarrollados por Philippe Rahm en "La Forma y la Función Siguen el Clima", publicado el año 2006.

*** Primera estación científica antártica cero-emisiones que opera únicamente con energías renovables



19

VIII. CASO DE ESTUDIO



Bahía Fildes, conforma parte de la isla Rey Jorge, ubicada en el paralelo 62° S y perteneciente a la Península Antártica. Esta región se caracteriza por su alta biodiversidad particularmente valiosa, pero también por concentrar una alta densidad de estaciones científicas en comparación con el resto del Continente Blanco (Peter et al., 2013). Si bien lo anterior ha resultado un gran aporte para la ciencia y la tecnología, también ha conllevado una importante vulneración al ecosistema, que se ha visto seriamente perjudicado tanto a nivel terrestre, como marítimo, aéreo y hasta sonoro.

Actualmente, los problemas que presenta Bahía Fildes en materia ecológica, junto con la presencia de condiciones climáticas propias de la zona, la posicionan como un territorio ideal para la implementación de una nueva estación antártica que integre las condiciones circundantes para optimizar sus requerimientos y en consecuencia reducir de manera significativa los riesgos de contaminación ecosistémica. Según Braun, los impactos negativos del alto nivel de actividad humana se han descrito repetidamente y se han abordado varias veces mediante inspecciones realizadas de conformidad con del Tratado Antártico* y del Protocolo de Madrid** (2017, p. 351). Lo anterior, evidencia el inminente peligro que significa al día de hoy, el funcionamiento de las estaciones para el ecosistema de Bahía Fildes y refleja; por un lado, el problema de orden logístico; y por otro, la demanda urgente de una renovación de la infraestructura en éstas, ya que actualmente no cumplen las condiciones de estándar mínimo que exige el Protocolo de Madrid, en lo que a protección del medio ambiente respecta.

De acuerdo con la viabilidad de la instalación de tecnologías que posibiliten el abastecimiento energético a partir de las condiciones climáticas, en febrero de 2007 se hizo un primer experimento— a cargo de la estación rusa en conjunto

con la organización “Inspire!”—llamado “E-base”, que se proponía ser energéticamente autónomo a través del empleo de energía eólica y solar, a pesar de ser exitoso en su principal propósito, su falta de suministro propio de agua y tratamiento de residuos, lo llevaron al fracaso. Chile por su parte, también ha realizado estudios sobre el tema, de hecho en el marco de la renovación de las infraestructuras de la Estación Frei y Villa las Estrellas, Arturo Kunstmann (2009, ¶5)—director del Centro de Estudios de Recursos Energéticos de la U. de Magallanes— declaró que “las ráfagas en isla rey Jorge son propicias para el proyecto”, que pretendía la instalación de generadores eólicos para proporcionar el 80% de la energía necesaria para el funcionamiento de la estación, el 20% restante correspondía al abastecimiento de vehículos y eventuales fallas o descargas. Actualmente si se analizan proyectos propuestos para la renovación de distintas estaciones ubicadas en antártica y particularmente con características climáticas similares, en el proyecto de la estación brasilera Comandante Ferraz—ubicado en la misma isla Rey Jorge— se puede ver que “la implementación se completa con plantas de paneles fotovoltaicos en el norte y aerogeneradores VAWT en el suroeste.” Un caso parecido se reconoce en la propuesta de la base argentina Marambio donde el empleo de nuevas tecnologías resulta esencial en el funcionamiento de la nueva estación, recurriendo a la energía eólica, solar y sumando la producción de biogas.

Ante la logística aplicada en el abastecimiento de las estaciones antárticas, Taylor, Bernal y Serrano, establecen que uno de los principales problemas en Antártica, es de qué manera se hacen llegar los recursos (2000). En la misma línea y sumando la colaboración internacional el National Research Council afirma que:

* En el artículo 7
 ** En el artículo 14

21 y 22 En negrita = evaluación modificada para 2008-2012. Los aumentos de los riesgos ambientales en el futuro se muestran en rojo.

Influence factors	Current Environmental Risk				Expected Future Environmental Risk			
	Station operation & construction	Visiting nature areas	Air traffic	Ship & boat traffic	Station operation & construction	Visiting nature areas	Air traffic	Ship traffic
Parameter								
Extent of changes (% of resource)	moderate-significant	moderate	moderate-significant	low	moderate-significant	moderate-significant	moderate-significant	moderate
Affected area	< 10 %	20 % frequently, 80 % of the region seldom	25 %	< 10 %	< 10 %	more extensive, more frequent	25 %	< 10 %
Duration	operation continuous, construction transitory	transitory	transitory	transitory	operation continuous, construction transitory	longer	transitory	transitory
Activity frequency (Summer)	continuous	daily or weekly depending on area	daily, weekly only in bad weather	nearly everyday	continuous	more frequent	more frequent	more frequent
Biotic & abiotic characteristics & processes of the area	threatened	threatened	potentially threatened	potentially threatened	threatened	threatened	threatened	threatened
Influence of the activities	direct and cumulative	direct and cumulative	direct and cumulative	direct and cumulative	direct and cumulative	direct and cumulative	direct and cumulative	direct and cumulative

21

Influence factors	Current Environmental Risk				Expected Future Environmental Risk			
	Station operation & construction	Visiting nature areas	Air traffic	Ship & boat traffic	Station operation & construction	Visiting nature areas	Air traffic	Ship traffic
Parameter								
Temporal and spatial character of human activity influences	predictable, in part intense	unpredictable, intense if near breeding places	predictable on main routes, unpredictable, intense if on new routes	predictable, less intense	predictable, in part intense	more intense	more intense	predictable, less intense
Speed of return to original condition or equilibrium after disruption	slow	quick-slow	quick/slow	slow	slow	quick-slow	quick-slow	slow
Potential of modifying natural processes (climate etc.)	unlikely	unlikely	unlikely	unlikely	unlikely	unlikely	unlikely	unlikely
Population variation (yearly, seasonally)	long & short term change	long & short term change	long & short term change	unknown	long & short term change	long & short term change	long & short term change	?
Natural variation compared to the influence of human activities	smaller	partly smaller	greater	unknown	smaller	smaller	greater	?
System buffering capacity	low	medium	strong	unknown	low	less	less	?

22

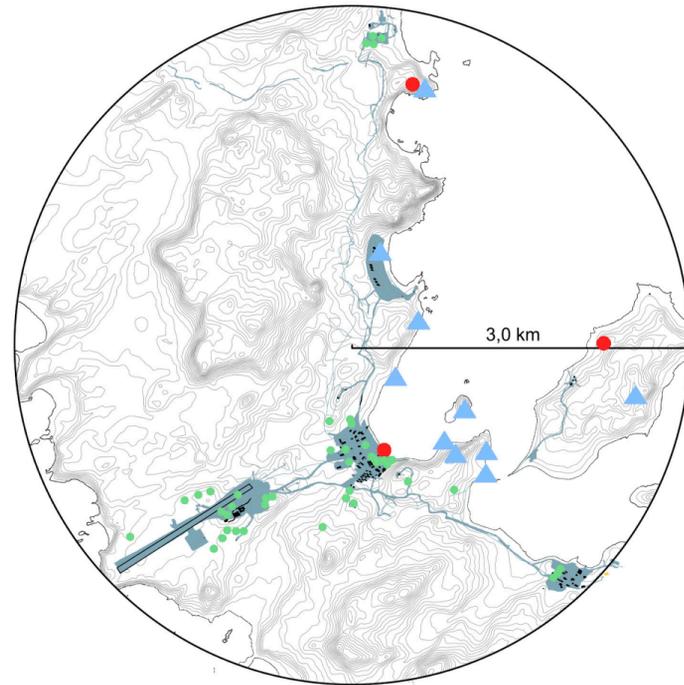
The vast size of the Antarctic continent and the logistical challenges of working in the region mean that international teamwork is needed to reach the goals set out in this report. The International Polar Year, held from 2007-2008, demonstrated how successful international collaboration can facilitate research that no nation could complete alone [...] Mechanisms to ensure timely and integrated international collaborative research would greatly enhance this effort. (2011, p.10)

Se pone énfasis en la necesidad de un mecanismo de colaboración internacional que permita disminuir el esfuerzo que significa el arribo de los recursos al Continente Blanco, y que además ayudaría en el progreso de la investigación en la zona. En la actualidad, los recursos que demanda el habitar humano en Antártica se trasladan vía barco o avión, cuyo constante flujo y sus efectos perturban el desarrollo de la vida de las especies que ahí habitan. Relativo a esto último, Peter et al., dice que en Bahía Fildes “es de esperar que habrá efectos acumulativos en el medio ambiente, al menos en los alrededores de las estaciones”. Otro problema, se identifica en el traslado de sustancias al interior de la península, ya que los recursos después de arribar al continente deben ser distribuidos entre las estaciones, para lo que se emplean vehículos terrestres que también vulneran el medio ambiente, de hecho se demostró que los movimiento de tráfico no se limitaban únicamente a la red de carreteras establecidas, sino que se habían extendido más allá causando considerables daños a la vegetación del lugar (Peter et al., 2013). Finalmente el uso y manipulación de combustible, sumado al estado actual de la infraestructura multiplica los riesgos de derrames y contaminación de suelos, alterando el ecosistema con sustancias altamente tóxicas para las especies presentes en el territorio (Los principales problemas ambientales, 2012).

discrepaba de lo establecido por la Environmental Impact Assessments (EIA), lo que derivó en considerables deficiencias a nivel de protección ambiental. Lo anterior, se evidencia en el crecimiento que han desarrollado la Estación Artigas perteneciente a Uruguay, la Estación Bellinghausen de Rusia, la Estación Frei chilena, la Estación Julio Escudero chilena y la Estación Great Wall china, durante las últimas décadas, las cuales al ampliar sus instalaciones sin ningún patrón de crecimiento previamente establecido, han provocado el cruce de los ductos de abastecimiento y distribución de sistemas y las vías de transporte. En la línea de esto último, la Dirección de Arquitectura del MOP, señala que los estanques de petróleo y su canal de distribución de la base Frei “en su calidad de material inflamable, producen un alto riesgo para las personas...” producto de su mala disposición en el terreno. Por otro lado el aumento en su capacidad, ha traído como consecuencia “mayores requisitos de combustible para la generación de energía, junto con una mayor producción de basura y aguas residuales.”(Peter et al., 2013, p. 31). Otra observación que se puede identificar son las pérdidas energéticas calóricas que se generan producto del estado actual de la envolvente de las construcciones, dicha pérdida produce el flujo constante de calefacción y en consecuencia un mayor gasto de combustible afectando directamente la cantidad de viajes de abastecimiento de las estaciones.

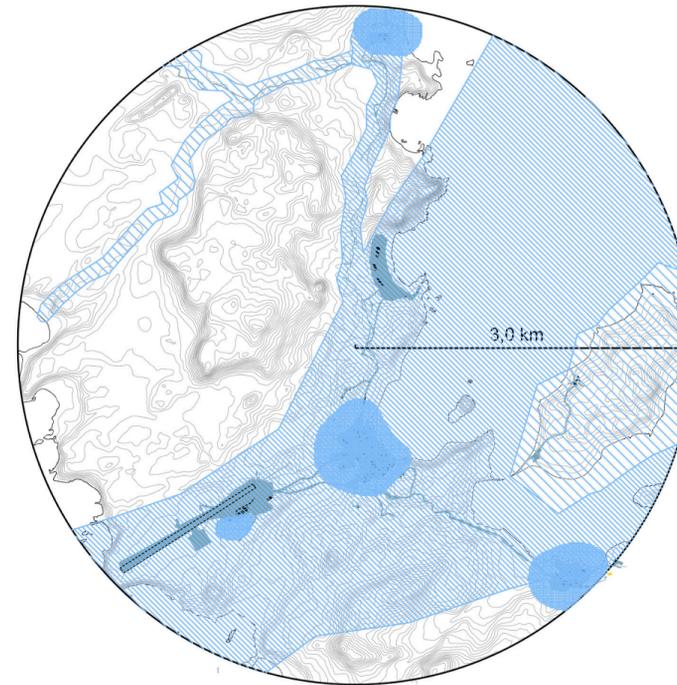
En cuanto al estado de la infraestructura, según el informe elaborado por Peter et al. (2013) las medidas implementadas para la construcción en la región

Despliegue de instalaciones diversas



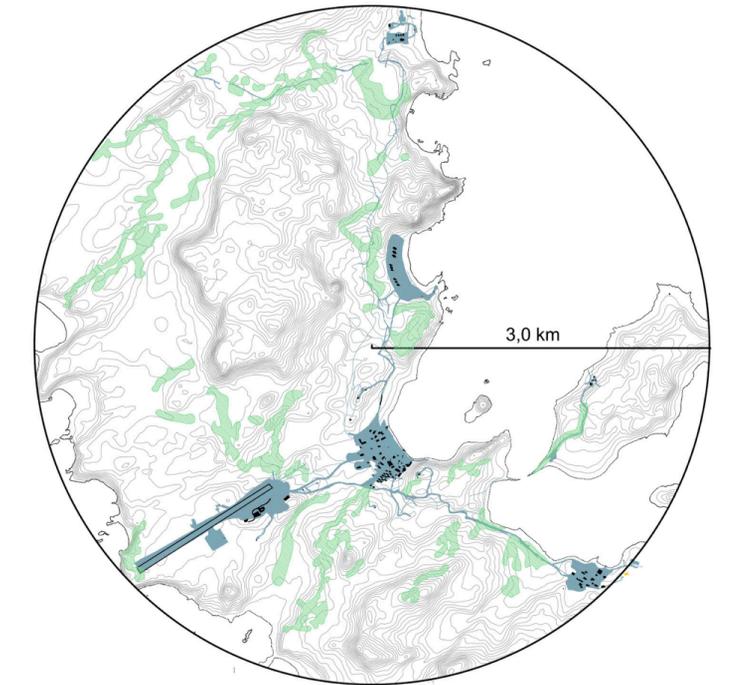
- Antena
- Faro
- ▲ Marca de Navegación

Contaminación acústica



- Frecuente
- Ocasional
- Permanente

Tráfico Terrestre



- Rutas informales

23 Esquemas que indican el despliegue de instalaciones de las bases, la contaminación acústica y el tráfico irregular en Bahía Fildes

24 La nieve contaminada por combustibles diesel es empujada al mar

25 Barreras de aceite absorbentes para controlar derrames

26 Derrame de petróleo causado por bombeo en el aeropuerto.



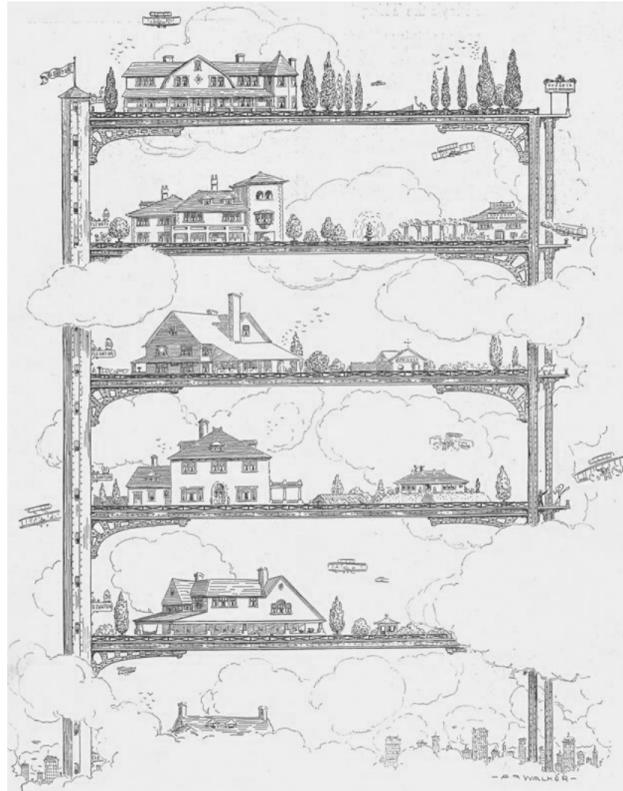
24



25



26



27

IX. ESTUDIO DE REFERENTES

28 Imagen Proyecto MOP para Estación Frei



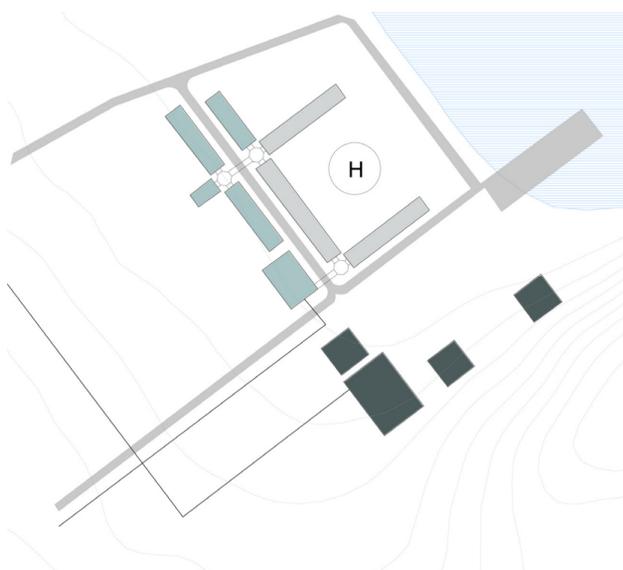
28

29 Planta situación actual Estación Frei y Villa Las Estrellas



29

30 Planta Propuesta MOP para Estación frei



30

- Edificios habitacionales y servicios
- Edificios institucionales
- Instalaciones combustible y generadores

Con referencia en las problemáticas planteadas en el capítulo anterior, se estudiará una selección de propuestas tanto antárticas, como externas al Continente Blanco que sirvan como base para el desarrollo de una serie de estrategias proyectuales, las cuales den luces acerca posibles soluciones arquitectónicas que permitan diseñar un nuevo modelo de estación ecológica en el territorio de Bahía Fildes.

Propuesta Base Frei

Concentración de Actividades

La propuesta para la nueva Base Frei, realizada el año 2018 por la Dirección de Arquitectura del MOP, reorganiza el programa existente, en un solo edificio multiprogramático que cumple con los requerimientos de la Base Frei y de la Estación Profesor Julio Escuderos. Lo que destaca de este proyecto, son los objetivos principales que plantea, dentro de los cuales se identifica fomentar el crecimiento, la recuperación eficiente y concentrar el programa para reducir la huella de la infraestructura sobre el territorio. De esta manera agrupa y redistribuyen estanques, instalaciones, redes de distribución y programa, optimizando el gasto energético y la gestión de residuos, además de evitar los recorridos entre construcciones que actualmente arriesgan el daño de los ductos de distribución.

Real State Number

Verticalización de la Construcción

El diagrama de Real State Number publicado en la revista Life (1909), si bien aborda originalmente el problema de la multiplicación de suelo con fines comerciales y luego en 1978 lo utiliza Rem Koolhaas para explicar el fenómeno del “Skycrapper” y la densificación en la ciudad de Nueva York, se logra identificar en ambas interpretaciones, que el principal propósito que expone, consiste en optimizar y sacar el máximo provecho a la mínima área de suelo ocupado edificaciones, lo anterior a través de la multiplicación de las

plantas del edificio en altura. Así se puede apreciar como el diagrama apila el programa verticalmente, permitiendo el desarrollo de distintas actividades en altura dentro de terrenos acotados. Lo que se rescata de esta propuesta, es la disminución del área de emplazamiento, la construcción en altura y la posibilidad de destinar los diferentes niveles al desarrollo de distintas actividades, así se puede distribuir el programa de acuerdo a sus necesidades y diseñar cada planta independientemente según su uso.

Silodam

Hibridación de Usos

Silodam de MVRDV, busca distribuir el espacio de la manera más óptima a través de la hibridación de usos, así el programa adquiere una ubicación determinada dentro del edificio, estableciendo relaciones cuantitativas— densidad, diversidad funcional— o cualitativas—ecología, economía— (Mestre, 2014, p. 161). Esto permite la optimización de los requerimientos del edificio. Según Mestre (2014), este edificio rescata la hibridación del programa en la densidad y complejidad que abordan sus espacios, concluyendo que a través de una determinada densidad y biomasa crítica, la arquitectura puede lograr una “transformación cultural y ecológica” en entornos insostenibles. Se rescata del previo análisis, la posibilidad de mezclar programas de acuerdo a sus necesidades en virtud del funcionamiento eficiente de la construcción.

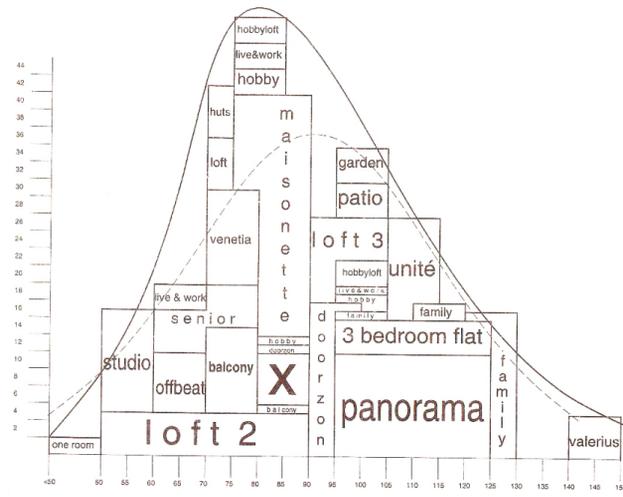
Phillippe Rahm

Comportamientos Térmicos

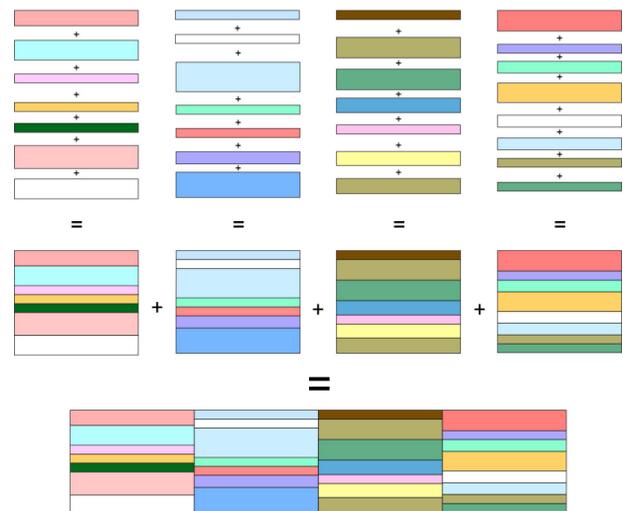
Dentro de la obra de Phillippe Rahm, se abordan los movimientos termodinámicos y los flujos de temperatura como método de reducción de los requerimientos energéticos y la generación de atmósferas variadas. En el proyecto para el “Tadeuz Kantor Museum” el año 2006, se manejan las transmitancias térmicas entre un espacio y otro a través



31



32



33

del aumento y reducción del espesor entre los cristales que median entre ellos, así se logra graduar las temperaturas de acuerdo al uso de cada recinto. En la memoria del proyecto declara que el “proyecto agrega capas para mejorar el coeficiente térmico gradualmente, una capa tras otra, ofreciendo una variedad de temperaturas y luminosidades”. De esta propuesta se desprende el uso de capas, como método de graduación de temperaturas de acuerdo a las actividades que se despliegan en cada espacio del edificio, destacando sobretodo el análisis de la idea de desarrollo sostenible asociado a la arquitectura

Urban Space Station:

Ciclos Cerrados Interiores

Urban Space Station desarrollada en 2008 por Ángel Borrego Cubero y Natalie Jeremijenco, surge en Manhattan como una propuesta destinada a solucionar el problema de la huella de carbono en los edificios mediante el empleo del CO2 emitido por el funcionamiento de éstos. Ante la comprensión de la arquitectura como el arte de la integración de sistemas, identifica que la limpieza del aire al interior del edificio significa ensuciar aún más la atmósfera. Así el USS propone “establecer las bases para diseñar un sistema vegetal de ventilación y renovación de aire, usando condiciones puramente arquitectónicas” (CSCAE, 2010, p.18). De la misma manera se propone como la “solución óptima para la agricultura urbana” (CSCAE, 2010, p.18), dando la posibilidad de alimentar y cultivar tomates, pimientos y otros vegetales en su interior a través del aprovechamiento del aire del edificio. Esta propuesta muestra la posibilidad y funcionalidad presentes en la reutilización del aire residual de un edificio, con fines productivos, así muestra posibles soluciones para reducción de la huella que dejan los seres humanos en el medio ambiente y plantea la alternativa sobre un ciclo cerrado de aire al interior de una construcción.

Estación Princess Elisabeth:

Producción energética y carbononeutralidad
 La estación científica belga Princess Elisabeth (2010), constituye el primer caso de una estación antártica cero emisiones y que funciona únicamente con energías producidas a partir del entorno. Para lo anterior se recurre a cuatro sistemas que articulan la base. En primer lugar una unidad de tratamiento de aguas que permite filtrar y reutilizar las aguas grises. En segundo lugar, el empleo de energías renovables entre eólica y solar—fotovoltaica y termal—que proveen de electricidad a la estación durante todo el año. En tercer lugar, es una construcción pasiva donde su piel, aislación, forma y orientación están estudiadas en virtud de la máxima eficiencia. Finalmente, posee un sistema inteligente de control que facilita la consecución de las condiciones propicias para el desarrollo de las actividades, optimizando la energía utilizada. Este proyecto demuestra la factibilidad de una construcción energéticamente autosustentable en entornos extremos, mediante la aplicación de nuevas tecnologías y sistemas.

Estación Polar Parodi:

Textiles en climas extremos
 La estación Polar Parodi, desarrollada por ARQZE (Arquitectura en Zonas Extremas) en el año 1998 por mandato de la Fuerza Aérea de Chile para apoyar la pista de aterrizaje natural en los campos de hielo azul. Para reducir el gasto energético de la estación, se dispone un túnel que conecta los módulos y “actúa como espacio intersticial que gradúa las relaciones energéticas y programáticas” (Taylor, Bernal y Serrano, 2000, p. 61) entre los módulos y el exterior. Dicho espacio se constituye únicamente por una estructura liviana de acero y una membrana de PVC que permite retener parte de la energía calórica proveniente de los módulos de laboratorio y habitación y generar efecto invernadero en su interior, lo anterior permite alcanzar temperaturas habitables que llegan hasta 15°C sobre la temperatura ambiente.

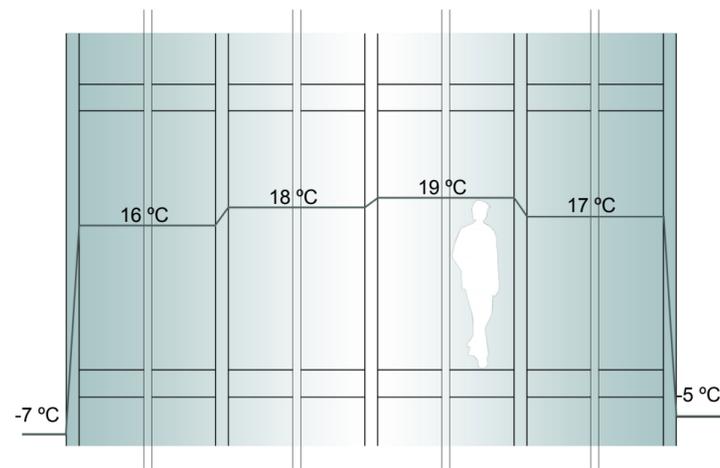
34 Imagen Tadeuz Kantor Museum. Phillippe Rahm.

35 Sección con temperaturas graduales.

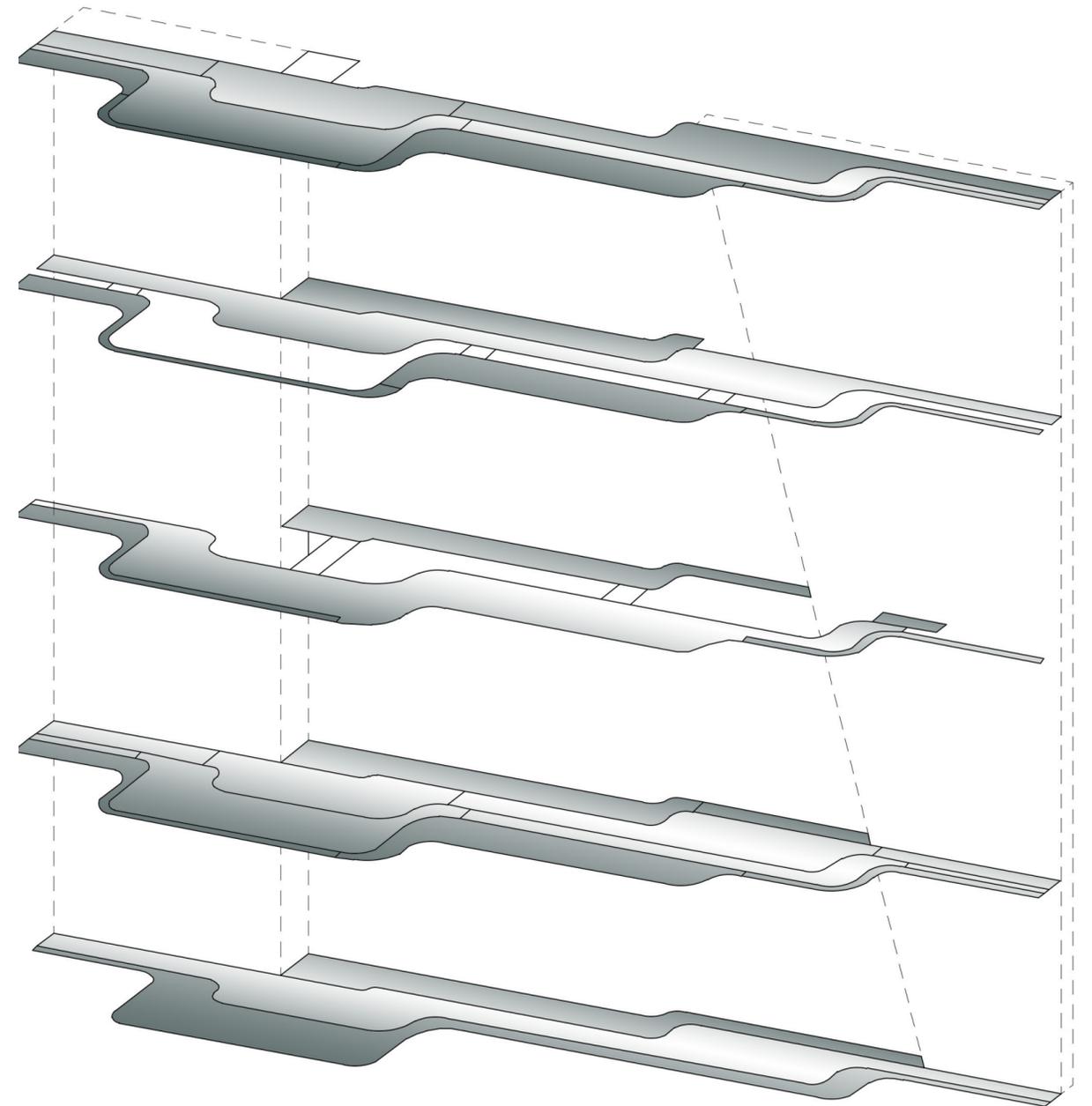
36 Axonométrica explotada con temperaturas graduadas de acuerdo a recintos



34



35



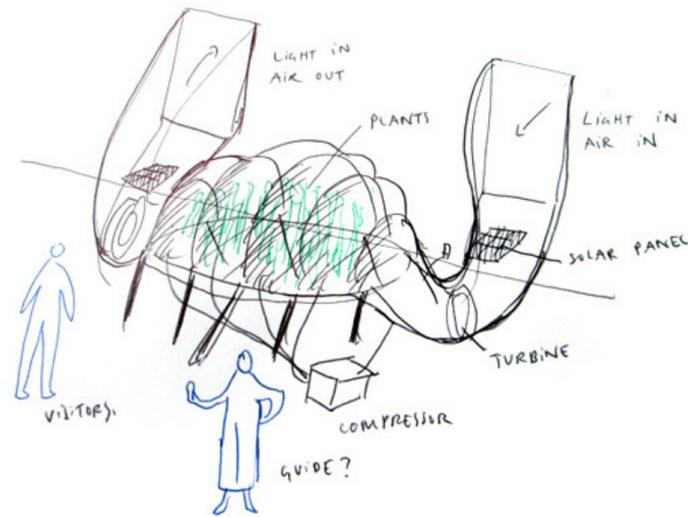
37 Prototipo USS implementado en el Museo Reina Sofía, Madrid.

38 Dibujo explicativo del prototipo de USS

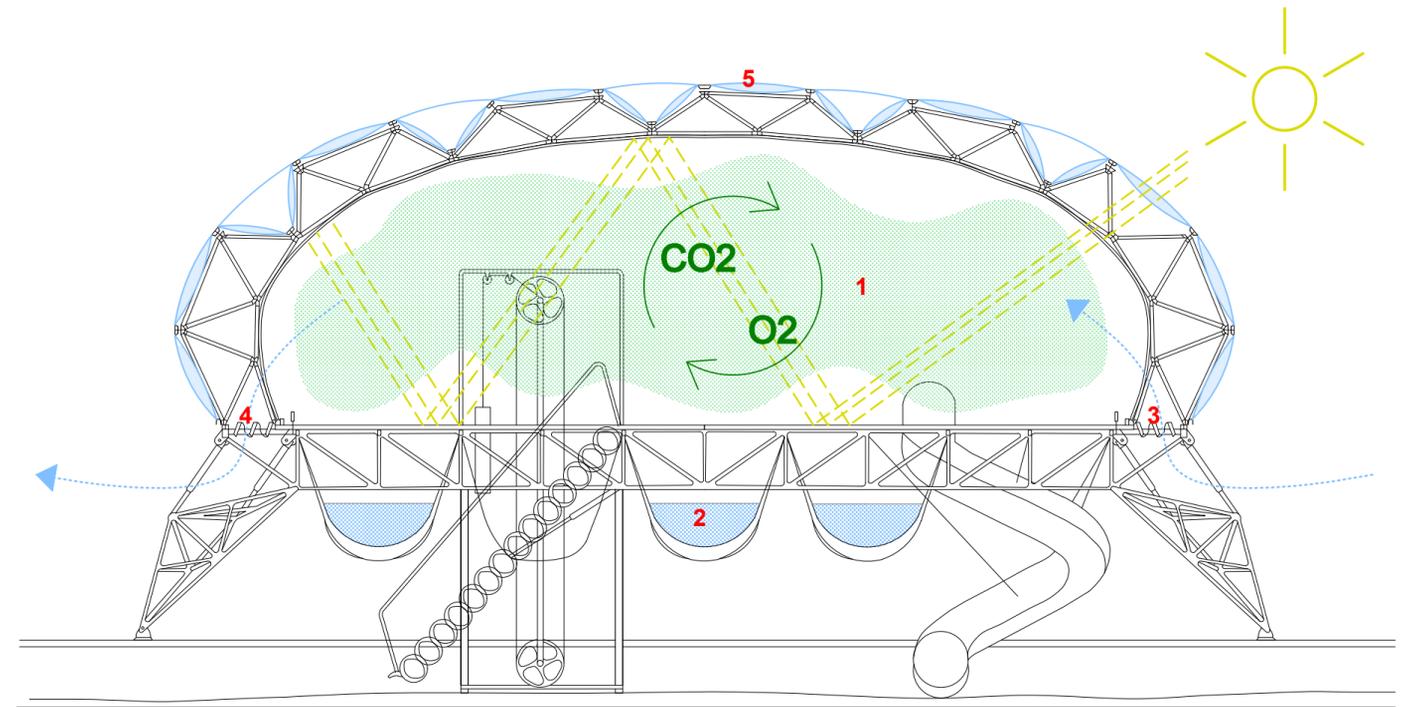
39 Sección intervenida de la USS



37



38

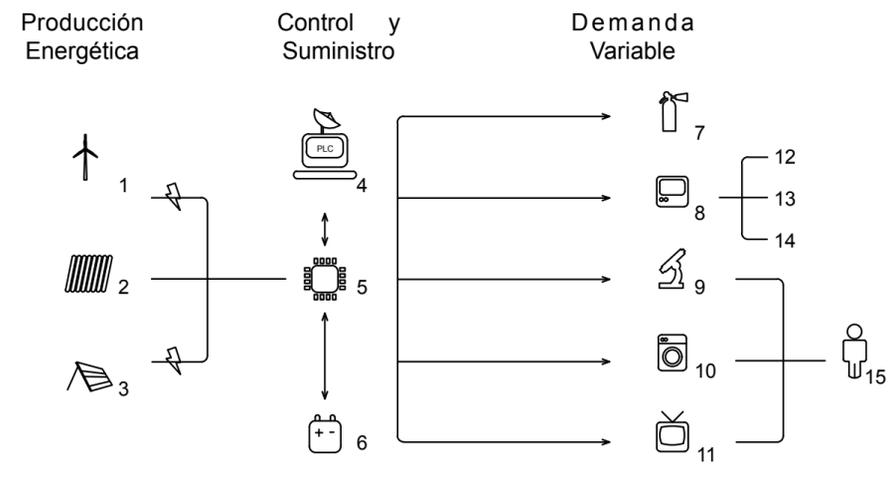


39

- 1 Zona invernadero
- 2 Agua acumulada por condensación
- 3 Ingreso de aire contaminado
- 4 Salida de aire limpio
- 5 Envoltente de ETFE

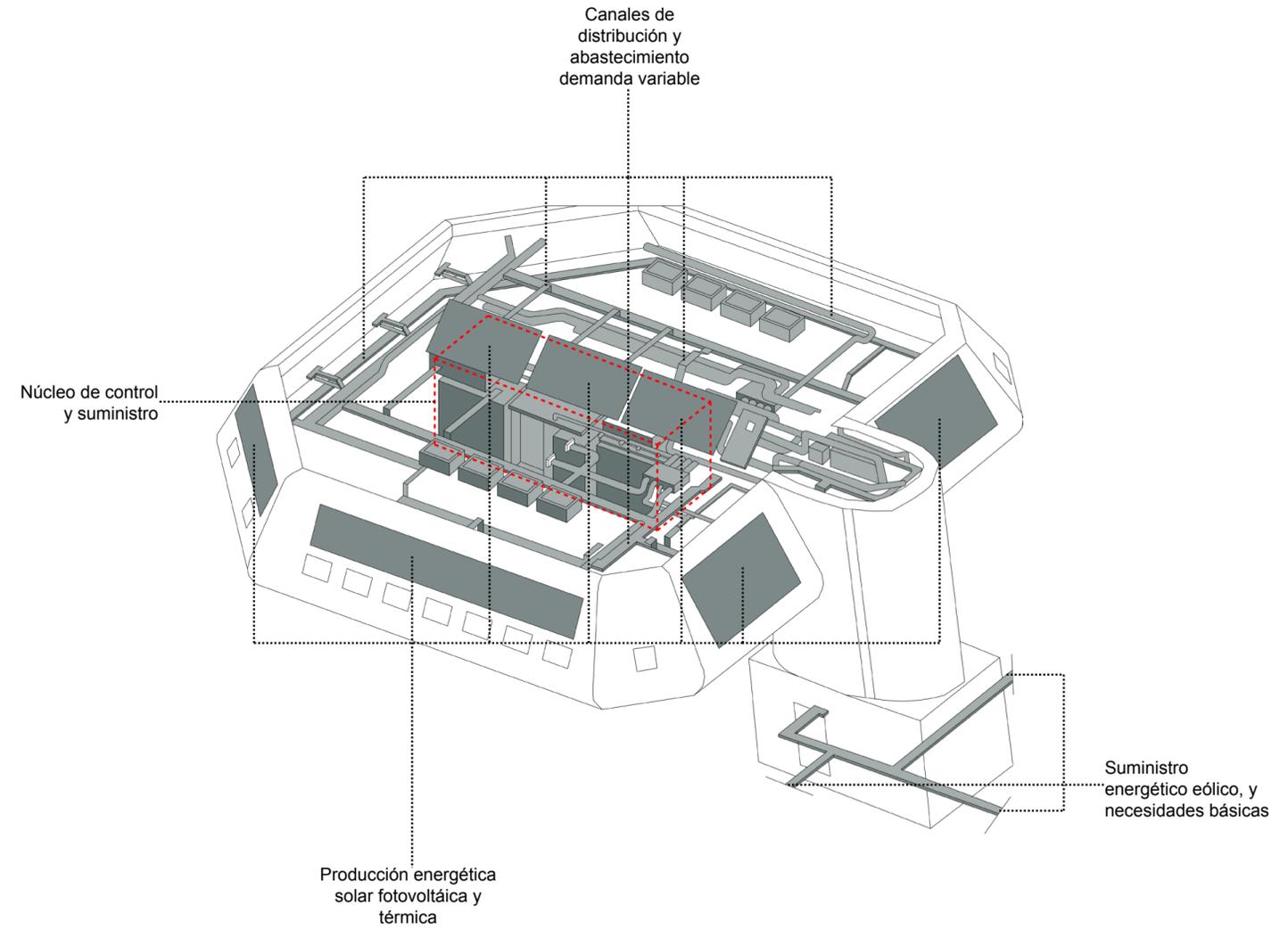


40



41

- 1 Energía Eólica
- 2 Energía Solar Térmica
- 3 Energía Solar Fotovoltaica
- 4 Programmable Logic Controller
- 5 Distribuidor de energía
- 6 Almacenaje de Batería
- 7 Seguridad
- 8 Operación Estación
- 9 Ciencia
- 10 Vida diaria
- 11 Entrenamiento
- 12 Unidad de tratamiento de aguas
- 13 Derretidor de nieve
- 14 Unidad de Ventilación
- 15 Habitante



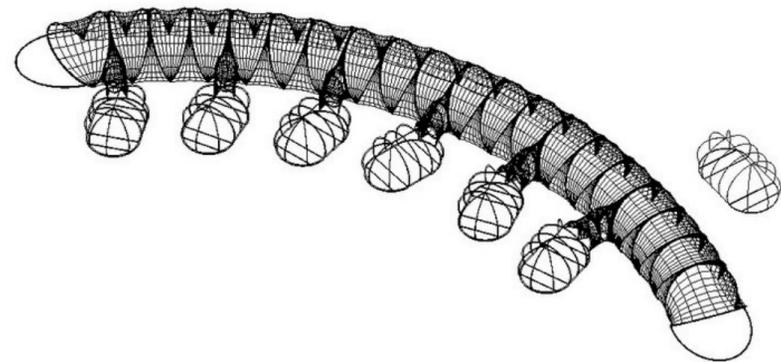
42

43 Fotografía interior del túnel.



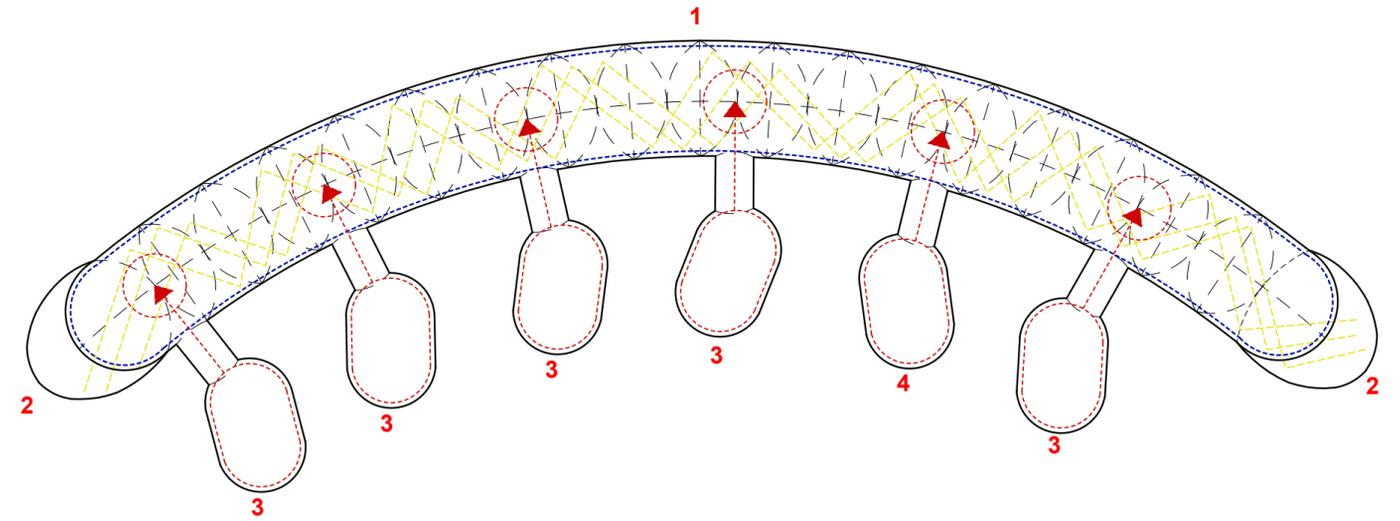
43

44 Axonométrica Estación Polar Parodi.



44

45 Esquema flujo de temperaturas.

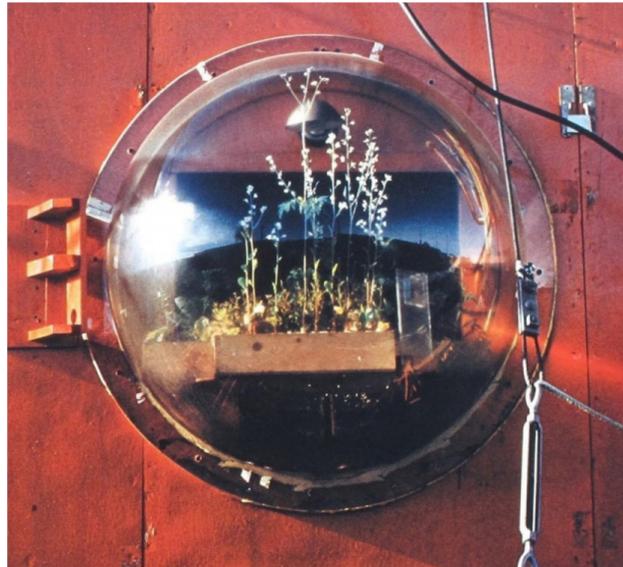


- 1 Túnel
- 2 Visor
- 3 Módulo de dormitorio
- 4 Módulo Sanitario

- T° -
- T° +
- Efecto invernadero

45

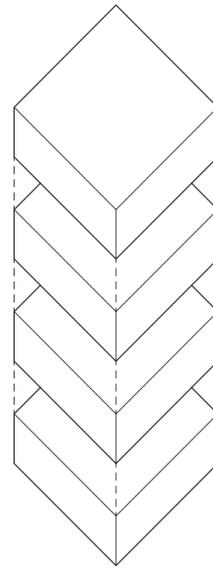
46 "Botanical Garden" en la Estación Wilkes. El líder científico de la estación, Dr. Tressler, plantó y cosechó algunos tomates, rábanos y algo de lechuga, debido a la constante exposición al sol y la buena calefacción de la habitación



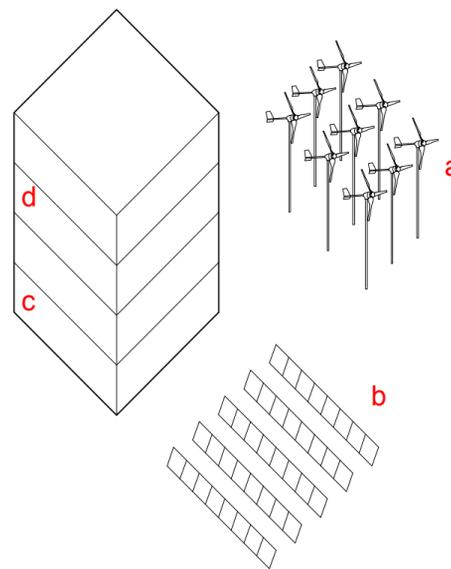
46

X. ESTRATEGIAS DE PROYECTO

1.

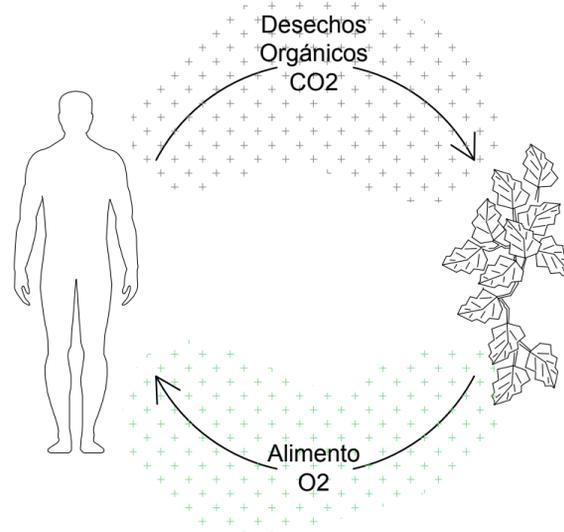


2.a



- a Producción energética eólica
- b Producción energética solar
- c Control y suministro
- d Demanda Variable

2.b



Ante la perturbación sistemática e impacto negativo sobre el ecosistema antártico, provocado por el funcionamiento de las estaciones en Bahía Fildes, sumado al estudio de los referentes expuestos en el capítulo anterior, se propondrán 4 estrategias que abordará el proyecto, con el fin de disminuir las consecuencias causadas por el habitar humano en el Continente Blanco. Los tópicos que éstas aboradarán consistirán en; concentración del programa; autogestión; aprovechamiento del calor residual; y envolvente.

1. De la dispersión a la concentración.

El principal propósito de esta estrategia radica en la determinación de puntos estratégicos de implantación del proyecto, que posibiliten la actividad humana dentro del continente, sin alterar de manera significativa el ecosistema antártico.

Tomando como punto de partida el análisis del diagrama Real State Number, el diagrama del Silodam y la propuesta para la nueva Base Frei, se propone que un factor clave en la reducción del impacto ambiental sobre el territorio y la optimización en el uso de los suelos, consiste en la concentración de actividades e instalaciones en una zona delimitada dentro de un territorio. En este sentido, la construcción en altura aparece como una práctica oportuna a la hora de acotar el terreno de implantación de un proyecto y multiplicar los metros cuadrados disponibles para situar el programa.

Para que lo anterior sea factible, cada país debería tener su propia operadora –símil de Roscosmos o la NASA en la EEI– que organicen los diferentes equipos de investigación enviados a Antártica, manteniendo a uno como principal operador logístico de ingreso y salida al continente.

Otra oportunidad que se identifica en esta estrategia, es la posibilidad de verticalizar la distribución de servicios e instalaciones a lo alto de la construcción, de esta manera se disminuye el impacto sobre el territorio, cambiando

largos trazos de cañerías y ductos que cruzan el territorio en contacto directo con el ecosistema del lugar, por puntos determinados que se extruyen en altura, suministrando los diferentes requerimientos de cada nivel y programa.

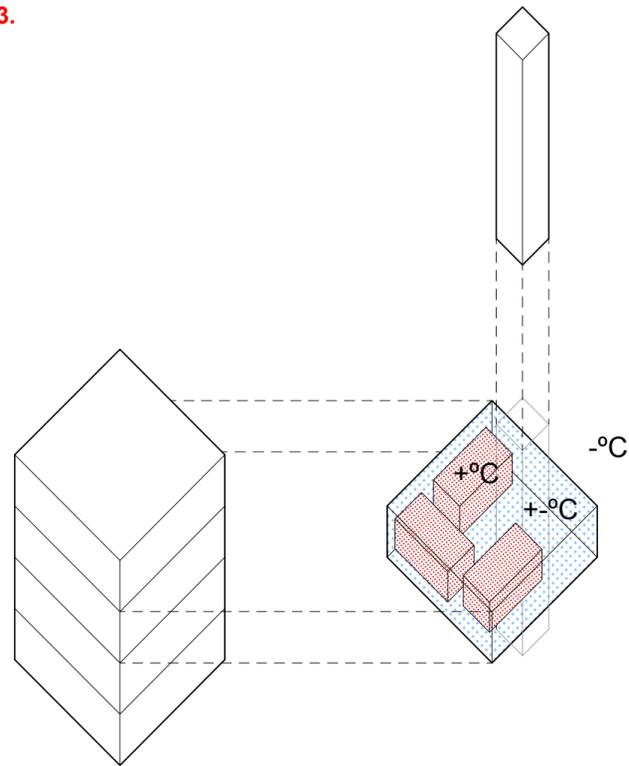
2. Del abastecimiento a la autogestión.

Esta estrategia tiene como principal propósito demostrar que aquellos recursos necesarios para el desarrollo adecuado de la vida humana –inexistentes en Antártica–, se pueden producir a través de la generación in-situ, y además contribuir de esta manera, en la disminución en la producción de residuos y la necesidad de recursos externos, repercutiendo directamente en las visitas extraterritoriales de abastecimiento y remoción. Ésta, recoge lo explicado por Tickell sobre el consumo de recursos y producción de residuos en las formas de habitar humano en el mundo y plantea dos categorías sobre dichos temas; las necesidades energéticas propias de la infraestructura y las necesidades biológicas propias del ser humano.

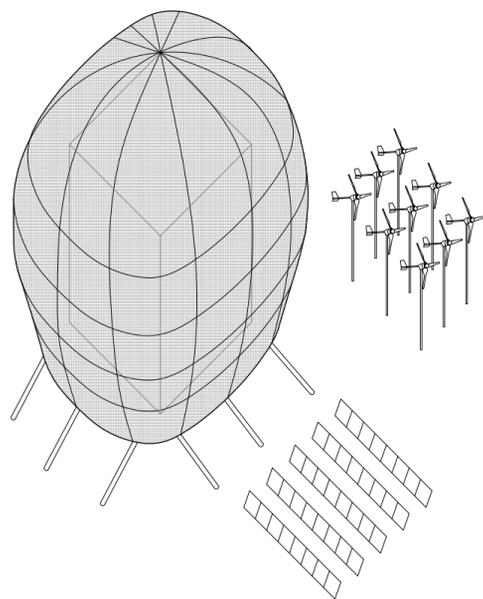
a. Energético:

Esta categoría, toma como principal referencia la Estación Princess Elisabeth, y propone que los recursos energéticos necesarios para el funcionamiento de una estación antártica se encuentran en el clima extremo que presenta el continente. Actualmente los avances que ofrece la tecnología, permiten convertir las fuertes ráfagas de viento y la radiación solar en energía eléctrica, capaz de dotar a una estación antártica con las condiciones básicas necesarias para habitar el continente. El hecho de que ambas correspondan a energías limpias, limita significativamente la producción de residuos tóxicos, emisiones y riesgos de derrame que podrían afectar el medio ambiente.

3.



4.



b. Biológicas:

La segunda categoría se desprende del estudio y análisis del proyecto Urban Space Station y propone que, en virtud de disminuir los viajes de abastecimiento desde el resto de los continentes, la autoproducción de alimentos en zonas controladas significaría una importante reducción de éstos. Una de las grandes ventajas que presentan los sistemas invernaderos y acuapónicos de producción alimenticia, es el empleo de recursos mínimos—extraíbles del entorno como agua, luz solar, energía eléctrica—y la reutilización de residuos orgánicos para su funcionamiento. Otro beneficio que presentan estos sistemas, es la limpieza del CO₂ que producen tanto los humanos en su respiración, como las máquinas en su funcionamiento, reduciendo aún más la contaminación mediante el proceso de fotosíntesis propio de las plantas.

4. De la envolvente rígida a la textil.

Esta estrategia apunta al diseño y construcción de una primera capa textil, liviana y permeable al entorno, tanto a la iluminación, como a la radiación solar, de esta manera se pretende reducir el gasto energético empleando estrategias pasivas de climatización. Se referencia en el estudio de la estación Polar Parodi, para proponer que la envolvente de un edificio antártico puede entregar las condiciones de habitabilidad necesarias para la antártica, a partir del uso del efecto invernadero producido por la captación de radiación solar, la utilización de materiales textiles que favorezcan el paso de ésta y la retención del calor residual.

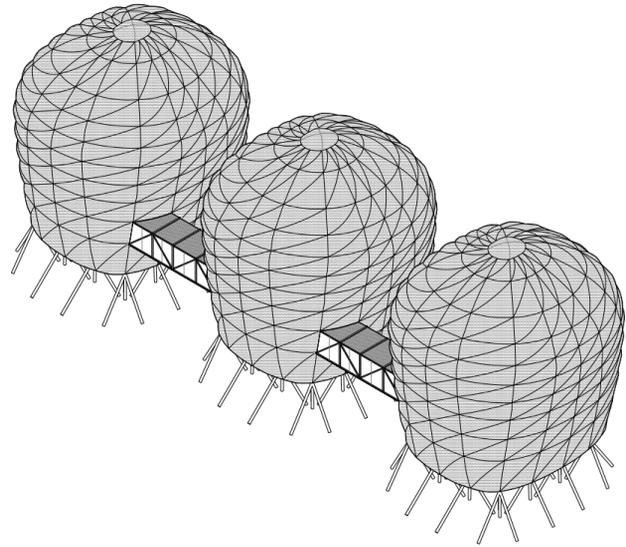
3. De la pérdida energética calórica a la reutilización.

Esta estrategia plantea que un factor relevante dentro del habitar humano en antártica—al igual que la producción energética en un entorno hostil—es la apropiada utilización y cuidado de aquellos recursos que se generan.

Se toma como principal referencia el proyecto para el Tadeuz Kantor Museum de Phillippe Rahm, y propone que para la optimización y reducción del gasto energético—relativo a las necesidades para habitar un espacio—se deben graduar distintas temperaturas de acuerdo a la vestimenta y funcionalidad de dichos recintos, así se utiliza la energía calórica residual de éstos, para reducir los requerimientos energéticos de cada espacio.

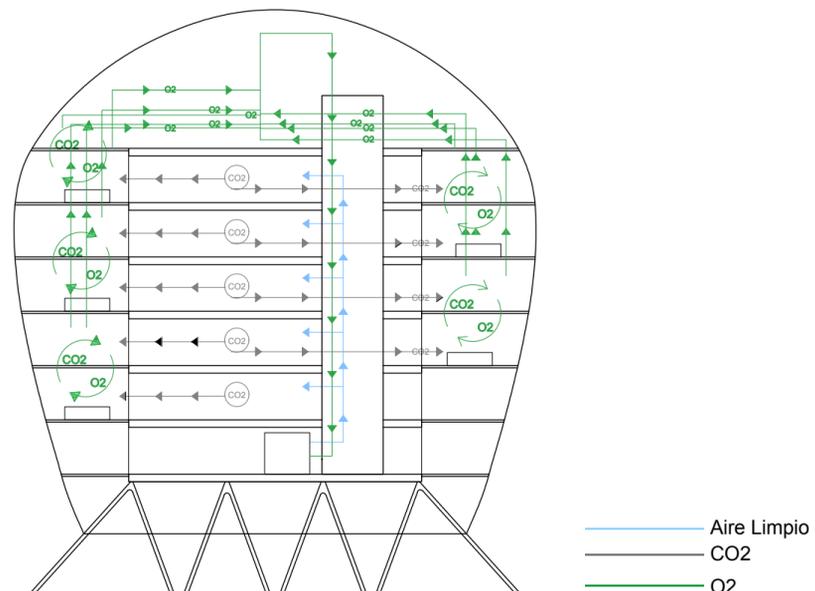
Otros beneficios que ofrece la posibilidad de habitar distintas temperaturas, se identifica en la oportunidad de generar diversas atmósferas al interior de un mismo edificio, además de evitar el abrupto cambio entre las condiciones exteriores e interiores.

A través de la utilización de las estrategias expuestas anteriormente se buscará guiar el diseño de un edificio que sea capaz de optimizar sus procesos de funcionamiento, con el objetivo de disminuir el impacto que implica la construcción y el habitar humano en el continente antártico. Así se enfrentará el actual paradigma que se presenta en Bahía Fildes y se intentará dar nuevas soluciones constructivas para la introducción de actividades de logística e investigación al interior del territorio polar antártico.

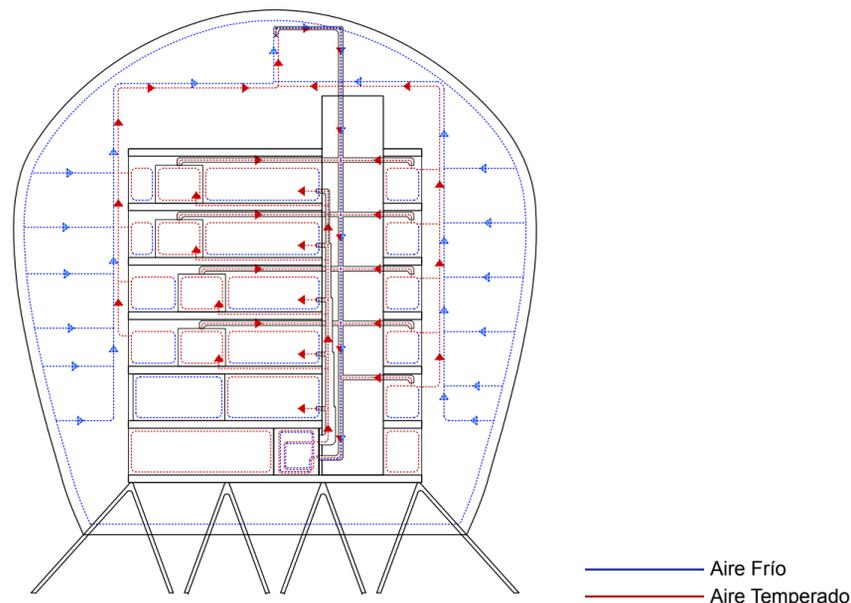


47

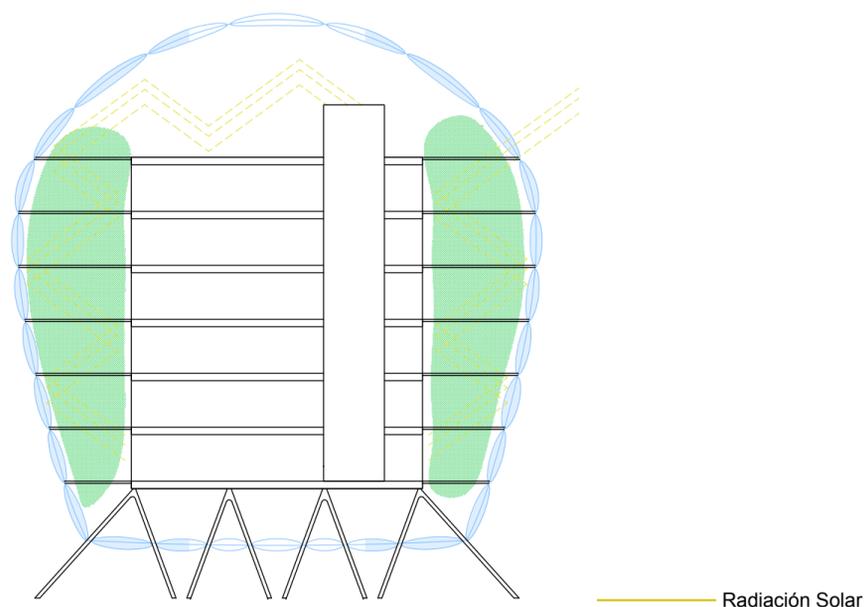
XI. OPERACIONES DE PROYECTO



Esquema Flujo de Temperaturas



Esquema Efecto Invernadero



Para materializar las estrategias anteriormente expuestas, se recurrirá a cinco operaciones de proyecto que intentan materializar una propuesta de estación antártica al modo de una Unidad Medioambiental Antártica.

Retícula de madera con núcleos rígidos

Para generar la cantidad de m² necesarios que den lugar al programa de las 5 estaciones existentes, se erigen tres módulos de edificios de 6 pisos, más el empleo de la azotea que configuran un espacio libre polifuncional, cada uno soportado mediante una grilla cuadrada estructural de madera laminada con ejes cada 6,4 metros, que dan origen a plantas de 19,2x 19,2 m. Logrando así, emplazarse dentro de un área de aproximadamente 1200 m², que logra dar cabida al programa científico, logístico y recreativo, con sus respectivas instalaciones—eximiendo plantas de generación energética y hangares—. De esta manera se generan 7700 m² de área disponible para el desarrollo de actividades investigativas y logísticas antárticas. La huella de la construcción bajo techo sobre el territorio de Bahía Fildes se reduciría en un 95%, lo que beneficiaría de manera significativa la recuperación de los suelos, además de disminuir considerablemente los viajes de traslado y suministro entre una estación y otra.

Por otro lado, la sala de máquinas necesaria—para brindar las condiciones ambientales de cada nivel—se dispone en el primer piso de cada edificio, permitiendo así su distribución de manera vertical a través de un núcleo que condensa ductos, instalaciones y la escaleras.

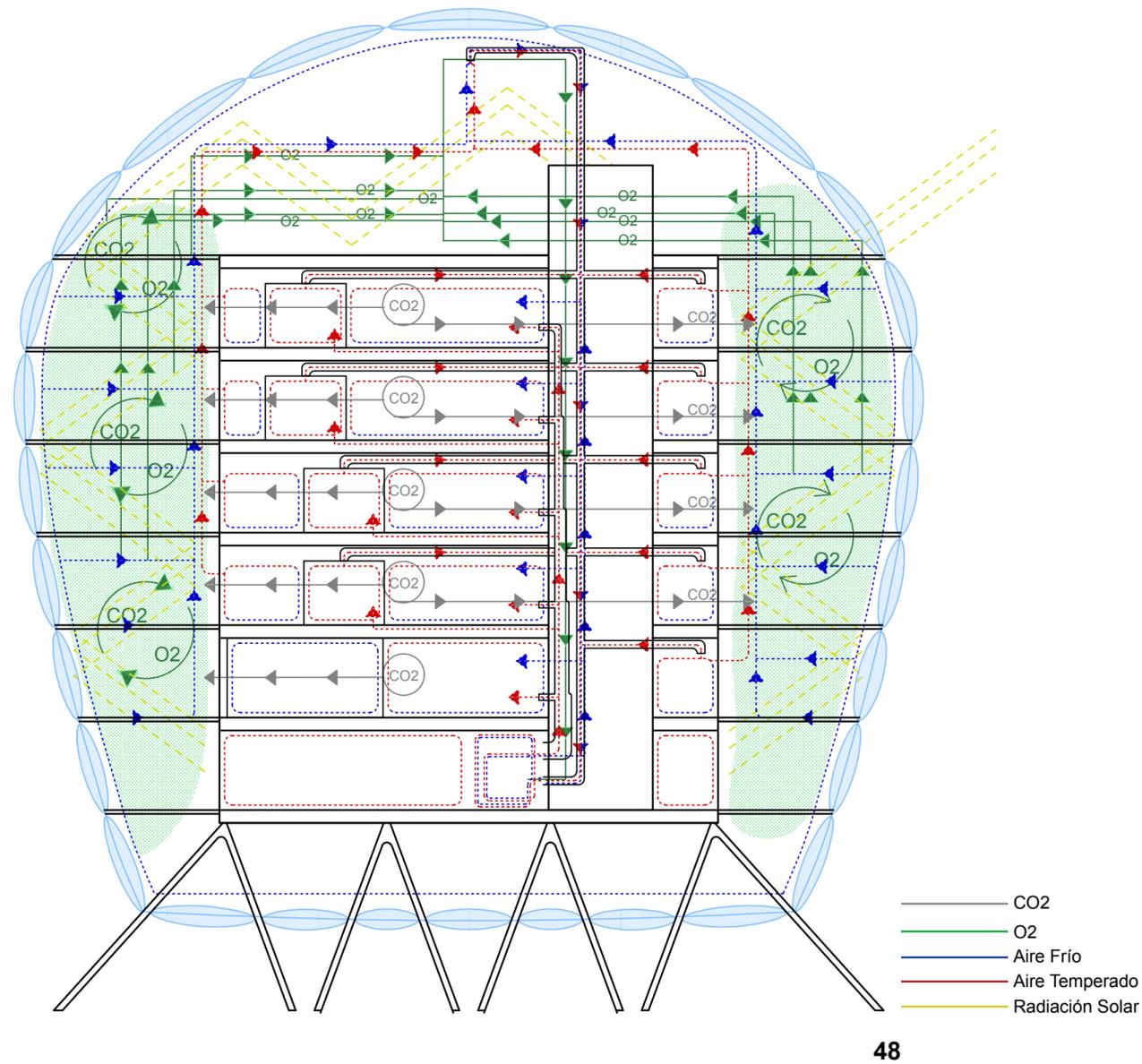
Integración de maquinaria y sistemas de climatización

Para suprimir el uso de combustibles fósiles y producir los recursos energéticos necesarios para el funcionamiento

de la estación, éstos se extraerán de los recursos naturales presentes en el entorno a través de tecnologías limpias de generación energética carbononeutral. Para llevar a cabo lo anterior se dispondrá una granja eólica de 15 turbinas VAWT, que sacarían provecho tanto de las ráfagas de viento en dirección Noroeste, como de las corrientes catabáticas en dirección Sureste a través de un mecanismo de rotación dispuesto en el eje del cabeza. Se espera que a través de esta operación se logre generar el 80% de la electricidad necesaria para la estación, según los pronósticos de Arturo Kunstmann—director del Centro de Estudios de Recursos Energéticos de la U. de Magallanes—mencionados anteriormente. La energía restante se pretende extraer de la radiación solar a través de paneles fotovoltaicos—para generación eléctrica—y termales—principalmente utilizados para calefaccionar el agua—. La coordinación de los sistemas anteriormente mencionados se realizaría a través de un PLC como el que se utiliza en la Estación Princess Elisabeth y que resulta tres veces más eficiente que un sistema convencional. Por otro lado, el agua se extraería del deshielo y las lagunas presentes en el entorno, siendo un recurso abundante y constante durante todo el año.

Invernadero perimetral

Un tema importante que considera esta propuesta es la reducción de viajes de abastecimiento desde el continente, para eso se propone la implementación de espacios invernaderos hidropónicos, destinados a la autoproducción de alimentos al interior del edificio y a la reutilización de desechos, los se ubicaan en el perímetro de la estructura a modo de terrazas, todas conectadas por una pasarela perimetral—que además permite un recorrido alternativo—. Según el estudio de otras estaciones que han implementado sistemas similares, han logrado abastecer de alimento durante un año a los habitantes de las estaciones reduciendo hasta en un 12% las emisiones de CO₂ por



viajes desde el continente. Además, la reutilización de aguas grises para el riego, posibilita un segundo uso del recurso de manera productiva. Finalmente la limpieza del CO₂ producido por las máquinas y personas—a través de procesos fotosintéticos propios de las plantas—aporta en la disminución de emisiones al medio ambiente.

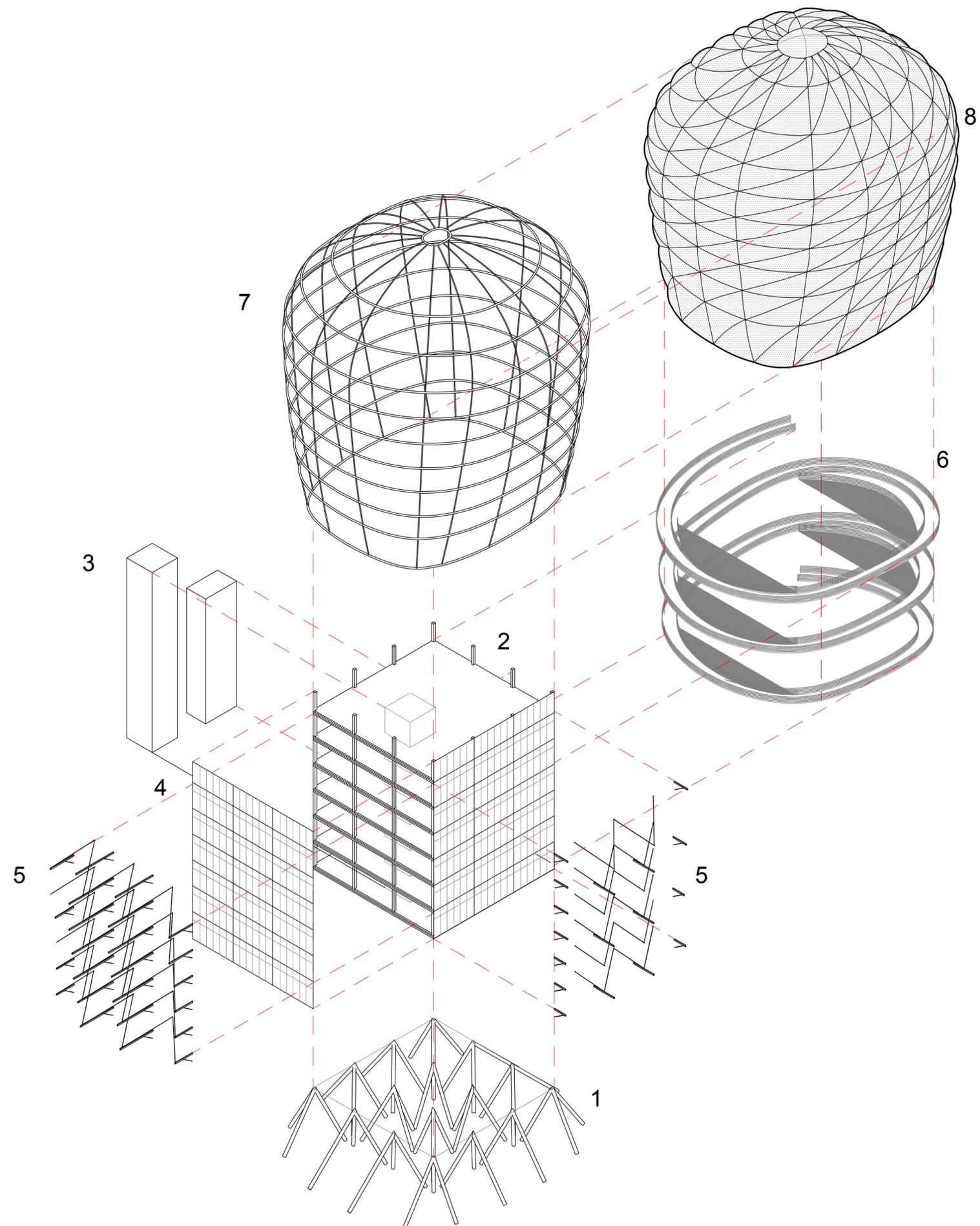
Reutilización de la energía calórica

La cuarta operación que se aplica al proyecto, consiste en la calefacción diferencial de los recintos según su programa y vestimenta. Esta operación pretende reducir las pérdidas calóricas a través de la graduación de temperaturas en los espacios. Para esto se disponen recintos de vidrio para laboratorios y oficinas—con mayores requerimientos térmicos—y se temperan a 22°C, se espera que los espacios intersticiales entre las cápsula, recuperen el calor desprendido de éstas para reducir la exigencia de sus sistemas de climatización y así optimizar las exigencias energéticas. Dichos espacios intersticiales serán destinados a espacios comunes de recreación y trabajo, mientras que los dormitorios podrán permanecer a temperaturas inferiores, cercanas a los 17°C y los baños a 15°C. Las temperaturas asignadas a cada recinto, toman referencia en los estándares suizos de construcción (SIA), que recomiendan la calefacción diferencial en virtud de la conomía energética.

Envolvente textil.

Para la envolvente del edificio, se propone una estructura secundaria de acero galvanizado, anexa a la estructura principal de madera laminada, una suerte de exoesqueleto liviano que sirva como soporte para las burbujas de ETFE dispuestas en la superficie exterior del edificio. La dimensión y forma de la envolvente responde a experimentos de aerodinámica realizados durante el proceso de diseño y a

la intención de elaborar un recorrido perimetral que saque provecho del espacio residual generado entre envolvente y estructura, dando cabida al invernadero anteriormente mencionado. La materialidad escogida responde a la posibilidad intercambio lumínico y de radiación que el ETFE ofrece, además de su alta resistencia—tanto térmica como material—y durabilidad, los cojines de aire configuran la aislación del edificio. La construcción con textiles, ya se ha implementado en el continente antártico con respuestas positivas, consiguiendo una diferencia de temperatura de hasta 15°C por sobre la temperatura exterior.

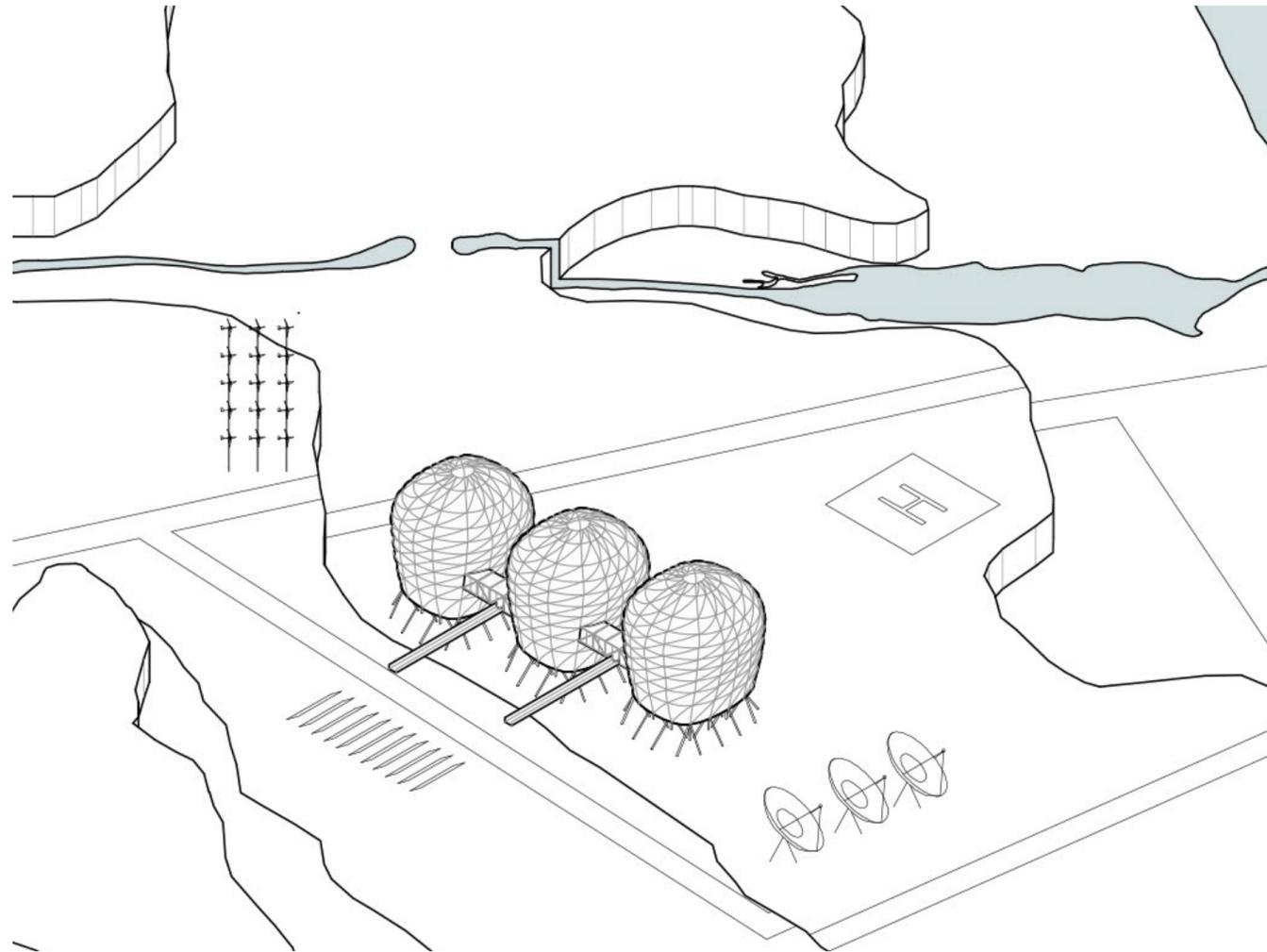


1. Sistema triangulado de patas de soporte
2. Retícula de madera
3. Núcleos rígidos (instalaciones y recintos húmedos)
4. Muro cortina
5. Estructura de vigas y tirantes acero galvanizado
6. Plataformas y recorrido perimetral
7. Exoestructura para globos de ETFE
8. Envoltente de ETFE



50

XII. CONCLUSIONES



51

Bajo la condición de continente aislado, escaso de recursos que permitan el fácil desarrollo del habitar humano y de climas extremos, la Antártica se presenta a pesar de sus adversidades, como un potencial campo de experimentación para prototipos arquitectónicos que generen sus propios recursos y de esta manera reduzcan su huella en el territorio. Lo anterior no solo aplica para el Continente Blanco, sino que ante la crítica situación ambiental que sufre nuestro planeta— el cual demanda de manera urgente, nuevos métodos y respuestas ecológicas que reduzcan la contaminación— el conocimiento e información que éstos experimentos podrían proporcionar tanto en materia arquitectónica y constructiva, como científica y tecnológica, significaría un nuevo avance en virtud de lo que plantea el Tratado Antártico en cuanto al ejercicio de la paz y la ciencia.

De acuerdo con lo anterior la Unidad Medioambiental Antártica (UMA), toma lugar en la Bahía Fildes, lugar que materializa el paradigma del habitar humano en el continente antártico. Lo anterior se identifica fuertemente en la relación que tiene actualmente la arquitectura con su entorno. Por un lado, su dañado ecosistema, producto de la actividad que significa el funcionamiento y mantención de cinco estaciones deterioradas constructivamente y obsoletas en cuanto a las exigencias de Protocolo del Medioambiente dentro de un territorio acotado. Y por otro, la presencia de los recursos climáticos necesarios para generar los recursos biológicos y energéticos que se requiere. Ambas características, presentan la necesidad y la posibilidad de generar una transición a la hora de plantear nuevos modelos de estaciones en Antártica, ésto de la mano de nuevos métodos y tecnologías que apunten hacia la recuperación de suelos antárticos, la disminución de huellas, el cuidado del ecosistema antártico y la generación de nuevo conocimiento extrapolable a otras zonas del planeta.

El diseño y aplicación de sistemas de colaboración internacional para la implementación de la UMA es de vital

importancia, ya que además de fomentar la investigación colaborativa entre naciones dentro de un continente lleno de información sobre el pasado, presente y futuro del planeta Tierra, permite el aprovechamiento mutuo de infraestructuras, vehículos de transporte y abastecimiento, generación de energías renovables y la significativa disminución del impacto que significa el despliegue territorial de las estaciones actualmente.

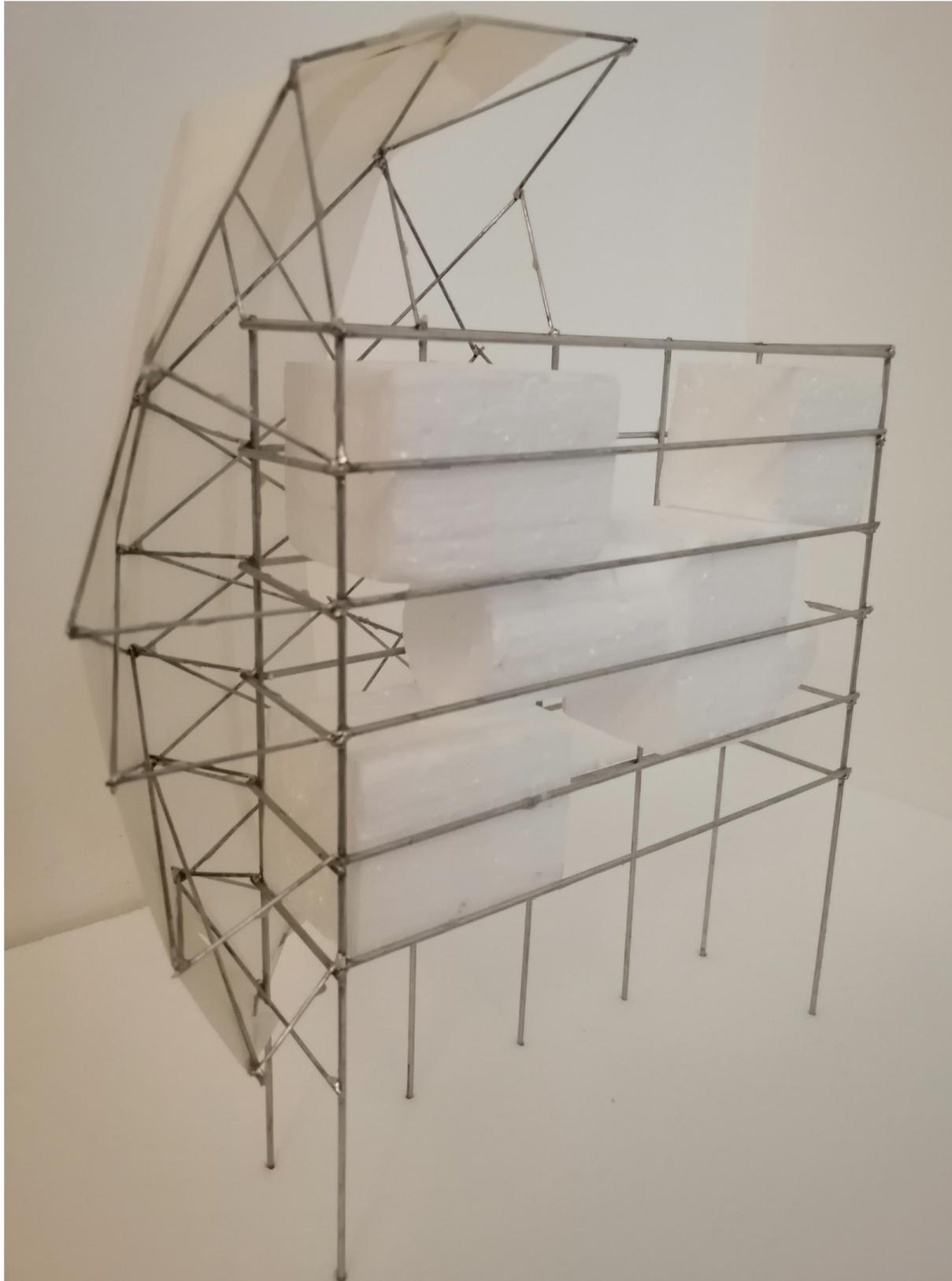
La comprensión de la UMA como un organismo ecológico dentro del entorno antártico, pone el foco en la importancia del contexto para el proyecto y su funcionamiento interno, de acuerdo a las condiciones que lo rodean y sus requerimientos propios. Las aristas que abre dicha analogía en cuanto a procesos internos, consumo de recursos y producción de desechos, entre otros aspectos mencionados anteriormente, facultan la investigación de métodos alternativos de producción, manejo y conservación de energía de manera ecológica, generación de recursos biológicos, nuevas materialidades, reducción y reciclaje de desechos y utilización de procesos naturales dentro del proceso de diseño.

Finalmente, la presente investigación pone énfasis en la importancia del Continente del Tercer Milenio en el desarrollo del conocimiento sobre nuestro planeta, ante la actual crisis climática. Teniendo en cuenta también, la fragilidad del continente ante dicha situación y las maneras de habitar hoy en día en su interior. El estudio de Antártica debe mantener y sobretodo potenciar su labor investigativa, ampliando la experimentación hacia áreas como la arquitectura, las nuevas tecnologías y la ciencia, dentro de una larga lista de posibilidades que abre el continente en el marco de la ecología y el respeto hacia el ecosistema.



52

XIII. ANEXOS



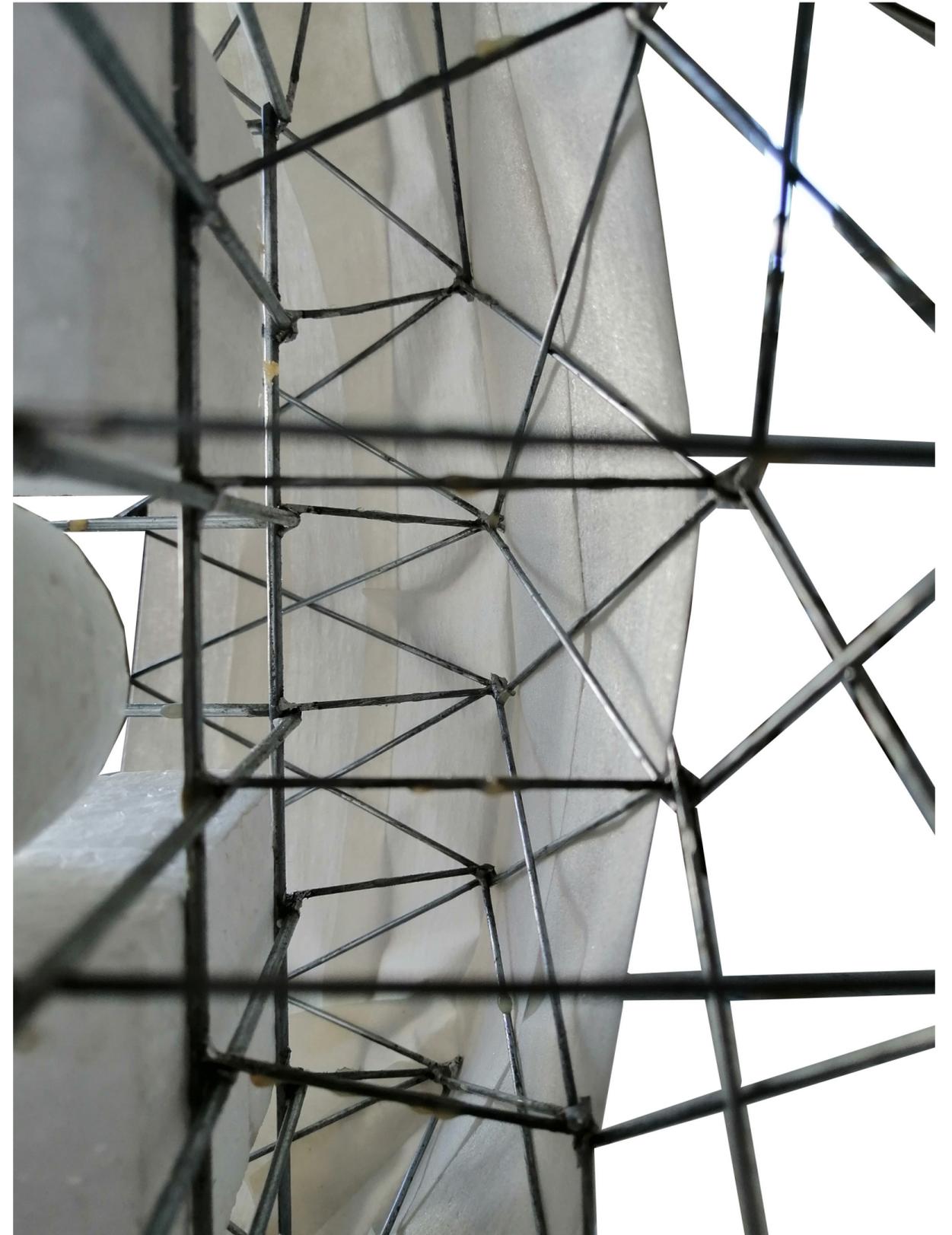
53



54



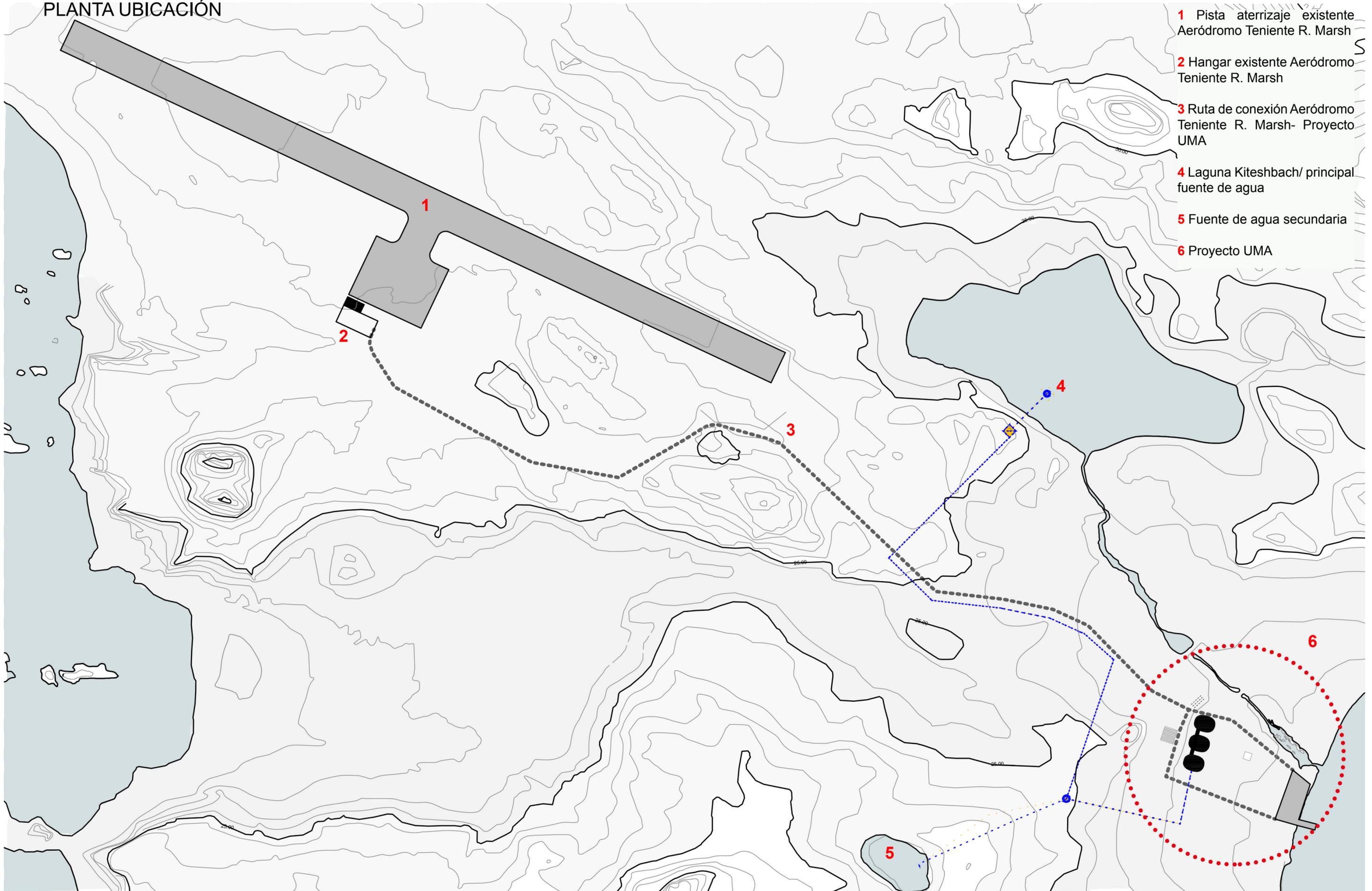
55

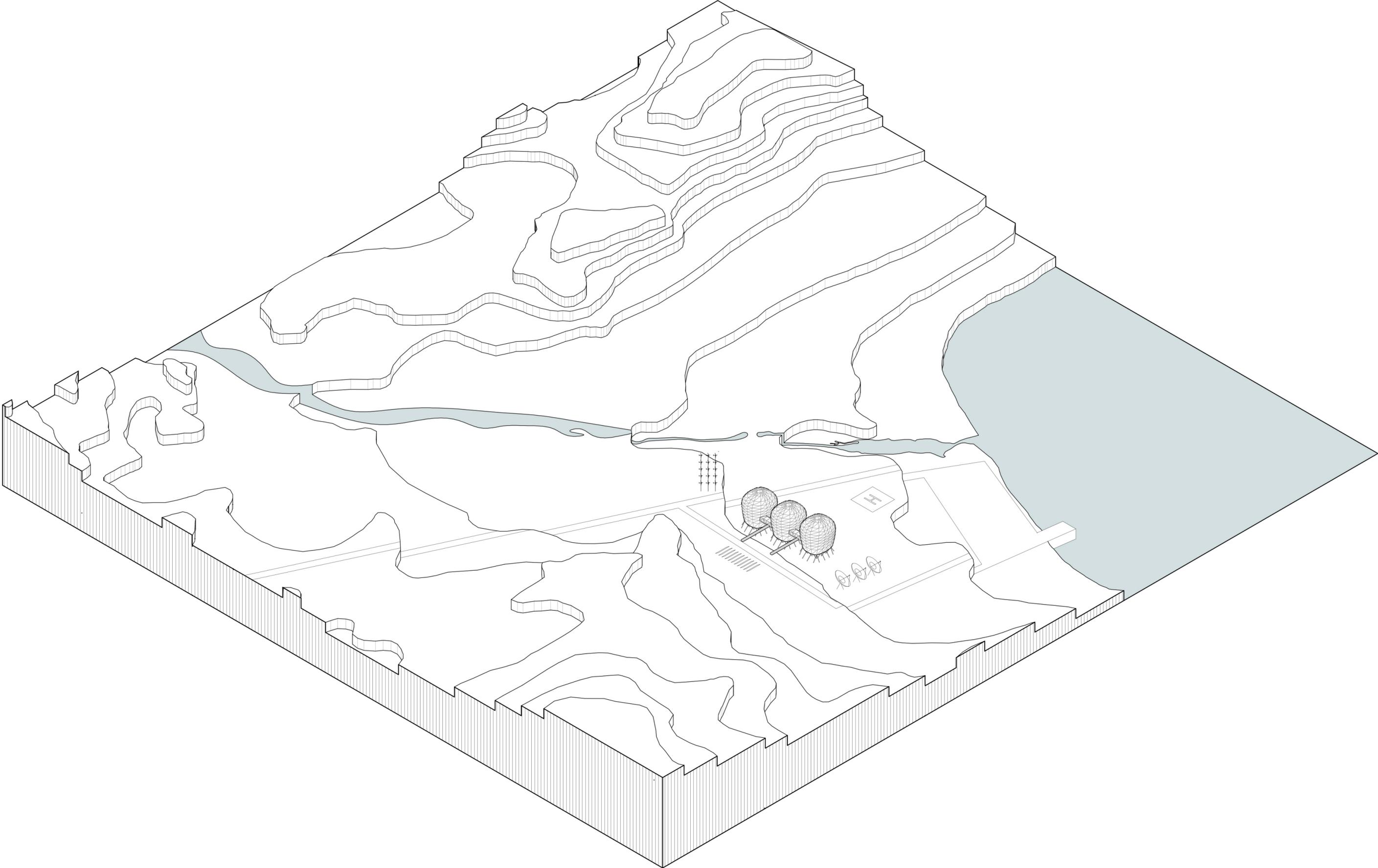


56

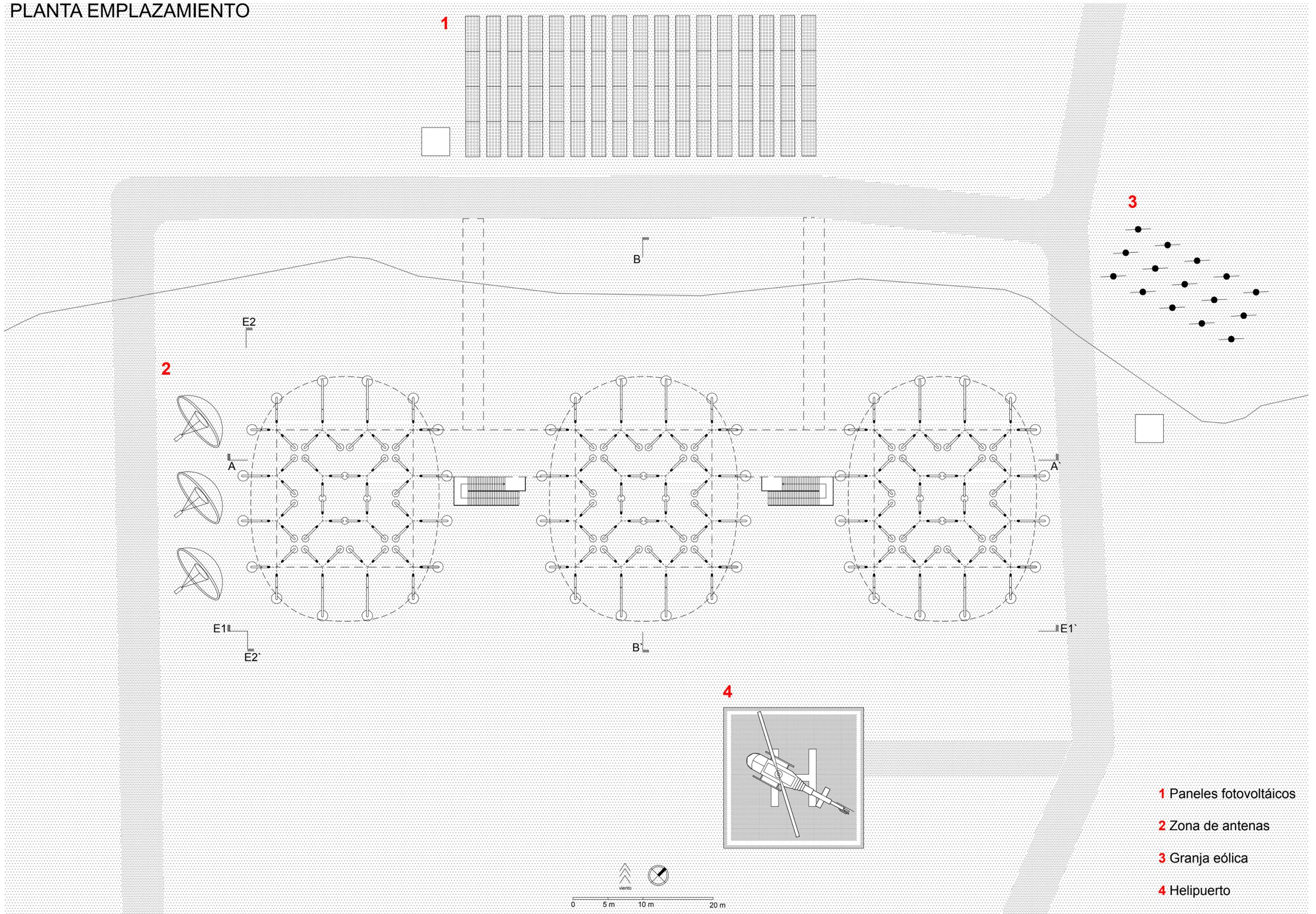
PLANTA UBICACIÓN

- 1** Pista aterrizaje existente Aeródromo Teniente R. Marsh
- 2** Hangar existente Aeródromo Teniente R. Marsh
- 3** Ruta de conexión Aeródromo Teniente R. Marsh- Proyecto UMA
- 4** Laguna Kiteshbach/ principal fuente de agua
- 5** Fuente de agua secundaria
- 6** Proyecto UMA

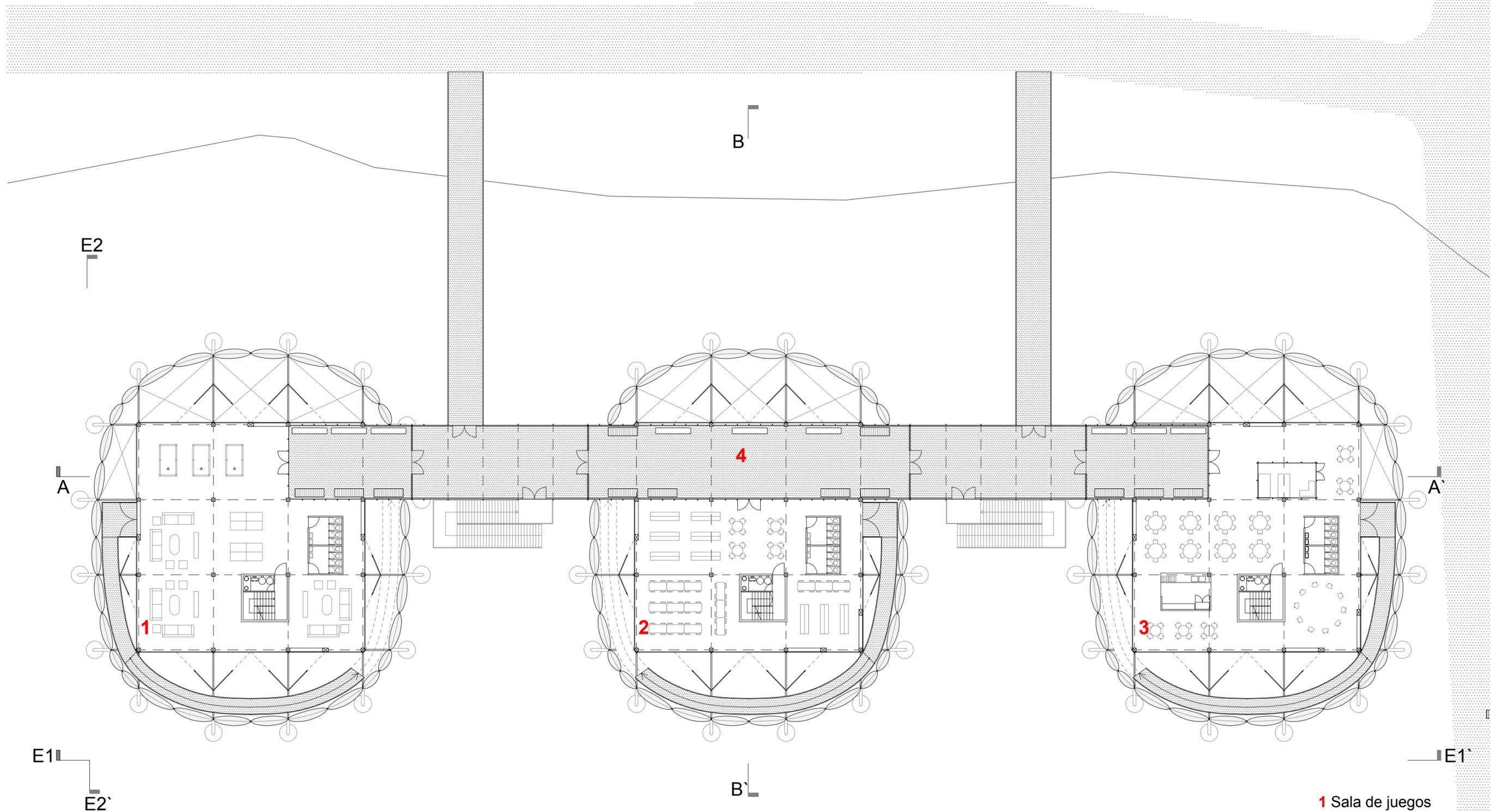




PLANTA EMPLAZAMIENTO

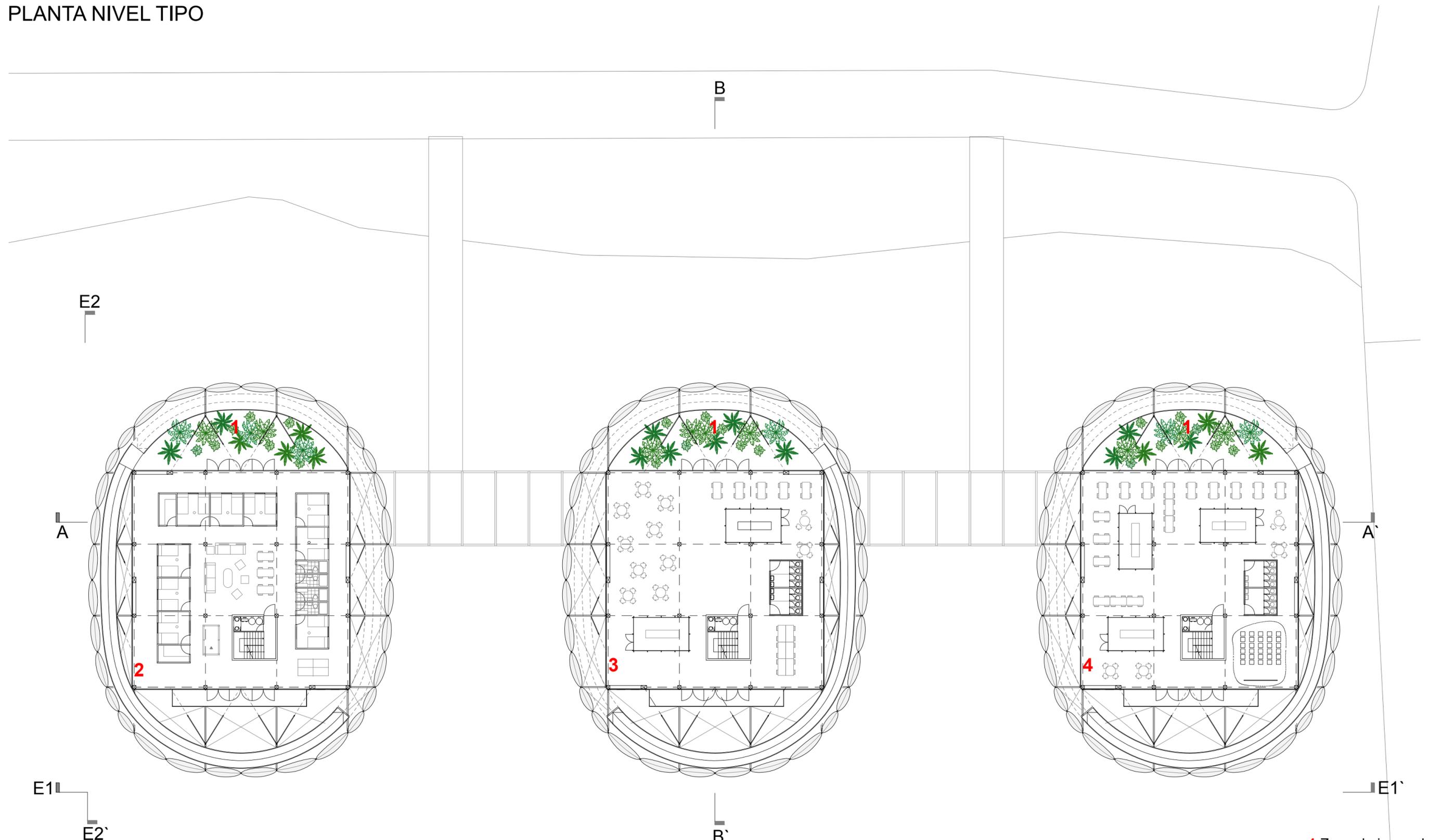


PLANTA NIVEL ACCESO

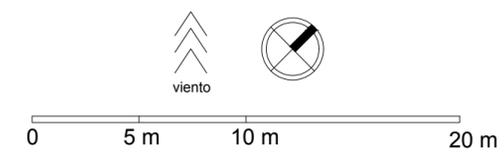


- 1** Sala de juegos
- 2** Biblioteca/ Salón de lectura
- 3** Casino/ Enfermería
- 4** Túnel de conexión/ Espacio Chiflonera

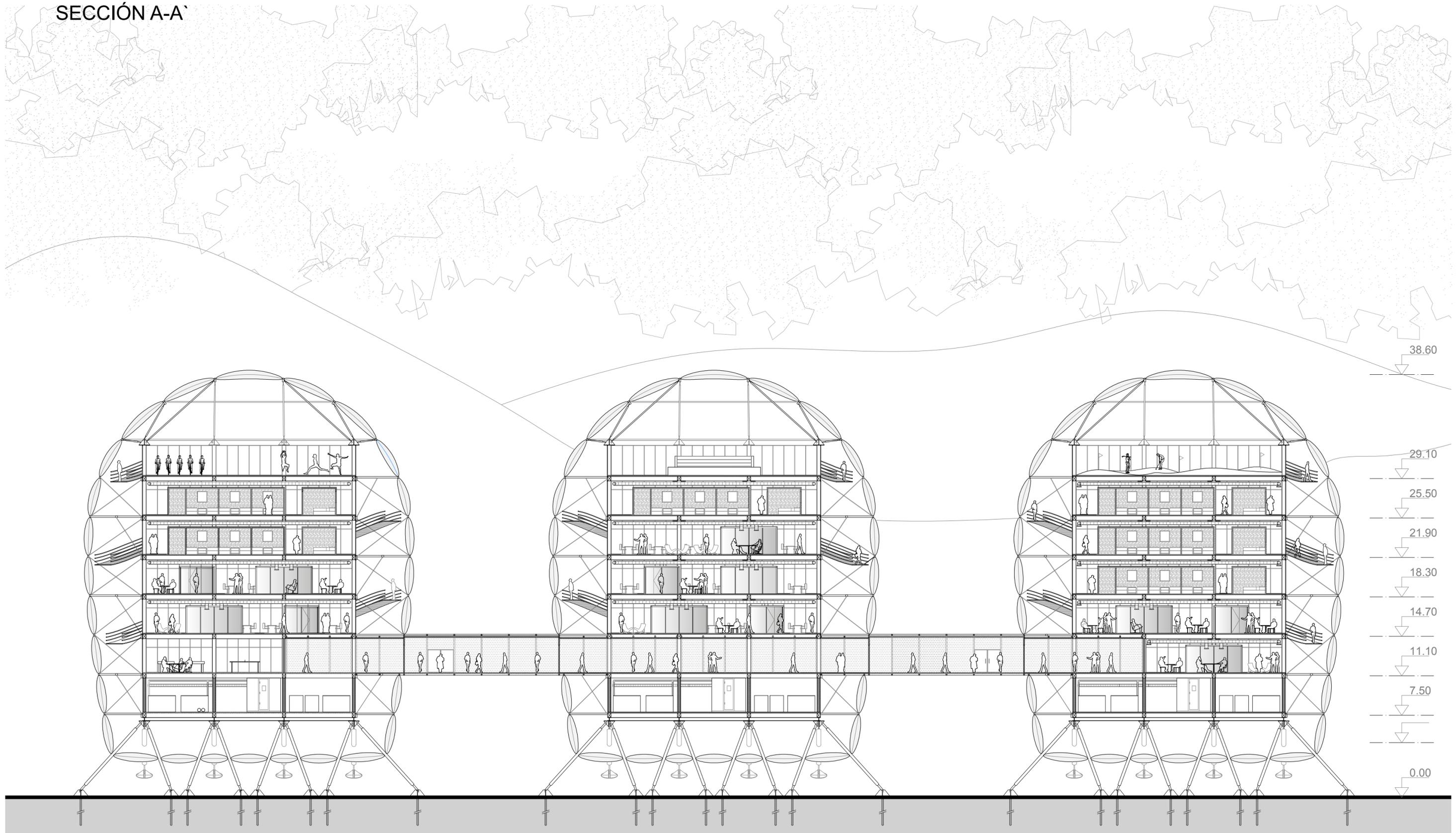
PLANTA NIVEL TIPO



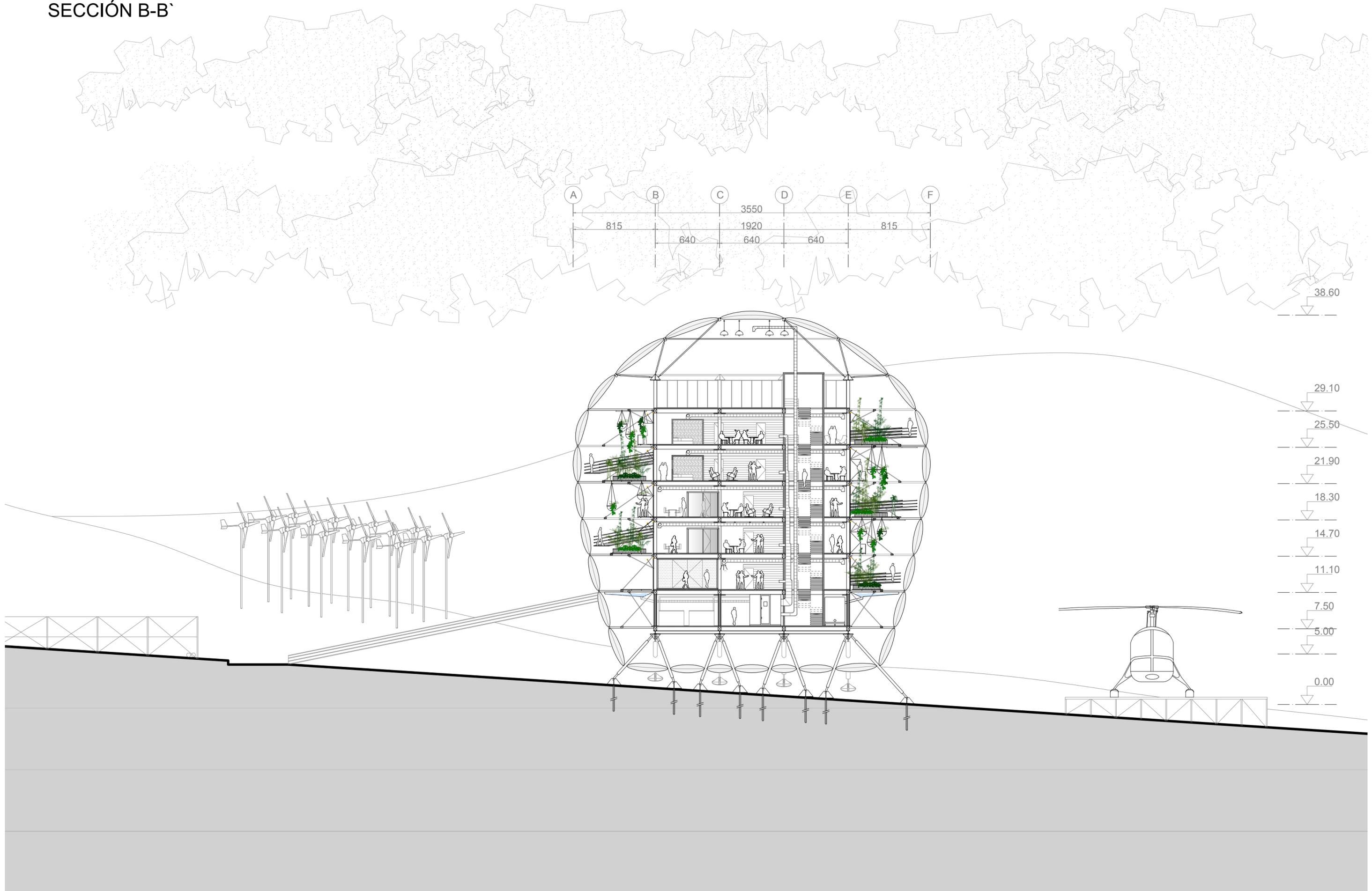
- 1** Zona de inverdero
- 2** Piso de habitaciones
- 3** Piso de oficinas/ Sala de trabajo
- 4** Piso de laboratorios/ Sala trabajo



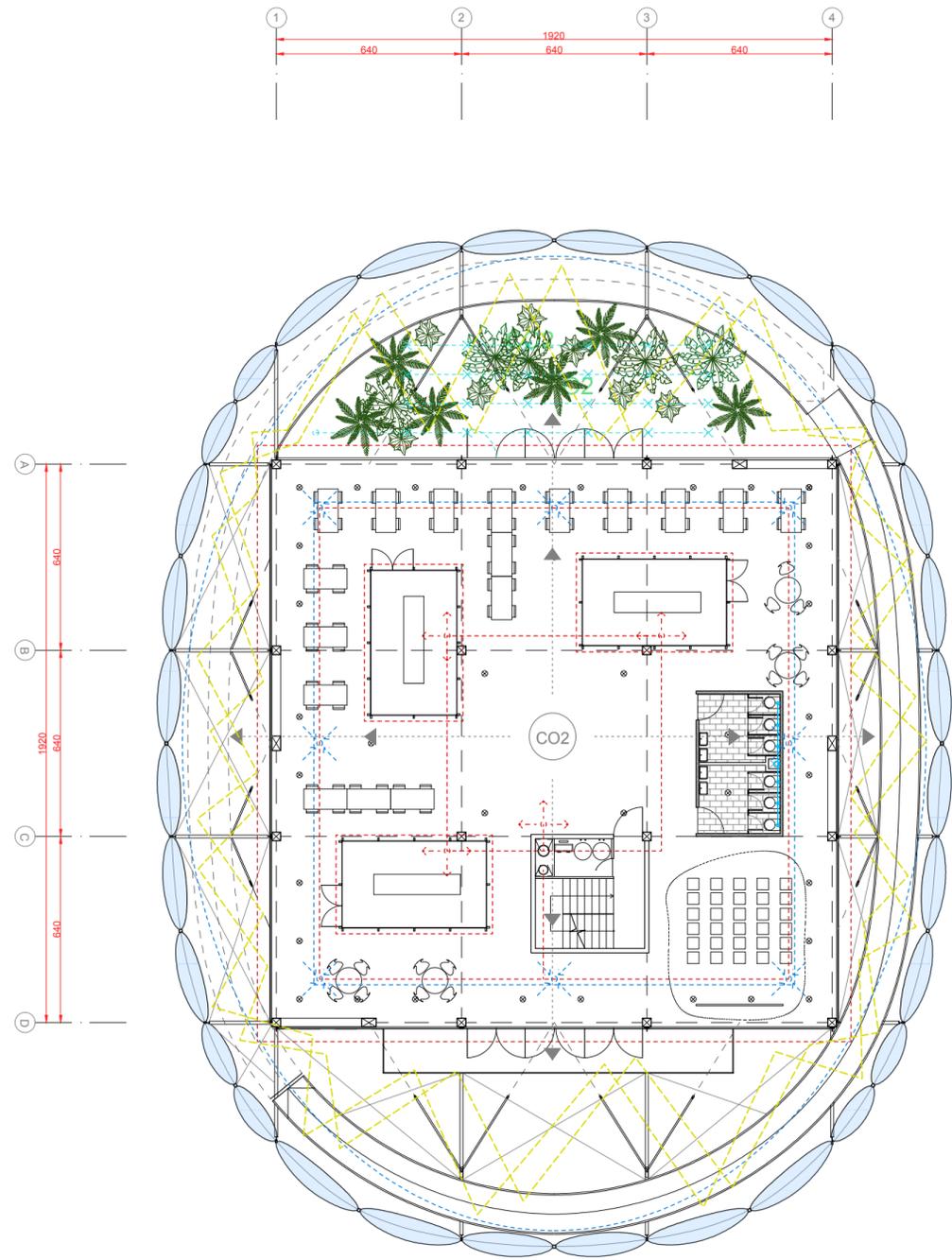
SECCIÓN A-A'



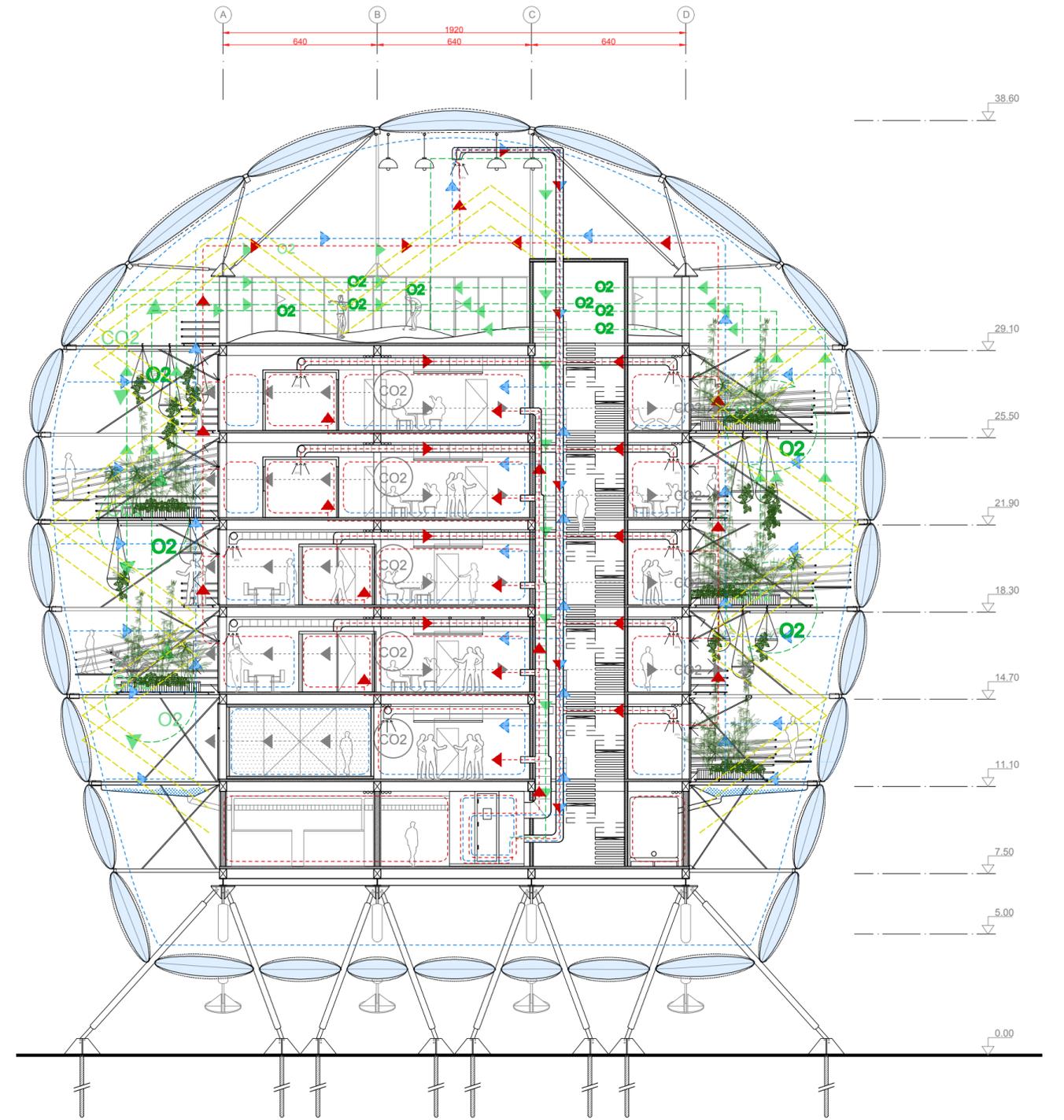
SECCIÓN B-B'



PLANTA MÓDULO/ Flujos y Ciclos

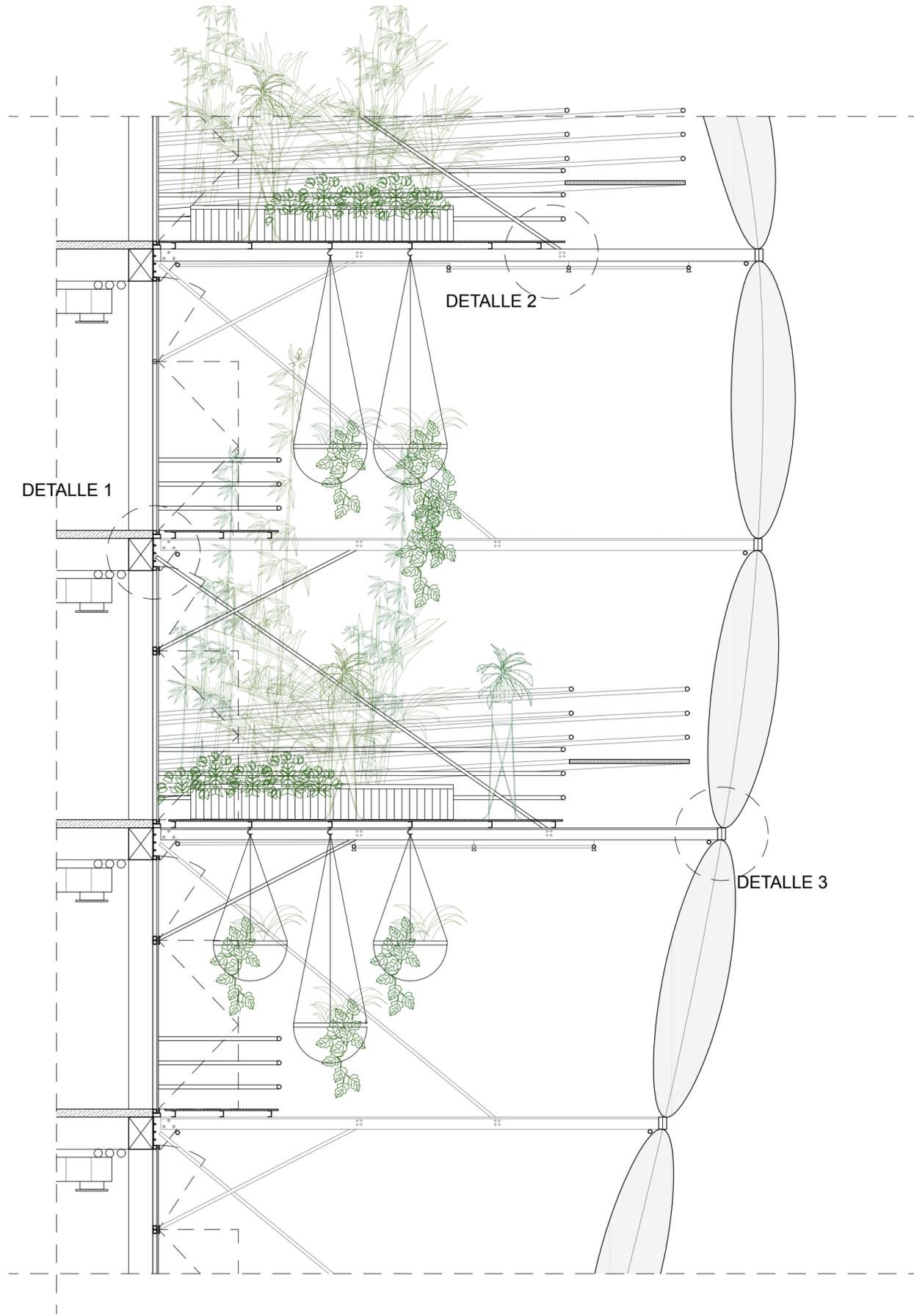


SECCIÓN MÓDULO/ Flujos y Ciclos

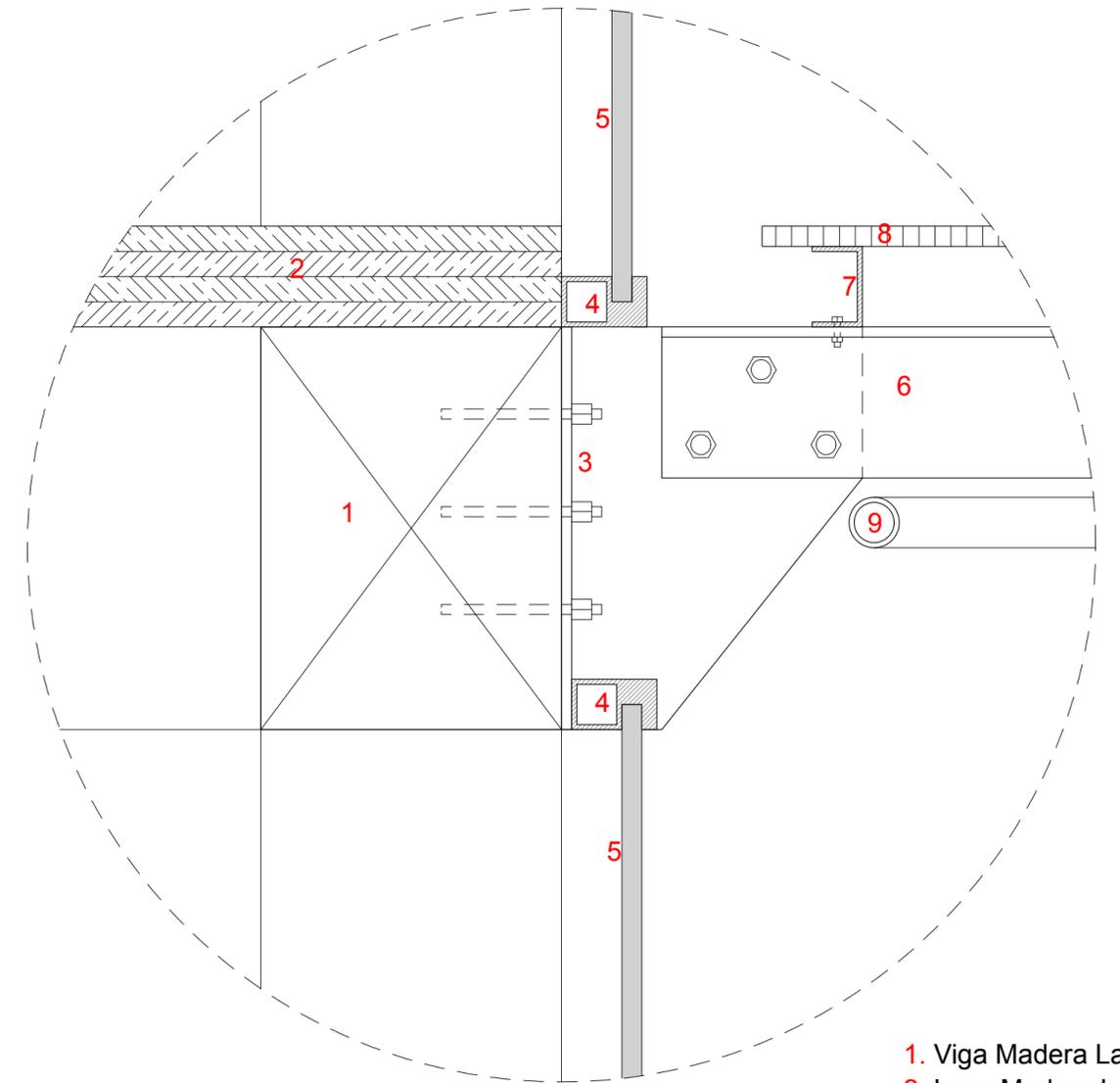


- Radiación solar
- Flujo aire caliente
- Flujo aire frío
- Aspersores de agua
- Flujo O2
- Flujo CO2

ESCANTILLÓN

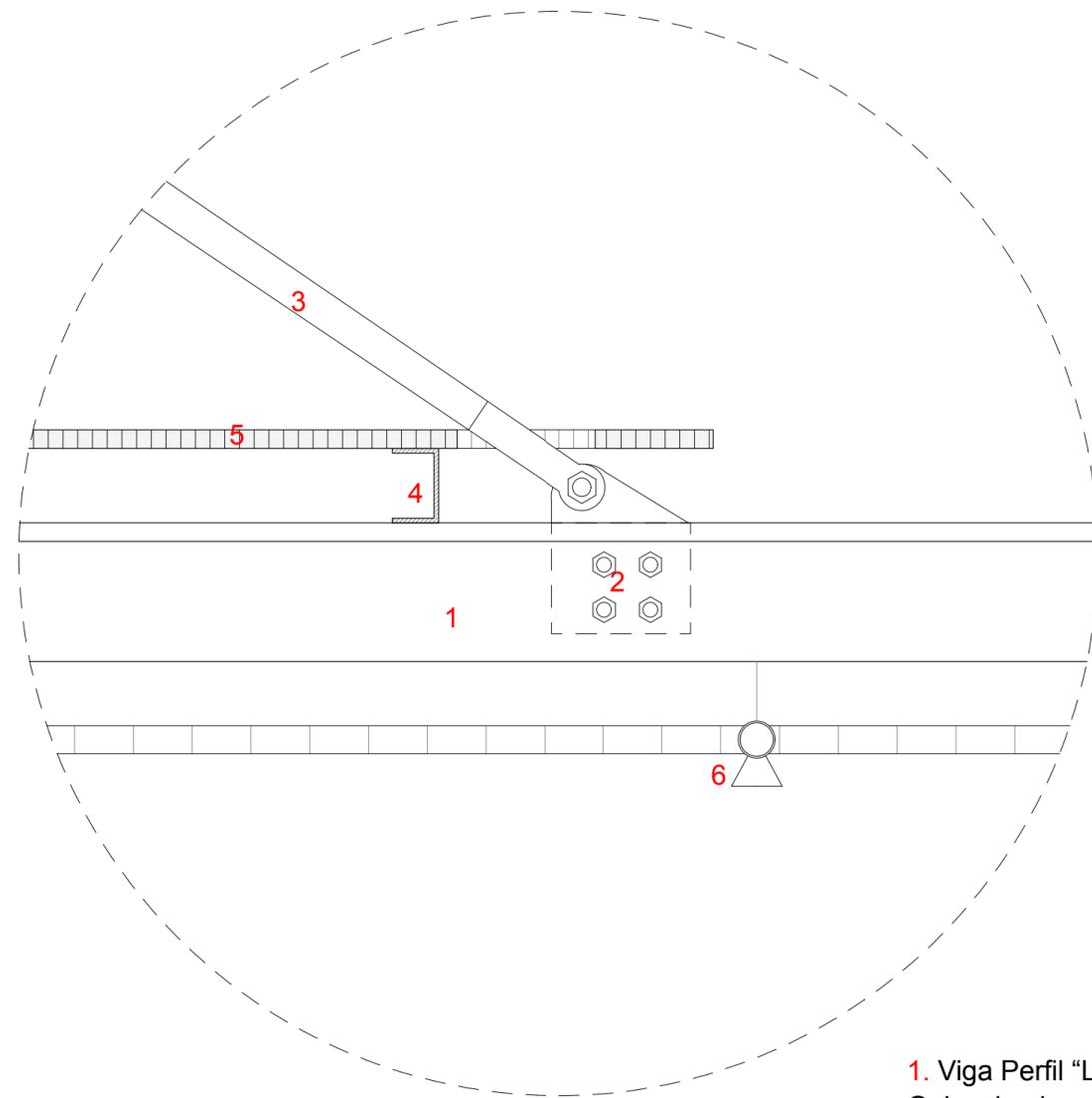


DETALLE 1



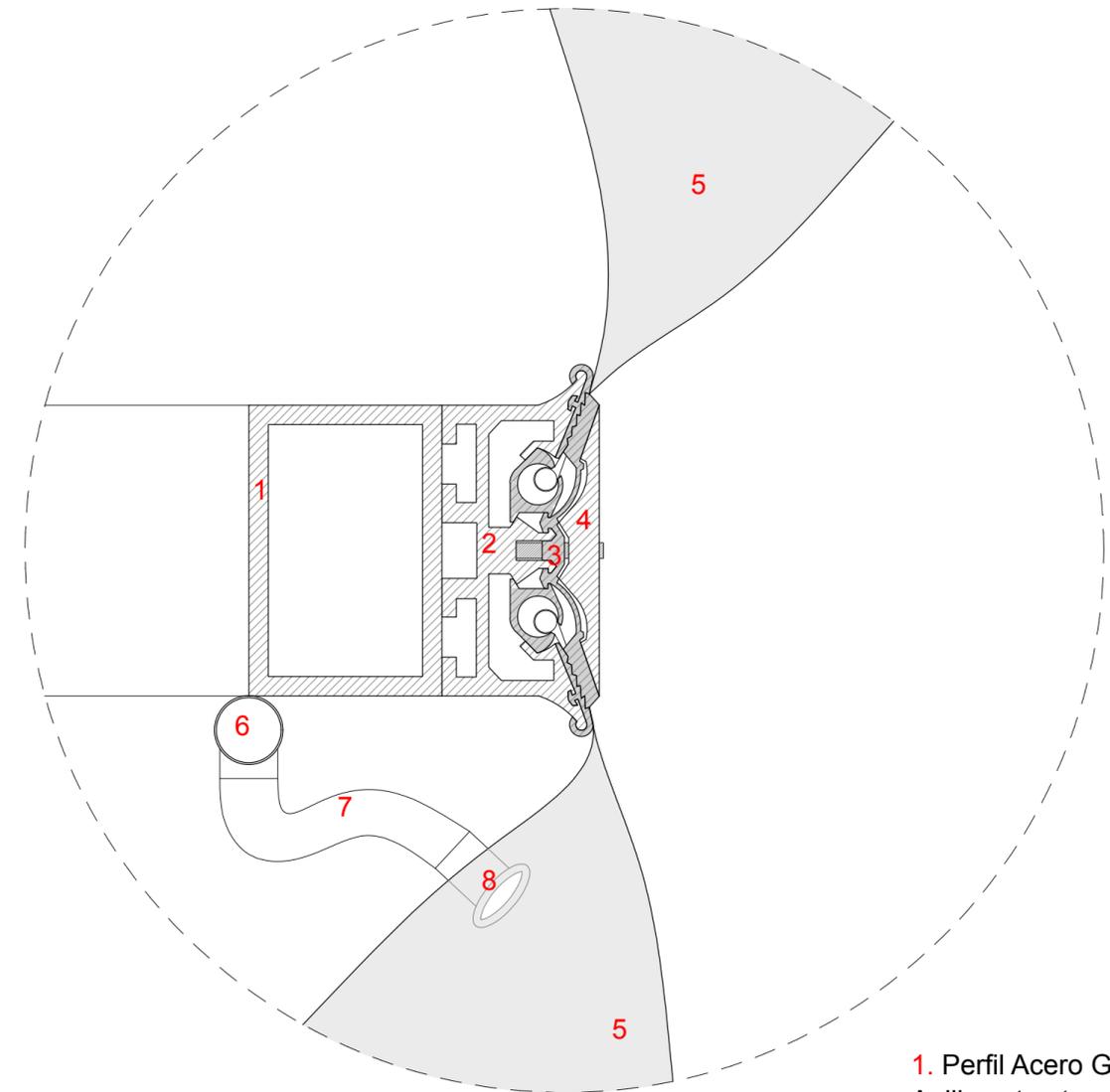
- 1. Viga Madera Laminada
- 2. Losa Madera Laminada
- 3. Pletina Acero
- 4. Perfiles Aluminio
- 5. Muro Cwortina
- 6. Viga Perfil "L"
- 7. Perfil "C"
- 8. Malla Grating
- 9. Suministro aguas grises

DETALLE 2



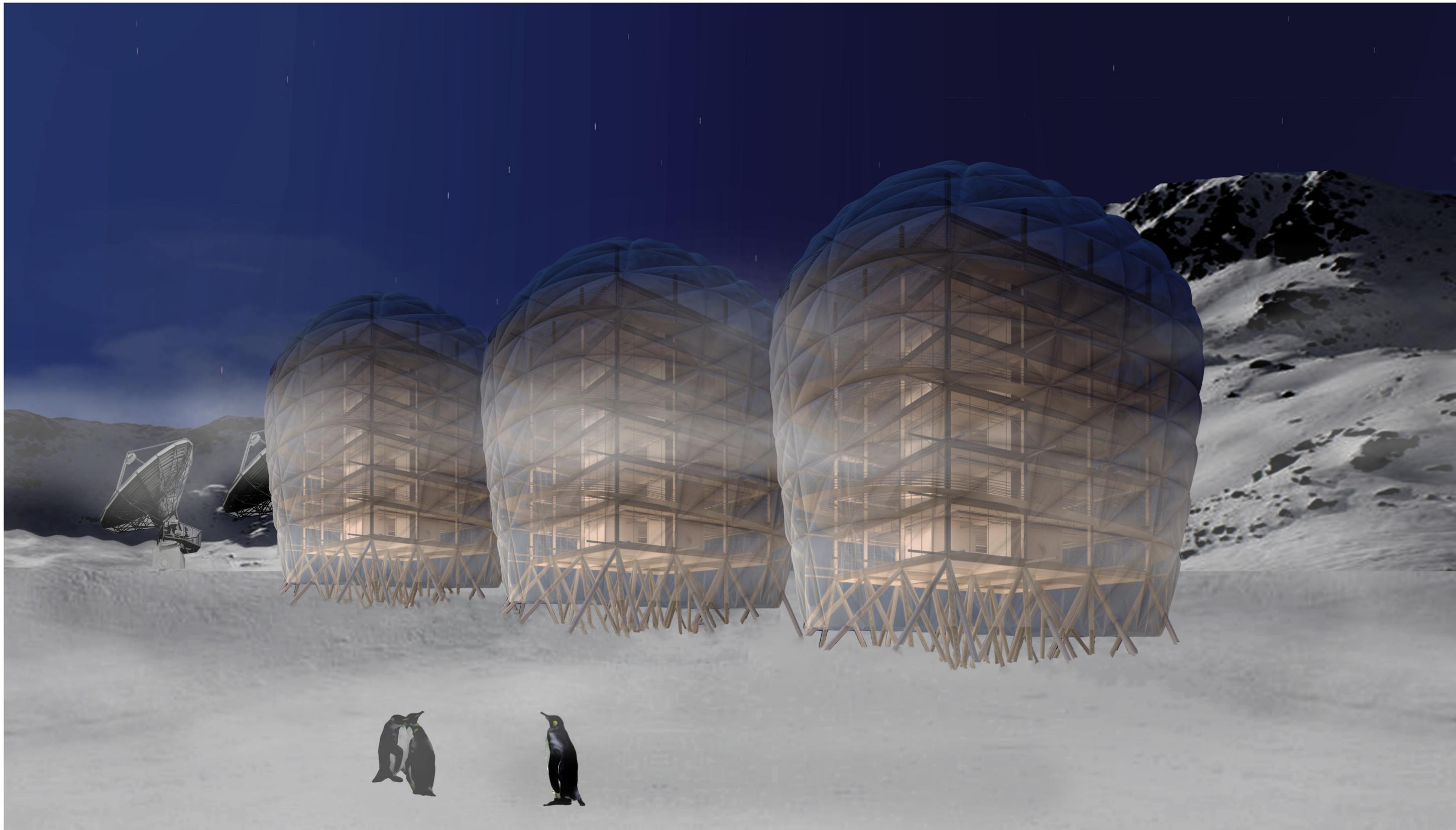
1. Viga Perfil "L" Acero Galvanizado
2. Pletina
3. Tirante Acero Galvanizado
4. Perfil "C"
5. Malla Grating
6. Aspensor de agua

DETALLE 3



1. Perfil Acero Galvanizado Anillo estructura
2. Perfil aluminio
3. Base y sello de la tapa
4. Tapa aluminio
5. Membrana de ETFE
6. Suministro de Aire
7. Manguera flexible
8. Entrada de aire









Bibliografía

Atelier Bow Wow. (2009). Insect Hunting. En Atelier Bow Wow, Echo of Space/ Space of Echo. (pp. 30- 33).Japón: INAX.

Banham, R. (1965). A home is not a house. Art in America, 109- 118.

Banham, R. (1965). Una Arquitectura de Ensamble. Architectural Design, 11, 25-28.

Braun, C., Hertel, F. & Peter, H. (2017). Environmental management: the Fildes Peninsula Paradigm. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/315687867>

Braungart, M. & McDonough, W. (2005). Cradle to Cradle (De la cuna a la cuna). (1a ed.) Madrid, España: McGraw-Hill

Carrasco, J. & González, M. (2007). Climatología de la península antártica y de la base Presidente Eduardo Frei Montalva. Santiago: Dirección meteorológica de Chile.

Castro, O. (2009). Jakob von Uexküll: El concepto de Umwelt y el origen de la biosemiótica. (Tesis doctoral inédita). Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España.

Council of Managers of National Antarctic Programs, Antarctic Station Catalogue.

Gallego, J. (2010). Enriquecer la Arquitectura. Revista Arquitectos, 189, 12-14.

Instituto Antártico Chileno. (2018). Enciclopedia visual de la Antártica, Negro Editores.

Mayewski, P., Bracegirdle, T., Goodwin, I., Scheider, D., Butler, A., Birkel, S., Carleton, A., England, H., Kang, J., Khan, A., Russel, J., Turner, J. & Velicogna, I. (2015). Potential for Southern Hemisphere climate surprises. Journal of Quaternary Science, 30(5) 391–395. DOI: 10.1002/jqs.2794

McHale, J. (1967). The Ecological Context: Energy and Materials. En World Design Science Decade 1967- 1975. (Phase II, Doc.6). Carbondale, IL: Southern Illinois University.

Mestre Martínez, N. (2014). Híbrido: entre la disidencia y la ecología. ZARCH, (3).

Ovalle, M. & Rivera, T. (16 de Julio de 2020). Desde cómo se produce hasta la realidad chilena: 5 claves para entender el fenómeno del hidrógeno verde. El Mercurio, pp. I1, I2.

Peter, H., Braun, C., Janowsky, S., Nordt, A., Nordt, A. & Stelter, M. (2013). The current environmental situation and proposals for the management of the Fildes Peninsula Region. Disponible en Umwelt Bundes Amt: <http://www.uba.de/uba-info-medien-e/4424.html>

Pinochet de la Barra, O. (1990). Antártica, un continente para el tercer milenio. Estudios Internacionales, 23(92), p. 499-511.

Rahm, Ph. (2006). La Forme et la fonction suivent le climat. En Borasi, Giovanna (ed.), Environ(ne)ment. Manières d`agir pour domain/ Approaches for tomorrow, Canadian Centre for Architecture/ Skira, Montreal, p. 128- 137. Traducción de Susana Landrove.

Rogers, R., Gumuchdjan, Ph. (2000). Ciudades para un Pequeño Planeta. (1a ed.). Barcelona, España: Gustavo Gili.

Schuler, M. & Thierfelder, A. (2010). Un edificio es un Sistema respiratorio. Revista Arquitectos, 189, 3-7.

Taylor, P., Bernal M. & Serrano, P. (2000). Antártica, Estación Polar Parodi: Tácticas Antárticas Arquitectura Desplegable. Revista Oficial del Colegio de Arquitectos, (103), 58-63.

Sitiografía

<https://minrel.gob.cl/>

<https://www.antarctica.gov.au/>

<https://www.coolantarctica.com/>

<https://www.ccamlr.org/>

<https://www.ats.aq/>

<https://www.comnap.aq/>

<http://www.jacobswind.net/>

<http://www.hiddenarchitecture.net/>

<http://www.wikiarquitectura.net/>

Imágenes

1. Hurley, F. (1911). Los esfuerzos de Whetter y Close para alcanzar el hielo en Cabo Denison. [Fotografía]. Recuperado de <https://www.rpp.pe/>

2. Cárdenas, C. (2017). Esponja Antártica. [Fotografía]. Recuperado de Enciclopedia visual de la Antártica.

3. Turner, A. (2014). Stormy Winter. [Fotografía]. Recuperado de <https://antarcticsun.usap.gov/features/4076/>

4. Autor desconocido. (2016). [Fotografía]. Recuperto de <https://www.redestrategia.com/>

5. Autor desconocido. [Fotografía]. Cortesía de PolarLab Chile.

6. Elaboración propia. (2020). Dinámicas Península Antártica. [Dibujo digital].

7. Braun, C. (2009). [Fotografía]. Prototipo E-Base Estación Bellinghausen. En The current environmental situation nd proposals for the management of the Fildes Peninsula Region.

8. Autor desconocido. (1934). [Fotografía]. Turbina eólica jacobs Little-America, Campamento Antartico. Recuperado de www.jacobswind.net

9. Autor desconocido. (2010). [Fotografía]. En International Polar Foundation.

10. Elaboración propia. (2020). [Dibujo digital]. Mapping.

11. Autor desconocido. (1947). [Fotografía]. Casa Wichita. Recuperado de <http://es.wikiarquitectura.com/edificio/casa-wichita/#>

12. Autor desconocido. (2007). [Esquema]. Temperaturas continente antártico. En Climatología de la península antártica y de la base Presidente Eduardo Frei Montalva.

13. Autor desconocido. (2007). [Esquema]. Vientos catabáticos continente antártico. En Climatología de la península antártica y de la base Presidente Eduardo Frei Montalva.

14. Autor desconocido. (2007). [Esquema]. Precipitaciones continente antártico. En Climatología de la península antártica y de la base Presidente Eduardo Frei Montalva.

15. Saenz Oiza, F. (1952). [Dibujo]. Dos Esquemas Idénticos. En Revista Nacional de Arquitectura (España).

16. Saenz Oiza, F. (1952). [Dibujo]. Esquema edificio y sistemas. En Revista Nacional de Arquitectura (España).

17. Rogers, R. (2000). [Esquema]. Ciudades de metabolismo circular. En Ciudades para un pequeño planeta.

18. Robert, R. (2010). [Dibujo digital]. Recuperado de <https://www.plataformaarquitectura.cl/>

19. Autor desconocido. [Fotografía]. Cortesía de PolarLab Chile.

20. Elaboración propia. (2020). [Dibujo digital]. Puntos de contaminación en Bahía Fildes.

21. Peter, H., Braun, C., Janowsky, S., Nordt, A., Nordt, A. & Stelter, M. (2013). [Tabla]. Tab. 6: Updated estimate of the current and future environmental risk (Jezek & Tipton-Everett, 1995), amended according to Peter et al. (2008).

22. Peter, H., Braun, C., Janowsky, S., Nordt, A., Nordt, A. & Stelter, M. (2013). [Tabla]. Continue Tab. 6: Updated estimate of the current and future environmental risk (Jezek & Tipton-Everett, 1995), amended according to Peter et al. (2008).

23. Elaboración propia. (2020). [Dibujo digital]. Mapas de: instalaciones diversas, contaminación acústica y rutas no establecidas.

24. Nordt, A. (2009). [Fotografía]. Snow contaminated with diesel fuel is pushed into the sea. En The current environmental situation and proposals for the management of the Fildes Peninsula Region.

25. Braun, C. (2009). [Fotografía]. Absorbent oil barriers in the mouth of Kitesbach. En The current environmental situation and proposals for the management of the Fildes Peninsula Region.

26. Nordt, A. (2011). [Fotografía]. Oil discharge into Valle Grande caused by pumping out the oil-contaminated airport lake. En The current environmental situation and proposals for the management of the Fildes Peninsula Region.

27. Walker, A. B. (1909). Real Estate Number. [Dibujo]. Recuperado de <http://www.vfarm.my/provenance>

28. Autor desconocido. (2018). [Dibujo digital]. Cortesía de PolarLab Chile.

29. Elaboración propia. (2021). Redibujo situación actual Estación Frei en Bahía Fildes. [Dibujo digital].

30. Elaboración propia. (2021). Redibujo propuesta MOP para renovación de instalaciones en Estación Frei en Bahía Fildes. [Imagen digital].

31. Autor desconocido. [Fotografía]. Recuperado de <https://www.dezeen.com/2015/07/28/silodam-mvrdv-housing-amsterdam-harbour-movie-nathalie-de-vries/>

32. MRVDV. (1995). [Dibujo]. Diagrama de usos. En Híbrido: entre la disidencia y la ecología.

33. MVRDV. (2003). Diagramas de negociaciones políticas. [Redibujo digital]. En Diagramanía: El diagrama como la “teoría” del proyectar contemporáneo.

34. Phillippe Rahm Architectes. (2006). [Imagen digital]. Recuperado de <http://www.philipperahm.com/data/projects/museumkantor/index.html>

35. Elaboración propia. (2021). [Redibujo digital]. Recuperado de <http://www.philipperahm.com/data/projects/museumkantor/index.html>

36. Elaboración propia. (2021). [Redibujo digital]. Recuperado de <http://www.philipperahm.com/data/projects/museumkantor/index.html>

Imágenes

37. Autor desconocido. (2008). [Fotografía]. Recuperado de <https://www.iasoglobal.com/es-ES/proyecto/urban-space-station>

38. Cesar Harada. (2008). USS Sketch- Sketch for Reina Sofia Museum in Madrid. [Dibujo]. Recuperado de <https://www.mediamatic.net/en/page/195915/the-urban-space-station>

39. Elaboración propia. (2008). Corte USS intervenido. [Redibujo intervenido].

40. René Robert. (2011). Princess Elisabeth Station, the first “Zero emission” polar research station with windturbines, solar panels & satellite dish. [Fotografía]. Recuperada de http://www.polarfoundation.org/news_press/press_pictures/princess_elisabeth_antarctica

41. Elaboración propia. (2021). Esquema producción, manejo y distribución energía en Estación Princess Elisabeth. [Esquema].

42. Elaboración propia. (2021). Axonométrica instalaciones Estación Princess Elisabeth. [Redibujo digital].

43. Taylor, P. (2000). Vista interior túnel. [Fotografía]. En Antártica, Estación Polar Parodi: tácticas antárticas infraestructura desplegable.

44. Bernal, M. (2000). Vista. [Dibujo digital]. Recuperado de https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/750204/estacion-polar-teniente-arturo-parodi-arqze-arquitectura-de-zonas-extremas/5126eab7b3fc4b11a70004ea-estacion-polar-teniente-arturo-parodi-arqze-arquitectura-de-zonas-extremas-vista?next_project=no

45. Elaboración propia. (2021). Esquema flujo de temperaturas y efecto invernadero en Estación Polar Parodi. [Dibujo digital]

46. Shulthess, E. (2020). Botanical Garden. [Fotografía]. Instagram.

47. Elaboración propia. (2021). Axonométrica conjunto. [Dibujo digital]

48. Elaboración propia. (2021). Esquema general de proyecto. [Dibujo digital]

Imágenes

49. Elaboración Propia. (2021). Axonométrica explotada módulo. [Dibujo digital].

50. Shulthess, E. (2020). Researching Bubbles. [Fotografía]. Instagram.

51. Elaboración propia. (2021). Axonométrica general de proyecto. [Dibujo digital].

52. Elaboración propia. (2020). Maqueta experimentación material. [Fotografía].

53. Elaboración propia. (2020). Maqueta experimentación estructural/ vista escorso. [Fotografía].

54. Elaboración propia. (2020). Maqueta experimentación estructural/ vista frontal. [Fotografía].

55. Elaboración propia. (2020). Maqueta experimentación estructural/ vista lateral. [Fotografía].

56. Elaboración propia. (2020). Maqueta experimentación estructural/ vista interior. [Fotografía].