

# Parque Meteorológico Altoandino: catalizador de experiencias atmosféricas en una planta geotérmica en el río Juncalito

## Constanza Bianchini

Artículo producido a partir de tesis de magíster

Profesores guía: Pilar García, Ignacio García Partarrieu,

Arturo Scheidegger

Ante la evidente necesidad de satisfacer la creciente demanda energética y ante el imperativo de la renovación de infraestructuras, los paisajes antropizados irán cambiando. La colonización de los mares o desiertos están a la orden del día y, seguramente, marcará el cambio más importante en las geografías de la energía<sup>1</sup>.

Chile, ubicado en el cinturón de fuego del Pacífico, posee a lo largo de su cordillera el 10% de todos los volcanes del mundo. En este territorio volcánico, originado por movimientos de placas tectónicas, es posible encontrar manifestaciones naturales de la energía geotérmica como géiseres, fumarolas, fuentes termales y piscinas de lodo caliente. Por lo tanto, la cordillera chilena es una fuente de potencial de energía geotérmica.

Desde el Consejo Geotérmico de Chile aseguran que “la geotermia en Chile vive una paradoja”: pese a ser una energía limpia, autóctona y con el mayor factor de planta dentro de las energías renovables no convencionales (ERNC), la capacidad instalada es casi nula. Esto a pesar de que la energía geotérmica no ha dejado de crecer en términos de generación a nivel mundial, ya que se espera que en 2017 haya sobre 13.000 MW instalados, de los cuales sólo Chile posee un potencial de al menos 3.500 MW<sup>2</sup>.

Por su parte, en la *Hoja de Ruta 2050: hacia una energía sustentable e inclusiva para Chile*<sup>3</sup>, se estima que, para 2050, al menos un 70% de la matriz eléctrica debería provenir de energías renovables, con énfasis en la solar y eólica, pero incorporando progresivamente otras fuentes, tales como la geotermia<sup>4</sup>. Esto demuestra un interés estatal por promover la geotermia y se proyecta que, al 2030, Chile podría alcanzar 600 MW a partir de esta fuente<sup>5</sup>. Por lo tanto, es altamente probable que dentro de los próximos 10 años el desarrollo de la energía geotérmica llegue a la cordillera chilena [FIG. 01].

Esta energía está concentrada en dos principales zonas del país: la del norte, con un potencial de 2.000 MW, y la zona central-sur, con un potencial de 1.350 MW. No obstante, hasta ahora en Chile hay un solo proyecto construido (Cerro Pabellón, región de Antofagasta) y uno en vías de construcción (Tolhuaca, región de La Araucanía), de un total de 43 concesiones geotérmicas vigentes.

En la provincia de Chañaral, región de Antofagasta, fueron otorgadas tres concesiones geotérmicas en los años 2010 y 2012: Tres Puntas, de la compañía Magma Energy Chile, y Juncalito I y II, de Energía Andina. Sin embargo, estos proyectos se estancaron en 2017 por falta de viabilidad económica; a pesar de que las prospecciones indican que entre estos últimos dos podrían generar 150 MW. El potencial energético de esta zona tiene que ver con el complejo volcánico Caldera de Wheelwright, que corresponde a una de las más grandes estructuras caldéricas de la región altoandina.

El ciclo explosivo generador de esta estructura se estima que ocurrió en el Plioceno Inferior, entre 9,7 y 5,1 millones de años atrás. Sin embargo, a pesar del paso del tiempo, los rasgos morfológicos originarios de esta caldera se encuentran muy frescos debido a su condición de lugar remoto y sobre todo a las condiciones de desierto más absoluto que presenta esta región altiplánica, que no ha sido intervenido mayormente por el ser humano<sup>6</sup>.

El territorio altoandino de la provincia de Chañaral es considerado un área rica en recursos donde se superpone el potencial de energía geotérmica con el alto

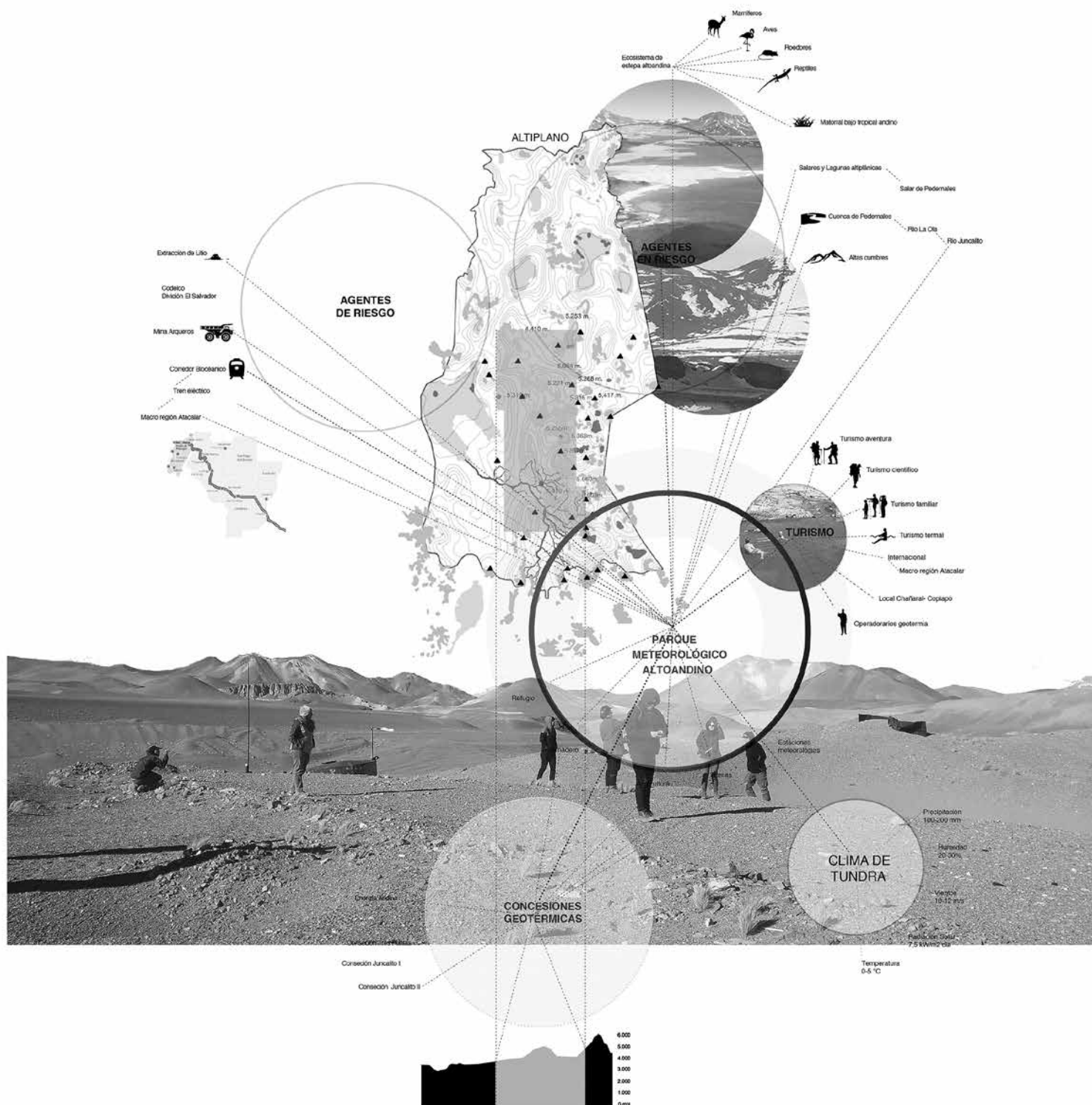


FIG. 01: Mapa de actores. © Constanza Bianchini, 2019.

valor escénico y el potencial turístico. La planta geotérmica que se proyecta en esta investigación, se emplazaría en el área altoandina que corresponde a la concesión Juncalito II. Este tipo de producción de energía puede incidir en nuevas condiciones al contar con una fuente de calor que contrasta con las condiciones de temperatura fría y de vientos existentes en el altiplano (por su clima de tundra de alta montaña), convirtiéndolas en un recurso de

valor proyectual y paisajístico. Por esto, el proyecto que se plantea es un Parque Meteorológico: una propuesta de arquitectura meteorológica que trabaja con las variables meteorológicas del lugar al que, en este caso, la geotermia introduce nuevas condiciones climáticas y atmosféricas.

Los subproductos materiales y ecológicos de una intervención energética y su capacidad productiva,

económica e incluso estética, son los factores determinantes para transformar una infraestructura monofuncional en un paisaje multivalente; poniendo nuevamente en valor al territorio altoandino y abriendo una oportunidad de interacción entre el paisaje, turismo y la energía geotérmica. En este artículo, se considera la energía geotérmica de la manera en que la plantean Berrizbeitia y Folch: como una oportunidad para volver a conceptualizar

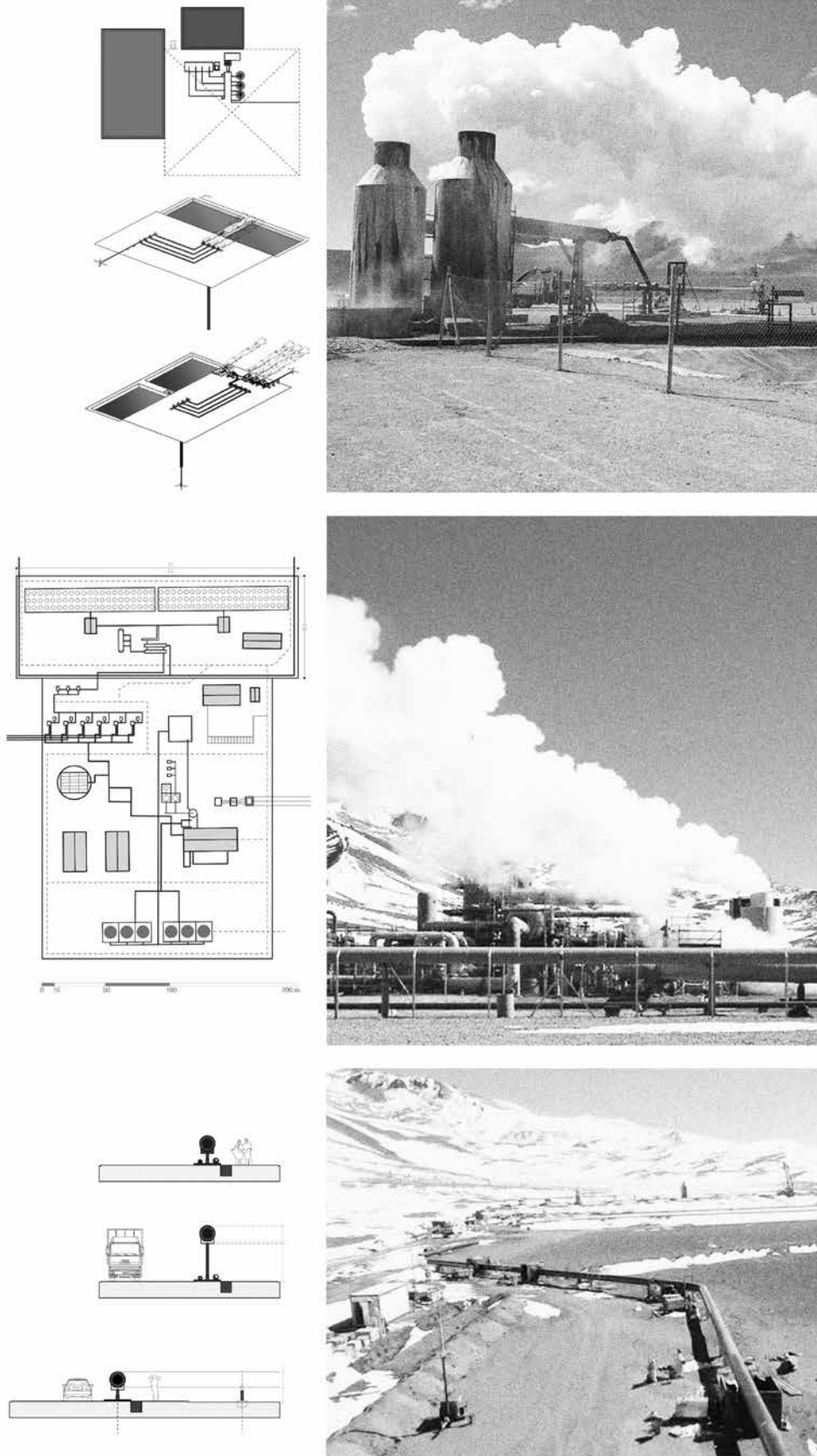


FIG. 02: Despiece de la geotermia en Cerro Pabellón. De arriba hacia abajo: planta pozo extractivo tipo e isométricas de los pozos de extracción y reinyección; planta de la central geotérmica, cortes de ducto de transporte de fluido geotérmico. © Constanza Bianchini, 2019.

la infraestructura como un agente regenerador del paisaje desde lo productivo-social. Esto plantea el desarrollo del turismo y las nuevas conectividades de aquellos territorios que hoy son venerados en su profundo aislamiento<sup>7</sup>.

Tanto desde una mirada energética como escénica y ecológica, el altiplano posee una riqueza enorme. Integrar la energía geotérmica a este territorio significa, en un principio, articular los procesos productivos con los procesos naturales del lugar y, segundo, utilizarlos para activar su potencial turístico. Mediante el desarrollo de un proyecto de arquitectura meteorológica, es posible reorganizar flujos y procesos productivos geotérmicos en función a condiciones meteorológicas temporales del lugar. Esta reorganización permite generar puntos que potencien la apreciación y experiencia en el paisaje altoandino, poniendo en valor sus variables dinámicas. Por otra parte, mediante el replanteamiento desde lo monofuncional de una planta geotérmica hacia un parque meteorológico, es posible integrar la energía al paisaje y potenciar su desarrollo turístico de una manera multifuncional.

### ENERGÍA GEOTÉRMICA

Los volcanes constituyen la estructura fundamental del territorio chileno desde sus orígenes geológicos y son actualmente la expresión dinámica de la tierra viva, que han modelado la belleza de su paisaje que decora el maravilloso escenario físico andino, creando no solo un hábitat extraordinario para el asentamiento humano, sino que además generando los valiosos recursos minerales y energéticos<sup>8</sup>.

La energía geotérmica es aquella almacenada en forma de calor por debajo de la superficie sólida de la Tierra. Esta energía se explota a través de un ciclo de extracción y reinyección de un fluido que se encuentra en un reservorio geotérmico que se encuentra entre 500 y 4.000 metros de profundidad, donde existen rocas a alta temperatura, con alta permeabilidad y saturadas en fluidos. Estos fluidos circulan por rocas que están a más de 230°C y son una mezcla de vapor y minerales disueltos. Una vez en superficie, mediante la tecnología, el fluido es separado en una fase vapor y viaja por ductos a 180°C hacia una planta de generación, donde se transforma la energía geotérmica en eléctrica. Desde esta planta, el fluido sale en fase líquida entre 90 y 100°C y viaja por ductos hasta pozos donde es reinyectado al reservorio nuevamente. La energía geotérmica, por tanto, se conforma de un sistema cerrado de circulación con el interior de la tierra, con un impacto casi nulo en términos de contaminación. Además, “las plantas de energía geotérmica se caracterizan por no utilizar combustibles fósiles, por lo que emiten 1/6 del dióxido de carbono producido por una planta de gas natural”<sup>9</sup>.

Debido a este ciclo cerrado sustentable, esta energía es considerada una energía renovable no convencional positiva para diversificar la

matriz energética de la Provincia de Chañaral, favoreciendo la economía a través de la explotación de un recurso local. Como referente para el proyecto de investigación, se analiza en detalle el funcionamiento la planta geotérmica Cerro Pabellón<sup>10</sup> en Chile, ya que se acerca más a las condiciones de altura, clima y contexto. Ésta es la instalación de su tipo a mayor altura en el mundo: emplazada a 4.500 msnm en un sector remoto del altiplano (el proyecto de esta tesis se ubicaría a 3.800 msnm), cercano a Ollagüe, en la región de Antofagasta. Esta planta, inaugurada en 2017, marcó un hito en el desarrollo de esta energía al ser la primera planta geotérmica no solo de Chile, sino de Sudamérica. Actualmente es la única planta geotérmica operativa en Chile, y produce 48 MW, que equivalen a 340 GWh al año. Esto corresponde a las necesidades de consumo anual de más de 165.000 hogares chilenos, evitando la emisión a la atmósfera de más de 166.000 toneladas de CO<sub>2</sub>.

A partir de la planta Cerro Pabellón se puede entender el funcionamiento de la energía geotérmica, que en este caso es posible entender también como un sistema ramificado, de puntos y líneas. Básicamente, el sistema de la planta consiste en el viaje del fluido geotérmico desde 7 pozos, a partir de cada uno de éstos surge un ducto que lo conduce hasta la planta geotérmica y, desde ésta, el fluido viaja a través de 2 ductos para reingresar a la tierra en otros pozos.

En detalle, los pozos productivos son los puntos de extracción y reinyección del fluido geotérmico. Estos constan de un área de operación de 10.000 m<sup>2</sup> (en la fase de construcción), separadores atmosféricos y 2 piscinas de decantación: una de 2.000 m<sup>2</sup> y otra de 5.700 m<sup>2</sup>. Los separadores atmosféricos, cada cierto tiempo, emanan columnas de vapor que también constituye un atractivo, al generar un efecto atmosférico artificial, excepcional en el desierto.

El fluido geotérmico viaja linealmente a través de ductos hasta la central geotérmica<sup>11</sup>, que es el punto donde forman tramas más complejas, plegándose generalmente en 90°, debido a que deben ir pasando por distintos mecanismos como bombas, separadores, silenciadores, salas de máquinas, etc. Posee un funcionamiento continuo, día y noche, por lo que su infraestructura está iluminada de noche.

En cuanto a la variación de temperaturas y estados de los flujos en la central: los fluidos ingresan como vapor a temperaturas de aproximadamente 180°C, y salen a 100°C-99°C, justo la temperatura en que el vapor se condensa y continúa al ciclo de reinyección como líquido a altas temperaturas. Este último proceso, en un proyecto como el que se planteará en el artículo, estaría el ciclo de aprovechamiento de calor para otros programas de carácter turístico. Por ejemplo, se podría separar y aprovechar una parte de su calor para temperar (por medio de intercambiadores de calor) programas recreativos, productivos y educativos.

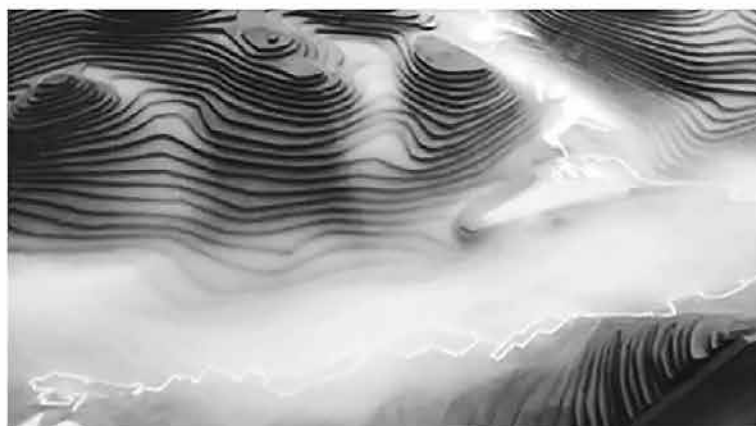
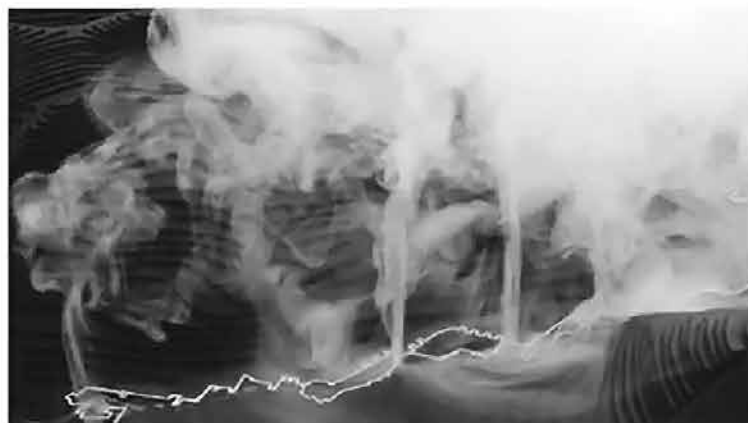


FIG. 03: Secuencia fotográfica de la maqueta territorial y sus flujos de vapor. © Constanza Bianchini, 2019.

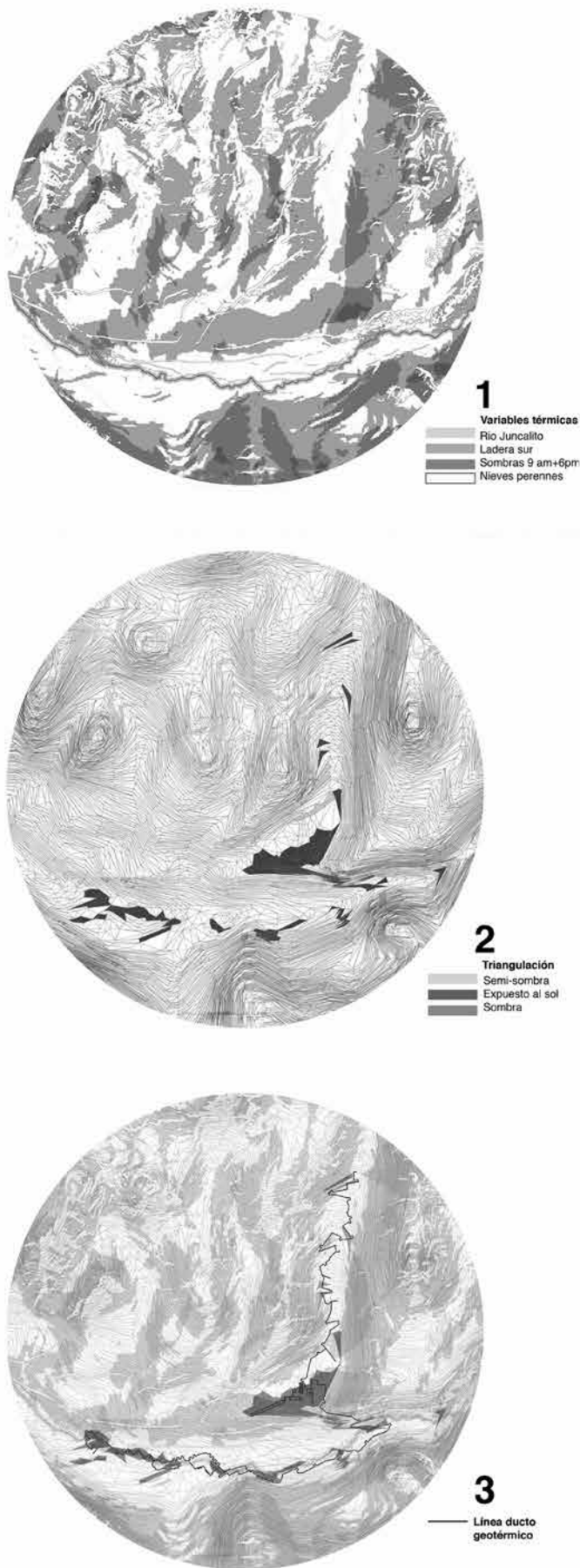


FIG. 04: Capas meteorológicas y topográficas. De arriba hacia abajo: (1) sumatoria de capas meteorológicas; (2) selección de áreas por triangulación topográfica; (3) propuesta de direccionamiento de línea de calor geotérmico en el sitio en base a la triangulación y a las áreas seleccionadas. © Constanza Bianchini, 2019.

En países como Islandia, Nueva Zelanda y Estados Unidos, es común ver establecimientos balneológicos en los alrededores de plantas geotérmicas, donde se aprovecha el agua de baja a mediana temperatura para la instalación de invernaderos, piscicultura, calefacción de edificios, entre otros<sup>12</sup>.

### GEOTERMIA: IMAGINARIOS MÁS ALLÁ DE LO TÉCNICO

Los procesos y componentes de la geotermia recién descritos implican un sistema de distribución de aguas a distintos estados y temperaturas que son relacionables con imaginarios de paisajes, sensaciones, atmósferas y referentes de situaciones que vinculan a un espectador desde lo sensitivo y experiencial. A continuación, se identifican tres ámbitos de imaginarios.

Uno es el de las 'atmósferas de vapor'. Las columnas de vapor liberadas por el proceso productivo de la planta – son una pérdida de calor necesaria del proceso –, son consideradas un subproducto que posee una cualidad atmosférica que es posible poner en valor a través del diseño.

Otro ámbito son los 'paisajes de las aguas temperadas'. Como subproducto del proceso de generación de energía geotérmica, existe la posibilidad de calefaccionar aguas con fines hidroterapéuticos. Un ejemplo de esto es el complejo termal Blue Lagoon, en Islandia, donde se encuentra la planta Svartsengi Power Station. En este caso, las propiedades minerales de su sitio rico en silicio convierten a sus aguas aptas para el baño. A través de un proceso de filtración, se ocupa directamente una parte del fluido geotérmico (que ha pasado por el proceso industrial) para rellenar una piscina termal artificial. Este caso demuestra que el paisaje de la geotermia es compatible con la generación de paisajes de aguas termales.

Por último, se identifica el imaginario de las 'líneas como demarcación de un paisaje variable'. Los ductos de transporte de fluidos representan la introducción de nuevas líneas en el paisaje. Estas líneas marcan cierta rigidez ante la variabilidad del paisaje, haciendo evidentes los procesos naturales que ocurren en él a través del contraste entre los flujos temporales y la forma construida.

Recapitulando, la introducción de una infraestructura como esta trae nuevas condiciones generadas a partir de: puntos de liberación de vapores, la línea de calor en gradiente de temperaturas y la acumulación de aguas a distintas temperaturas.

### ARQUITECTURA METEOROLÓGICA

A diferencia de las dos principales teorías respecto a la arquitectura, programa y función, en que "la forma sigue la función" (Louis Sullivan) o "la función sigue al forma" (Louis Kahn), el planteamiento del arquitecto Philippe Rahm es que la forma sigue al clima. A partir de esta visión, Rahm acuña el concepto de una nueva

arquitectura meteorológica, en la que “lo invisible tiene prioridad sobre lo visible, y la atmósfera, la conducción del calor, la evaporación, el cambio climático y las condiciones climáticas están en primer plano”<sup>13</sup>. De este modo, su arquitectura es diseñada en base a aspectos climáticos como temperaturas, humedad y luz en recintos cerrados de escalas habitacionales o incluso a escala de parques. Con esta lógica, Rahm propone que:

[...] donde el clima es un problema, el clima también puede ser la solución, basando el diseño en la física, repensando la arquitectura y la urbanización desde un punto de vista atmosférico, más ecológico, proporcionando una nueva calidad de vida para el turista, más cómoda, más sensorial<sup>14</sup>.

La investigación realiza un análisis mediante mapas meteorológicos que registran áreas más frías debido a factores como: viento, sombra, laderas, humedad, agua y nieve. Contando con estos mapas, se realiza un sistema de triangulación topográfica para seleccionar áreas expuestas a mayor cantidad de estos factores. Estas áreas indicarán los lugares donde, por ejemplo, será necesario proponer en el proyecto espacios más cálidos, más protegidos del viento, más contenidos. Los mapas y la triangulación determinarán especialmente la distribución del flujo o línea de calor productivo de la geotermia, que podría abastecer de calor distintos puntos, pero especialmente aquellos más fríos. En este sentido, el proyecto otorgaría la oportunidad de estar de manera confortable al aire libre tanto para visitantes como para operadores, proponiendo crear espacios externos donde se mitiguen las condiciones extremas del clima del altiplano.

#### PARQUE METEOROLÓGICO ALTOANDINO

El proyecto se considera como un catalizador o acelerador de cambios de estado. Al ser una fuente de calor en el medio, puede producir efecto de fusión, como ocurre en el derretimiento de nieve o hielos, o evaporización, fenómeno que ocurre en parte del proceso geotérmico en separadores atmosféricos.

Por otro lado, se consideran los cambios de estado del agua por transmisión de calor por convección, conducción y radiación. Según la gradiente de temperaturas de los ductos geotérmicos, se definen estaciones que catalizan estos fenómenos, convirtiéndose en un atractivo dentro de la experiencia del visitante. Estas interacciones, finalmente dependen de la temporalidad, por lo que el resultado queda abierto a la posibilidad de que ocurra lo impredecible.

El proyecto es un modelo que compatibiliza una planta geotérmica con el turismo y con el territorio altiplánico. Por lo tanto, es un detonante de activación en la zona que permite generar un mayor flujo de turistas, por lo que debe responder a estos posibles usuarios, ya sean grupos especialistas de montañistas o investigadores

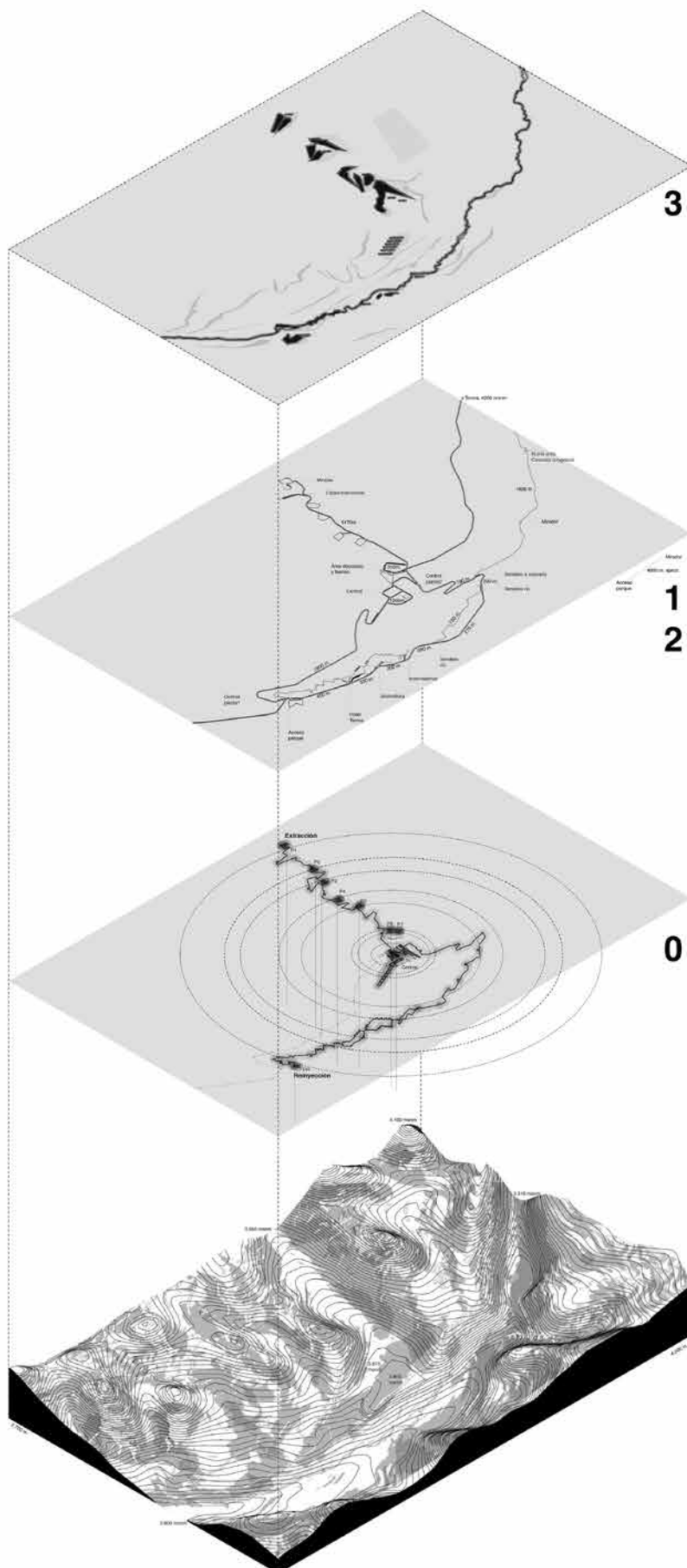


FIG. 05: Capas de estrategias de activación. De abajo hacia arriba: (1) topografía y capa meteorológica; (0) activación productiva; (1) activación programática y (2) y escénica; (3) activación ecológica.  
© Constanza Bianchini, 2019.

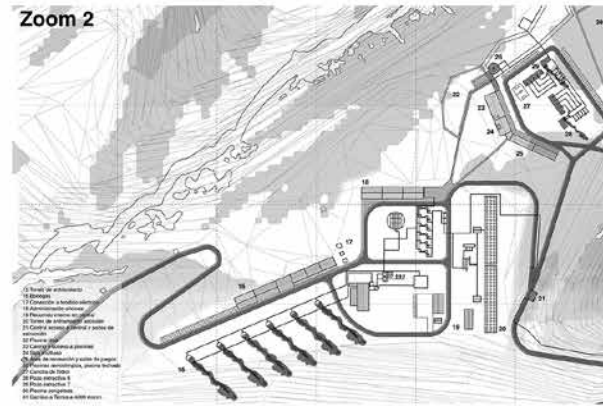
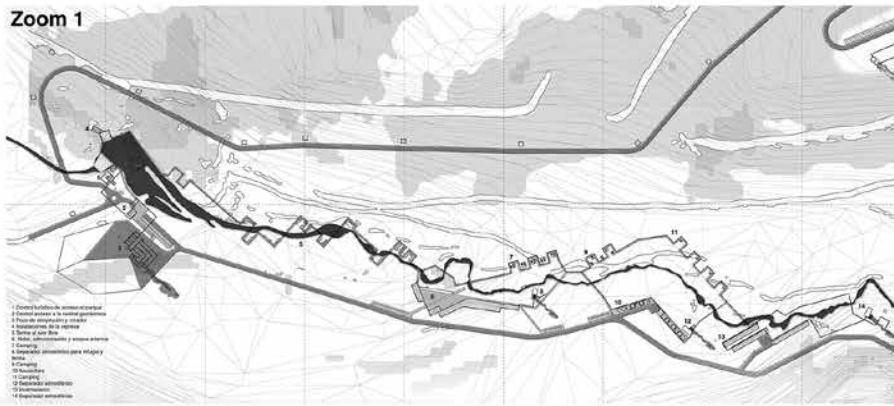


FIG. 06: Zooms de proyecto y vista general de masterplan. (Zoom 1) Acceso a parque meteorológico altoandino y segregación camino a parque con los programas: refugio-hotel, terma, invernaderos, acuicultura, camping. (Zoom 2) Central geotérmica, con programas habilitados para operarios: como bodegas, administración, casino, piscinas temperadas, salas multiuso, canchas de fútbol y recorrido interno a central para turistas. (Zoom 3) Sector productivo con acceso temporal a visitas: pozos extractivos, anfiteatro-observatorio de estrellas, explanada mirador, café y sala multiuso. © Constanza Bianchini, 2019.

científicos, o, bien, grupos aficionados a la aventura, incluidos grupos familiares.

La infraestructura energética posibilita recorridos donde las distintas temperaturas van activando programas que se ponen en contraste con los ciclos propios de este sector altiplánico. Es posible para el visitante recorrer todo el sistema de la planta, desde los puntos iniciales de extracción, hasta el punto final de reinyección de la energía, educándose respecto a esta energía a través de recorridos experienciales-recreativos.

Al conjugar los factores meteorológicos del sitio con factores productivos, se determina el programa del proyecto y se definen estrategias de activación. Finalmente, se desarrolla una serie de dispositivos en los que se explora la conjugación de variables meteorológicas con variaciones del ducto geotérmico, las que involucran un programa turístico desde lo experiencial-artístico.

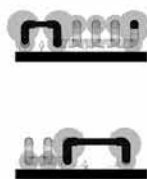
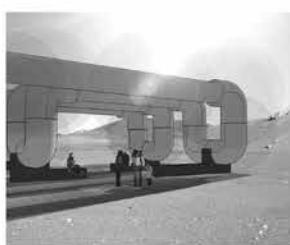
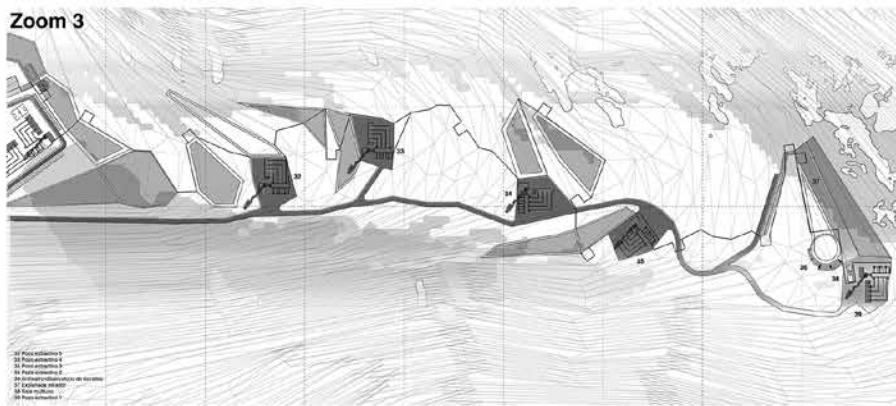
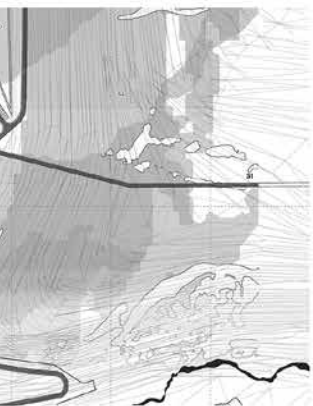
### PROGRAMA COMO SISTEMA DE LÍNEAS, SUPERFICIES Y PUNTOS

Estaciones y caminos juntos forman un sistema. Puntos y líneas, entes y relaciones. Lo interesante es la construcción del sistema, el número y la disposición de las estaciones y caminos. O podría ser el flujo de mensajes que pasan por las líneas. Uno podría buscar la formación y distribución de las líneas, caminos y estaciones, sus bordes, ángulos y formas. Pero uno debe escribir también las intercepciones, los accidentes en el flujo a lo largo del camino entre las estaciones<sup>15</sup>.

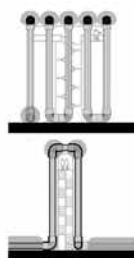
Bajo estos conceptos, se identifican tres tipos como líneas en el proyecto: flujos del agua, los recorridos y los flujos del calor. Dentro de los primeros está el río del sitio (Juncalito) y sus quebradas. Su caudal y forma depende de variaciones estacionales, como el derretimiento de hielos o las lluvias altiplánicas. En cuanto a los recorridos, se configura una ruta

escénica pensada en el recorrido en automóvil, segregando en algunos casos el recorrido de camiones y grandes maquinarias, respecto a recorridos exclusivamente turísticos y otros senderos peatonales.

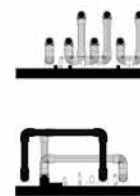
En cuanto a los flujos de calor, la línea que conforman los ductos de transporte de fluido, cada tramos de 200 metros aproximadamente deben plegarse (debido a las altas temperaturas del fluido que transportan), configurando dilatadores térmicos llamados omega. Éstos serán aprovechados en el proyecto como estaciones, que a su vez pueden ser sombreaderos, miradores, rampas, entre otros. Son definidas como estaciones meteorológicas, ya que en ellas se explora el plegado de distintas maneras del ducto para producir efectos que dependen de las condiciones de temperaturas del tubo en contraste con los estados del clima. Por ejemplo, donde el ducto esté a altas temperaturas, cuando sea invierno derretirá la nieve, generando una huella de tierra visible. Cuando llueva,



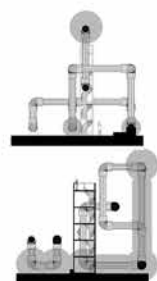
D18



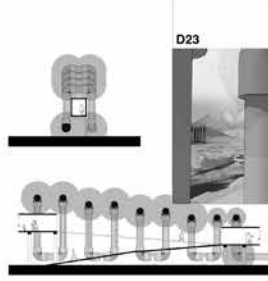
D16



D36



D15



D23



D20

FIG. 08: Cortes e imágenes de estaciones meteorológicas: (18) sombreadero cálido; (16) mirador en altura; (36) estación cristalización; (15) estación neblina; (23) rampa-mirador; (20) mirador hacia el río. © Constanza Bianchini, 2019.



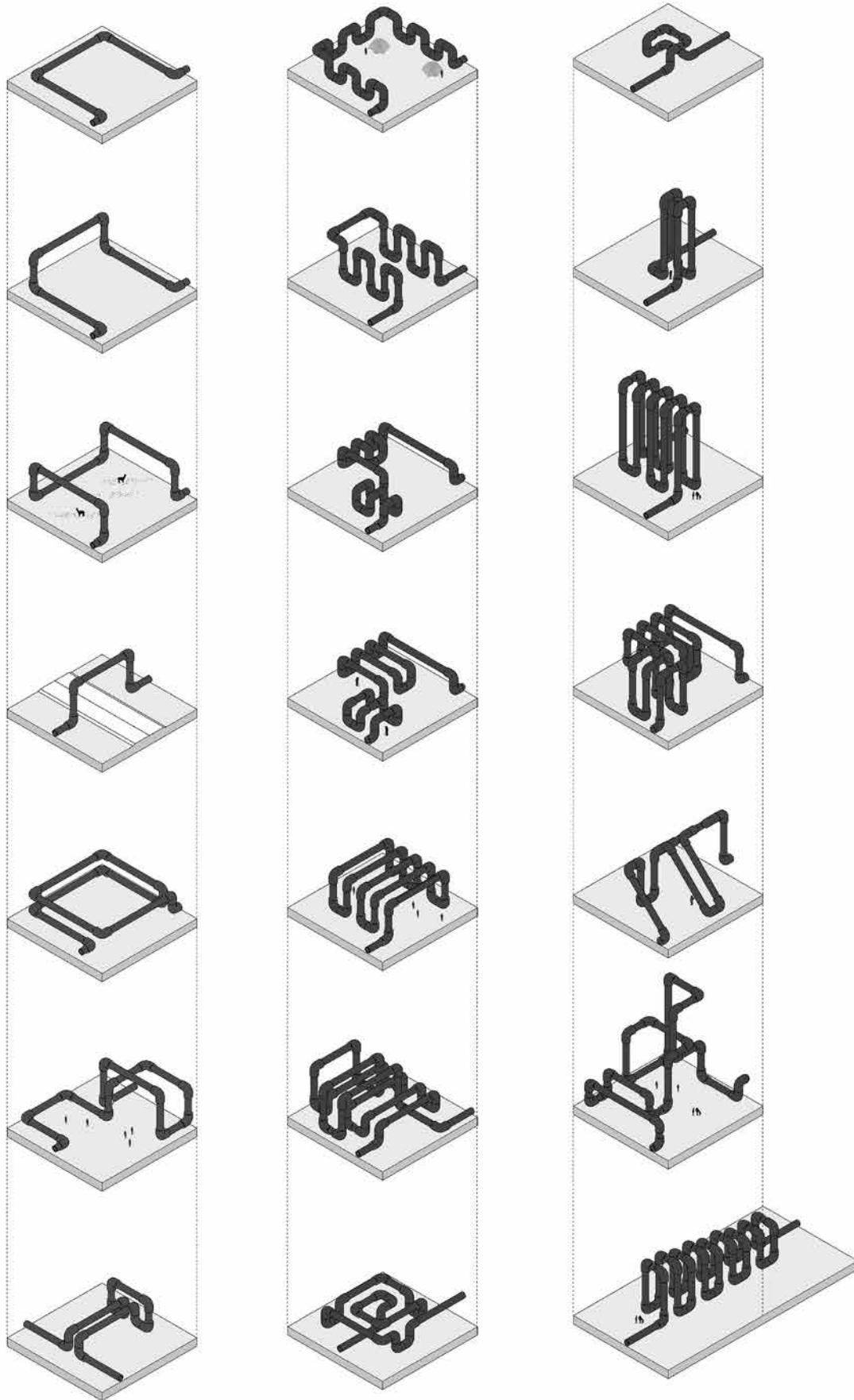


FIG. 07: Propuestas para variaciones de dilatador geotérmico a partir de Dilatador tipo (omega). © Constanza Bianchini, 2019.

la lluvia fría al chocar con el ducto caliente producirá un efecto de neblina por evaporación.

Por otro lado, en el proyecto se identifican las superficies como las piscinas de aguas cálidas y frías. A una escala mayor, con las piscinas de decantación de los pozos geotérmicos y, a una escala menor, con pequeñas piscinas para uso termal.

Finalmente se identifican como puntos, los sitios (al menos 11) de los cuales se emanará vapor, que marcarán focos estéticamente inusuales en el territorio. Además, es posible que estos lugares signifiquen un aporte de humedad en sectores donde se podría generar una mayor vegetación de la existente, creando nuevas microecologías. Otro punto importante, es el de la central geotérmica, en la que se decide resaltar sus grandes columnas de vapor, y ocultar bajo 3 metros el resto de las instalaciones. Esta manipulación topográfica es utilizada también como operación de protección del viento para mayor confortabilidad de los operadores de la planta en sus labores al aire libre.

### CONCLUSIONES

La geotermia posee elementos característicos que han sido vagamente explorados desde nuevas propuestas proyectuales. Hay pocos casos o referentes de plantas construidas en las que se integre geotermia con variables como turismo, recreación, experiencia, ecología, etc. En Chile, se están dando los primeros pasos en el desarrollo de la energía geotérmica. Como ocurre con muchos de los proyectos del ámbito energético, es de esperar que se genere un amplio debate sobre su relación con el territorio. En este contexto, la arquitectura del paisaje puede hacer un interesante aporte. Su desafío será, entonces, revelar, potenciar y explotar las cualidades que puede tener un proyecto de este tipo, más allá de ser únicamente una infraestructura energética en el paisaje.

En este artículo, la infraestructura se replantea bajo el concepto de parque meteorológico, en que lo meteorológico se convierte en material de proyecto para trabajar con efectos, sensaciones y atmósferas. En cuanto a lo formal y a la escala territorial de la geotermia en el paisaje, su infraestructura puede llegar a aportar una nueva estética al sitio. Hay una posibilidad de diseñar estéticamente los ductos geotérmicos como líneas en el paisaje, ya que se cuenta con una flexibilidad de distribuir y replantear flujos.

La infraestructura tecnológica deja de ser entendida como una 'caja negra' u objeto cerrado que no interactúa ni con el territorio ni con sus usuarios. Como adelantaba Atelier Diepe Geothermie en sus investigaciones sobre la geotermia: "la infraestructura tiene un doble valor agregado: la función de la planta de energía se ilustra mediante fenómenos como el vapor y el calor, que agregan una nueva capa de significado al usuario en el paisaje existente."<sup>16</sup>. De este modo, es posible trabajar con los subproductos de la geotermia, relacionados con imaginarios que transportan más allá de lo estrictamente tecnológico.

### NOTAS

- 1- IVANČIĆ, Aleksandar. *Energyscapes*. (Barcelona: Gustavo Gili 2010), 23.
- 2- Futuro Renovable. "Exploración geotérmica ha invertido US\$300 millones desde 2000". Recuperado desde: <<https://futurorenovable.cl/exploracion-geotermica-ha-invertido-us300-millones-desde-2000/>>.
- 3- Comité Consultivo de Energía 2050. *Hoja de Ruta 2050: hacia una energía sustentable e inclusiva para Chile*. Santiago, 2015.
- 4- Ibíd.
- 5- Universidad de Chile. "Energía Geotérmica En Chile Podría Alcanzar 600 MW Operativos Al 2030". <https://uchile.cl/noticias/131737/energia-geotermica-en-chile-podria-alcanzar-600-mw-operativos-al-2030>.
- 6- GONZÁLEZ, Oscar. *Volcanes de Chile*. (Santiago: Instituto Geográfico Militar, 1995): 216-227.
- 7- BERRIZBEITIA, Anita; FOLCH, Tomás. "Colonizar las últimas fronteras: el potencial de los paisajes de energía en la Patagonia chilena". *ARA*, no. 89 (2015): 22-29.
- 8- GONZÁLEZ, Oscar. *Volcanes de Chile*. (Santiago: Instituto Geográfico Militar, 1995), 19.
- 9- Historia de la geotermia en Chile. Recuperado desde: <<http://www.achegeo.cl/energiageotermica.html>>
- 10- Cerro Pabellón es propiedad de la empresa Geotérmica del Norte (GDN), formada por Enel Green Power y Enap.
- 11- La central geotérmica posee un funcionamiento continuo día y noche, y, con el fin de optimizar la utilización del recurso geotérmico, posee dos sistemas de funcionamiento distintos: uno a condensación o flash, que explota el fluido geotérmico como vapor y produce 40 MW, y otro binario, que explota el fluido en fase líquida y produce 10 MW aproximadamente.
- 12- Asociación Chilena de Geotermia, ACHGEO. "Energía geotérmica". Recuperado desde: <<http://www.achegeo.cl/energiageotermica.html>>.
- 13- RAHM, Philippe. "Meteorological architecture". *Architectural Design*, vol. 79, no. 3 (2009): 30-4.
- 14- RAHM, Philippe. *Form Follows Climate: About a Meteorological Park in Taiwan*. (Rionero in Vulture: Oil Forest League, 2017).
- 15- ALLEN, Stan. *Points + Lines. Diagrams and projects for the city*. (NY: Princeton Architectural Press 1999): 37.
- 16- 51N4E; Rebel Group; H+N+S landscape architects; DEHAENE, Michiel. *Atelier Diepe Geothermie* (diciembre, 2015): 109. Disponible en: <[http://www.diepegeothermie.be/nl/wp-content/uploads/2015/02/EFRO\\_workshop\\_51N4E-kopie.pdf](http://www.diepegeothermie.be/nl/wp-content/uploads/2015/02/EFRO_workshop_51N4E-kopie.pdf)>.