



ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA ADAPTACIÓN AL ALTIPLANO BOLIVIANO

Máster Universitario en Arquitectura
Avanzada, Paisaje, Urbanismo y Diseño
MAAPUD-UPV

Autor:
Pozo Ledo Grover A.

Tutor:
Tuset Davó Juan José

Curso 2014-2015





Universidad Politécnica de Valencia

Máster en Arquitectura Avanzada, Urbanismo, Paisajismo y
Diseño MAA-PUD-UPV

Trabajo Final de Máster

Estrategias bioclimáticas para el Altiplano Boliviano

Autor:

Pozo Ledo Grover Antonio

Tutor Académico:

Profesor Catedrático Juan José Tuset Davó

Valencia, España 20 de Noviembre de 2015

Todos los Derechos Reservados. ©

"Dedicado a mi madre y a la tierra que tanto amamos"

Agradecimientos

Al programa de Becas Erasmus Mundus Lindo y sus encargados, por la oportunidad de ampliar mis conocimientos y recorrer estas distancias, y a la Oficina de Acción Internacional por el trabajo que realizan.

A la ETSA, al programa de Master y los profesores que la conforman.

A mi Tutor Juan José Tuset Davó, por el tiempo, consejos y paciencia brindados.

A todos los amigos con los que juntos cursamos esta aventura.

INDICE

Introducción	1
1. Planteamiento del trabajo	3
1.1. Justificación y problemática	4
1.2. Objetivos	6
1.3. Metodología	7
1.4. Estado del arte	10
2. Fundamentos de arquitectura bioclimática	17
2.1. El sol	20
2.1.1. Radiación solar	20
2.1.2. Energía solar pasiva	22
2.1.3. Energía solar Térmica	27
2.1.4. Energía solar Fotovoltaica	27
2.2. El viento	28
2.2.1. Ventilación natural	28
2.2.2. Energía Eólica	30
2.3. El agua	31
2.3.1. Resguardo	31
2.3.2. Utilización	32
2.3.3. Reciclaje	33
2.4. El confort	34
2.4.1. Definición	34
2.4.2. Herramientas de diseño	35
3. El Altiplano	39
3.1. Contexto físico	40
3.1.1. Conformación y Formación	40
3.1.2. Fisiografía	42
3.1.3. Hidrografía	45
3.1.4. Clima	47
3.2. Contexto natural	55
3.2.1. Flora	55
3.2.2. Fauna	58
3.3. Contexto Socio cultural	62
3.3.1. Demografía y comunidades	62
3.3.2. Tradiciones y costumbres	64
3.3.3. Economía y Pobreza	67
3.3.4. Vivienda	69
3.4. Contexto arquitectónico	71
3.4.1. El Phutuku y el Wallichí Koya	71
3.4.2. Vivienda Tiawanaku	76
3.4.3. Las Lak'a Utas	80
3.4.4. Arquitectura andina "Cholet"	85
4. Arquitectura Bioclimática en Europa	91
4.1. Casa Rauch - Austria	92
4.1.1. Ubicación y concepto	92
4.1.2. Descripción formal	93
4.1.3. Descripción constructiva	101
4.1.4. Aprovechamiento medio ambiental y estrategias bioclimáticas	103
4.2. Vivienda El muro en Tenerife - España	107
4.2.1. Ubicación y concepto	107
4.2.2. Descripción formal	108
4.2.3. Descripción constructiva	113
4.2.4. Aprovechamiento medio ambiental y estrategias bioclimáticas	115

4.3. Mini CO2 Husene - Dinamarca	120
4.3.1. Ubicación y concepto	120
4.3.2. Descripción formal	125
4.3.3. Descripción constructiva	129
4.3.4. Aprovechamiento medio ambiental y estrategias bioclimáticas	130
4.4. Refugio Monte Rosa hut - Alpes Suiza	135
4.4.1. Ubicación y concepto	135
4.4.2. Descripción formal	137
4.4.3. Descripción constructiva	149
4.4.4. Aprovechamiento medio ambiental y estrategias bioclimáticas	151
5. Conclusiones	161
6. Bibliografía	171

INTRODUCCIÓN

La región del altiplano boliviano es un paraje muy particular por sus condiciones climáticas y su altitud, además de tener un contexto social y cultural vasado en costumbres andinas ancestrales. Dentro de este medio, en la actualidad, existe un movimiento económico importante, particularmente en la construcción de uso residencial. Esto ha ocasionado en muchos casos una búsqueda económica y formal, dejando de lado las buenas prácticas de arquitectura bioclimática. Esto afecta de forma directa la calidad de vida de las personas dentro de la vivienda, que por otra parte, se encuentra poco regulada en temas de eficiencia energética y de contaminación.

Existe un interés en el ámbito científico-arquitectónico por encontrar soluciones alternativas que puedan mejorar la eficiencia de la vivienda, además de garantizar una mejor calidad de vida de las personas. En este campo se pueden hallar escasos proyectos referidos a bioclimatismo, energías renovables y sostenibilidad dentro de la arquitectura. Únicamente esfuerzos emprendidos por un reducido número de centros de investigación y de profesionales especializados en el tema.

No obstante en el mundo científico existen muchos autores y especialistas que han trabajado sobre el tema. Estos han establecido parámetros, recomendaciones, estrategias y conceptos claros hacia los cuales se debería apuntar en el correcto diseño de arquitectura bioclimática. Como por ejemplo dice Olgay (1998), "El proceso lógico sería trabajar con las fuerzas de la naturaleza y no en contra de ellas, aprovechando sus potencialidades para crear unas condiciones de vida adecuadas. Aquellas estructuras que, en un entorno determinado, reducen tensiones innecesarias aprovechando todos los recursos naturales que favorecen el confort humano, pueden catalogarse como "climáticamente equilibradas". Es en base a estos conceptos que en la actualidad existe todo un campo de estudio dedicado al análisis de este tema particularmente en la vivienda.

Es así que en la región europea existe un campo de estudio mayor, referido al ámbito de la vivienda, en su comportamiento energético y en la eficiencia de la misma, como a la reducción de CO₂ y la generación autónoma de energía. Esta búsqueda de la investigación ha generado diversos emprendimientos relacionados a competencias, premios, participación gubernamental o privada, para crear nuevos paradigmas o prototipos en el campo bioclimático. Donde existen varios ejemplos proyectuales construidos y estudiados por diferentes universidades, centros de investigación, profesionales y grupos multidisciplinarios. Algunos de estos ejemplos son conocidos a nivel mundial.

Estos hitos proyectuales son un arquetipo claro de los estándares globales en cuanto eficiencia energética de la

vivienda se refiere. Estudiando el conocimiento vertido en ellos se puede obtener ejemplos o guías para seguir el camino de la investigación, facilitará la reproducción de las técnicas utilizadas y aportara futuras iniciativas de construcción sostenible.

El presente trabajo pretende establecer estrategias bioclimáticas aplicables para el altiplano boliviano en el diseño arquitectónico. Partiendo del conocimiento del contexto físico natural, social cultural y principalmente arquitectónico, donde se busca adaptar las experiencias europeas estudiadas, que por diversos factores son similares al ámbito altiplánico, para la intervención y el diseño de la arquitectura. En él se establecerán unos parámetros para obtener el confort óptimo para las personas, respondiendo a su contexto y consiguiendo una guía que pueda ser utilizada para responder a los problemas antes señalados, desde un punto de vista proyectual para los interesados en el tema y reforzar el ámbito científico para la arquitectura bioclimática boliviana.

CAPITULO 1
PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO

1.1. Justificación y problemática

En la región del altiplano boliviano, especialmente en las grandes ciudades existe un crecimiento importante en sector de la construcción inmobiliaria, cercano al 12% anual según el Ministerio de Economía y Finanzas (2014). Este rápido crecimiento se ve plasmado en la expansión de la forma urbana de algunos municipios de pequeña escala.

Este incremento ha derivado en la existencia de una mayor preocupación por los temas estéticos y económicos, dejando de lado el adecuado funcionamiento energético de la vivienda. Esto ocasiona que se construyan viviendas ineficientes en términos energéticos, que tienen una influencia negativa en el confort humano. Según el CENSO 2012, el 38% de las viviendas de la región altiplánica se encuentran construidos con materiales inadecuados, el 58% tiene insuficiencia de espacios, donde existe una gran dependencia de energías no renovables, afectando al medio ambiente.

Por otra parte no existen mecanismos o regulaciones públicas aplicadas en este tema lo que genera que no exista una preocupación por la calidad energética de la vivienda, afectando de manera directa la calidad de vida de los usuarios. Esta falta de conocimiento y la escasa aplicación de conceptos bioclimáticos, ocasiona una serie de falencias referidas al confort humano en la edificación y su eficiencia. El conocimiento del tema se ve aún más diezmado por los pocos centros de investigación, estamentos gubernamentales, o instituciones privadas nacionales o internacionales, que puedan respaldar el avance de las prácticas, técnicas y tecnología sobre el tema.

Así mismo en las diferentes curriculas de las facultades de arquitectura de la región este tema es poco tratado. No existen centros de postgrado que estén relacionados con este tema en particular, dejando así pocos profesionales cualificados o entendidos en la materia. Es así que en esta región existen pocos proyectos arquitectónicos que desarrollen y conceptualicen el tema, pero denotando cada vez más la preocupación de profesionales y personas interesadas en su desarrollo.

Ante esta situación cabe destacar la inquietud de la ciudadanía, escuelas de arquitectura y de profesionales ante estas diferentes carencias. Donde a su vez existe un mejor entendimiento y preocupación acerca de la crisis mundial por el cambio climático y la contaminación que se genera. Teniendo como resultado una apertura en el campo de la investigación y el aprendizaje del mismo.

Es por esto que, para tal efecto, es necesario empezar a plantear viviendas más eficientes, introducir técnicas y materiales que puedan mejorar las condiciones de confort humano. Para ello será necesario establecer ciertos lineamientos teóricos bioclimáticos y de eficiencia en la edificación para esta región. Donde es necesario generar información acerca de los avances mundiales desde un punto de vista arquitectónico proyectual como a la vez tecnológicos. Con la finalidad de establecer lineamientos

de vanguardia referidos al tema.

El concepto de arquitectura bioclimática puede aportar pautas a instituciones gubernamentales y otros centros de investigación, para que de alguna manera se puedan generar líneas de investigación o regulaciones. Todo ello para poder alcanzar un uso más eficiente de los recursos y mejorar la calidad de vida de las personas.

Finalmente un aspecto importante es la preocupación mundial ante la crisis medioambiental, principalmente en la reducción de las huellas de carbono y por la utilización de energías renovables y del consumo eficiente. En este asunto el tema de la vivienda es uno de los más importantes, ya que representa un alto nivel de consumo energético.

Este trabajo de investigación pretende realizar una contextualización y caracterización del contexto altiplánico, que nos permitan determinar pautas de diseño bioclimático, apoyados en una investigación social, económica, cultural y sobre todo arquitectónica. Para luego pasar a una revisión de proyectos bioclimáticos en Europa, de los cuales previa selección por sus características de emplazamiento climatológico, su teoría y tecnología utilizadas, puedan adaptarse al contexto altiplano boliviano.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivos generales

Establecer algunas estrategias para el diseño bioclimático, aplicables a las viviendas del sector altiplánico de Bolivia, por las cuales se posibilite un mejoramiento de las condiciones de confort térmico en las viviendas.

Conocer y analizar paradigmas europeos en arquitectura bioclimática recientes, que además por su contexto y técnicas utilizadas, permita la adaptación de estrategias bioclimáticas al contexto altiplánico.

1.3.2. Objetivos Específicos

Se consideran los siguientes:

- Conocer las pautas culturales, sociales, y económicas para entender el contexto altiplánico
- Caracterizar y analizar los factores climatológicos en la región del altiplano.
- Determinar e identificar parámetros de confort térmico, basadas en diagramas psicométricos y otras herramientas conocidas desarrolladas para el efecto, válidos para el sector del altiplano.
- Caracterizar la zona del altiplano, su arquitectura y la relación de esta con el bioclimatismo.
- Describir pautas generales acerca de conceptos relacionados con la energía y el bioclimatismo.
- Conocer y analizar ejemplos coyunturales en Europa sobre la aplicación de técnicas bioclimáticas apreciables.
- Comparar los paradigmas analizados para determinar estrategias aplicables al contexto altiplánico boliviano.

1.3. Metodología

Para la relación del presente trabajo y para conseguir los objetivos planteados se pretende una investigación aplicada en base a desarrollar tres aspectos:

La teoría

La primera parte primero presenta una síntesis de cuatro factores básicos en la aplicación de la arquitectura bioclimática como el manejo y empleo del sol, el viento, el agua y el confort térmico, haciendo un análisis, revisión y recabando datos, conceptos de autores relevantes sobre el tema para generar una base teórica donde apoyar la investigación, donde de manera clara podamos entender las bases del concepto y aplicación del bioclimatismo.

El contexto

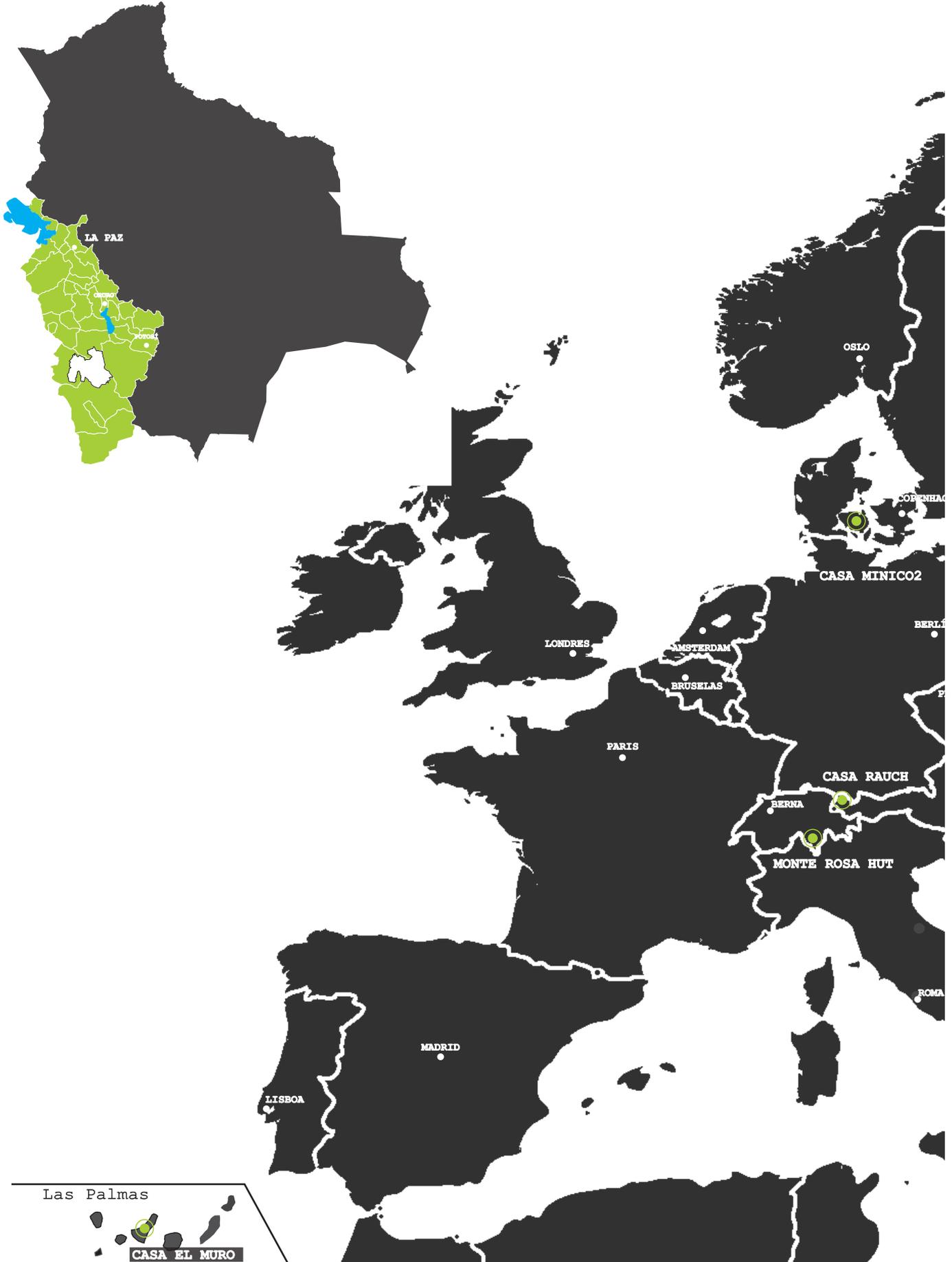
La segunda parte se analiza de manera cualitativa y cuantitativa los contextos físico, natural, económico social y por último el arquitectónico del Altiplano Boliviano para llegar a comprender todos los factores que intervienen en el relacionados con el tema, con el fin de señalar las directrices fundamentales que deben ser tomados en cuenta como base inicial de la investigación.

Los proyectos

La tercera parte contendrá el análisis de cuatro casos de estudio de arquitectura bioclimática contemporánea en Europa, que por una selección previa por sus características geográficas, climáticas y constructivas presente de manera práctica técnicas y tecnologías de aplicación bioclimática y ecológica que pueden ser adaptadas y readecuadas para el altiplano boliviano.

Finalmente a partir del análisis de estos se determina técnicas y estrategias de aplicación, que por un medio comparativo cualitativo, se pueda rescatar y adaptar nuevas tecnologías y técnicas en la aplicación para el diseño bioclimático de viviendas unifamiliares en el altiplano boliviano.

Bolivia



Europa



(Fig. 1)

1.4. Estado del arte

Fig. 1 Mapa referencia de extensión territorio Europa y Bolivia, ubicación de puntos de interés. Elaboración Propia.

En el altiplano boliviano, como en otras regiones del mundo, las construcciones que implementaron la utilización y adaptación a las condiciones climatológicas provienen de la antigüedad y han permanecido ligados a la arquitectura tradicional de muchas culturas indígenas. En el caso particular de Bolivia existe un renovado aprecio e interés por recuperar estas buenas prácticas y la relación con la naturaleza.

En la actualidad los temas relacionados con el medio ambiente, el bioclimatismo, la sostenibilidad y la eficiencia energética están ocupando importantes espacios de difusión y de investigación. Estas se encuentran en constante crecimiento en las diferentes áreas del conocimiento. El tema central del enfoque es la preocupación generalizada por la crisis ambiental en la que estamos inmersos, debido al uso excesivo de energías no renovables, el aumento de la contaminación, a la ineficiencia energética y el derroche de los recursos naturales. Consecuencia de estos problemas, diferentes instituciones gubernamentales y no gubernamentales, centros de investigación, escuelas de arquitectura, asociaciones sociales, empiezan hoy en día a sumar esfuerzos para definir estrategias, conceptos, tecnologías que permitan mejorar la actual situación. Siendo así que en la región del altiplano podemos encontrar diferentes instituciones comprometidas con esta investigación y la protección del medio ambiente. Estas son:

- Ministerio de Medio Ambiente y Agua
- Ministerio de Obras Públicas, Servicio y Vivienda
- Gobiernos Autónomos/Gobiernos Municipales
- Red Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente - REDESMA
- Fondo Nacional para el Medio Ambiente - FONAMA
- Liga de Defensa del Medio Ambiente - LIDEMA
- Universidades estatales y privadas.

En el tema específico de la arquitectura bioclimática en la zona del altiplano, se está tratado de avanzar en el campo del estudio y la aplicación en proyectos de desarrollo sostenible principalmente en la ciudad de La Paz y Oruro, fundamentalmente a través de las universidades públicas y privadas y sus institutos de investigación, mediante líneas de acción referidas al hábitat, energía y medio ambiente. En esta región existen 10 universidades en donde se imparte la carrera de Arquitectura las cuales son:

- Universidad Privada del Valle - Univalle (La Paz)
- Universidad Mayor de San Andrés (La Paz)
- Universidad Católica Boliviana "San Pablo" (La Paz)
- Universidad Privada Boliviana (La Paz)
- Universidad Nuestra Señora de La Paz (La Paz)
- Universidad Franz Tamayo (La Paz)
- Universidad de Aquino Bolivia (La Paz)
- Universidad Boliviana de Informática (El Alto)
- Universidad Pública del Alto (El Alto)
- Universidad Técnica de Oruro (Oruro)

Dentro de estas solo en la Universidad Mayor de San Andrés (La Paz), Universidad Católica Boliviana "San Pablo" (La Paz), Universidad Pública del Alto (El Alto) y la Universidad Técnica de Oruro (Oruro), se encuentran centros de investigación concernientes con los temas de arquitectura pasiva, diseño sostenible, arquitectura verde, y otros. Dichos centros se encuentran en la actualidad trabajando para generar conceptos, manuales, aplicación de tecnología, y principalmente el diseño proyectual de arquitectura sostenible. Además gracias a los mismos se promueve la realización de seminarios, talleres, Workshops, referidos a este tema durante los últimos años. Pero cabe aclarar la falta de centros de postgrado dedicados al estudio del mismo.

Es así que en el ámbito de aplicación proyectual de arquitectura bioclimática se puede señalar algunos ejemplos de la participación de profesionales en el tema; entre ellos podemos mencionar los mas relevantes:

A) Uno de ellos fue el proyecto denominado Lak'a Utas diseñada e implementada por el Arquitecto Raúl Sandoval. Este proyecto fue realizado por la AHSA Asentamientos Humanos Sostenibles en el Altiplano (Loayza y Sandoval, 2001), que fue ejecutado por la SAHB Servicio de Asentamientos Humanos en Bolivia y el Servicio Danés Internacional de Asentamientos Humanos (DIB), con la finalidad de crear un proyecto arquitectónico que culminara en un manual para la autoconstrucción de viviendas bioclimáticas de bajo costo (Minke, 2001).

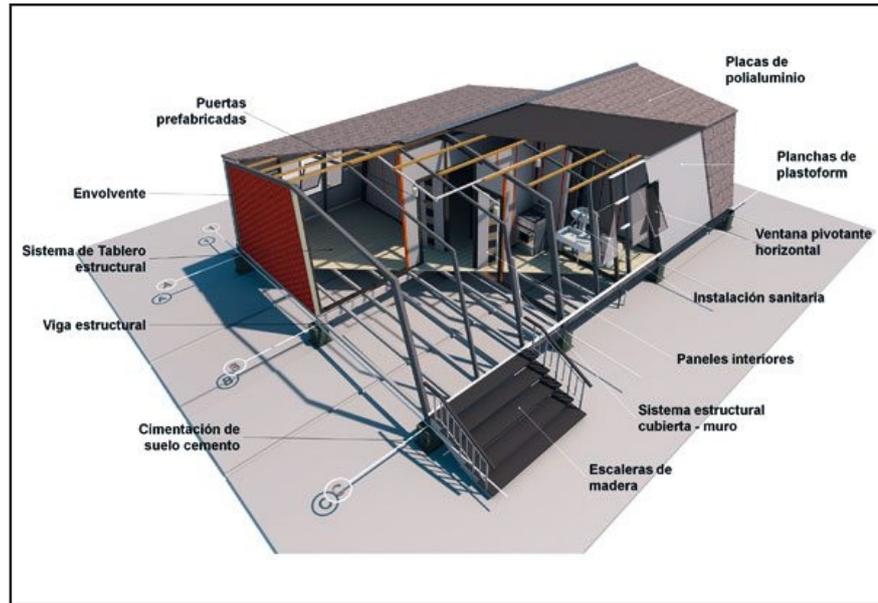
Este emprendimiento dio lugar a poder construir una tipología de vivienda en masa. Esta utilizaba materiales locales donde la mano de obra era comunitaria. Este tipo de vivienda se expandió en algunos sectores del altiplano llegando a encontrarse en muchas comunidades rurales, al igual que proyectos residenciales de mayor coste en las ciudades, sin perder su eficiencia y características bioclimáticas.



(Fig. 2)

Fig. 2 Fotografía vivienda residencial forma Laka'uta en La Paz. Fuente: Loayza y Sandoval, 2001.

Fig. 3 Esquema constructivo vivienda bioclimática UPEA. Fuente: De Yapura, 2014.



(Fig.3)

B) En un segundo proyecto un equipo de docentes y estudiantes de la Universidad Pública de El Alto (UPEA), elaboró un diagnóstico de la vivienda en un barrio de esa ciudad, y propuso un modelo de vivienda bioclimática sostenible que captura el calor y genera un entorno amigable con la naturaleza. Los arquitectos Jorge Sainz y Vania Calle dirigieron el equipo que actualmente intenta construir el prototipo. Para este proyecto se realizó una revisión documental que retrocedió hasta Tiawanaku para saber cómo organizaban su espacio los habitantes de esa época, cómo usaron su conocimiento del movimiento de la Tierra alrededor del sol para planificar sus viviendas y el uso de la matemática y proporciones ancestrales para dividir el espacio. Finalmente el objetivo de la investigación era construir un prototipo de esta vivienda, con base en un convenio firmado entre el Ministerio de Vivienda y autoridades de la UPEA, para probar su eficiencia desde el punto de vista energético y de confortabilidad para sus habitantes (De Yapura, 2014).

C) En otro Proyecto el arquitecto Juan Carlos Míguez, y un grupo de profesionales trabajo en la elaboración de una vivienda capaz de reducir el consumo de energía y agua para la ciudad de La Paz. Este proyecto, se realizó bajo conceptos bioclimáticos, consiste en una casa móvil que ofrece la posibilidad de ahorrar energía y agua, emplea materiales aislantes de la contaminación acústica y que son resistentes a los cambios climáticos, además de ser sismoresistentes. Esta vivienda ecológica tiene cualidades térmicas que permiten aislar el ambiente del interior del clima exterior, de tal forma que no es necesario para el funcionamiento de la misma el uso de sistemas activos y otros que generaran un consumo energético. La misma ofrece un estado de confort humano. La casa ecológica se caracteriza por su construcción en seco, ya que los materiales que se usan para su edificación fueron fabricados bajo los estándares del sello de Arquitectura Verde. El proyecto recibió una certificación de la organización Green Building Council Bolivia como



Fig. 4 Vivienda móvil Bioclimática La Paz. Fuente: De Laura, 2012.

(Fig. 4)

ecológica, en julio del año 2012. Además, esta obra fue seleccionada para representar a Bolivia en la Octava Bienal Iberoamericana de Arquitectura y Urbanismo en Cádiz, España (De Laura, 2012).

Con estos ejemplos podemos tener una idea de la reciente preocupación e interés de algunos profesionales por la investigación y el desarrollo de viviendas bioclimáticas y ecológicas que tengan un funcionamiento energético eficiente para la región del altiplano.

En cambio en el ámbito internacional se ha podido verificar a través de la revisión bibliográfica, que existen muchos documentos que se han ido desarrollando en la última década. Los mismos que se constituyen en herramientas teóricas, manuales, recomendaciones, estrategias y en proyectos tangibles del diseño arquitectónico bioclimático.

Por otro lado la preocupación por el medio ambiente y la creación de viviendas más eficientes es más evidente en la región europea. Es en ella, y en los diversos países que la integran donde se puede evidenciar un mayor énfasis en el tema ambiental para la creación de viviendas mucho más eficientes. y en la existencia de mayores regulaciones sobre el tema. Para el fondo de estudio es necesario también tener un panorama de los diferentes proyectos coyunturales bioclimáticos de vivienda que se vienen realizando en Europa y situar el contexto de la investigación.

Para ello, este acápite se enfocará en algunos de los concursos, premios o prototipos más importantes en los últimos años, ya que en ellos se puede encontrar los diversos factores técnicos y teóricos proyectuales que son utilizados para la proyección de una vivienda bioclimática y/o ecológica, además de los estándares de eficiencia energética en los que se desenvuelven.

Fig. 5 Solar Decathlon Europa 2014, Francia.
Fuente: SDE 2014.



(Fig. 5)

De esta manera se puede señalar uno de los principales eventos de arquitectura bioclimática y de eficiencia energética de vivienda en el mundo, que tiene una versión europea como es el Solar Decathlon. Esta competición comenzó con la convocatoria de solicitud de propuestas de participación que se realizó en la fase final del SDE2010. Este evento tiene una doble finalidad formativa y científica, donde se conforman equipos multidisciplinares de diferentes universidades. Estos desarrollan proyectos de viviendas prototipo y se enfrentan el reto de una construcción cero emisiones. Además es una manera de que la población compruebe y tome conciencia de las posibilidades reales de aunar una disminución del impacto medioambiental de manera real, con el mantenimiento del confort y calidad del diseño en sus hogares. Las universidades, empresas y organismos patrocinadores acceden a probar de manera científica su investigación, prototipos y sus productos, para posteriormente llevarlos al mercado (SDE, 2012).

Para poder calificar y ganar en esta competición, el jurado compuesto de expertos específicos en cada materia, evalúa 10 temas fundamentales como , la arquitectura, ingeniería y construcción, eficiencia energética, balance de energía eléctrica, condiciones de bienestar, funcionamiento de la casa, comunicación y sensibilización social, industrialización variabilidad del mercado, innovación y sostenibilidad. Siendo todas estas las características de una arquitectura bioclimática sostenible. Cabe aclarar que los estándares así como sus sistemas buscan el mayor rendimiento que puede resultar excesivo y sobredimensionado dentro de patrones normales de una vivienda.

Otro ejemplo de la construcción de viviendas bioclimáticas ha sido el Concurso Internacional impulsado por el Cabildo Insular de Tenerife y el Instituto Tecnológico y de Energías Renovables y avalado por la Unión Internacional de Arquitectos en España, denominado "25 Viviendas Bioclimáticas para la isla de



Fig. 6 Vista panorámica urbanización 25 viviendas bioclimáticas en Tenerife. Fuente: INTER, 2001.

(Fig. 6)

Tenerife". Donde el objetivo era el de crear un laboratorio de viviendas desarrolladas bajo los criterios de arquitectura bioclimática y de adaptación a las condiciones del medio, y capaces de autoabastecerse desde el punto de vista energético. Una vez concluidas las viviendas se instalaron diferentes sensores para medir el comportamiento ambiental interior de estas con el propósito de estudiarlas mediante la temperatura a distintas alturas de la vivienda, temperatura a ambos lados de paredes y techos, humedad, flujos de aire, presencia, cantidad de CO₂, cantidad de energía generada y partículas en suspensión (INTER, 1996).

Esta investigación científica obtuvo resultados que se concentraron en la obtención de patrones de diseño bioclimático en Tenerife, los cuales facilitarían la reproducción de las técnicas utilizadas y aportarán a futuras iniciativas de construcción sostenible una herramienta probada y fácilmente aplicable y exportable a otras zonas de climatología similar.

Por último entre los más recientes tenemos el ejemplo de la Casa ZEB en Noruega realizada por el despacho Snøhetta, socio activo del ZEB (Centro de Investigación de Edificios con Cero Emisiones), Y ganadora del premio WAN Sustainable Buildings 2015. Esta distinción a proyectos se otorga a quien ha adoptado de manera integral soluciones para la sostenibilidad, sin comprometer las cualidades habituales que se encuentran en un buen diseño.

Este prototipo de vivienda unifamiliar es un catálogo de recursos y soluciones para compensar la emisión de CO₂ que produce una casa. En la cual se han utilizado sistemas de diseño tradicional bioclimático como la orientación la ganancia de energía solar o la recolección de agua, sistemas combinados con elementos de aprovechamiento y producción energética como paneles y colectores solares o energía geotérmica del terreno. Esta casa no solo puede igualar el consumo, sino producir un exceso de energía suficiente para alimentar la batería de un coche eléctrico durante un año (DE AV, 2015).

Fig. 7 Casa ZEB en Noruega. Fuente: De AV, 2015.



(Fig. 7)

La propuesta de este trabajo de investigación se inserta en conocer y analizar de manera proyectual, los avances en cuanto al tema de vivienda bioclimática europea se refiere, para lograr una adaptación de estrategias y recomendaciones que puedan ser utilizados en el altiplano boliviano.

CAPITULO 2
FUNDAMENTOS DE
ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

El diseño bioclimático o arquitectura bioclimática es una técnica que ha existido desde los primeros asentamientos humanos. Esto en la búsqueda de aprovechar y adaptarse al contexto natural que los rodea, protegerse de las inclemencias climáticas y de alguna manera aprovechar las mismas en beneficio de la supervivencia. Es notable como muchas culturas desarrollaron su arquitectura con respecto al sol, el agua, el viento, u otro tipo de hito natural creando monumentos simbólicos y religiosos, que en algunos casos como la puerta del sol en Tiawanaku Bolivia, Machu Picchu y la Chacana en Perú, o Stonehenge en Inglaterra, por citar algunos, son clara muestra de la preocupación y relación intrínseca entre el hombre y su medio. Es por esta razón que algunos autores encuentran este término redundante, ya que toda arquitectura debe ser por esencia bioclimática y debería cumplir con esas reglas básicas. Lamentablemente y por diversas razones en la actualidad se han dejado de lado o sustituido de manera irresponsable en la práctica de la arquitectura.

No obstante el concepto del bioclima lo utiliza el climatólogo alemán Wladimir Köppen a principios del siglo pasado por el año 1890. El mismo realiza estudios sobre la adaptación climática de la vegetación, desarrolla la idea de que la vegetación natural es el mejor reflejo del clima y combina las medias anuales de temperaturas y precipitación, junto con la estacionalidad de las precipitaciones. Es necesario destacar que Köppen, determina cinco zonas climáticas básicas (tropical-lluviosa, seca, templada, boscosa-fría y polar). Posteriormente los hermanos Olgyay, (1963), desarrollan el término en asociación al desarrollo espacial en las edificaciones. Sin embargo hoy en día este concepto abarca mucho más, ya que no solo se habla del desarrollo para lograr un bienestar o confort humano, si no que su vez este se encuentra vinculado con térmicos ecológicos de eficiencia energética, reducciones de huella de carbono, autosuficiencia, y un largo etcétera.

En la actualidad resulta complejo desarrollar el término "Arquitectura bioclimática", es por eso que observaremos algunas definiciones hechas sobre el tema por algunos autores.

"Se trata de un concepto claro en su origen, relación entre clima, la arquitectura y los seres vivos",... "La arquitectura bioclimática representa el empleo y uso de materiales y sustancias con criterios de sostenibilidad"... "representa el concepto de gestión de energía optima de los edificios de alta tecnología, mediante la captación, acumulación y distribución de energías renovables pasivas o activamente y la integración paisajista y empleo de materiales autóctonos y sanos" (Neila, 2004).

"Entendemos como arquitectura bioclimática aquella que optimiza sus relaciones energéticas con el medioambiente que la rodea mediante su propio diseño arquitectónico. En la palabra bioclimática se intenta recoger el interés por la respuesta del hombre, el "BIOS", como usuario del edificio, y del ambiente exterior, el "clima", como



Fig. 8
Tiwanaku puerta del
sol, Bolivia. Fuente:
virgiliotovar.wordpre
ss.com

Machu Picchu, Perú.
Fuente:
apuntesdearquitectura
digital.blogspot.com

Stonehenge,
Inglaterra.
Fotografo Makelly
Kinsman



afectantes de la forma arquitectónica." (Serra, 2009).

De estas definiciones podríamos establecer que existe una relación fundamental del hombre con su medio natural, con el fin de adaptación y aprovechamiento de los mismos para alcanzar el mayor desempeño posible de la arquitectura. Relación que principalmente estaba definida por un concepto de bienestar o confort térmico.

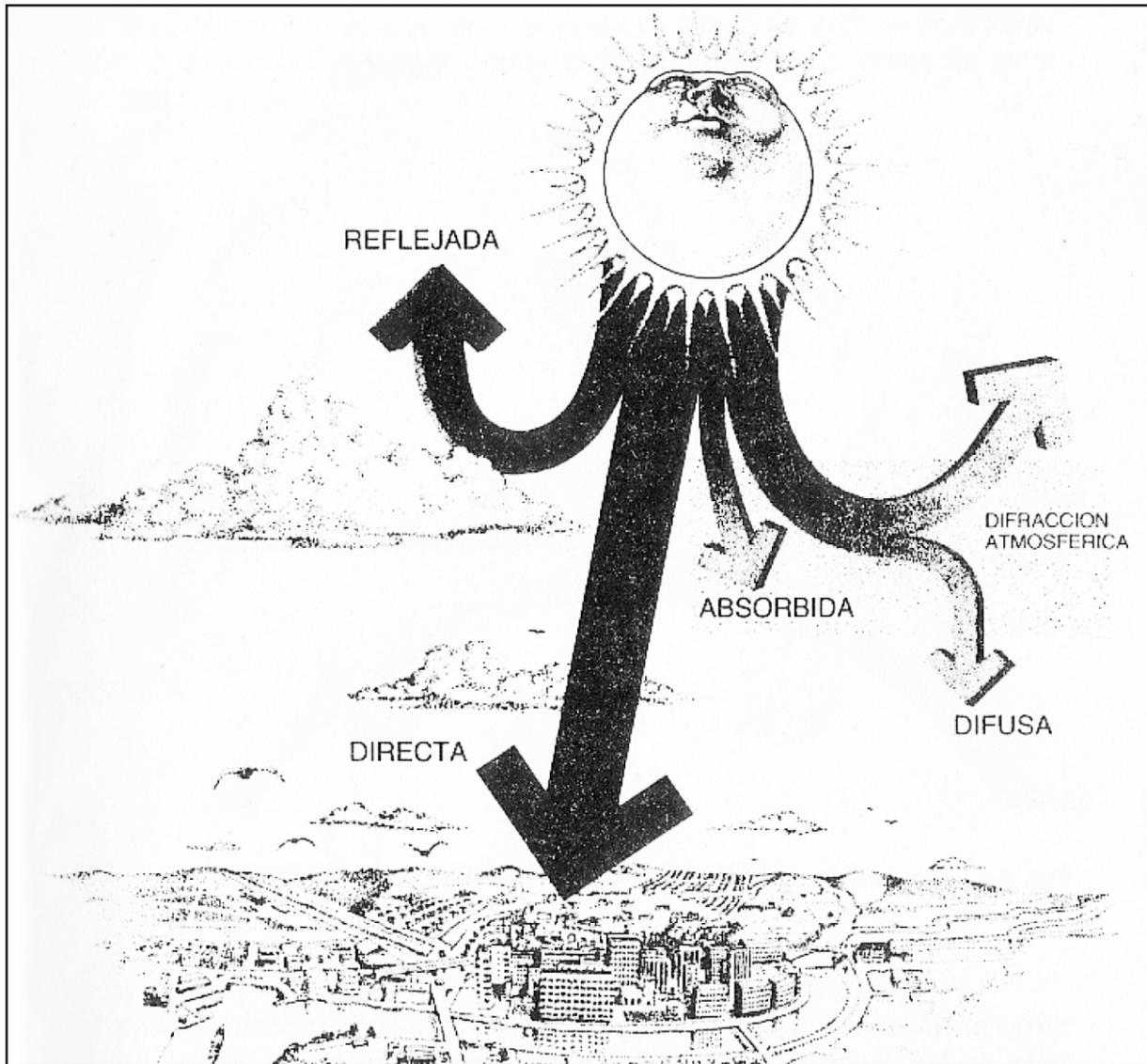
El concepto de una arquitectura bioclimática, se ha ido desarrollando durante muchos años y por muchos especialistas para ser la herramienta concreta que sostenga una parte de la llamada arquitectura sostenible, en lo que se refiere a la relación medio ambiente natural. Esta relación planteada con aspectos históricos, culturales y estéticos, la temporalidad, mantenimiento y vida útil. Esto nos plantea la necesidad de un conocimiento y desarrollo de los factores climáticos y los elementos arquitectónicos requeridos para cumplir con estas expectativas. Estos pueden estar apoyados a su vez por un mínimo equipamiento de energía no renovable si así se requiriese.

Estos principios y conceptos, que para entenderlos de una forma más resumida y útil para el desarrollo del tema, los que definiremos y analizaremos según cuatro aspectos fundamentales. Es por esta razón que basaremos el objeto de análisis en las teorías de control y manejo del sol, el viento, el agua, y el confort térmico. En estos aspectos veremos reflejados la aplicación en las que está basado el diseño bioclimático (Tymkiewicz, 2012). En ellas encontraremos diferentes técnicas que pueden darse de manera separada o conjunta para lograr de manera efectiva un control pasivo en una edificación. Las mismas que pueden estar apoyados de sistemas activos que logren una mayor eficiencia de estas técnicas, como también tecnología capaz de generar otra energía, que no representan un impacto ambiental y que son capaces de reducir consumos de energía llegando a ser ecológicas. Las mismas que pueden funcionar de manera autónoma.

2.1. El sol

2.1.1. Radiación solar

Para poder entender la aplicación solar primero cabe aclarar que el sol es una fuente de energía de la cual depende la humedad que nos rodea, fenómenos meteorológicos que conforman los diferentes climas y el tiempo atmosférico. También todas las energías renovables que podamos utilizar tienen su origen en la radiación solar, ya sea en la energía eólica que depende del desigual calentamiento de la tierra que genera corrientes, las lluvias ya que la radiación solar genera el evaporamiento de aguas que se alojan en montañas o se transforman en nubes, o por ejemplo la energía que se consigue por biomasa, que es consecuencia de la fotosíntesis generada gracias a la absorción de la radiación solar. Es así que el conocimiento de esta energía básica, su aprovechamiento y control son la base esencial de la arquitectura bioclimática (Neila, 2004).



(Fig. 9)

El sol es una masa gaseosa caliente que irradia una temperatura aproximada de 6000°C . La radiación solar es el resultado de reacciones nucleares de fusión en el sol que irradian energía en el universo. Esta llega a la tierra en cuantos de energía conocida como fotones que interactúan con la atmósfera y superficie terrestre. La intensidad de la radiación solar en el borde exterior de la atmósfera, si se considera que la Tierra está a su distancia promedio del Sol, se llama constante solar, y su valor medio es $1,37 \times 10^6 \text{ erg/s/cm}^2$, o unas 2 cal/min/cm^2 . Sin embargo esta no es constante, ya que varía un $0,2\%$ en un periodo de 30 años. La intensidad de energía real disponible en la superficie terrestre es menor que la constante solar, debido a la absorción y a la dispersión de la radiación que origina la interacción de los fotones con la atmósfera (Almusaed, 2010).

Esta intensidad de la radiación solar se reduce también por otros factores como los gases que conforman la atmósfera, es decir, como el ozono, el dióxido de carbono, etc. La absorción de la radiación en intervalos de longitud de onda específicos, el vapor de agua de la

Fig. 9 Radiación solar. Fuente: Ilustración de Russel Ball.

difusión atmosférica, partículas en el aire suspendidas, nubes entre otros. Es por estas razones que la energía de radiación solar llega a ser razonable en la superficie de la tierra, permitiendo que se pueda generar vida en ella, bajo unos límites de radiación solar permisibles para ello.

Del mismo modo que por diversos procesos o manejos es que esta energía se puede transformar en útil en la actividad humana, en calor o frío o generación de energía obtenidos de esta. Cabe destacar que ya desde principios del siglo XX en los años de 1900-1935, esta energía se utilizó en los primeros calentadores solares de agua patentado por Clarence M. Kemp de Baltimore (EE.UU.), o en la casas del arquitecto, George Fred Keck de la Illinois (EE.UU.) que utilizó ventanas colectoras de radiación con doble vidrio para generar ganancias de calor al interior por los años de 1935-1950. Pero a partir del año 1972 hasta los 1990 se marcó un hito importante en la evolución de la arquitectura solar, como una energía que se podía estudiar cuantificar y probar gracias a programas computarizados, esto con el fin de crear productos industriales de calentamiento para el uso masivo de aplicaciones constructivas que a su vez era simple. En la actualidad existen diversas técnicas para aprovechar la radiación solar, como paneles fotovoltaicos y otros con el objetivo de sustituir o reducir la matriz energética actual basada en el petróleo y otras energías no renovables (Hastings, 2006).

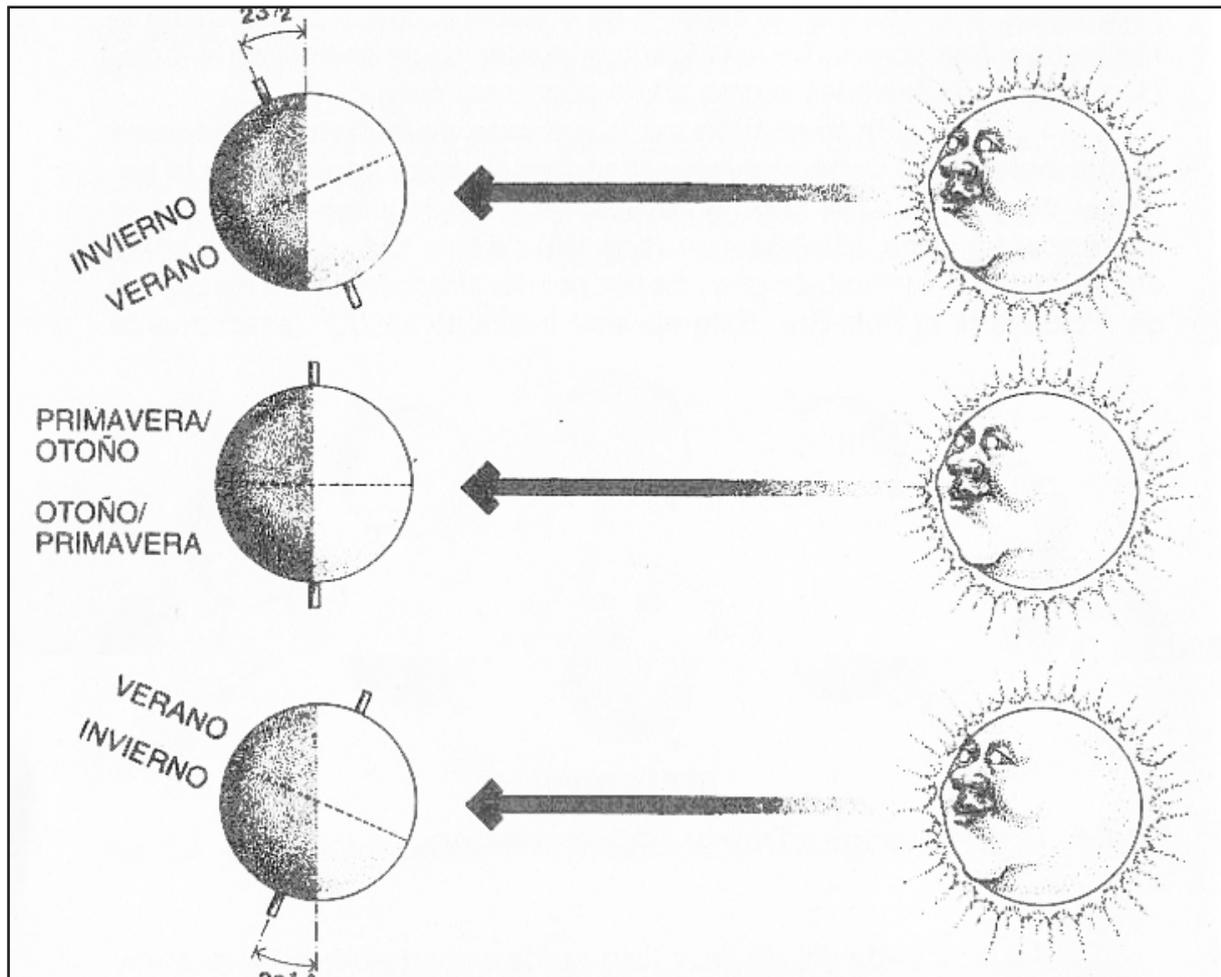
Es así que de la radiación solar y su aprovechamiento podemos distinguir tres tipos de aplicación importantes, que en la actualidad se generan y se integran en el diseño bioclimático de la arquitectura las cuales son:

- Energía solar pasiva
- Energía solar Térmica
- Energía solar Fotovoltaica

2.1.2. Energía solar pasiva

La energía solar pasiva en su aplicación es la más antigua y conocida, la misma está dirigida al aprovechamiento de la radiación solar de manera directa. Esta utiliza la energía sin transformarla en otro tipo para su utilización inmediata o para un almacenamiento, sin la necesidad de sistemas mecánicos ni aportes externos de energía para su ganancia. En algunos casos y para el mejor rendimiento, recolección y almacenamiento de este sistema es que este puede apoyarse en menor medida de sistemas mecánicos que pueden o no consumir energía como para activar o desactivar compuertas, rieles, interruptores, sensores, etc. Todo esto para generar una mayor eficiencia en el sistema que repercuten en el consumo y aprovechamiento del mismo (Olgay, 1998).

Un hecho arquitectónico para poder beneficiarse de la radiación solar debe tener en cuenta la relación que estable con su orientación respecto a la inclinación solar ya sea la mayor exposición a sur o norte dependiendo de las latitudes en la que este se encuentre. La envoltura exterior del mismo es decir su materialidad, se encarga



(Fig. 10)

de recoger y almacenar la radiación solar; está la convertirá en calor que se almacenará en las horas de exposición solar y la misma cuando sea necesario será también la encargada de la distribución de la energía al interior de la vivienda o de los ambientes que así lo requieran. Esto puede darse con la ayuda de sistemas o bombas en las instalaciones dependiendo de las características del sistema.

En el diseño arquitectónico estas superficies se pueden generar con fachadas dobles, superficies vidriadas, colectores de gran masa, colectores exteriores. Las mismas también dependerán del aislamiento térmico en la edificación, ya que este juega un papel esencial en su conformación y para la optimización del aporte solar en la calefacción e iluminación del edificio. Gracias a la baja inercia térmica de algunos materiales se podrá garantizar que la energía pueda ser almacenada y contenida por mucho más tiempo. La inercia de los materiales garantizará unas temperaturas constantes al interior que pueden ser prolongadas en un intervalo de tiempo mayor, caso contrario la energía se perdería y no podría ser utilizada en el beneficio del edificio y el confort humano (Almusaed, 2010).

Esta técnica no solo implica un mayor control y un grado de satisfacción para las personas, si no que a su vez

Fig. 10 Declinación terrestre determina las estaciones. Fuente: Ilustración de Russel Ball.

generan un gran ahorro energético. Convirtiendo la aplicación de este sistema en una contribución para la reducción de la huella de carbono y el impacto ecológico que genera cualquier tipo de consumo energético. Esta representa un ahorro económico a corto y largo plazo que beneficia a los usuarios, convirtiendo a este sistema en un aporte sostenible para el medio ambiente.

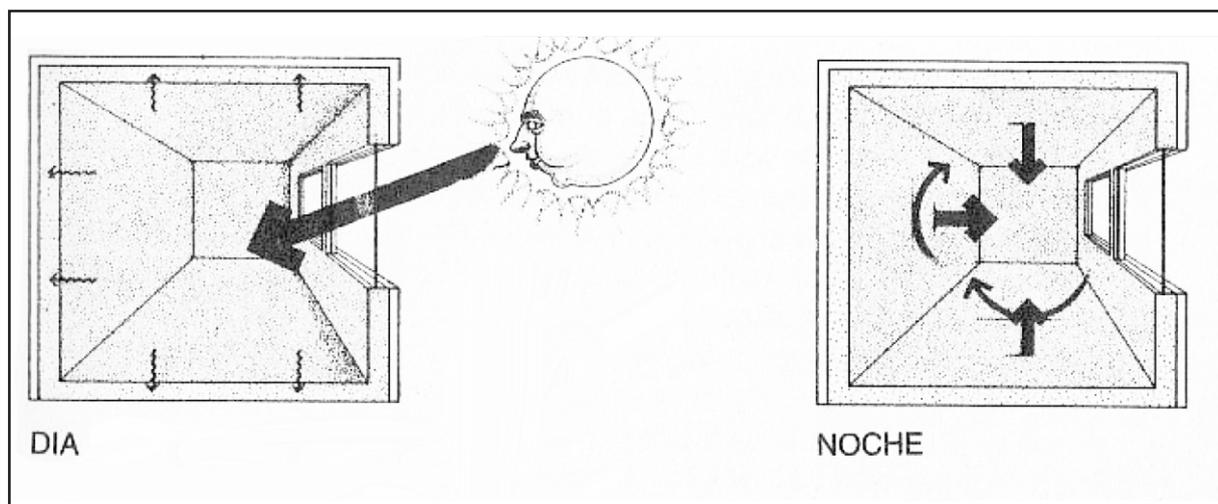
Entre estos sistemas existen tres maneras de obtener la ganancia de la radiación solar los cuales se definen en:

Fig. 11 Ganancia directa de calor.
Fuente: Ilustración de Russel Ball.

Ganancia directa de Calor.- Esta se genera de manera sencilla y trata de la radiación solar cuando esta penetra de manera directa a través de superficies acristaladas dentro de un ambiente determinado. Causando un cambio de temperatura al interior, donde otros elementos con masa que conforman un espacio como cerramientos, suelos, cielos y otros que se hallen dentro de este ambiente, pueden acumular calor residual que pueda ser utilizado en las noches. Un claro ejemplo de este son las ventanas en las edificaciones (Olgay, 1998).

Para que estos elementos sean eficientes en su ganancia térmica deben garantizar que la misma pueda generar energía en invierno, además de estar orientadas en un rango donde pueda percibir la radiación solar, esta debe garantizar que no existan dispersiones de calor al interior. Caso contrario se pueden producir sobrecalentamientos, y esto significaría una deficiente utilización de la energía y los recursos, además de ofrecer condiciones de inhabitabilidad en invierno o verano, y por último que las necesidades térmicas del edificio sean mayores.

Esta aplicación requerirá de grandes acristalamientos hacia la mayor exposición solar, donde se tendrá que tener en cuenta un acristalamiento con cámara de aire que ofrezca protección contra infiltraciones, pero que a su vez pueda ser regulada por aperturas o vanos para deshacerse de los altos grados de radiación cuando así se lo requiera.



(Fig. 11)

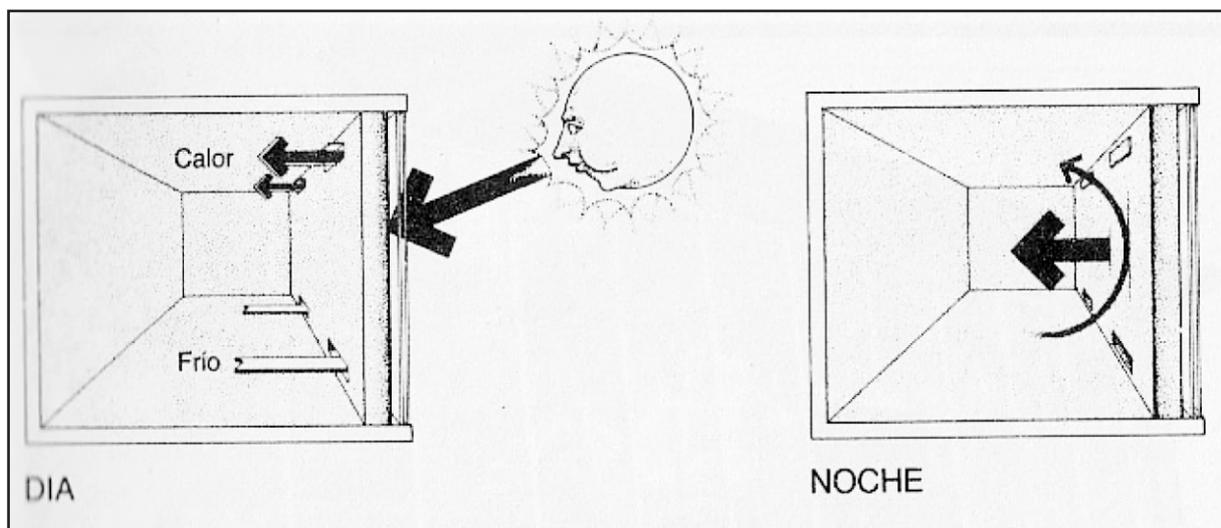
Ganancia indirecta de Calor.- Este tipo de ganancia de la radiación solar se genera a través de la piel del edificio que funciona como una gran masa térmica. En esencia esta masa se encarga de acumular el calor por la prolongada exposición solar a lo largo del día, Esta masa provee calor al interior del edificio ya sea por convección o conducción en las noches. Esta masa térmica puede ser cualquier material que tenga grandes cualidades de acumular el calor y mantenerlo por un tiempo prolongado caso del agua, la tierra, la madera u otros elementos.

Fig.12 Ganancia indirecta de calor, Muro Trombe. Fuente: Ilustración de Russel Ball.

Algunas de las soluciones más representativas y clásicas de este sistema fueron el "Muro Trombe" de Félix Trombe y el estanque de agua en la azotea de Herald Hays. El muro Trombe es un colector de calor compuesto por un muro macizo ya sea este de hormigón o mampostería incluso tierra, cuya superficie exterior está pintada de color oscuro que no refleje los rayos del sol.

Está separada por una cámara de aire con un acristalamiento al exterior, este sistema actúa para que la radiación solar pueda calentar la superficie pintada, que por el acristalamiento y cámara de aire amplifica la radiación y esta transmite el calor al muro colector, que por su gran masa puede almacenar el calor por mucho tiempo y reutilizarlo por las noches (Olgay, 1998).

Esta energía acumulada en los muros es retransmitida parcialmente al interior. El calor residual de la cámara de aire y el vidrio actúan para conservar y no dejar escapar la energía. El aire almacenado en la cámara proporciona una circulación de aire caliente continua que penetra en la habitación a través de pequeñas aberturas situadas en la parte superior del muro. El aire más frío es succionado a la cámara a través de las aberturas situadas en la base del muro. Existen muchas variantes a este primer concepto utilizando superficies con contenedores de agua, como el muro de agua o water-wall, el muro de bidones drum-wall, o el estanque de agua en la cubierta sky-therm o el sistema de cubierta ajardinada.



(Fig. 12)

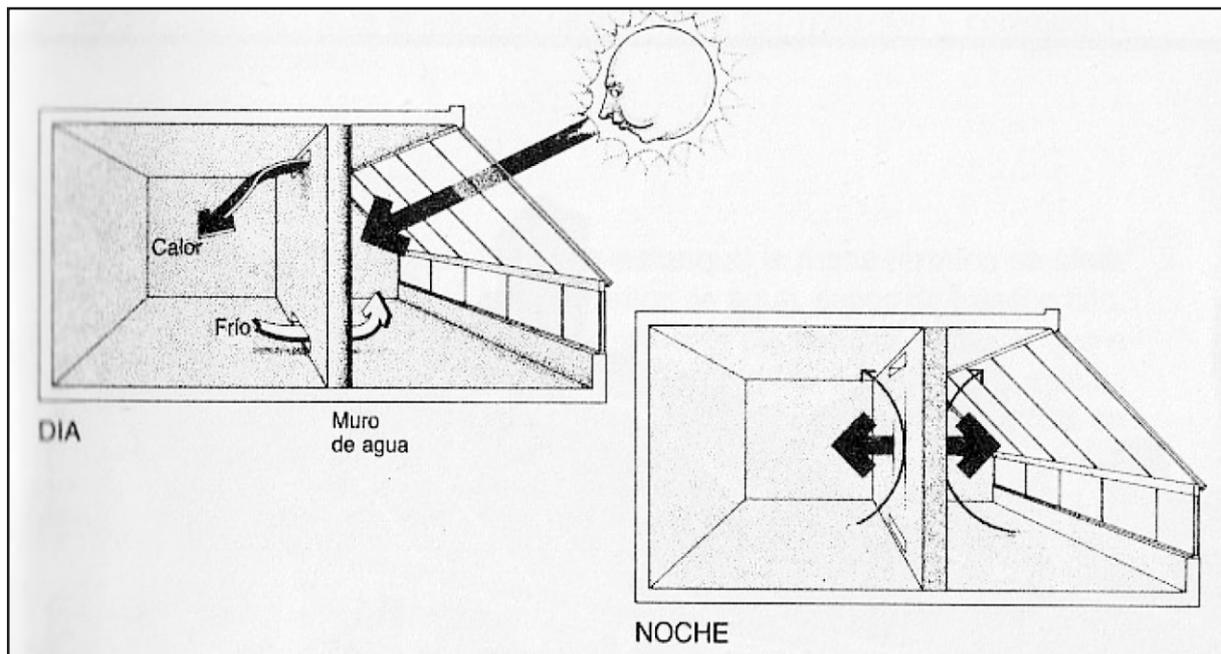
Estos sistemas a su vez se han ido transformando con el tiempo y evolucionando por los requerimientos térmicos, avances tecnológicos o por cuestiones estéticas. Se puede encontrar diferentes variantes en la aplicación de estos conceptos que puedan incorporar algunos sistemas activos.

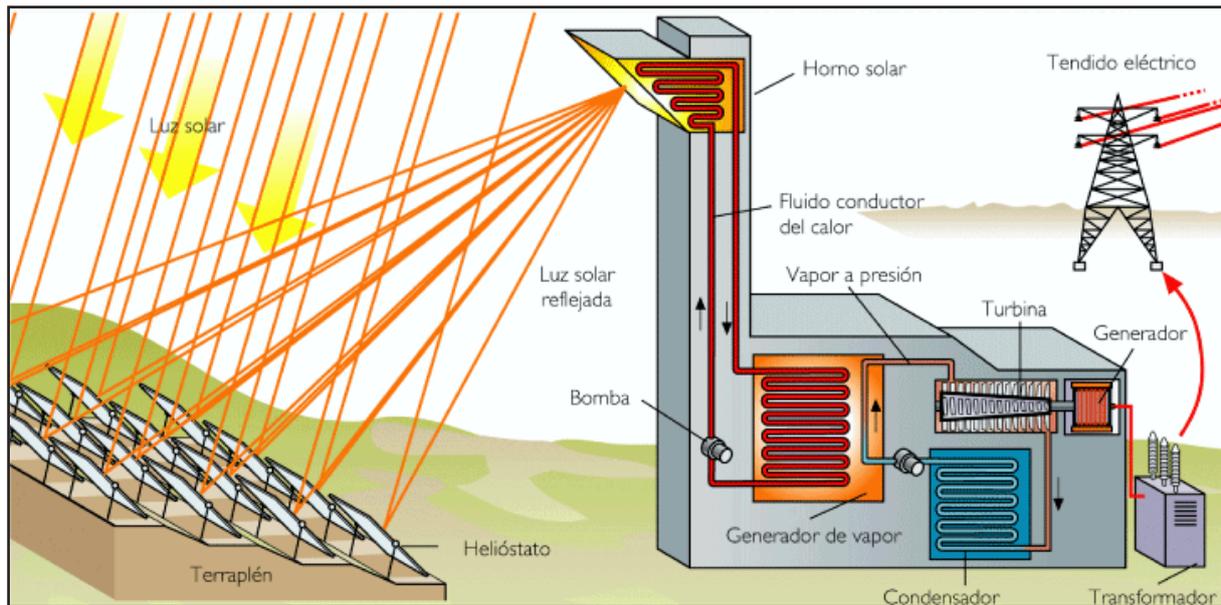
Fig.13 Ganancia aislada de calor, Muro Trombe y adosado invernadero. Fuente: Ilustración de Russel Ball.

Ganancia Aislada de Calor.- Esta se produce cuando el calor solar es capturado fuera de la envolvente del edificio, este volumen aislado se orienta al almacenamiento y luego en la demanda, suministra calor a los ambientes que así lo requieren. Los Colectores solares de aire son un ejemplo, ya que también son sub-espacios. Se hicieron intentos para optimizar sub-espacios como colector, pero estos espacios son demasiado valiosos y representan un valor económico elevado para comprometer la comodidad para maximizar su contribución a la calefacción (Serra, 2009).

Un ejemplo de este sistema son los adosados con forma de invernadero en algunos edificios, donde la radiación es capturada y almacenada en un espacio exterior que se encuentra cerca de la zona de día o espacio central que pueda distribuir el calor al resto de la habitaciones. Es utilizada como parte de una zona de día que sirve a su vez como un verdadero invernadero de plantas. Estos espacios también los podemos ver aplicados en grandes galerías o agregado en algún lateral preferentemente orientado para recibir la mayor radiación solar posible a lo largo del día.

Incluso en grandes espacios acristalados que pueden cubrir toda una fachada si se lo requiriese. Esta acumulación puede contar con otros sistemas activos implementados para la recirculación de aire por diferentes espacios al interior de la edificación, los mismos también pueden servir para generar un buena ventilación y la refrigeración.





(Fig. 14)

2.1.3. Energía solar Térmica

Esta energía es también conocida como energía termo solar, se refiere al aprovechamiento de la energía del sol para producir calor que se utiliza para generar agua caliente sanitaria, calefacción, refrigeración solar, cocinas, secadores solares, etc. también pueden generar energía mecánica para convertirla en energía eléctrica. El empleo de este sistema también puede alimentar una máquina de refrigeración por absorción que se emplea para la refrigeración de ambientes.

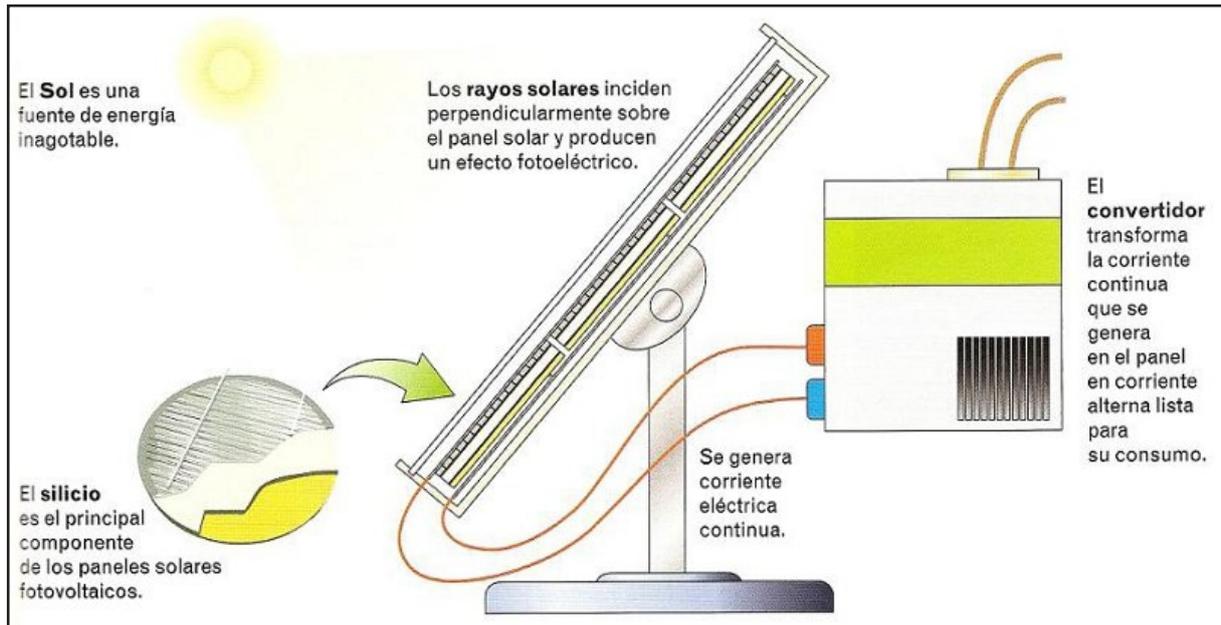
Fig. 14 Centrales de torre de energía solar térmica de alta temperatura. Fuente: solar-energia.net

Estos colectores solares se pueden clasificar en colectores de baja, media y alta temperatura. Los colectores de baja temperatura son las que utilizan placas planas para generar agua caliente. Los colectores de temperatura media son aquellos que se también utilizan el sistema anterior pero alcanzan temperaturas más elevadas para calentar agua o aire para usos residencial o comercial. Los colectores de temperatura alta utilizan en su sistema espejos o lentes para incrementar la capacidad, los mismos se utilizan para generar energía eléctrica.

Este sistema ha llegado a ser tan eficiente como la energía fotovoltaica, ya que los proyectos de eléctrica solar por concentración pueden llegar a generar 14 Gigavatios, en costo relativo a otras fuentes solares de energía.

2.1.4. Energía solar Fotovoltaica

Esta energía es la que utiliza la radiación solar para convertirla en energía eléctrica de origen renovable y eficiente. Es obtenida por medio de un dispositivo semiconductor que se denomina célula fotovoltaica o también mediante una deposición de metales sobre un sustrato llamado célula solar de película fina. Este componente expuesto a la luz (fotones) genera una



(Fig. 15)

Fig. 15 Esquema de funcionamiento de los Paneles solares fotovoltaicos.

Fuente:

www.tecnologia-informatica.es

tensión, en la que varias celdas están conectadas entre sí en un módulo solar fotovoltaico y son capaces de generar una energía que puede ser almacenada o distribuida.

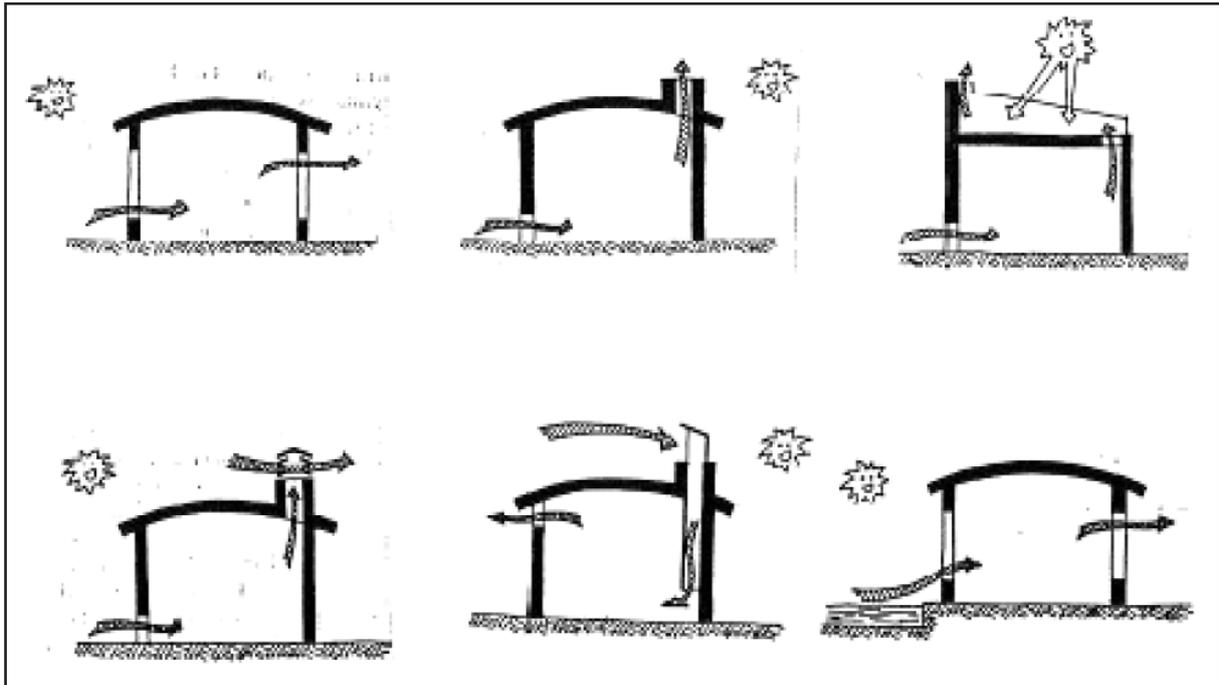
La aplicación de esta energía es muy conocida para el uso doméstico, aparatos autónomos, abastecimiento de refugios o viviendas aisladas, donde sea difícil establecer una red de uso común. Esta aplicación ha dado grandes saltos ya que hoy en día existen centrales solares fotovoltaicas capaces de producir energía a gran escala. Debido a la creciente demanda y la preocupación ambiental de producir energías renovables, es que esta energía se ha convertido en la tercera fuente de energía renovable más importante detrás de las centrales hidroeléctricas y la energía eólica. Esto considerando su fácil instalación y la accesibilidad para adquirir estos sistemas a un coste comercial aceptable (Tymkiewicz, 2012).

2.2. El viento

2.2.1. Ventilación natural

En la comprensión de la arquitectura bioclimática el manejo de la ventilación es vital para generar un estado de confort esto vinculado a la calidad del aire, su composición, la renovación y eliminación de aires viciados al interior del edificio. El intercambio de calor entre el hecho arquitectónico y el aire que lo rodea dependen también de la velocidad del aire. Es así que cuando se desea eliminar calor dentro de un edificio se debe pensar en el paso de una corriente de aire que es producida por los vientos. Como a su vez en determinados momentos se deberá ofrecer un resguardo de los mismos para evitar pérdidas de calor o infiltraciones que reduzcan el confort térmico (Neila y Acha, 2009).

Este movimiento de aire facilita los intercambios por



(Fig. 16)

convección en función de la superficie de la envoltura, estos intercambios debido a la infiltración y a la ventilación. Cuando las corrientes externas chocan contra un edificio se produce un incremento de presión de aire. En cambio en las fachadas que se encuentra a sotavento se produce una reducción de la presión de aire. Es por esto que se ocasiona los movimientos de aire o ventilación interior a través de ventanas o aperturas (Almusaed, 2010).

Fig. 16 Esquema de generación de movimiento de aire. Fuente: Serra, 1999.

Para la reducción de estos factores en condiciones climáticas frías es necesario contar con sistema de puertas y ventanas herméticas. Es necesario que los mismos impidan infiltraciones no deseadas dentro de la edificación, de la misma manera deben ser flexibles y estar bien orientadas y dimensionadas para la redirección de las corrientes de aire.

En la planificación bioclimática del viento será necesario considerar obstáculos naturales o artificiales. Estos podrán generar una reducción importante de corrientes no deseadas más aun a nivel del suelo. Para ello es común la utilización de vegetación baja, media y alta, con el fin del resguardo. Esta vegetación actuara para evitar que corrientes fuertes alcancen el edificio o, a su vez, reducir las partículas de tierra y otros elementos puedan llegar al edificio. Es necesario también planificar el redireccionamiento de corrientes en el caso de verano para el enfriamiento (Neila y Acha, 2009).

Otro punto a considerar es que el aire caliente de un edificio está más cercano al techo, la toma y las salidas de aire que se sitúen a baja altura tendrán un efecto de enfriamiento limitado. Mientras que las tomas de aire situadas a baja altura y las salidas de aire situadas a

gran altura en los muros serán especialmente eficientes.

Existen muchas formas y efectos con los que se puede trabajar con el viento que son útiles para un enfriamiento pasivo y una correcta ventilación, entre los cuales tenemos: (Serra, 1999).

- Efecto Vórtice Descendente
- Efecto Esquina
- Efecto Estela
- Efecto Torre
- Efecto Vacío
- Efecto de Enlace de Presiones
- Efecto Canal
- Efecto Venturi
- Efecto Pirámide
- Efecto Refugio

2.2.2. Energía Eólica

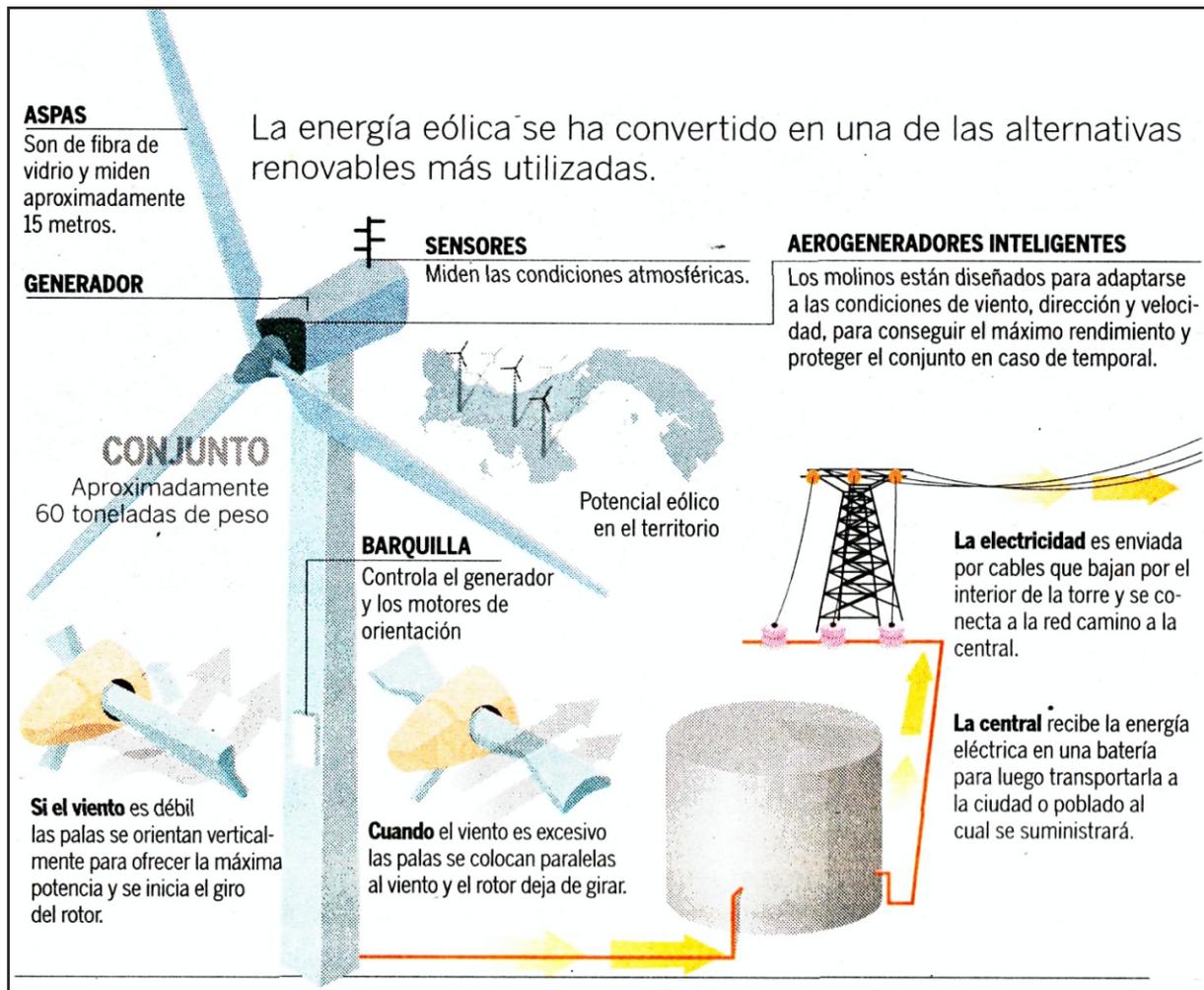
Esta es la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas. Esta energía se ha convertido en una de las importantes fuentes en la actualidad, ya que es utilizada principalmente para producir energía eléctrica mediante aerogeneradores. A finales del año 2011, la capacidad mundial de los generadores eólicos fue de 238 gigavatios. En 2011 la energía eólica generó alrededor del 3% del consumo de electricidad mundial.

La energía eólica es un recurso abundante, renovable, limpio y ayuda a disminuir las emisiones de gases CO₂, la misma tiene gran capacidad para reemplazar termoeléctricas a base de combustibles fósiles u otros sistemas que contaminan el medio ambiente, lo que la convierte en un tipo de energía ecológica. Donde el principal inconveniente es la intermitencia del viento (Tymkiewicz, 2012).

La potencia que un aerogenerador puede generar del viento depende fundamentalmente de tres factores:

- La densidad del aire.
- El cubo de la velocidad del viento.
- La superficie escombrada por sus palas, que se crece proporcionalmente al cuadrado del radio o longitud de la pala.

En una curva de potencia de un aerogenerador podemos apreciar la potencia eléctrica generada por un aerogenerador en función de la velocidad mediana del viento a la altura del buje. El funcionamiento de un aerogenerador conectado a la red de un modelo de 40 metros de diámetro en donde la orientación, arrancada, conexión, frenada, etc., es completamente automático. Los aerogeneradores no logran su potencia nominal hasta los 20-25 m / s, que depende del modelo y fabricante. Con vientos de más de 25m/s (90 km/h), el aerogenerador se frena automáticamente y se coloca de manera que ofrezca la mínima resistencia al viento (Cruz, 2011).



(Fig. 17)

Todos los aerogeneradores soportan sistemas automáticos incluso con presencia de vientos hasta 200 km/h, pero en los generadores de uso pasivo la resistencia es menor y se utilizan otras formas de control y desaceleración.

Fig. 17 Esquema de funcionamiento de aerogeneradores.
Fuente: rodrisbest4.blogspot.com

2.3. El agua

2.3.1. Resguardo

Uno de los aspectos a considerar en la construcción no solo bioclimática es el resguardo de fuentes de agua como la lluvia, niveles freáticos, y la humedad. Este se debe centrar en poder evitar que la misma penetre al interior de la vivienda y que pueda ocasionar distintos síntomas dentro del edificio. Para ello es necesario que la vivienda se encuentre impermeabilizada y pueda contrarlar estas infiltraciones. Se pueden generar cubiertas que proporcionen un correcto manejo de estas aguas, no solo para evadirlas si no a su vez para que su temperatura no pueda afectar las condiciones climáticas interiores. En el diseño bioclimático las cubiertas pueden estar diseñadas para contener y redireccionar el agua para su almacenamiento o ya sea para el riego de áreas que así se desean.

La protección contra fuentes freáticas es importante ya

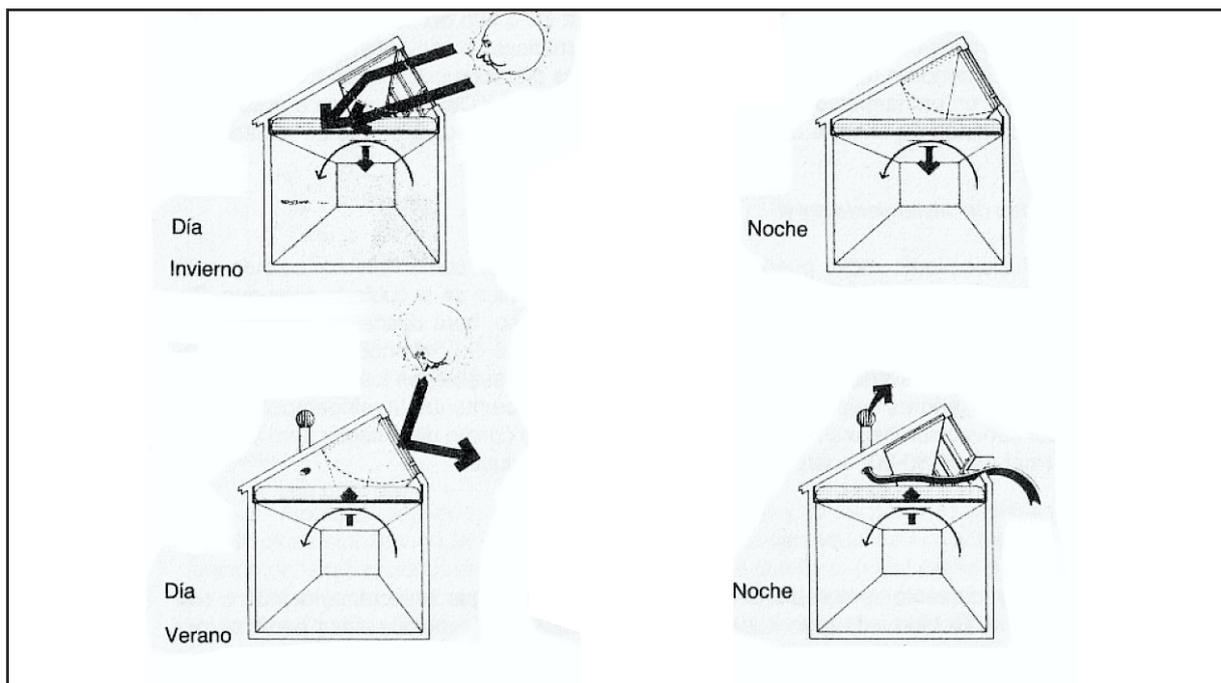
que esta puede generar humedades dentro de la vivienda. Estas aparecen a nivel del suelo por capilaridad de los materiales. Pueden ocasionar distintas falencias al interior que no solo pueden afectar el confort interior, si no que a su vez pueden causar la aparición de diferentes bacterias al interior, peligrando la salud de los usuarios, esta se puede evitar con la correcta impermeabilización de los forjados y cimientos que estén en contacto con la tierra.

Otro punto importante es evitar las condensaciones interiores que son generados por los cambios de temperatura tanto interior como exterior. Estas condensaciones pueden generar grados de incomodidad a los usuarios. Esto se puede evitar con el correcto manejo de la ventilación interior, controlando la humedad que se genera en la vivienda, que puede estar apoyada en sistemas pasivos de bombeo de aire y controlado por algunos sensores (Neila, 2004).

2.3.2. Utilización

Fig. 18 Variantes de cubierta estancaque climas fríos. Fuente: Ilustración de Russel Ball.

La utilización del agua como recurso natural dentro de la vivienda bioclimática no solo se da en el consumo sanitario. Esta es utilizada desde un punto de vista bioclimático como un elemento capaz de generar una refrigeración o calefacción dependiendo de su aplicación, el agua tiene grandes cualidades de almacenamiento de calor, al estar en exposición de la radiación es capaz de mantener una temperatura estable y es utilizada como una masa térmica. De la misma manera existen otras aplicaciones como son los suelos radiantes capaces de calentar un ambiente y conservar una temperatura constante. Otras aplicaciones se generaron para calentar paneles que proporcionan energía eléctrica el caso de bombas de calor hidráulicas.



(Fig. 18)

Otro método interesante de la aplicación de agua en la vivienda se da en los caso de enfriamiento pasivo de distintas maneras. La utilización de estanques en cubierta generan un enfriamiento pasivo en una edificación por las corrientes de aire. Los espejos de agua sean artificiales o naturales son otro ejemplo de un sistema pasivo. Las mismas pueden mitigar y sirven como reguladores térmicos a menor o mayor escala. Este tipo de ubicación cercano al agua es recomendable en climas extremos, especialmente en los cálidos y secos. En climas cálidos húmedos también puede ser interesante el aprovechamiento de las brisas para combatir la humedad. Otra aplicación se da en muros o forjados que gracias a tubos pueden regular la temperatura interior, estas se encuentran en movimiento para evitar calentamientos innecesarios dentro de un ambiente (Neila, 2004).

El agua de lluvia es también un punto importante, ya que esta agua puede ser almacenada y utilizada para el funcionamiento de algunos sistemas pasivos en la edificación o refrigeración, otro uso importante de esta agua la acumulación y su uso como riego para temporadas secas.

2.3.3. Reciclaje

El reciclaje de las aguas grises es un sistema que con la ayuda ya sea de filtros o de otros sistemas se encarga de la reutilización de las mismas. Los edificios pueden optimizar el uso del agua, tanto en aquellas zonas donde la falta de esta pueda representar un problema, como en aquellas donde siendo suficiente, su depuración y potabilización representan un alto coste social (Vale, 1978).

El empleo correcto del reciclaje de aguas grises o sanitarias se puede aplicar, si se construye un sistema capaz de diferenciar aguas que pueden ser reutilizadas de manera pasiva o por medios que no requieran un proceso para ello. Todo este sistema puede ir apoyado en el empleo de atomizadores que reducen el consumo de agua en los grifos, las cisternas de doble descarga que reducen el agua necesaria para el arrastre de desperdicios, los electrodomésticos inteligentes reducen igualmente el consumo de agua. Por otro lado si se utiliza una red separativa de pluviales y aguas sucias interiores, así mismo una recirculación de este sistema, por otra parte también se puede hacer un filtrado de agua gracias a métodos pasivos de radiación solar.

El conociendo de diferentes sistemas o artefactos que nos ayuden al reciclaje de aguas genera un aporte importante en el tema ecológico. Estos sistemas también pueden generar que una vivienda pueda llegar a funcionar de manera autónoma o minimizar la dependencia de grandes centrales de tratamiento y generan un menor impacto ecológico. Las mismas generan un ahorro económico a corto y largo plazo para los usuarios.

2.4. El confort térmico

2.4.1. Definición

El confort térmico es la condición en la que el usuario siente satisfacción respecto al ambiente térmico en el que está. La forma en que las personas responden y perciben el ambiente depende de la temperatura del aire, de las temperaturas de los cerramientos, de la velocidad del aire y de su humedad, además de considerar la vestimenta y de la actividad que se desarrolla en ese ambiente (Olgay, 1998).

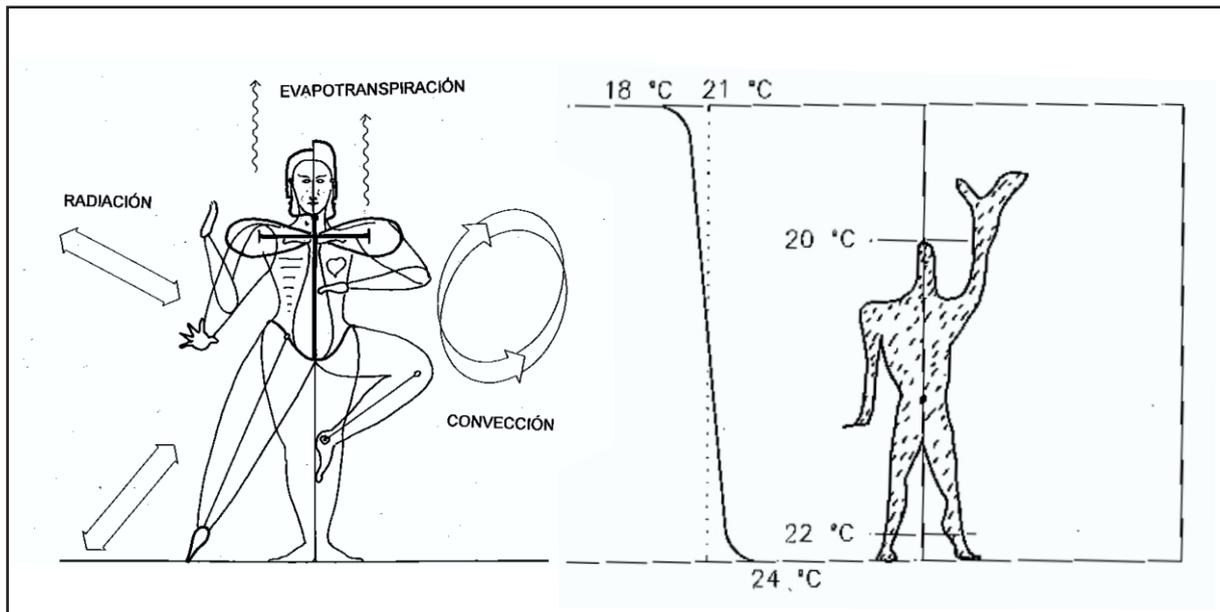
El ser humano destina muchos esfuerzos para poder crear un ambiente térmicamente cómodo. Esto se refleja en las construcciones vernaculares alrededor del mundo desde hace muchos años hasta el día de hoy. Estos parámetros son importantes y deben ser considerados al momento de diseñar arquitectura para crear un ambiente térmicamente cómodo (Serra y Coch, 1995).

La sensación del confort térmico está definida, según normas internacionales, como la ISO 7730, (1994) o la ANSI/ASHARE Standard 55 (1992), como "el estado de ánimo que expresa satisfacción con el ambiente térmico". Esta definición considera la sensación de confort térmico como subjetiva, es decir como la opinión de una persona sobre su sensación de frío o calor, sin embargo no solo es nuestro estado de ánimo el que define si tenemos frío o calor y si estamos o no cómodos con esa situación en particular. La cual no se traslada fácilmente a parámetros físicos, tendiendo una complejidad de evaluar el confort térmico más que evidente.

Esto nos recuerda que el confort térmico es una cuestión de muchos parámetros físicos y no solo uno, como por ejemplo la temperatura del aire. El confort térmico se considera junto con otros factores como la calidad del aire, luz y nivel del ruido, cuando evaluamos nuestro ambiente de trabajo. Si no sentimos que el ambiente de trabajo cotidiano es satisfactorio, nuestra eficiencia sufrirá inevitablemente. Así el confort térmico tiene un importante impacto sobre nosotros. Es por esto que el confort térmico se produce cuando se pueden dar dos condiciones al mismo tiempo.

La primera está referida a la cantidad de calor producida por el metabolismo que es igual a la cantidad de calor cedida al ambiente. En reposo absoluto y estado de comodidad, la producción mínima de calor en el cuerpo humano es de 70kcal/h (1 kcal/h por Kg de peso), 80 Kcal/h sentado en un trabajo normal de oficina, 200 Kcal/h caminando despacio, 500 Kcal/h corriendo, con trabajo duro hasta 600 Kcal/h. y la segunda es cuando en ninguna parte del cuerpo se percibe sensación de frío o calor (Almusaed, 2010).

Así se habla de una "zona de confort" descrita por algunos escritores y científicos. En esta zona la temperatura óptima para el rendimiento de las personas puede oscilar entre los 21°C, la humedad relativa puede estar ente el 30% y el 70%, la temperatura efectiva 18.9°C. Esta zona



(Fig. 19)

crea ciertos límites de tolerancia donde el humano puede desenvolverse de manera más cómoda y realizar un mejor desempeño. Es por esta misma zona de confort en la que se basaron diferentes científicos para crear herramientas de diseño como tablas donde se puedan apreciar estas variables de manera cuantificable y se pueda mejorar algunos parámetros.

Fig. 19 Mecanismos fundamentales de intercambio de calor entre el hombre y su entorno "Confort termico". Fuente: Neila, 2004.

2.4.2. Herramientas de diseño (Tablas)

Existen múltiples herramientas en el diseño bioclimático de las cuales se considera las más importantes las tablas de Mahoney, Diagrama Bioclimático de Víctor Olgyay y el Diagrama Psicométrico de Baruk Givoni. Esto por los diversos parámetros que toman en cuenta para hallar o establecer un área o una zona de confort (Serra y Coch, 1995). Estas tablas además son utilizadas hoy en día para poder calcular y verificar el confort humano para diferentes latitudes. Por otro lado las mismas se utilizan en diferentes programas computarizados que hacen el proceso de cálculo mucho más efectivo, donde se pueden analizar las diferentes variables propuestas de manera cuantitativa y dar recomendaciones o estrategias para alcanzar el confort, es así que para nuestro caso de estudio describiremos las antes mencionadas.

2.4.2.1. Tablas de Mahoney

Este Método fue diseñado por Carl Mahoney para ayudar en el diseño de viviendas en países tropicales. La tabla contiene los datos climáticos, mes a mes, del lugar y a partir de ella siguiendo un conjunto de reglas, se generan otras tablas que proveen recomendaciones arquitectónicas, que se clasifican en 9 temas.

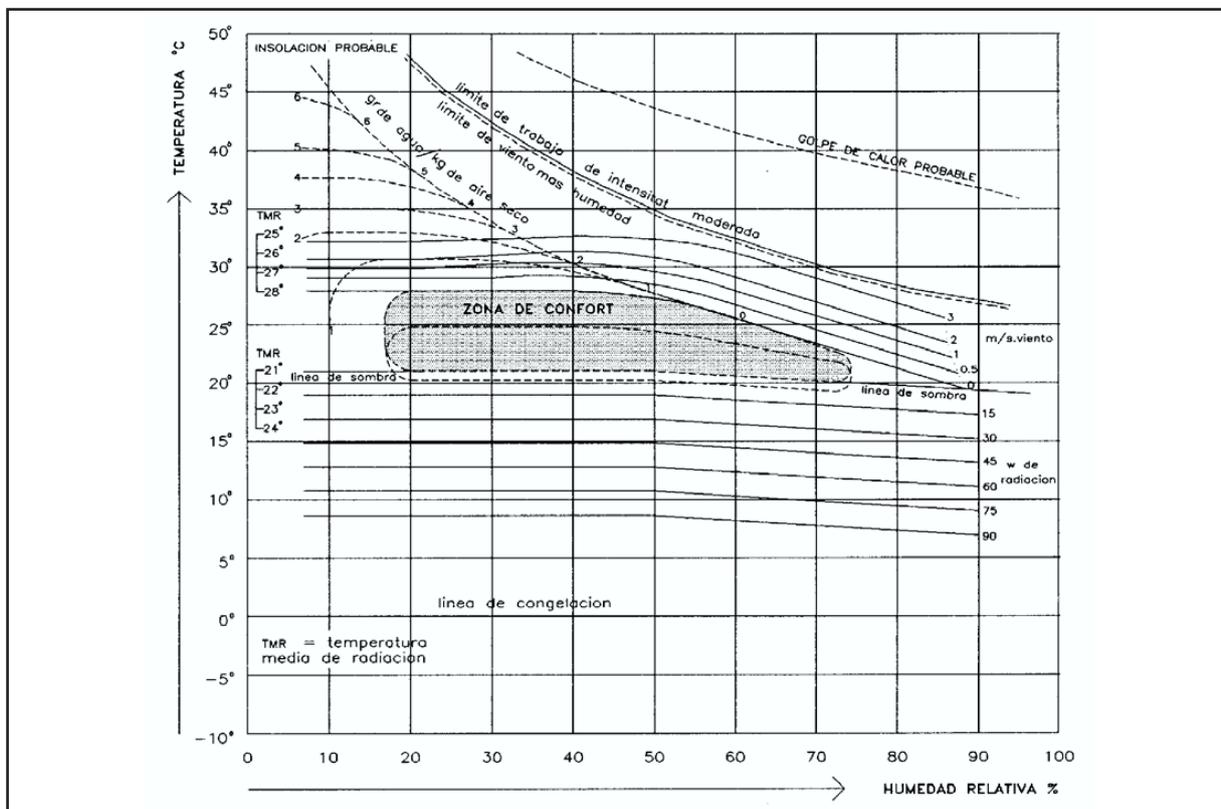
(1) Plan masa. Disposición de la casa, orientación recomendada. (2) Espacio entre edificios. Básicamente se trata de decidir si se va a dejar espacios para la circulación del aire o no. (3) Circulación del aire. Se

trata básicamente de decidir si se requiere una circulación de aire permanente, intermitente o nulo. (4) Dimensiones de las aberturas. Tamaño de las aberturas del edificio para la circulación interior del aire. (5) Posición de las aberturas. Se insiste sobre las aberturas y la necesidad de ventilación y de inercia térmica. (6) Protección de las aberturas. Se indica si es necesaria la protección contra la radiación solar directa y contra la lluvia. (7) Muros. Se decide si es necesario construcciones ligeras o construcciones masivas, de fuerte inercia térmica. (8) Techo. Tres posibilidades: construcción ligera y reflectante con cámara de aire, construcción ligera y aislada, y construcción masiva de fuerte inercia térmica. (9) Espacios exteriores. Se indica si es necesario disponer de un emplazamiento exterior para dormir, si es necesario drenar apropiadamente el agua de lluvia, y si es necesario la protección contra las lluvias violentas.

2.4.2.2. Diagrama Bioclimático de Víctor Olgay

Fig. 20 Diagrama Bioclimático de Víctor Olgay. Fuente: Neila, 2004.

Realizado en los años 50 y desarrollado en la Universidad de Berkeley, por Víctor Olgay. Este diagrama permite realizar un estudio del potencial que tiene el diseño del exterior de los edificios para suministrar confort. Estos diagramas bioclimáticos también denominados cartas bioclimáticas, son sistemas de representación gráfica de las relaciones entre las diferentes variables térmicas que influyen en la sensación del confort térmico. Básicamente se trata de diagramas psicrométricos, es decir relacionan temperatura y humedad sobre los que se establecen las condiciones de confort en función de los índices térmicos.



(Fig. 20)

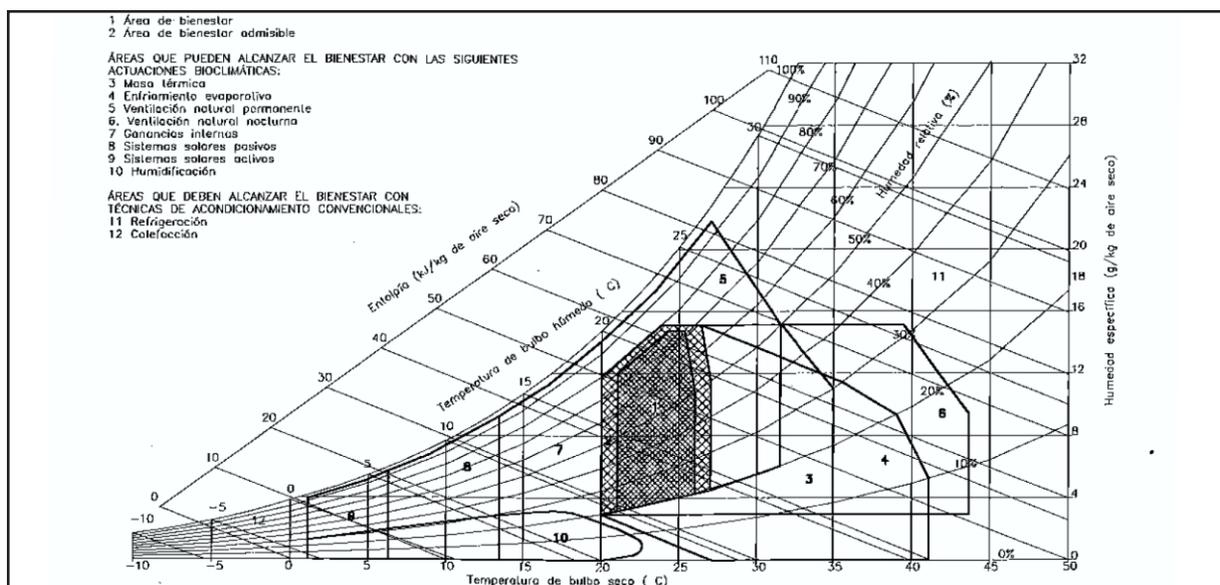
La parte superior está en función de las condiciones exteriores como humedad relativa, temperatura, la cual nos brinda los valores de la velocidad del aire necesarios, para que las condiciones sean similares a las del confort humano. En la parte inferior de la zona de confort se refleja las temperaturas exteriores, con las cuales podemos estar dentro de los niveles de confort si los niveles de radiación solar son los adecuados. En la parte central encontramos la zona de confort que establece un rango de valores en los cuales se podría encontrar un grado de confort. Cada lugar dispone de una carta bioclimática específica dependiendo de las condiciones particulares de temperatura y humedad (Olgay, 1998).

2.4.2.3. Diagrama Psicométrico de Baruk Givoni

El diagrama de Givoni es una carta que permite determinar las estrategias bioclimáticas a adoptar en función de las condiciones higrotérmicas del edificio, en una determinada época del año. En el diagrama se distinguen unas zonas asociadas a sus respectivas técnicas bioclimáticas que permiten alcanzar la zona de bienestar. Se trata de un diagrama que relaciona múltiples parámetros: temperatura, humedad relativa, humedad absoluta, punto de rocío, entalpía específica o calor total, calor sensible, calor latente y volumen específico del aire.

Fig. 21 Diagrama Psicométrico de Baruk Givoni. Fuente: Neila, 2004.

En el diagrama traza una zona de confort térmico y se propone otras zonas donde es posible alcanzar el confort mediante la incorporación y la aplicación de estrategias de diseño pasivo o activo. Cuando los parámetros se concentran fuera de la zona confort el diagrama permite visualizar si es necesario y en que medida la utilización de sistemas termo-mecánicos de acondicionamiento ambiental sea para calefacción como para refrigeración. El diagrama no es constante, en función a la altura sobre el nivel del mar y deben realizarse correcciones de manera que pueda aplicarse en un lugar específico (Neila y Acha, 2009).



(Fig. 21)

Cuadro N°1 Tabla síntesis Fundamentos de Arquitectura bioclimática. Elaboración propia.

	FORMA ENERGIA		UTILIZACION EN PRACTICA
EL SOL	Energía solar Pasiva	Ganancia directa de calor	Cualquier ventana Muros expuesto Masa térmica expuesta
		Ganancia indirecta de calor	Muros Trombe Muro de agua Estanque de agua terraza Cubierta ajardinada
		Ganancia aislada de calor	Adosados acristalados Efecto invernadero Piel de vidrio doble Espacio Estar o galería
	Energía solar Térmica	Alta	Producción de electricidad
		Media	Sistemas de calefacción Calentadores de agua
		Baja	Calefactores solares Calentadores de agua
	Energía solar Fotovoltaica	Panel sencillo	Energía eléctrica vivienda Autosuficiencia de vivienda
		Cultivos solares	Plantas de energía eléctrica Potencia industrial
EL VIENTO	Ventilación natural	Renovación de aire	Calidad de aire Eliminar aires viciados Control temperatura Resguardo Cambios por convección
		Efectos viento	Efecto Vórtice Descendente, Esquina, Estela, Torre, Vacío, Enlace de Presiones, Canal, Venturi, Pirámide, Refugio
	Energía Eólica	Alta	Aerogeneradores Ø 30 a 40 m. Grandes cantidades de energía
		Media	Aerogeneradores Ø 20 a 10 m. Producir electricidad
Baja		Aerogeneradores domésticos sensores de viento, control	
EL AGUA	Resguardo	Protección cubiertas, Nivel freático, Protección de humedad, Materiales impermeables	
	Almacenaje	Colector agua pluvial Crear micro clima, humedad Uso domestico, enfriamiento y Calefacción, Regar jardines	
	Reciclaje	Red separativa de pluviales, Reciclaje aguas grises, Atomizadores en los grifos, Cisternas de doble descarga, Electrodomésticos inteligentes	
EL CONFORT	Herramientas Tablas de Mahoney, Diagrama Bioclimático Olgay, Diagrama Psicométrico Givoni	Térmico	Rango 18 - 21 °C Calidad del aire Humedad del ambiente 30 - 70% Sensación térmica estable Mejor desempeño
		Psicológico	Calidad de los espacios Uso del espacio Iluminación natural Costumbres y vestimenta

CAPITULO 3
EL ALTIPLANO

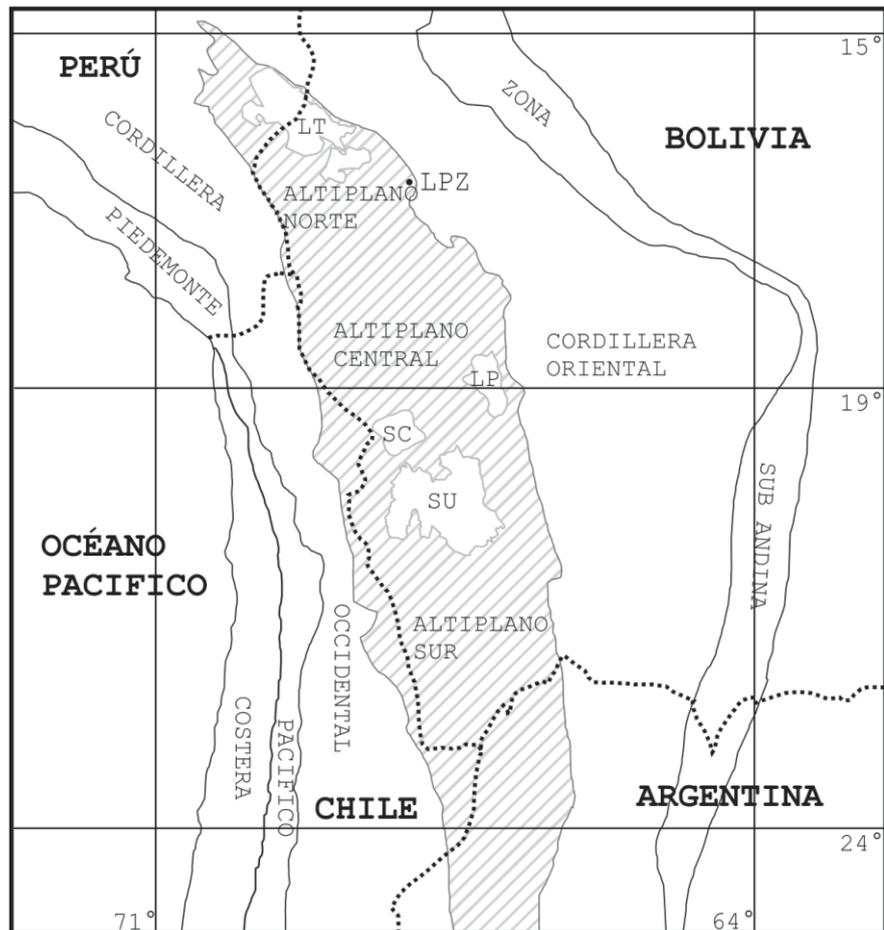
3.1. Contexto físico

3.1.1. Formación y Conformación

Fig.22 Localización del Altiplano en la Cordillera de los Andes centrales. Fuente: según Lavenu, 1984). Elaboración propia.

LP: Lago Poopó; LPZ: La paz;
 LT:Lago Titicaca; SC: salar de Coipasa;
 SU: Salar de Uyuni.

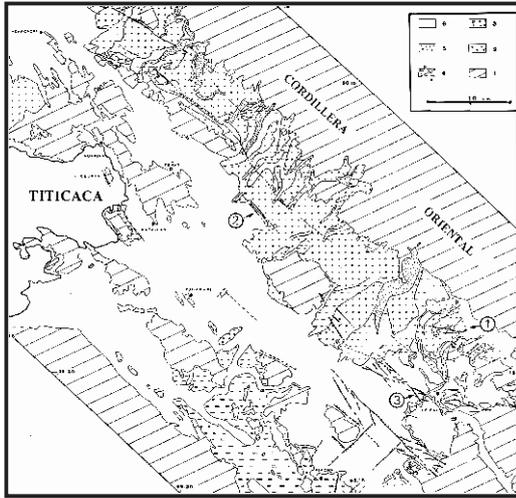
El altiplano es una cueca montañosa conformada por los andes centrales de Perú, Bolivia, Chile y Argentina situadas en la cordillera Occidental y oriental (Fig. 22). Esta se extiende por más de 2000km. de largo y sobre los 200km de ancho aproximadamente. Puede llegar a alcanzar una altitud de 4600 hasta los 3500 aproximadamente. El drenaje es endorreico y consta de dos lagos importantes: el Titicaca y el Poopó. El primero situado en la parte Norte del Altiplano y el segundo en la parte central del mismo. A su vez la parte del altiplano Sur es la más árida, tenido en el sector los salares de Uyuni y Coipasa desde principios del cuaternario.



(Fig. 22)

Resulta difícil explicar la formación del altiplano y la Cordillera de los Andes por su proceso complejo. Su comprensión deriva en muchas teorías que fueron creadas a lo largo del tiempo y por tanto requiere comprender situaciones geológicas presentes y pasadas. Por un lado, es necesario conocer una serie de acontecimientos ocurridos en el transcurso de las últimas decenas de millones de años. Por otra parte también se debe conocer la masa del Altiplano, es decir las variaciones de densidad en la horizontal y en la vertical, el espesor de la corteza de la zona, las variaciones de gravedad, temperaturas, el régimen de fuerzas que se encuentran

como la velocidad del acercamiento entre la placa de Nazca y América del Sur y el ángulo de subdivisión con que se hunde la Placa de Nazca bajo el continente. Por esto que se tendrán en cuenta las teorías más aceptadas contemporáneamente.



(Fig. 23)



(Fig. 24)

Fig.23 Esquema estructural del piedemonte de la Cordillera Oriental entre la paz y el lago Titicaca. Fuente: Lavenu, 1981.

1 : formaciones indiferenciadas ante-Pleistoceno;
2:volcanismo cuaternario;
3: formaciones glaciares ante Sorata;
4:(a)morenas Sorata,(b) Formación Ulloma;
5 : morenas Choqueyapu;
6 :Cuaternario reciente.

La formación de altiplano actual, según Alain Lavenu, (lavenu A.,1984) es el resultado de un sistema antiguo que comienza en el pleistoceno inferior hasta el final del Plioceno y que pasa de un clima tropical a un clima frío y húmedo. Según otras instituciones de expertos, como la Universidad de Rochester, la formación de estas cadenas montañosas y la puna en sí, se produjeron de manera acelerada. Esto medido en tiempos geológicos, quiere decir un ritmo de un kilómetro cada varios millones de años.

Los sedimentos de esta formación infra montañosa han sido mayormente depositados en condiciones de endorreísmo de los glaciares y transformación y movimientos de los cuerpos de agua preexistentes. Además han sido modificados por movimientos tectónicos que dieron origen a la Cordillera de los Andes como a la puna, desde hace unos 12 a 25 millones de años aproximadamente. A sí mismo es importante considerar que la existencia y extensión de los lagos está directamente relacionada con los periodos interglaciares, así como con la formación de los glaciares en los Andes. La superficie de las capas lacustres sucesivas disminuyen considerablemente en el transcurso del Cuaternario y las deformaciones tectónicas Plio-cuaternarias fracturan el pie de monte de la cordillera. Esta actividad neotectónica de considerable extensión de dirección norte sur, caracteriza todo el cuaternario. No obstante es en el Pleistoceno inferior, posterior al antiguo lago Cabana que se crea la fosa tectónica del lago Titicaca y da lugar a las cuencas y formación del río y el lago Poopó (Marshall y Sempere, 1991; Marshall., 1991).

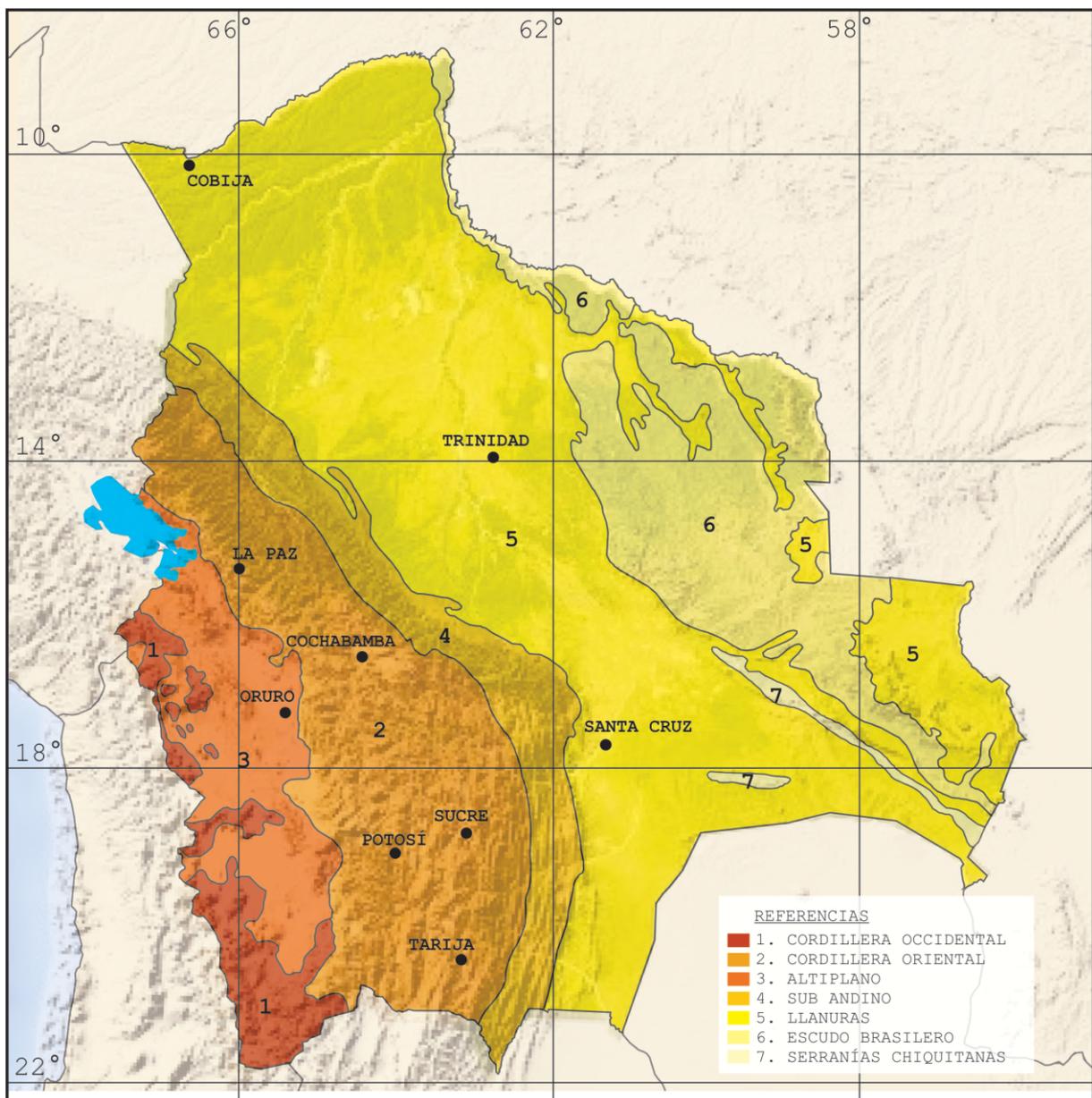
Es bajo estas condiciones y con el pasar de millones de años que el altiplano y sus cordilleras se conformaron para crear un páramo con muy peculiares características que se pueden denotar en su paisaje clima, y en los seres vivos que habitan este medio.

Fig.24 Las extensiones lacustres en el norte y el centro del Altiplano. Fuente: Lavenu, 1984.

3.1.2. Fisiografía

Para el presente trabajo nos basaremos en la extensión de altiplano que se encuentra ubicado dentro de los límites de Bolivia. En específico en el altiplano norte y la totalidad del altiplano central. Para entender de manera mucho más precisa, determinaremos la importancia que tiene esta región dentro de Bolivia por la extensión territorial particularidades climáticas extremas así como de los asentamientos humanos. Además trataremos de entender los diferentes sistemas fisiográficos que la conforman y las características más importantes de la zona de estudio.

Por la variedad de los factores climáticos, morfológico, suelos, flora y fauna, Montes de Oca, (1989) propone dos macro regiones en Bolivia: la primera llamada zona alta o altiplánica. Consiste en una meseta de aproximadamente



(Fig. 25)

4.000 m. a 3500 m. de altitud. Esta región andina, junto con la cordillera oriental y occidental de los Andes, constituye la columna vertebral y el rasgo orográfico más importante del país. Comprende el 38% del territorio con una extensión de 44574km² donde se encuentra el 45% de su población aproximadamente, y otra baja o de los llanos, por debajo de la cota 500 m.s.n.m., que abraza una zona extensa de 684007km² que representa el 62% del territorio.

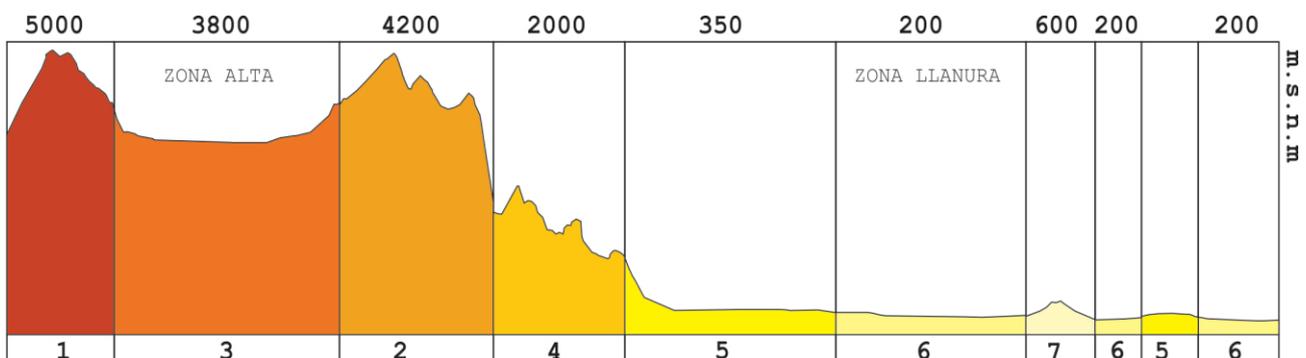
Fig. 25 Mapa Fisiográfico de Bolivia, Elaboración propia consultado de Montes De Oca, 1992.

Para poder entender a la relación y estructuración de estos diferentes ámbitos, se proponen una subdivisión de 7 unidades fisiográficas en toda Bolivia. Encontraremos de manera más específica la zona de interés para la investigación, que se muestran en la figura posterior (Fig.4), y que de este a oeste está conformada por; 1 cordillera occidental, cordillera oriental, Altiplano, Sub Andino, Llanuras, Escudo brasileño, Serranías chiquitanas.

En la siguiente grafica (Fig. 4), se muestra la relación de las zonas propuesta por Montes de Oca (1992), contrastándolas con la altitud sobre el nivel del mar aproximado en la que cada una encuentra. Así que puede identificar y comprender de manera más sencilla la relación que existe entre cada una de ellas. Además de identificar de mejor manera el campo de estudio en específico en el cual se rige el presente trabajo. De ese modo podemos identificar que las distintas zonas se encuentran a niveles muy diferentes que decrecen de occidente a oriente. Dado que la zona de las cordilleras y el altiplano se encuentran a una altura muy considerable, la siguiente variación se presenta en la región del subandino a una altura que puede oscilar entre los 2200 a 1000 m.s.n.m. Finalmente la gráfica ayuda a evidenciar que en las zonas restantes esta elevación casi desaparece para colocarnos en llanuras mucho más tropicales de hasta 100 m.s.n.m.

Para fines del presente trabajo se realizara un análisis de la zona de interés como el altiplano. Sin embargo también se tendrá en cuenta la cordillera oriental y occidental, ya que la articulación de estas genera un ecosistema muy particular, que es necesario conocer a profundidad para determinar los factores físicos, climáticos y ambientales que la componen.

Fig.26 Mapa fisiográfico de Bolivia, Esquema de relación de alturas. Elaboración propia.



(Fig. 26)

La cordillera occidental se extiende desde la costa sur del Perú y en dirección hacia Bolivia forma parte de la cordillera de los andes. Puede considerarse como sucesión discontinua de volcanes aislados y serranías formadas por potentes coladas de lava. Esta cordillera se subdivide en dos unidades: los volcanes y mesetas del norte y las del sur en el paralelo 21°. Al norte existen volcanes aislados y alineados, mientras que al sur los volcanes se juntan con elevadas mesetas, que tienden a desaparecer en el altiplano juntándose con la cordillera oriental hacia el sur.

La cordillera oriental atraviesa todo el país como una barrera de natural de rocas. Se bifurca de la cordillera occidental y vuelve a unirse a ella mucho más al sur, dejando entre medio la zona altiplánica. La espectacularidad de éste, demarca una influencia importante en diferentes aspectos: primero se constituye como una barrera difícil de vencer para la comunicación vial entre oeste y occidente de Bolivia. Segundo el clima de esta región en particular tendrá variaciones por este obstáculo, debido a intensos procesos de erosión, sobre todo glaciario, fluvio-glaciario y fluvial en esta cordillera. No obstante se formaron valles de diversa profundidad, generando así otro tipo de micro climas.

Fig.27 Fotografía de la Ciudad de El Alto 3.800m.s.n.m. Fuente: andesgeoruben.wordpress.com.

Altiplano por Rodrigo Carrasco Junge Puna de Atacama, vista sobre el Licancabur. Altura 3.500m.s.n.m.

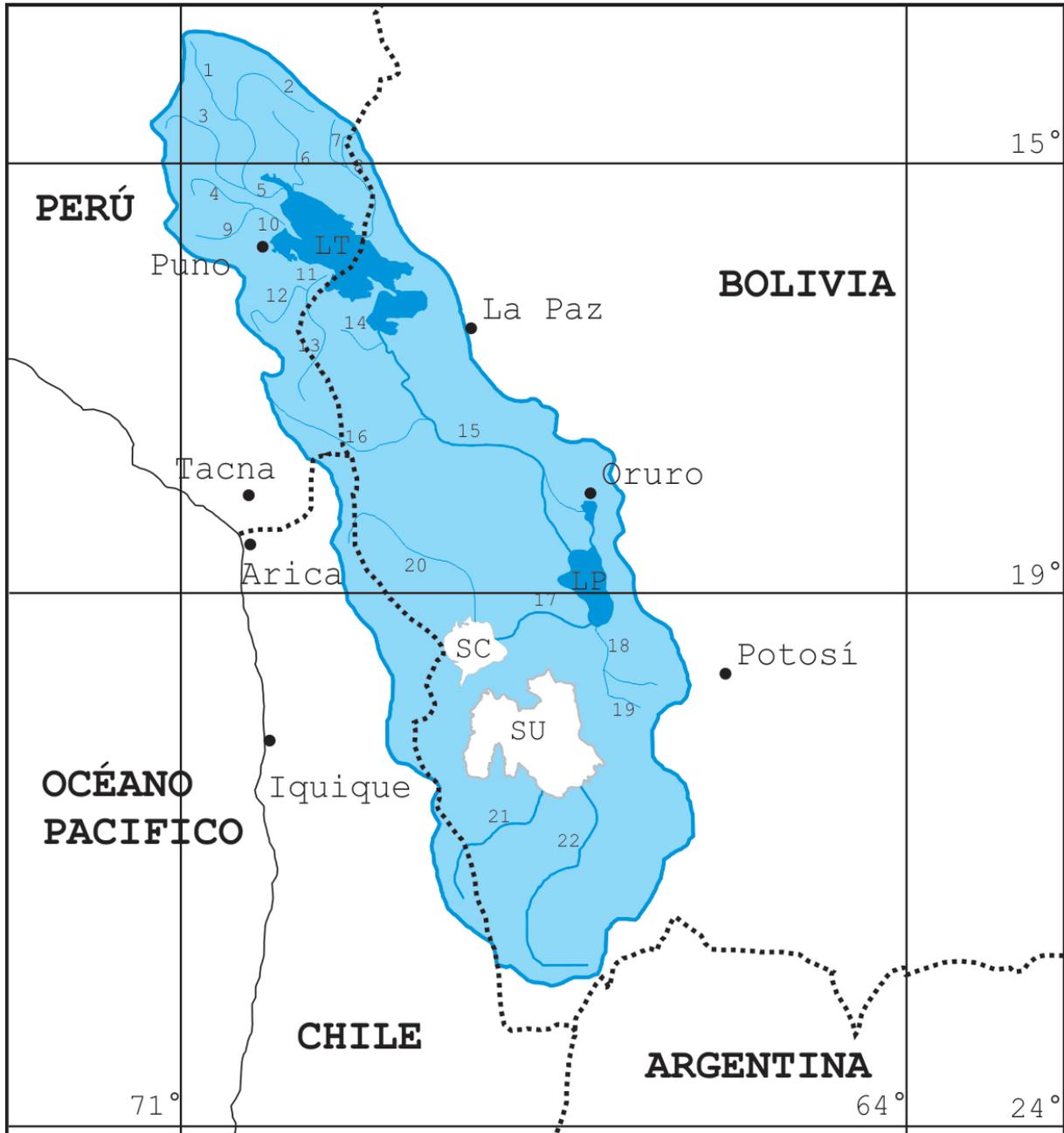
El altiplano o meseta del Collao, también llamada meseta del Titicaca, está ubicado a una altitud que varía entre los 4000 a 3500 m.s.n.m. aproximadamente. Está en medio de las cordilleras occidental y oriental, que constan de una llanura muy extensa compuesta por serranías y cerros aislados, con las características de una cuenca cerrada. El altiplano puede subdividirse a su vez en sub húmeda, semiárida y árida, por la disminución en la humedad de norte a sur y los cambios producidos en función de la sequedad en lago, laguna y salar. El lago Titicaca constituye un lago de agua dulce y da lugar a una zona subhúmeda. Otro punto similar pero en menor medida, es la presencia del lago Poopó que conforma parte de la zona semiárida por la cantidad importante de agua en la temporada de lluvias. Esta concluye con los salares de Uyuni y Coipasa que constituyen la zona árida y desértica del altiplano. El altiplano consta de un área de 136229Km², es decir representa aproximadamente el 12% del territorio nacional (Montes de Oca, 1992).



(Fig. 27)

3.1.3. Hidrografía

La composición hidrográfica en el altiplano boliviano está formada por un conjunto de cuencas endorreicas originadas por los periodos interglaciares y por los movimientos tectónicos sucedidos hace millones de años. Según algunos autores y estudios realizados por la ALT (La Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó, Salar de Coipasa) y la Universidad Mayor de San Andrés, se pueden destacar dos cuencas como las más importantes: el sistema endorreico Titicaca - desaguadero - Poopó salar de Coipasa y la cuenca de salar de Uyuni (OEA, 1996).



(Fig. 28)

El lago Titicaca y sus afluentes son el inicio del sistema y la de mayor extensión de masa de agua. Tiene una superficie de 8000 km² y un volumen mayor a 900 000 millones de m³. Es considerado el lago más alto del mundo

Fig.28 Esquema Sistema TDPS. Elaboración Propia.

- 1 Rio Ñuñoa,
- 2 Carabaya,
- 3 Ayaviri, 4 Lampa,
- 5 Ramis,
- 6 Huancané,
- 7 Grande, 8 Suches, 9 Cabanillas,
- 10 Coata, 11 Llave,
- 12 Aguas Calientes,
- 13 Huenque,
- 14 Callacane,
- 15 Desaguadero,
- 16 Maure,
- 17 Lacajahuira,
- 18 Marquez,
- 19 Mulato,
- 20 Lauca,
- 21 Pucamayu,
- 22 Grande de Lipez

LP: Lago Poopó;
 LT:Lago Titicaca;
 SC: salar de Coipasa;
 SU: Salar de Uyuni.

por su altitud promedio de 3812m.s.n.m. y es compartido por Perú y Bolivia. Esta gran masa de agua tiene su desembocadura por el extremo sur hacia el río Desaguadero. El mismo durante su recorrido recibe el aporte de muchos afluentes menores tanto por su margen occidental como por el oriental. Por otra parte debido al proceso de evaporación y procedencia de montañas en el lago, aumenta el nivel de salinidad. Además el río Desaguadero recibe gran cantidad de sedimentos, lo que sumado a la poca pendiente del terreno termina por formar grandes deltas en su curso inferior cercano al lago Poopó y al lago Uru Uru. Esta sedimentación fue la responsable de que el curso del río Desaguadero se dividiera en dos ramales: el Occidental que sigue rumbo sur hasta su desembocadura con el lago Poopó, y el oriental, de mayor caudal, que forma el lago Uru Uru y que a su vez continúa rumbo sur desaguando al Uru Uru y uniéndolo con el lago Poopó (Fig. 28).

El lago Poopó se encuentra en un proceso de convertirse en salar. Está ubicado a una altitud promedio de 3686 m.s.n.m., y alcanza en extensión los 24 829 km². Tiene una pluviometría anual en la zona inferior a 300 mm. Sus aguas reciben el aporte del río Desaguadero, pero a su vez recibe el aporte del río Márquez, Poopó, Huanuni, Antequera entre otros. Estos ríos con altos contenidos minerales y sedimentos salinos, han convertido las aguas del lago en no aptas para el riego ni para consumo humano. La desembocadura del este lago es por el río Laca Jahuirra, que parte desde el extremo sur del lago con rumbo hasta el Salar de Coipasa.

Se puede señalar que en el altiplano boliviano, de norte a sur, existe un gradual proceso de desertificación. Esto debido en una gran medida a la progresiva disminución de las precipitaciones pluviométricas, como al nivel del suelo con pocas variaciones de pendiente. Por este proceso de salinidad y mineralización en la superficie y en las capas terrestres inferiores, es que se puede observar la conformación final en las cuencas del salar de Uyuni y Coipasa. Mismas que reciben aguas salubres de sus afluentes (río Grande, Lipez y Pucamayu, hacia el Uyuni, y río Lauca y Lacajahuira hacia el salar de Coipasa). Asimismo el lago Poopó y el lago Uru Uru tienen aguas altamente mineralizadas que aceleran el proceso de conversión en salares (Molina Carpi J. 2014).

Es así que el salar de Coipasa termina por recibir las aguas del lago Poopó y en menor media del río Lauca. El salar se origina en zonas volcánicas con alto nivel de mineralización en las mismas, es así que final del trayecto de las aguas resultan con una alta concentración salina que conforma el salar de Coipasa como final de los sistemas TDPS (OEA, 1996).

El salar de Uyuni es el mayor desierto de sal continuo y alto del mundo. Cuenta con una superficie de 10 582 km² como resultado de un proceso de salinización del agua y evaporación de millones de años. Cabe resaltar que en temporada de lluvias y debido a su forma, en el desemboque de las montañas se puede apreciar cómo queda cubierto de agua y forma una cuenca importante.

3.1.4. Clima

El altiplano como se dijo es una planicie que puede llegar a los 4000m.s.n.m., donde existe una baja presión atmosférica y por lo tanto, una menor concentración de oxígeno. Por estas razones fundamentales, el clima puede considerarse como un clima frío, seco y que tiene grades amplitudes térmicas diarias, lo que produce que por las noches, incluidos los veranos, la temperatura pueda descender considerablemente y que por el medio día exista una variación importante que puede alcanzar con facilidad los 20°C y descender hasta niveles bajo cero por la noche (Salamanca, 2008).

Otro factor determinante es el suelo, que siendo homogéneo, presenta zonas muy descubiertas, es decir zonas con poca proyección de sombras. Sin embargo bajo estas condiciones extremas de heladas, sequias, altitud y salinidad del suelo, existen zonas con vegetación propia del lugar donde también se puede ver una gran variedad de especies del reino animal. En suma existe un ecosistema muy especializado, que se adapta perfectamente a estas condiciones climáticas y geográficas (Montes de Oca, 1992).

Es por estas razones que para el presente estudio se hará un especial énfasis en la recopilación de estos datos, teniendo en cuenta los acápite previamente estudiados para su entendimiento. Con los mismos y gracias al uso de herramientas informáticas (Climate Consultant ©), podemos alcanzar los parámetros requeridos y los objetivos de la investigación.

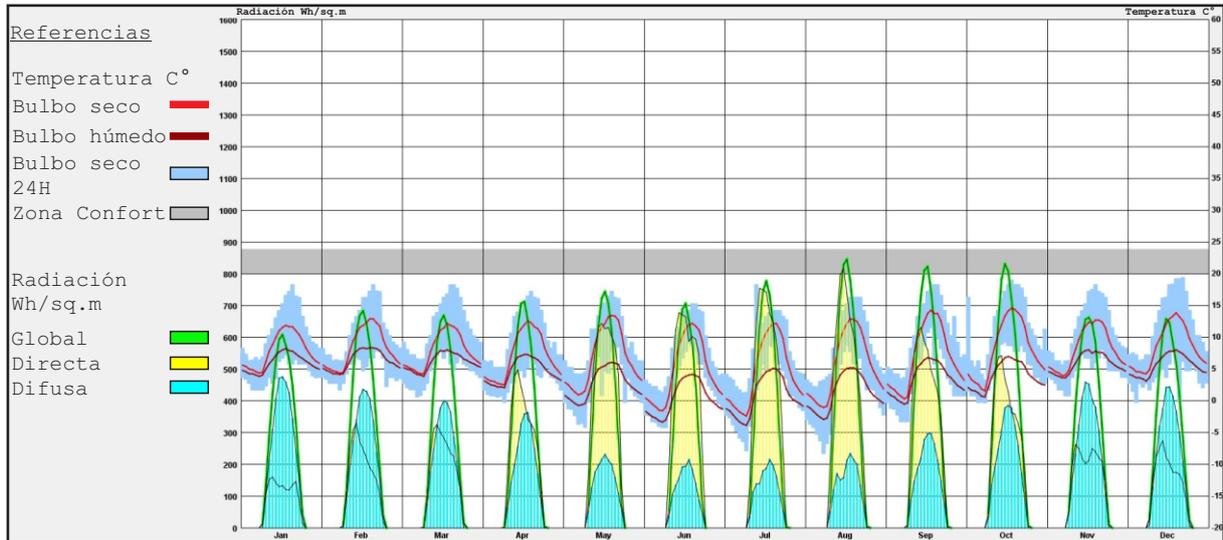
- Rangos de temperatura.- Los rangos de temperatura más altos dentro de nuestro sistema se producen de diciembre a marzo, llegando en verano hasta 19°C como máxima y a un mínimo de 5°C. En tanto las temperaturas más bajas se producen en julio y agosto, llegando en temporada de invierno a una máxima que puede alcanzar los 15°C y a una mínima de -9°C. El promedio anual oscila por los 6°C, no llegando así a ninguna de estas a la zona de confort.

Fig.29 Rangos de temperatura, Elaboración Propia.



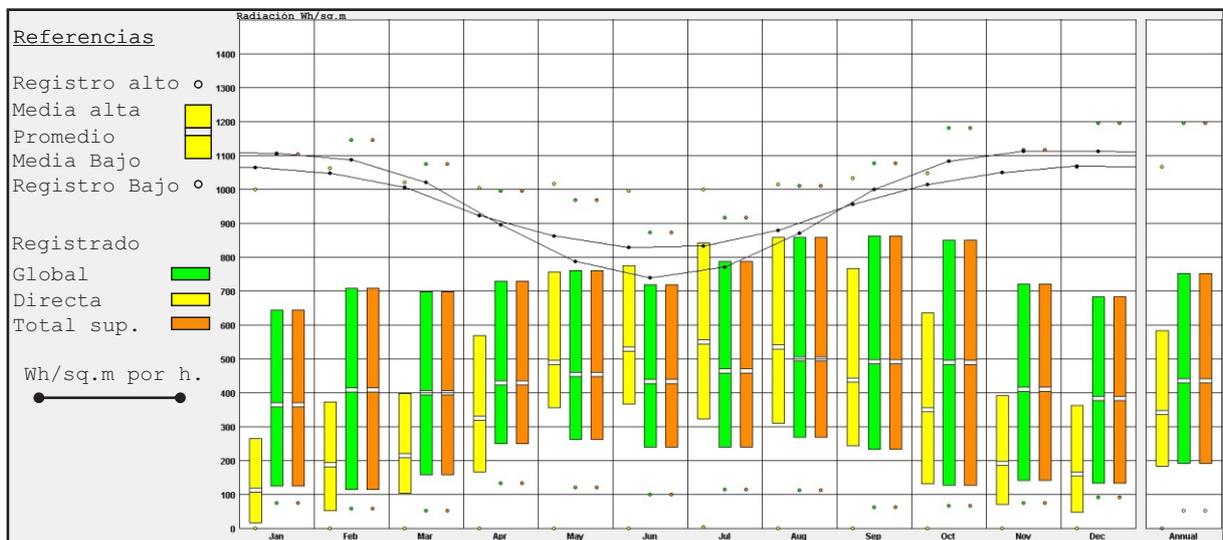
(Fig. 29)

Fig. 30 Promedio - **Promedios Diurnos Mensuales.**- La radiación máxima alcanza un tope en el mes de agosto llegando a la zona de confort con 19°C con una radiación de 850Wq/sq.m manteniéndose hasta el mes de octubre en una radiación global horizontal y directa normal, donde la humedad decae a los 5°C y el bulbo seco elevándose a 13°C, es importante señalar que en los meses de invierno se ve una notable baja difusa por la inclinación solar que es de unos 34°, pero de la misma manera los niveles de la radiación no descienden en la temporada de invierno.



(Fig. 30)

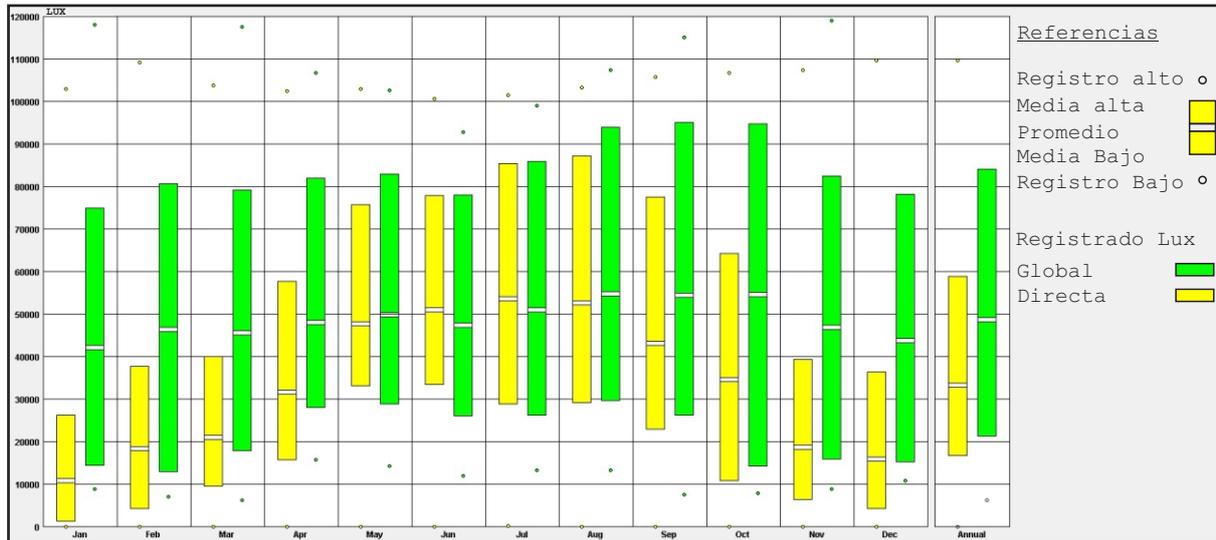
Fig. 31 Rangos de - **Rangos de radiación.**- De la misma manera que la anterior podemos ver en mayor detalle cómo impacta en un 20% los grados de radiación por reflexión en el suelo en los meses de agosto y septiembre por la inclinación del sol y decayendo la misma en enero y febrero con una radiación menor 100 Wq/sq.m, ya que el sol se encuentra mucho más perpendicular al horizonte terrestre, y en los promedio se puede ver que tanto en superficie total y la global horizontal va en el rango de 450 Wq/sq.m y la directa normal 380 450 Wq/sq.m., recibiendo así en la zona altiplánica un radiación bástate elevada y continua.



(Fig. 31)

- **Rangos de Iluminación.**- El rango de Unidad de intensidad de iluminación alcanza un tope en los meses de verano siendo esto por la inclinación del sol sobrepasando los 120000lx., ya que existe menor proyección de sombras y decayendo la misma en invierno ya que la inclinación del sol es menor decayendo la misma hasta casi llegar a los 10000lx., con un promedio anual de 50000lx.

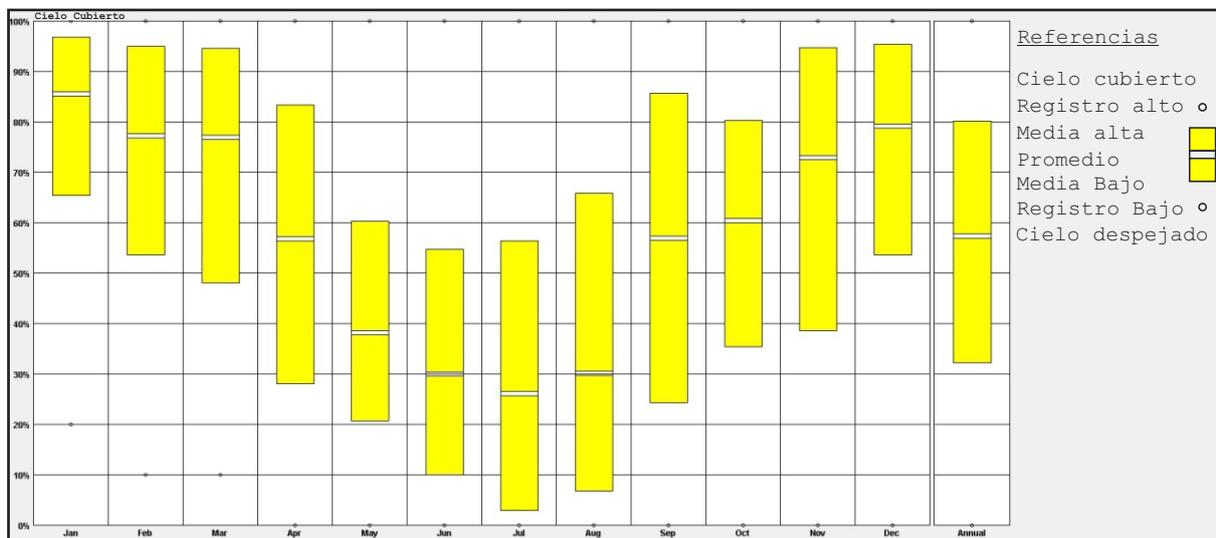
Fig. 32 Rangos de iluminación. Elaboración Propia.



(Fig. 32)

- **Rango cubierto de cielo.**- En los meses desde noviembre a marzo podemos ver como el rango de cobertura del cielo alcanza niveles elevados siendo estos los meses donde se produce la temporada de precipitaciones llegando casi a un 98%, por largos periodos durante el día decayendo hasta un 50%, con un media del 80%, y en los meses de mayo a octubre en especial en el mes de agosto, donde el cielo se encuentra mayormente despejado siendo este otoño e invierno, esta desciende hasta el 55% como máxima, una mínima que puede ser menor al 10% y una media del 20%, dejando el promedio anual en 58% de cobertura.

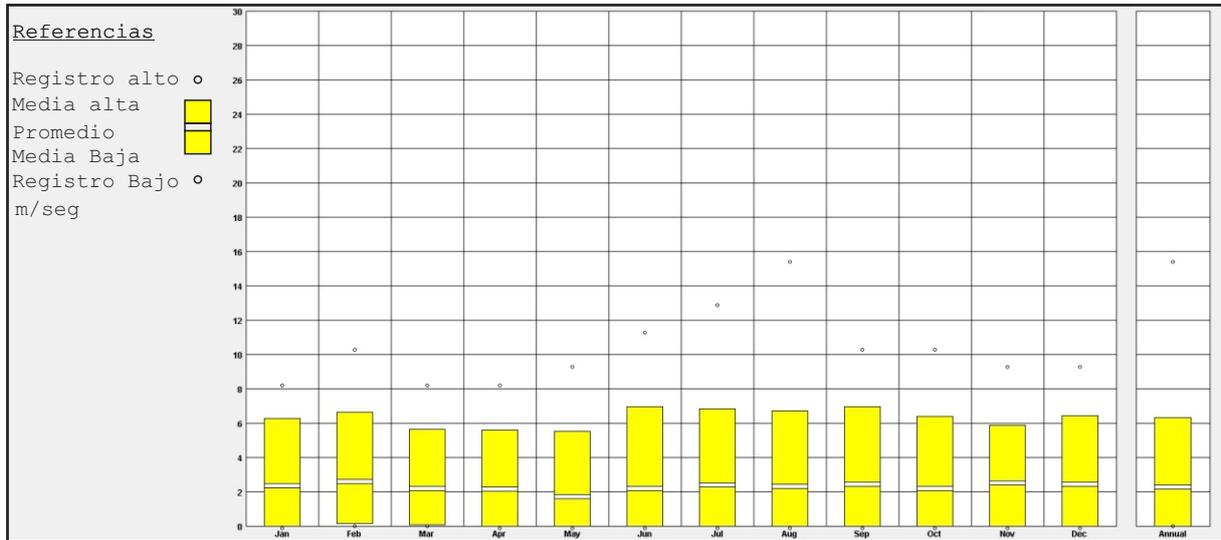
Fig. 33 Rango cubierto de cielo. Elaboración Propia.



(Fig. 33)

Fig. 34 Velocidad del viento. Elaboración Propia.

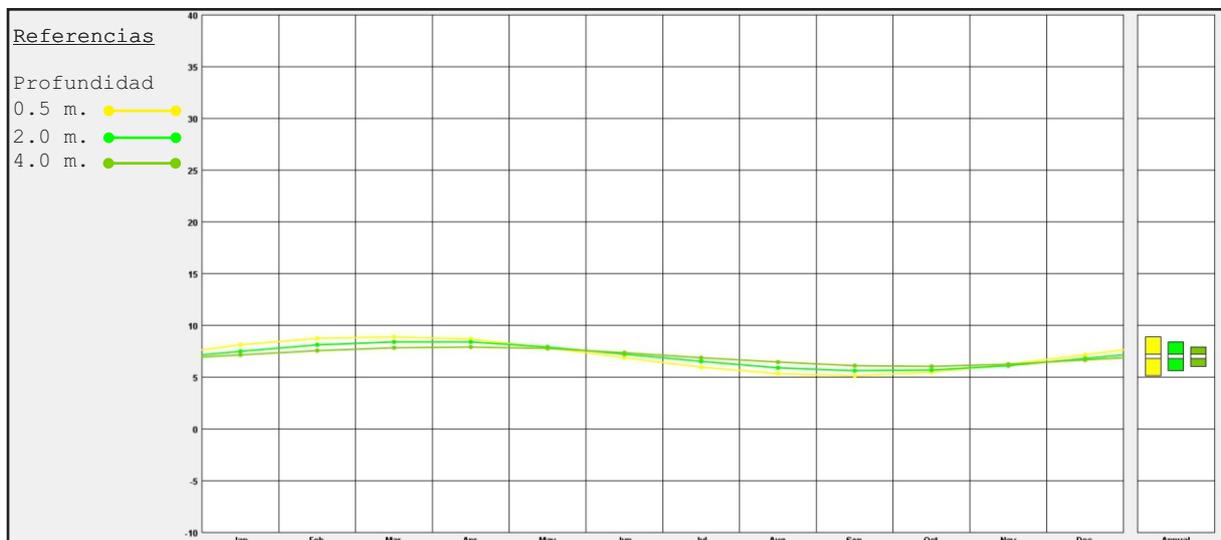
- Velocidad del viento.- Esta no es demasiado elevada a lo largo del año encontrándose la media anual por lo 2m/s, pero alcanzado topes en invierno específicamente en agosto con una velocidad máxima de 15m/s siendo esta considerable además de tener vientos procedentes de alta montaña lo que significa corrientes bastante frías, pero a lo largo del año esta suele oscilar en sus máximas entre lo 5m/s a los 7m/s.



(Fig. 34)

Fig. 35 Temperatura del suelo. Elaboración Propia.

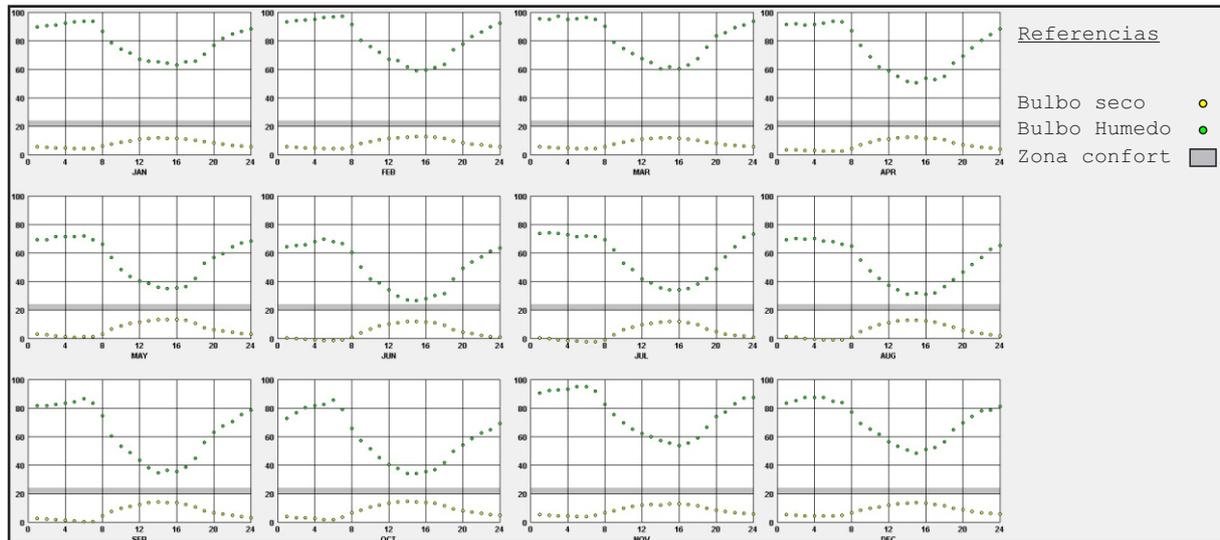
- Temperatura del suelo.- A una profundidad de 0.5m., podemos ver que en el mes de agosto se alcanza una temperatura de 5°C que se diferencia muy poco a una profundidad mayor de 4m., con 6°C, por otro lado en los meses de verano a una profundidad de 0.5m. se puede alcanzar una temperatura de 9°C variando muy poco a una profundidad de 4m., con 7°C, también vemos que en el mes de mayo se mantiene una temperatura de 8°C no importando la profundidad de la misma manera que en el mes de noviembre.



(Fig. 35)

- **Humedad relativa.**- En verano de enero a marzo es elevada por la noche entre las 8 PM a 8AM, llegando a sobrepasar el 80%, la misma decae a un rango de 60% entre las 11 AM a 17 PM, para los meses de invierno de julio a septiembre la humedad decae por la noche entre las 8 PM a 8AM, llegando a sobrepasar el 75%, la misma decae a un rango de 30% entre las 11 AM y 17 PM, por otra parte el bulbo seco se eleva en contraposición a la humedad con porcentajes que no sobrepasan el 15% en verano y aumentando en invierno, pero de la misma manera no llegando a sobrepasar el 15%.

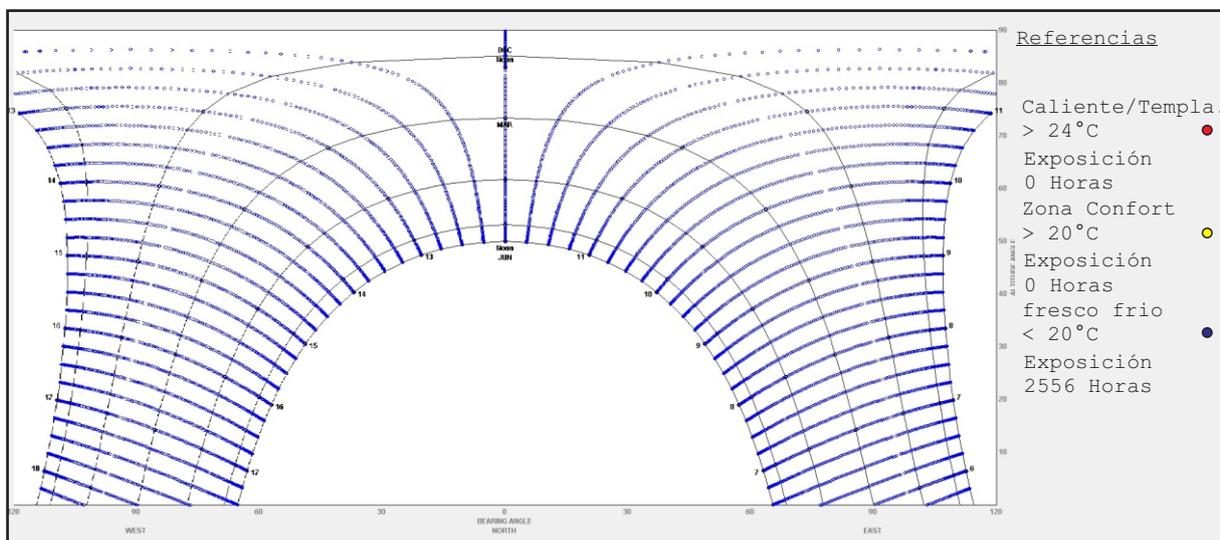
Fig. 36 Humedad relativa. Elaboración Propia.



(Fig. 36)

- **Proyección solar (verano-Otoño).**- En los meses de verano a otoño existe una relación muy perpendicular del sol con el horizonte, lo que nos indica que no es necesario alguna protección solar debido a que la inclinación del sol es menor, además considerando como se muestra en el gráfico la temperatura es menor a las 20°C., por debajo de los límites del programa para considerarlo una sombra bastante fría, donde además el mayor grado de exposición solar es hacia el norte durante el mediodía.

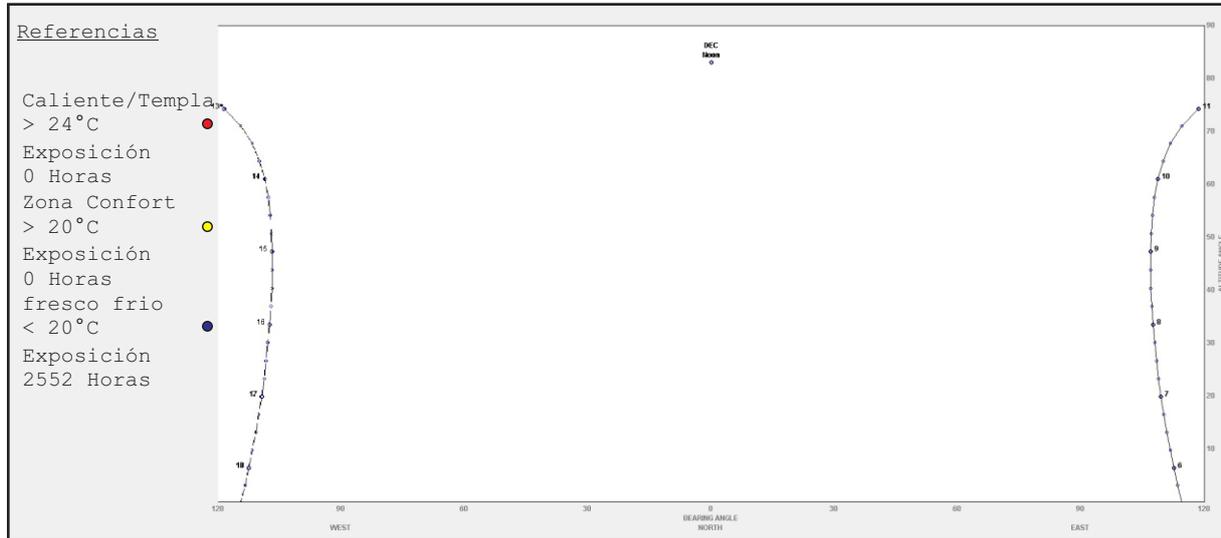
Fig. 37 Proyección solar (verano-Otoño). Elaboración Propia.



(Fig. 37)

Fig. 38 Proyección solar (Invierno-Primavera).
Elaboración Propia.

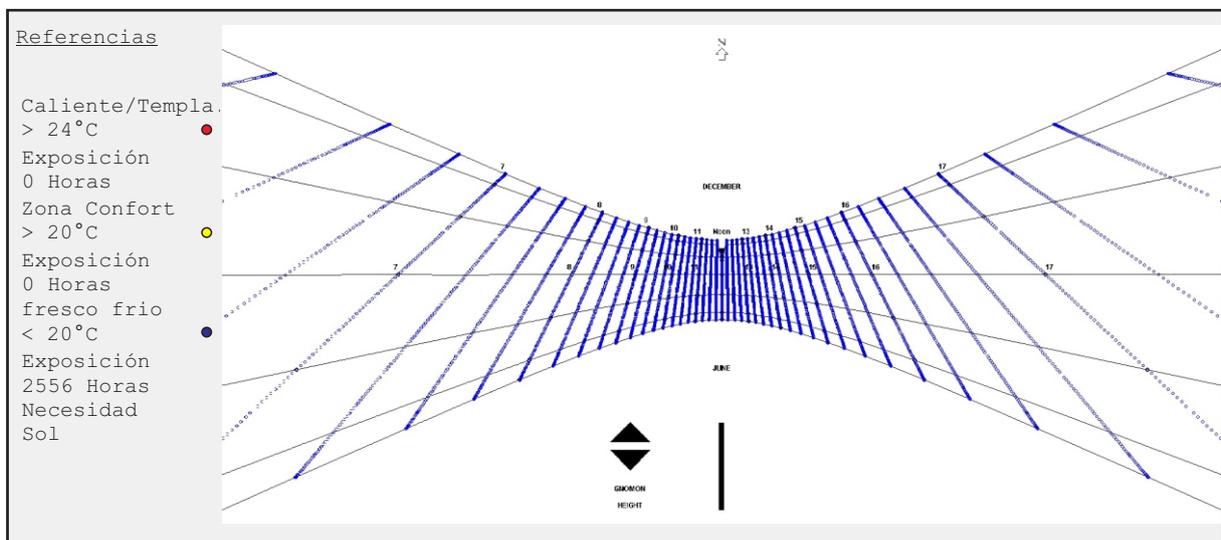
- **Proyección solar (Invierno-Primavera).**- En invierno y primavera el gráfico cambia drásticamente debido a la que la inclinación del sol es mayor y la intensidad es mucho mayor sobre la superficie, es por esto que no se necesita ningún tipo de protección solar ya que las temperaturas pueden llegar bajo los 0°C, lo más recomendable sería medios de captación solar para aumentar las temperaturas interiores y llegar a la zona de confort.



(Fig. 38)

Fig. 39 Tabla solar (verano-Otoño).
Elaboración Propia.

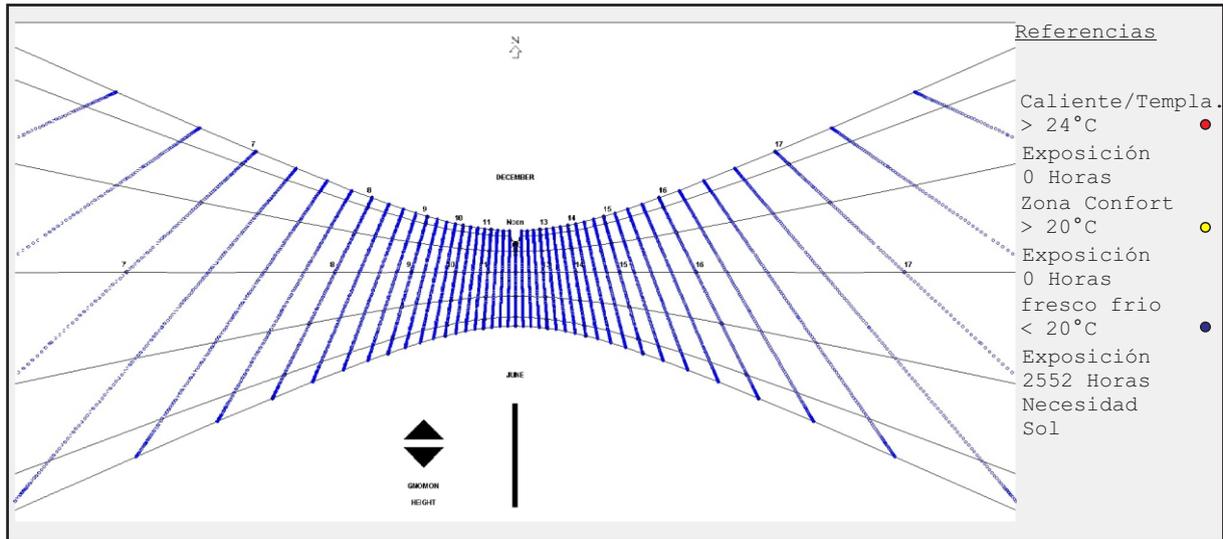
- **Tabla solar (verano-Otoño).**- En la carta solar se puede apreciar como por estar en una latitud más cerca al ecuador se genera una sombra a las 12 horas dentro del espectro solar aunque este no es demasiado pronunciado, además de esto podemos ver que en estos meses de verano a otoño se genera una mayor concentración de radiación solar entre las 10 AM y las 15 PM disminuyendo su intensidad hacia el este y el oeste todas no superando los 20°C en esta temporada, con una necesidad de sol.



(Fig. 39)

- **Tabla solar (Invierno-Primavera).**- Por estar en un latitud más cerca al ecuador nos genera una sobra a las 12 horas dentro del espectro solar aunque este no es demasiado pronunciada, además podemos ver que en estos meses de invierno a primavera se genera una mayor concentración de radiación solar entre las 10 AM y las 15 PM, mucho mayor a los meses anteriores, esta va disminuyendo su intensidad hacia el este y oeste, pero en un rango menor de tiempo ya que en las horas de sol son menores en esta temporada, las mismas que no superan los 20°C.

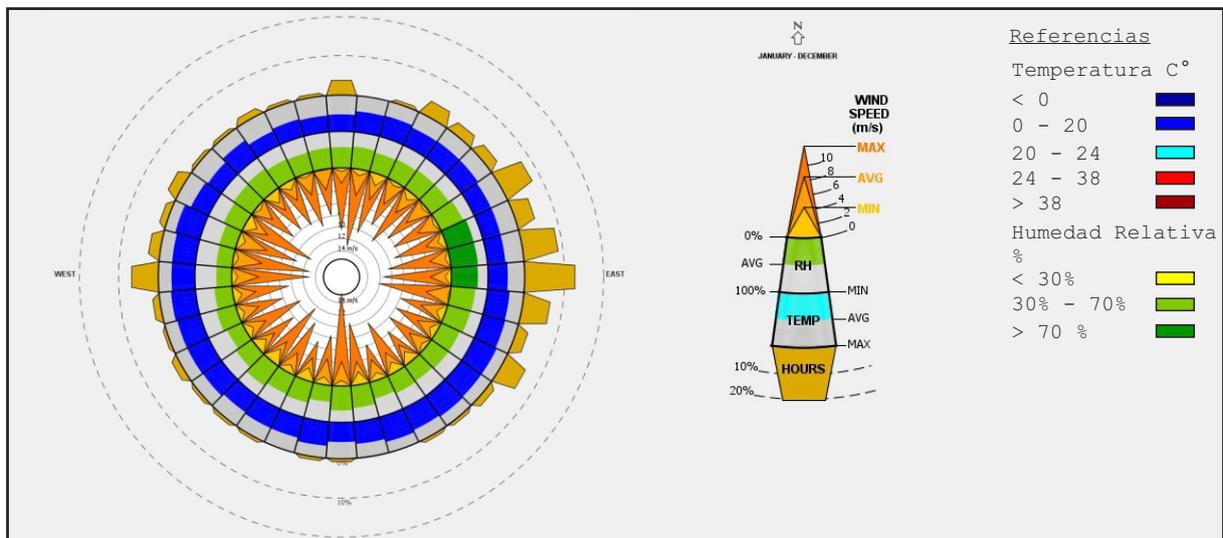
Fig. 40 Tabla solar (Invierno-Primavera). Elaboración Propia.



(Fig. 40)

- **Rueda de viento.**- Los vientos de mayor velocidad son de Sud a norte llegando a velocidades superiores a 14m/s, por otro lado los vientos predominantes son de este a oeste ya que pueden llegar a los 12m/s y en algunas ocasiones con máximas registradas de 19m/s, ya que estos se generan en mayor cantidad de horas al día y con las temperaturas más bajas dentro del sistema, aunque las temperaturas de los vientos generados por otras direcciones también son bajas y constantes.

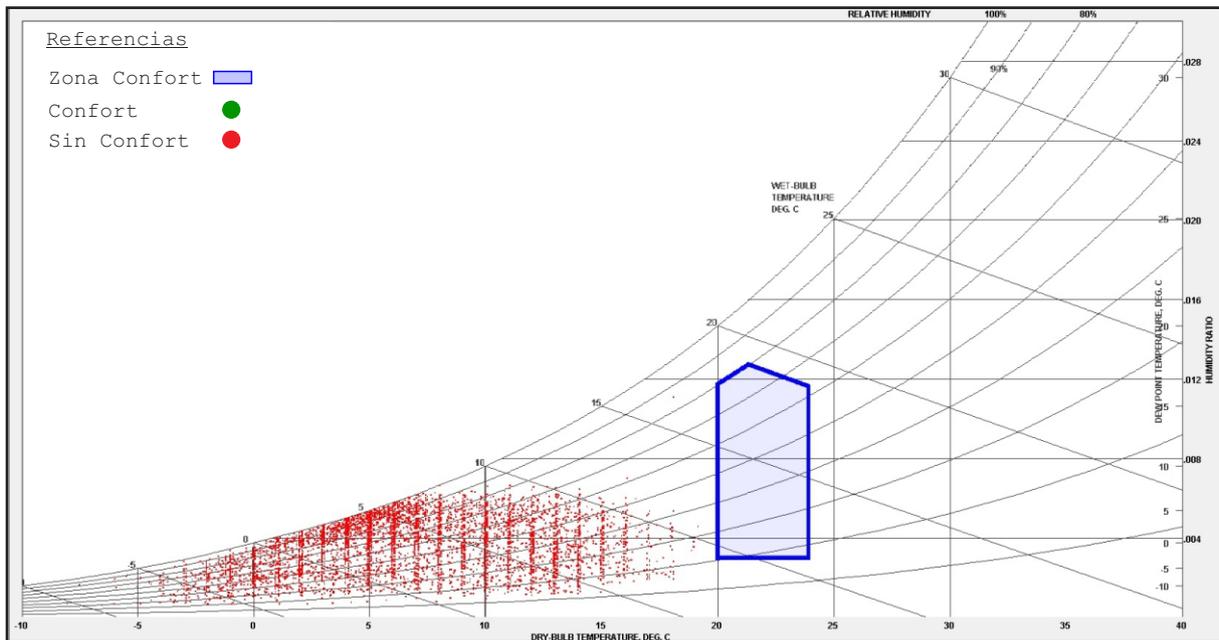
Fig. 41 Rueda de viento. Elaboración Propia.



(Fig. 41)

Fig. 42 Ábaco Psicométrico de confort. Elaboración Propia.

- **Abaco psicométrico de confort.**- En el Ábaco Psicométrico gracias a la herramienta utilizada de Ecotect y Climate Consultant se pueden sacar las siguientes recomendaciones para alcanzar un estado de confort térmico gracias al análisis de todos los datos antes señalados. Debido a las características del lugar es necesario en un 62.1% agregar calefacción y humidificación a las viviendas, además se marca como estrategias principales generar masa de ganancia directa solar pasiva en un 19.1%, como mayor ganancia directa solar pasiva en un 14.8%, además de una ganancia de calor interno en un 13.3% y por ultimo a la protección contra los vientos en ventanas, como las más importantes, para poder llegar a un grado de confort dentro de la edificación.



(Fig. 42)

3.2. Contexto natural

La diversidad de la naturaleza en la región es variada y en algunos casos endémica, ya que las características climáticas únicas dan lugar a la adaptación de los diferentes seres vivos, es evidente destacar la flora y la fauna como caso de estudio para investigación teniendo en cuenta una selección de estas especies referenciales, por su participación en la cultura, características biológicas de adaptación al territorio y alto grado de protección en algunos casos.

3.2.1. Flora

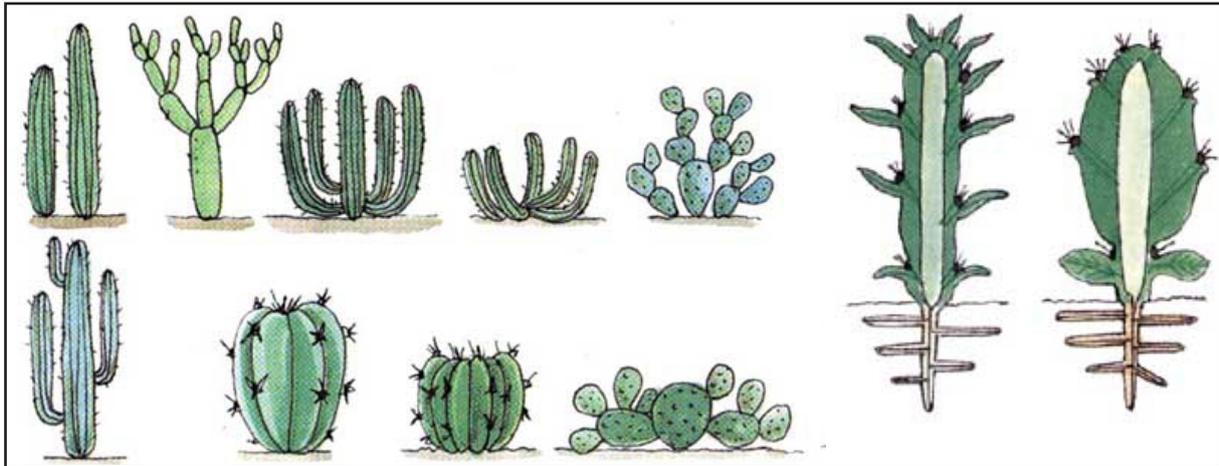
La flora de estos parajes es esteparia caracterizada por plantas de hojas reducidas, esto para evitar la pérdida excesiva de agua. En otras especies las hojas se han transformado en espinas (Cactus) y poseen una cutícula gruesa y un color amarillento para obtener una apariencia un tanto seca. Por otro lado gracias a la protección de pajonales o arbustos (Paja brava) dan lugar y abrigo a algunas especies con flores. También una de las pocas especies arbóreas endémicas que se presenta en estos paramos es la Kishuara de tallo y la hoja delgada. Entre otras especies representativas podemos encontrar la Thola muy conocida por su utilización en la construcción como su uso medicinal. Todas estas especies tienen como rasgo general haber adquirido grandes formas en las raíces con la intención de búsqueda de agua.

En el altiplano el conocimiento y el uso de todas las especies vegetales es muy importante, ya que los pobladores le dan un uso alimentario, las utilizan de combustible, también de manera medicinal, en la construcción, o para el resguardo de sus actividades y su vida en general. Uno de estas es la paja brava, conocida porque brinda protección de lluvias y de vientos a otras especies cultivables. Además sirve para la elaboración de diferentes actividades como la construcción o almacenamiento y elaboración de otros alimentos. En este punto es necesario destacar que entre las especies e uso comestible más importante en la zona se encuentra la quinua y la papa en la amplia variedad de tubérculos comestibles.

Para este apartado se tomó en cuenta en esta selección de muestras tres diferentes especies, tanto por su utilidad en la construcción de viviendas como por otros usos, que pueden señalar algunas pautas importantes para la investigación en cuanto a diseño, forma y función.

- **El Cactus.**- Al ser esta planta de una familia muy extensa nos referiremos a él entre una variedad que se encuentra protegida y que además es muy característica del medio como el Cardon Cactus, "Trichocereus Pasacana". Su tamaño puede alcanzar entre los 7m. y 10m. aproximadamente. Se caracteriza por tener un tronco columnar de forma semiesférica generalmente, que puede tener más o menos ramificaciones según su tipo. Por lo general esta tiene un color verde oscuro Y su rango de altitudinal puede variar entre los 1500 a los 4500 m.s.n.m. El largo de las espinas puede variar también

según la especie, llegando a ser bastante diminutas en rango de 0.2cm., como las más grande hasta 15cm. Esta especie puede crecer tanto en suelos arenosos como en pedregosos, se la encuentra tanto en llanuras como en montañas rocosas. Son resistentes a sequias pues cuentan con una gran capacidad de almacenamiento de agua en el interior de los mismos gracias su reserva acusa o albura (Villarparando, 2011), que se encuentra entre la capa exterior y su centro de crecimiento. Se caracterizan por tener una pared celular más espesa respecto a otras especies.



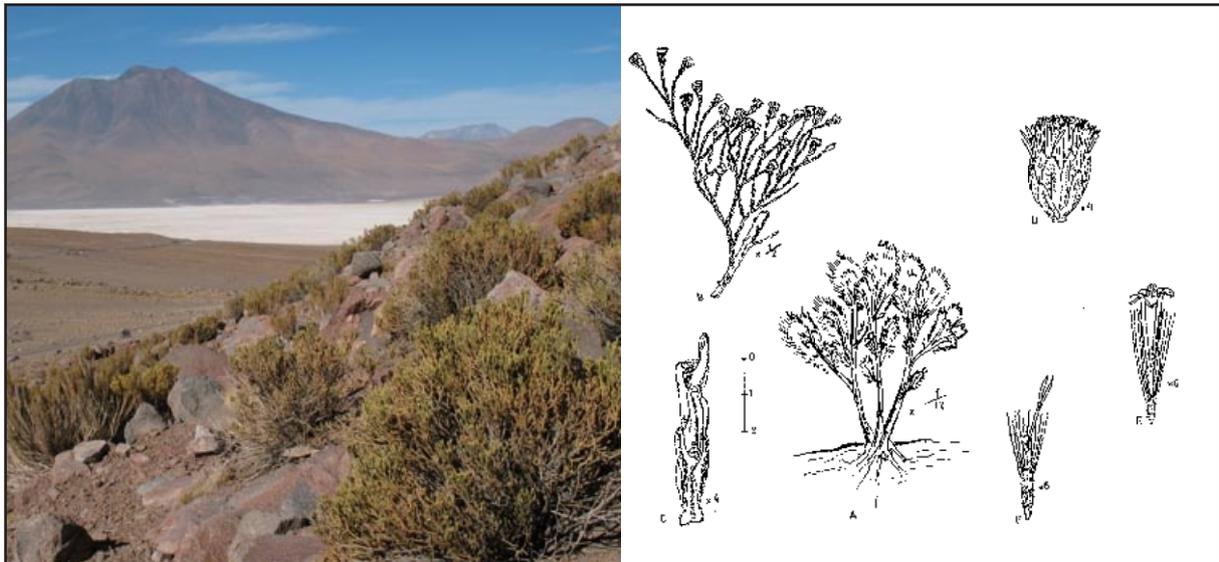
(Fig. 43)

Fig. 43 Croquis de la variedad de formas de los cactus. Fuente: <http://www.cactuscenterclub.com>

Además dadas las condiciones climáticas a las cuales se han adaptado como la necesidad de retener líquidos, estas pueden soportar temperaturas muy por debajo de lo que resisten muchas otras especies, gracias a la membrana exterior impermeable que tienen (Ministerio de medio ambiente y agua, 2012). Esto permite resistir los fríos vientos además de la radiación solar. La capa exterior además se ocupa de la fotosíntesis de la planta es decir de recolectar las proteínas necesarias, su fuente de energía, entendiéndose así que la envoltura de este se encarga de muchas funciones y es la clave de su supervivencia. Algunas culturas utilizaron el cactus como parte de la construcción de viviendas por su impermeabilidad y trabajabilidad. Estas características tanto formales como en la composición biológica del elemento, nos señalan pautas del comportamiento bioclimático de las mismas que podrá ser punto de reflexión.

- **La Thola.**- Conocida también como Taya Thola o Koa, recibe el nombre científico de *Parastrephia lepidophylla*. Esta especie arbustiva tiene un tamaño entre los 0.5 a 2m, es de características ramosas, el tallo primario no es notorio y posee tallos secundarios de forma cilíndrica erectos que suelen estar en un número entre 18 ramas de un grosor promedio de 1.80cm ligeramente tomentosos. Las hojas son caducas de forma semi aguda carnosas que envuelven a la especie, posee hojas que se encuentran en el perímetro, en la mayoría produce entre 7 u 8 flores y en la parte central de 8 a 10 flores, todas estas de color blanquecino. Este puede crecer en suelos arenosos, poco profundos con pedregosidad media, su rango altitudinal se encuentra entre los 3850 a 5000 m.s.n.m., las mismas

demandan bajo requerimiento de agua y resistente a sequías (Villarparando, 2011.). Los beneficios ecológicos que la Thola tiene son muy importantes, generan un balance hídrico en las cuencas y constituyen un habitat para especies de la fauna silvestre. Además esta posee muchos usos en la vida del hombre altiplánico, como el uso medicinal gracias a sus flores como de leños para combustible. En la construcción también es muy importante, ya que es uno de los poco materiales con la dureza y elasticidad necesaria para algunas tareas, incluso es considerado como el homónimo de la madera, de allí su utilización para la conformación de las cubiertas, dinteles de puertas y ventanas, cercos para los animales, herramientas del mundo andino pasado, etc.



(Fig. 44)

- **La paja brava.** - También conocida como paja ichu o Stipa Ichu lleva el nombre científico de Jarava Ichu. Esta especie se la puede ver por todo el altiplano en general, ya que el ambiente donde puede desarrollarse es en suelos áridos, pedregosos o arenosos (Villarparando D., 2011). Esta especie puede alcanzar un tamaño de 60 a 1.80cm de altura, con un rango de altitud de 2500 a 4500 m.s.n.m., sus hojas son rígidas y erectas de color pardo plumizas que se pierden con su entorno, formando al final de la misma una especie de vainas. Estas hojas son de un diámetro aproximado de 5 mm., (Watson, L. y Dallwitz, M.J.,1992) y pueden florecer dos veces por año, además posee un poder regenerativo muy alto es decir que al cortarla recupera con facilidad su crecimiento. Esta planta es resistente a los fuertes fríos debido a su forma de agrupamiento y a las características particulares de cada hoja. Su forma es un cilindro vacío que sirve para redirigir agua a la raíz y a su vez genera un colchón de aire impermeable. De ahí su aplicación en diferentes usos, por ejemplo en la construcción se la puede utilizar tanto para la construcción de los abobes (ladrillo de tierra), ya que su consistencia genera rigidez en lo bloques, funcionando como la estructura en nervadura de los mismos, ayudando al aislamiento, como en la utilización en las cubiertas, etc. Además su composición

Fig. 44 Croquis forma y partes de la Thola, fotografía, fuente: CIMES, http://medicinaintercultural.org/sites/default/files/dc/1000/i-840-thola_6666.jpg

asegura un buen aislante y la técnica de colocarlo del mismo permite una cubierta impermeable que necesita poco mantenimiento. Como aislante en sí, es colocado dentro de las viviendas como protección contra el frío y para almacenaje del alimento. Por último también se la utiliza como aislante para diferentes cerramientos como en el cobijo del ganado y la construcción de colchones.



(Fig. 45)

3.2.2. Fauna

Fig. 45 Croquis forma y partes de la Paja brava, Fuente: fotografía, Fernández Bismarck 2008, Altiplano orureño a inicios de la primavera cerca de la localidad de Cala Cala.

En la actualidad existe una diversa y rica variedad en la fauna andina Bolivia especialmente en las regiones del salar de Uyuni y Coipasa así como alrededor de los lagos Titicaca y Poopó. La fauna se ha venido adaptando a las condiciones tan extremas que les ofrece el altiplano, como la altitud el clima y su geografía, ya que en todo caso estas condiciones favorecen a la conservación de la fauna autóctona originaria. En estas estepas se encuentra como la especie más representativa a la llama, este animal es utilizado como emblema en el escudo nacional de Bolivia y se usa en diferentes simbologías de la cultura andina. Además está el cóndor, otro animal mítico que también se encuentra representado en el escudo nacional y que se convierte en símbolo de los andes. Esta ave es distinguida por la gran envergadura de sus alas y gran altura en vuelo. Después está el quirquincho, símbolo particular del departamento de Oruro, aunque está en vías de extinción, generalmente se lo encuentra en dunas de arena. Finalmente esta la vicuña, un animal singular y apreciado por el pelaje tan fino que posee. La vicuña es una especie protegida y se encuentra en reservas naturales.

En el estudio de las diferentes especies se tomó en cuenta tres como las más características del altiplano y bajo previa selección, ya que son relevantes para la investigación por la forma en la que se desenvuelven dentro de su ecosistema, sus peculiaridades en su composición, su relevancia cultural, y por último porque cada una de ellas tiene un grado de protección gubernamental por ser de carácter endémico, y estar en vías de la extinción.

- **El quirquincho.**- También llamado armadillo o quirquincho andino, con el nombre científico de *Chaetophractus nationi*, esta armadillo es el único que habita zonas frías de gran altitud en el continente. Tiene un tamaño mediano ya que mide entre 37.5 a 42cm y pesa entre los 1400 y 2000g. Se lo puede encontrar entre los 3500 a 4000m.s.n.m., (Bonacic C. y Ibarra J., 2010). Su adaptación a las condiciones climáticas es más que evidente pues presenta una gran cantidad de pelos que recubren su cuerpo, a diferencia de armadillos de otras regiones. Esto le sirve para resistir y generar una capa térmica de protección ante el frío. La anatomía de este animal está completamente adaptada para vivir bajo tierra en arenales o suelos suaves. Puede llegar a vivir a profundidades de hasta 4m, asegurando una temperatura constante por la protección y conservación de la inercia térmica que le ofrece la tierra. Esta acumulación natural de energía crea el ambiente perfecto para las crías del animal que nacen sin pelaje. Todo este esfuerzo no solo le brinda al Quirquincho la protección necesaria contra las bajas temperaturas, le asegura una protección contra los depredadores y la búsqueda de su alimento. Por otra parte este animal es endémico y se encuentra en peligro de extinción. Por esto existen fuertes leyes de conservación en el Estado boliviano para proteger esta especie de la casa furtiva y del uso de su caparazón en instrumentos musicales y en la taxidermia. Finalmente es importante destacar el alto valor cultural y simbólico que este animal representa, a tal punto que es considerado un símbolo de la ciudad de Oruro por ser un animal noble, símbolo de la pureza, la nobleza y el folclore.

Fig. 46 Quirquincho Zoológico andino de Oruro. Fuente, periódico La patria 2012. <http://lapatriaonline.com/?nota=109370>; Trujillo F. y Superina M. 2013



(Fig. 46)

- **La vicuña.**- O Huari (quechua) con el nombre científico de *Vicugna vicugna*, es uno de los camélidos más pequeños de la región andina. Alcanza una altura de 1m., una longitud de 1.55 a 1.65m., y puede llegar a pesar de entre 45 a 55kg. La altitud en la que se desenvuelve oscila entre los 3700 a 4700 m.s.n.m.c. Físicamente tiene orejas y ojos prominentes y cuello alargado como parte de su defensa contra depredadores. Posee un pelaje muy fino el cual es tremendamente apreciado, Tienen largos y sedosos mechones de color blanquecino que cuelgan del pecho y lo protegen del frío cuando se echa, este pelaje tan

Fig. 47 Estructura fibra de lana Vicuña pastando. Fuente: Fotógrafo Morato Jorge 2010.

particular le brida la protección necesaria contra el frío por ser una capa verdaderamente eficaz. De hecho gracias a su fino pelambre, crea una envolvente capaz de almacenar y contener el calor generado por el cuerpo del animal. Este colchón térmico es un entretejido de finas hebras que a su vez funcionan de manera impermeable, este manto llega a cubrir al animal cuando permanece echado abrigando sus extremidades. Es en esta misma posición donde la única cría encuentra sus primeros refugios hasta que sea capaz de cubrirse por sí solo. Su manera de agrupación en manada asegura a su vez un mayor control contra los depredadores, por las noches crea un abrigo para las crías o los más vulnerables de la manada del frío o ataques ya que los más débiles se sitúan al centro del conjunto. Cuenta con un grado de protección bastante alto otorgado por las autoridades porque estuvo cerca de extinguirse. Actualmente se lo puede encontrar en parques naturales como el del Sajama, la Joya, la reserva de Lipéz. Este animal es muy parecido a las llamas o alpacas, pues además de sus similitudes físicas tiene un gran valor icónico como el mensajero del dios sol. A diferencia de sus similares, esta especie no era muy utilizada en los rituales por su escases, pero significaba un buen augurio para cultura andina (Flores E., Miranda L. C., 2003).



(Fig. 47)

- **El cóndor.**- Conocido como, Mañke (Mapudungún), Cuntur (Quechua), Mailku (Aymara), su nombre científico es el Vultur gryphus. Puede ser encontrando a lo largo de la cordillera occidental. Esta ave es la más pesada ya que llega cerca a los 20Kg y puede llegar a tener una envergadura de hasta 3.15m de largo y un tamaño de 1.20m aproximadamente. Su plumaje característico es de color negro y presenta un collarín blanco alrededor del cuello. Puede llegar a recorrer 100km. en un solo día. Puede encontrar anidando hasta alturas de 5500 m.s.n.m. Utiliza su plumaje es utilizado por su color tanto para el camuflaje cuando el animal se encuentra reposando en su nido como para conservación del calor, ya que sus plumas le ofrecen a su vez un verdadero colchón térmico e impermeable. Al anidar crean su nido haciendo un hueco en

el piso y recubriéndolo de algunas plantas como la paja brava. Además se esconden tras formaciones rocosas de gran tamaño y de difícil acceso proporcionando gracias al calentamiento solar de las masas pétreas una mejor conservación del calor, esto le permitirá al huevo y futuro polluelo el resguardo de las inclemencias del clima (Bonacic C. y Ibarra J., 2010). Esta especie se encuentra en peligro de extinción por la caza furtiva y por la invasión en sus territorios por el hombre. En su tiempo este animal tan emblemático para los pobladores fue protagonista de antiguas leyendas y fue considerado un eslabón simbólico de representación del espíritu de valientes y nobles, de sabiduría, justicia, poder y de conexión con otro estadio sub-humano. Su conservación es un desafío para el futuro (Flores E., Miranda L. C., 2003).

Fig. 48 Desarrollo estructura pluma

Fuente: Hickman, 2009,

- 1 Calamo
- 2 Raquis
- 3 Vexilo
- 4 Barbula
- 5 Barba

Fuente:

<http://www.taringa.net/post/imagenes/16664986/El-condor-majestuosa-ave-andina.html> 2014;
<http://www.damisela.com> 2002



(Fig. 48)

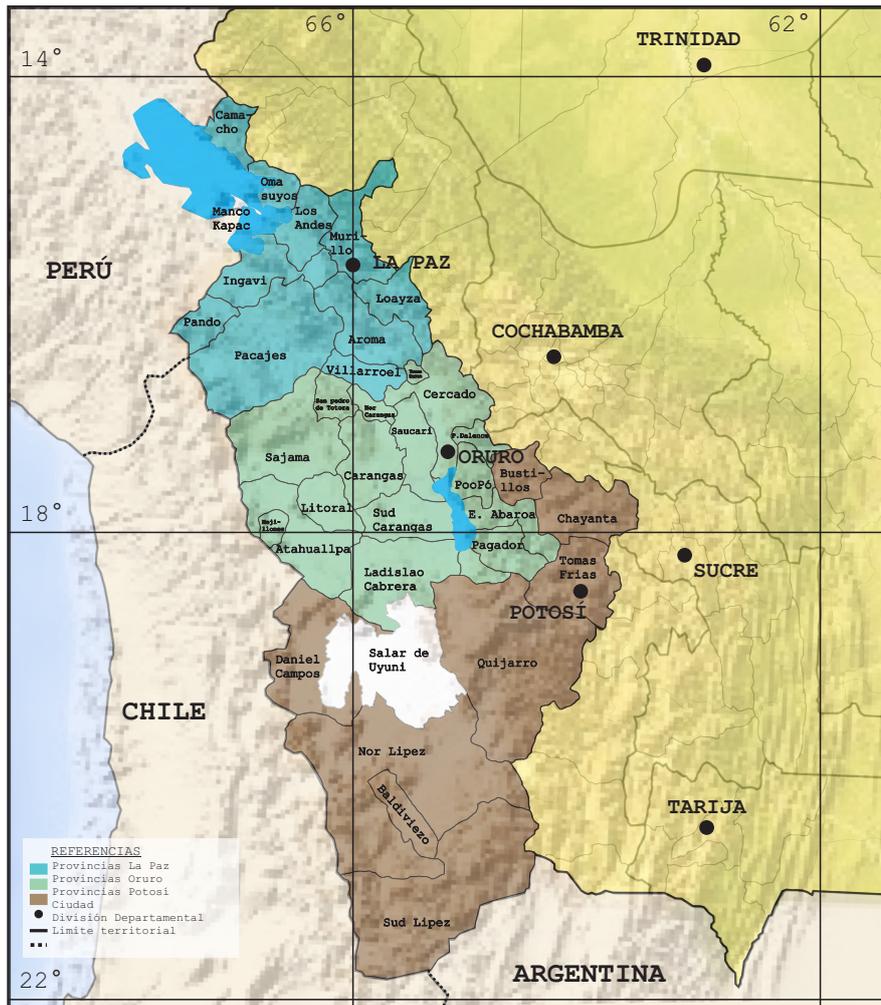
3.3. Contexto Socio-cultural

3.3.1. Demografía y comunidades

En la extensión de la región del altiplano boliviano encontramos que convergen tres departamentos de los nueve por los que está conformada Bolivia, de los cuales se encuentra la parte sur del departamento de La Paz con 11 provincias, la totalidad del departamento de Oruro con 16 provincias y la parte este del departamento de Potosí con 8 provincias, donde tan solo en los municipios de la paz, El Alto, Oruro y Potosí donde se encuentran las grandes ciudades viven 3.697.147 de personas aproximadamente en una superficie de 177426km², siendo 36% de población del país, donde la población del país es la de 10.027.254 habitantes, estas encontrándose en el rango de 3500 a 4500 m.s.n.m. (Censo INE, 2012).

En Bolivia existen uno de los mayores porcentajes de población indígena de América latina que oscila por el 41% de la población, que cada año va disminuyendo por razones de migración a ciudades o fuera del país, como otras de adaptación social, entre estas podemos identificar que los pueblos indígenas más números son fundamentalmente Aymaras con 1.191.352 integrantes y Quechuas con 1.281.116 integrantes (INE, 2013).

Fig. 49 Provincias que conforman el altiplano el altiplano Boliviano, La Paz 11 provincias (Los andes, Pedro domingo Murillo, Loayza, Aroma, Omasuyos, Eliodoro Camacho, Manco Kapac, Ingavi, Pacajes, Gualberto Villarroel, General Pando); Oruro 16 provincias (Tomas Barrón, Cercado, Pantaleón Dalence, Poopó, Eduardo Abaroa, Sebastián Pagador, Saucarí, Nor Carangas, San Pedro de Totora, Carangas, Sud Carangas, Ladislao Cabrera, Litoral, Sajama, Sabaya y Mejillones); Potosí 8 provincias (Antonio Quijarro, Chayanta, Daniel Campos, Enrique Baldivieso, Nor Lipez, Rafael Bustillo, Sud Lipez y Tomas Frías). Elaboración Propia.



(Fig. 49)

En la zona altiplánica del país es donde se encuentran la mayor parte de estos grupos étnicos, pero cabe destacar que existe también el grupo Uru con importantes e históricos asentamientos en la región. Estos son los principales grupos étnicos originarios e indígenas que aún viven en la región del altiplano.

El Grupo Uru, se encuentra fundamentalmente asentados en el departamento de Oruro y parte de La Paz muy cerca de los lagos Titicaca y Poopó, esta es una de las más antiguas de toda la región, que fue influenciada y dominada por Quechuas y Aymaras pero sin perder mucha de su cultura o identidad hasta nuestros días, esta población asciende a cerca de los 2000 habitantes siendo esta cifra bastante baja pero que poco a poco va en ascenso.

El grupo Aymara se encuentra principalmente en la región del altiplano norte en el departamento de La Paz y parte de Oruro y en otras regiones del país, se estima que esta población se encuentra por los 2.098.317 habitantes. Este grupo que en tiempos preincaicos ya dominaba el altiplano y a otros pueblos como los Urus, a su vez fueron parcialmente sometidos por los incas, han conseguido conservar su cultura y tradiciones (Rocha, O., 2013).

N°	Departamento Provincias	Poblacion por provincias del altiplano					
		Censo 2001	Crecimiento	Censo 2012	Crecimiento	sup/km2	hab/km²
La Paz		2.017.462		2.706.351		38.660	70,00
1	Provincia Murillo	1.484.328	2,7	1.663.099	0,96	4705	353,47
2	Omasuyos	85570	1,63	84.484	-0,12	2065	40,91
3	Pacajes	49.183	1,41	55.180	0,97	10584	5,21
4	Camacho	57.877	0,83	53.747	-0,69	2080	25,84
5	Ingavi	95.906	2,2	134.535	2,57	5410	24,87
6	Loayza	43.731	2,16	47.295	0,67	3370	14,03
7	Los Andes	69.636	1,22	77.579	0,92	1658	46,79
8	Aroma	86.480	2,96	97.364	1	4510	21,59
9	Manco Kapac	22.892	1,16	27.154	1,41	367	73,99
10	Gualberto Villarroel	15.722	3,21	17.782	1,04	1935	9,19
11	Manuel Pando	6.137	3,17	7.381	1,51	1976	3,74
Oruro		391.870		494.178		53.588	9,22
1	Cercado	241.811	1,33	309.277	1,95	5766	53,64
2	Eduardo Avaroa	27.675	1,93	33.248	1,5	4015	8,28
3	Carangas	10.163	3,04	11.071	0,73	5472	2,02
4	Sajama	9.438	1,54	9.390	-0,05	5790	1,62
5	Litoral	4.555	8,43	10.409	5,03	2894	3,60
6	Poopó	14.984	-1,64	16.775	0,96	3061	5,48
7	Pantaleón Dalence	23.608	-0,57	29.497	1,79	1210	24,38
8	Ladislao Cabrera	11.698	5	14.678	1,82	8818	1,66
9	Atahualpa Sabaya	7.114	7,46	10.924	3,12	5885	1,86
10	Saucarí	7.763	3,59	10.149	2,1	1671	6,07
11	Tomás Barrón	5.424	0,78	5.267	-0,27	356	14,79
12	Sud Carangas	6.136	4,55	7.231	1,36	3536	2,04
13	San Pedro de Totora	4.941	2,18	5.531	0,95	1487	3,72
14	Sebastián Pagador	10.221	3,04	13.153	2	1972	6,67
15	Puerto de Mejillones	1.130	4,41	2.076	4,08	785	2,64
16	Nor Carangas	5.790	1,8	5.502	-0,47	870	6,32
Potosí		402881		496618		85178	5,83
1	Tomas Frías	176.922	1,99	229.047	2,04	3420	66,97
2	Rafael Bustillo	76.254	-0,18	86.947	1,1	2235	38,90
3	Chayanta	90.205	2,27	97.251	0,65	7026	13,84
4	Nor Lípez	10.460	2,47	14.057	2,29	20892	0,67
5	Sud Lípez	4.905	1,79	6.835	2,53	22355	0,31
6	Antonio Quijarro	37.428	0,01	54.947	2,85	14890	3,69
7	Daniel Campos	5.067	0,97	5.850	1,2	12106	0,48
8	Enrique Baldivieso	1.640	2,4	1.684	0,23	2254	0,75
Totales		2.812.213		3.697.147		177.426	20,84

(Cuadro N° 2)

Cuadro N°2 Población por provincias en los departamentos que son parte del altiplano. Fuente: INE, 2013. Elaboración Propia.

Fig. 50 Los vestidos de aguayo precolombino exhibición "Los hilos de la vida" EFE-La Paz 2015.

Fuente: Periódico Los tiempos disponible en, http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/tragaluz/20130416/moda-boliviana-constante-recreacion-de-sus-historia_209476_449484.html

El grupo Quechua asentado principalmente en el altiplano sur y parte del central se encuentra también asentado en los valles de la región sub andina con una población estimada de 2.556.277 habitantes, las diferencias de este con el grupo Aymara son fundamentalmente lingüísticas ya que sus costumbres, uso de recursos y características culturales siguen patrones muy similares como por el ejemplo el uso de tierras de cultivo o el comercio o intercambio de productos.

3.3.2. Tradiciones y costumbres

Una vez ya que hemos podido delimitar que grupos étnicos son los principales protagonistas de la región, podemos encontrar entre estos muchas similitudes en las tradiciones y costumbres de estos pueblos, de los cuales señalaremos los más significativos que nos ayuden a develar algunos parámetros sobre el comportamiento y adaptación, reflejo de la zona en la que viven, es así que en la nueva Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia, artículo 30 numeral 9, con respecto a los Derechos de las Naciones y Pueblos Indígena Originario Campesino, señala "A que sus saberes y conocimientos tradicionales, su medicina tradicional, sus idiomas, sus rituales y sus símbolos y vestimentas sean valorados, respetados y promocionados".

Los conocimientos vernaculares y tradicionales son la base para la resolución de problemas y más aun a lo que compete al clima, es por esto que los asentamientos indígenas siempre se encuentra cerca de recursos naturales, que al observar a su alrededor por cientos de años son los primeros en identificar y adaptarse a los factores climáticos que encuentren, esto se ve reflejado a su vez en la forma que viven, visten, comen e interactúan en una sociedad, estos patrones han sido readecuados y se siguen practicando en la actualidad, es por estas razones que señalaremos algunos aspectos que nos sirvan como punto de reflexión en la investigación.



(Fig. 50)

-Vestimenta y tejido.- Se puede encontrar una amplia variedad de tipos de tejido y vestimenta tradicional en la región principalmente en zonas rurales, elaboradas de lana de oveja, alpaca, vicuña o llama, que han sido teñidos con colorantes naturales, estas vestimentas lleva consigo tejidos con patrones geométricos antropomorfos o zoomorfos que se los puede ver en los aguayos donde se demuestra la maravillosa policromía que ofrecen estos pueblos que también se encuentra en otras vestimentas como el chullo, típicas de los grupos étnicos Quechua Aymara y Uru (Gisbert T. 1992).

La forma cuadrada del aguayo que es un tejido hecho a mano en un telar de manera muy meticulosa y ceñida, además de su gran espesor, genera una gran posibilidad de usos como el permitir cargar cosas, el poder sentarse y el abrigo, es esta última la que nos compete ya que la forma de uso del mismo y su gran capacidad de preservar el calor generando un gran aislante térmico gracias a la lana, son el perfecto resguardo contra el frío y los fuertes vientos, así mismo el chullo tradicional que es un gorro con forma cónica y extensión en la parte de las orejas llevan este mismo concepto (Fig. 50).

- Comida y platos típicos.- En esta podemos encontrar que para el consumo los habitantes tienen una gran variedad de tubérculos propios de la zona como la papa, la oca y otros, a la vez de granos como la quinua y el maíz además de ganadería, de entre estos mencionaremos algunas que gracias a su forma de preparado o cocción nos hacen reflexionar acerca principios básicos de conservación de la energía en este caso el calor, como a su vez tomado elementos de la naturaleza y utilizándolos de manera ingeniosa dan lugar a crear algunos que señalaremos a continuación.

La kalapurka que en Aymara quiere decir kala, "piedra", y phurk'a, "asar", es un plato típico de la región de Potosí, Es una sopa hecha de harina de maíz huilkaparú, que se sirve en plato bastante cóncavo hecho de barro, la particularidad de este platillo es que se utilizan piedras volcánicas ígneas previamente calentadas a gran temperatura que luego se coloca dentro del mismo plato, este principio de cocción no es más que gran manejo de



(Fig. 51)

Fig. 51 La kalapurka, una sopa que se calienta con piedra volcánica 2013. Fuente: http://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/11/111031_bolivia_fracaso_mc_donalds_lav.shtml.

Fig. 52 Watia en Catavi 2012. Fuente: <http://catavicentrominerohistorico2.blogspot.com.es/2014/06/larica-watia.html>

conservación de energía ya que por el uso de estos materiales y su forma puede conservar el calor por mucho tiempo, la gente usualmente lo come en temporadas frías (Cerrón Palomino, R., 2008).

La Huatia o Watya de origen quechua es un plato típico de la región andina que se extendió por muchos países, se puede hacer un reconocimiento de su existencia ya desde orígenes incaicos, y dependiendo de la zona donde se lo prepare su ingrediente principal son las papas que a su vez puede ir acompañado de variedad de carnes y vegetales dentro de una recipiente, la particularidad de este platillo es la preparación ya que se utiliza el llamado horno andino, que es un hoyo previamente cavado y recubierto de piedras a una profundidad de 50cm aprox., donde se calientan las piedras con leña, una vez esta está en su punto se ponen los ingredientes dentro del mismo y se procede a cubrirlo con piedras y tierra o en algunos caso también con adobes, en principio la idea es de generar la mayor de cantidad de calor posible y gracias a la inercia termina con las piedras o el adobe conservar un calor constante dentro del horno, otro claro ejemplo de control y manejo de la energía (Olivas R. 2001).



(Fig. 52)

Existen muchos rituales y diversas ceremonias se realizan en este sector entre estos podemos destacar los más importantes como la challa, ceremonia representa la reciprocidad con la tierra y consiste de echar alcohol a la tierra y elementos simbólicos también se agradece por los bienes materiales obtenidos adornándolos y se ofrece comida a la madre tierra o Pachamama, a su vez se prepara una k'oa q se trata de quemar inciensos y otros símbolos y esparcir el humo, por otro lado no podemos olvidarnos de festividades propias de cada región una de ellas el carnaval de Oruro considerado patrimonio de la humanidad esto otorgado por la UNESCO, fiesta llena de danza y color dedicado a la virgen del socavón, representada por diablos, que originalmente fue una celebración por las lluvias, muestra del sincretismo en que se desarrolla esta sociedad (Mesa, C. 2012).

3.3.3. Economía y Pobreza

En Bolivia la base principal de sus recursos económicos está en la explotación y exportación de los recursos naturales como los mineros, gasíferos, además de la manufactura, agricultura y la ganadería por nombrar los más importantes. En el 2013 en el PIB por actividad económica en el país se generó una expansión económica principalmente en el crecimiento de la industria manufacturera (1.0pp), los hidrocarburos (0.9pp), los servicios de administración pública (0.9pp), el sector agropecuario (0.6pp), incluyendo que la actividad minera creciera, esto debido a la inversión pública que nos solo se muestra en estos años si no desde el año 2006 (Ministerio de Economía y Finanzas, 2013).

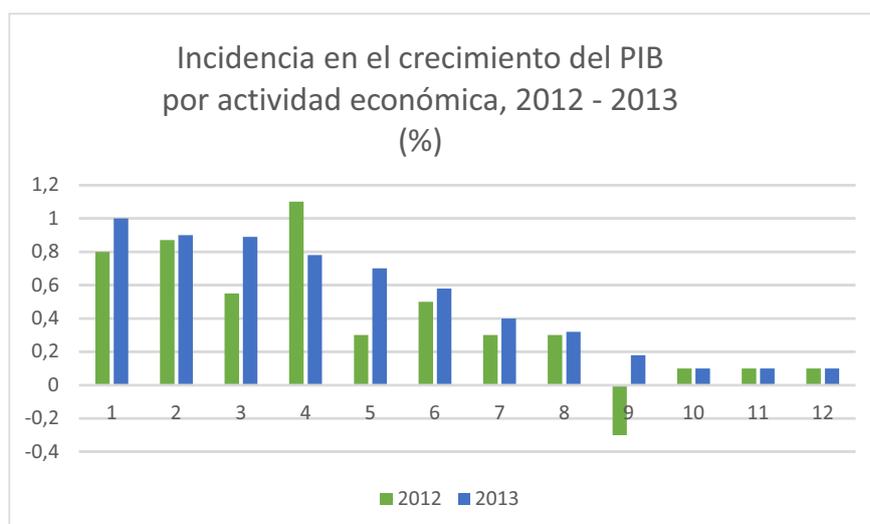
Cabe destacar a su vez la importancia del crecimiento per cápita del ingreso promedio real de las personas, en la gestión 2013, el PIB real por persona ascendió a 3.493 Bs. (506.13\$), 4,9% más alto que el alcanzado en 2012 de 3.331 Bs. (482.66\$), este incremento se genera de manera constante desde el 2006, por consiguiente podemos ver como el Salario mínimo nacional en 2001 era de 400Bs. (57.96\$) y que al 2015 es de 1656Bs. (239.95\$). Mostrado este incremento en el salario de las personas y el incremento económico del país (INE, 2013).

Cuadro N°3 Incidencia en el crecimiento del PIB por actividad económica, 2012 - 2013 (%)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Elaboración:

Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, Unidad de Análisis y Estudios Fiscales, Elaboración Propia.



(Cuadro N°3)

Por otro lado es necesario mencionar los índices de pobreza en el país que según Orellana, (2013) Bolivia se posiciono en segundo lugar de un total de 22 países en el mundo con mayor presencia de indicadores de reducción de la pobreza, es decir que se generó una mayor inversión en los servicios de agua, electricidad, saneamiento, nutrición, educación entre algunos indicadores. Logrando en los últimos 10 años una disminución de 10% en este indicador, esta reducción se ha realizado principalmente en los departamentos más afectados caso de Potosí y en el área rural con condiciones extremas de pobreza, a partir del 2006 se hacen importantes inversiones y estas condiciones hicieron posible generar nuevas infraestructuras, proyectos de producción, vivienda, educación, salud, comunicación y de abastecimiento.

1) Industrias Manufactureras, 2) Petróleo crudo y gas natural, 3) Servicios de la administración pública, 4) Establecimientos financieros, seguros, bienes y otros, 5) Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones, 6) Agricultura, silvicultura, caza y pesca, 7) Construcción, 8) Comercio, 9) Minerales metálicos y no metálicos, 10) Servicios comunales, sociales y otros, 11) Electricidad, Gas y Agua, 12) Restaurantes y hoteles.

Cuadro N°4 Provincias del altiplano: población con inadecuación en los componentes del índice de necesidades básicas insatisfechas, Fuente, Instituto Nacional de Estadística - unidad de análisis de políticas sociales y económicas (UDAPE) censo 2012, Elaboración Propia.

Es con estos datos de partida que podemos señalar la relación de pobreza en la región del altiplano como base para poder entender el contexto socio económico en la que los habitantes de esta zona se desenvuelven, es en este caso que encontramos dentro de los indicadores de pobreza del censo 2012 (INE, 2012), que en las provincias que conforman el altiplano un 38% de las viviendas se encuentra elaborada con materiales inadecuados o de muy baja calidad, un 58.93% tiene un insuficiente espacio dentro de la vivienda, un 51.63% tiene un servicio básico y de saneamiento inadecuado, 35.37% consta de insumos energéticos inadecuados, un 44.20% tiene insuficiencia en la educación, 30.73% tiene una inadecuada atención en salud teniendo como resultado final que un 42.35% de esta población se encuentra en una situación de pobreza (INE, 2013).

N°	DESCRIPCIÓN	VIVIENDA: Inadecuados Materiales de la Vivienda	VIVIENDA: Insuficientes Espacios en la Vivienda	SERVICIO E INSUMOS: Inadecuados Servicios de Agua y Saneamiento	SERVICIO E INSUMOS: Inadecuados Insumos Energéticos	INSUFICIENCIA EN EDUCACIÓN	INADECUADA ATENCIÓN EN SALUD	POBACIÓN POBRE: (%) de Población Pobre
BOLIVIA		31,00	64,80	43,60	27,30	42,90	25,30	44,90
LA PAZ		34,20	55,90	41,60	27,30	38,90	33,30	40,70
1	Murillo	13,70	52,70	20,20	5,00	27,70	27,40	27,40
2	Omasuyos	68,90	47,30	67,60	59,70	55,20	49,30	71,30
3	Pacajes	88,70	61,60	94,20	86,60	54,70	57,60	90,20
4	Camacho	87,60	46,20	85,90	86,50	69,40	58,70	88,10
5	Ingavi	51,50	57,30	67,90	41,90	48,40	39,90	64,40
6	Loayza	65,50	59,40	85,80	73,70	62,00	43,10	82,40
7	Los Andes	70,40	55,90	81,40	61,40	60,70	55,10	82,20
8	Aroma	65,40	61,10	81,50	52,20	53,70	46,20	78,10
9	Manco Kapac	46,20	51,90	72,00	57,80	62,30	47,10	72,30
10	Gualberto	88,60	73,10	97,80	86,30	49,10	38,40	93,90
11	José Manuel Pando	81,60	63,00	84,00	86,20	51,30	47,20	86,40
ORURO		32,50	60,80	52,40	29,50	36,10	27,80	46,98
1	Cercado	19,00	58,60	35,90	13,10	28,30	24,00	33,20
2	Abaroa	52,80	60,80	74,30	52,50	61,80	44,70	73,20
3	Carangas	77,20	71,80	96,90	87,80	48,60	39,00	91,00
4	Sajama	69,00	62,50	79,30	71,60	54,00	40,80	77,20
5	Litoral	49,20	83,90	90,40	73,20	33,70	39,90	82,80
6	Poopo	44,20	59,40	75,30	38,90	47,40	24,90	54,80
7	Pantaleón Dalence	19,60	49,80	54,50	14,10	39,10	17,30	27,50
8	Ladislao Cabrera	60,10	70,30	90,80	67,40	50,30	36,10	82,40
9	Sabaya	54,10	78,30	91,60	67,20	37,70	39,80	85,40
10	Saucari	89,30	71,10	95,90	82,50	51,50	39,00	92,20
11	Tomas Barrón	51,00	60,10	85,90	40,80	50,40	30,90	66,70
12	Sur Carangas	79,10	72,70	96,30	86,10	48,70	31,20	88,80
13	San Pedro de	88,70	68,00	96,80	91,80	50,50	40,30	92,90
14	Sebastián Pagador	59,90	63,60	78,30	60,70	59,70	35,60	73,30
15	Mejillones	88,90	83,40	92,30	87,80	32,20	27,50	91,30
16	Nor Carangas	83,80	69,30	96,00	87,30	51,40	36,40	91,00
POTOSÍ		47,30	60,10	60,90	49,30	57,60	31,10	45,95
1	Tomas Frías	22,70	63,00	30,10	21,20	40,30	24,30	36,00
2	Rafael Bustillo	42,90	59,00	61,00	37,10	54,40	33,80	54,50
3	Chayanta	65,80	58,90	83,90	60,00	73,60	38,90	76,10
4	Nor Lipez	48,10	49,30	75,20	53,00	46,30	25,10	57,80
5	Sur Lipez	81,60	59,90	85,00	81,10	60,00	32,80	82,60
6	Antonio Quijarro	37,80	58,70	73,80	38,10	46,00	28,40	55,40
7	Daniel Campos	61,70	56,90	86,30	66,80	28,00	28,20	66,90
8	Enrique	85,40	40,90	75,30	89,50	61,80	19,60	71,60
Totales		38,00	58,93	51,63	35,37	44,20	30,73	42,35

(Cuadro N°4)

3.3.4. Vivienda

La vivienda en la región del altiplano se encuentra en el área de las ciudades y el área rural, en el censo del 2012 las clasifica a su vez en particular y colectiva. La mayor concentración de vivienda se da en las ciudades más importantes de la zona como la ciudad de La Paz, el Alto, Oruro y Potosí siendo estas alrededor del 35% de viviendas que existen en Bolivia, pero cabe destacar la importancia de la vivienda rural ya que es la que se encuentra en la mayor parte del territorio, por otro lado es la que cuenta con menor infraestructura básica como agua potable, red sanitaria, electricidad, aunque poco a poco estas carencias van resolviéndose.

Cuadro N°5 Número de viviendas particulares ocupadas con personas presentes por tenencia de la vivienda, según censo y área, censos 2001 y 2012. Fuente, INE 2013, Elaboración Propia.

Censo y departamneto	total	Tipo de tenencia vivienda				
		propia	alquilada	anticretico	cedida	otra
censo 2001	914.518	648.329	131.826	41.373	83.276	9.714
La paz	630.072	432.756	97.807	32.484	59.675	7.350
Oruro	104.123	73.052	15.312	4.872	9.614	1.273
Potosi	180.323	142.521	18.707	4.017	13.987	1.091
censo 2012	1.248.576	932.938	153.542	41.099	103.822	17.175
La paz	852.730	631.329	105.256	32.025	72.132	11.988
Oruro	152.779	112.128	19.570	4.738	13.888	2.455
Potosi	243.067	189.481	28.716	4.336	17.802	2.732
Total 2012 (%)	26,76	74,72	12,30	3,29	8,32	1,38

(Cuadro N°5)

Es así que según departamento el INE en el censo del 2012 hace una clasificación el tipo de tenencia de las misma donde de un total de 1248576 viviendas en el sector del altiplano solo el 74.72% son de tenencia propia un 12.30% están en alquiler, 3.29% en contrato anticrético o mixto, 8.32% en cedido y un 1.38% en otra condición, indicado un crecimiento del 26.76% del conjunto inmobiliario desde el censo del 2001.

Cuadro N°6 Número de viviendas particulares ocupadas con personas presentes por tipo de combustible o energía utilizada para cocinar, según censo y departamento, censos 2001 y 2012. Fuente: INE 2013. Elaboración Propia.

La disponibilidad de servicios básicos en las viviendas y sus características son indicadores imprescindibles para medir las condiciones de vida de la población. La información obtenida para el efecto proviene de las viviendas particulares con personas presentes, en el Censo 2012 recoge información de la procedencia y distribución del agua en la vivienda; la disponibilidad, uso y tipo de desagüe del servicio sanitario; y la provisión de energía eléctrica (INE, 2012).

Censo y departamneto	total	Tipo de combustible o energía utilizada para cocinar									No utiliza
		Total	Leña	Guano	Kerosen	GNP	GLP	Electric	solar	otro	
censo 2001	914.518	905.530	290.974	75.838	16.510	0	506.687	14.730	0	791	8.988
La paz	630.072	622.560	152.541	63.556	15.229	-	376.528	14.145	-	561	7.512
Oruro	104.123	103.489	34.661	6.514	833	-	61.077	358	-	46	634
Potosi	180.323	179.481	103.772	5.768	448	-	69.082	227	-	184	842
censo 2012	1.248.576	1.232.413	321.665	52.896	0	170.221	672.236	12.331	804	2.260	16.163
La paz	852.730	840.255	172.640	41.927	-	129.462	483.760	10.467	145	1.854	12.475
Oruro	152.779	151.218	38.040	5.725	-	22.892	84.063	282	21	195	1.561
Potosi	243.067	240.940	110.985	5.244	-	17.867	104.413	1.582	638	211	2.127

(Cuadro N°6)

Del total de las viviendas en el altiplano se denota como

Cuadro N°7 Viviendas particulares ocupadas con personas presentes por censo y disponibilidad de servicios básicos, según departamento, censos 2001 y 2012, Fuente: INE 2013. Elaboración Propia.

solo el 63.27% tiene acceso agua por cañería frente al 36.73% que la tiene por otros medios, por otra parte solo el 73.67% cuentan con servicio de electricidad frente a 23.74% que no cuenta con este servicio, y un 2.60% cuenta con algún tipo de energía renovable, cabe destacar que en el censo del 2001 no existía este servicio y no se tienen los datos, finalmente el 51.36% de la población cuenta con servicio de red sanitaria frente a un preocupante 48.62% que poseen otro tipo de sistema o ninguno como pozo séptico, cámaras de absorción o de algún otro tipo (INE, 2012).

Censo y departamneto	total	Agua de cañería red		Energia electrica			Servicio sanitario	
		Tiene	No tiene	Tiene	Otra	No tiene	Tiene	No tiene
censo 2001	914.518	55,66	44,34	55,60	-	44,40	43,09	56,91
La paz	630.072	65,47	34,53	65,73	-	34,27	56,98	43,02
Oruro	104.123	57,53	42,47	60,68	-	39,32	37,91	62,09
Potosi	180.323	43,97	56,03	40,38	-	59,62	34,38	65,62
censo 2012	1.248.576	63,27	36,73	73,67	2,60	23,74	51,36	48,62
La paz	852.730	70,62	29,38	79,76	1,72	18,53	65,27	34,73
Oruro	152.779	63,57	36,43	74,44	3,57	21,99	47,28	52,72
Potosi	243.067	55,62	44,38	66,81	2,5	30,69	41,53	58,4

(Cuadro N°7)

Por otro lado es preocupante observar algunas cifras del consumo de energía utilizada para cocinar en la vivienda donde solo el 53.84% utiliza GLP, un 13.63% utiliza GNP domiciliario, frente a 25.76% que sigue utilizando leña u otros en mayor medida en el área rural, frente a un 0.06% que utiliza un fuente solar para el consumo.

En la región del altiplano estos indicadores son una clara señal de carencias en las viviendas que necesitan de nuevas estrategias que les puedan ayudar en la conservación y generación de la energía, el manejo de aguas pluviales o sanitarias y otras técnicas bioclimáticas, ecológicas y sostenibles para de alguna manera fortalecer las carencias de servicios básicos que presentan y mejorar la calidad de vida de las personas.

Cuadro N°8 Materiales de construcción de viviendas según departamento, censos 2001 y 2012, Fuente: INE 2013. Elaboración Propia.

DESCRIPCIÓN	LA PAZ	ORURO	POTOSI	Total
PAREDES	100	100	100	100
Lad., bloq. cemento u H°	50,12	25,45	17,93	31,17
Adobe o tapial	47,38	70,15	81,23	66,25
Tabique o quinche	0,06	0,00	0,00	0,02
Piedra	0,46	0,00	0,69	0,38
Madera	1,94	0,38	0,15	0,82
Caña, palma o troncos	0,00	0,00	0,00	0,00
Otro (1)	0,04	4,02	0,00	1,35
TECHOS	100	100	100	100
Calamina o plancha	81,58	67,85	61,84	70,42
Tejas(cem., arcilla, fibrocem.)	4,26	5,32	9,17	6,25
Losa de hormigón armado	9,40	4,66	0,96	5,01
Paia, caña, palma o barro	4,62	21,79	27,47	17,96
Otro (2)	0,14	0,39	0,56	0,36
Ns/Nr(4)	0,00	0,00	0,00	0,00
PISOS	100	100	100	100
Tierra	22,47	28,44	40,21	30,37
Parquet o machihembre	25,87	18,24	11,59	18,57
Tablones de madera	4,60	0,97	0,52	2,03
Cemento	43,31	27,32	41,73	37,45
Mosaico, baldosa o cerám.	1,92	9,76	5,67	5,78
Ladrillo	0,65	13,85	0,12	4,87
Alfombra o tapizón	1,10	0,68	0,00	0,59
Otro (3)	0,09	0,73	0,15	0,32

(Cuadro N°8)

3.4. Contexto arquitectónico

Para el estudio del contexto arquitectónico se identificaron cuatro casos de estudio que son un claro ejemplo de la evolución de la vivienda partiendo desde hace siglos con las viviendas vernaculares hasta un caso contemporáneo, dando muestra de cómo el diseño arquitectónico ha ido adaptándose a las condiciones climáticas, culturales y sociales dentro del altiplano. En estos ejemplos analizaremos sus condicionantes medioambientales culturales además de los que son estrictamente climáticos como los constructivos para determinar parámetros y estrategias relevantes en la investigación.

3.4.1. El Phutuku y el Wallichí Koya (Chipayas)

3.4.1.1. Situación

La cultura Chipaya se encuentra en Bolivia en el departamento de Oruro. Sus pobladores se han asentado en la parte norte del lago Coipasa, en la provincia Atahuallpa. Este asentamiento se encuentra en el eje acuático formado por el lago Titicaca, el río Desaguadero, el lago Poopó y el lago Coipasa. Los Chipayas se encuentran asentados en pleno altiplano aproximadamente a 4,000 metros de altura sobre el nivel del mar.

Fig.53 Los Chipayas retrato de hermanos.

Fuente:

<http://footage.framepool.com> 2012, Esquema ubicación. Fuente: De La Zerda, J., 1993.



(Fig. 53)

3.4.1.2. Condiciones medio ambientales

Las condiciones medioambientales en la zona donde se encuentran asentados son muy especiales, ya que las temperaturas en invierno pueden descender por debajo de los -15°C , y sufrir de inundaciones debido a que el territorio presenta pocas irregularidades topográficas. Los Chipayas se asientan en la puna por la cercanía a fuentes de alimentación. Por otro lado existe una variedad reducida de flora que se adapta a las condiciones climáticas extremas y fue evolucionando incluso para resistir la falta de agua o para almacenarla. Esta es utilizada para la alimentación y construcción de algunos utensilios. La fauna del lugar es muestra de la adaptación de las condiciones climáticas que reforzaron sus sistemas de conservación de calor ya sea por su pelaje

como la llama, vicuña y alpaca, o por su manera de vivir, como el quirquincho o armadillo y la chinchilla que subsisten bajo tierra, donde las temperaturas son más constantes y no tan bajas como a la intemperie.

3.4.1.3. Condicionantes Socioeconómicos

Fig. 54 Mujer Chipaya tejiendo. Fuente: www.cartelurbano.com; Niña en pastoreo. Fuente: tierradevientos.blogspot.com

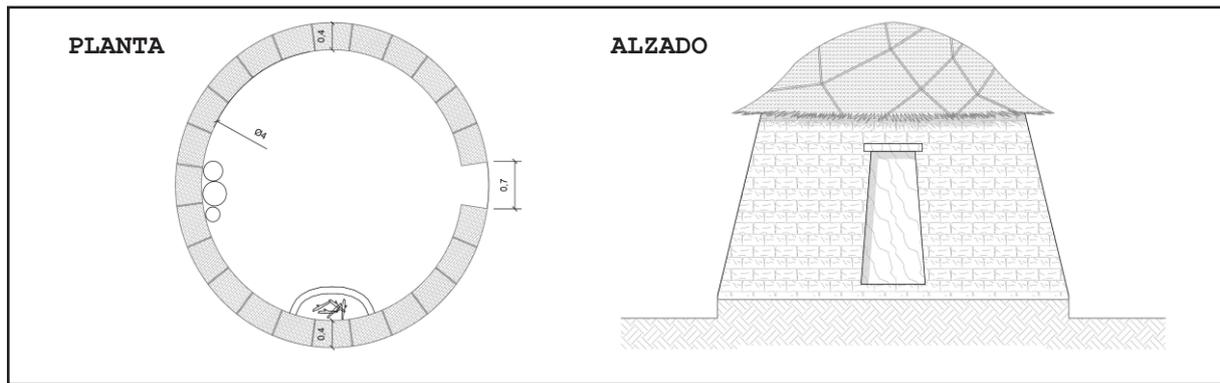
Las actividades que los Chipayas realizan cotidianamente son la siembra, la cosecha, el manejo de agua para el riego, la elaboración de tejidos, la construcción de viviendas, la caza y la pesca son ocupaciones secundarias y ocasionales por sus escasas de temporada. Todo esto acompañado de ceremonias rituales que corresponden a su particular cultura marcada por su origen milenario y por la relación con el hábitat hostil. Esta cultura, que se conserva con bastante pureza, posee también su propio idioma y/o lengua muy peculiar. Incluso su vestimenta presenta rasgos muy particulares ya que es elaborada por ellos mismos y a la vez la misma está pensada para resistir estas condiciones climáticas particulares. El peinado característico de las mujeres consiste en sesenta pequeñas trenzas distribuidas a ambos lados de la cabeza (De La Zerda, J., 1993).



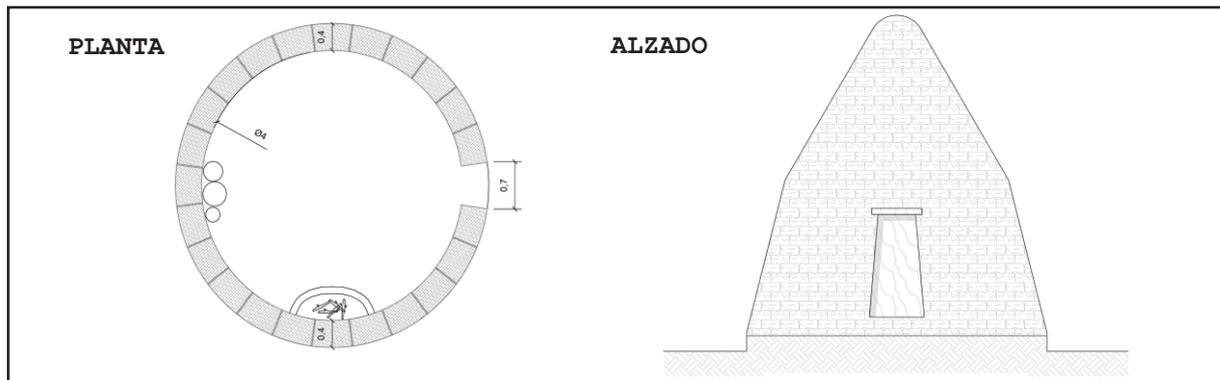
(Fig. 54)

3.4.1.4. Descripción formal

En la comunidad Chipaya existen dos tipos de vivienda una rural y otra urbana, la primera es la más antigua y es de refugio o silo y se ubica en lugares de pastoreo se la denomina "Phutuku" y la vivienda urbana que se la conoce como "Wallichí Koya", estas viviendas tienen en esencia una forma cónica semejante a una colmena siendo la base de 4 metros de diámetro aproximadamente, las dos poseen un puerta de forma trapezoidal ubicada en dirección este, la diferencia básica entre estas es la forma de la cubierta ya que en el caso del "Phutuku" el acabado es de forma cónica ya determinada por los muros, en el caso del "Wallichí Koya" el acabado es esférico hecho de paja brava y barro, la altura interior está pensada en ambos casos para que el humo de la fogata pueda salir de manera natural por la apertura de un agujero de forma circular en la parte superior de las mismas. Esta nos recuerda a la forma de las montañas y a como estas resisten ante los vientos, a su vez de ser una forma de culto a los dioses de la montaña (Hennings, V., 2004).



(Fig. 55)



(Fig. 56)

3.4.1.5. Descripción constructiva

Estas viviendas se construyen en su totalidad con tepes sin hacer diferencia entre la pared y el techo. Cuenta con una pequeña puerta ubicada al este y no lleva ventanas. Los materiales requeridos para la construcción de la vivienda Chipaya son:

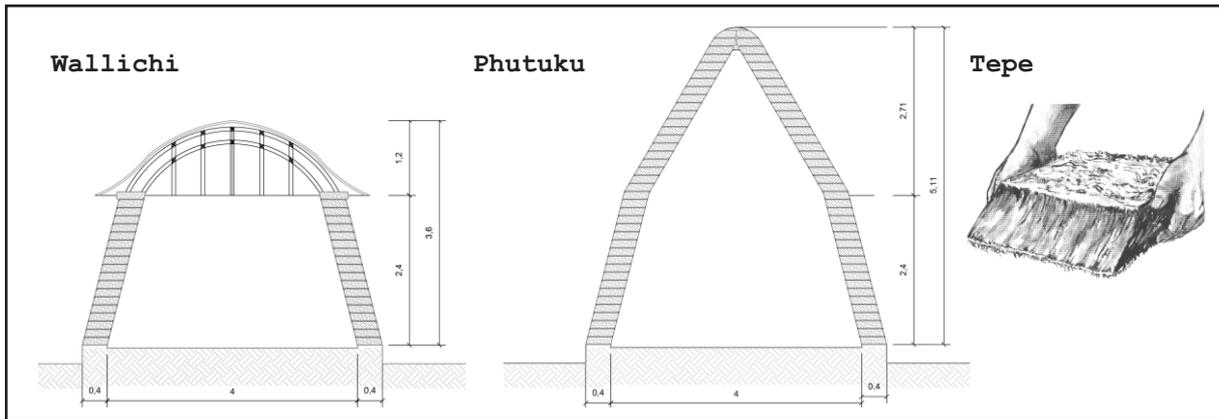
- Tepes para el muro,
- Th'ola de ramas grandes para sostener la cubierta
- Madera de cactus para la puerta.
- Arcilla para revocar la vivienda.

Las viviendas son construidas por sus propios dueños y la ayuda de algunos vecinos. Este tipo de construcción es una tradición que pasa de generación en generación, por lo que la habilidad de los Chipayas es ampliamente reconocida en los pueblos vecinos. El arquitecto De la Zerda en su libro "Los Chipayas: modeladores del espacio" (1993), describe muy claramente la construcción y la elección de materiales para estas viviendas:

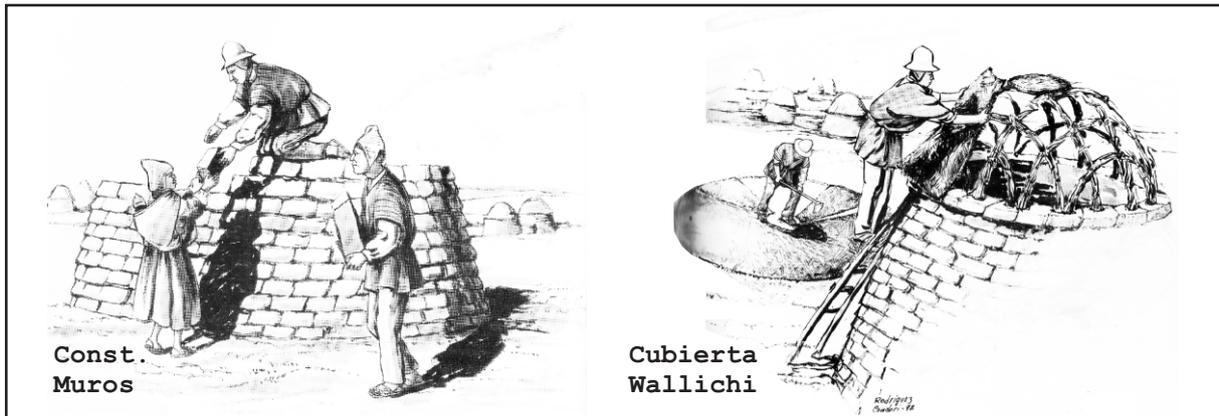
"En el caso de los tepes, se elige primeramente un buen pasto de raíces gruesas y maduras, con el fin de garantizar la durabilidad. Luego se traza una doble curva en el pasto, con azadón. Los cortes en sentido transversal dan la forma precisa a los tepes, mediante certeros y limpios golpes de azadón. Seguidamente se procede a la extracción, traslado y apilado de los tepes, hasta que se considere que están lo suficientemente secos para la construcción (unos diez días)" (De La Zerda, J., 1993).

Fig. 55 Planta y alzado de "Phutuku". Elaboración propia.

Fig. 56 Planta y alzado de "Wallichikolla". Elaboración propia.



(Fig. 57)



(Fig. 58)

Fig. 57 Sección del "Wallichí kolla", "Phutuku" y detalle tepe. Elaboración propia.

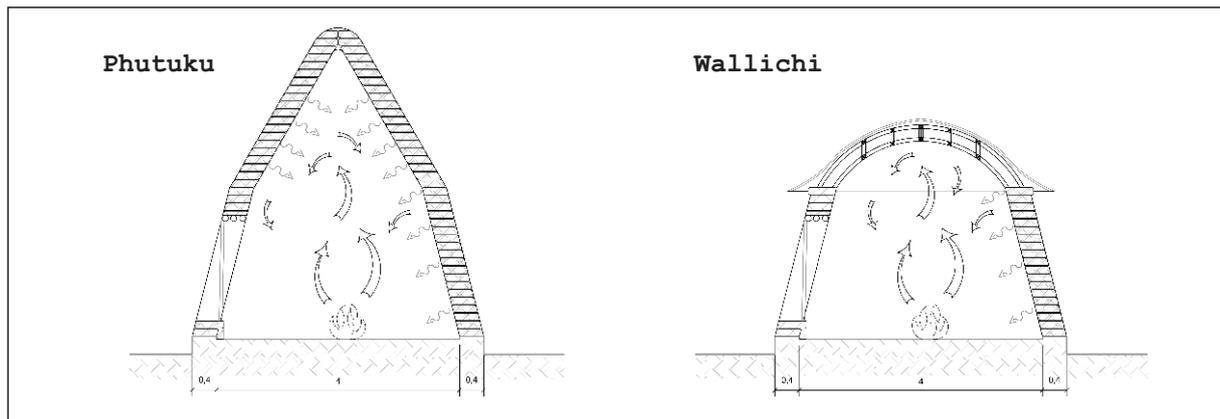
El tepe es un bloque de tierra y raíces de una gramínea que abunda en la región. Este bloque es extraído del suelo, sus medidas aproximadas son de 43 cm. de largo por 40 cm. de ancho y un alto de 12 cm.

Fig. 58 Construcción de muros conicos y cubierta "Wallichí kolla". Fuente: De La Zerda, J., 1993.

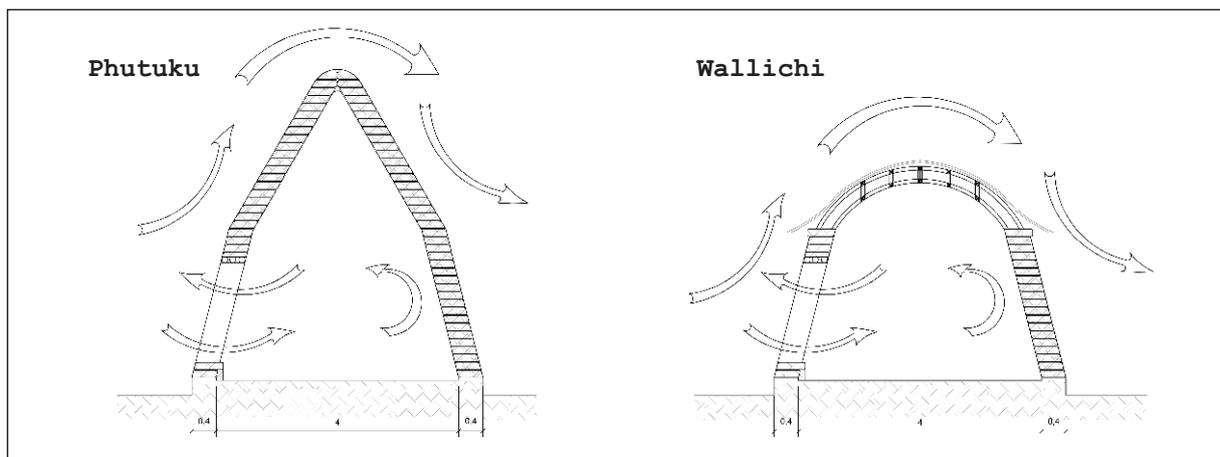
3.4.1.6. Aprovechamiento medio ambiental y estrategias bioclimáticas

- **Materiales y calentamiento.**- Los materiales usados en la fabricación de los adobes para el cerramiento garantizan un gran aislamiento térmico ya que como es conocido la tierra tiene una gran inercia térmica. Por otro lado los tepes consolidan la argamasa y nos generan una especie de fibras dentro del mismo. Finalmente el gran espesor del muro garantiza la conservación de calor. A la vez la posición del pequeño horno calienta la vivienda por las noches los mismos que conservan el calor dentro del espacio.

- **Aislamiento.**- Por la parte exterior se utiliza un revoque de arcilla, que como dice De la Zerda J. (1993), el material existente es bastante fino debido a que fue erosionado por muchos años de un lecho que fue marino. Esto permite su impermeabilización y evita que el frío se filtre a través de las juntas. Por otro lado se utilizan las lanas y pieles de los animales para recubrir interiormente la vivienda, en especial en el espacio de descanso. De esta manera se crea un gran aislamiento al interior.



(Fig. 59)



(Fig. 60)

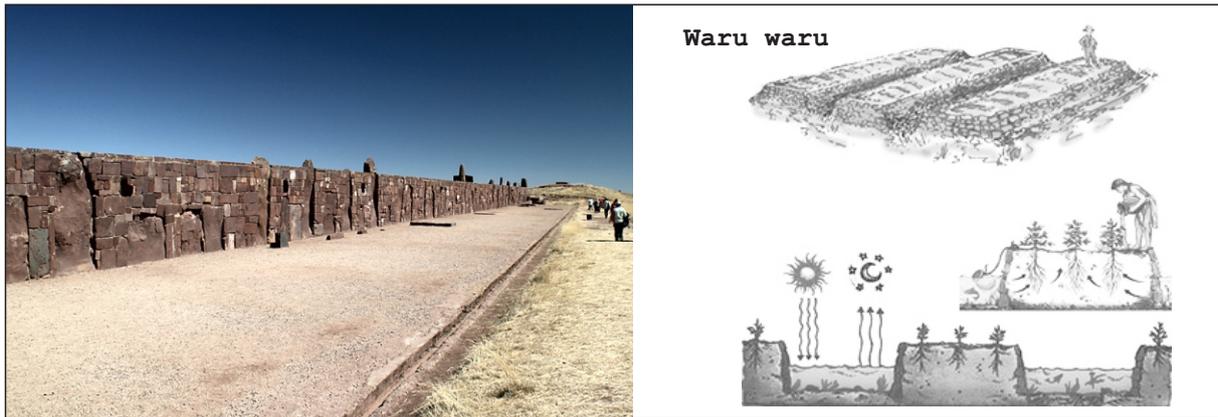
- **Geometría.**- La base de la construcción es circular y de forma cónica en el alzado. Esta forma le permite resistir con gran eficiencia ante los vientos y la lluvia que son los únicos factores que pueden degradar la construcción. Además la misma forma asegura la capacidad para conservar el calor dentro de la vivienda (De la Zerda J. 1993).

- **Integración.**- La integración visual en el entorno aun siendo temporal es perfecta ya que se camufla con el terreno. Su construcción se conforma con materiales del lugar, y su forma tan particular parece creada por la misma naturaleza. Así mismo que reinterpreta a las montañas siendo esta una deidad suya, esta misma forma se puede observar tanto en la vestimenta tradicional como con el resto de su arquitectura.

- **Ventilación.**- La ventilación del Phutuku es escasa por su mismo carácter de conservación de calor, pero la posición de la puerta permite que la vivienda pueda ventilar cuando sea necesario ya que los vientos predominantes son de este a oeste.

Fig. 59 Esquema inercia termina de "Wallichich kolla" y "Phutuku". Elaboración propia.

Fig. 60 Esquema de ventilación de "Wallichich kolla" y "Phutuku". Elaboración propia.



(Fig. 62)

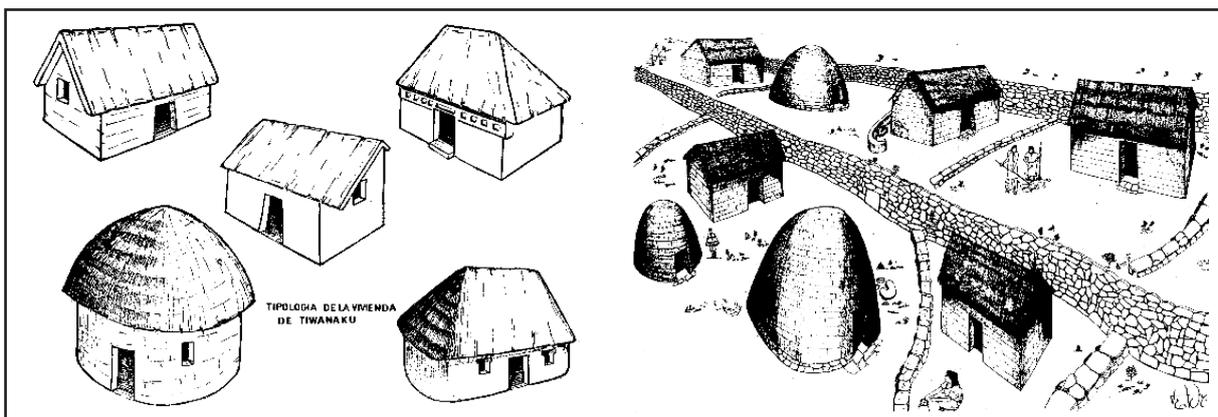
estratégica donde convergían muchas rutas caravaneras y comerciales, esto provocó un flujo importante de importantes productos de zonas más bajas como la coca, el maíz, entre otros, de este modo se creó una amplia red de bienes y servicios. Como más importante fuente económica fue la agricultura que debía enfrentar las fuertes condiciones climáticas construyendo campos elevados conocidos como "camellones" o "Waru Waru" los cuales evitaban las inundaciones y a su vez acumulaban humedad creando un resguardo a las temperaturas y heladas mejorando la cosecha (Ponce C. 1995).

3.4.2.4. Descripción formal

En la cultura Tiawanacota existían según Escalante, (1997) hasta cinco tipologías de vivienda, de las cuales algunas estaban construidas con muros portantes de piedra que estaban destinados a los pobladores de mayor jerarquía en cambio las viviendas las cuales eran de uso común y en mayoría eran las que estaban construidas con muros de abobe, estas viviendas mayormente de planta rectangular con una orientación predominantemente a norte en su sección más larga eran de tres por cinco metros aproximadamente.

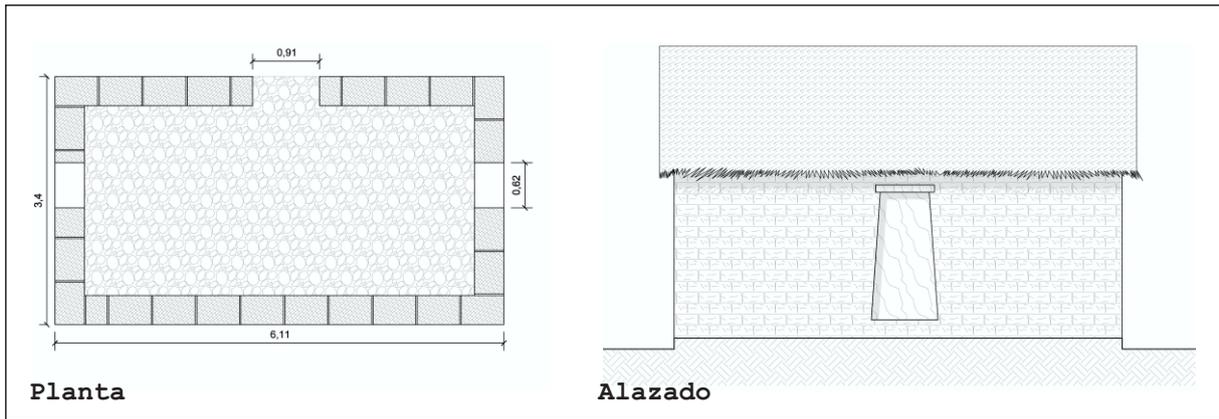
Fig. 62 Ruinas del Tiawanaku fuente: fotógrafo Daniel Maciel 2010, Esquema de riego en Tiawanaku "Waru Waru". Fuente: <http://www.ecoagricultor.com/wp-content/uploads/2014/11/cameloon-waru.jpg>

Fig. 63 Esquema de tipologías de la vivienda de Tiawanaku, esquema de agrupación urbana. Fuente: Escalante J. 1997

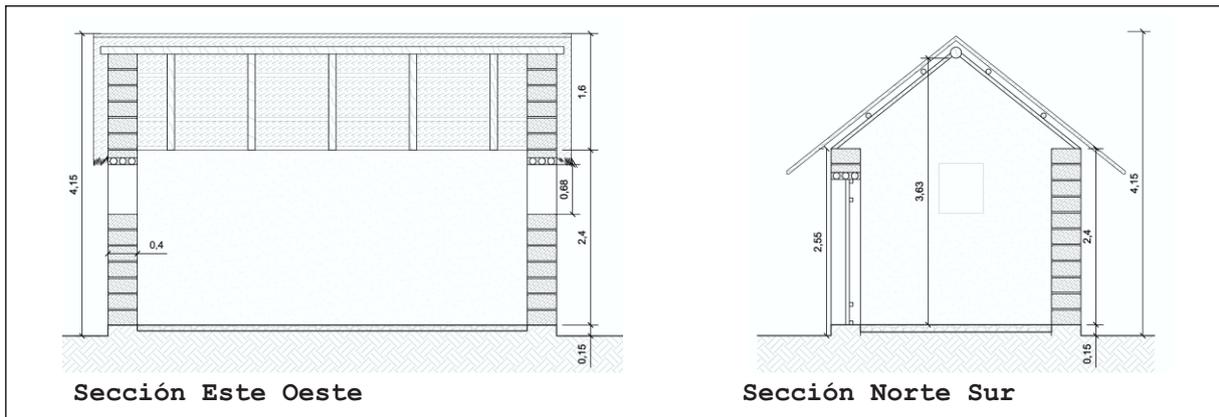


(Fig. 63)

Donde la cubierta era hecha de paja la cual podía variar su forma poseyendo tan solo una pendiente hasta cuatro dependiendo de las necesidades de los pobladores aunque la más común fue a dos aguas, las mismas poseían pendientes bastante pronunciadas, esta forma tan



(Fig. 64)



(Fig. 65)

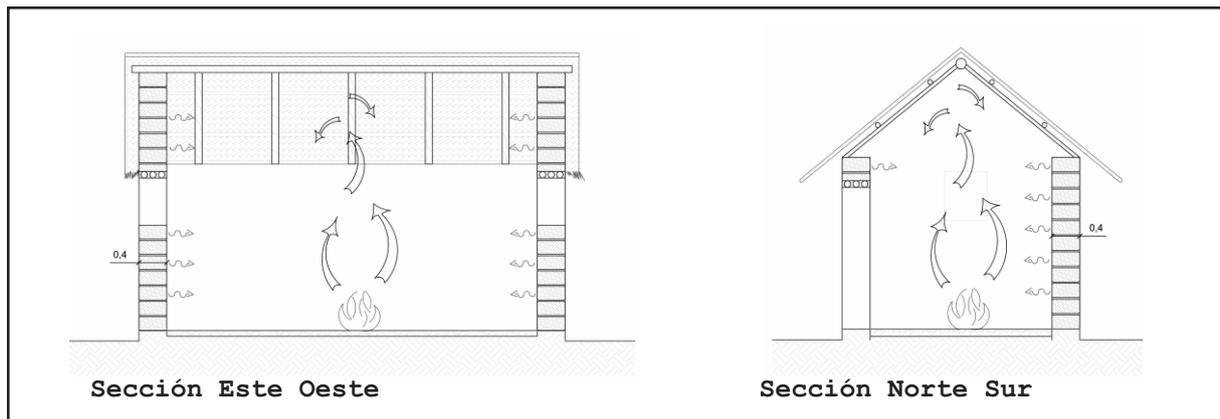
Fig. 64 Esquema Planta y Alzado vivienda Tiawanaku. Elaboración Propia.

Fig. 65 Esquema sección de vivienda de adobe Tiawanaku. Elaboración Propia.

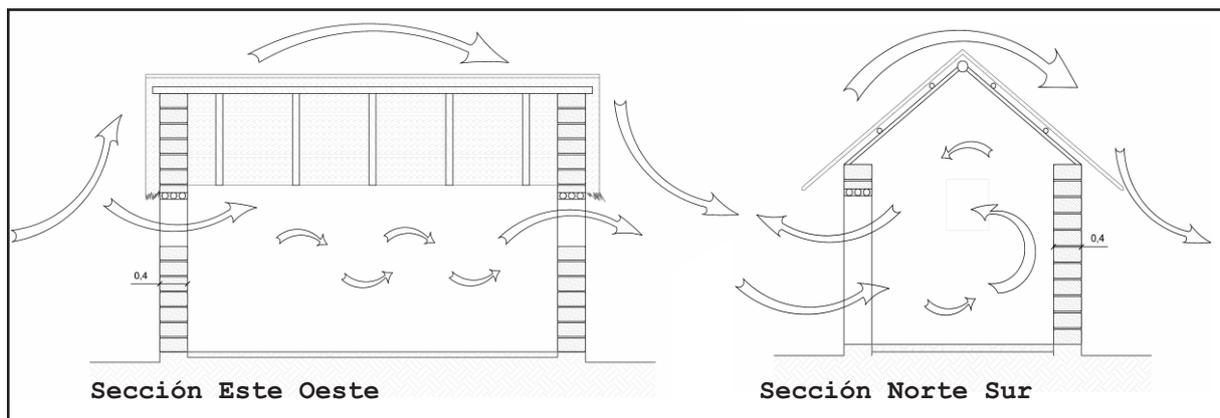
tradicional poseía además una puerta pequeña en dimensiones de forma trapezoidal y así mismo algunas ventanas de forma cuadrada, además se encontraron vestigios que en algunas viviendas existían detalles en los dinteles tallados en piedra con simbología propia de la cultura, denotando la incorporación ya de detalles en las fachadas (Ponce C. 1995).

3.4.2.5. Descripción constructiva

Estas viviendas como las describe Escalante (1997) se preparaba el terreno que esta sobre elevado del suelo para evitar inundaciones con a su vez se hacía una plataforma de piedra colocada que sería de piso en la vivienda, para los muros se utilizaba adobes hechos de barro y paja con unas medias aproximadas de 0.40x.060x0,20 metros que eran secados al sol durante algunos días, siendo el modulo base en la construcción, los mismos eran trabajados por la comunidad, en la colocación de este muro tapial se utilizaba el mismo barro como argamasa. Para los dinteles de puertas y ventanas se colocaba madera o piedras pre cortadas que den forma a los vanos, las puertas tenían una forma trapezoidal de cactus o madera, en cambio las ventanas eran de forma rectangular, la cubierta era hecha enteramente de paja que era previamente preparada de forma rectangular con barro y se la colocaba en una estructura de madera de Quiswara u especies similares por el tamaño de las misas, finalmente se revocaba el exterior de la vivienda con arcilla para evitar infiltraciones de



(Fig. 66)



(Fig. 67)

aire al interior de la vivienda, en algunos casos existían dinteles o detalles hechos en piedra ya que cabe recordar que estos tenían una gran habilidad para trabajar la piedra, mismo que se puede apreciar en las grandes construcciones de sus templos como el de Kalasasaya, monolitos o la puerta del sol, de la misma manera se construyeron a nivel urbano grandes espacios y pavimentos con este material.

3.4.2.6. Aprovechamiento medio ambiental y estrategias bioclimáticas

- Materiales y calentamiento. - Los materiales con los que se construían estas viviendas y su sistema constructivo garantizaban una gran inercia térmica dentro la vivienda por estar hechas de barro y paja brava, a su vez que el importante espesor del muro servía de un gran acumulador y conservador de energía dentro la vivienda debido a que la inercia térmica de la tierra es muy baja, por otro lado la cubierta de paja y barro generaban una perfecta capa que no permitía la pérdida de calor dentro de la misma, por último los pisos hechos de piedra al interior eran una forma de aislarse del suelo y humedades a su vez que se tenía una pequeña fogata al interior, siendo todos estos materiales buenos acumuladores de energía, sin dejar de lado la orientación de las mismas ya que aprovechaba la gran radiación solar de la zona colocándose con cara predominante a norte.

Fig. 66 Esquema de inercia térmica de Vivienda Tiawanaku. Elaboración propia.

Fig. 67 Esquema de ventilación de Vivienda Tiawanaku. Elaboración propia.

- **Aislamiento.**- El gran alisamiento térmico de estas es sin duda gracias a sus gruesos muros de adobe ya que los mismos permitan una gran conservación de energía, como los revoques de los muros que tenían un práctico mantenimiento dejando una estructura compacta y sólida que evitaba puentes térmicos. La cubierta gracias a sus materiales proveía de una capa protectora además por estar hecha de paja le permitía a la vivienda ventilarse y respirar sin dejar pasar las aguas de lluvia.

- **Geometría.**- Esta es un factor determinante ya que la primera consideración al momento de edificar estas viviendas era la orientación de las mismas, que gracias a su forma rectangular le permita aprovechar de manera más eficiente alta radiación solar que existe en el altiplano, sin duda el módulo del ladrillo de adobe también proporcionaba la vivienda en planta y en altura determinado su forma, a su vez que las cubiertas pronunciadas les permitan una rápida evacuación de aguas de lluvia o nevadas y terminaban dando esta forma donde los muros parecerían ser más achatados que la cubierta esto por los grandes aleros que se dejaban.

- **Integración.**- Gracias a sus materiales, geometría y forma la vivienda Tiawuanacota esta tenía un gran integración con el paisaje del altiplano, donde la forma de las cubiertas y su color nos evocan a las montañas que existen a su alrededor, o a formaciones propias de la naturaleza, es tanto así que actualidad es muy difícil encontrar vestigios de las mismas ya que con el paso del tiempo y los materiales utilizados estas han sido absorbidas o como se interpretaría en la cosmovisión andina han vuelto a la naturaleza.

- **Ventilación.**- Esta se manejaba de manera de aprovechar los vientos predominantes de este a oeste, es por esta razón que se colocaban ventanas de forma simétrica en estas orientaciones, donde los vanos eran pequeños para poder tener un control del mismo y no perder demasiada energía en temporadas frías, esta ventilación aseguraba la circulación de aire al interior de la vivienda de manera muy efectiva.

3.4.3. Las Lak'a Utas

3.4.3.1. Situación

Las Lak'a Utas fue un proyecto realizado por la AHSA Asentamientos Humanos Sostenibles en el Altiplano (Loayza, 2001), que fue ejecutado por la SAHB Servicio de Asentamientos Humanos en Bolivia y el Servicio Danés Internacional de Asentamientos Humanos DIB, y fue financiado por la Secretaría de Desarrollo del Gobierno de Dinamarca DANIDA. La realización del proyecto tenía por objetivo generar un manual de autoconstrucción de esta tipología de vivienda económica y sostenible para el altiplano. El piloto de aplicación y construcción se realizó en Lahuachaca en la provincia de Aroma en el departamento de La Paz el año 2001, la misma que fue expandiéndose por el altiplano encontrando algunas edificaciones en otras ciudades aunque la gran mayoría de estas construcciones se encuentran en el área rural.



(Fig. 68)

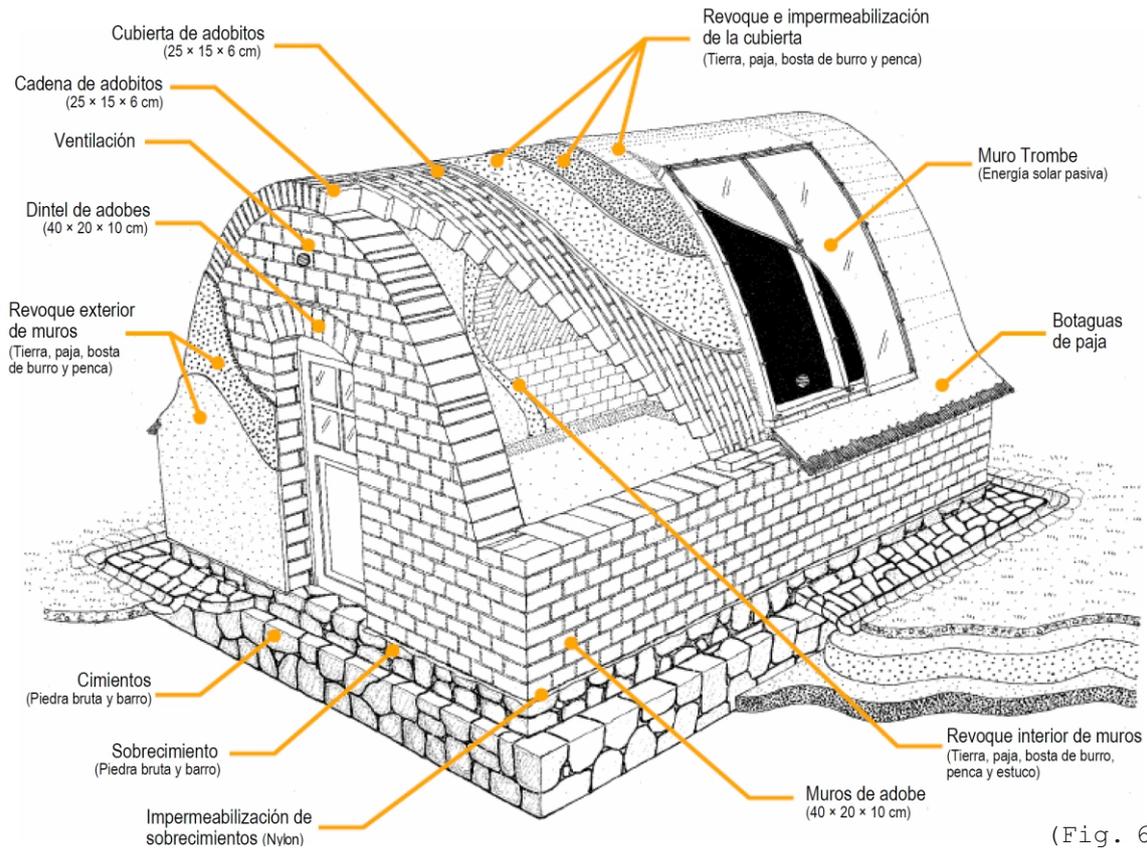
3.4.3.2. Condicionantes Socioeconómicos

Una de las razones fundamentales para la implantación de este proyecto fueron los bajos índices y la deficiente calidad de vivienda en el altiplano que afectaban la calidad de vida de los pobladores sobre todo en el área rural (Loayza, 2001), ya que los datos del censales del 1992 al 2001 mostraban grandes índices de pobreza e inadecuada satisfacción de las necesidades de infraestructura básica, los mismo que también afectaban a la salud de las personas, por otro lado no se contaba con un apoyo técnico en el área rural para poder mejorar y regular la construcción de viviendas, además del difícil acceso a algunas regiones y no tener instrumentos de capacitación para pobladores de estas zona, es así que desde 1997 con el concepto de la Lak'a Uta se desarrolla la aplicación de una estructura autosustentada con muro de adobe que fuese fácil de construir, de bajo costo de construcción y mantenimiento además de tener características ecológicas. Por estas razones uno de los objetivos que plantea este proyecto es la capacitación para la autoconstrucción de estas viviendas para el altiplano, destinada a familias de bajos recursos económicos, con una construcción eficiente que a su vez pueda mejorar el confort térmico con técnicas pasivas.

Fig. 68 Centro Lak'a Uta y vivienda en Lahuachaca. Fuente: Loayza, 2001.

3.4.3.3. Descripción formal

Esta posee una forma simétrica en sus fachadas, la planta es de forma rectangular pudiendo llevar diferentes longitudes dependiendo del alto de la cubierta para su ancho, está ubicada de manera que el lado más largo se encuentra en orientación norte sur para aprovechar la radiación solar, su característica principal es el arco catenarico que demarca parte de los muros y la cubierta siendo esta la esencia principal de la estructura además de la modulación de la misma, se puede ver como el muro de cimentación crea una base donde se apoya la bóveda principal, este muro que da la apariencia de un socalo da el perfecto apoyo y le brinda una forma un tanto achatada, la Puerta y ventanas se colocan en los muros laterales de la construcción aprovechando los muros portantes laterales, como también se puede ver ventanas en arcos menores que pueden sobresalir de la bóveda principal, estas ventanas siguen la forma de la bóveda en la mayoría de los casos donde se trabaja el dintel en detalle para remarcarla.

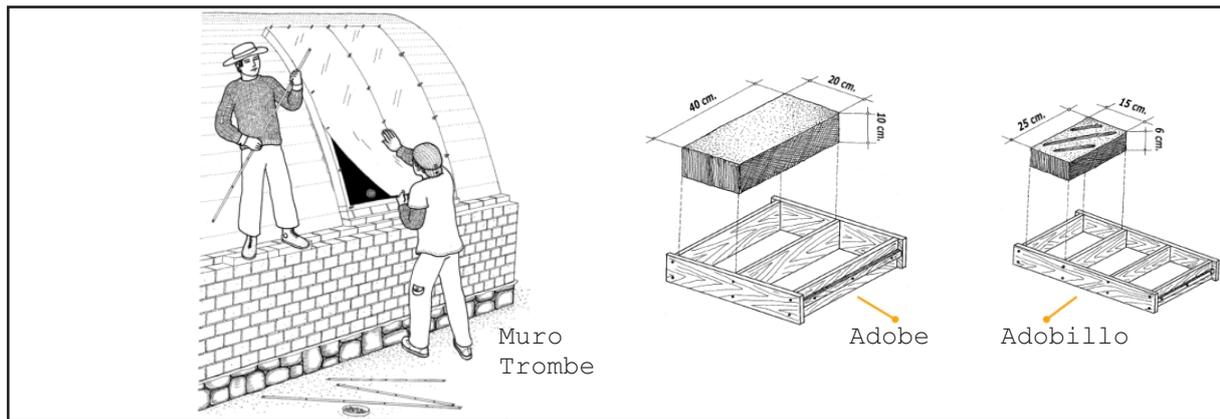


(Fig. 69)

3.4.3.4. Descripción constructiva

Fig. 69 Esquema constructivo de la LLak'aUta. Fuente: Loayza, 2001.

El objetivo fundamental de este proyecto fue la construcción de una vivienda con muros y cubiertas exclusivamente de tierra como material base, es por estas razones que para la construcción se tomó en cuenta la utilización los abobes de 0.40x0.20x0.10m. para el muros portantes y adobillos de 0.25x0.20x0.10m. para la bóveda de la cubierta. La primera fase es la nivelación replanteo y construcción de la cimentación de piedra bruta con mortero de barro de 0.40m de profundidad y de 0.60m de ancho, posteriormente se levanta un sobrecimiento del mismo ancho que los adobes para evitar humedades luego se coloca una capa impermeabilizante y se comienza con la construcción de los muros de carga con adobe hasta una determinada altura que estará definida por la curva catenaria en las fachadas norte y sur, en las fachadas este y oeste se preparan los dinteles de puertas y ventanas con el mismo material en forma de la curva catenaria para terminar el muro con esa forma, posteriormente se construye el muro catenario con la utilización de los adobillos que van empezando en paralelo por los extremos para terminar por la parte central de la bóveda. Para la colocación de este adobillo se realiza un corte en inclinación de la base más delgada en toda la primera hilera, para finalizar se procede al revoque de la construcción con tres capas de barro, paja brava, penca macerada y bosta de algún animal, las ventanas podían ser hechas de hormigón como en madera al igual que la puerta, los acabados interiores podían realizarse vistos o con un revoque en barro u otro material, los pisos a su vez podían terminarse con adobes u otro material (Loayza, 2001).



(Fig. 70)

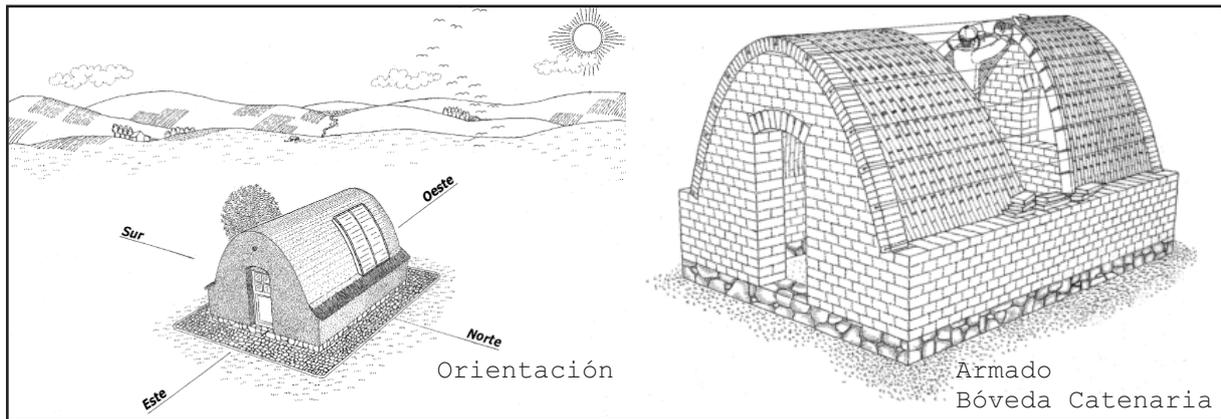
3.4.3.5. Aprovechamiento medio ambiental y estrategias bioclimáticas

- **Materiales y calentamiento.**- Los materiales utilizados en la construcción de estas viviendas proporcionan una gran acumulación de energía y preservación de la mismas, debido a los gruesos muros hechos de tierra en bóveda por ser un material con grandes cualidades térmicas, es así que la bóveda catenaria como la orientación de la misma son otro factor determinante ya que garantizan una exposición a la radiación solar más uniforme y prolongada en las horas de sol, que a su vez generan un control y dispersión contra los fuertes vientos en el altiplano como la rápida evacuación de aguas de lluvia o nevadas. Cabe destacar la utilización de muros Trombe para garantizar la calefacción pasiva y generar un estado de confort controlado que denota la preocupación e interés por un método sencillo ante la necesidad de implementar estos sistemas, esta se encuentra adosada en la edificación con orientación norte, que utiliza la masa térmica de los adobillos almacenando la energía en el día para su distribución en las noches, en algunos casos también se pudo detectar como se generaron espacios tipo invernadero adosados a la edificación como otro sistema de calefacción.

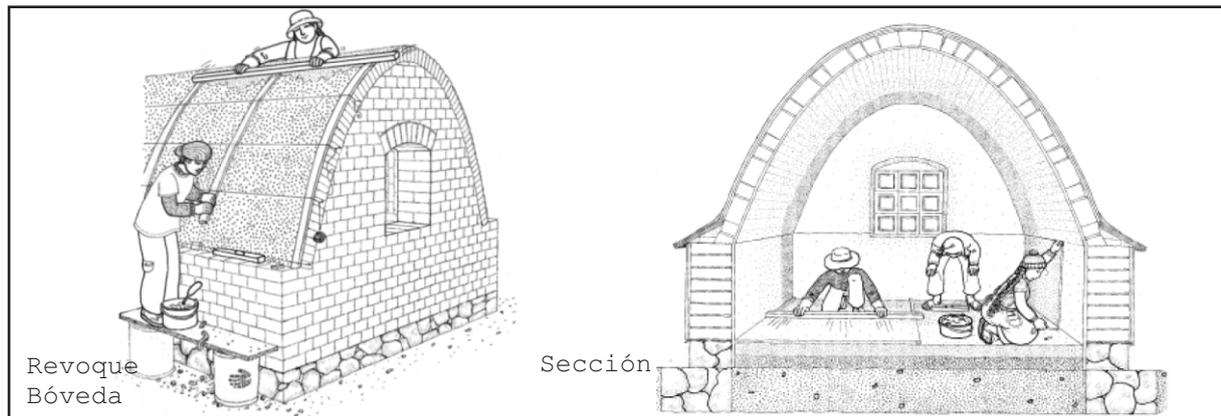
- **Aislamiento.**- El aislamiento térmico que estas utilizan está basado fundamentalmente en generar muros de gran esbeltez, donde una pieza sólida compacta y continua evitan los puentes térmicos, es así que la colocación de los abobes y adobillos es muy precisa dejando un junta de 1cm entre piezas además uniendo todas estas con un argamasa hecha del mismo material para crear esta continuidad de masa donde la cubierta de adobe tiene un efecto natural de aislación. Por último se tiene gran cuidado en los revoques exteriores ya que los mismos están conformados de tres capas, las dos primeras hechas con paja y barro para generar un colchón térmico y evitar infiltraciones y la última añadiéndole bosta y penca macerada que sirvan de impermeabilizante principalmente en la cubierta.

- **Geometría.**- La orientación y su geometría juegan otro papel importante ya que la forma de las Lak'a Utas, está pensada para proporcionar un mayor grado de exposición a la radiación solar además de hacerla mucho más uniforme a

Fig. 70 Esquema muro Trombe y dimensiones adobe y adobillo Llak'aUta. Fuente: Loayza, 2001.



(Fig. 71)



(Fig. 72)

Fig. 71 Esquema orientación y armado de bóveda Lak'aUta. Fuente: Loayza, 2001.

Fig. 72 Detalle revoque bóveda y seccion de Lak'aUta. Fuente: Loayza, 2001.

lo largo del día, por otro lado evita que una gran superficie de la misma este expuesta a los vientos y controla un ventilación pasiva dentro de la edificación. La forma de la bóveda en curva catenaria genera una estructura sólida y compacta recordándonos al iglú, donde esta curva define la simetría, dimensiones y alturas de la vivienda, en esta forma sencilla es donde se puede observar la eficiencia de los volúmenes en una aplicación de técnicas y estrategias pasivas (Loayza, 2001).

-Integración.- Estas viviendas una vez más tanto por los materiales y el color de los acabados pretenden enfatizar los colores naturales en la región, que apoyados en la forma generan un cierto equilibrio con la naturaleza, es en esta forma sencilla que podemos encontrar la belleza de esta tipología de construcción donde se denota una consideración de la memoria historia de pueblos del pasado y de su forma de construir, con la implementación de técnicas de acondicionamiento pasivo, es así que la integración en algunas comunidades fue muy aceptada.

-Ventilación.- Gracias a la orientación y la consideración de los vientos predominantes en el la zona es que se crean pequeños orificios o ductos con rejillas en las fachas este y oeste específicamente en los muros frontales que sirven para controlar y regular la humedad dentro de la vivienda a la ves de las renovación de aire al interior del mismo, como también se consideró que en temporada de invierno estas permanecer cerradas evitar pérdidas de energía.

3.4.4. Arquitectura andina "El Cholet"

3.4.4.1. Situación



(Fig. 73)

La arquitectura andina denominada así por uno de sus mayores representantes el ingeniero Freddy Mamani Silvestre (Andreoli E., 2014) es también conocida como "Cholet" en términos populares, que tiene su aparición en la década pasada, esta es una nueva tendencia en la arquitectura que tiene su mayor exposición en la ciudad del El Alto en el departamento de La Paz, pero también se la puede encontrar en diferentes ciudades del altiplano como Oruro, Potosí, teniendo esta una singular característica ya que usa geometrías del mundo Tiawanakota además de la variedad y el uso de los colores, esta arquitectura alteña se encuentra a 4000 m.s.n.m., la cual pretende rescatar valores culturales e históricos del mundo andino precolombino, es reconocida además en el medio por el uso de los colores y la variadas de formas geométricas que tratan de representar una búsqueda de identidad. Es por estas razones que señalaremos este estilo de arquitectura como un ejemplo contemporáneo que pueda acercarnos a las necesidades de una gran cantidad de personas de una composición sociocultural que comparten un componente étnico y de una búsqueda de identidad, pero que de cierta manera han dejado los valores vernaculares en el control climático de sus viviendas por satisfacer otras necesidades.

Fig. 73 Imagen de El Alto y la obra de Freddy Mamani Silvestre. Fuente: Andreoli E., 2014.

3.4.4.2. Condicionantes Socioeconómicos

En la ciudad de El Alto se produjo una expansión comercial y urbana por la migración de indígenas y mineros de origen Aymara o quechua ya en la década de los 90's, que aún hoy se sigue produciendo, gracias a esto se convirtiendo en un puerto seco comercial y además donde se instalaron muchas empresas industriales generando un enorme movimiento económico acompañado por una prosperidad fiscal desde el 2005, esto llevo a que en El Alto exista un gran crecimiento en la población como también a que se desarrollaran nuevas burguesías (burguesía Aymara), es así que en esta particular ciudad convergen diferentes aspectos sociales contemporáneos como también se rescatan algunos de los valores del mundo andino

(Andreoli E., 2014), esta sociedad con el paso del tiempo en este sincretismo de lo contemporáneo y el pasado es que aparece una nueva forma de percibir y crear arquitectura para crear al espacios y adaptar las funcionalidades de las mimas, que se han ido imitando a lo largo de la región del altiplano y por que no de todo el país.

3.4.4.3. Descripción formal

Fig. 74 Algunas fotografías de la obra de Freddy Mamani Silvestre. Fuente: Andreoli E., 2014.

La forma de la estas edificaciones está caracterizada por ser un edificio de varios niveles llegando estos hasta las 7 plantas donde las características de las mismas son las de poseer locales comercial en la planta baja, seguido de un mezzanine donde se puede hallar locales de eventos, los pisos sucesivos es donde se encuentran módulos de departamentos para así rematar esta edificación con una vivienda estilo chalet unifamiliar "el Cholet" que su principal característica y que viene a darle el nombre popular, otra punto importante de las mismas es diferentes formas que pueden tener las fachas incorporando detalles y geometrías de la de cosmovisión andina pero con un grado de estilización de las mismas, también se puede ver como se utiliza un voladizo a partir del primer piso de 1 metro aproximadamente, por otro lado también cabe destacar la utilización de los colores que estas presentan inspiradas en la policromía de los aguayos (Andreoli E., 2014).



(Fig. 74)

3.4.4.4. Descripción constructiva

Para la edificación de estos edificios se utiliza el sistema constructivo tradicional evolucionado, lo que significa que muchos de los elementos y la forma de trabajo sigue manteniéndose de manera tradicional con la incorporación de algunos elementos o materiales más modernos o prefabricados, es así que podemos encontrar que la estructura está hecha de hormigón armado utilizando zapatas, columnas, forjados y vigas como parte fundamental, en los muros se trabaja con ladrillo cerámico en mampostería de carga o tabique, para las cubiertas debido a los costos y la falta de madera se utiliza un estructura metálica con tejas cerámicas o planchas de calamina de zinc, o policarbonatos, en los revocos exteriores se utiliza hormigón para las plantas superiores en cambio para la planta baja se utiliza piezas de cerámica para formar un zócalo, los acabados



(Fig. 75)

interiores terminados en un enfoscado de yeso en muros y cielo generalmente hechos a mano con detalles en los cielos en yeso, por otro lado las ventanas hechas en carpintería de aluminio con una hoja de vidrio, la pintura es el punto culminante de la obra utilizando diferentes colores remarcando las molduras de hormigón o dibujando otras formas.

Fig. 75 Fotografías detalles constructivos edificios de la obra de Freddy Mamani Silvestre. Fuente: Andreoli E., 2014.

3.4.4.5. Aprovechamiento medio ambiental y estrategias bioclimáticas

- **Materiales y calentamiento.**- El diseño de estas no se considera como primordial el calentamiento de las viviendas ya que la orientación y función no son parte de las premisas del diseño, así mismo los materiales utilizados para la construcción de estas como el ladrillo, hormigón armado y hormigón en revoques no representan una gran protección contra las condiciones climáticas de la zona ya que la inercia térmica de estos es muy pobre, además no existe un control de los puentes térmicos ya que no se utiliza ningún tipo de aislante en las construcciones, por otro lado las ventanas al ser de una carpintería sencilla y de una sola luna de una cara reflectiva tienen una gran infiltración y pérdida de energía, finalmente la ubicación de las pieles de vidrio dentro de la función no le permite a este tipo de viviendas una importante acumulación de energía.

- **Aislamiento.**- En la construcción de estas no se prevé ningún tipo de aislante térmico de la misma manera no contempla las pérdidas de energía por los puentes térmicos y la carpintería de aluminio y vidrio generan pérdidas de energía por las infiltraciones de aire, en el cielo raso de la cubierta es donde se trata de minimizar esto utilizando un plafonado hecho en estructura de madera, paja y yeso, finalmente los revoques de hormigón exteriores aíslan de cierta medida el interior al igual que sirven de las precipitaciones.

- **Geometría.**- La geometría de las mismas es por lo general de planta rectangular llegando a ocupar la mayor parte del predio, en la geometría de las fachadas que tiene por



(Fig. 76)



(Fig. 77)

Fig. 76 Fotografías interiores salones de fiesta edificios de la obra de Freddy Mamani Silvestre. Fuente: Andreoli E., 2014.

Fig. 77 Fotografías interiores de la vivienda edificios de la obra de Freddy Mamani Silvestre. Fuente: Andreoli E., 2014.

base un módulo rectangular es donde podemos observar que se utiliza una cierta modulación en los elementos decorativos de geometrías andinas, donde existe un cierto orden por la modulación de las plantas que se rompe por el remate de la vivienda chalet que se encuentra en el último nivel, marcando un diferente volumetría que puede tener cierta armonía en color y algunos de los detalles de la composición.

- **Integración.**- La integración con el entorno es un tema muy discutido ya que por un lado la mayor parte de las viviendas en el entorno no se encuentran acabadas en las fachas y se puede observar un color cerámico en el paisaje de la urbe alteña, en cambio estas vivienda tratan de resaltar por la extravagancia de su muestra de colores y formas donde por la propuesta de Rescatar los valores culturales se enmarca en el búsqueda de una identidad más contemporánea que es aceptada por la comunidad alteña, es así que dentro de esta sociedad una gran mayoría pretende replicar este tipo de acabados por representar un estatus económico superior.

- **Ventilación.**- La ventilación de estas viviendas es natural aunque no muy eficiente ya que no es directa ni tiene un flujo constante, donde se colocan las ventanas en las fachas frontal y posterior, a su vez se utilizan los pozos de luz con un área mínima de 9m² donde se intenta generar la ventilación del área de servicios en algunos casos.

Tabla síntesis del Altiplano

	CONTEXTO FÍSICO	CONTEXTO NATURAL	CONTEXTO SOCIO CULTURAL			
DATOS BIOCLIMATICOS	-Geografía plana y montañosa -Extensión 136229 Km ² -Altitud 3500-4000 m.s.n.m. -Cuenca Endorreica TDPS -Suelo Árido, nivel freático elevado -Clima frío, temporada nevada y sequía -Temperatura Max 20°C-min -10°C -Radiación solar 1100- 800Wh/m ² -Iluminación solar 120000-10000lx. -Media 58% de cobertura cielo -Viento predominante este a oeste -Velocidad viento 2-15m/s -Humedad relativa 15-75% -Temperatura suelo constante 1m.	-Adaptación plantas y animales Flora -Piel gruesa aislante y genera energía -Almacenamiento de agua -Bajo consumo de agua -Almacenar energía, resiste radiación -Forma flexible resiste viento -Resistente viento estructura cilíndrica Fauna -Vivir bajo el suelo temperatura estable -Pasan noche al este, Reguardo viento -Aprovechar masa térmica rocas -Pelaje aislante y impermeable -Pelaje conservar el calor inercia	-Recuperar preservar tradiciones y costum. -Grupos étnicos Quechua, Aymara, Uru -32 municipios, 3697147 habitantes -Tejidos de lana conservar inercia térmica -Formas cónicas vestimenta étnica -Cocción alimentos métodos tradicionales -Aprovecha masas de calor energía -Crecimiento económico-construcción -Construcción mat. inadecuados 38% -Insuficiencia espacios 58,93% -Servicio saneamiento inadecuado 51,63% -Servicio energía eléct. inadecuado 35,37% -Dependencia energía no renovable -Vivienda propia 74,72% -Población Pobre 42,35%			
	CONTEXTO ARQUITECTONICO					
		Datos	Casa 1 Casa Wallichich	Casa 2 Casa Tiawanaku	Casa 3 casa Lak'á Utas	Casa 4 casa "Cholet"
	Forma	Forma planta	Circular	Rectangular	Rectangular	Rectangular
		Forma fachadas	Cónica	Rectangular	Curva catenaria	Rectangular
		Orientación Principal	Este	Norte	Norte	No considera
		Altura	3,5 m.	4,10 m.	5 a 9 m.	15 m. o superior
		Superficie ocupada (m ²)	12,56; Ø 4	20,74	60 a 150	Superior a 150
	Materiales	Muros	Tepe tierra	Adobe Tierra	Adobe adobillo Tierra	Lad. Cerámico
		Muros e/cm	40	50- 60	50 - 60	18
Cubiertas		Paja y madera	Paja y madera	Adobe adobillo Tierra	H° A° o teja ceram.	
Forjados		-	-	Madera tierra	H° A°	
Ventanas		-	madera	Madera doble luna	Aluminio simple	
Aislante		Tierra	Tierra	Tierra	No considera	
Mat. Eco		Mat. Locales y reciclables	Mat. Locales y reciclables	Mat. Locales y reciclables	No considera	
Sistema Constructivo	Artesanal	Artesanal	Autoconstrucción	Tradicional		
Sistemas Pasivos	Sol	Acumulación energía en muros tierra	Acumulación energía en muros tierra	Acumulación energía en muros tierra	Almacena poca energía solar	
		Forma cónica orientada al sol	fachada principal orientada al sol	Bóveda catenaria orientada a norte	Mala orientación	
		Puerta orientada al Este	Entrada luz natural	fachada principal orientada al sol	Sin aislantes térmicos	
		Cubierta paja aislante	Cubierta paja aislante	ventanas ganancia directa	Entrada luz natural	
		Revoque arcilla exterior	Revoque arcilla exterior	marco doble vidrio + cámara aire	Ganancia directa piel vidrio	
		Fuego a sur conserva calor	Fuego a sur conserva calor	Utiliza muro Trombe	Acumulación energía aislada	
		Utiliza piel animal aislante	Utiliza piel animal aislante	Entrada luz natural	Vidrio reflectante	
		color opaco	color opaco	Acabado exterior Arcilla en capas	Colores reflectantes	
	Ventilación	Utiliza vientos predominantes NE	Utiliza vientos predominantes NE	Utiliza vientos predominantes NE	Ventilación cruzada	
		Ventilación Limitada	Ventilación cruzada	Ventilación cruzada	Renovación de aire	
				protección ventanas pequeñas fachada		
	Agua	Protección de agua lluvia	Protección de agua lluvia	Reciclaje aguas pluvial	Protección de agua lluvia	
		Protección nivel freático	Protección nivel freático	Almacenaje para riego		

Cuadro N°9

CAPITULO 4
ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA
EN EUROPA

4.1. Casa Rauch – Austria

4.1.1. Ubicación y Concepto

La casa del arquitecto Martin Rauch se encuentra ubicada en Schlins Austria, a unos 500 m.s.n.m. aproximadamente. El clima frío del entorno tiene una media anual de 8.9 °C, donde en verano se pueden alcanzar temperaturas de hasta 18 °C y descender en invierno hasta los 4°C con vientos predominantes del noreste. Una media anual de lluvias que oscila entre los 100 y 105mm., siendo estos datos una de las principales características para entender las bases e intenciones del diseño.



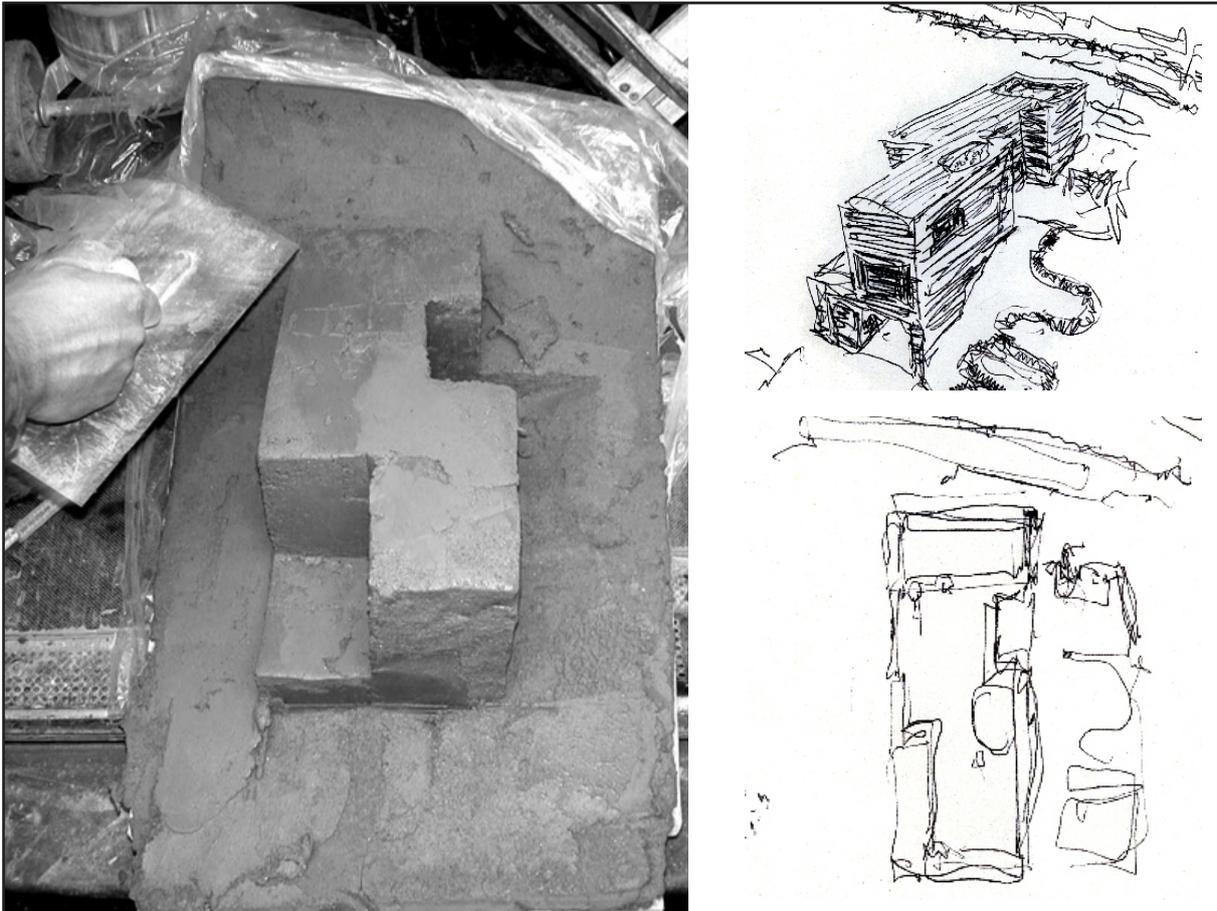
(Fig. 78)

Fig. 78 Plano de Ubicación de la casa Rauch en Schlins, Austria. Fuente: Kapfinger, 2013.

El proyecto fue realizado desde su diseño hasta la finalización de la construcción entre 2004 al 2008, apoyado con la colaboración de diferentes especialistas tanto como en la ingeniería como carpintería, cerámicas y el equipo del mismo arquitecto.

El concepto con el que se trabajó esta obra de vivienda estudio, fue la de construir una vivienda que generara poco impacto ambiental tanto en el proceso constructivo como en los materiales utilizados en la misma. La colaboración de Robert Boltshauser llevó a una nueva dimensión la construcción de los suelos, los techos abovedados, los revoques de muros y cielos, los peldaños y platos de ducha e incluso las tejas, que están formadas hasta en un 85% por material resultante de la excavación del lugar. Una de las ideas fue que la construcción y los materiales no representaran un elevado coste económico (Frey, 2008).

A su vez se apoyaron en el correcto manejo de técnicas bioclimáticas como los conceptos de conservación de energía ganancia directa e indirecta de calor, y el manejo de la ventilación de la misma, para generar el menor impacto en la vida útil del proyecto y sus usuarios. Otra idea directora del proyecto se constituye en crear un hecho arquitectónico que fue esculpido de la misma



(Fig. 79)

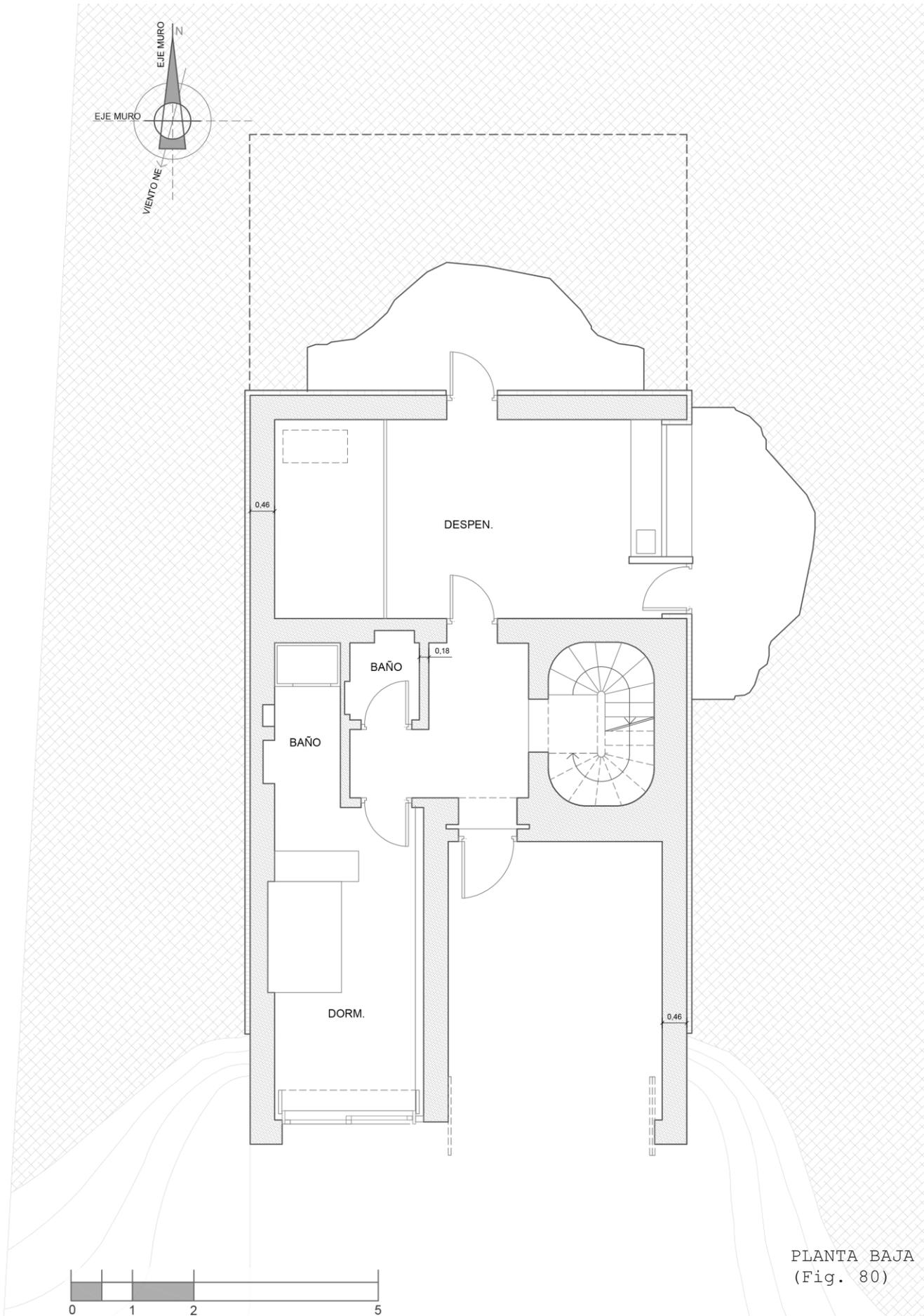
montaña en la que se sitúa, generando una integración natural con el terreno y entorno, es por estas razones que Schlins se considera una de las mecas de técnica experimentales de adobe que tienen un alto valor arquitectónico (Kapfinger, 2010).

Fig. 79 Esquema de diseño de la casa Rauch, y maqueta hecha en tierra. Fuente: Kapfinger, 2013.

Por estas razones este proyecto nos presenta grandes posibilidades de estudio y análisis en cuanto al tema se refiere, donde haremos un principal énfasis en la generación de la forma, técnicas constructivas y lineamientos y aprovechamiento de técnicas bioclimáticas que podrían ser adaptadas y aplicadas en el entorno que nos compete.

4.1.2. Descripción formal

La forma de la vivienda fue de cierta manera condicionada tanto por la posición geográfica de la misma al estar ubicada en una pendiente muy elevada, como por las condiciones climáticas propias del entorno y por las generosas vistas hacia el valle. La vivienda posee un forma monolítica rectangular donde el eje principal y muros de mayores dimensiones van de sur a norte, donde a sur se eleva una fachada de menor dimensión donde se encuentran grandes ventanales y una de las terrazas, la forma de este edificio parece ser esculpida del propio terreno, siendo que presenta dos hendiduras que articulan la construcción generando el interés de visuales hacia el valle y espacios al aire libre (Kapfinger, 2010).



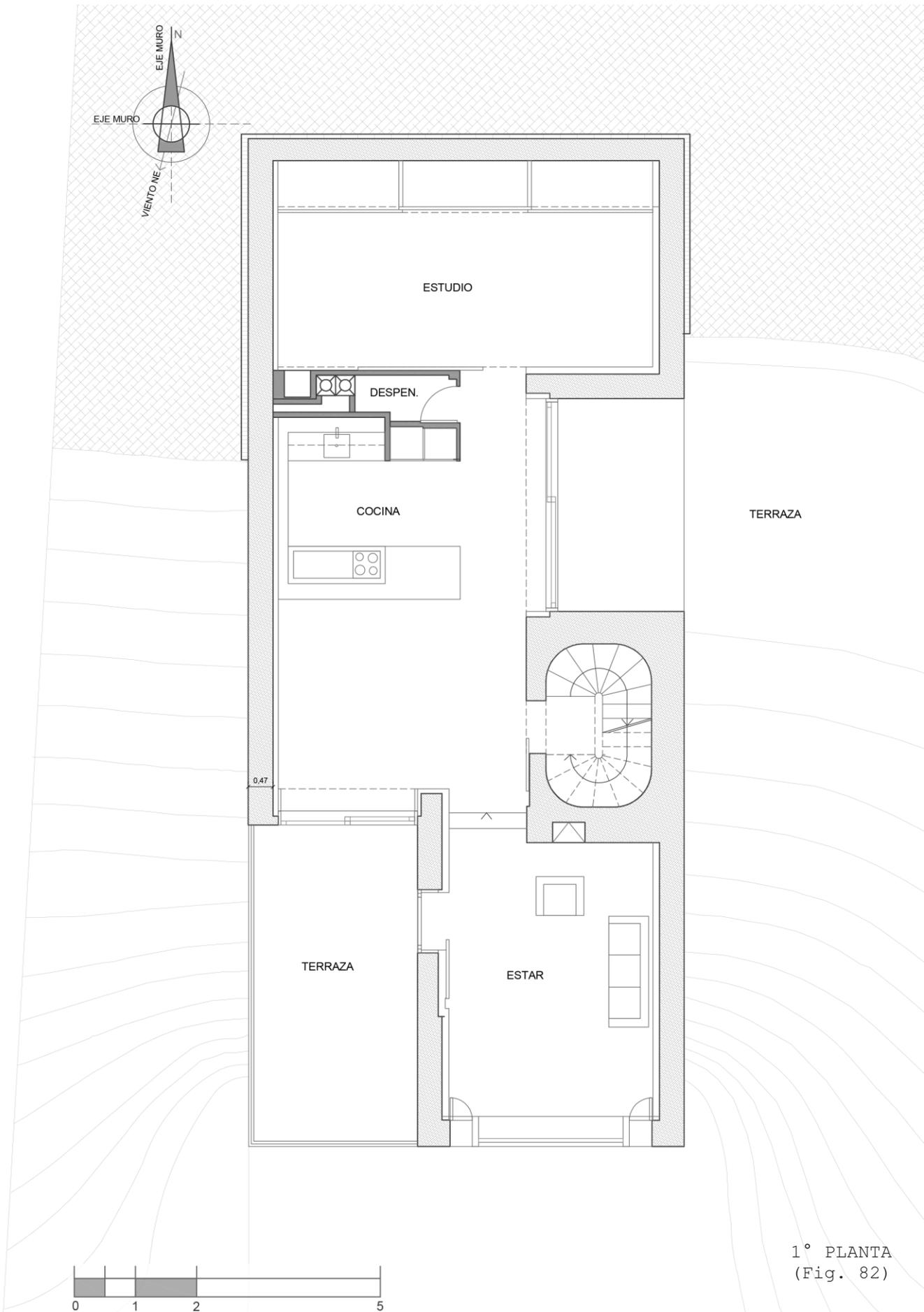


(Fig. 81)

La planta baja se encuentra ocupada por un dormitorio secundario que se ubica hacia el sur, donde se halla un gran ventanal para garantizar una correcta iluminación, calefacción y ventilación de la habitación, también podemos ver como existe una relación del espacio del garaje con los depósitos y despensas e instalaciones de la vivienda, parte de esta planta se encuentra enterrada dentro de la montaña donde además se generaron dos espacios que se conectan con un estudio o taller donde se puede apreciar el calado y piedra de la montaña generando espacios muy interesantes por el manejo de las luces al interior de las mismas, de la misma manera encontraremos las escaleras que nos conectan con toda la vivienda, estas rematadas por la entrada de luz cenital y escalones poco macizos comparándolos con los grandes muros, nos generan un juego de luces y sombras muy interesantes, y gran espacio de transición entre las diferentes funciones de la misma.

Fig. 80 Planta baja casa Rauch. Elaboración propia.

Fig. 81 Interior Casa Rauch. Fuente: Kapfinger, 2010.



1° PLANTA
(Fig. 82)

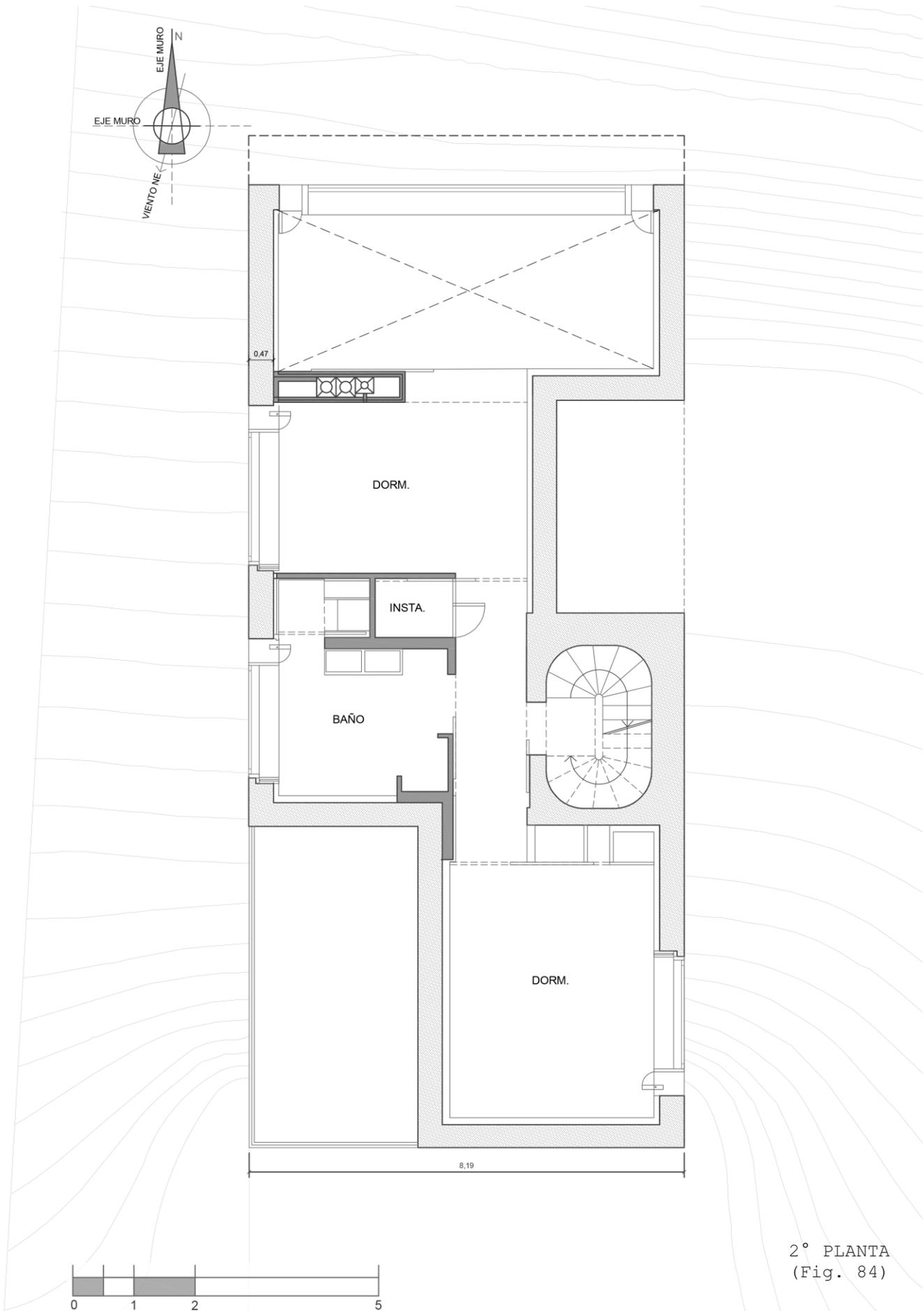


(Fig. 83)

En la 1° Planta se encuentran las áreas sociales de la vivienda como la cocina que se relaciona de manera directa con las dos terrazas exteriores que son parte de la casa; el estar principal que se encuentra rematado por uno de los grandes ventanales de la vivienda donde se puede apreciar una vista hacia el valle además de convertirse en un acumulador natural de la radiación solar y controlar la ventilación al interior por su ubicación sur. Por ultimo tenemos un gran estudio o salón que posee un doble altura este espacio abarca toda la anchura del edificio, donde la entrada de luz se encuentra ya en el nivel superior generando nuevamente un gran control de la iluminación natural y un gran manejo de confort dentro de este espacio de trabajo.

Fig. 82 1°Planta Casa Rauch. Elaboración propia.

Fig. 83 Interior Casa Rauch. Fuente: Kapfinger, 2010.



2° PLANTA
(Fig. 84)



(Fig. 85)

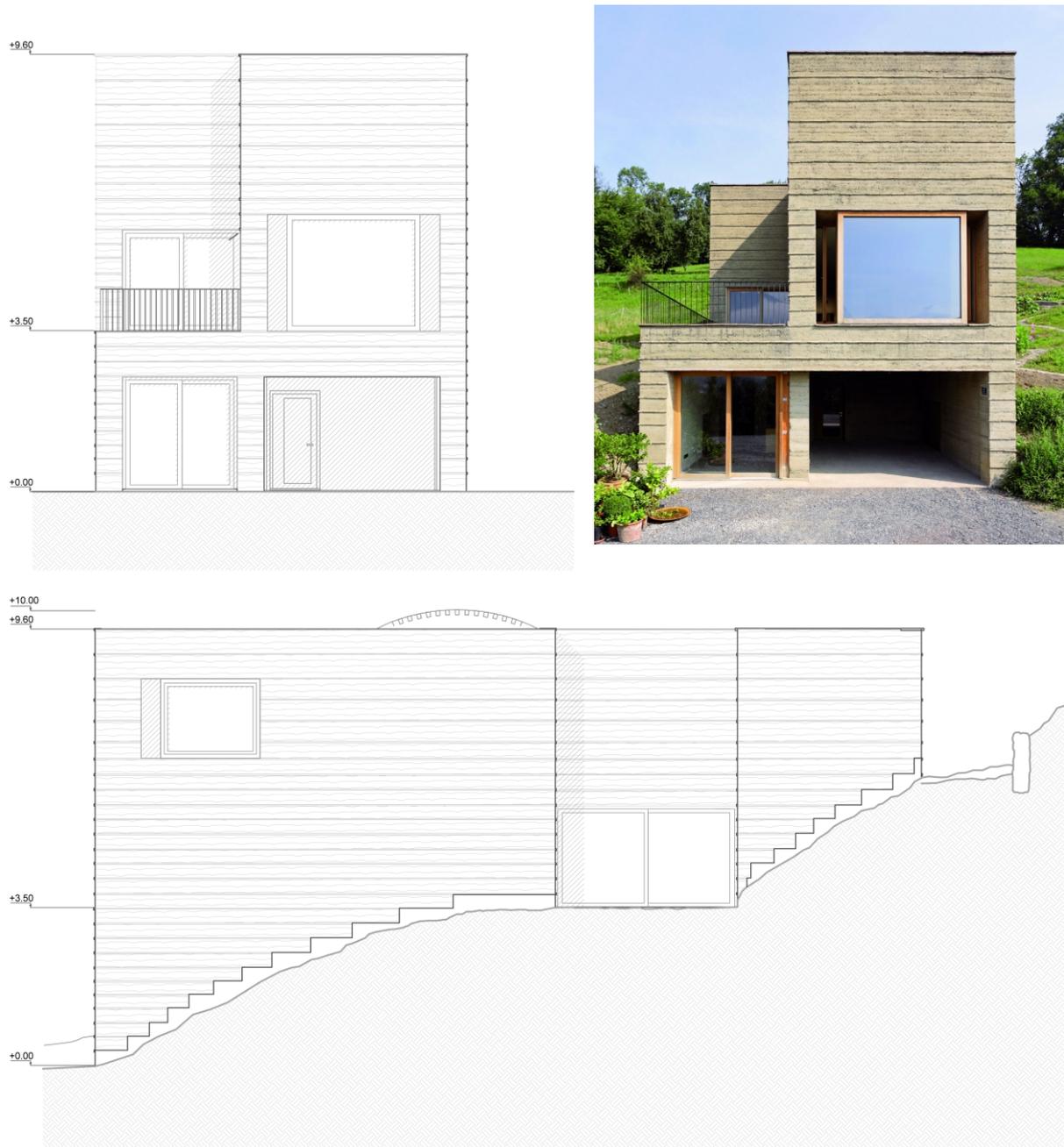
En la 2° Planta se encuentran los dormitorios que gozan de fabulosas vistas al este y oeste respectivamente, controlado así la correcta ventilación natural de los espacios además de permitir un control de la entrada de luz solar al interior, en esta planta también encontramos el baño principal donde la presencia de una gran apertura de ventana es más que evidente generando una vista impresionante teniendo un espacio muy agradable y casi natural (Kapfinger, 2013).

La fachada sur es donde se generan dos ventanas de grandes dimensiones en planta baja y primer piso, para garantizar la entrada de la radiación solar además de aprovecharlas las vistas. En la fachada este se genera una terraza que se conecta con las áreas sociales de la vivienda, esta fachada presenta también grandes vanos de ventanas en los dormitorios y áreas sociales, pero llama la atención el

Fig. 84 2°Planta Casa Rauch. Elaboración propia.

Fig. 85 Interior Casa Rauch. Fuente: Frey, 2008.

DATOS CASA RAUCH	
Sup. Construida	363,93 m ²
Sup. Útil	268,62 m ²
Sup. Vent. Norte	16,718 %
Sup. Vent. Sur	40,854 %
Sup. Vent. Este	11,461 %
Sup. Vent. Oeste	8,81 %

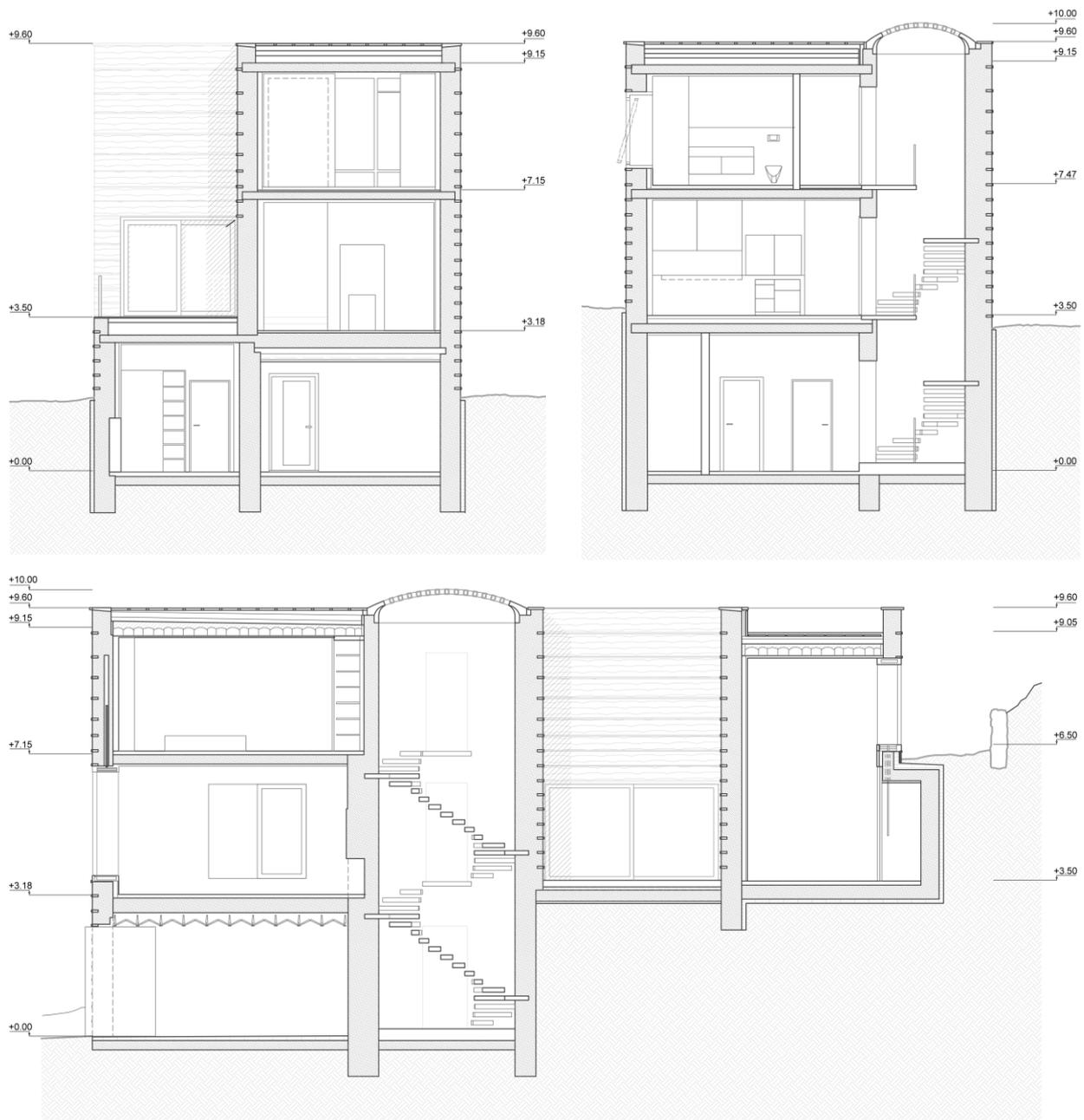


(Fig. 86)

Fig. 86 Alzados Casa Rauch, Elaboración propia. y fotografía casa Rauch. Fuente: Kapfinger, 2010.

gran ventanal que se produce en el área del baño principal que crea un espacio muy acogedor y de relajación y encuentro con la naturaleza por las vistas a pie de monte que se pueden apreciar. En la fachada oeste se puede ver que tan solo se cuenta con una ventana del dormitorio y una entrada a la cocina de la vivienda que se relaciona con los espacios sociales de la misma, donde la terraza se encuentra también nivelada y esculpida en el terreno (Kapfinger, 2013).

Los vanos de las ventanas aparecen en lugares estratégicos de la edificación, esto es debido a las limitantes estructurales de la construcción en tierra, pero las mismas utilizan grandes aperturas para generar un mayor aprovechamiento tanto para el confort interior como por las visuales que se precisaban.

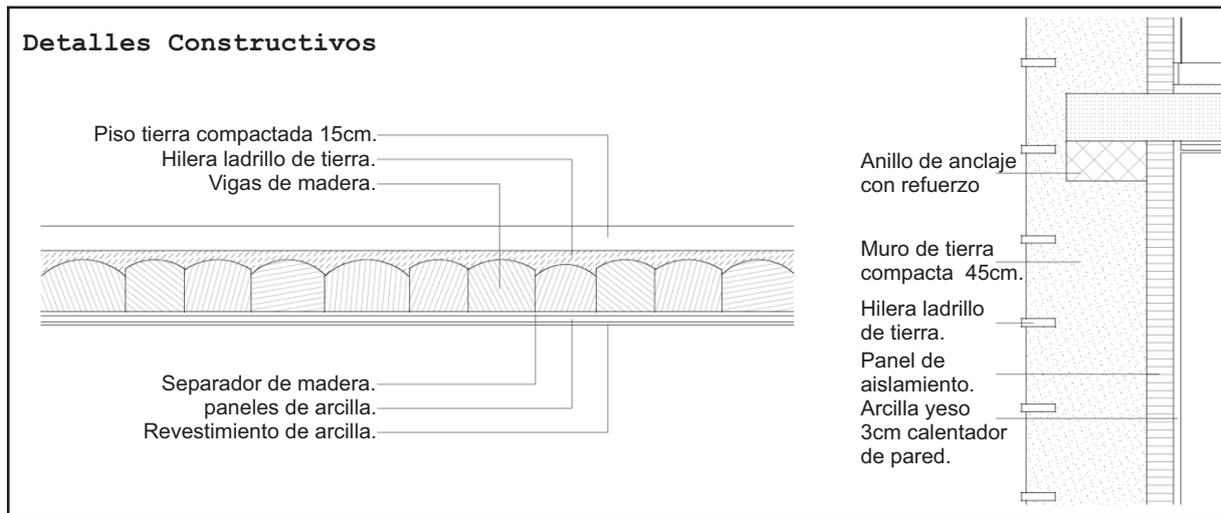


(Fig. 87)

4.1.3. Descripción constructiva

La construcción de esta vivienda se realiza a partir del año 2005, en la cual el material principal y donde el arquitecto pone el mayor énfasis y punto de interés es el manejo de muros prensados de tierra. Estos muros pueden llegar a tener un ancho de 45cm., hasta llegar a los 60cm. Como antes fue mencionado para la fabricación de los mismo se utilizó aproximadamente el 80% de la tierra obtenida en el lugar de la excavación y perfilado de la ladera. Esta técnica fue implementada por Martin Rauch, su equipo y colaboradores multidisciplinarios en la materia. Se trata del apisonamiento y compresión de tierra con martillos neumáticos y rodillos en hileras que van conformando los muros. La construcción se demoró aproximadamente dos años y medio hasta su culminación, donde paso a paso y con la ayuda de un encoframiento

Fig. 87 Secciones Casa Rauch. Elaboración propia.



(Fig. 88)

Fig. 88 Detalles constructivos forjado y muro portante. Elaboración propia.

paulatino de las hileras de los muros se pudo levantar estos grandes cerramientos que representaron un gran cuidado tanto por los esfuerzos estructurales como por los detalles en los acabados (Kapfinger, 2010).

En los planos exteriores de las fachadas también se puede apreciar las hileras de ladrillo de barro en intervalos regulares, que demarcan ese interés no solo ornamental sino su vez nos presentan el módulo de construcción de los muros que demarcan los vanos de las ventanas y las alturas al interior de la vivienda, estos ladrillos sirven como protección de las juntas entre las hileras a manera de contrarrestar puentes térmicos o posibles puntos de infiltración, todo para precautelar una protección y control frente a las condiciones climáticas.

Los forjados están realizados de con una estructura en madera que actúan como viguetas unidireccionales con tierra apisonada recubierta por diferentes acabados tanto en cielos rasos como en suelos. Dependiendo del uso en algunos casos se pueden ver como estos han sido completados con bovedillas de ladrillo de tierra para generar espacios más interesantes como también por revestimientos de arcilla tratada o paneles de arcilla cuidadosamente unidos (Rauch; Kapfinger, 2001).

Por otro lado los pisos que se encuentran en una base de tierra apisonada, gracias al tratamiento de la capa final de arcilla refinada con el uso de aceites y ceras, logran un acabado impermeable y lustroso para crear el efecto de alabastro. Esta operación se irá repitiendo a lo largo de toda la construcción y su aplicación también se la observa en muros y cielos pudiendo generar diferentes tonos según la calidad o tipo de tierra y aceites o cera utilizados, obteniendo en toda la vivienda el uso de materiales naturales y de bajo impacto ecológico, con bajo costo de mantenimiento y gran durabilidad. Las ventanas y puertas tienen una carpintería hecha en madera de un color claro que aportan a la materialidad de la construcción. En las ventanas se utiliza un marco de doble vidrio para poder garantizar la inercia térmica al interior y el control de la temperatura (Kapfinger, 2013).



(Fig. 89)

4.1.4. Aprovechamiento medio ambiental y estrategias bioclimáticas

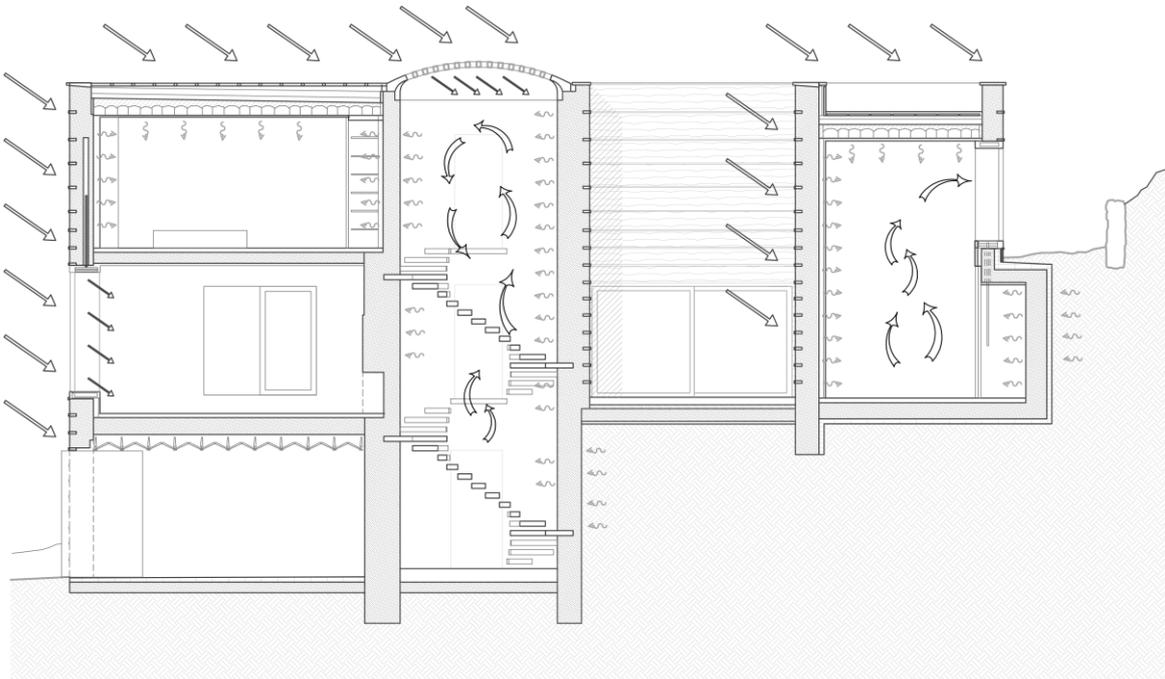
Materiales y calentamiento. - En el uso de los materiales es evidente que en el diseño de esta obra se tuvo en cuenta como estrategia directriz la utilización de materiales que representaran el menor impacto ambiental, tanto en la construcción como en su vida útil, siendo estos totalmente reciclables ya que no presentan ningún tipo de contaminación o transformación que alteren su calidad natural o ecológica. Además que los mismos fueron obtenidos del lugar y fabricados in situ, por otro lado cabe destacar que la utilización en mayor medida de tierra apisonada o comprimida en muros, forjados y acabados genera que los mismos presenten una gran calidad por los valores de inercia térmica (Kapfinger, 2010).

Fig. 89 Vistas asoleamiento vivienda y detalle de muro con ventana. Fuente: Frey, 2008.

En el caso de muros que al poseer grandes dimensiones que oscilan entre los 45 a 60cm., y al estar hechas de tierra apisonada, poseen grandes cualidades térmicas tanto como en la acumulación de energía como al garantizar los valores de inercia térmica al interior de la vivienda. Estos grandes acumuladores de energía solar trabajan continuamente en el día acumulando y protegiendo del calor y en la noche proporcionando y conservando una temperatura por mucho más tiempo que otros materiales, por otro lado los forjados y sus acabados también presentan estas características constituyendo así una vivienda monolítica uniforme que no presenta puentes térmicos ya que la estructura es continua y del mismo material no teniendo muchas variaciones de la temperatura en las superficies (Rauch; Kapfinger, 2001).

Por otra parte la ubicación estratégica de los vanos de las ventanas de gran dimensión que se ubican en los dormitorios o espacios sociales garantiza un calentamiento continuo del espacio actuando directamente sobre la superficie interior de la vivienda generando una ganancia directa de la radiación solar, que a su vez puede ser regulada por la ventilación natural.

Por ultimo al estar apoyada parte de la edificación en la colina tiene un resguardo más de una gran masa térmica natural donde será mucho más difícil perder energía en este sector por la masa térmica del suelo de la montaña.



(Fig. 90)

Fig. 90 Esquema de comportamiento térmico del edificio. Elaboración propia.

Aislamiento.- En este caso se trabajó mucho en la calidad de los aislamientos térmicos, tanto en los muros y en los acabados exteriores e interiores de la vivienda, los muros funcionan a su vez como grandes aislantes térmicos por estar contruidos de tierra y por poseer grandes volúmenes, que además siendo estas de tierra compactada no presentan espacios vacíos al interior generando un aislamiento más eficiente y con bajo costo. Estos al estar unidos a los forjados generan un volumen continuo donde no existen puentes térmicos. En el exterior se utilizó una hilera de ladrillos de tierra que a manera de demarcar la modulación de los muros evita las infiltraciones o pérdidas de energía, entranquillando las uniones de las mismas. También los acabados interiores juegan un papel importante ya que estos al ser de arcilla refinada y estar tratados con aceites y ceras no pierden sus altos atributos térmicos sino todo lo contrario, ya que se transforman en una superficie aún más compacta e impermeable que no deja espacio para pérdidas y se unen de manera natural a toda la estructura. Finalmente las ventanas al estar fabricadas en madera tratada y poseer marcos que abrazan los vanos de muros garantizan la rotura de los puentes térmicos, al igual que la doble luna utilizada en las mismas (Rauch; Kapfinger, 2001).

Geometría.- La geometría de la edificación tiene una estrecha relación con la geografía del sector y con las orientaciones y ubicación con respecto al recorrido del sol; con los vientos predominantes y el aprovechamiento de las visuales en el paisaje. Por estas razones la casa Rauch presenta una geometría y modulación rectangular con la fachada predominante de norte a sur de 19.10 m. de longitud, esto para garantizar un exposición solar más prolongada en esas latitudes y hacia el sur con un ancho de 8.20m. En esta aparecen la mayor cantidad de ventanas para aprovechar la entrada de radiación solar directa, esta geometría rectangular alcanza los tres niveles y



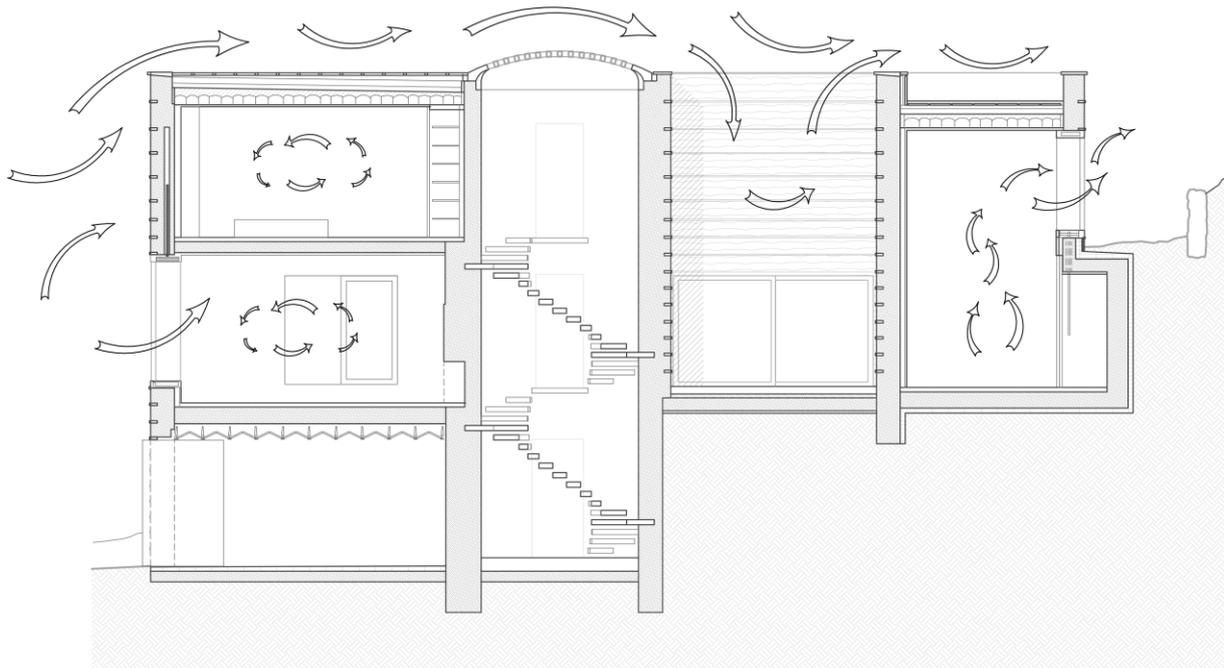
(Fig. 91)

posee dos hendiduras que demarcan aún mas la forma y le dan prioridad a las visuales, por otra parte el diseño de la misma está pensado para el aprovechamiento de los vientos predominantes y generar una ventilación cruzada, a su vez que esta geometría sencilla demuestra la aplicación y eficiencia de técnicas y estrategias bioclimáticas pasivas (Kapfinger, 2010).

Fig. 91 Vista posterior y paneles sistema agua caliente solar vivienda. Fuente: Kapfinger, 2010.

Integración.- El proyecto consigue una gran integración con el entorno, tanto con la materialidad como con la forma del mismo, ya que existe una relación directa con la empinada pendiente del predio y la forma escalonada del edificación que parece colocada y esculpida de la misma tierra del lugar, afirmación que de cierta manera es verdadera, esta forma abstracta y artificial se une completamente al paisaje y forma parte de el por los materiales utilizados, ya que hasta cierto grado el capricho rustico y natural que se quiso generar en el proyecto compagina perfectamente con el entorno. Además los grandes ventanales le dan una gran importancia a las visuales y la función de la vivienda trata de establecer una vinculación directa con el exterior. Todo esto también para aprovechar las vistas al valle como forma de integración de la vivienda y usuarios con su entorno.

Ventilación.- Regida por los vientos predominantes en el sector que van hacia el noreste, el arquitecto Rauch tuvo esto en cuenta en el proceso de diseño. Podemos observar que la ventilación se realiza de manera cruzada y directa sobre los puntos de interés como en los dormitorios y en los espacios principales, esta ventilación es controlada por las grandes ventanas ubicadas en las cuatro fachadas



(Fig. 92)

Fig. 92 Esquema de comportamiento de la ventilación y vientos del edificio. Elaboración propia.

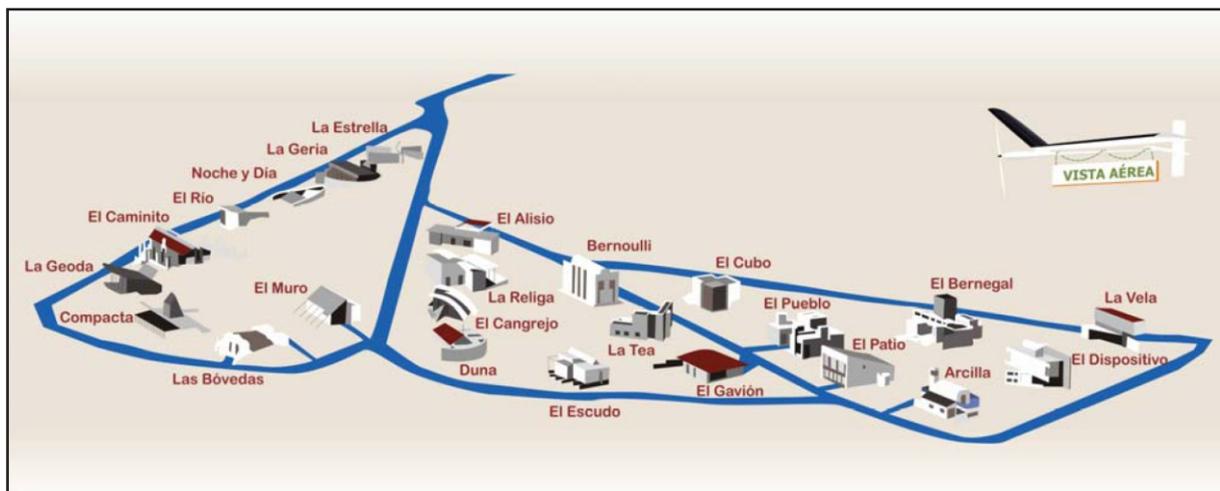
de la vivienda, pero se dio una mayor importancia a las orientaciones norte, sur y este ya que son las principales corrientes que garantizan el control de la ventilación y la renovación de aire en la vivienda (Frey, 2008).

Agua.- Esta vivienda consta de un sistema de calentamiento de agua solar o termo tanque, que se encuentra en la parte posterior de la vivienda ubicada en la cubierta, con dirección suroeste para recabar la mayor cantidad de horas de sol, esta forma pasiva de calentar el agua está apoyada en un sistema eléctrico de respaldo en el caso de días donde la radiación o exposición solar sea menor, este sistema pasivo funciona para los baños de la vivienda, y es otro punto a rescatar en el concepto de estrategias y preocupación ecológica que se proponen en este proyecto de vivienda.

4.2. Vivienda El muro en Tenerife – España

4.2.1. Ubicación y Concepto

Esta vivienda bioclimática se encuentra ubicada en Granadilla, Tenerife, España, que se encuentra a una altitud de 640 m.s.n.m., de clima templado arido, posee una temperatura media anual de 21.3°C que en verano puede alcanzar una temperatura de hasta 28°C y en invierno descender hasta los 10°C. En esta temporada y debido a la humedad relativa la sensación térmica puede sentirse entre los 7°C, el promedio anual de lluvias es de 116mm. presentado pocas precipitaciones a lo largo del año.

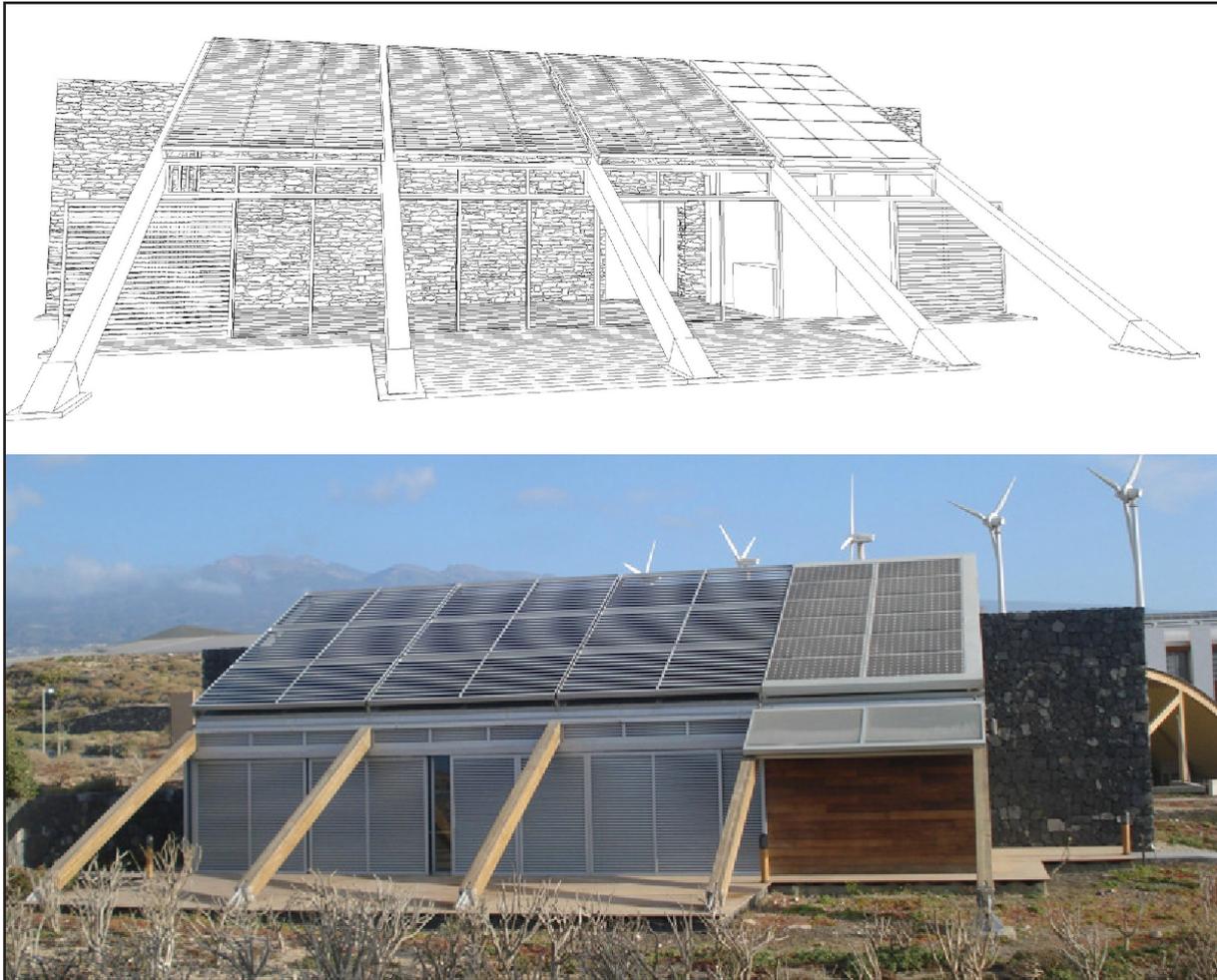


(Fig. 93)

Este proyecto fue promovido por el Instituto Tecnológico de Energías Renovables del Cabildo Insular en Tenerife, en el marco del concurso internacional realizado en la isla el año 1995, y fue realizado por el estudio del arquitecto José Luis Rodríguez Gil, con una superficie de 120 m² que tuvo un presupuesto de 108.182,18 €, este empezó desde la etapa de análisis y diseño el año 1995 y la conclusión del mismo fue en el año 2010, con la intención de crear una vivienda eficiente que generara pocas emisiones de CO₂ y la menor cantidad de residuos, esto a lo largo de la construcción, durante la vida útil del proyecto y en alguna futura demolición, no siendo esta un prototipo de altas prestaciones si no un proyecto que puede ser económicamente adquirible, que en la actualidad es alquilado a turistas que quieran conocer la experiencia de vivir en una casa de estas características.

Fig. 93 Esquema de Ubicación de Vivienda El muro en Tenerife España. Fuente: INTER, 1996.

Una de las ideas rectoras del proyecto fue la utilización de materiales del lugar como la piedra utilizada en la construcción de muro central que es el eje principal del proyecto, al igual de materiales certificados ambientalmente, que fueran de bajo mantenimiento. La vivienda tenía que ser autosuficiente en la generación y conservación de energía, es así que se utilizaron estrategias activas como pasivas para el diseño y la eficiencia de los recursos y consumos energéticos de la misma. Finalmente el proyecto debía constituirse para estar al alcance económico de viviendas estándar con la



(Fig. 94)

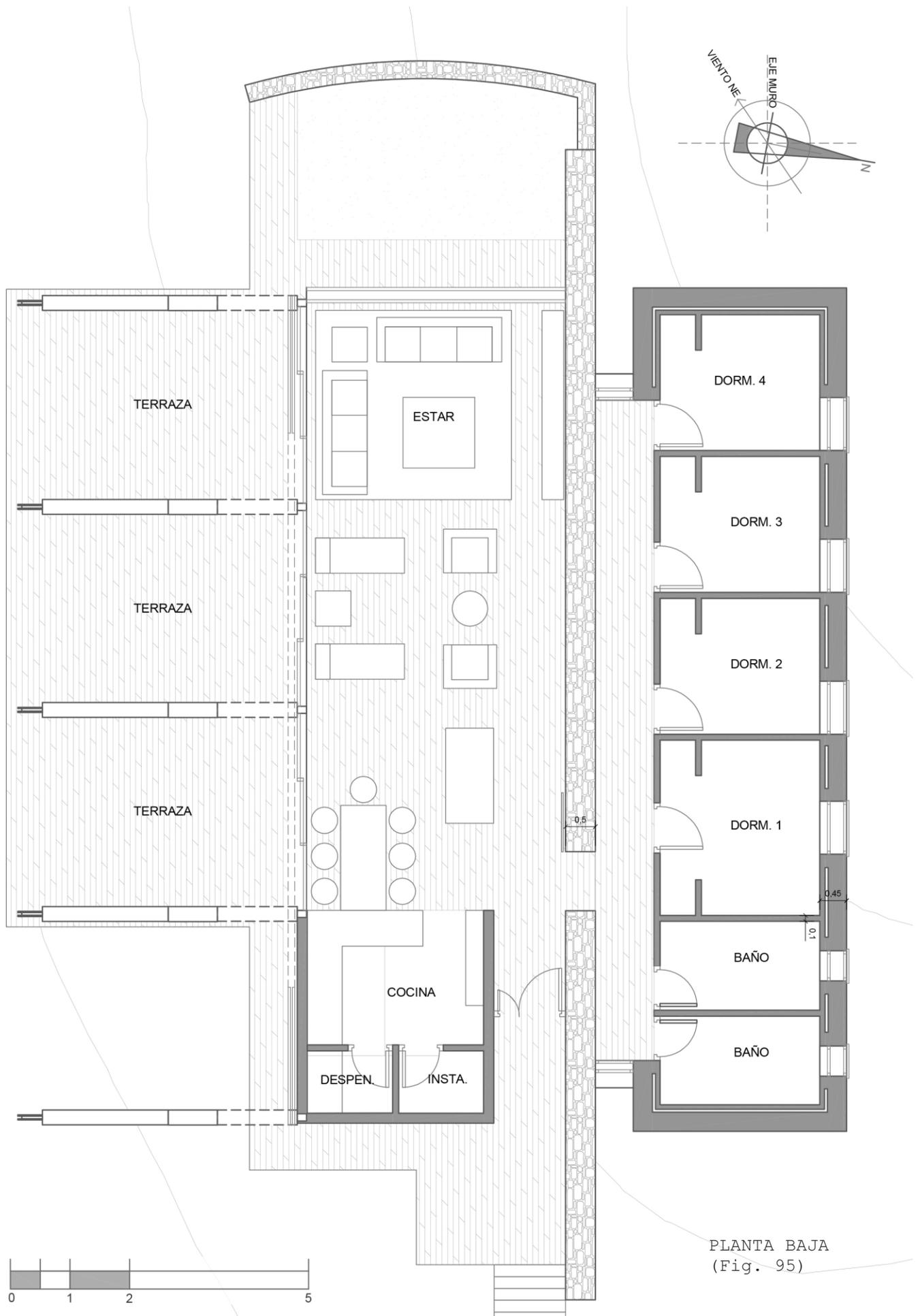
Fig. 94 Perspectiva y foto exterior casa El muro. Fuente: DE Rodríguez, 2011.

misma capacidad de ocupación, siendo el aspecto económico una de las consideraciones imprescindibles dentro de los requerimientos (INTER, 1996).

Debido a la importancia que tiene este proyecto que responde de manera real a las necesidades viables tanto económicos como ecológicas y sostenibles de una vivienda, que además por su correcto manejo en el uso de estrategias bioclimáticas pasivas y la implementación de técnicas activas correctamente utilizadas con buenas pretensiones, es que este proyecto tiene muchas características de aplicación y de concepto que serán de gran utilidad para poder entender parte de las estrategias que se desarrollan en este tema, y que podrían ser reinterpretadas y adaptadas al entorno al cual se pretende responder con este trabajo.

4.2.2. Descripción formal

En la forma de la vivienda podemos denotar con claridad el manejo de dos conceptos muy importantes que saltan a distinguir por su particular apariencia, uno de estos es claramente el gran muro de piedra volcánica negra que es el eje principal del proyecto y el otro en la cubierta con una inclinación de 29° que demarca la mitad de la edificación y sobresale de muro, estas formas antes de ser un mero capricho del proyectista, se encuentran



PLANTA BAJA
(Fig. 95)



(Fig. 96)

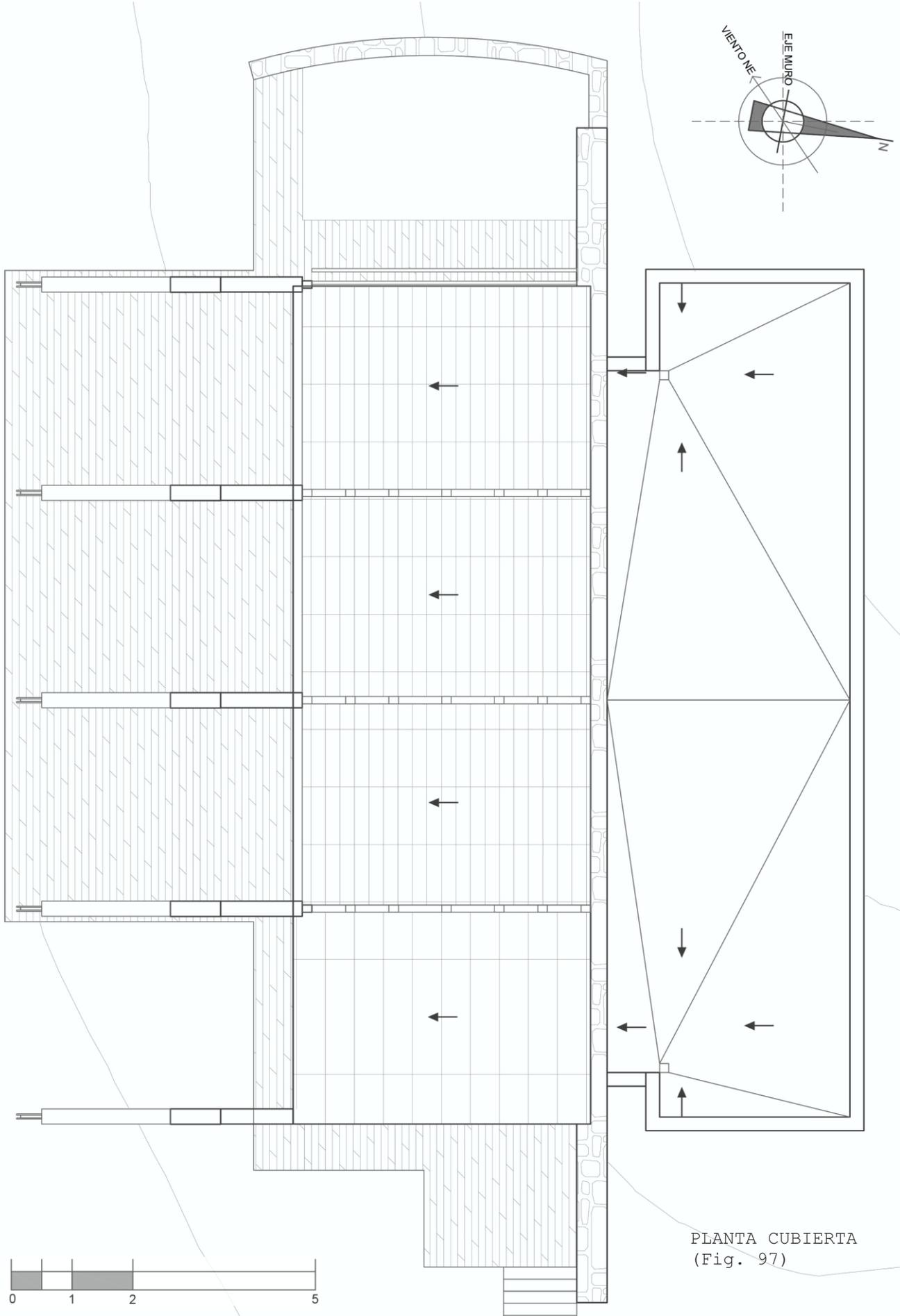
Fig. 95 Planta Baja casa El muro. Elaboración propia.

Fig. 96 Interior casa El muro. Fuente: DE Rodríguez, 2011.

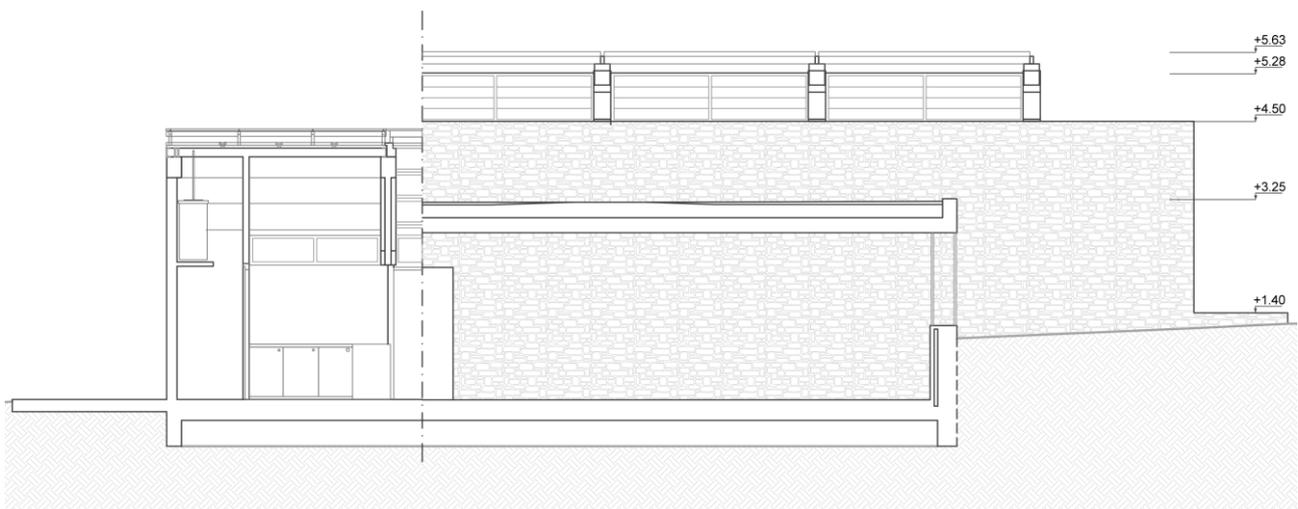
meticulosamente colocadas y orientadas para garantizar que las estrategias y sistemas pasivos y activos puedan trabajar de la manera más eficientemente posible, esta forma que con la pendiente busca el sur a lo largo de todo ese espacio no solo persigue la eficiencia energética, sino a su vez quiere establecer una relación con su entorno, la preexistencia y el paisaje convirtiendo esto en el centro del proyecto (DE Rodríguez, 2011).

Este proyecto consta de una sola planta donde se desarrolla todo el programa arquitectónico, donde el pesado muro de piedra basáltica es el eje principal del proyecto, delimitando las dos zonas principales, que son la zona de día que se encuentra en la parte sur del mismo y está conformado por un estar, comedor y cocina, este espacio se encuentra debajo de la cubierta inclinada la misma que esta determina por el control de la radiación solar que en la parte de la cocina es donde se integran los sistemas de energía fotovoltaica y de agua caliente, este espacio tiene una relación directa con la terraza exterior, que por sus cerramientos acristalados nos integran con el paisaje, por otro lado con ubicación norte respecto al muro central encontramos el área de noche, que consta de tres dormitorios, un dormitorio principal y dos baños, la razón de su ubicación es debido a que el principal captador de energía solar se encuentra en la parte sur que llegaría a ser la cubierta inclinada, esta se encarga de generar una ganancia indirecta de radiación hacia el muro principal que se calienta durante todo el día, es así que por las noches este se convierte en un calefactor natural por la acumulación de energía en la masa de mismo, que proporcionara una temperatura estable a lo largo de la noche para apoyar el confort dentro de la zona de noche, la conformación de este programa alcanza una área construida de 128.99 m² (INTER, 1996).

DATOS CASA EL MURO		
Sup. Construida	128,99	m ²
Sup. Útil	103,32	m ²
Sup. Vent. Norte	12,63	%
Sup. Vent. Sur	74,18	%
Sup. Vent. Este	11,72	%
Sup. Vent. Oeste	53,70	%



PLANTA CUBIERTA
(Fig. 97)



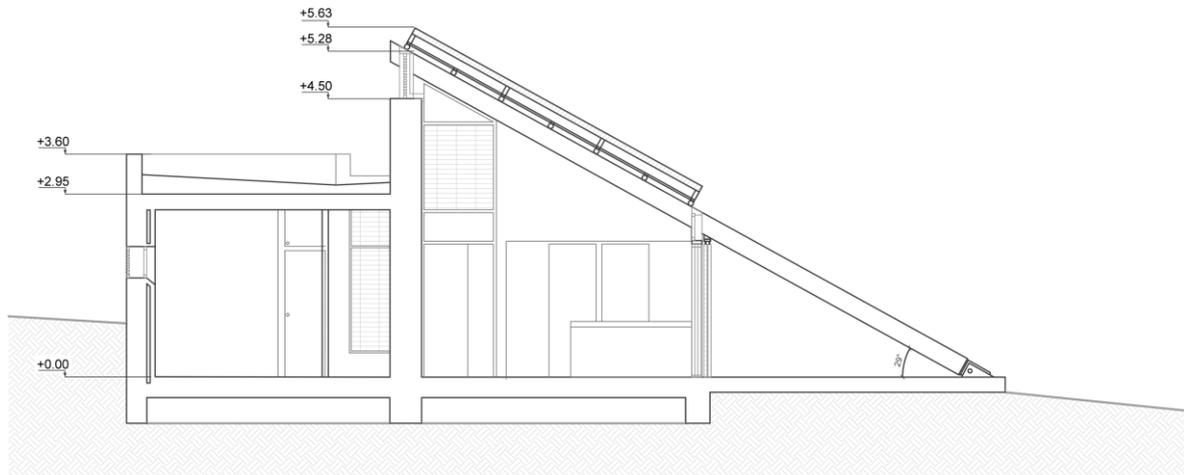
(Fig. 98)

Fig. 97 Planta Cubierta casa El muro. Elaboración propia.

Fig. 98 Alzado-Corte casa El muro, Elaboración propia. y fachada Norte. Fuente: INTER, 1996.

La cubierta principal tiene una estructura de madera que parte del suelo en la terraza y se apoya en el muro de piedra, está cubierta tiene un cerramiento acristalado que es acompañado por lamas regulables, las mismas que son controladas de manera manual y crean una protección y control térmico al interior de la vivienda, ya que en verano estas se mantienen cerradas y gracias a su protección de aluminio reflejan de manera efectiva los rayos del sol, en cambio en verano estas se abren durante el día y dejan pasar la radiación solar y por las noches se cierran ya que debido al aislamiento interior de las mismas protegen y disminuyen las pérdidas de calefacción al interior de la vivienda, por otro lado la cubierta de la zona de noche es un forjado de hormigón con poca pendiente debido a que por las pocas precipitaciones en el lugar no es necesario tener grandes inclinaciones, estas se encuentran detrás de un parapeto de baja altura que sirven para conservar la forma rectangular del volumen (AV, 2010).

En las fachadas podemos denotar como la inclinación de la cubierta que esta apoyada por una estructura de madera, demarca la intención y la preocupación de proyecto por buscar la orientación sur, que al ser toda esta superficie acristalada establece una relación con su entorno. Por



(Fig. 99)

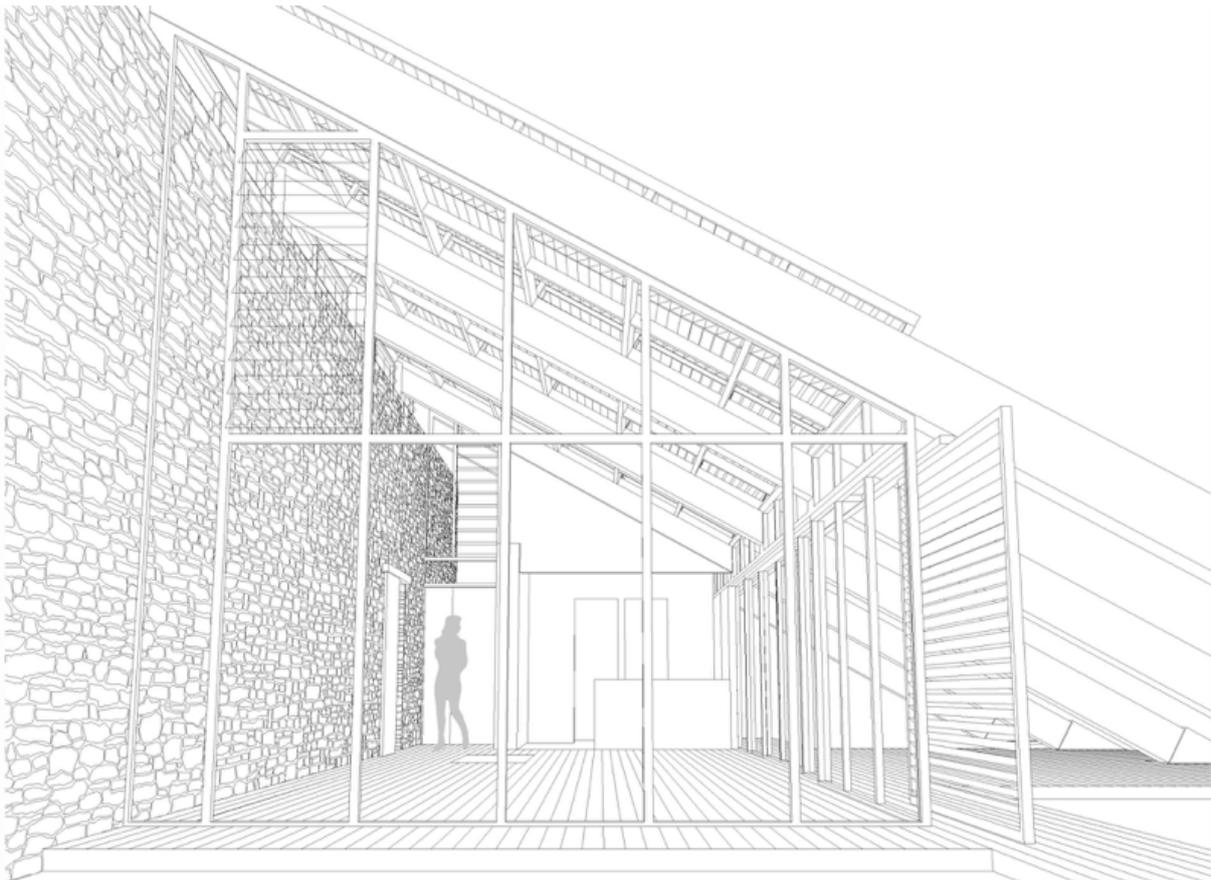
otra parte la utilización de lamas de protección ajustables tanto en cubierta como en los muros demuestran la preocupación por la protección y control del clima. Otro punto importante en la fachada es el gran muro de piedra negra que sobresale a la vista, ya que al ser un volumen tan llamativo se transforma en la directriz de proyecto y resalta su esbeltez, ya que sobre él se apoya una estructura translúcida bastante liviana, finalmente podemos ver como un volumen inferior aparece del lado norte de la construcción, es allí donde se encontraría el área de noche, conformado por un volumen rectangular que se encuentra ligeramente enterrado en el terreno, además la utilización de colores claros hacen que prestemos una mayor importancia al gran muro de piedra central. Finalmente en el sector de la cocina se utilizó paneles de madera teniendo un gran juego natural con los colores neutros utilizados, que además generan un gran aislamiento térmico en la edificación.

Fig. 99 Corte casa El muro. Elaboración propia.

4.2.3. Descripción constructiva

En la construcción de esta vivienda se pensó como punto de partida que los materiales que fuesen utilizados tuvieran y generaran un impacto casi cero en la producción de CO₂, esto fue uno de los requisitos del concurso, por lo cual se utiliza la piedra local de basalto además de un aislamiento de cubierta con pico volcánico. Por otra parte se utilizan materiales industriales certificados ambientalmente como la madera y se evita la utilización de elementos dañinos como el PVC, compuestos COV, pinturas y barnices sintéticos, entre otros (DE Rodríguez, 2011).

Es por estas razones que en la construcción del muro de basalto principal se utilizaron materiales locales que ayuden a reducir el impacto ambiental, además este muro siendo el principal colector y acumulador solar dentro de la vivienda con espesor de 50cm, pensado para distribuir el almacenamiento de radiación para la zona de día y por otro lado en verano sirviendo como protección. En la cubierta inclinada se utilizó una estructura de madera laminada con certificación ambiental para formar la



(Fig. 100)

Fig. 100 Perspectiva Interior casa El muro. Fuente: DE Rodríguez, 2011.

pendiente, esta inclinación que sucede en la zona de día está determinada por la radiación solar y su inclinación, donde se integra a esta estructura un doble acristalamiento con cámara de aire para potenciar el efecto invernadero al interior del espacio.

Además en la misma se colocan los paneles fotovoltaicos y de agua caliente buscando la mayor exposición a los rayos del sol dando como resultado la disminución de las emisiones de CO₂. En la misma estructura y sobre la parte acristalada se colocó un sistema de lamas orientables en aluminio, esto para garantizar la mayor protección solar cuando la vivienda así lo requiriese, apoyado al mismo y en el interior se coloca un sistema de persianas enrollables con aislante para garantizar una mayor protección y para generar una mejor inercia térmica al interior de la vivienda. En los cerramientos de la zona de día se utilizó una estructura metálica de acero galvanizado con vidrio doble reflectante con cámara de aire. A su vez posee lamas orientables al exterior para el control eficaz de la radiación solar (AV, 2010).

Por otra parte en los acabados se utilizan paneles de madera con aislante al interior para generar un mejor recubrimiento de los espacios que así lo requerían y para evitar infiltraciones y pérdidas de temperatura, la misma que posee una certificación ambiental en su producción y reciclaje, en la zona de día se utilizó para el acabado del piso madera laminada que ayuden a mejorar las condiciones al interior debido a que este material posee una excelente protección e inercia térmica, que trabajan



(Fig. 101)

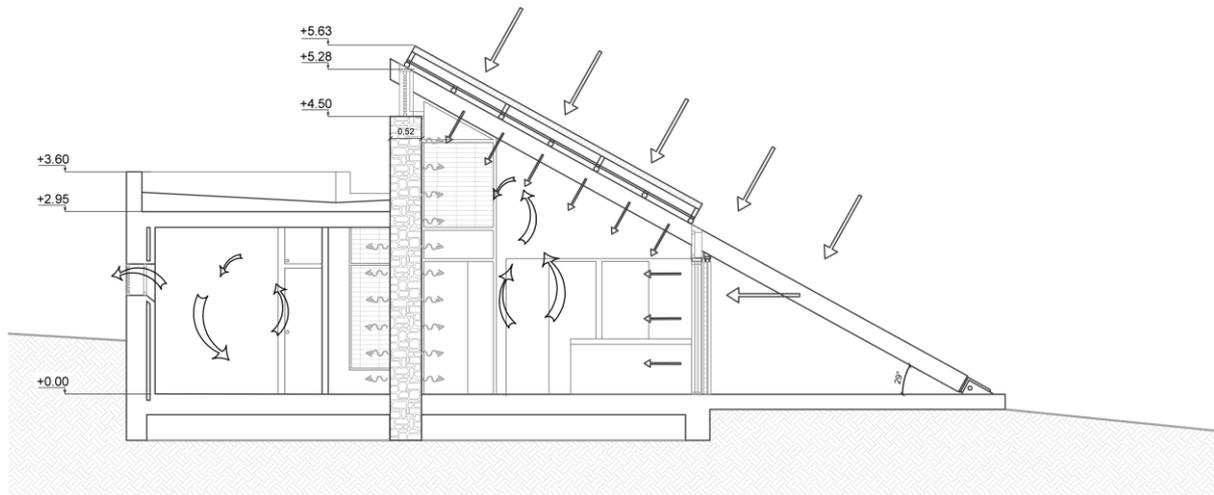
como colectores por ganancia indirecta de calor, así mismo los muros de la zona de noche orientados al exterior son portantes también de un gran espesor de 40cm., que poseen un cámara interior rellena con aislante térmico de lana de roca, esto para garantizar un volumen con pocas pérdidas de energía, esta estructura compacta no genera puentes térmicos ni infiltraciones al interior, la carpintería de las ventanas es de aluminio con rotura de puente térmico, con doble vidrio y cámara de aire, de altas prestaciones con el fin de reducir en mayor medida las infiltraciones en las mismas, finalmente la cubierta de la zona de día fue fabricada de hormigón armado con poca pendiente esto debido a las pocas precipitaciones que se dan en la zona, esta estructura al interior también tiene un tratamiento con aislantes térmicos de lana de roca con placas de yeso y al exterior un recubrimiento asfáltico contra infiltraciones meteorológicas (INTER, 1996).

Fig. 101 Fotografías fachada y muro de piedra basáltica de casa El muro. Fuente: DE Rodríguez, 2011.

4.2.4. Aprovechamiento medio ambiental y estrategias bioclimáticas

Materiales y calentamiento.- Los materiales utilizados en este proyecto, en su mayoría son locales como la piedra, mampostería de ladrillo, hormigones, revestimientos, aislamiento de la cubierta utilizando picón volcánico etc., como también se utilizó materiales industriales certificados ambientalmente en especial la madera y dejando de lado elementos dañinos como el PVC, compuestos COV, pinturas y barnices sintéticos, esto con el fin de reducir las emisiones de CO₂ y los impactos a corto y medio plazo, además la intención de estos es la de reducir la emisiones de CO₂ durante a la vida útil del proyecto, también se implementaron sistemas activos reduciendo el gasto económico de las personas llegando a ser una vivienda energéticamente autosustentable (DE Rodríguez, 2011).

El Muro de basalto de 50cm. de espesor con una altura de casi 5 metros, tiene la principal función de servir como un recolector solar natural gracias a la ganancia indirecta de calor que le proporciona el acristalamiento



(Fig. 102)

Fig. 102 Esquema de la cubierta. Este muro tiene grandes atributos de comportamiento térmico natural, ya que la piedra es un acumulador de energía que tiene muy buena inercia térmica lo que garantiza que esta energía pueda ser transmitida después de muchas horas. Además al ser esta piedra de color negro magnifica sus propiedades de absorción térmica, el muro de mampostería se convierte en el calentador natural dentro de vivienda dándonos un gran ejemplo del manejo de arquitectura bioclimática y técnicas pasivas en su aplicación, que llegan a ser un atractivo formal del proyecto.

Este muro tiene grandes atributos de comportamiento térmico natural, ya que la piedra es un acumulador de energía que tiene muy buena inercia térmica lo que garantiza que esta energía pueda ser transmitida después de muchas horas. Además al ser esta piedra de color negro magnifica sus propiedades de absorción térmica, el muro de mampostería se convierte en el calentador natural dentro de vivienda dándonos un gran ejemplo del manejo de arquitectura bioclimática y técnicas pasivas en su aplicación, que llegan a ser un atractivo formal del proyecto.

La cubierta inclinada se encuentra en la zona de día y esta se transforma en otra pieza clave dentro de la vivienda en relación al control del calentamiento y aprovechamiento energético, ya que esta produce el efecto invernadero al interior de la misma. Cuenta con una inclinación de 29° con dirección hacia el sur y abarca todo el largo de la construcción con una superficie de 60m^2 , esta inclinación y superficie está pensada para captar los rayos del sol de manera mucho más perpendicular lo que produce es que exista una mayor exposición con los rayos del sol, además posee una estructura de madera de lamina ligera con un cerramiento acristalado doble con cámara de aire, lo que produce que atrape de manera más eficiente la radiación solar al interior y no deje escapar el calor al igual que funcionan los invernaderos, esta técnica de ganancia aislada tiene una estrecha relación con el muro de piedra ya que garantiza que el mismo pueda calentarse y atrape el calor por mucho más tiempo, es así que esta posee un sistema de ventanas para evitar los sobrecalentamientos al interior liberando el aire caliente y reanudando la ventilación al interior. En este sentido también se pensó en la protección solar instalando lamas regulables de protección en el exterior de la cubierta, las mismas se encargan de contrarrestar el exceso de radiación solar gracias a su variabilidad angular y reflejar los rayos del sol por su capa de aluminio, proporcionando sombras al interior de la vivienda estas a su vez tienen un apoyo de persianas enrollables con aislante para evitar excesos de calefacción y protección solar (AV, 2010).



(Fig. 103)

En la misma cubierta podemos encontrar el sistema fotovoltaico que se encuentra ubicado sobre la zona de la cocina al igual que el sistema de agua caliente, estos sistemas le proporcionan a la vivienda una autonomía energética de costo cero y sin emisiones de CO2 obteniendo una mayor autonomía energética de fuentes externas; orientadas con la misma inclinación de la cubierta buscan la mayor exposición solar posible y hacen posible que la casa pueda funcionar de manera autónoma. La energía fotovoltaica es almacenada y genera suficiente energía para las instalaciones como para la luminaria exterior llegando a tener un superávit en el consumo, esto debido a la gran cantidad de horas de sol en la zona, de la misma manera los calentadores de agua solares le proporcionan un abastecimiento regular a los baños y cocina de la vivienda gracias a un termo tanque de almacenamiento que es parte del sistema.

Los cerramientos hacia el norte tienen un espesor de 45cm., cuentan con una cámara rellena de aislante térmico y su principal función es la de proteger a la vivienda de pérdidas de calor y contrarrestar los vientos predominantes, a su vez generan una gran inercia térmica al interior, ya que los mismos son una estructura continua y sólida sin puentes térmicos, construidas de mampostería de ladrillo y hormigón. Las ventanas es otro punto donde se tuvo especial cuidado ya que estas son de carpintería de aluminio con marco en doble vidrio con cámara de aire de altas prestaciones, que se encuentran estratégicamente ubicados y son de dimensiones reducidas, todo esto con el fin de obtener un mayor control de las infiltraciones de aire y pérdida de calefacción y controlar la ventilación (INTER, 1996).

Fig. 103 Fotografías fachada Este de casa El muro. Fuente: DE Rodríguez, 2011.



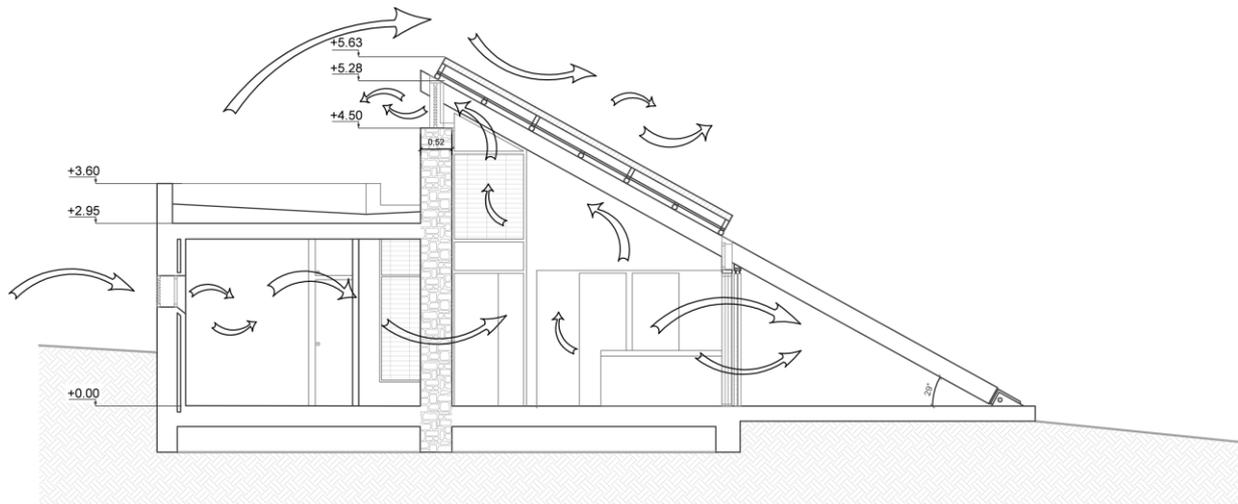
(Fig. 104)

Fig. 104 Fotografías fachada y paneles fotovoltaicos con sistema solar de agua caliente de casa El muro. Fuente: AV, 2010.

Es con el correcto diseño, la aplicación de conceptos y técnicas bioclimáticas casi siguiendo un manual y el manejo de los materiales que se pudo lograr una casa que respondiera al objetivo de reducir la huella de carbono, además de conseguir una forma bastante sólida que con su materialidad da muestra de una sencillez y coherencia en su conjunto.

Aislamiento.- Para poder generar el uso eficiente de los sistemas pasivos de calefacción al interior de la vivienda, esta cuenta con materiales que le permiten generar un gran aislamiento térmico; es el caso de los aislamientos de lana de roca y otros que tengan certificación ambiental como en las persianas, muros y cielos. No obstante los cerramientos acristalados al igual que la cubierta están desarrollados para generar un gran aislamiento y evitar pérdidas de calefacción al interior de la vivienda o caso contrario de las infiltraciones de aire exterior, esto por la gran calidad de los acabados de los mismos por la rotura de puentes térmicos. Finalmente la estructura sólida y compacta de la zona de noche y sus muros gruesos son una forma más de constituir un aislante contra las inclemencias climáticas.

Geometría.- Esta no tiene otro particular motivo que aprovechar de la manera más eficientemente posible las condiciones climáticas de la zona utilizando estrategias pasivas para ello. El muro de basalto es el eje director del proyecto que por su gran magnitud y altura resalta en la edificación. Este muro tiene dirección este oeste con su plano orientado hacia el sur, siendo este el colector solar de ganancia indirecta de calor y separador de los espacios de la vivienda, la cubierta principal de la vivienda de estructura de madera laminada y cerramientos acristalados tiene una inclinación de 29° , con dirección sur, busca a modo de efecto invernadero generar una ganancia directa de calor, esta forma que sobresale al muro posee un espacio interior bastante alto donde la estructura es bastante liviana y transparente, por otra parte la zona de noche se encuentra semi enterrada en la montaña rocosa, tratando de estar protegida de los



(Fig. 105)

fuerentes vientos siendo un volumen menor, dando un grado intimidad, donde se encuentran ventanas pequeñas pensadas también con este motivo, por último se crea un espacio exterior de terraza que acompaña a la zona de día, una plataforma realizada en madera que une los espacios de manera mucho más estrecha (AV, 2010).

Fig. 105 Esquema comportamiento de la ventilación y vientos del edificio. Elaboración propia.

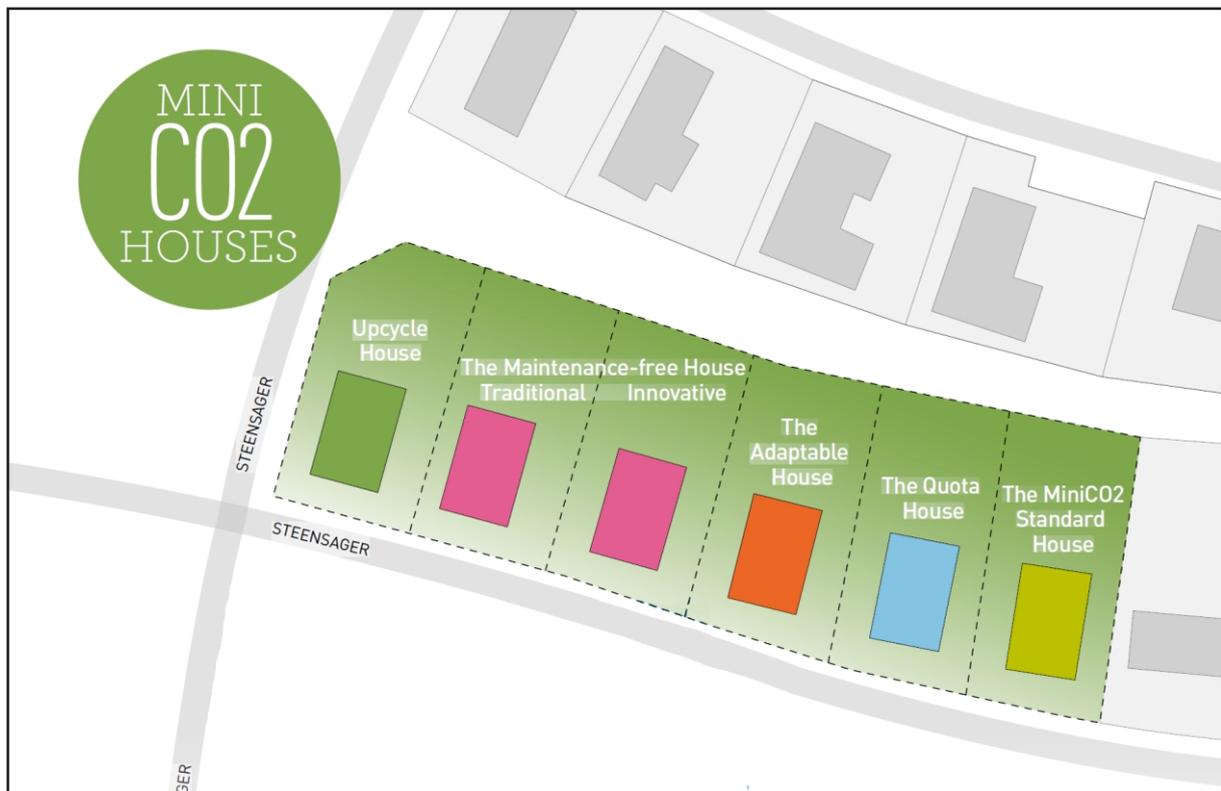
Integración. - La vivienda tiene una relación muy estrecha con su contexto natural debido a la utilización de materiales locales para sus acabados, de la misma manera esta vivienda busca establecer una relación del usuario con la naturaleza, siendo así que la zona de día es un espacio relacionador donde predomina el paisaje y se pueda sentir los rayos del sol y el viento de manera natural pero que a su vez se encuentra protegido de estas, donde el muro se sitúa en una especie de filtro entre la intimidad (zona de noche) y el exterior (zona de día). Esta es una dualidad que se expresa en términos conceptuales, espaciales, materiales y constructivos con una desmaterialización y ausencia de límites que por otro lado crean la concepción de un espacio mucho más personal e íntimo como lo es la zona de noche, los volúmenes y la forma del mismo no buscan ser pretenciosas, simplemente tratan de buscar la manera más efectiva de ajustarse a sus condiciones climáticas para generar el mayor confort a coste cero de CO₂ (DE Rodríguez, 2011).

Ventilación. - Está totalmente controlada y diseñada para trabajar con los vientos predominantes que van al Noroeste, es así que la vivienda se protege de esta con fuertes muros en la zona de noche, donde existen ventanas de dimensiones reducidas ubicadas en puntos estratégicos para canalizar la ventilación hacia el interior de la vivienda, las mismas generan una corriente de aire de manera cruzada para evitar sobrecalentamientos y enfriando el muro de piedra cuando esto es necesario. Esta ventilación pasa a la zona de día donde con la ayuda de ventanas colocadas en la unión del muro y la estructura de la cubierta logra evacuar de manera efectiva los aires viciados o excesos de temperatura a modo de una chimenea de aire caliente, esta a su vez se apoya en los grandes ventanales corredizos de los cerramientos de la zona de día creando una corriente continua y natural.

4.3. Mini CO2 Husene - Dinamarca

4.3.1. Ubicación y Concepto

El proyecto de viviendas mini CO2 Husene se encuentra ubicado en Nyborg, una ciudad situada en el centro Dinamarca en la isla de Fionia, siendo esta la capital y mayor localidad del municipio de Nyborg, se encuentra en un altitud aproximada de 7 m.s.n.m., que presenta un clima frío debido a su cercanía con el mar del norte, en donde el mes más caluroso del año tiene un promedio de 16.4 °C en agosto, mientras que el mes más frío del año es de -4 °C en el medio de febrero teniendo una temperatura anual media de cerca de los 10°C , el mes más seco es en febrero, con 33 mm., mientras que la caída media se da el mes de noviembre con 62 mm, con caída de nieve que se produce en la temporada de invierno, este clima particularmente frío determina algunos de los conceptos que se tomó en cuenta en el diseño, que presenta algunas particularidades que se asemejan a nuestro caso de estudio.



(Fig. 106)

Fig. 106 Esquema de Ubicación de Viviendas Mini CO2 Husene - Dinamarca. Fuente: Kleis, 2014.

Este proyecto se han construido entre el 2013 al 2014 logrando edificar seis casas unifamiliares individualmente diferentes, gracias al apoyo de la fundación filantrópica Realdania. El objetivo del proyecto de Realdania fue el desarrollar viviendas asequibles y sostenibles con una baja huella de CO2. El impulso ha sido demostrar cinco maneras extremas para reducir la huella de CO2 en cinco casas diferentes, como base para el desarrollo de la sexta casa, una casa estándar Mini CO2 unifamiliar, combinando todas las lecciones aprendidas, esta estrategia resuelve un reto triple que se impuso desde el comienzo en los objetivos



(Fig. 107)

del emprendimiento, en la conformación de una casa que reduce la huella de carbono en un 45%, frente a una casa estándar tradicional, que ofrece una serie de añadidos cualidades arquitectónicas, tecnológicas y la mejora de la calidad de vida y que está disponible para los clientes a un precio que se ajuste al estándar de las casas tradicionales que ya están en el mercado (Kleis, 2014).

Fig. 107 Fotografía del conjunto de Viviendas Mini CO2 Husene - Dinamarca. Fuente: Kleis, 2014.

Las casas MiniCO2 se encuentran alrededor de los 140 m², estas se enumeran en una economía normal, por lo que las familias comunes podían adquirirlas, y no menos importante, tienen en común que todos ellos tratan de reducir la huella de CO2 de las viviendas, mientras se diferencian unas de otras por hacerlo de diferentes maneras. Una casa emite CO2 durante su vida útil. En otras palabras, el CO2 se emite cuando una casa se está construyendo ya que los materiales requieren de energía para producirse y transportarse, asimismo se emite CO2 siempre y cuando la casa se encuentra en funcionamiento, ya que los residentes usan agua, el calor y la electricidad, incluso cuando se mantiene la casa, o si se reconstruye, es que cuesta y causa CO2. Y finalmente afecta el balance de CO2 cuando una casa debe ser demolida y sus materiales desechados y transportados. Las emisiones de CO2 son, por supuesto, otra de las principales causas del cambio climático, donde la construcción en Dinamarca representa alrededor 40% de las emisiones totales de CO2 del país, hay una buena razón para mirar lo que se puede hacer para reducir las emisiones de CO2 en los edificios (Kleis y AA.W., 2014).

Para este reto cada casa desarrolla de manera muy diferente estrategias pero sobre todo con la aplicación de distintos sistemas constructivos, materiales y tecnología, a la vez que se preocupan por tener una

MINI
CO₂
HOUSES



THE UPCYCLE HOUSE



THE TRADITIONAL MAINTENANCEFREE HOUSE



THE INNOVATIVE MAINTENANCEFREE HOUSE



THE ADAPTABLE HOUSE



THE QUOTA HOUSE



THE MINICO2 STANDARD HOUSE

(Fig. 108)

coherencia y factibilidad en los costos para lograr el máximo rendimiento de las viviendas, es así que las mismas también se apoyaran en estrategias bioclimáticas como punto de partida para garantizar su eficiencia, como también de técnicas activas razonables que no incrementen su complejidad o costo, de esta manera podemos mencionar las casas propuestas:

Fig. 108 Fotografía del conjunto de Viviendas Mini CO2 Husene - Dinamarca. Fuente: Kleis, 2014.

THE UPCYCLE HOUSE (casa Reciclada). Esta casa trata de probar que es posible la reducción de las huellas de CO2 utilizando para ello material reciclado o Upcycle esto quiere decir que un material desechado al reciclarse puede tener igual o mayor valor al original después de un cierto proceso, además de esto utiliza materiales que se puedan reciclar en el futuro.

THE TRADITIONAL MAINTENANCEFREE HOUSE (Casa Tradicional sin mantenimiento). Esta casa apuesta por lograr la reducción de CO2 mediante la construcción con materiales de bajo mantenimiento, la finalidad de esta es rescatar los valores tradicionales y la durabilidad del conjunto.

THE INNOVATIVE MAINTENANCEFREE HOUSE (Casa innovadora sin mantenimiento). Esta reinterpreta las formas tradicionales y da un paso más ya que utiliza otro tipo de materiales que también son de alta resistencia para brindar una innovación en su conjunto.

THE ADAPTABLE HOUSE (Casa Adaptable). Esta casa basa su diseño con el concepto de que la casa siempre está en constante cambio, ampliación o remodelación y debe ser flexible en su construcción y modulación tanto al interior como al exterior, para de esta manera reducir las emisiones a lo largo de su vida útil y prolongar su uso en el tiempo, a la vez de utilizar materiales de bajo costo energético.

THE QUOTA HOUSE (Casa Cuota). La casa anima a los residentes a un comportamiento razonable en términos de emisión de CO2. En parte por su diseño y la tecnología inherente, y ofreciendo a los residentes a establecer un límite para la cantidad de CO2 que pueden emitir en el día a día, que todos los meses es controlado y monitorizado por un sistema domótico.

THE MINICO2 STANDARD HOUSE (Casa Estándar MINICO2). Esta casa reúne la experiencia y los resultados de todas las casas anteriores, que sostiene y engloba los diferentes conceptos utilizados de sostenibilidad y la aplicación de las diferentes técnicas implementadas; representa un ejemplo comercial de un casa que se puede construir en grandes cantidades en todo el país, reduciendo así las emisiones de carbono a gran escala. El resultado es una casa compacta y funcional, con la envolvente más pequeña posible del edificio en relación con el volumen, lo cual es importante porque sobre él se tiene un impacto significativo en el nivel global de las emisiones de carbono generadas por la calefacción de hogares, en donde con las estrategias bioclimáticas aplicadas se logran plasmar, con el fin de tener una huella de CO2 mínima y que a su vez obtiene un amplio atractivo arquitectónico (Kleis, 2014).



PLANTA BAJA
(Fig. 109)



(Fig. 110)

De esta manera y para el marco de la presente investigación se analizará a mayor profundidad el resultado conjunto de las experiencias de este emprendimiento que es "la casa estándar", por las similitudes climáticas de temperaturas bajas de su emplazamiento y concepción, y por otro lado, ya que la misma engloba todas las experiencias anteriores de este emprendimiento, por la calidad tecnológica, arquitectónica y la aplicación de técnicas relevantes en el tema. Además es económicamente viable y puede construirse masivamente lo cual prevé ayudar a la población a mejorar su calidad de vida y a reducir la producción de CO₂ y tener un alcance ecológico importante.

4.3.2. Descripción formal

La planta de la vivienda es más o menos cuadrada de 157 m² de superficie de una sola planta, organizada en tres módulos entre las zonas sociales o de día, zona de noche y espacios flexibles. Esta vivienda cuenta con sala de estar, cocina, comedor, dos cuartos de baño y cuatro dormitorios, además lavadero, trastero y un armario. La casa tiene un diseño flexible y con capacidad para tres o cuatro habitaciones, dependiendo de las necesidades de la familia. Dos de las habitaciones están separadas entre sí por una pared del gabinete móvil, lo que permite al espacio que se pueda dividir en dos habitaciones del mismo tamaño o uno más grande y otro cuarto más pequeño o incluso una habitación muy grande.

La flexibilidad también es una palabra clave en el área de la cocina ya que gracias a dos puertas correderas, la cocina se puede separar ya sea desde las salas de estar al cocinar o integrarse en ellas, formando un gran espacio

Fig. 109 Planta Baja Casa Estándar MINICO₂, Elaboración propia.

Fig. 110 Interior Casa Estándar MINICO₂. Fuente: Kleis y AA.W., 2014.

DATOS CASA MINICO ₂	
Sup. Construida	160,06 m ²
Sup. Útil	130,00 m ²
Sup. Vent. Norte	10,49 %
Sup. Vent. Sur	44,92 %
Sup. Vent. Este	9,93 %
Sup. Vent. Oeste	17,46 %



(Fig. 111)

Fig. 111 Interior Casa Estándar MINICO2. Fuente: Kleis y AA.W., 2014.

cuando la familia está en casa o de entretenimiento. De la misma manera este espacio se conecta al sur oeste con un patio cubierto que se integra en el plan general del edificio. Este espacio puede formar parte de la sala de estar, mediante la ampliación del edificio y moviendo el elemento de ventana hacia el exterior teniendo en cuenta futuras ampliaciones y remodelaciones, además de este estar integrado con el exterior estableciendo una relación natural no afectando al concepto arquitectónico de la vivienda.



(Fig. 112)

La fachada juega otro papel importante en la casa ya que la misma se encuentra orientada para aprovechar la radiación solar como un medio de reducir la necesidad de iluminación artificial, mejorar la calefacción al interior y redirigir la ventilación natural de los vientos predominantes y permitir una ventilación cruzada al interior esto además sin perder su calidad arquitectónica.

En el techo sobre el área de la cocina se encuentra un entrada de luz cenital que consigue una iluminación y calefacción o ganancia directa al centro de la casa, que a su vez puede estar abierta en verano para evitar sobrecalentamientos al interior como una forma práctica de generar una ventilación mucho más eficiente. De la misma manera las puertas de vidrio que dan al jardín permiten que la luz del día pueda caer en el suelo. Las puertas de cristal también crean vistas a través de la casa, desde la entrada del jardín, concediendo al espacio central y resto de las habitaciones una relación más estrecha con el exterior (Kleis y AA.W., 2014).

Fig. 112 Alzados Sur y Oeste Casa Estándar MINICO2. Elaboración propia.

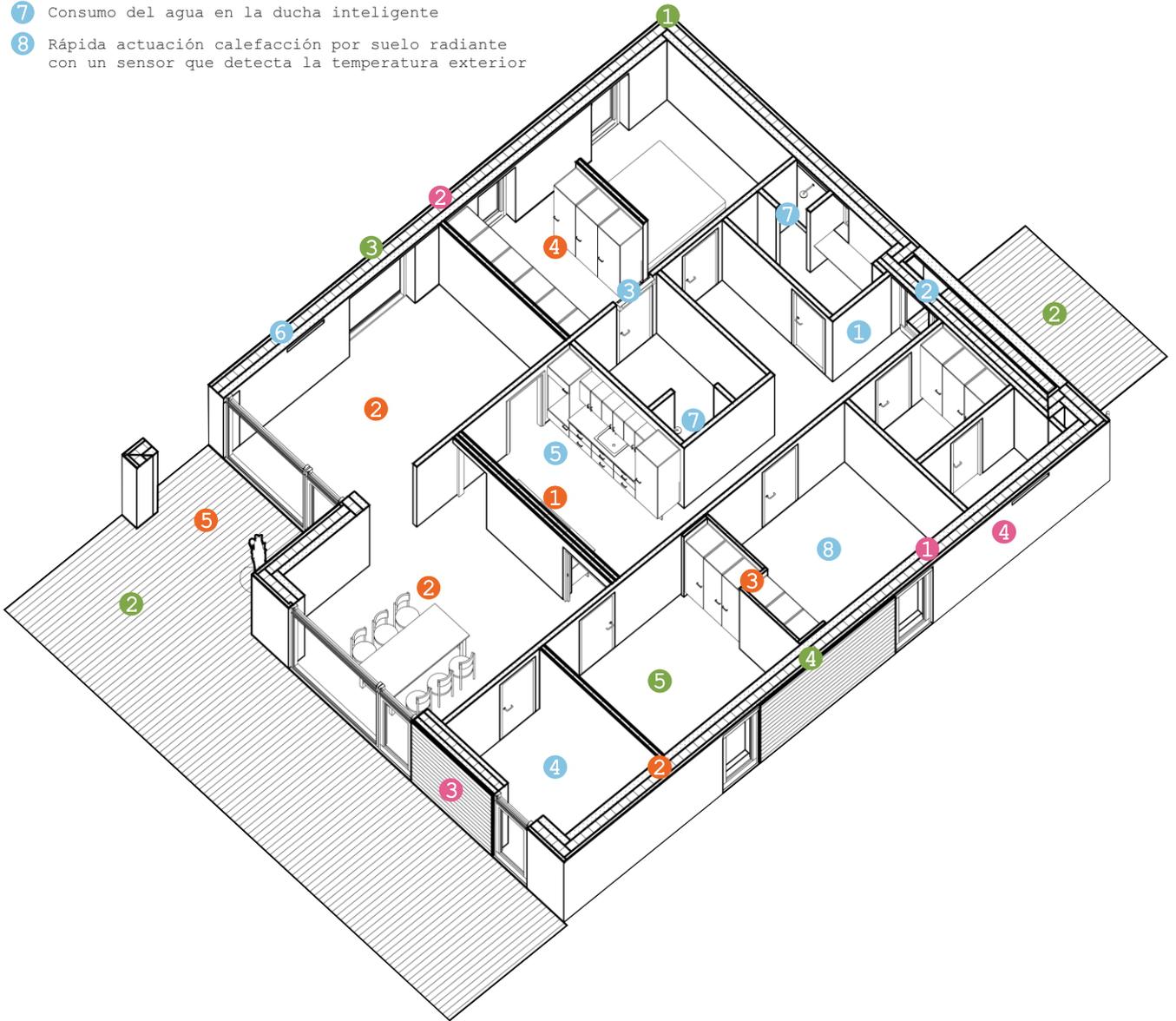
ELEMENTOS DE CINCO CASAS

THE QUOTA HOUSE

- 1 Tomas e interruptores inteligentes Zensehome
- 2 Entrada de luz de día reduce la necesidad de iluminación artificial
- 3 El vidrio de las puertas del cuarto de servicio y baño minimiza la necesidad de iluminación artificial
- 4 Oficina se pueden organizar como multimedia
- 5 Tragaluz con sensor de lluvia crea la ventilación natural
- 6 Ventilación micro-híbrida permite abrir ventanas según sea necesario
- 7 Consumo del agua en la ducha inteligente
- 8 Rápida actuación calefacción por suelo radiante con un sensor que detecta la temperatura exterior

THE UPCYCLE HOUSE

- 1 Laminas de lana aislante
- 2 Decking compuesto de plástico reciclado y madera
- 3 El exceso de hormigón celular aireado regresa a los fabricantes y es reciclado
- 4 Membrana reutilizable techo
- 5 Residuos de madera OSB en la estructura del piso



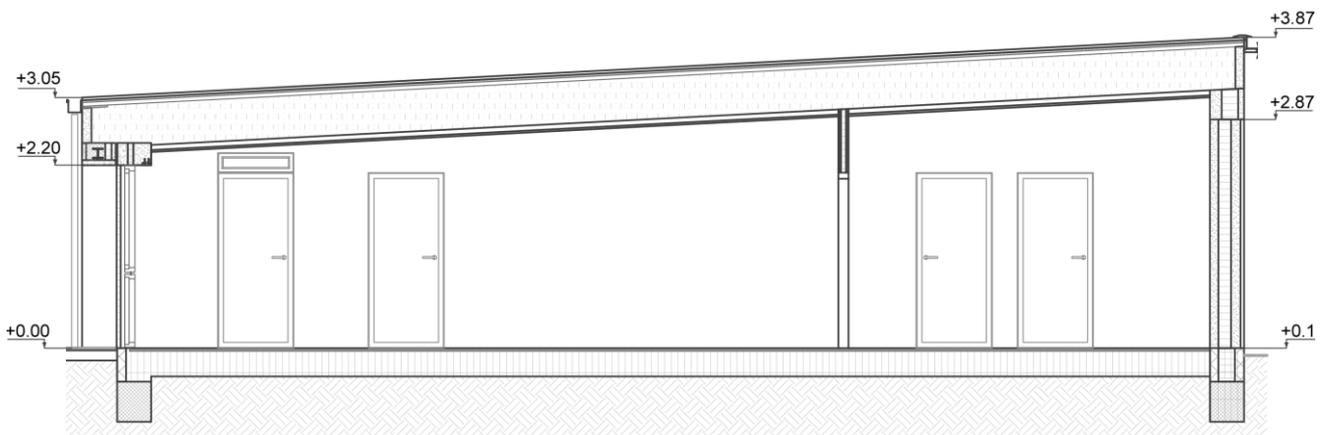
THE TRADITIONAL MAINTENANCEFREE HOUSE
THE INNOVATIVE MAINTENANCEFREE HOUSE

- 1 Bloques de pared homogéneos térmicos de la envolvente del edificio
- 2 Zinc de calidad se utiliza para voladizo bordes y canaletas
- 3 Fachadas ligeras de árbol Kebony con larga vida
- 4 Tratamiento superficial con pintura a base de silicona que repele la suciedad

THE ADAPTABLE HOUSE

- 1 Diseño flexible de la cocina con la opción para cerrar o abrir
- 2 Opción para cambiar la función de comedor y salón
- 3 Paredes del gabinete móvil entre habitaciones
- 4 Walk-in closet puede ser equipado con habitación extra
- 5 Terraza cubierta puede estar involucrado en zona residencial

(Fig. 113)



(Fig. 114)

4.3.3. Descripción constructiva

En la construcción de la vivienda se tomó en cuenta los conceptos anteriores en el desarrollo de los cerramientos obteniendo como resultado la utilización de bloques de hormigón celular que es un material que es producido exclusivamente a partir de materias primas naturales, se compone de agua, arena, cemento y aire en la cual se ha incorporado una serie de aditivos en el proceso de fabricación que provocan bolsas de aire en su interior con la finalidad de reducir la densidad y mejorar las propiedades como aislante térmico, de la misma manera en el interior de los bloques se utilizó una espuma aislante para mejorar así mucho más las prestaciones con el mínimo grosor, es así que los muros exteriores alcanzan un espesor de 40cm., incrementando la inercia térmica del interior, este muro se convierte en la estructura portante de la edificación que además es de bajo mantenimiento y gran durabilidad (Kleis, 2014).

Para la base de la construcción se utilizó un forjado hecho de hormigón celular en espuma de plástico en lugar de hormigón tradicional, esto también con el fin de reducir humedades al interior y pérdidas de calefacción, a su vez seguir con el concepto de una estructura continua con los muros y la cubierta.

La estructura del techo o cubierta fue realizada en hormigón celular, esto por sus propiedades térmicas además de ser un material liviano, el cual se encuentra aislado con lana de roca y forrado con tela asfáltica, en los acabados interiores se utilizó paneles de yeso, todo esto con la finalidad de tener una unión compacta con los cerramientos creando una estructura continua y sólida donde no existan infiltraciones o puentes térmicos. En los interiores de la misma se utilizó piso flotante de madera y azulejos. Las paredes interiores están terminadas en parte de bloques de hormigón celular visto y en parte de las paredes de enfoscado de yeso fino.

En la fachada se realizó un enfoscado de hormigón tradicional de color blanco, donde en lugares estratégicos de la vivienda se utilizó madera reciclada,

Fig. 113 Esquema de diferentes conceptos y elementos procedentes de las 5 casas anteriores, Reediación y traducción Elaboración propia.

Fig. 114 Corte Casa Estándar MINICO2. Elaboración propia.



(Fig. 115)

Fig. 115 Fotografías de detalles de la Casa Estándar MINIC02. Fuente: Kleis y AA.W., 2014.

esto para aumentar la radiación térmica de los muros al interior de la construcción, siendo este un punto tanto ornamental como bioclimático de la vivienda. La carpintería de ventanas y puertas al exterior es de aluminio con doble vidrio y cámara de aire estas con una media estándar modulada para garantizar una reducción en los costos (Kleis y AA.W., 2014).

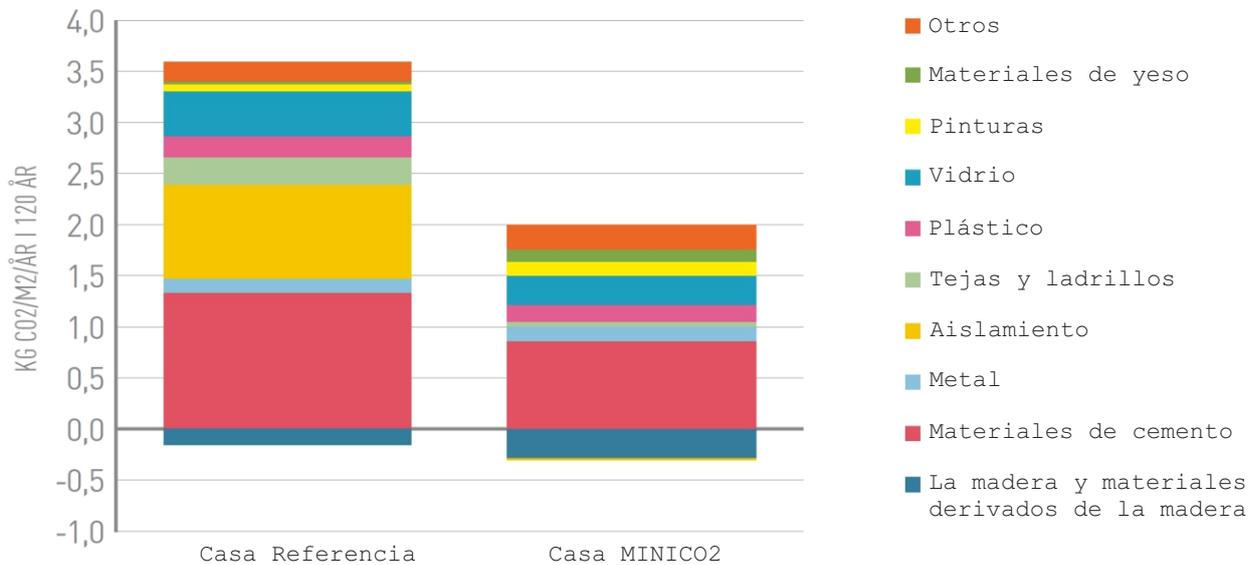
Es en la utilización de estos materiales además del sistema constructivo que se logra un equilibrio con la tradición de la construcción local además de la reducción de costos de los materiales y para alcanzar una gran durabilidad y bajo costo en mantenimiento, de la misma manera incrementar las características térmicas y aislantes dentro de la edificación, no comprometiendo la calidad de vida de los usuarios y reduciendo al máximo posible las huellas de carbono en el proceso. Por último creando una vivienda accesible para el ciudadano común con una casa de coste estándar y similar superficie.

4.3.4. Aprovechamiento medio ambiental y estrategias bioclimáticas

Materiales y calentamiento.- El principal material de construcción de esta vivienda y la base a su gran aislamiento térmico es la utilización de cerramientos contruidos con bloques de hormigón celular, al igual que

CASA CO2 PERFIL

Las emisiones de CO₂, respectivamente. Casa de referencia y Casa MINICO₂ repartidas en materiales

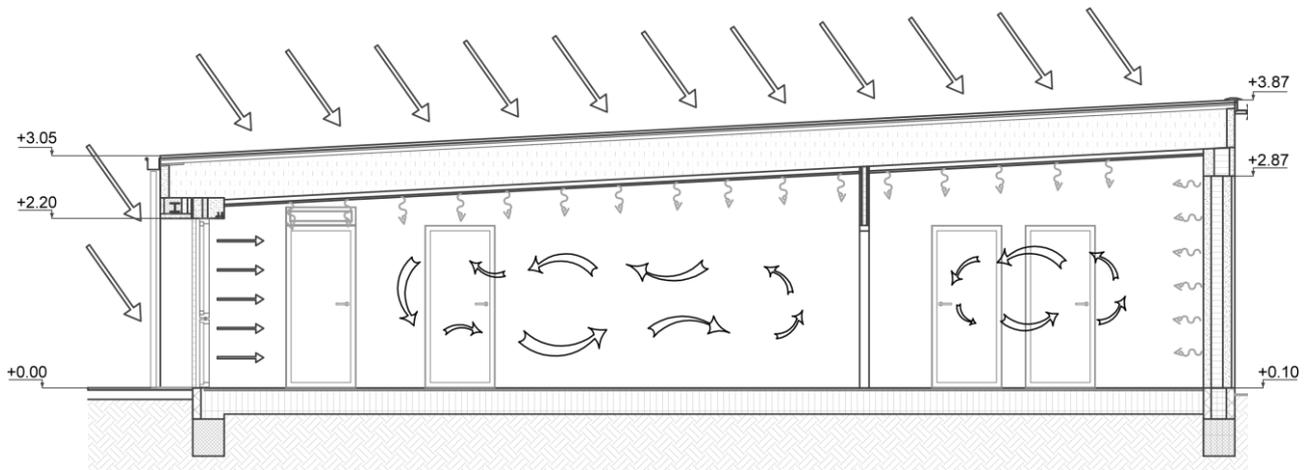


(Cuadro N°10)

en la construcción de la cubierta sencilla. Este material tiene grandes cualidades térmicas, ya que con la ayuda de aditivo genera aire en el interior del hormigón con la finalidad de reducir la densidad y mejorar las propiedad como aislante térmico, esta medida se apoya con la introducción de lana aislante en la cámara interior, para de esta manera conformar un cerramiento lo más compacto posible reduciendo grandes espesores y dándole una gran durabilidad y resistencia que genera un coste menor a los usuarios (Kleis, 2014).

C u a d r o N ° 1 0
Comparación casa referencia y MINICO₂, en la huella de carbono de los materiales utilizados, traducción propia. Fuente: Kleis y AA.W., 2014.

Para el calentamiento la vivienda presenta diferentes estrategias bioclimáticas para asegurar un correcto funcionamiento y permanecer dentro de los límites del confort térmico, es así que la vivienda se encuentra orientada para obtener la mayor radiación solar posible con una fachada principal que se ubica hacia el sur, en la cual existen grandes acristalamientos que generan un ganancia directa de radiación solar al interior, de la misma manera las ventanas de las diferentes habitaciones se encuentran orientadas a este y oeste para tener entradas de luz natural y permitir a estos ambientes una calefacción directa en el transcurso del día, es por esto que hacia norte se puede ver como se colocan los servicios y la entrada principal donde las ventanas son más reducidas esto para controlar las pérdidas de calor y el redireccionamiento de la ventilación natural cruzada. En la zona de día es donde aparece una apertura para la luz cenital lo que permite que la vivienda pueda atrapar los rayos del sol durante todo el día de manera directa y calentar las superficies interiores de madera para convertirlas en un acumulador solar pasivo capaz de transmitir y conservar la energía durante la noche y repartirla en el resto de los ambientes (Kleis y AA.W., 2014).



(Fig. 116)

Fig. 116 Esquema de comportamiento térmico del edificio. Elaboración propia.

La utilización de la madera en el exterior no es solo ornamental ya que la misma se encuentra ubicada en lugares estratégicos de la vivienda como en las habitaciones o en el muro de la zona de día, esta sirve a la vivienda como acumulador solar pasivo, ya que por las propiedades térmicas puede conservar el calor por mucho más tiempo y transmitirla a los muros en los que se apoya. En los acabados interiores se utiliza un piso madera flotante en una base de hormigón tratado con aditivos plásticos generando una superficie que pueda almacenar el calor por la ganancia indirecta de radiación, sirviendo estos de acumuladores solares al igual que los muros exteriores, a su vez los acabados claros y naturales le dan un cierto confort visual y psicológico al interior.

Finalmente las grandes vistas se abren desde los diferentes espacios de la vivienda, sean de los dormitorios o la sala de estar, juegan un papel importante en el confort psicológico de la misma, estas tratan de establecer una relación directa con la naturaleza y crear ambientes mucho más agradables con el paso de luz natural.

Aislamiento.- La mayor protección de aislamiento en la vivienda se genera a través de muros portantes fabricados con bloques de hormigón celular que tiene un relleno de aislante térmico al interior, la unión de estos materiales de bajo costo y excelente durabilidad fue la reducir al máximo el grosor de muros que son de 40cm., de la misma manera se trabajó en la cubierta y la base de la cimentación todo esto con el fin de crear una estructura uniforme compacta y continua, pareciéndose a una caja donde no existen infiltraciones en las uniones de los mismos y se evita al máximo los puentes térmicos, convirtiéndose esta en un gran aislante. En la carpintería de ventanas y puertas se utilizó aluminio con doble vidrio y cámara de aire que resuelve de manera eficaz las pérdidas o infiltraciones al interior.

Geometría.- Esta es bastante sencilla donde se juega con una forma en planta casi cuadrada que se encuentra bien orientada para captar la radiación solar y enfrenar los

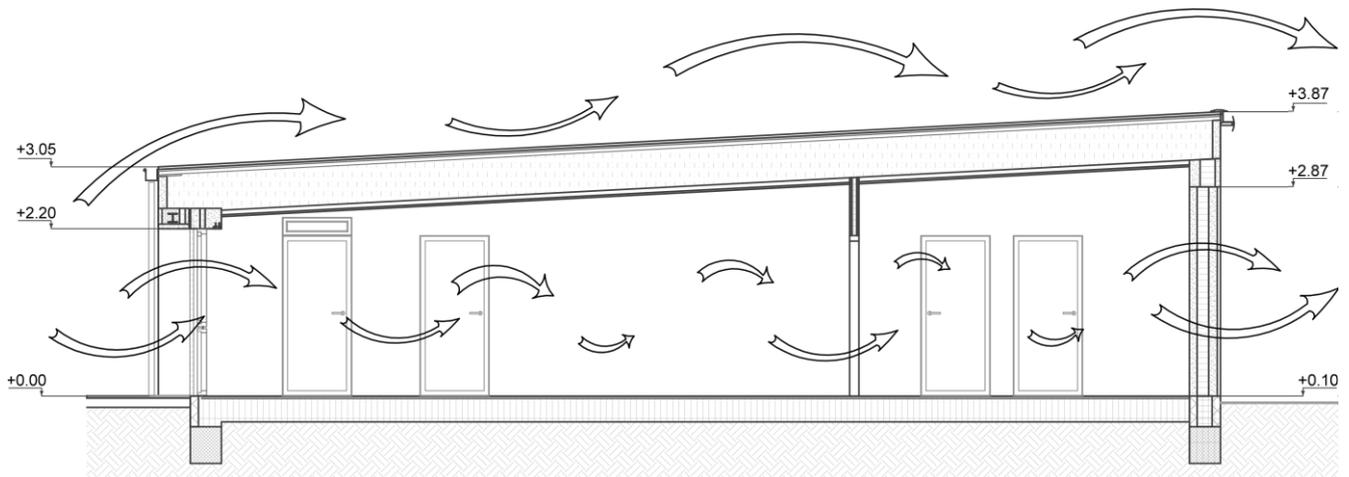


(Fig. 117)

vientos predominantes, esta edificación de un nivel cuenta con una cubierta inclinada hacia el norte dejando la cara sur de la fachada mucho más expuesta a la radiación solar, además en ella aparece un lucernario central con la finalidad de ser la que aporte una ganancia directa de calor al interior y núcleo de la casa. Las fachadas son regulares y no presenta grandes ornamentos con excepción de planos hechos en madera reciclada con la finalidad de garantizar la acumulación de radiación, por otra parte son un punto ornamental interesante. Esta geometría sencilla intenta adecuarse y adaptarse a las condiciones climáticas en el exterior (Kleis y AA.W., 2014).

Fig. 117 Fotografías de fachadas de la Casa Estándar MINICO2. Fuente: Kleis y AA.W., 2014.

Integración. - La edificación reinterpreta y se adapta las necesidades contemporáneas de la vivienda en Nyborg, con una forma muy sencilla y colores claros además de la utilización de madera en algunas de sus fachadas para darle un toque de calidez al exterior, es así también que los espacios internos revestidos en madera y de colores claros donde la luz natural es uno de los factores principales en la concepción de los ambientes, determinando espacios cálidos y acogedores para el usuario, de la misma manera los amplios ventanales en la zona de día como en los diferentes dormitorios quieren lograr una integración del ocupante con la naturaleza y el paisaje de la zona, por último logra una armonía con el medio ambiente ya que en la construcción y durante su vida útil hasta una futura demolición esta vivienda reduce al



(Fig. 118)

Fig. 118 Esquema comportamiento de la ventilación y vientos del edificio. Elaboración propia.

mínimo el consumo de CO₂ y tiene un comportamiento ecológico que va en suma a sus diferentes características.

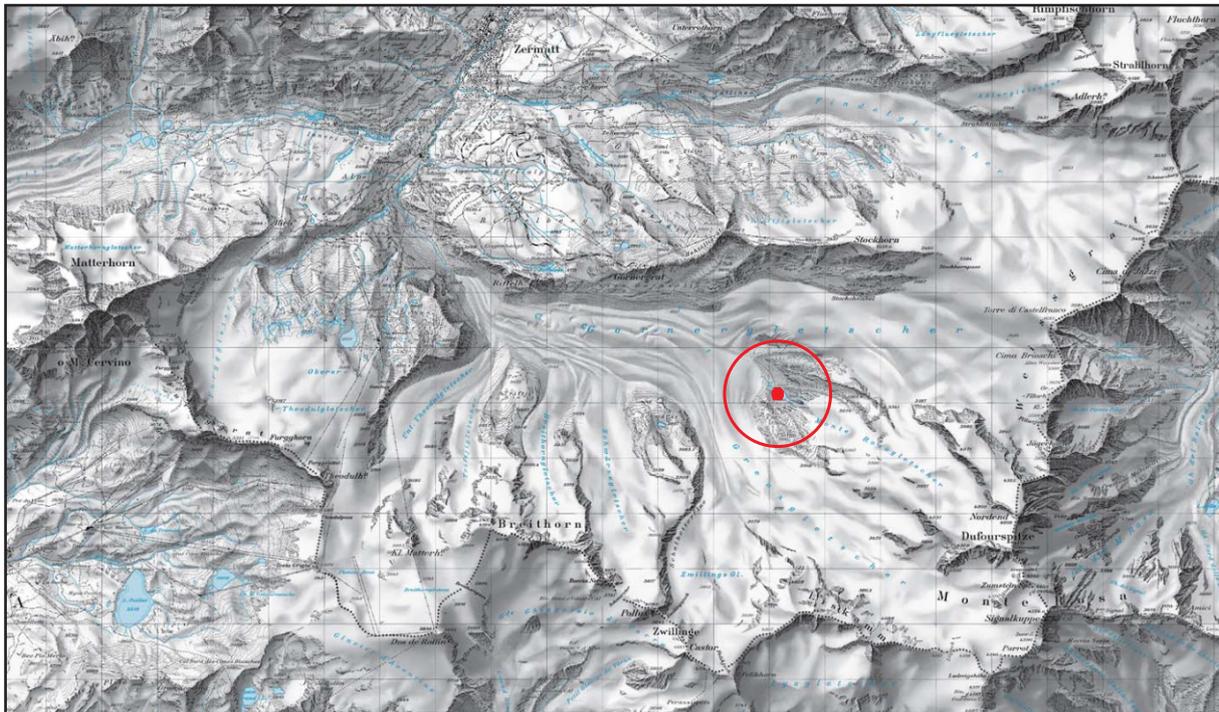
Ventilación.- La ventilación interior de la vivienda se realiza de manera natural utilizando los vientos predominantes del sureste provenientes del mar de norte, estos vientos y la disposición de las ventanas en la casa generan una ventilación cruzada. Partiendo desde la fachada noreste donde aparece la puerta principal y ventanas más pequeñas que dirigen la ventilación a los ambientes y salen por los grandes ventanales de la zona de día. De la misma manera aparecen ventanas con dimensiones estándar que pueden ser completamente abiertas en las habitaciones para asegurar el movimiento continuo de aire, de la misma manera se aseguran colocar una entrada de luz cenital en vidrio a modo de escotilla el cual puede abrirse para regular la temperatura interior cuando sea necesario. Así la vivienda responde de manera bioclimática a la renovación de aire y control del confort térmico.

Domótica.- La vivienda reutilizó el concepto de uno de los prototipos anteriores y prevé incorporar un sistema domótico, con la finalidad de tener un mayor control del uso de energías y consumos, para que de esta manera los futuros usuarios puedan regular los gastos energéticos y económicos, también con la finalidad de establecer una educación ecológica de las personas y ayudar al medio ambiente, haciendo que esta vivienda sea mucho más eficiente y sostenible (Kleis y AA.W., 2014).

4.4. Refugio Monte Rosa – Alpes Suiza

4.4.1. Ubicación y Concepto

El nuevo refugio Monte Rosa se construyó en medio de las montañas del cantón Suizo del Valais, casi en la frontera con Italia, a 2883 m.s.n.m., por encima de la estación de esquí de Zermatt, en Untere Plattje, entre Monte Rosa y el glaciar Grenz, Zermatt. Esta particular ubicación presenta temperaturas bastante extremas, con una media anual de 13°C que en verano no sobrepasa los 20°C y que en invierno puede llegar a temperaturas por debajo de los -12°C, que en esta época del año el glaciar alcanza temperaturas aún más bajas donde es característico que muchos meses del año se mantenga un capa de nieve importante hasta muy entrado el verano.

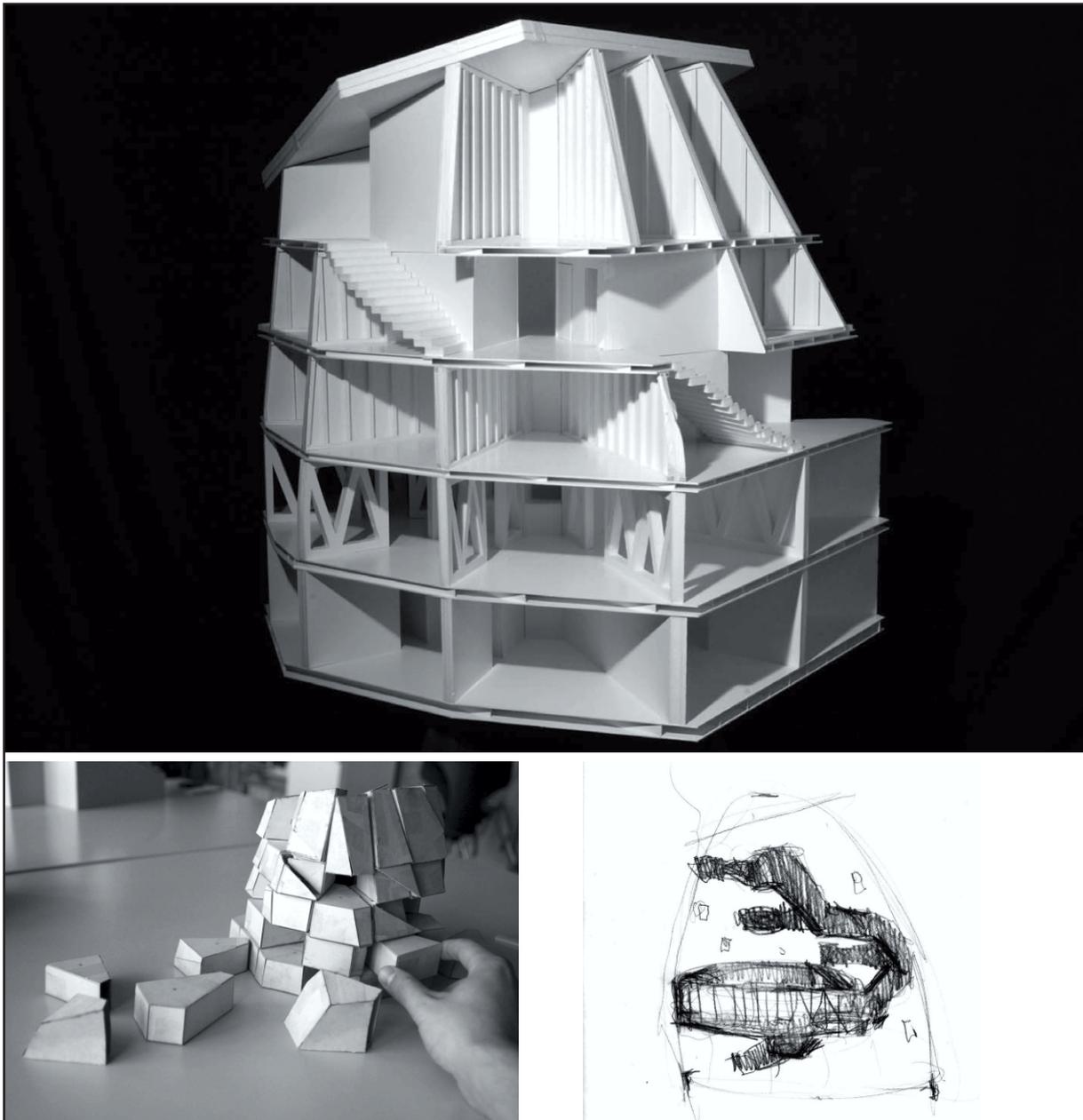


(Fig. 119)

Este es un proyecto realizado por el ETH Taller Monte Rosa, Facultad de Arquitectura, Estudio Monte Rosa, realizado con la dirección del arquitecto Andrea Deplazes. La propuesta del taller abarcaba la planificación íntegra, desde la idea hasta el proyecto provisorio de construcción, haciendo hincapié en el trabajo conjunto e interdisciplinario con técnicos y especialistas. Su construcción duro 21 semanas de trabajo en una obra sin conexión con las redes de agua y energía, todo el material debió ser transportado en helicóptero y como no fue posible construir un helipuerto, los módulos de las paredes y techo no podían pesar más de 600 kg. El edificio se inauguró el año 2009.

Fig. 119 Plano de ubicación Refugio Monte Rosa Hut. Fuente: ETH, 2010.

Una de las características distintivas del proyecto es que se encuentra en una región con clima extremo, lejos de las comodidades de la civilización, donde no existen carreteras que conduzcan al lugar y no llega la electricidad ni el agua potable, tampoco existe un



(Fig. 120)

Fig. 120 Esquema de diseño, conceptos y maquetas Refugio Monte Rosa Hut. Fuente: ETH, 2010.

sistema de alcantarillado. El refugio está rodeado de rocas, hielo y nieve. Estos factores influyeron en la construcción, en la organización de la obra, en el grado de independencia de la infraestructura y en el funcionamiento del refugio. Es por esto que el proyecto debía ser ecológicamente autosustentable que por otro lado no produjera emisiones de carbono CO₂, los materiales prefabricados utilizados en su construcción prevén el reciclado de los mismos una vez esta estructura cumpla su ciclo de vida. En el aspecto formal el concepto principal fue crear un edificio que representara un aspecto macizo con muchos ángulos siendo este un bloque errático que trata de reinterpretar las escarpadas montañas y rocas del sector que han sido pulidas por el proceso de erosión desde hace millones de años, este bloque macizo descansa en un ligero declive en la montaña, que por su materialidad se destaca de su entorno por las placas galvanizadas que utiliza, con la



(Fig. 121)

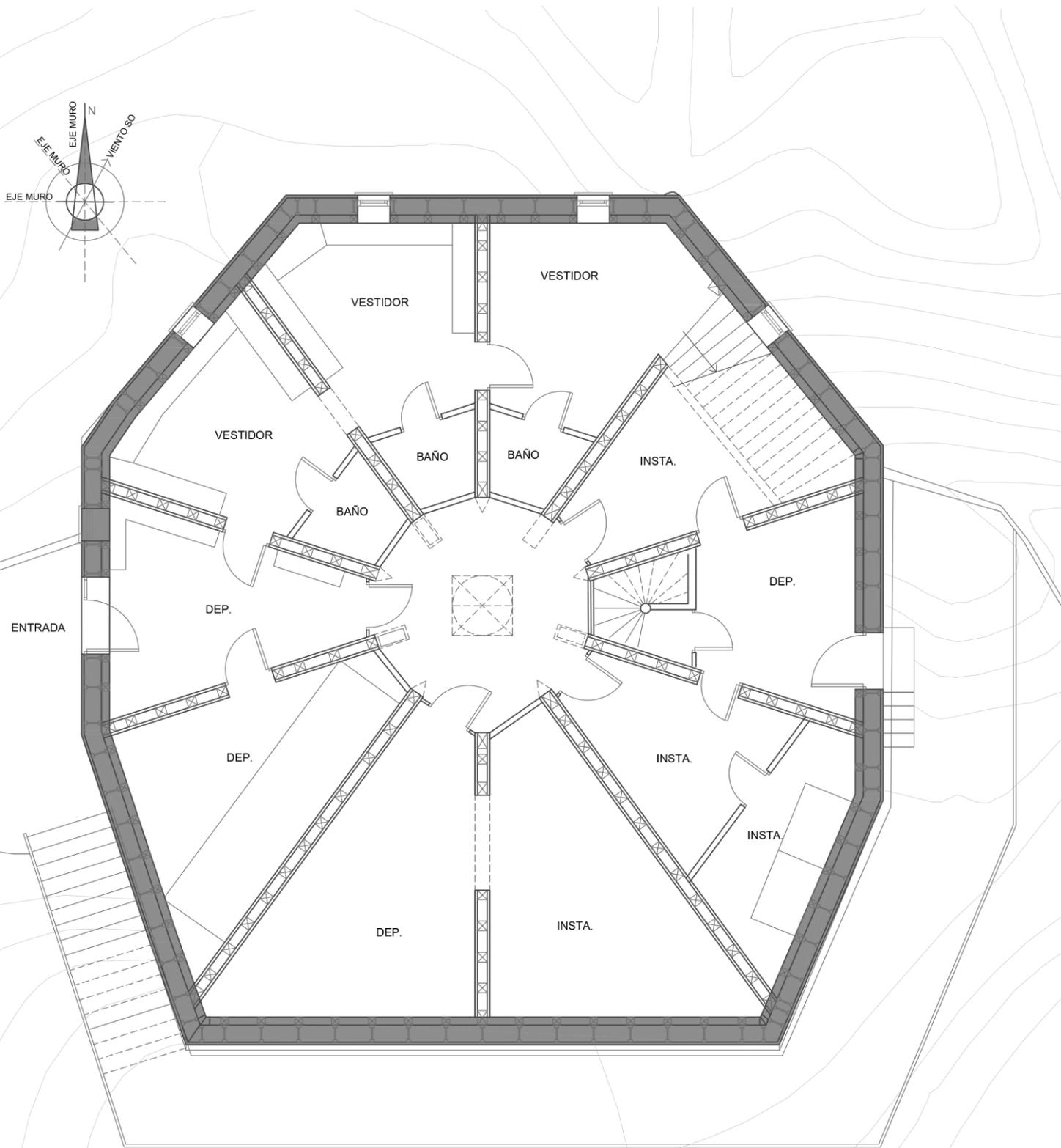
finalidad de que los turistas o personas que recorren estos parajes puedan identificar el lugar a grandes distancias (ETH, 2010).

La elección de este proyecto como caso de estudio se basó en las diferentes características materiales y formales que presenta la obra, siendo esta un hito arquitectónico en la región de los Alpes además de Suiza, por ser un edificio ecológico que responde con técnicas pasivas y activas a las inclemencias climáticas de manera autosuficiente, siendo un edificio de emisiones cero en la huella de carbono y las altas prestaciones tecnológicas no solo materiales sino también por el desarrollo técnico multidisciplinar que esta tuvo. Las condiciones climáticas similares con la región de estudio son más que evidentes considerando el clima extremo como las bajas temperaturas, nevadas, precipitaciones y la altitud de emplazamiento, son factores a analizar que nos aportarán pautas puntuales en el desarrollo del tema y adaptación de las diferentes estrategias y conceptos utilizados.

4.4.2. Descripción formal

La forma de la edificación es por demás llamativa por ser esta tan errática y presentar diferentes ángulos en el volumen, estas no son tan solo un simple capricho por parte del arquitecto, sino fueron diseñados con la intención de que algunos ángulos puedan captar la mayor cantidad de radiación solar, caso que es evidente donde

Fig. 121 Fotografías del refugio Monte Rosa desde largas distancias. Fuente: ETH, 2010.



PLANTA SÓTANO -1
(Fig. 122)





(Fig. 123)

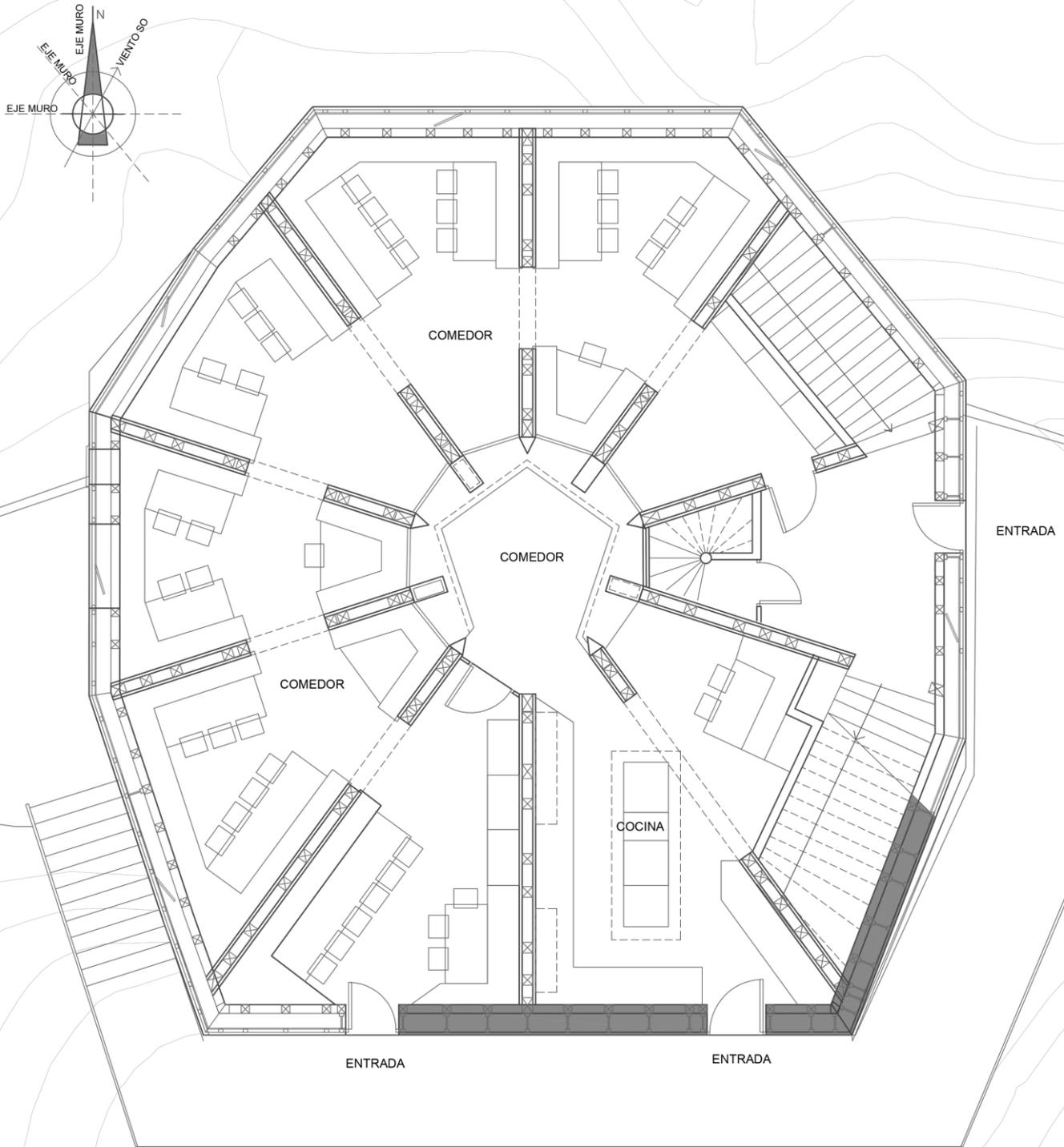
se observa que encuentran los paneles fotovoltaicos, de la misma manera esta forma intenta controlar y reducir el impacto de los fuertes vientos provenientes de la montaña, donde también se pensó que estas grandes aristas pudieran evacuar de manera rápida y eficiente las fuertes tormentas de nieve que se dan en temporada. Este refugio posee un programa por demás interesante y se acopla muy bien al tema debido a que su principal función es la de establecer un abrigo a los visitantes que pueden pasar largas temporadas en el invierno o durante todo el año, es así que el edificio está compuesto de 6 niveles.

En el Sótano -2 es de una superficie menor donde encuentra la bodega y la sala de depuración de aguas y otras instalaciones que son necesarias para el funcionamiento de este proyecto (ETH, 2010).

En el Sótano -1 es donde se generó el acceso principal de los huéspedes, una sala de invierno que sirve de transición de espacios esto con la finalidad de no crear pérdidas de temperatura al interior del edificio, seguido de una sala de calzado donde los mismos pueden retirarse el equipo en el que se cuenta con una rejilla en el piso para la expulsión de la nieve, una sala de esquís para guardar los implementos deportivos, también se encuentra el vestíbulo donde está ubicada el acceso de las escalares que nos dirigirán por el resto de la edificación, finalmente se cuenta con un depósito, cuarto de batería e inversores de los paneles fotovoltaicos, y otras salas de instalaciones.

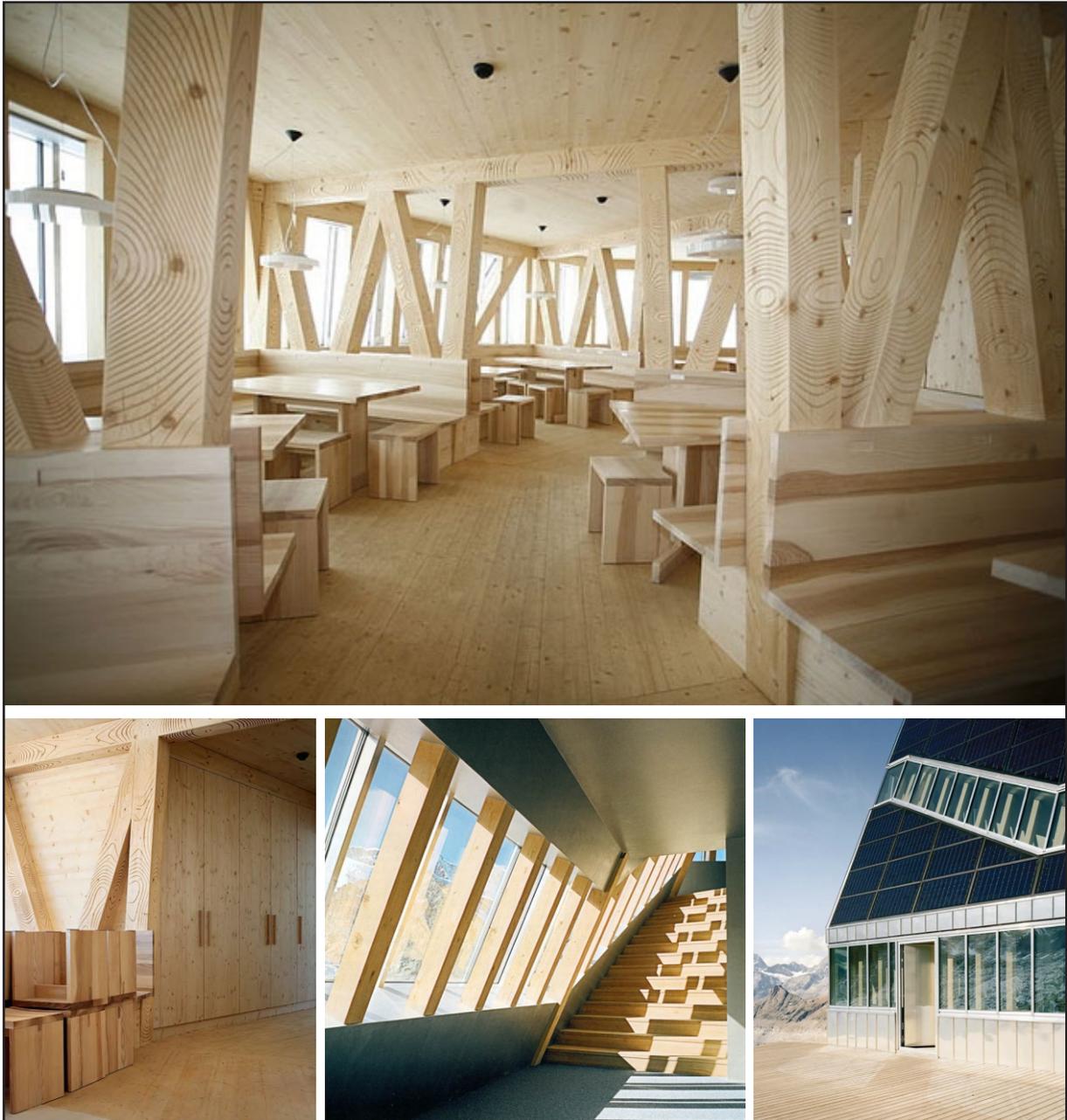
Fig. 122 Planta sótano -1 Monte Rosa Hut. Elaboración propia.

Fig. 123 Fotografía exterior Fachada norte Monte Rosa Hut. Fuente: ETH, 2010.



PLANTA BAJA
(Fig. 124)



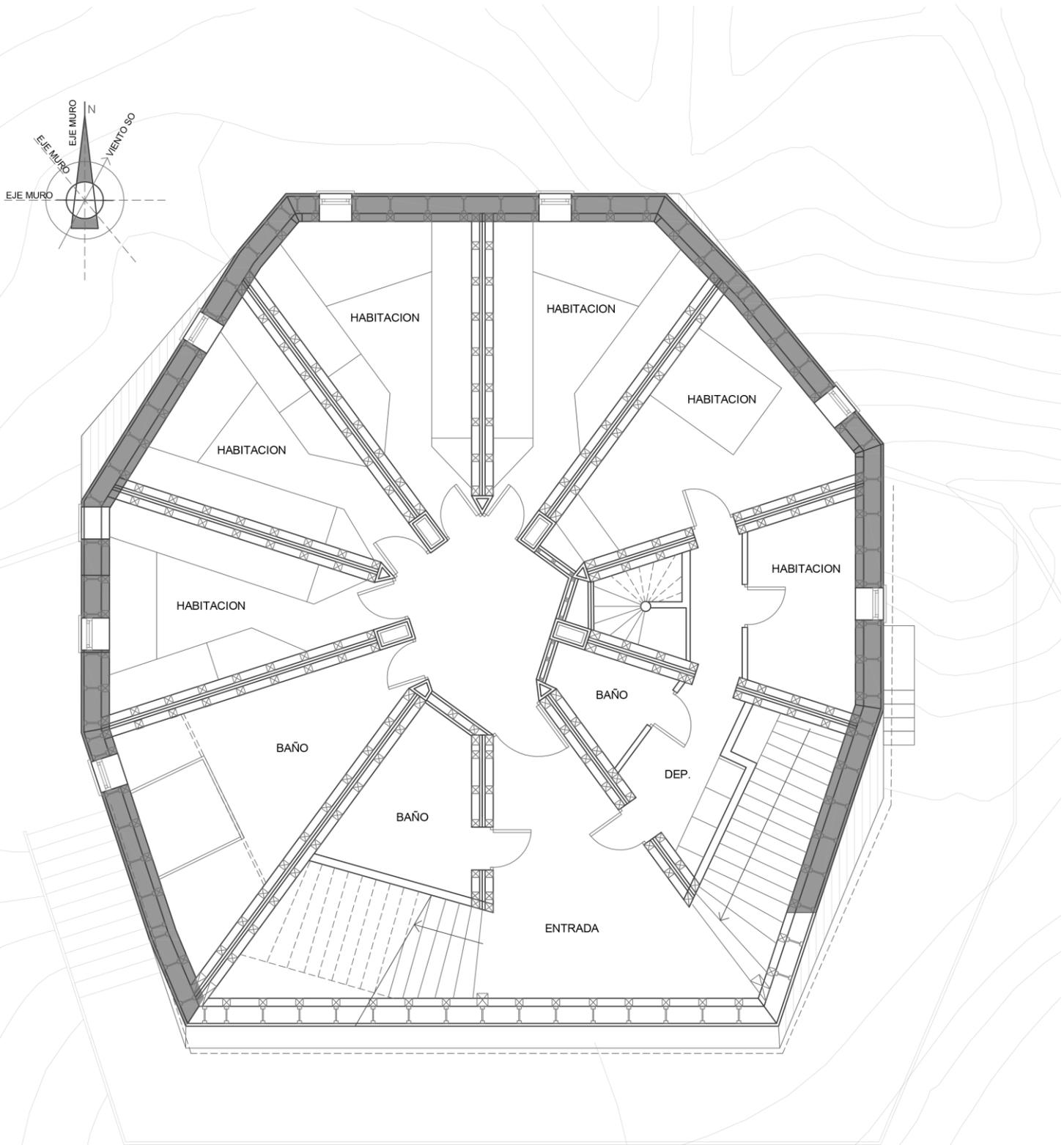


(Fig. 125)

En la Planta Baja se encuentra otro acceso para los huéspedes situado hacia el sur de la edificación donde se encuentra la recepción principal, el amplio comedor que cuenta con un gran espacio interior y la escalera dispuesta periféricamente en forma de cascada permiten observar el paisaje en toda la planta, además de estar trabajada perfectamente en acabados de madera laminada con una textura en bajo relieve, donde se puede apreciar la estructura de la edificación recordándonos un estilo rústico reinterpretado, bastante acogedor y natural, también en esta se encuentra una cocina, en este nivel se incorporaron terrazas exteriores y un solarío donde los huéspedes pueden pasar un tiempo de descanso al aire libre y disfrutar de las fantásticas vistas que ofrecen las montañas.

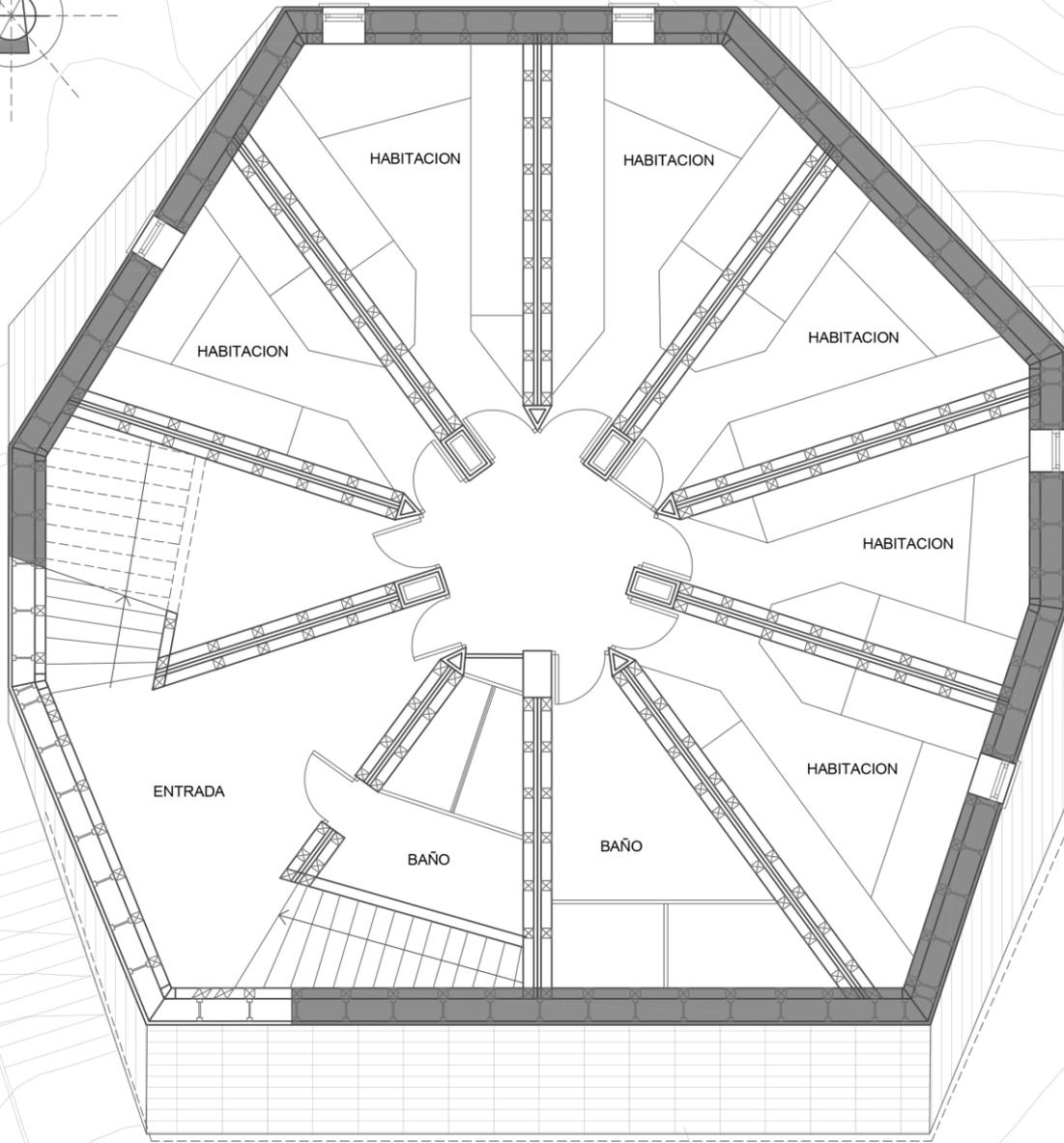
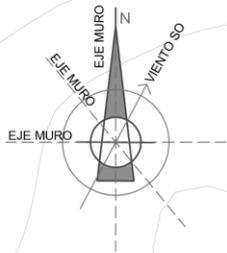
Fig. 125 Planta Baja Monte Rosa Hut. Elaboración propia.

Fig. 125 Fotografía Interior comedor y entrada Monte Rosa Hut. Fuente: ETH, 2010.



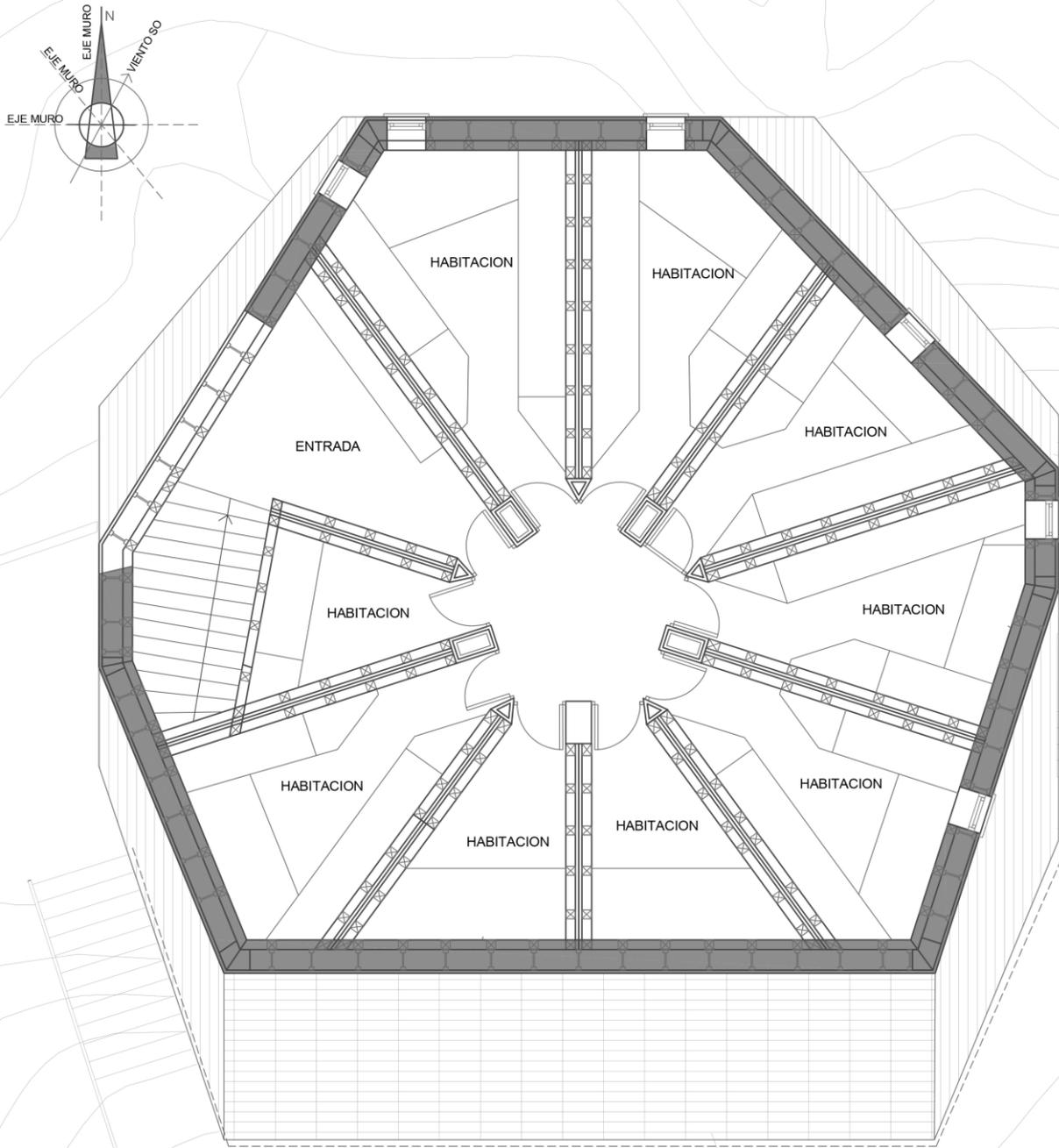
PLANTA 1° PISO
(Fig. 126)





PLANTA 2° PISO
(Fig. 127)





PLANTA 3° PISO
(Fig. 128)





(Fig. 129)

En la planta primera se ubica un vestíbulo central que está unido con las escaleras y dan acceso a los diferentes ambientes como los baños, duchas, 5 habitaciones de los huéspedes y 2 habitaciones del personal que poseen un escalera independiente, cada habitación cuenta con su propia ventana que puede asemejarse a una escotilla, esto para evitar infiltraciones de aire, que ofrece a los visitantes excelentes vistas. La escalera principal es un espacio que posee un gran ventanal en todo su recorrido y provee de una calefacción e iluminación natural a manera de una ganancia directa ya que están orientadas a sur. La Planta segunda cuenta con un vestíbulo central, baños, duchas, 6 habitaciones para huéspedes y la escalera central unida al vestíbulo que presenta estos grandes ventanales en su recorrido.

Finalmente la planta tercera culmina en un vestíbulo central donde desaparecen las ventanas en fachada y se puede apreciar la apertura de lucernarios, esta planta cuenta con 9 habitaciones para huéspedes, donde debido a la forma del edificio se encuentran algunas habitaciones con el cielo en mayor altitud. El refugio cuenta en total con 18 dormitorios con literas que pueden albergar a 120 personas, estas habitaciones son cálidas gracias a las gruesas fachadas y los acabados interiores de láminas de madera (Muñoz, 2010).

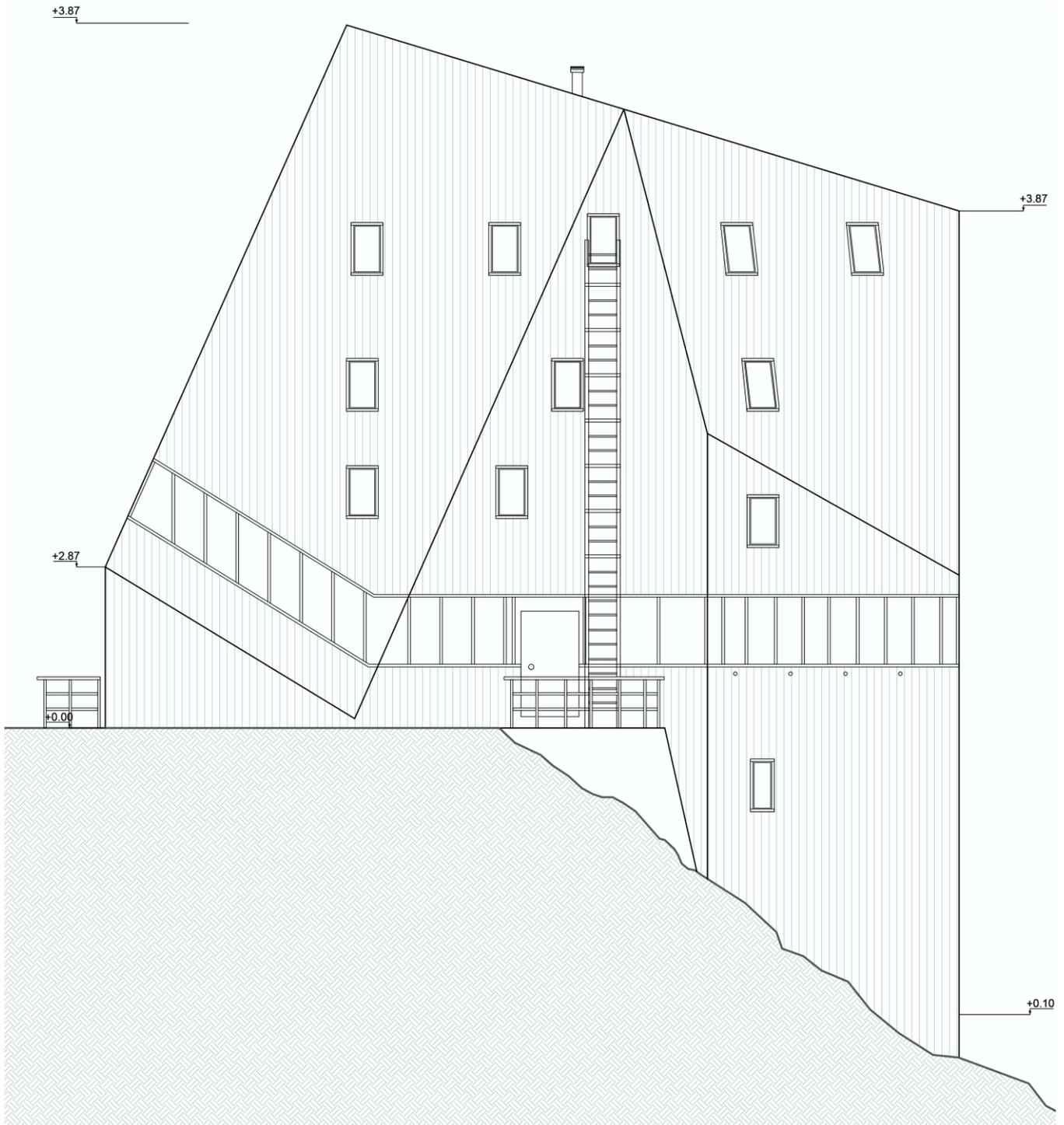
Fig. 126 Planta 1° Piso Monte Rosa Hut, Elaboración propia.

Fig. 127 Planta 2° Piso Monte Rosa Hut, Elaboración propia.

Fig. 128 Planta 3° Piso Monte Rosa Hut, Elaboración propia.

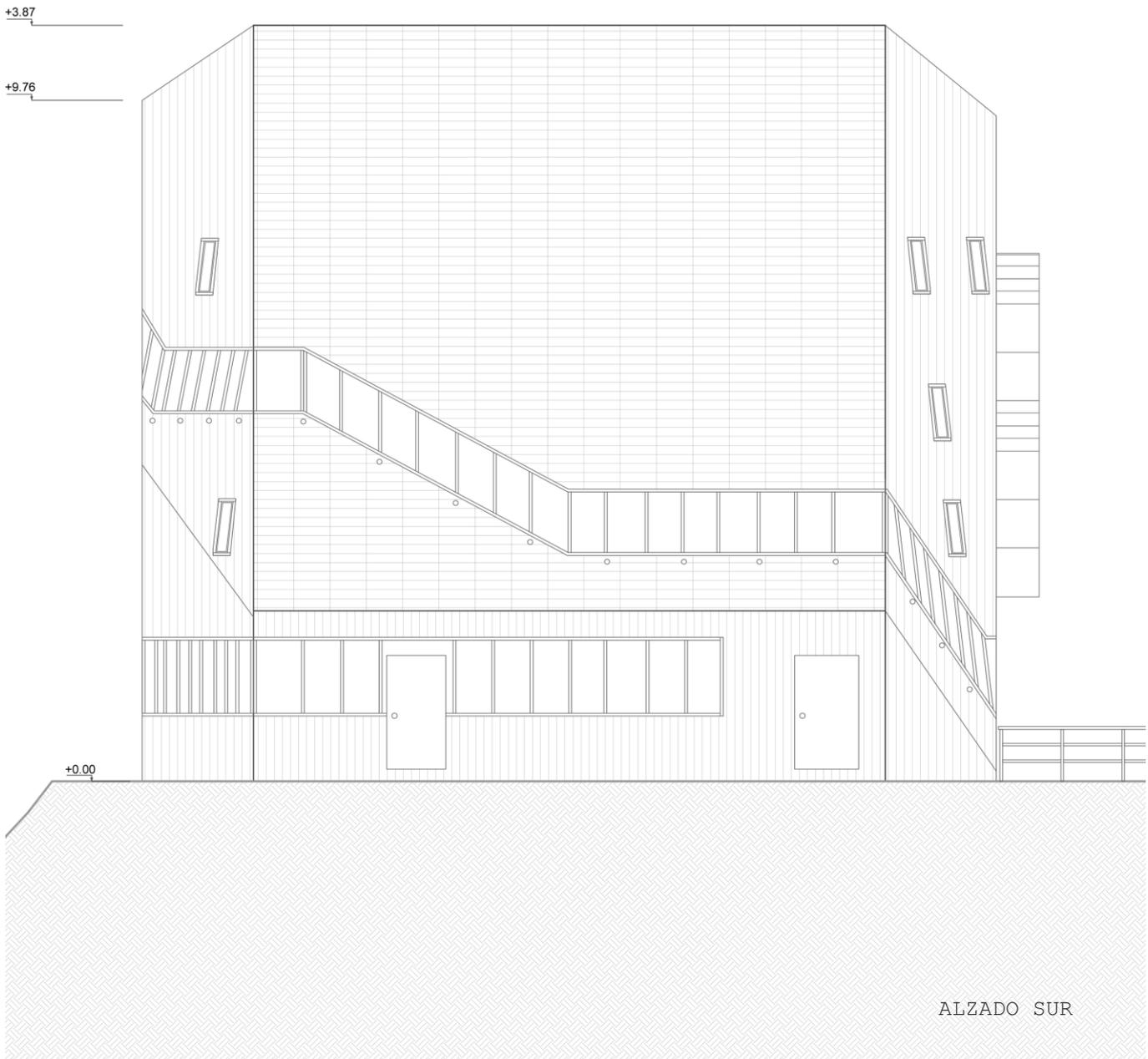
Fig. 129 Fotografía Interior habitaciones Rosa Hut. Fuente: Muñoz, 2010.

DATOS MONTE ROSA HUT	
Sup. Construida	207,66 m ²
Sup. Útil	163,39 m ²
Sup. Vent. Norte	10,49 %
Sup. Vent. Sur	21,50 %
Sup. Vent. Este	16,78 %
Sup. Vent. Oeste	24,70 %



ALZADO OESTE
(Fig. 130)



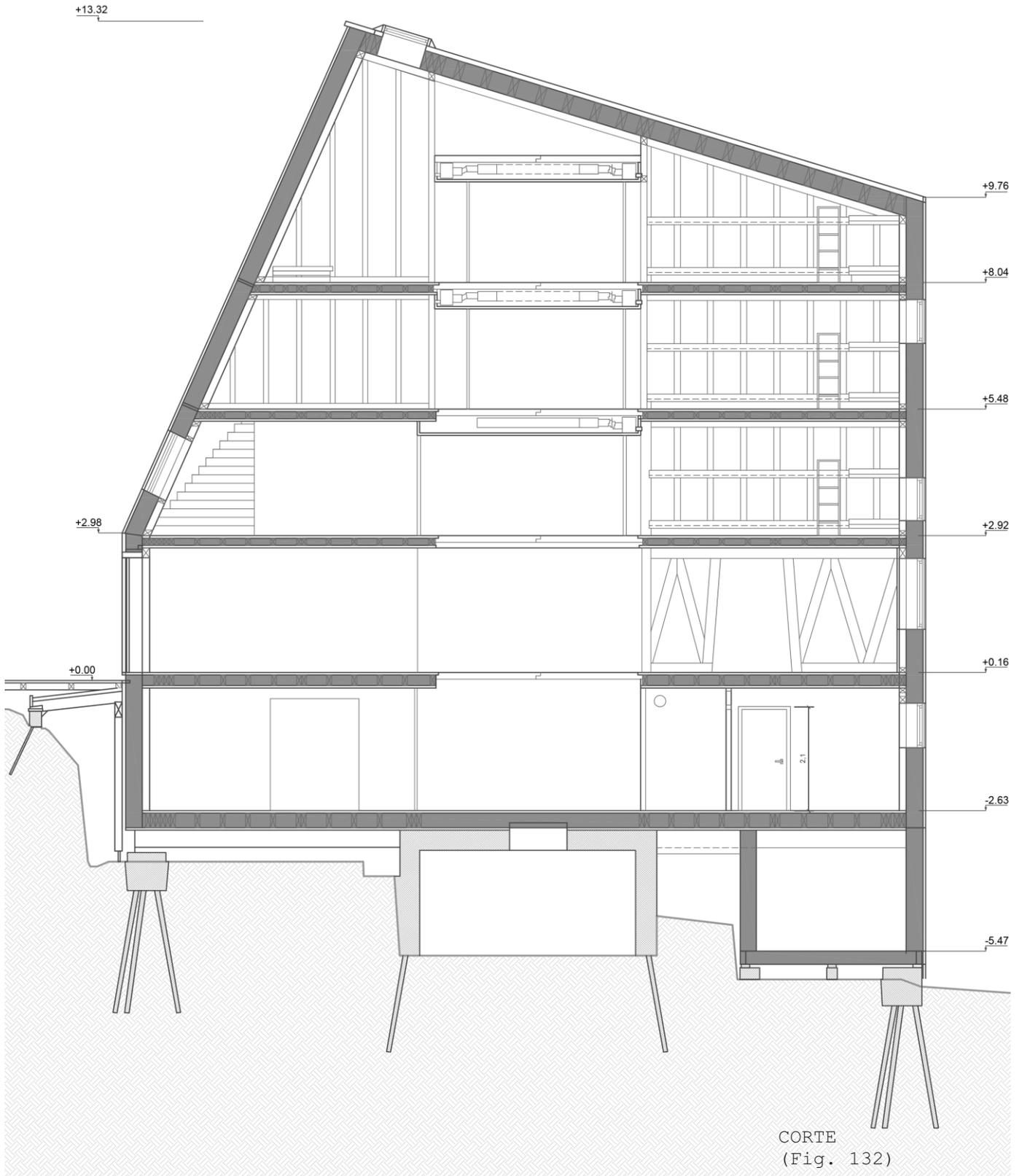


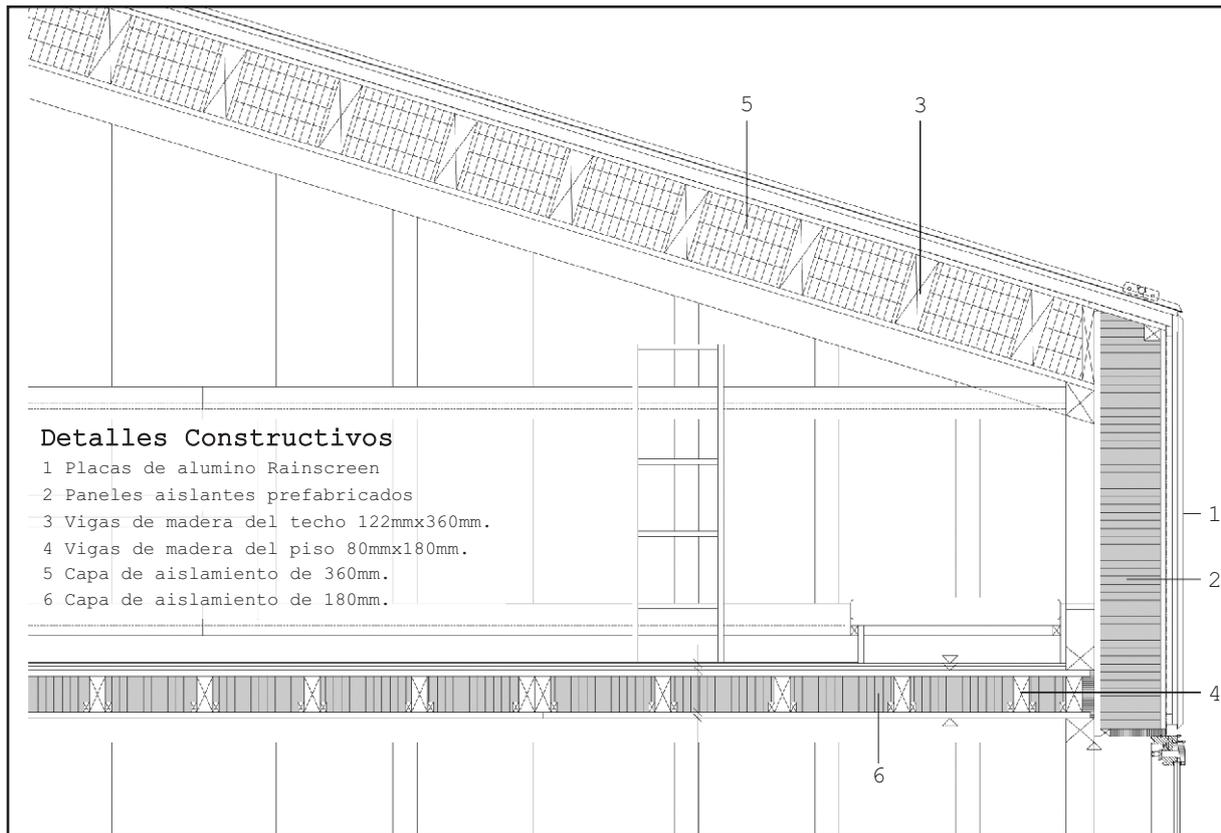
(Fig. 131)

La fachada que funciona como un excelente aislante está recubierta con planchas de aluminio, aprovecha su fachada sur, donde se encuentra la mayor carga de radiación solar debido su inclinación, para colocar una amplia superficie de paneles fotovoltaicos, que proveen al refugio de suficiente energía para su funcionamiento, a la vez que la hilera de ventanas que rodea al edificio en forma espiral es donde se obtiene energía pasiva mediante los rayos de sol que inciden en las mismas dentro de la zona del comedor y la escalera ascendente, ofreciendo calor solar que es distribuido por el edificio a través de los equipos de renovación de aire.

Fig. 130 Fachada Oeste Monte Rosa Hut. Elaboración propia.

Fig. 131 Fachada Sur Monte Rosa Hut. Elaboración propia.





(Fig. 133)

4.4.3. Descripción constructiva

Como ya se mencionó la construcción es por demás particular no solo por la estructura que posee, o los materiales de los cuales está hecha, o el sistema constructivo que se implementó en la misma, sino también por la dificultad que esta representaba, siendo que la construcción solo podía durar unas pocas semanas por la variabilidad del clima y por la dificultad del acceso al sector, no solo por el personal sino por la llegada de los materiales ya que cada uno de estos debía ser transportado por helicóptero y cada pieza prefabricada no podía pesar más de 600kg. Este reto determinaba que cada pieza debía ser prefabricada en otro sector y debía ser lo más liviana posible, por otra parte el sistema constructivo implementado tuvo que ser pensado como una kit de partes para un rápido ensamblado (ETH, 2010).

Para la estructura portante se utilizó madera laminada que se encuentra dispuesta de manera radial orientada por igual hacia todas las direcciones y también soporta la cubierta. La estructura de soporte consiste en una armadura de madera de cinco pisos edificada en segmentos sobre la que directamente se fijaron los módulos de los muros y el techo. Los diez muros radiales que absorben las cargas verticales del edificio liberan de dicha función al cerramiento exterior, toda esta estructura está fijada al suelo apoyándose en una estructura de acero que se encuentra empotrada por pilotes de hormigón que se están reforzadas por grandes anclajes de acero que se fijaron a gran profundidad en la montaña.

Fig. 132 Corte Monte Rosa Hut. Elaboración propia.

Fig. 133 Detalle Constructivo Monte Rosa Hut. Elaboración propia.



(Fig. 134)

Fig. 134 Fotografías de la construcción de Monte Rosa Hut. Fuente: Baumgartner, 2010.

Un aspecto particular en la construcción fue que en la estructura de madera del restaurante se le realizaron unos cortes siguiendo los patrones de los anillos de crecimiento del árbol, utilizando para ello máquinas de carpintería controladas por un ordenador que sigue un proceso de diseño y fabricación digital, mediante el programa "Digital Wood-Carvings", que transmite a las máquinas los datos necesarios para la fabricación de la pieza requerida. Su patrón de línea continua interpreta la madera como material, en la que está esculpida la ornamentación (Muñoz, 2010).

Para los cerramientos se trabajó por el exterior con placas de aluminio, esto por la gran capacidad del aluminio de conservar temperaturas por más tiempo, por sus cualidades frente a la oxidación, y por ser un material permeable y maleable, además de esto hacia el interior se utilizó contrachapados de madera dejando en el interior de estas un vacío de 30cm. que está rellena por una lana de vidrio de altas prestaciones aislantes, formando así un cerramiento con una inercia térmica muy baja de unos 40cm. de espesor. Esta operación se aplica en todos los cerramientos incluyendo el de la cubierta. Para los forjados se utilizó también una estructura de madera donde los acabados interiores se trató los cielos con madera contrachapada y algunos otros acabados dejando también una cámara interior de 20cm., por donde se introdujeron algunas instalaciones, esta también se encuentra rellena de lana de vidrio, de esta manera en la unión de los cerramientos verticales con los forjados es que se logra una estructura compacta y uniforme que prevé la ruptura de los puentes térmicos, y que conserva una temperatura uniforme al interior del edificio (Baumgartner, 2010).



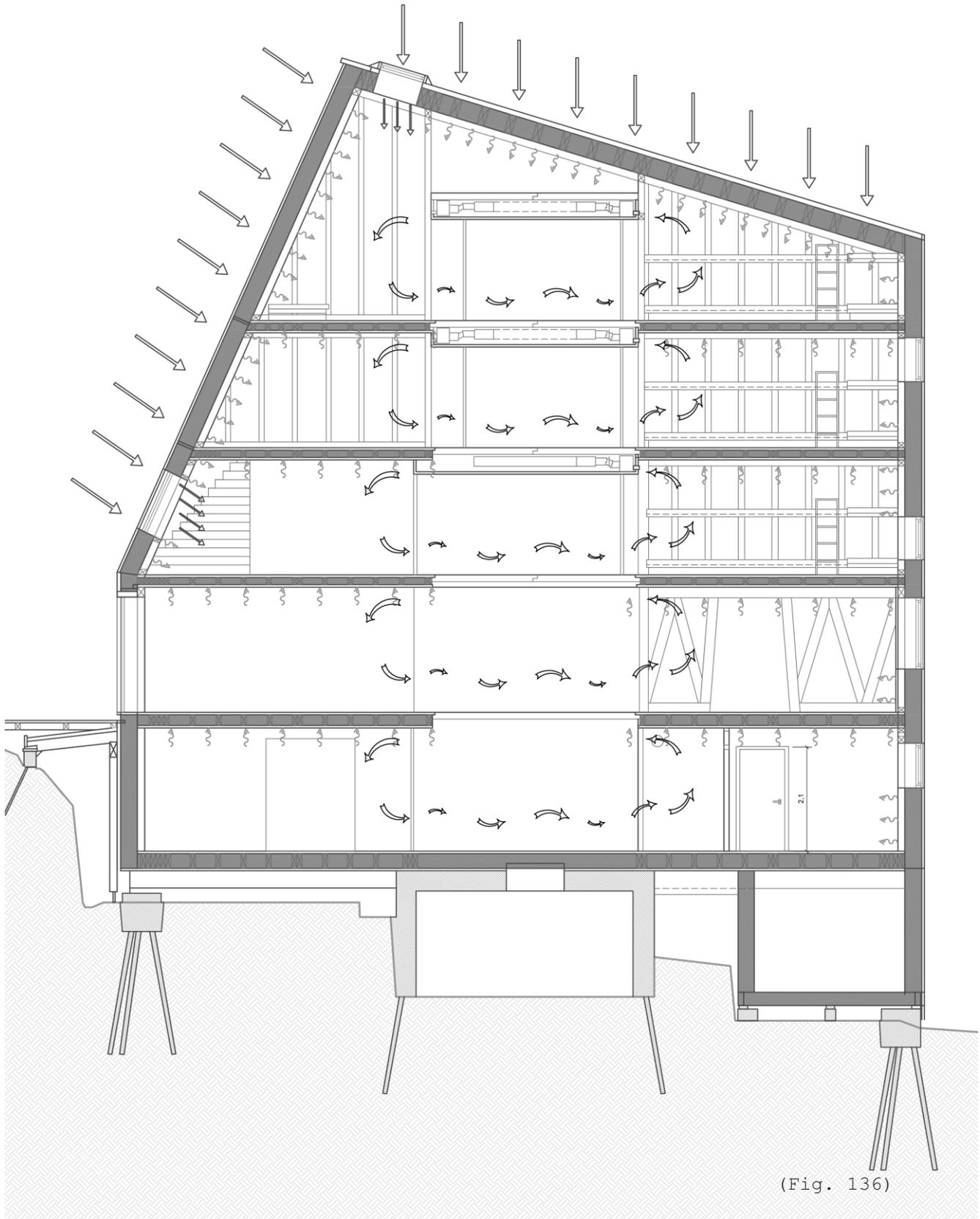
(Fig. 135)

4.4.4. Aprovechamiento medio ambiental y estrategias bioclimáticas

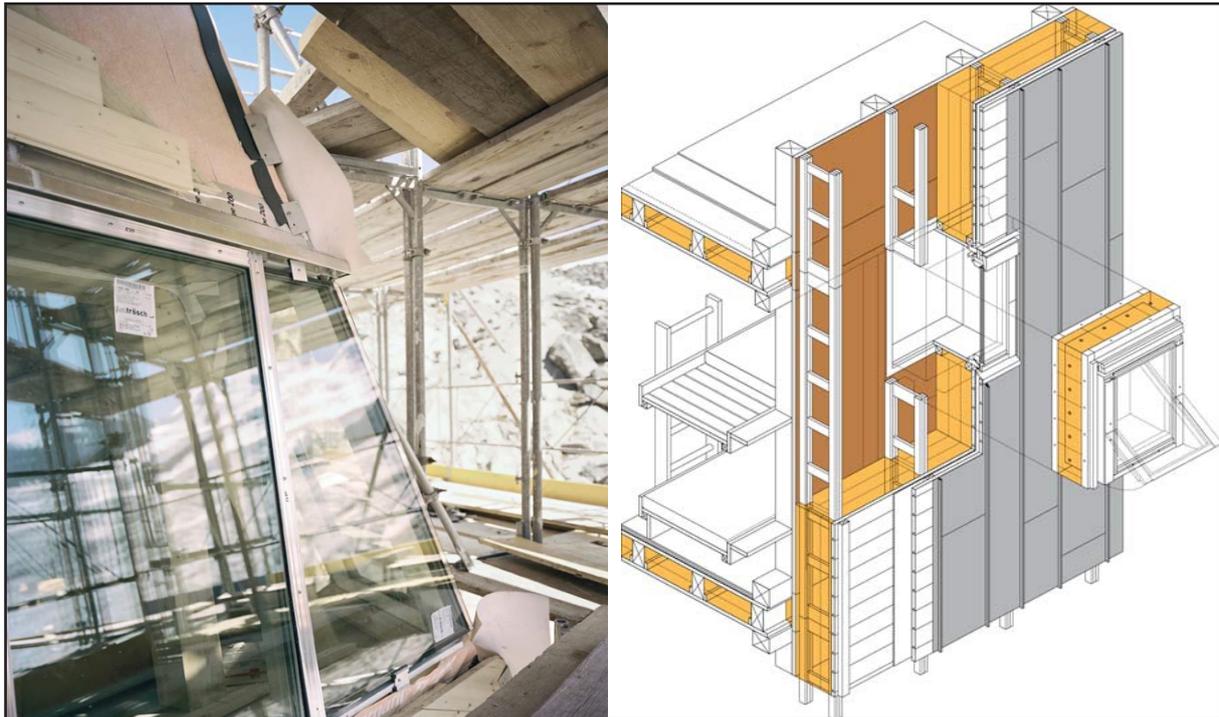
Materiales y calentamiento. - Antes de su construcción se realizó un exhaustivo análisis del ciclo de vida útil de los materiales y su efecto sobre el medio ambiente, teniendo en cuenta todas las variables. La comparación de las características de determinados productos tomando en cuenta la noción de energía gris permitió una evaluación final y la elección del material respetando criterios ecológicos. Es por esto que los materiales implementados que además son prefabricados prevén también un futuro reciclaje, es el caso de la madera laminada que no solo tiene buenas propiedades estructurales si no que a su vez presenta grandes cualidades térmicas. En el caso de las placas de aluminio se consideró que este material también podía ser reciclado pero que a su vez tiene grandes cualidades para preservar el calor por más tiempo que otros materiales metálicos en el mercado, que además, favorecen a los valores del concepto arquitectónico que se quería lograr (Baumgartner, 2010).

El diseño, la forma y orientación de la edificación juegan un papel importante dentro de la calefacción del edificio, ya que los diferentes vértices del volumen logran captar de manera muy eficiente la radiación solar, ya que los ángulos de las fachadas hacia el sur, este y oeste buscan la mayor exposición solar posible, donde aparecen las principales ventanas generando una ganancia directa de radiación al interior y que gracias a los acabados interiores de madera generan una acumulación de energía, por las características térmicas de la madera.

Fig. 135 Fotografías del montaje, aislamiento y materiales de Monte Rosa Hut. Fuente: Baumgartner, 2010.



(Fig. 136)



(Fig. 137)

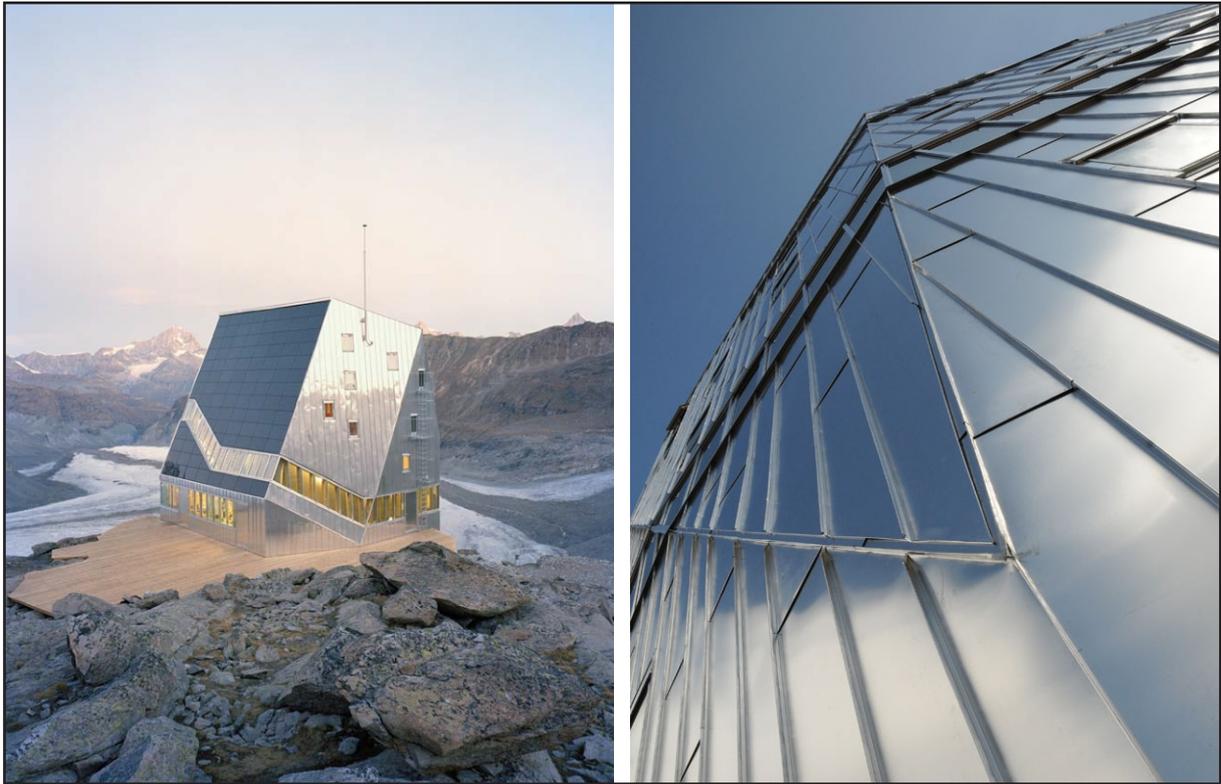
Igualmente para conformar unos cerramientos eficientes los tableros que forman la fachada son contrachapados de madera, revestidos exteriormente con placas de aluminio, formando una cámara de 30cm., que ha sido rellena con lana de vidrio como material aislante, esto con el fin de mantener una calidad de calefacción interior y generando una buena inercia térmica gracias a la ganancia indirecta de calor que le proporciona los diferentes sistemas.

La disposición de las ventanas y sus acabados también son parte crucial en el calentamiento del refugio, donde las ventanas principales que van de manera ascendente con las escaleras, se transforman en el colector principal de ganancia directa de radiación solar, a su vez se disponen de diferentes ventanas estratégicamente dispuestas de dimensiones reducidas en las diferentes fachadas como también en la cubierta a manera de lucernarios, la carpintería es de aluminio con un triple vidrio y gas argón de altas prestaciones que representaron un costo elevado en la construcción, pero gracias a su altas cualidades térmicas permite una gran ganancia de calor además de evitar infiltraciones al interior con roturas de puentes térmicos que son necesarias para combatir las temperaturas extremas de la zona (ETH, 2010).

Para el calentamiento de esta edificación no solo se tuvo en cuenta técnicas pasivas, ya que por las condiciones extremas del clima estas serían insuficientes para conservar el estado de confort humano al interior, por esta razón es que se implementó un sistema de colectores solares de 56m² de superficie dispuestos en el exterior del edificio que obtienen calor solar que luego redirigen a los acumuladores de calor, consiguiendo de este modo agua caliente y calentando el aire con los equipos de ventilación que regulan la temperatura de los distintos ambientes.

Fig. 136 Esquema comportamiento térmico del edificio.
Elaboración propia.

Fig. 137 Fotografías y esquema detalle de ventanas de Monte Rosa Hut. Fuente: Baumgartner, 2010.



(Fig. 138)

Fig. 138 Fotografías forma y detalle de vértice de Monte Rosa Hut. Fuente: Baumgartner, 2010.

Aislamiento.- En el análisis del aislamiento del edificio es donde se encuentra las claves más importantes del desarrollo de este proyecto, ya que por las condiciones extremas del clima estas juegan un papel determinante a la hora de planificación de las mismas, de esta dependerá la mayor parte de la eficiencia energética, es por esto que el equipo multidisciplinario realizó muchos estudios en cuanto a las posibilidades de los materiales y la conformación de los mismos a la hora de implementarlos en la edificación, como la realización de pruebas y modelos computarizados para comprobar la calidad de este, dando como resultado final gruesos cerramientos de 40cm., donde la madera el aluminio y la gran masa de aislante son las claves para entender su funcionamiento.

Geometría.- La geometría del edificio como ya antes es mencionada es una de las bases de un diseño bioclimático, ya que en el propuesta se tomaron en cuenta que los diferentes vértices de la edificación orientados a sur se encuentren con la mayor exposición posible a los rayos del sol, por otra parte la forma del mismo permite que hacia la fachada principal sur se colocaran paneles fotovoltaicos con esa misma intención, finalmente esta forma casi similar a roca esculpida por el viento y nieve hacen posible enfrentar los fuertes vientos provenientes de la montaña con orientación sudoeste, controlando y redirigiendo cual montaña estas corrientes de aire, pero que también se apoya en ellos para generar una ventilación natural controlada dentro de edificación redirigida por todo el edificio y que puede ser regulado con sistemas activos incorporados en la propuesta (Baumgartner, 2010).

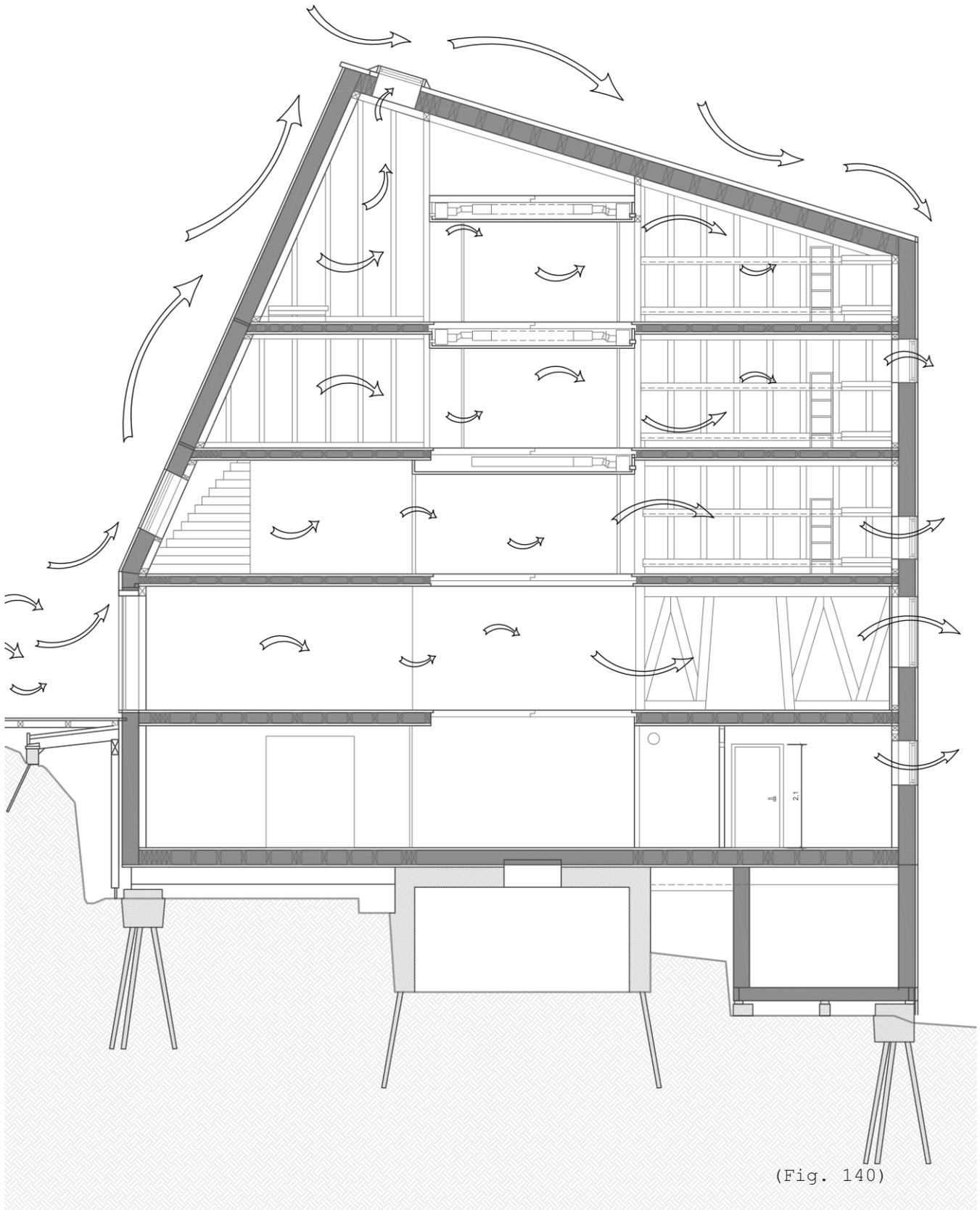


(Fig. 139)

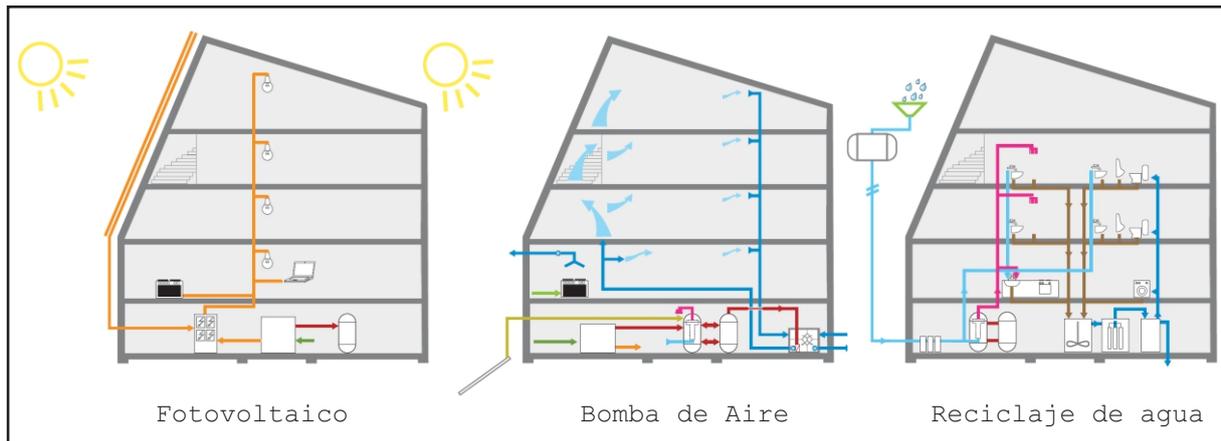
Integración. - La implementación del refugio en el lugar es precisa y sobria teniendo un equilibrio interesante del edificio con el delicado paisaje protegido, dando la apariencia de una roca casi natural que resalta por la brillantez de sus acabados en aluminio. Esto pensado para que pueda verse a grandes distancias y resalte de la montaña. Si bien el edificio no es otra cabaña tradicional crea una forma estilizada interesante que al interior y en sus materiales como la madera traen de vuelta la memoria colectiva de un espacio cálido pero a su vez se muestra innovadora y moderna. En el aspecto ecológico la integración arquitectónica es sustentable y reduce el impacto de una construcción tradicional. Es por estas razones que el refugio de Monte Rosa Hut representa un hito dentro de la arquitectura Suiza, que tuvo un gran aceptación por parte de la población y turistas (Muñoz, 2010).

Ventilación. - Para la ventilación y renovación de aire se tiene como sistema principal un equipo de renovación de aire caliente que funciona gracias a un sistema de colectores solares de 56m² ubicados al exterior. Estos obtienen radiación solar que luego es redirigida a una serie de equipos al interior, ubicados en el sótano, que se encargan de filtrar el aire gracias a un deshumidificador que contrala la humedad al interior, de esta manera resguarda la calidad del aire que es bombeada en el sistema, Finalmente pasa por una serie de conductos ubicados en los forjados para regular la temperatura de

Fig. 139 Fotografía panorámica de Monte Rosa Hut. Fuente: Baumgartner, 2010.



(Fig. 140)



(Fig. 141)

los distintos ambientes. El edificio también se apoya controlando los vientos predominantes y utilizándolos cuando es necesario para obtener una ventilación natural que pueda llegar a todos los ambientes, de la misma manera esta ventilación es controlada gracias al estudio de la forma en sí, ya que se verificó por modelos computarizados que esta pueda resistir infiltraciones no deseadas o fuertes corrientes de aire como los de una tormenta de nieve.

Fig. 140 Esquema comportamiento de la ventilación y vientos del edificio, Elaboración propia.

Fig. 141 Esquema sistemas activos del edificio. Fuente: ETH, 2010 .

Energía.- El 90% de la energía necesaria para el funcionamiento del refugio, a excepción de la utilizada para cocinar, es obtenida "in situ", el 10% restante es transportado en helicóptero desde el valle. Dicha energía es conseguida mediante los 84m² de placas fotovoltaicas de la fachada sur y almacenada en baterías. La electricidad es utilizada para la iluminación, parte de la cocina y el funcionamiento de equipos y maquinarias (ETH, 2010).

Reciclaje de aguas.- A una altura algo más elevada que el refugio se construyó una caverna artificial con capacidad para 200m³ que almacena el agua de deshielo ofreciendo durante todo el año agua fresca para cocinar, lavar, limpiar y para la higiene personal. Las aguas residuales son depuradas mediante un sistema de microfiltración y vueltas a usar en los sanitarios o devueltas a las inmediaciones.

Domótica.- En la actualidad y con la finalidad de mejorar aún más las condiciones y el comportamiento del edificio, se plantea un mando remoto y monitorizar el mismo que aún sigue en etapa de desarrollo a cargo de los ingenieros de la EPFZ (Instituto Federal de Tecnología Suizo), este mando estará instalado en Zúrich, analizará también datos de meteorología y de la ocupación de los cuartos para optimizar la administración de energía y alcanzar el máximo de autonomía del refugio (ETH, 2010).

Tabla síntesis comparación de casas en Europa

	Datos	Casa 1	Casa 2	Casa 3	Casa 4
		Casa Rauch	vivienda El Muro	MiniCO2 Husene	Refugio Monte Rosa
Caracterizas del Lugar	País	Austria	España	Dinamarca	Suiza
	Región	Schllins	Tenerife	Nyborg	Valais-Alpes
	Altitud m.s.n.m.	500	640	7	2883
	Clima	Frio	Templado	Frio	Frio
	°C Max. y Min.	18°/4°	28°/10°	16°/-4°	20°/-12°
	Lluvia mm.	105	116	62	599
	Vientos	NE	NE	SE	SO
	Geografía	Montaña	Montaña desierto	Planicie	Alta Montaña
Forma	Forma planta	Rectangular	Rectangular	Cuadrada	Pentagonal
	Forma fachadas	Rectangular	Inclinada	Rectangular	Vértices
	Orientación Principal	Sud	Sudeste	Sudeste	Sud
	Altura	3 plantas	1 planta	1 planta	5 plantas
	Superficie ocupada (m ²)	156,45	128,99	160,00	208,10
Materiales	Muros	Tierra compactada	Piedra-Lad.	Hormigón celular	madera + panel aluminio
	Muros e/cm	40-60	40-50	40	50
	Cubiertas	Tierra compactada +madera	Madera+acristalado +doble	Hormigón celular	Madera + panel aluminio
	Forjados	Tierra compactada	Hormigón	Hormigón celular	Vigas Madera+ panel madera
	Ventanas	madera doble cámara	Aluminio doble cámara	Aluminio doble cámara	Aluminio Triple+cámara+Argon
	Aislante	Tierra compactada	Landa de roca 10cm	Landa de celulosa 10cm	Landa de roca 36cm
	Mat. Eco	Tierra 80% local	Mat. Locales y certificados	Mat. Locales y reciclables	Mat. Locales y reciclables
	Sistema Constructivo	auto-construcción	Construcción tradicional	Prefabricado	Prefabricado -kit

	Datos	Casa 1	Casa 2	Casa 3	Casa 4
		Casa Rauch	vivienda El Muro	MiniCO2 Husene	Refugio Monte Rosa
Sistemas Pasivos	Sol	Acumulación energía en muros tierra	Muro de piedra acumulador	Muros hormigón celular gruesos acumulador	cerramientos aislantes y paneles madera
		Orientación muros hacia Este Oeste	Orientación muros hacia Sur	Orientación muros hacia Sur	Orientación muros radial Sur
		Losas de tierra y madera acumulador	Cubierta acristalada ganancia directa	cubierta de hormigón celular acumulador	cubierta aislantes y paneles madera aluminio
		ventanas ganancia directa	cerramientos acristalados Sur	cerramientos acristalados Sur	cerramientos acristalados Sur
		marco doble vidrio + cámara aire	marco doble vidrio + cámara aire	marco doble vidrio + cámara aire	marco triple vidrio + cámara aire +
		ventanas ganancia directa sur	laminas protectoras orientables	lucernario acumulador ganancia directa	lucernario acumulador ganancia directa
		Pisos de arcilla tratada acumulador	Persianas enrollables con aislamiento	fachada principal orientada al sol	vértices orientados al sol
		Acabados arcilla tratada uniformidad	Muros con aislamiento Norte	Pisos de madera colectores de calor	Pisos de madera colectores de calor
		Montaña a norte	Pisos de madera colectores de calor	Entrada luz natural	
		Ventilación	Utiliza vientos predominantes NE	Utiliza vientos predominantes NE	Utiliza vientos predominantes SE
Ventilación cruzada	Chimenea de aire caliente		Ventilación cruzada	Protección ventilación	
protección con ventanas pequeñas fachada	ventanas pequeñas a Norte		protección hacia Norte	Diseño aerodinámico	
			ventilación por chimenea de aire		
Agua	Aislante de muros contra humedad	Losa impermeabilizada	Losa impermeabilizada con plástico	estructura posada para evitar humedades	
		Agua pluvial hacia el jardín	Reciclaje de aguas pluviales	Reciclaje de aguas nieve	
Sistemas Activos	Panales fotovoltaicos	No	Si	No	Si
	Bombas solar aire	No	No	No	Si
	Sistema solar agua caliente	Si	Si	No	Si
	Reciclaje de agua gris	No	No	Si	Si
	Domótica	No	No	Si	Si

Cuadro N°11 Resumen y comparación de estrategias casas estudiadas en Europa. Elaboración propia.

CAPITULO 5
CONCLUSIONES

Para realizar las conclusiones de manera que tengan coherencia con el resto de la investigación, estas estarán divididas en los principios bioclimáticos en los que se fundamenta el trabajo, como son: el sol, el viento, el agua y el confort. Este último también puede ser interpretado desde un punto de vista psicológico en los valores de bienestar por la adaptación e integración al lugar.

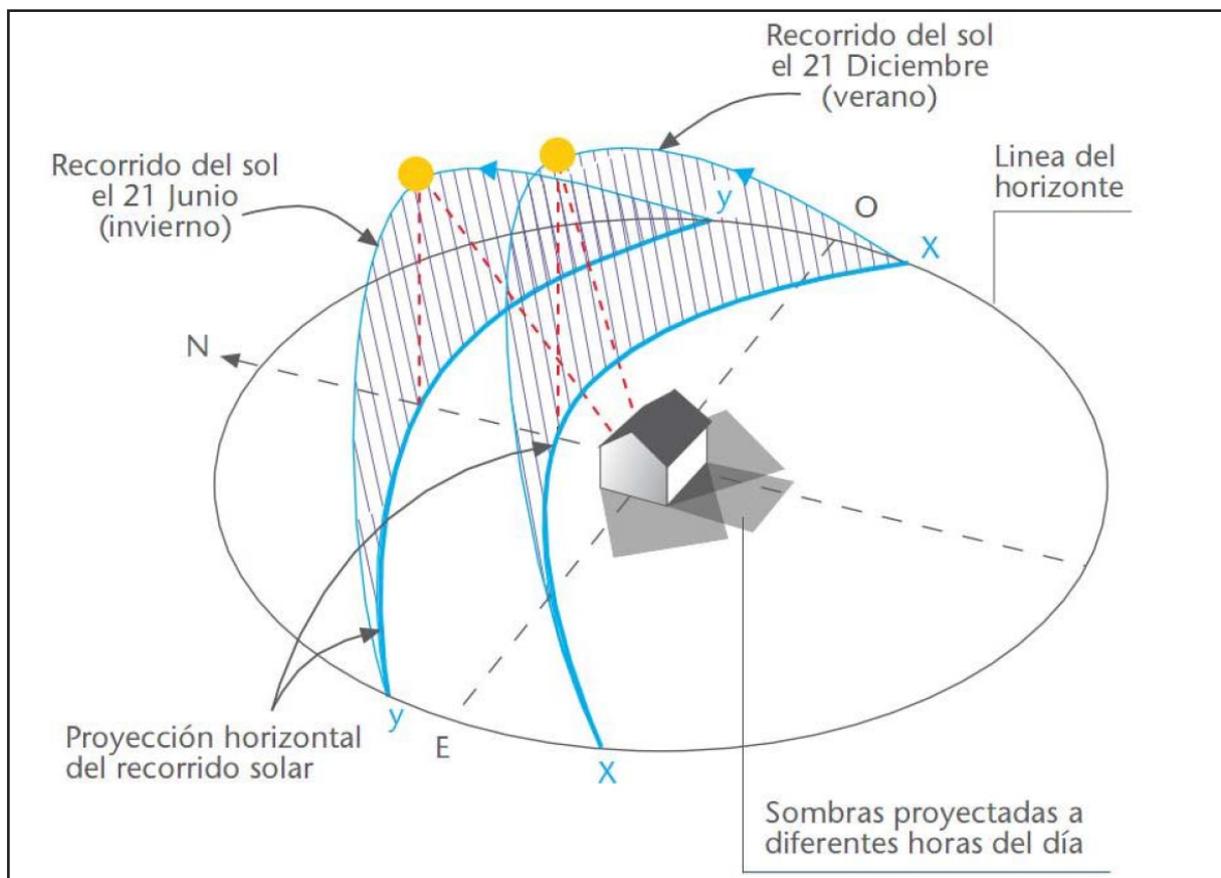
Estos principios nos ayudaran a develar en sus diferentes apartados, las estrategias a ser consideradas para la utilización de diversos sistemas de aplicación bioclimático. Estas recogen las estrategias, técnicas y tecnología de las diferentes casas bioclimáticas analizadas en Europa, que pueden ser adaptadas y utilizadas en el contexto altiplánico boliviano.

A. El sol

- Orientación

Fig. 142 Esquema de orientación para el altiplano. Elaboración propia.

La orientación jugará un papel fundamental en la determinación de los sistemas pasivos y el aprovechamiento bioclimático del edificio (Almusaed, 2010). Esto se muestra de manera clara en los diferentes edificios estudiados en Europa. Con el estudio de los factores físicos y climáticos se puede determinar que la mejor orientación en el altiplano es hacia el Noreste como eje principal de construcción. Esto garantizara una mayor exposición a la radiación solar y un mejor aprovechamiento de la energía.



(Fig. 142)

El mayor aprovechamiento del mismo se genera a los 51° grados de inclinación Norte, esto para beneficiarse de manera directa la radiación solar que puede llegar a valores de 1100-800Wh/m². En donde deberán apoyarse los sistemas de captación solar pasivos y activos, como los acumuladores de calor o masas térmicas, las superficies acristaladas y los sistemas fotovoltaicos o calefactores solares. De la misma manera esta orientación favorecerá al aprovechamiento y control de los vientos predominantes como la propuesta de Loayza, (2001).

En esta orientación deberán ubicarse los espacios de día hacia el norte, donde se encontrara el principal acumulador de energía, los espacios de noche podrán apoyarse con orientación este y oeste para aprovechar la radiación de poniente y levante, finalmente las áreas de servicios deberán ubicarse en dirección norte, ya que en ellos no es necesaria generar una ganancia de radiación solar.

- Calidad de la envolvente

Como se pudo apreciar en el análisis y estudio de las experiencias europeas, la envolvente del edificio debe encararse de manera adecuada, ya que de ella dependerá los valores de inercia térmica y conservación de la temperatura para el confort térmico (Olgay, 1998).

Fig. 143 Sistema constructivo Casa Rauch tierra compactada. Fuente: Kapfinger, 2013.

Los cerramientos pueden variar su dimensión según el material que este incorpore. En el caso de utilizar tierra como material de construcción, esta deberá tener un espesor mínimo de 40cm. que puede llegar a los 60cm.,



(Fig. 143)

considerado que sobrepasando estas medidas sea menos efectiva la transmitancia de radiación o calor al interior. El uso de este puede llegar a ser un material factible en el contexto altiplánico por el sistema constructivo tradicional y las costumbres de aplicación que ya existen en la zona.

Para el mismo será necesario hacer un análisis tecnológico más profundo en su conformación, donde el sistema empleado por el arquitecto Martin Rauch (Rauch; Kapfinger, 2001) podría ser fácilmente adaptado y puesto en práctica. La utilización de este representa además, un bajo coste económico que por otra parte puede ser autoconstruido y prefabricado. El mismo no representa un innecesario consumo de energía y su utilización no genera un incremento en las emisiones de CO₂. Por consiguiente es un material ecológico y sustentable .

Otra forma evidenciada es el empleo de hormigón celular, que presenta una gran calidad en la resistencia y durabilidad como la densidad del mismo. Este es un material que por sus características físicas es un gran aislante térmico, que su vez puede estar apoyado por algún otro tipo de aislante. La utilización del mismo oscila en un espesor de 40cm que puede reducirse hasta los 30cm dependiendo de sus características estructurales (Kleis, 2014).

Para la utilización de otro tipo de cerramientos deberá tomarse en cuenta el empleo de algún tipo de aislamiento térmico, como la lana de roca, lanas naturales, como también la utilización de la paja brava existente en el sector. Esta podría incorporarse dentro de los sistemas actuales debido a sus características aislantes térmicas y a su composición, por otra parte representa un coste menor y se puede producir de manera natural pudiendo ser ecológico. La misma deberá ser tratada antes de su utilización.

Estos aislantes deberán oscilar en un rango de 5 a 10cm. de espesor dependiendo del material interior y exterior del cerramiento; esto para garantizar el funcionamiento óptimo del mismo. La correcta conformación de los materiales determinará la mayor inercia térmica de la envolvente (Serra, 2009).

La envolvente del edificio debe ser una masa continua donde no existan puentes térmicos para evitar pérdidas de temperatura al interior, es por esto que el material y el aislante utilizados deben conformar un masa continua y sólida teniendo cuidado en las uniones como en la apertura de vanos de puertas y ventanas, así como se puede apreciar en la composición de la misma en los casos estudiados en Europa.

- Forjados y cubiertas

En la conformación de estas se deberá implementar entre cielos un material aislante como lana de roca o paja. En el recubrimiento interior del mismo se deberán utilizar materiales cerámicos, placas de yeso o acabados en madera que mejoraren la calidad de aislamiento entre los



(Fig. 144)

elementos evitando así que existan puentes térmicos. La unión de los mismos con el resto de los cerramientos deberán ser uniformes y si es posible con el mismo material, creando una continuidad entre ellos para generar una envolvente eficiente. El espesor de los mismos puede variar según su estructura y materiales donde la capa de asilamiento deberá ser el 30% de la altura del peralte del forjado.

Fig. 144 Manejo del acristalamiento en cubierta inclinada. Fuente: DE Rodríguez, 2011.

Las cubiertas de Hormigón armado deberán contemplar un grado de pendiente elevado al igual que una buena impermeabilización, esto debido a la temporada de nevadas que existe en el sector, que por otro lado puede tener la función de recolección de agua pluvial. Por otro lado si la cubierta esta hecha de materiales cerámicos o metálicos esta deberá tener un grado de inclinación mayor que supere el 30% de pendiente dependiendo del material. Es así que una de las estrategias es el correcto uso de aislamientos térmicos para evitar las infiltraciones al exterior o pérdidas de calor (Kleis, 2014). De la experiencias europeas podemos determinar que este aislamiento puede oscilar entre los 8 a 15 cm., ya fuera de estos rangos implicaría un esfuerzo mínimo o un gasto económico innecesario.

- Manejo del vidrio

El uso y manejo de los vanos de vidrio deberá estar orientada para poder controlar de manera directa la ganancia de radiación como a su vez evitar las infiltraciones de aire. Con el empleo de estrategias y técnicas bioclimáticas podremos controlar la ganancia directa, indirecta o aislada de calor. Es por esta razón que la mayor superficie acristalada deberá estar ubicada en orientación noreste que podrá ocupar hasta un 70% de la

superficie en fachada, en orientación este y oeste la misma deberá reducirse en superficie oscilando entre los 40% y 20%, finalmente en dirección sur será necesario una superficie mucho menor esto para controlar las pérdidas de calor pero asegurando una corriente de aire al interior.

Otra de las estrategias debería ser la de conseguir generar un espacio de galería o adosado a la manera de un invernadero para generar una ganancia aislada de calor. Este método apoyado en una masa receptora de calor de la envolvente generara un espacio que pueda garantizar la calefacción al interior de la vivienda que además pueda ser controlada por la apertura de algunos paneles superiores para evitar sobrecalentamientos al interior, como se puede apreciar en el Casa Muro de Tenerife (DE Rodríguez, 2011).

Para lograr la adaptación de las tecnologías utilizadas en los diferentes ejemplos, se deberá utilizar doble vidrio con cámara de aire con una carpintería que pueda evitar los puentes térmicos como la madera o el aluminio, con la finalidad de asegurar romper los puentes térmicos. Estas superficies deberán estar acompañadas en el interior con materiales que pueda almacenar la energía como la piedra, madera, arcillas tratadas, cerámicas, etc.

- Fuentes de energía alternativas

Fig. 145 Ejemplo del uso de energías alternativas Monte Rosa Hut. Fuente: ETH, 2010.

La aplicación de sistemas de fuentes alternativas es una opción que puede generar beneficios y autonomía a la vivienda, la misma deberá ser implementada con una orientación norte preferentemente a 51° de inclinación para garantizar un mayor desempeño de los mismos. Dentro de estos se podrán utilizar paneles fotovoltaicos en la generación de energía con el fin de reducir la dependencia de redes mayores y coste económico, este deberá ser usado con mayor intensidad en el área rural. De la misma manera los calentadores solares de agua pueden ser una opción viable en la búsqueda de sistemas alternativos que puedan ser de uso doméstico (Baumgartner, 2010).



(Fig. 145)

B. El viento

- La ventilación natural

Para la implementación de esta estrategia será necesario generar un viento cruzado aprovechando una orientación de este a oeste. En ella se generan los vientos predominantes en el altiplano, que pueden tener una velocidad 2-15m/s. Para ello se utilizará esta corriente de aire que facilita los intercambios por convección en función de la superficie de la envoltura. Esto con el adecuado manejo de las diferentes formas y efectos con los que se puede trabajar con el viento que son útiles para un enfriamiento pasivo y una correcta ventilación (Serra, 1999). El empleo de las mismas garantizará la renovación de aire y eliminar los aires viciados que se producen, como en los casos analizados se deberá garantizar una correcta protección de infiltraciones, ya que al tratarse de un clima frío esta ventilación debe ser controlada evitando las infiltraciones o pérdidas de calor al interior .

- Energía Eólica

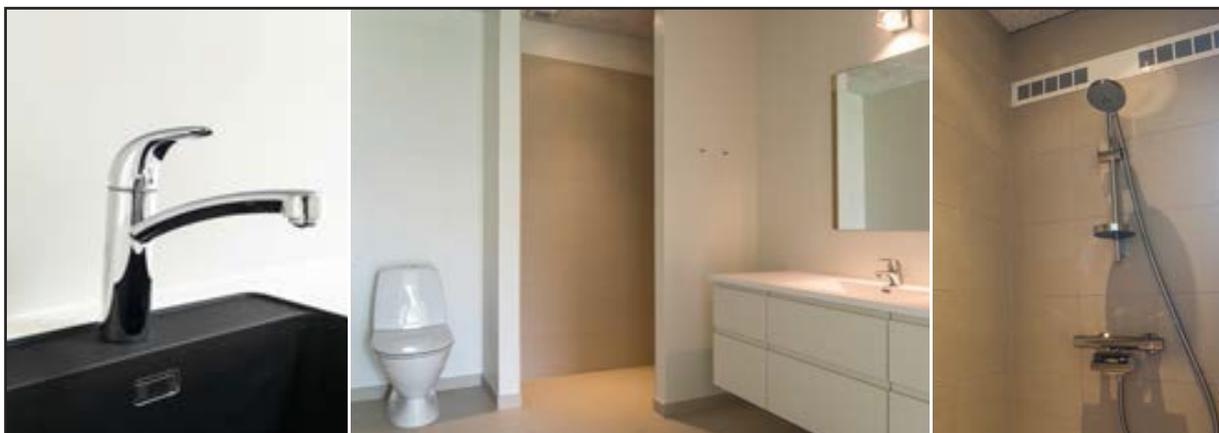
La utilización de energía eólica puede ser un factor de aprovechamiento bioclimático que ayuda en la producción de energía debido a los fuertes vientos existentes en el sector, para ello se podrá utilizar aerogeneradores de baja potencia y de uso doméstico ya que no es necesario un gran espacio para el funcionamiento del mismo. Por otro lado en el área rural es posible la utilización a mayor escala de esta tecnología, la cual permitiría un abastecimiento eléctrico local a los pobladores de estos sectores que además podría reducir los costes de facturación, por otro lado representaría una autonomía comunal de abastecimiento eléctrico (Tymkiewicz, 2012).

C. El agua

- Reciclaje y almacenamiento

Como en algunos de los casos de estudio, tanto en la experiencia europea como la altiplánica, la estrategia de intervención con el agua deberá basarse en su aprovechamiento para el almacenaje de aguas de lluvia, esto debido a las temporadas con un bajo régimen de lluvia

Fig. 146 Sistemas de eficiencia uso del agua casas MINICO2. Fuente: Kleis y AA.W., 2014.



(Fig. 146)

que puede llegar a los 3 mm. lo que provoca sequías en algunos meses del año. En cambio en las temporadas lluvia esta puede llegar en algunos sectores a sobrepasar los 500mm., siendo estas aguas desaprovechadas.

Como se pudo apreciar en el refugio Monte Rosa o las casas MINICO2 (Kleis, 2014), la implementación de sistemas que puedan recolectar y almacenar el agua podrá beneficiar a la vivienda en un uso eficiente de los recursos y un aprovechamiento ecológico, que tiene un benéfico económico a largo plazo para el usuario y mitiga el gasto innecesario de fuentes de agua potable.

La implementación de sistemas de red separativa de aguas grises para su reciclaje se puede aplicar, si se construye un sistema capaz de diferenciar aguas que pueden ser reutilizadas de manera pasiva o por medios que no requieran un proceso para ello, como filtraje por carbono o filtrajes solares (Vale, 1978).

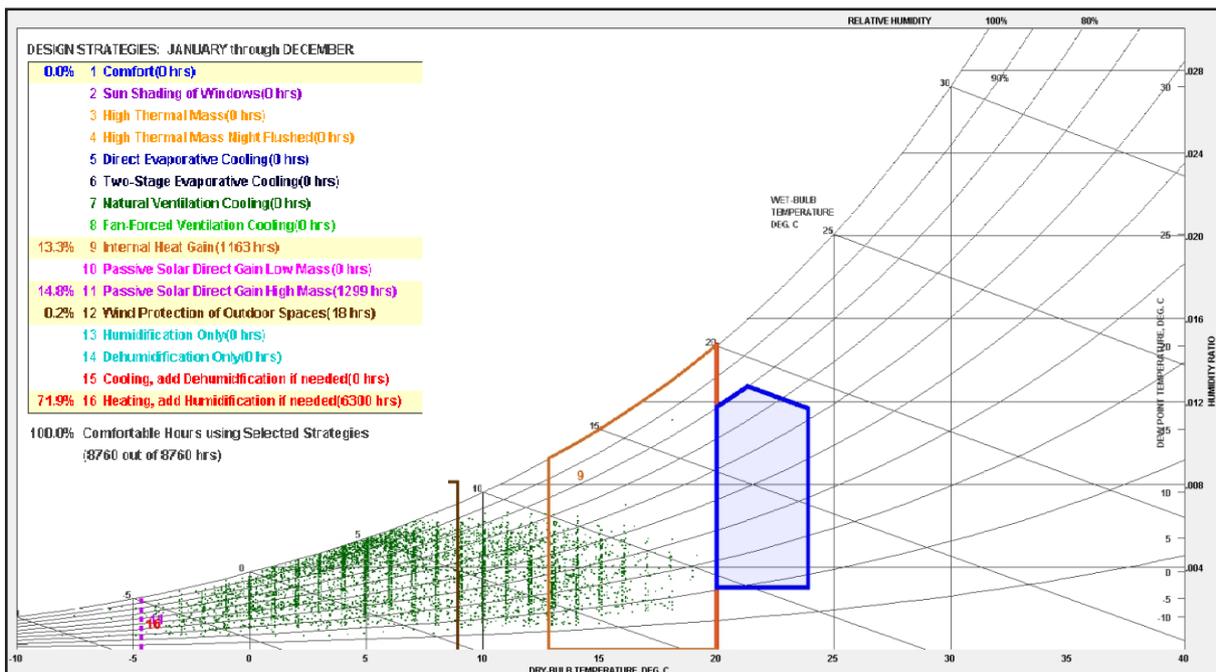
Otras estrategias se pueden generar a partir del empleo de atomizadores que reducen el consumo de agua en los grifos, las cisternas de doble descarga que reducen el agua necesaria para el arrastre de desperdicios que pueden utilizar agua reciclada, los electrodomésticos inteligentes que reducen igualmente el consumo de agua (ETH, 2010).

D. El confort y la integración

Fig. 147 Ábaco Psicométrico Climate Consultant® estrategias para el confort térmico. Elaboración Propia.

Con el Abaco psicométrico de Givoni y la aplicación de la herramienta Climate Consultant®, se puede evidenciar de manera más clara las estrategias y recomendaciones que se deben seguir para alcanzar un grado de confort humano.

- Llegar al confort



(Fig. 147)

Debido a las características del lugar podemos definir qué se debe agregar en un 62.1% calefacción y humidificación a las viviendas además se marca como estrategias principales generar masa de ganancia directa solar pasiva en un 19.1%, como mayor ganancia directa solar pasiva en un 14.8%, por otro lado la ganancia de calor interno en un 13.3% y por último a la protección contra los vientos en ventanas, como las más importantes, para poder llegar a un grado de confort dentro de la edificación.

Estas mismas deberán ser alcanzadas y mejoradas por el manejo y aplicación de las estrategias antes mencionadas. Es necesario pensar en introducir un sistema domótico que apoye a los sistemas activos y pasivos con la incorporación de sensores o controladores de los diferentes sistemas para una mayor eficiencia tanto energética como ecológica de consumo en la vivienda. De esta manera como en el caso de las viviendas MINIO2 (Kleis y AA.W., 2014), se podrá establecer una relación mayor de concienciación y manejo con el usuario, a la vez de aportar datos para proseguir con futuras investigaciones en este tema.

- La integración en el contexto

De la misma manera para alcanzar un confort psicológico, será necesario contemplar los aspectos culturales y naturales de la zona, de esta manera la integración de nuevas formas, técnicas y tecnología puedan jugar a favor del confort. Donde pueda existir una integración de la población y el entorno natural (De la Zerda J. 1993). Para ello la utilización de materiales y acabados locales será importante. Asimismo se puede implementar un proceso de autoconstrucción especialmente en el área rural para generar un estado mayor de compromiso y concienciación de estos valores. A la vez se puede rescatar y reinterpretar los aspectos formales de la arquitectura andina (Loayza, 2001), que puedan tener una lectura contemporánea, al igual que los paradigmas analizados en el ámbito europeo, de esta manera la sensación de pertenencia y aceptación será mayor, lo que favorecerá al confort psicológico de las personas (Olgyay, 1998).

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- ALMUSAED, Amjad. **Biophilic and Bioclimatic Architecture: "Analytical Therapy for the Next Generation of Passive Sustainable Architecture"**. London: Springer, 2010.
- ANDREOLI, Elisabetta y D'ANDREA, Ligia. **Arquitectura andina de Bolivia "La obra de Freddy Mamani Silvestre"**, La Paz: Artes Graficas Sagitario, 2014.
- BALDERRAMA, José. A. Ministerio de Medio Ambiente y Agua. **Libro Rojo de la fauna silvestre de vertebrados de Bolivia**, La Paz: MMA y A, 2009.
- BAUMGARTNER, Marcel, **Refugio alpino autónomo, cabaña Monte Rosa**, Zurich: ETH Zurich, Facultad de Arquitectura, Estudio Monte Rosa, 2010.
- BONACIC, Cristián y IBARRA, José T. **Fauna andina "historial natural y conservación"**. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago: Ograma, 2010.
- DE LA ZERDA GHETTI, Jorge. **Los Chipayas "modeladores del espacio"**, La Paz: Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura y Artes ,1993.
- ESCALANTE, Javier F. **Arquitectura Prehispánica en los Andes bolivianos**, La Paz: Producciones CIMA, Tercera edición, 1997.
- ETH, The Swiss Federal Institute of Technology. **New Monte Rosa Hut: Self-sufficient Building in the High Alps**. Zurich: gta Verlag, 2010.
- FLORES, Eliana y MIRANDA L. Carmen **Fauna amenazada de Bolivia "¿Animales sin futuro?"**, La Paz: Ministerio de Desarrollo Sostenible, 2003.
- GARZÓN, Beatriz. **Arquitectura Bioclimática**, Buenos Aires: Noduko, 2007.
- GISBERT, Tereza., ARZE, Silvia. y CAJÍAS, Martha. **Arte Textil y Mundo Andino**. La Paz: Gisbert y Cía, 1987.
- Instituto Nacional de Estadística (INE). Ministerio de Comunicación Estado Plurinacional de Bolivia. 2013. Bolivia, **Características de Población y Vivienda**. La Paz: Censo Nacional de Población y Vivienda, 2012.
- ITER, Instituto Tecnológico y de Energías Renovables. **"25 viviendas Bioclimáticas para la Isla de Tenerife"**, Tenerife: ITER S.A. 1996.
- KAPFINGER, Otto. **Haus Rauch / The Rauch House**, Viena: Birkhäuser, 2010.
- KLEIS, Birgitte. **THE MINICO2 HOUSES IN NYBORG**. Nyborg: Realdania, 2014.

-
- LAVENU, Alain. **Age pliocene de la Formation Remedios dans l'Altiplano bolivien.** Caracteres de la tectonique Pliocene. (Edad de la formación del Plioceno en el altiplano boliviano "las características de la tectónica del Plioceno"). Paris: C. R. Acad Sciences, 1984.
- LOAYZA, Rosario y SANDÓVAL, Raúl. **Manual para autoconstructores LAK'AUTA:** "Asentamientos humanos sostenibles en el altiplano", La Paz: Proyecto AHSA, 2001.
- Navarro, Gonzalo. **Clasificación de la Vegetación de Bolivia.** Santa Cruz: Centro de Ecología Difusión Simón I. Patiño, 2011.
- NEILA, Javier. **Arquitectura Bioclimática "En un entorno Sostenible"**, Madrid: Gustavo Gili, 2004.
- NEILA, Javier y ACHA, Consuelo. **Arquitectura Bioclimática y construcción sostenible**, Pamplona: Gustavo Gili, 2009.
- MESA GISBERT, Carlos D., MESA, José y GISBERT, Teresa. **Historia de Bolivia**, Octava Edición, La Paz: Gisbert, 2012.
- MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS, **Memoria de la economía boliviana. Unidad de Análisis y Estudios Fiscales**, La Paz: Quality S.R.L., 2013.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA. **Libro rojo de la flora amenazada de Bolivia**, Vol.I - Zona andina, La Paz: MMA y A, 2012.
- MINKE, Gernot. **Manual de construcción en tierra**, " la tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual". Alemania: Editorial Fin de siglo, 2001.
- MONTES DE OCA, Ismael. **Geografía y recursos naturales de Bolivia**, La Paz: Editorial Educacional del Ministerio de Educación y Cultura, 1989.
- MONTES DE OCA, Ismael. **Sistemas de riego y agricultura de Bolivia**, La Paz: Hisbol, 1992.
- OLGYAY, Víctor. **Arquitectura y clima**, "manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas", Barcelona: Gustavo Gili, 1998.
- OLIVAS Weston, Rosario. **La cocina de los Incas "Costumbres gastronómicas y técnicas culinarias"** Lima: Universidad San Martín de Porres, 2001.
- ORELLANA, René. **Desarrollo con pobreza o la pobreza del desarrollo** "Límites de la Madre Tierra, Vulnerabilidad de las Metas del Milenio y del Crecimiento", Fundación Universidad de la Cordillera, Programa Nacional de Biocultura. La Paz: Punto de Encuentro, 2013.

- ORGANIZACIÓN DE LOS ESTADOS AMERICANOS, OEA. **Diagnostico Ambiental del Sistema Titicaca-Desaguadero-Poopo-Salar de Coipasa (Sistema TDPS) Bolivia-Perú**, La Paz: Comité Ad-Hoc de Transición de la Autoridad Autónoma Binacional del Sistema, 1996.

- PONCE SANJINÉS, Carlos. **Arqueología política**. "Tiwanaku un estado precolombino", La Paz: Producciones CIMA, 2001.

- RAUCH, Martin.; KAPFINGER, Otto. **Rammed Earth, Lehm un Architektur**. Basel: Ed. Birkhauser, 2001.

- ROCHA, Omar. **Diagnóstico de la zona montañosa de Bolivia** "Fortalecimiento de la gestión participativa para el desarrollo sostenible de los Andes". La Paz: Ministerio de Relaciones Exteriores, 2013.

- SALAMANCA, Luis Alberto. **Documento País Bolivia**. La Paz: Propuesta para el VI plan de acción del programa DIPECHO, 2008.

- SERRA, Rafael. **Arquitectura y Clima**, Barcelona: Gustavo Gili, 2009.

- SERRA, Rafael y COCH, Helena. **Arquitectura y energía natural**. Catalunya: Edicions UPC, 1995.

- TRUJILLO, Fernando. y SUPERINA, Mariela. **Armadillos de llanos orientales**, Colombia: Unión Gráfica L.T.D.A., 2013.

- VALE, Brenda y Vale, Robert. **La casa autónoma "Diseño y planificación para autosuficiencia"**, Barcelona: Gustavo Gili, 1978.

- VILLARPANDO, Doris. **Fichas botánicas de especies agroforestales nativas aptas para tierras alto andinas**, La Paz: Programa CARE, 2011.

- WATSON Leslie. & DALLWITZ Michael. J. **The families of flowering plants** "Descriptions, illustrations, identification, and information retrieval". Albany: Delta home, 1992.

Revistas // artículos // Prensa

- DE AA.W., AV. **LA HORA SOLAR**, "Colonia bioclimática, Tenerife". *Arquitectura Viva* n° 130 (julio 2010) p.41-45.
- DE Cruz, Ignacio. **La energía eólica de media potencia "Conceptos generales y ejemplos de aplicaciones"**. Madrid: AEE y CIEMAT, 2011.
- DE FREY, Pierre. **AAterre à terre - Down to earth Martin Rauch**, *TECHNIQUE*, 2008, p. 63-71.
- DE HASTINGS, Robert. **A Time Journey through Solar Architecture "1900 to the Future"**. University Professor emeritus Danube University - Krems AT, The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, Septiembre 2006. p. 6-8.
- DE HENNINGS, Vania. **La Identidad de los Pueblos Una aproximación Milenaria: Los Chipayas**. Mexico: 2004.
- DE KAPFINGER, Otto. **Casa Rauch "Schlins, Austria, Roger Boltshauser + Martin Rauch "**, tectonicablog.com: Tectonica 2013.
- DE LAURA, Mariela. **Un arquitecto diseña viviendas ecológicas**. La Paz, Ed. Impresa- La Prensa. (2 agosto 2012).
- DE MARSHALL, L.G. y SEMPERE T. **The Eocene to Pleistocene vertebrates of Bolivia and their stratigraphic context: a review (in press)**, 1991.
- DE MOLINA, Jorge. **Los Recursos Hídricos del Sistema TDPS**, UMSA-IHH, La Paz: 2014.
- DE MUÑOZ, Rodrigo. **El refugio Alpino Monte rosa Hut SAC**, *TECTONICA* N°31 - energía (II), (abril 10, 2010) p.27-32.
- DE PONCE SANGINÉS, C. **Arqueología política y el estado precolombino de Tiwanaku**. En: *Revista Pumapunku*, N° 8, CIMA, La Paz, 1995, págs.15/87.
- DE RODRIGUEZ José. **Vivienda bioclimática Granadilla Tenerife "Ficha técnica"**, España, disponible en: www.rodriuezgil-arquitecto.com, 2011.
- De TYMKIEWICZ, Joanna. **Architecture Civil Engineering Environment "The sun, wind and water in designs of exterior walls and facades natural forces potential in shaping the architecture of sustainable development"**. Faculty of Architecture, Silesian University of Technology Akademicka: 2012. p.31-40.
- DE YAPURA, Grover. **La UPEA diseña una vivienda bioclimática para vivir de manera agradable en El Alto**. La Paz, Oxígeno (11 octubre 2014).

Videos

- NEUE Monte Rosa-Hütte | Der Bau Teil 1-2-3 2010
Disponible en:
https://www.youtube.com/watch?v=g5T2x6VJp_A

- Martin Rauch, artiste éco-bâtitisseur | Echo-logis (Alemania-2013)
Disponible en:
https://www.youtube.com/watch?v=YQJlxe_03Cw

- Fremtidens parcelhus | MINICO2 HUSENE (Nyborg-2014)
Disponible en:
https://www.youtube.com/watch?v=ggb82c6Rnz&list=PLDji6AZ_rUxQZcV4un_3YClpGS5LlNVpZ

- Lak'a Uta | Casa de tierra. Sandoval, Raúl. (Bolivia-2015).
Disponible en:
<https://www.youtube.com/watch?v=wsUhvyb2hVY>

- Vuelve Sebastiana | Documental. Ruiz, Jorge y Roca, Augusto (Bolivia- 1953)
Disponible en:
https://www.youtube.com/watch?v=60LGcCOZkqE&list=LLD60uPL_USazzUK0nxcOIHA&index=8

- Yawar Mallku | La sangre del cóndor. Sanjinés, Jorge (Bolivia, 1969)
Disponible en:
<https://www.youtube.com/watch?v=f51nkM1jt64>